



فیزیک

پایه دوازدهم



رهپویان
دانش و اندیشه



آشنایی با فیزیک اتمی

مدل های اتمی (۱)

مدرس: نیما نوروزی

تست: در رشته بَرَاکت ($n' = 4$)، برای اتم هیدروژن در رابطه $\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2})$ به ازای $n = m + 2$ ، طول موج گسیلی چند میکرومتر است؟
 ($R_H = 0.01(\text{nm})^{-1}$)

(4	2/88	(3	1/4	(2	1/2	(1
						5/1

پاسخ:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{m=4, n=m+2=6}$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100} \times \left(\frac{1}{16} - \frac{1}{36} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100} \times \frac{20}{16 \times 36}$$

$$\Rightarrow \lambda = 2880 \text{ nm} \xrightarrow{\times 10^{-3} \text{ متر به میکرو متر}} \lambda = 2.88 \mu\text{m}$$

2/88 (3	1/4 (2	1/2 (1
✓		
		5/1 (4

تست: نسبت بلندترین طول موج رشته براکت ($n' = 4$) به کوتاه‌ترین طول موج رشته بالمر ($n' = 2$) در طیف اتم هیدروژن، کدام است؟

$$\frac{9}{20} (4)$$

$$\frac{9}{100} (3)$$

$$\frac{20}{9} (2)$$

$$\frac{100}{9} (1)$$

پاسخ:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow[n=5]{n'=4} \frac{1}{\lambda_{\max}} = R \left(\frac{1}{16} - \frac{1}{25} \right)$$

$$\Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{25 \times 16}{9R}$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow[n=\infty]{n'=4} \frac{1}{\lambda_{\min}} = R \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{\infty} \right)$$

$$\Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{4}{R}$$

پاسخ:

$$\Rightarrow \frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = \frac{\frac{25 \times 16}{9R}}{\frac{4}{R}} \Rightarrow \frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = \frac{100}{9}$$

$$\frac{9}{20} (4)$$

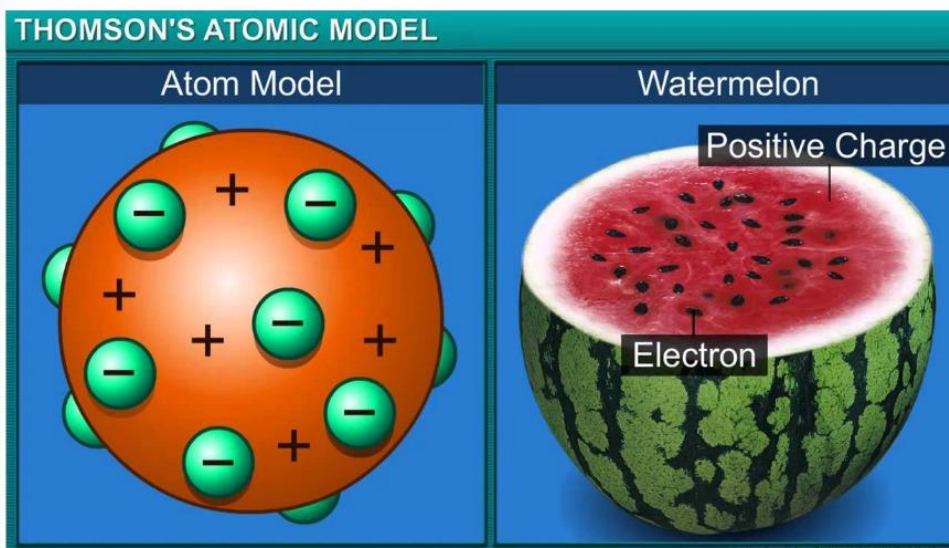
$$\frac{9}{100} (3)$$

$$\frac{20}{9} (2)$$

$$\frac{100}{9} (1) \checkmark$$

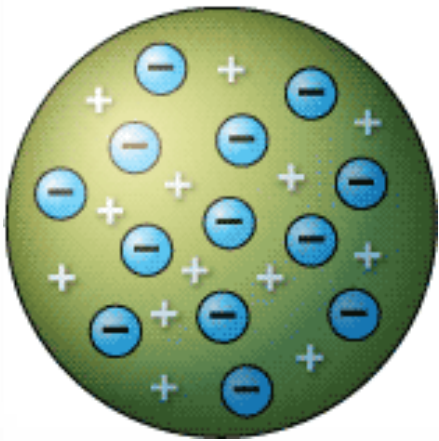
مدل اتمی تامسون:

بنا بر مدل تامسون، اتم همچون کره‌ای است که بار مثبت به طور همگن در سرتاسر آن گسترده شده است و الکترون‌ها که سهم ناچیزی در جرم اتم دارند در جاهای مختلف آن پراکنده شده‌اند. این مدل را گاهی مدل کیک کشمش می‌گویند، زیرا الکترون‌ها مانند دانه‌های کشمش در آن پخش شده‌اند.



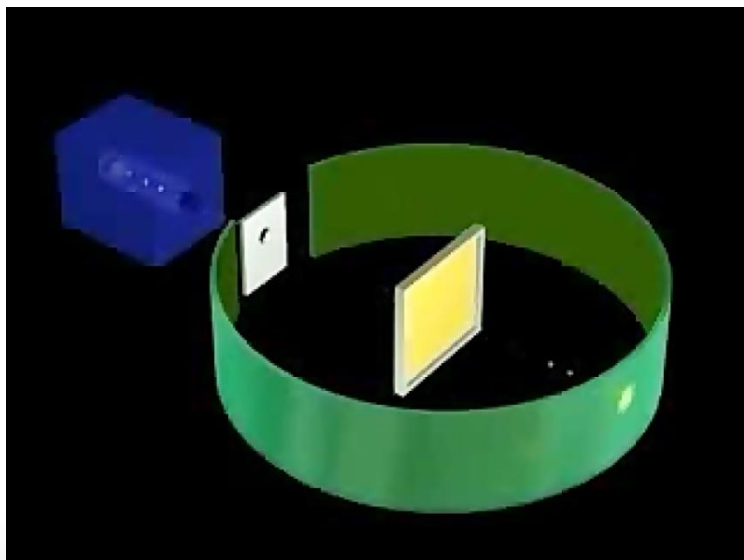
ضعف مدل اتمی تامسون:

در مدل اتمی تامسون، وقتی الکترون‌ها با بسامدهای معینی حول وضع تعادلشان نوسان می‌کنند این نوسان سبب تابش امواج الکترومغناطیسی از اتم می‌شود. یکی از ناکامی‌های مدل تامسون این بود که بسامدهای تابش گسیل شده از اتم، که این مدل پیش‌بینی می‌کرد، با نتایج تجربی سازگار نبود.



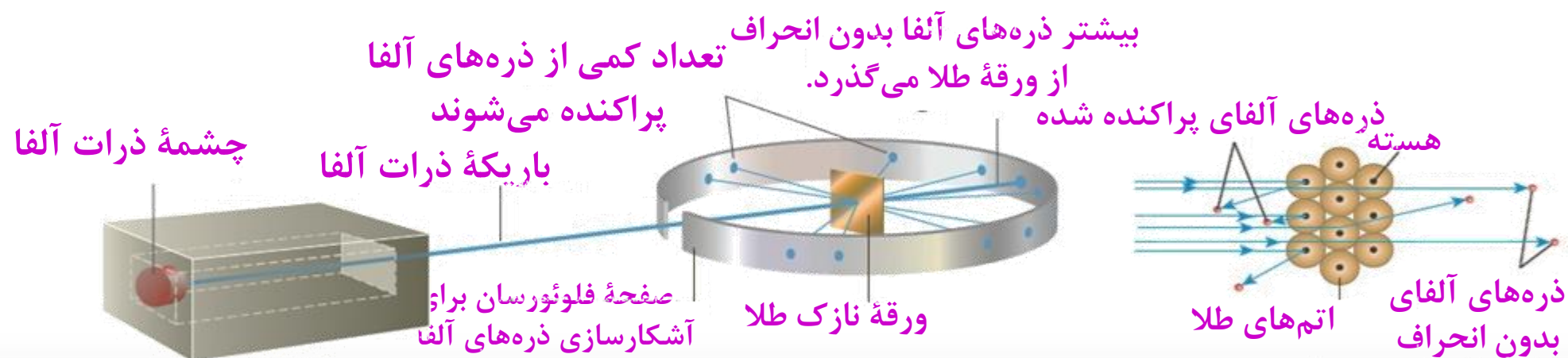
مدل رادرفورد:

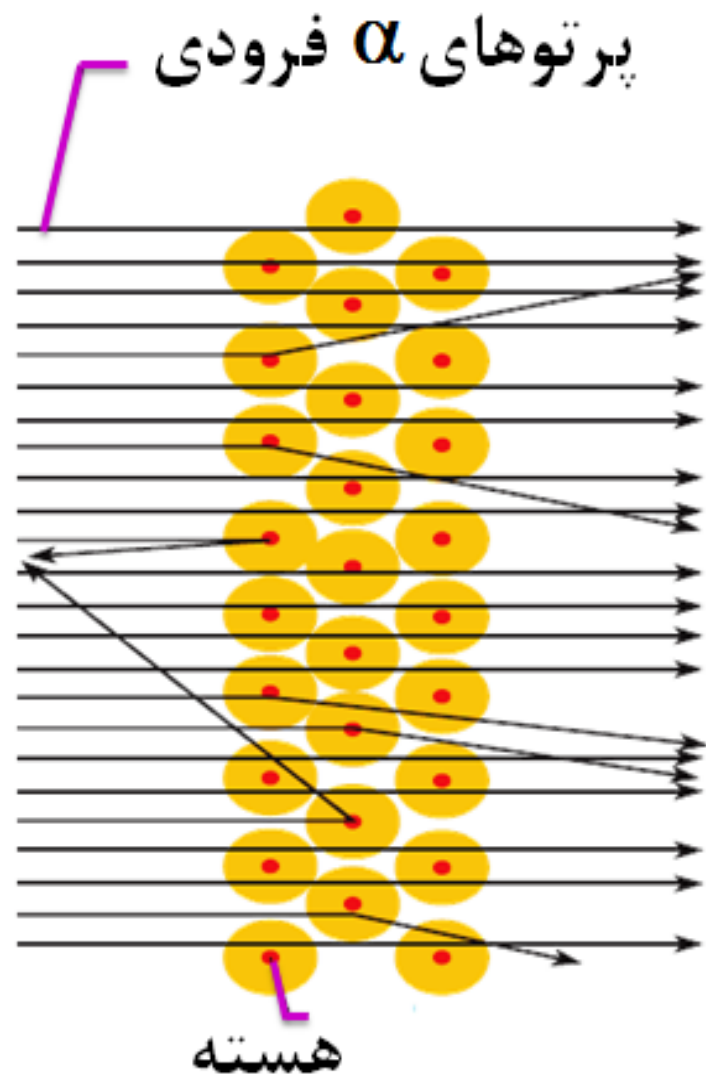
رادرفورد و همکارانش باریکه‌ای از ذره‌های دارای بار مثبت را (از جنس هسته اتم هلیم که به آن ذره آلفا گفته می‌شود) بر سطح ورقه‌ای نازک از جنس طلا فرو تاباندند. رادرفورد بنابر مدل تامسون انتظار داشت که تمامی ذره‌های آلفا، با انحراف بسیار اندکی از ورقه طلا بگذرند.



مدل رادرفورد:

در عمل نیز بیشتر این ذره‌ها بدون انحراف یا با انحراف اندکی از ورقه طلا می‌گذشتند و در برخورد با صفحه فلونئورسان، در پشت آن، جرقه‌های نورانی تولید می‌کردند. با وجود این، برخی از ذره‌های آلفا در هنگام خروج از ورقه نازک طلا، در زاویه‌های بزرگ منحرف و پراکنده می‌شدند و حتی تعدادی از آنها نیز به عقب برمی‌گشتند!

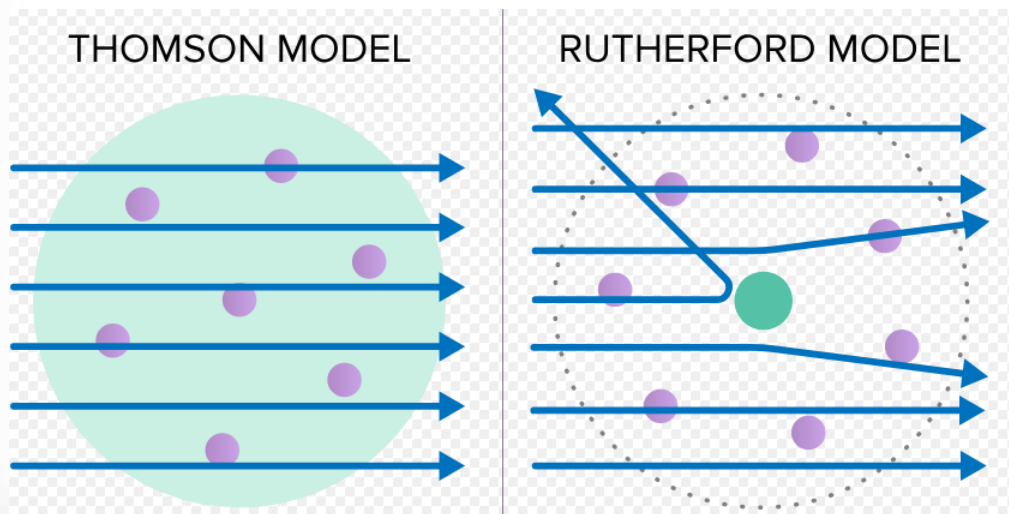




رادرفورد پس از انجام این آزمایش و بر اساس مدل تامسون و شناختی که از باریکه ذرات آلفا داشت، گفت: مثل آن بود که گلوله توپی را به ورقه نازکی از کاغذ شلیک کنید و با شگفتی مشاهده کنید که پس از برخورد گلوله توپ با سطح کاغذ، گلوله بازگردد. این ذره ها باید با چیز پر جرمی برخورد کرده باشد؛ اما با چه چیزی؟

رادرفورد استدلال کرد که ذره‌های بدون انحراف باید از قسمت‌هایی از ورقه گذشته باشند که تهی بوده باشد، در حالی که ذره‌های با انحراف شدید از مرکزهایی بسیار چگال و دارای بار مثبت منحرف شده‌اند. وی **سرانجام نتیجه گرفت باید هسته‌ای چگال و دارای بار مثبت در مرکز هر اتم باشد که با مدل اتمی**

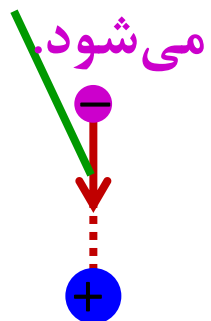
تامسون به طور آشکار مغایرت داشت.



ضعف مدل اتمی رادرفورد:

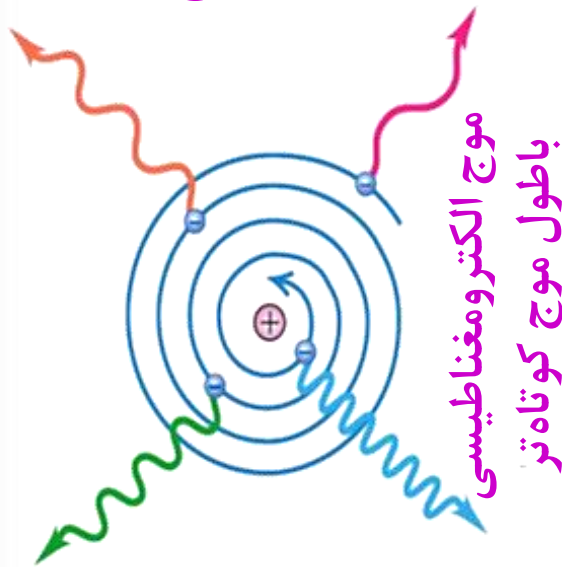
مدل اتمی رادرفورد که آن را مدل هسته‌ای یا مدل هسته‌ای اتم می‌نامند، در مواردی با موفقیت همراه بود، ولی با چالش‌های تازه‌ای نیز مواجه شد.

نیروی ربایشی
الکتریکی که از طرف
هسته به الکترون وارد



اگر الکترون‌ها را نسبت به هسته ساکن فرض کنیم، باید تحت تأثیر نیروی ربایشی الکتریکی بین هسته و الکترون، روی هسته سقوط کنند و در نتیجه اتم باید ناپایدار باشد؛ چیزی که با واقعیت جور در نمی‌آید.

موج الکترومغناطیسی
باطول موج بلندتر



موج الکترومغناطیسی
باطول موج کوتاه‌تر

حرکت مداری الکترون به دور هسته، شتابدار است. بنا بر فیزیک کلاسیک، این حرکت شتابدار الکترون سبب تابش امواج الکترومغناطیسی می‌شود. با تابش موج الکترومغناطیسی توسط الکترون، از انرژی آن کاسته می‌شود. این کاهش انرژی باعث می‌شود که شعاع مدار الکترون به دور هسته به تدریج کوچک‌تر و بسامد حرکت آن به تدریج بیشتر شود. این افزایش تدریجی بسامد حرکت مداری الکترون‌ها، سبب می‌شود تا بسامد موج الکترومغناطیسی گسیل شده نیز به تدریج زیاد شود.

به این ترتیب باید طیف امواج الکترومغناطیسی گسیل شده از اتم، پیوسته باشد و الکترون پس از گسیل پی در پی امواج الکترومغناطیسی روی هسته فرو افتد. این نتیجه افزون بر اینکه با واقعیت ناسازگار است با طیف خطی گسیل شده توسط اتم‌ها نیز جور در نمی‌آید.

الف) عدم توجیه پایداری اتم‌ها

مدل رادرفورد دو اشکال اساسی دارد:

ب) عدم توجیه طیف گسسته اتمی

مدل بور:

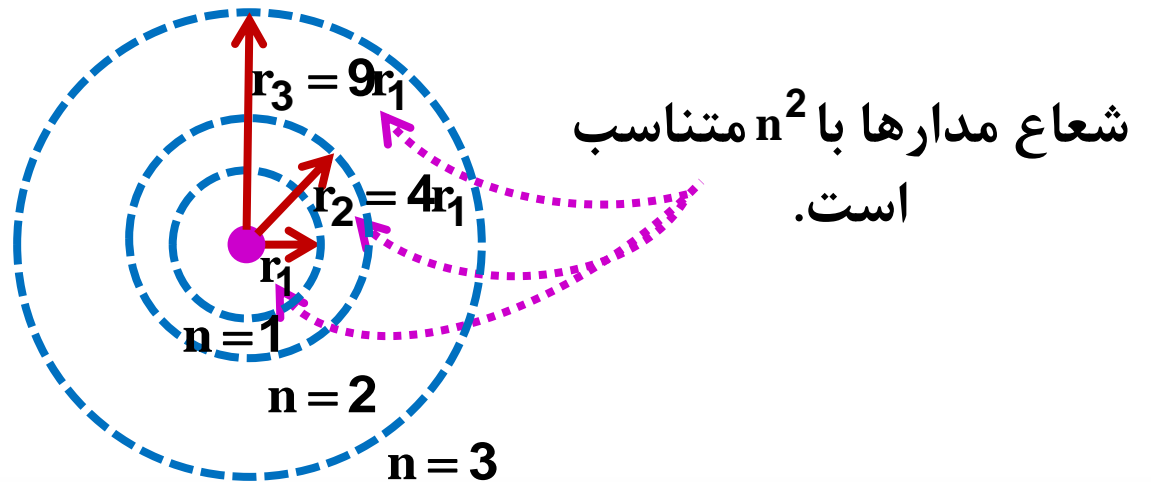
مدل بور افزون بر آنکه مسئله ناپایداری اتم را در مدل رادرفورد حل می‌کرد معادله ریدبرگ برای طیف خطی اتم هیدروژن را نیز در آن نتیجه می‌داد. نظریه بور با مدل اتم هسته‌ای رادرفورد، شروع می‌شد. بور با این پیشنهاد که ((در مقیاس اتمی، قوانین مکانیک کلاسیک و الکترومغناطیس باید توسط قوانین دیگری جایگزین یا تکمیل شود)) گامی بزرگ و جسورانه برای رفع مشکلات مدل رادرفورد برداشت.

مدل بور دارای اصول زیر می باشد:

1- مدارها و انرژی‌های الکترون‌ها در هر اتم کوانتیده اند؛ یعنی فقط مدارها و انرژی‌های گسسته معینی مجاز هستند.

که شعاع این مدارها برای اتم هیدروژن از رابطه مقابل به دست می آید:

$$r_n = a_0 n^2$$



$$r_n = a_0 n^2$$

* در رابطه فوق n عدد کوانتومی نامیده می شود و $n = 1, 2, 3, \dots$ می باشد.

* در رابطه فوق a_0 شعاع مدار لایه اول هیدروژن است و مقدار آن برابر

$a_0 = r_1 = 5/29 \times 10^{-11} \text{m}$ است، این مدار خاص، شعاع بور برای اتم هیدروژن

نامیده می شود.

* با توجه به رابطه فوق می توان نتیجه گرفت با افزایش شماره لایه، فاصله بین

شعاع لایه ها بیشتر می شود.

بور برای محاسبه انرژی مدارها برای اتم هیدروژن به رابطه زیر رسید.

$$E_n = \frac{-13.6 \text{ eV}}{n^2}$$

* با توجه به رابطه فوق می توان نتیجه گرفت که انرژی الکترون در $n=1$ برابر $E_1 = -13.6 \text{ eV}$ است که اندازه ی آن را یک ریدبرگ می نامند و به E_R نشان می دهند.

* با توجه به رابطه فوق انرژی الکترون در 4 لایه اول اتم هیدروژن به صورت زیر است.

$$E_1 = -E_R = -13.6 \text{ eV}$$

$$-0.85 \text{ eV} \underline{\hspace{1cm}}$$

$$E_2 = \frac{-E_R}{4} = -3.4 \text{ eV}$$

$$-1.51 \text{ eV} \underline{\hspace{1cm}}$$

$$E_3 = \frac{-E_R}{9} = -1.51 \text{ eV}$$

$$-0.85 \text{ eV} \underline{\hspace{1cm}}$$

$$E_4 = \frac{-E_R}{16} = -0.85 \text{ eV}$$

$$-0.136 \text{ eV} \underline{\hspace{1cm}}$$

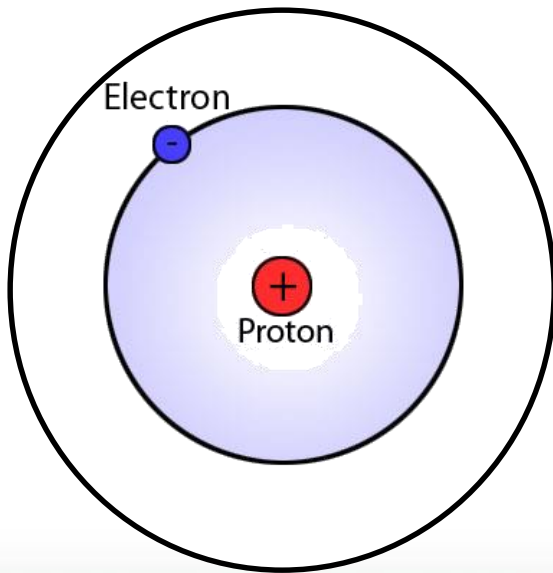
$$E_\infty = \frac{-E_R}{\infty} = 0 \text{ eV}$$

$n = \infty$ را بالاترین تراز انرژی می‌نامند که دارای 0eV انرژی است و برعکس پایین‌ترین تراز انرژی مربوط به $n = 1$ است که دارای مقدار $-13/6\text{eV}$ انرژی است، که حالت پایه نام دارد تا از ترازهای بالاتر که حالت‌های برانگیخته‌اند متمایز شود.

* با توجه به رابطه ذکر شده با افزایش لایه، فاصله بین انرژی الکترون در لایه‌ها کاهش می‌یابد.

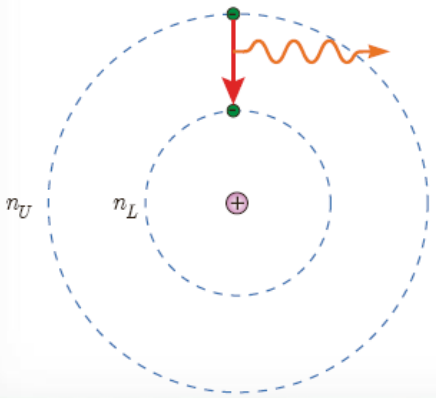
مدل بور دارای اصول زیر می باشد:

2- وقتی یک الکترون در یکی از مدارهای مجاز است، هیچ نوع تابش الکترومغناطیسی گسیل نمی شود. از این رو گفته می شود الکترون در مدار مانا یا حالت مانا قرار دارد.



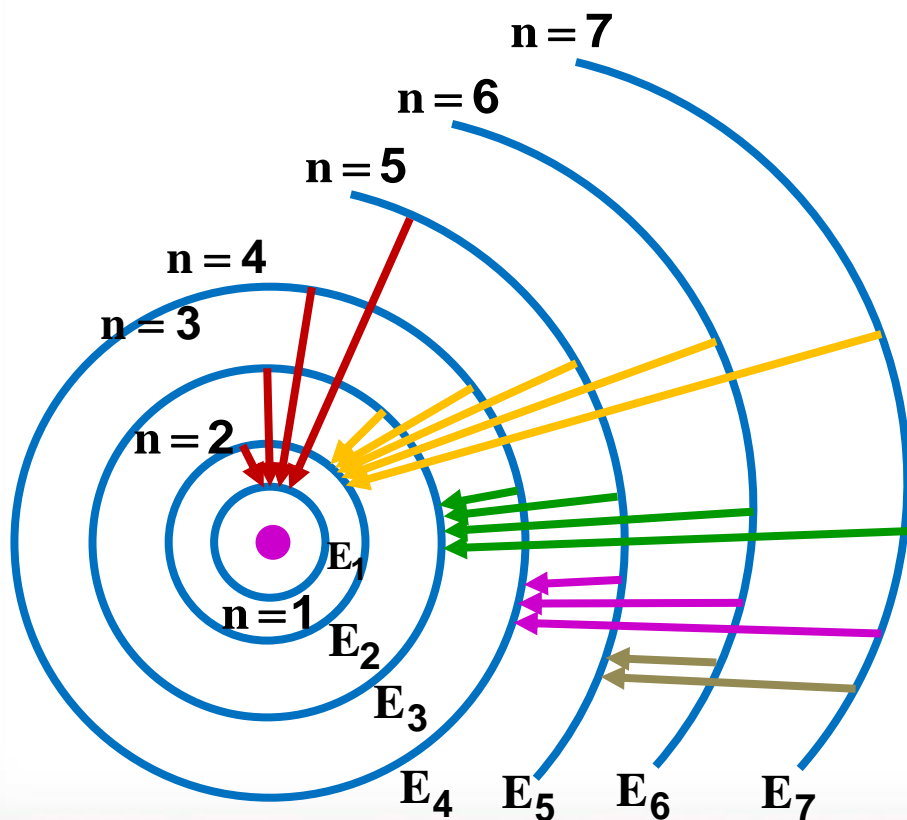
مدل بور دارای اصول زیر می‌باشد:

3- الکترون می‌تواند از یک حالت مانا به حالت مانای دیگر برود. هنگام گذار الکترون از یک حالت مانا با انرژی بیشتر E_U به یک حالت مانا با انرژی کمتر E_L یک فوتون تابش می‌شود در این صورت انرژی فوتون تابش شده برابر اختلاف انرژی بین دو مدار اولیه و مدار نهایی است، که آن را معادله گسیل فوتون از اتم می‌نامند که عبارت است از:



$$E_U - E_L = hf$$

* با توجه به شکل مقابل اگر الکترونی در لایه n ام اتم هیدروژن باشد برای بدست آوردن تعداد کل فوتون‌های ممکن تابشی از رابطه مقابل استفاده می‌کنیم:



$$\frac{n(n-1)}{2}$$

و اگر الکترون تنها مجاز بر پرش $\Delta n = 1$ باشد
در اینصورت تعداد فوتون‌های ممکن گسیلی
برابر $n-1$ خواهد بود.

رهپویان

دانش و اندیشه

