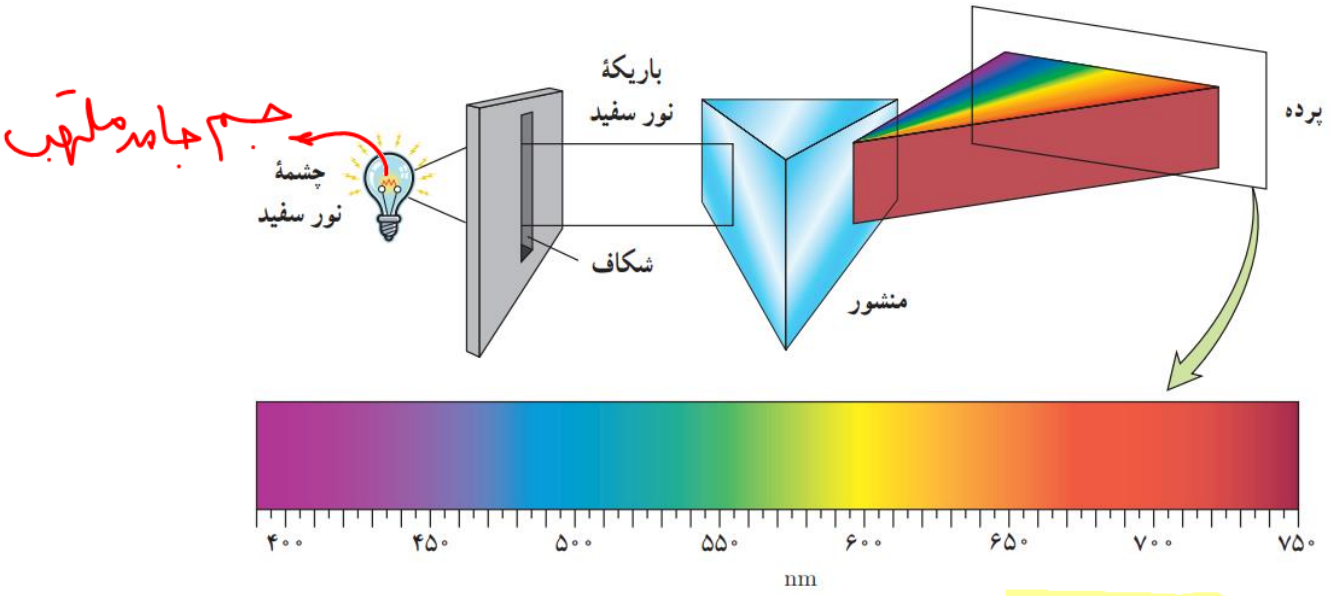
اجسام در هر دمایی که باشند، از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل (نشر) می کنند که به آن تابش گرمایی می گویند.

برای یک جسم جامد، نظیر رشتهٔ داغ یک لامپ روشن، این امواج شامل گسترهٔ پیوسته‌ای از طول‌موج‌هاست.
به همین دلیل طیف ایجادشده در این شرایط را طیف گسیلی پیوسته یا به‌اختصار طیف پیوسته می‌نامند.
تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از برهم‌کنش قوی بین اتم‌های سازندهٔ آن است.

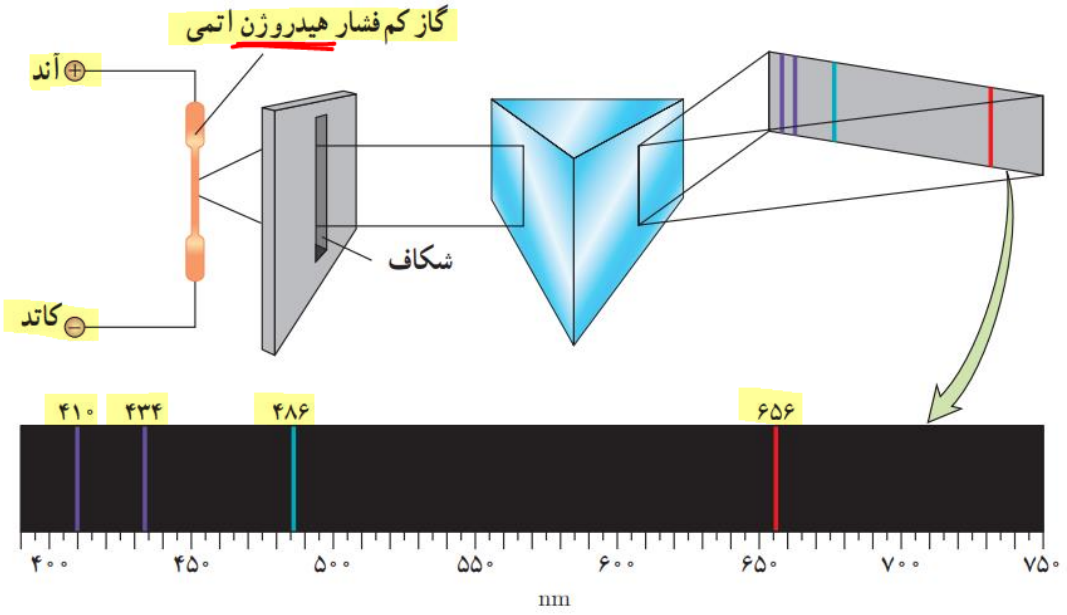
گازهای کم‌فشار و رقیق، که اتم‌های منفرد آنها از برهم‌کنش‌های قوی موجود در جسم جامد آزادند
به جای طیف پیوسته، طیفی گسسته را گسیل می‌کنند که شامل طول‌موج‌های معیّنی است.
این طیف گسسته را، معمولاً طیف گسیلی خطی یا به‌اختصار طیف خطی می‌نامند و طول‌موج‌های ایجادشده
در آن، برای اتم‌های هر گاز منحصر به‌فرد هستند .



شکل ۵ـ۶ طیف گسیلی پیوستهٔ نور سفید از رشتهٔ داغ یک لامپ روشن. در این شکل تنها بخش مرئی طیف نشان داده شده است که گسترهٔ طول‌موج آن از حدود ۴۰۰ nm (نور بنفش) تا حدود ۷۵۰ nm (نور قرمز) است.

طیف‌های گسیلی خطی برای نئون و جیوه

پویش علمی جهاد



به کمک منشور، طول‌موج‌های گسیلی از گاز، از یکدیگر جدا و طیف خطی آن تشکیل شده است.

در سال ۱۸۸۵ میلادی، بالمر، ریاضی‌دان سوئیسی، رابطه‌ای ساده پیشنهاد کرد که طول‌موج هر یک از خط‌های شناخته‌شده مربوط به طیف گسیلی خطی هیدروژن اتمی را به‌دست می‌داد. این رابطه عبارت است از :

$$\lambda = (۳۶۴/۵۶\text{nm})\frac{n^۲}{n^۲ - ۲^۲}$$ (معادلهٔ بالمر)

که در آن $n \geq ۳$ و همواره عددی صحیح است. با قرار دادن n =۳,۴,۵,۶ در معادلهٔ بالمر، طول‌موج خط‌های طیف گسیلی اتم هیدروژن در ناحیهٔ مرئی به‌صورت زیر به‌دست می‌آید :

$n = ۳ \rightarrow \lambda_۱ = ۶۵۶/۲۰\text{nm}$ (خط قرمز)

$n = ۴ \rightarrow \lambda_۲ = ۴۸۶/۰۸\text{nm}$ (خط آبی)

$n = ۵ \rightarrow \lambda_۳ = ۴۳۴/۰۰\text{nm}$ (خط بنفش)

$n = ۶ \rightarrow \lambda_۴ = ۴۱۰/۱۳\text{nm}$ (خط بنفش)

بالمر پیشنهاد کرد که ممکن است رشته‌های دیگری از خط‌هایی که تا آن زمان در طیف هیدروژن دیده نشده‌اند وجود داشته باشند.

چندین سال پس از درگذشت بالمر و با اصلاح ابزارها و روش‌های طیف‌سنجی، امکان کشف گسترهٔ طول‌موج‌های دیگری در طیف گسیلی گاز هیدروژن به‌وجود امد و مشخص شد که به‌جز رشتهٔ بالمر رشته‌های دیگری در طیف گاز هیدروژن اتمی وجود دارد .

پویش علمی جهاد

ریدبرگ، فیزیک‌دان سوئدی، برای کامل‌تر کردن طیف گسیلی خطی هیدروژن معادلهٔ بالمر را به‌صورت زیر اصلاح و بازنویسی کرد :

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad n > n' \qquad \text{(معادلهٔ ریدبرگ)}$$

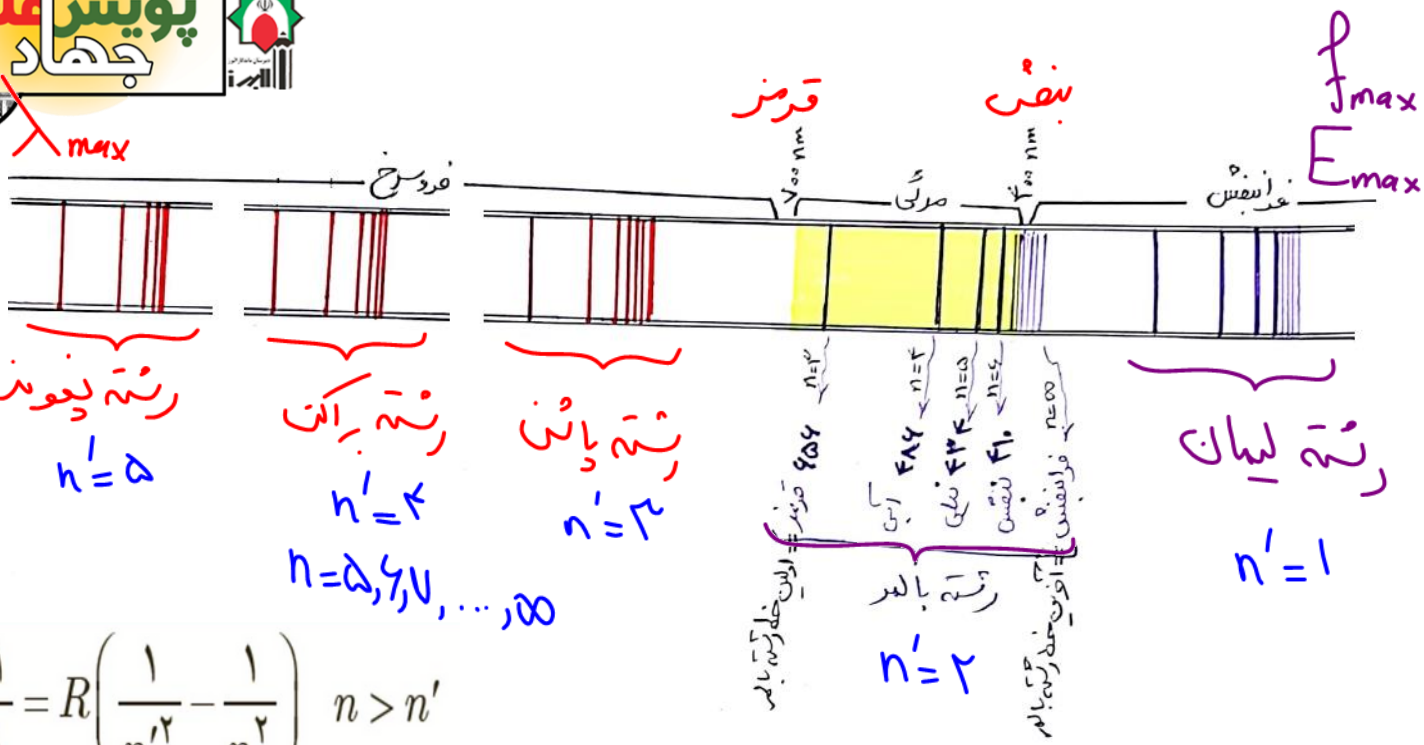
طول موج (nm)

R ثابت ریدبرگ و مقدار آن برابر $0/0109737731\ (nm)^{-1}$ است

برای سادگی در محاسبه‌ها، مقدار آن را می‌توان $0/01\ (nm)^{-1}$ در نظر گرفت.

تراز پایه $n \longrightarrow n'$ تراز مقصد $\quad n > n'$

پویش علمی جهاد



$$\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{n'^2}-\frac{1}{n^2}\right) \quad n>n'$$

$n_{min} \Rightarrow \lambda_{max}$

$n_{max} \Rightarrow \lambda_{min}$

کوتاه ترین طول موج رشته پفوند هیدروژن $n=\infty$ و $n'=5$

بلند ترین طول موج رشته براکت هیدروژن $n=5$ و $n'=4$

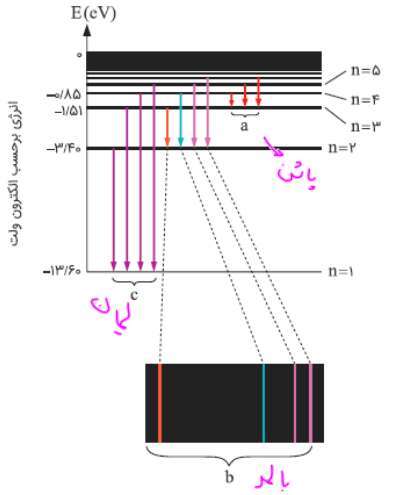
کوتاه ترین طول موج فروسرخ هیدروژن $n=\infty$ و $n'=3$

بلند ترین طول موج مرئی هیدروژن $n=3$ و $n'=2$

کوتاه ترین طول موج مرئی هیدروژن $n=6$ و $n'=2$

کوتاه ترین طول موج هیدروژن $n=\infty$ و $n'=1$

شکل زیر سه رشتهٔ طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی را روی نمودار تراز انرژی نشان می‌دهد. نام رشته‌های a و b و c به ترتیب کدام است؟



$n \rightarrow n'$ (بزرگ ← کوچک)

۱) براکت - پاشن - بالمر

۲) پاشن - بالمر - لیمان

۳) پاشن - لیمان - براکت

۴) بالمر - لیمان - پاشن

در طیف هیدروژن اتمی، کوتاه‌ترین طول‌موج گسیلی ممکن در رشتهٔ ..... و در محدودهٔ طیف ..... قرار دارد و کوتاه‌ترین طول‌موج گسیلی در محدودهٔ طیف فروسرخ در رشتهٔ ..... واقع است.

۱) بالمر، فرابنفش، پاشن
۲) لیمان، فرابنفش، پاشن
۳) لیمان، فرابنفش، پفوند
۴) بالمر، مرئی، پاشن

۳- در اتم هیدروژن، در کدام یک از رشته‌های زیر فقط پرتوهای فروسرخ تابش می‌شود؟ سراسری- ۱۳۹۳

① پاشن- براکت – پفوند ② بالمر- پاشن- براکت ③ لیمان- پاشن- براکت ④ بالمر – براکت – پفوند

۴- دراتم هیدروژن، بلندترین طول موجی که در رشته لیمان گسیل می‌شود، چند نانومتر است؟ $[R \simeq ۰/۰۱(nm)^{-۱}]$ خارج از کشور- ۱۳۹۳

① ۱۰۰ ② ۲۰۰ ③ $\frac{۴۰۰}{۳}$ ④ $\frac{۳۰۰}{۴}$

$\frac{۱}{\lambda} = \frac{۱}{۱۰۰}\left(\frac{۱}{۱^۲} - \frac{۱}{۲^۲}\right) = \frac{۱}{۱۰۰}\left(۱ - \frac{۱}{۴}\right) = \frac{۳}{۴۰۰} \rightarrow \lambda = \frac{۴۰۰}{۳}\ nm$

۵- در اتم هیدروژن، الکترون در گذار از تراز n به n'، فوتونی در ناحیهٔ نور مرئی گسیل می‌کند. n و n' به ترتیب از راست به چپ ، کدام می‌توانند باشند؟ سراسری- ۱۳۹۱

① ۲ و ۱ ② ۴ و ۳ ③ ۵ و ۲ ④ ۵ و ۴

پویش علمی جهاد
پایه دوازدهم
استاد باب الحوائجی

λ

۶- در اتم هیدروژن، الکترون در مدار n قرار دارد. اگر این الکترون به مدار $n' = ۳$ برود، فوتونی به طول موج $۱۲۰۰nm$ گسیل می‌کند، n کدام است؟ $(R = ۰/۰۱(nm)^{-1})$

سراسری- ۱۳۹۹

۱) ۴ ۲) ۵ ۳) ۶ ۴) ۷

$n \longrightarrow n' = ۳$

$\frac{۱}{n^۲} = \frac{۱}{۳۶} \rightarrow n = ۶$

$\frac{۱}{\lambda} = R\left(\frac{۱}{n'^۲} - \frac{۱}{n^۲}\right) \rightarrow \frac{۱}{۱۲۰۰} = \frac{۱}{۱۰۰}\left(\frac{۱}{۳^۲} - \frac{۱}{n^۲}\right)$

$\frac{۱}{۱۲} = \frac{۱}{۹} - \frac{۱}{n^۲} \rightarrow \frac{۱}{n^۲} = \frac{۱}{۹} - \frac{۱}{۱۲} = \frac{۱۲-۹}{۱۲\times۹} = \frac{۳}{۱۲\times۹}$

۴

۱۹- در اتم هیدروژن، محدودهٔ تقریبی طول موج‌های رشتهٔ پاشن $(n' = ۳)$ برحسب میکرومتر کدام است؟

خارج از کشور- ۱۳۹۹

$(R = ۰/۰۱nm^{-1})$

۱) ۰/۹ تا ۲ ۲) ۰/۹ تا ۴/۴ ۳) ۱/۶ تا ۲ ۴) ۱/۶ تا ۴/۴

پاشن $n' = ۳ \rightarrow$

$n = ۴ \rightarrow \frac{۱}{\lambda} = \frac{۱}{۱۰۰}\left(\frac{۱}{۹} - \frac{۱}{۱۶}\right) = \frac{۱}{۱۰۰} \times \frac{۷}{۹\times۱۶} \rightarrow \lambda = \frac{۹\times۱۶۰۰}{۷} = ۲۰۵۷nm \simeq ۲\mu m$

$n = \infty \rightarrow \frac{۱}{\lambda} = \frac{۱}{۱۰۰}\left(\frac{۱}{۹} - \frac{۱}{\infty}\right) = \frac{۱}{۹۰۰} \rightarrow \lambda = ۹۰۰nm = ۰/۹\mu m$

۲۴- در اتم هیدروژن در رشتهٔ بالمر $(n' = ۲)$، بلندترین طول موج گسیل‌شده، چند نانومتر بیشتر از کوتاه‌ترین طول موج این رشته است؟

سراسری- ۱۴۰۰

$[R = ۰/۰۱(nm)^{-1}]$

۱) ۲۴۰ ۲) ۳۲۰ ۳) ۴۰۰ ۴) ۵۰۰

بالمر $n' = ۲ \rightarrow$

$n = ۳ \rightarrow \frac{۱}{\lambda_{max}} = \frac{۱}{۱۰۰}\left(\frac{۱}{۲^۲} - \frac{۱}{۳^۲}\right) = \frac{۱}{۱۰۰}\left(\frac{۱}{۴} - \frac{۱}{۹}\right) = \frac{۱}{۱۰۰} \times \frac{۵}{۳۶}$

$\lambda_{max} = ۷۲۰nm$

$n = \infty \rightarrow \frac{۱}{\lambda_{min}} = \frac{۱}{۱۰۰}\left(\frac{۱}{۲^۲} - \frac{۱}{\infty}\right) \rightarrow \lambda_{min} = ۴۰۰nm$

$\lambda_{max} - \lambda_{min} = ۷۲۰ - ۴۰۰ = ۳۲۰nm$

درس خط
سومین خط
$n=4,5,6,\dots,\infty$

۲۱- اختلاف طول موج دومین و سومین خط طیفی اتم هیدروژن در رشتهٔ پاشن $(n'=3)$ چند نانومتر است؟ $(R=\frac{1}{100}(nm)^{-1})$

خارج از کشور- ۱۳۹۹

① $\frac{825}{8}$ ② ۱۵۰ ③ $\frac{825}{4}$ ④ ۳۰۰

$n'=3 \rightarrow \begin{cases} n=5 & \frac{1}{\lambda}=\frac{1}{100}\left(\frac{1}{9}-\frac{1}{25}\right) \rightarrow \lambda \approx 14.6 \\ n=6 & \frac{1}{\lambda}=\frac{1}{100}\left(\frac{1}{9}-\frac{1}{36}\right)=\frac{1}{100}\left(\frac{3}{36}\right)=\frac{1}{1200} \rightarrow \lambda=1200\ nm \end{cases} \Rightarrow \Delta\lambda=\frac{825}{4}$

۲۵- اختلاف بیشترین و کمترین بسامد فوتون گسیلی اتم هیدروژن در رشتهٔ پاشن $(n'=3)$ چند هرتز است؟ $(R=\frac{1}{100}(nm)^{-1}, c=3\times10^8\frac{m}{s})$

خارج از کشور- ۱۴۰۱

① $7{,}5\times10^{15}$ ② $1{,}875\times10^{15}$ ③ $7{,}5\times10^{14}$ ④ $1{,}875\times10^{14}$

$\Delta f=f_{max}-f_{min}=\frac{c}{\lambda_{min}}-\frac{c}{\lambda_{max}}=c\left(\frac{1}{\lambda_{min}}-\frac{1}{\lambda_{max}}\right)=cR\left[\left(\frac{1}{9}-\frac{1}{\infty}\right)-\left(\frac{1}{9}-\frac{1}{16}\right)\right]$

$\lambda_{min}: n'=3,\ n=\infty \qquad \lambda_{max}: n'=3,\ n=4$

$\Delta f=3\times10^8\times\frac{1}{100\times10^{-9}}\times\frac{1}{16}=\frac{3}{16}\times10^{15}=\frac{3}{16}\times10^{14}=1{,}875\times10^{14}\ Hz$

۲۶- طول موج دومین خط طیف رشته براکت $(n'=4)$ چند برابر طول موج چهارمین خط طیف رشته بالمر $(n'=2)$ است؟

سراسری- ۱۴۰۱

① $\frac{72}{5}$ ② ۸ ③ $\frac{32}{5}$ ④ ۴

$\frac{\lambda_{\text{دوم براکت}}}{\lambda_{\text{چهارم بالمر}}}=\frac{\frac{1}{\lambda_{\text{بالمر}}}}{\frac{1}{\lambda_{\text{براکت}}}}=\frac{R\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{6^2}\right)}{R\left(\frac{1}{4^2}-\frac{1}{6^2}\right)}=\frac{\frac{1}{4}-\frac{1}{36}}{\frac{1}{16}-\frac{1}{36}}=\frac{\frac{8}{36}}{\frac{20}{36\times16}}=\frac{32}{5}$

پویش علمی جهاد

کوتاه‌ترین طول‌موج فرابنفش هیدروژن اتمی چندبرابر کوتاه‌ترین طول‌موج فروسرخ آن است؟

۱) $\frac{۱}{۴}$ ۲) $\frac{۴}{۹}$ ۳) $\frac{۱}{۹}$ ✓ ۴) $\frac{۴}{۴۹}$

$$\frac{\text{زاویه‌ی } \lambda_{min}}{\text{فروسرخ } \lambda'_{min}} = \frac{\frac{۱}{\lambda'}}{\frac{۱}{\lambda}} = \frac{R(\frac{۱}{۳^۲}-\frac{۱}{\infty})}{R(\frac{۱}{۱^۲}-\frac{۱}{\infty})} = \frac{\frac{۱}{۹}}{\frac{۱}{۱}} = \frac{۱}{۹}$$

اگر ثابت ریدبرگ R باشد، اختلاف کوتاه‌ترین طول‌موج گسیلی اتم هیدروژن در ناحیهٔ فروسرخ با کوتاه‌ترین طول‌موج گسیلی در ناحیهٔ فرابنفش کدام است؟

۱) $\frac{۱}{R}$ ۲) $\frac{۲۵}{R}$ ۳) $\frac{۹}{R}$ ۴) $\frac{۸}{R}$ ✓

$$\frac{۱}{\lambda} = R(\frac{۱}{۹}-\frac{۱}{\infty}) = \frac{R}{۹} \rightarrow \lambda = \frac{۹}{R}$$
$$\frac{۱}{\lambda} = R(\frac{۱}{۱}-\frac{۱}{\infty}) = \frac{R}{۱} \rightarrow \lambda = \frac{۱}{R}$$
$$\Delta\lambda = \frac{۹}{R} - \frac{۱}{R} = \frac{۸}{R}$$

در طیف هیدروژن اتمی، نسبت بلندترین طول موج رشتهٔ پاشن به کوتاه‌ترین طول موج رشتهٔ بالمر، کدام گزینه است؟

۱) $\frac{۷}{۳۶}$ ۲) $\frac{۱}{۴}$ ۳) $\frac{۳۶}{۷}$ ✓ ۴) ۴

$$\frac{\text{پاشن } \lambda_{max}}{\text{بالمر } \lambda'_{min}} = \frac{\frac{۱}{\lambda'}}{\frac{۱}{\lambda}} = \frac{R(\frac{۱}{۳^۲}-\frac{۱}{\infty})}{R(\frac{۱}{۲^۲}-\frac{۱}{۴^۲})} = \frac{\frac{۱}{۹}-۰}{\frac{۱}{۹}-\frac{۱}{۱۶}} = \frac{\frac{۱}{۹}}{\frac{۷}{۱۶\times۹}} = \frac{۳۶}{۷}$$

پویش علمی جهاد
پایه دوازدهم
استاد باب الحوائجی

نام رشته	عدد رشته (n')	رابطهٔ ریدبرگ مربوط	n	گسترهٔ طول موجی (nm)	ناحیهٔ طیف
لیمان	۱	$\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{n^2})$	$n=2,3,4,\dots$	۹۱ تا ۱۲۱	فرابنفش
بالمر	۲	$\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{n^2})$	$n=3,4,5,\dots$	۳۶۵ تا ۶۵۶	فرابنفش و مرئی
پاشن	۳	$\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{3^2}-\frac{1}{n^2})$	$n=4,5,6,\dots$	۸۲۰ تا ۱۸۷۵	فروسرخ
براکت	۴	$\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{4^2}-\frac{1}{n^2})$	$n=5,6,7,\dots$	۱۴۵۹ تا ۴۰۵۱	فروسرخ
پفوند	۵	$\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{5^2}-\frac{1}{n^2})$	$n=6,7,8,\dots$	۲۲۷۹ تا ۷۴۵۸	فروسرخ

در گستره لیمان است پس $n'=1$ است.

۴۳- در اتم هیدروژن، الکترون از مدار n به مدار n' می‌رود و فوتونی با طول موج ۱۱۲٫۵ نانومتر گسیل می‌کند. n و n' کدام‌اند؟ ($R=0/01(nm)^{-1}$) سراسری- ۱۳۹۵

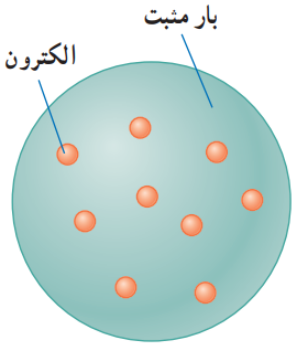
۱) ۱، ۳ ✓ ۲) ۱، ۴ ۳) ۲، ۳ ۴) ۲، ۴

$$\frac{1}{112/5}=\frac{1}{100}\left(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{n^2}\right)\rightarrow\frac{8}{900}=\frac{1}{100}\left(1-\frac{1}{n^2}\right)\rightarrow\frac{1}{n^2}=\frac{1}{9}$$

$n=3$

پویش علمی جهاد

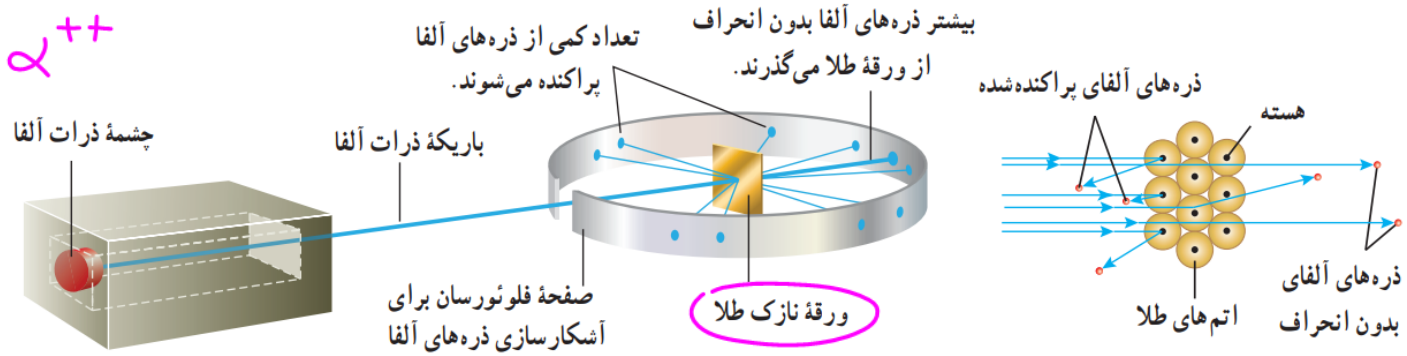
مدل اتم رادرفورد ـ بور



جوزف تامسون فیزیک‌دان انگلیسی، در سال ۱۸۹۶ میلادی موفق به کشف الکترون و اندازه‌گیری نسبت بار به جرم e/m آن شد. کشف الکترون، تامسون را ترغیب کرد تا مدلی برای اتم ارائه دهد. این مدل سرانجام در سال ۱۹۰۴ میلادی ارائه شد. بنا بر مدل تامسون، اتم همچون کره‌ای است که بار مثبت به‌طور 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 کشمشی هم می‌گویند، زیرا الکترون‌ها مانند دانه‌های کشمش در آن پخش شده‌اند

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

مدل اتمی رادرفورد (مدل اتم هسته‌ای یا هسته‌ای اتم)



آزمایش پراکندگی رادرفورد که در آن ذرات α از یک ورقهٔ نازک طلا پراکنده شده‌اند. تمام وسیله‌ها در یک اتاقک خلأ قرار دارد که در این شکل نشان داده نشده است.

این ذره‌ها باید با چیز پرجرمی 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 به‌طور آشکار مغایرت داشت.

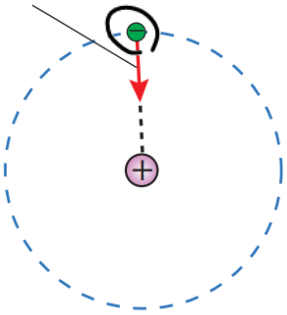
اشکالات الگوی رادرفورد:

۱- این الگو نمی تواند پایداری [redacted] الکترونها به دور هسته و در نتیجه پایداری اتم ها را توضیح دهد.

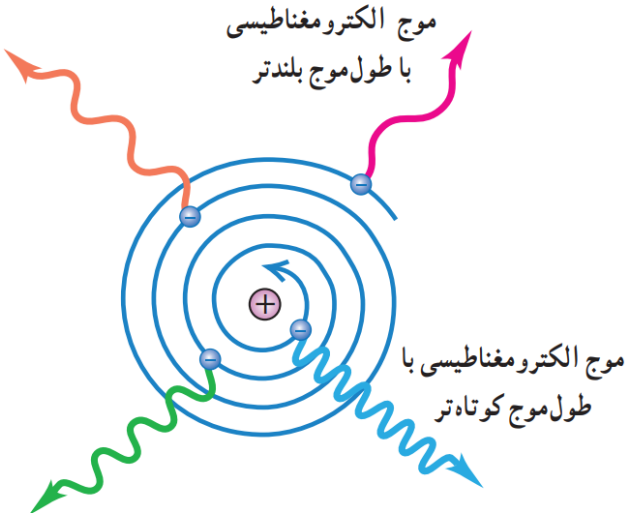
اگر الکترون ها را نسبت به هسته ساکن فرض کنیم، به علت نیروی ربایش بین الکترون و هسته مثبت،باید روی هسته سقوط کند و در نتیجه اتم باید ناپایدار باشد.

انرژی تبدیل می‌کند ← ذره باردار متحرک (شتابدار)

نیروی ربایش الکتریکی که از طرف هسته به الکترون وارد می‌شود.



اگر هم فرض کنیم الکترون ها مانند سیاره های منظومه شمسی که به دور خورشید می چرخند، به دور هسته بچرخند ، باز هم به خاطر گسیل امواج الکترو مغناطیسی باید به تدریج انرژی خود را از دست داده و روی هسته سقوط کنند.



۲- این الگو قادر به توجیه طیف گسته اتمی نمی باشد یعنی طیف اتمی را پیوسته می داند.

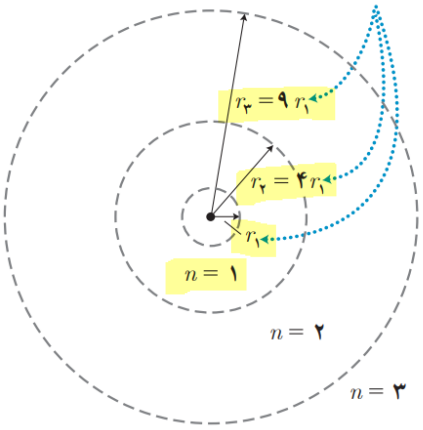
طبق قوانین فیزیک کلاسیک چون حرکت الکترون به دور هسته شتا بدار است ، این حرکت باید سبب گسیل امواج الکترو مغناطیس شود که بسامد آن با بسامد حرکت مدار الکترون یکسان است. با تابش این امواج به تدریج از انرژی الکترون کاسته می شود. این کاهش انرژی سبب می شود که شعاع حرکت الکترون به دور هسته کاهش یافته و بسامد مداری آن به تدریج افزایش یابد. این افزایش تدریجی بسامد حرکت الکترون موجب می شود که بسامد موج الکترو مغناطیسی ناشی از حرکت الکترون نیز به تدریج افزایش یابد و طیف امواج الکترو مغنا طیس گسیل شده از اتم باید پیوسته باشد باشد که این نتیجه با طیف خطی گسیل شده از اتم ها تناقض دارد.

در سال ۱۹۱۳ میلادی، بور مدلی را برای اتم هیدروژن ارائه کرد. این مدل افزون بر آنکه مسئلهٔ ناپایداری اتم را در مدل رادرفورد حل می‌کرد معادلهٔ ریدبرگ برای طیف خطی اتم هیدروژن را نیز نتیجه می‌داد. نظریهٔ 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.

مفروضات مدل بور:

۱ــ مدارها و انرژی‌های الکترون‌ها در هر اتم کوانتیده‌اند؛ یعنی فقط مدارها و انرژی‌های گسستهٔ معیّنی مجاز هستند.

شعاع مدارها با n^2 متناسب است.



$r_1 = a_0$ $\quad r_4 = 16\,a_0$

$r_2 = 4\,a_0$ $\quad r_5 = 25\,a_0$

$r_3 = 9\,a_0$ $\quad r_6 = 36\,a_0$

(شعاع مدارهای الکترون برای اتم هیدروژن) $\quad r_n = a_0 n^2$

شعاع بور برای اتم هیدروژن $\quad a_0 = r_1 = 5/29 \times 10^{-11}\,\mathrm{m} = 53\,\mathrm{pm} = 0/53\,\text{Å}$

پویش علمی جهاد

(ترازهای انرژی الکترون در اتم هیدروژن)

$$E_n = \frac{-۱۳/۶\text{eV}}{n^۲} = \frac{-E_R}{n^۲}$$

در این روابط n عدد کوانتومی نامیده می‌شود $(n = ۱,۲,۳,\ldots)$

$(E_R = ۱۳/۶\text{eV})$ = یک ریدبرگ

$$E_1 = \frac{-E_R}{۱^۲} = -E_R \qquad E_1 = -13.6\ \text{eV}$$

$$E_2 = \frac{-E_R}{۲^۲} = \frac{-E_R}{۴} \qquad E_2 = -3.40\ \text{eV}$$

$$E_3 = \frac{-E_R}{۳^۲} = \frac{-E_R}{۹} \qquad E_3 = -1.51\ \text{eV}$$

$$E_4 = \frac{-E_R}{۴^۲} = \frac{-E_R}{۱۶} \qquad E_4 = -0.85\ \text{eV}$$

$E_۵ = -۰/۵۴۴\ \text{ev}$ $\quad E_\infty = ۰$

۹- دراتم هیدروژن، انرژی‌الکترون درتراز $n = ۲$ برابر $E_۲$ است و درتراز $n = ۳$ برابر $E_۳$ است. $E_۲$ و $E_۳$ به ترتیب از راست به چپ هر کدام چند ریدبرگ است؟ خارج از کشور- ۱۳۹۳

① $\frac{۱}{۲}$ و $\frac{۱}{۳}$ ② $\frac{۱}{۴}$ و $\frac{۱}{۹}$ ③ $-\frac{۱}{۲}$ و $-\frac{۱}{۳}$ ④ $-\frac{۱}{۴}$ و $-\frac{۱}{۹}$ ✓

$E_n = \frac{-E_R}{n^۲} \rightarrow$ $E_۲ = \frac{-E_R}{۲^۲} = \frac{-E_R}{۴} = -\frac{۱}{۴} \times$ ریدبرگ

$E_۳ = \frac{-E_R}{۳^۲} = -\frac{E_R}{۹} = -\frac{۱}{۹} \times$ ریدبرگ

۱۴- در اتم هیدروژن الکترون از مدار $n = ۳$ به مدار $n = ۴$ می‌رود. شعاع مدار و انرژی آن به ترتیب از راست به چپ چند برابر می‌شود؟ خارج از کشور- ۱۳۸۵

① $\frac{۹}{۱۶}, \frac{۱۶}{۹}$ ✓ ② $\frac{۳}{۴}, \frac{۴}{۳}$ ③ $\frac{۹}{۱۶}, \frac{۴}{۳}$ ④ $\frac{۳}{۴}, \frac{۱۶}{۹}$

$r_۴ = ۴^۲ a_۰ = ۱۶ a_۰$ $\quad r_۳ = ۳^۲ a_۰ = ۹ a_۰$

$E_۴ = \frac{-E_R}{۱۶}$ $\quad E_۳ = \frac{-E_R}{۹}$ $\quad \frac{E_۴}{E_۳} = \frac{\frac{-E_R}{۱۶}}{\frac{-E_R}{۹}} = \frac{۹}{۱۶}$

$\frac{r_۴}{r_۳} = \frac{۱۶ a_۰}{۹ a_۰} = \frac{۱۶}{۹}$

پویش علمی جهاد
پایه دوازدهم
استاد باب الحوائجی

در اتم هیدروژن، اگر اختلاف شعاع دو مدار مانای متوالی، ۱۱ برابر شعاع اولین مدار آن باشد، شمارهٔ مدار بزرگتر کدام است؟

۱) ۷ ۲) ۶
۳) ۵ ۴) ۴

$r_1 = a_0$ $r_4 = 16a_0$
$r_2 = 4a_0$ $r_5 = 25a_0$
$r_3 = 9a_0$ $r_6 = 36a_0$

$\Delta r = r_6 - r_5 = 36a_0 - 25a_0 = 11a_0$

در مدل اتمی بور، فاصلهٔ مدار مانای سوم از مدار مانای چهارم در اتم هیدروژن، چند برابر شعاع مدار مانای اول است؟

۱) ۵ ۲) ۶ ۳) ۷ ۴) ۸

$r_4 = 16a_0$ $r_3 = 9a_0$

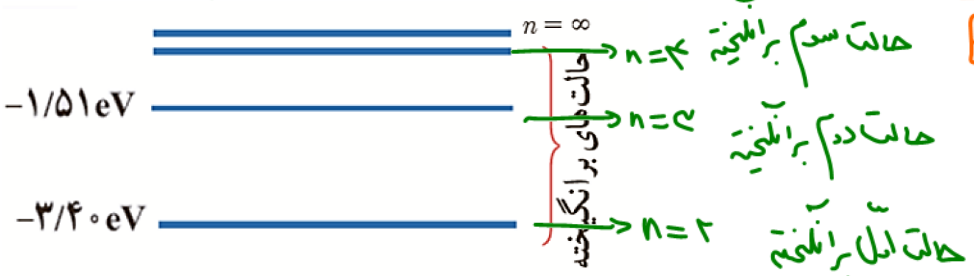
$r_4 - r_3 = 16a_0 - 9a_0 = 7a_0$

۱۵ - در اتم هیدروژن، انرژی الکتریکی در دومین حالت برانگیخته، چند برابر انرژی الکترون در حالت پایه است؟ سراسری- ۱۴۰۱

۱) $\frac{1}{2}$ ۲) $\frac{1}{3}$ ۳) $\frac{1}{4}$ ۴) $\frac{1}{9}$

$\frac{E_3}{E_1} = \frac{-\frac{E_R}{3^2}}{-\frac{E_R}{1}} = \frac{1}{9}$

برای اتم هیدروژن



$L = 4$ $n=5$ $K = 3$ $n=4$

۴۱ - در اتم هیدروژن، انرژی الکترون از $-0/85eV$ به $-0/544eV$ رسیده است. در این حالت الکترون از K امین حالت برانگیختهٔ اتم به L امین حالت برانگیختهٔ اتم رسیده است. K و L به ترتیب کدام‌اند؟ $(E_R = 13/6eV)$ خارج از کشور- ۱۴۰۰

۱) ۵ و ۴ ۲) ۴ و ۵ ۳) ۳ و ۴ ۴) ۳ و ۴

اگر در اتم هیدروژن اختلاف انرژی ترازهای ۱ و ۳ برابر ΔE_1 و اختلاف انرژی ترازهای ۳ و ۵ برابر ΔE_2 باشد، در مورد اختلاف انرژی ترازهای ۱ و ۵ (ΔE_3) چه اظهارنظری می‌توان کرد؟

۱) $\Delta E_3 > \Delta E_1 + \Delta E_2$ ✓ ۲) $\Delta E_3 = \Delta E_1 + \Delta E_2$ ۳) $\Delta E_3 < \Delta E_1 + \Delta E_2$ ۴) نمی‌توان اظهارنظر کرد.

$\Delta E_1 = E_3 - E_1 = \frac{-E_R}{9} - \left(\frac{-E_R}{1}\right) = \frac{8}{9}E_R$

$\Delta E_2 = E_5 - E_3 = \frac{-E_R}{25} - \left(\frac{-E_R}{9}\right) = \frac{16}{225}E_R$

$\Delta E_1 + \Delta E_2 = \frac{24}{25}E_R$

$\Delta E_3 = E_5 - E_1 = \frac{-E_R}{25} - \left(\frac{-E_R}{1}\right) = \frac{24}{25}E_R$

$E_n = \frac{-E_R}{n^2}$

سوال آخر فصل کتاب درسی

۱۴. با استفاده از رابطهٔ بور برای انرژی الکترون در اتم هیدروژن،

الف) اختلاف انرژی $\Delta E(n_U \rightarrow n_L) = E_U - E_L$ را حساب کنید.

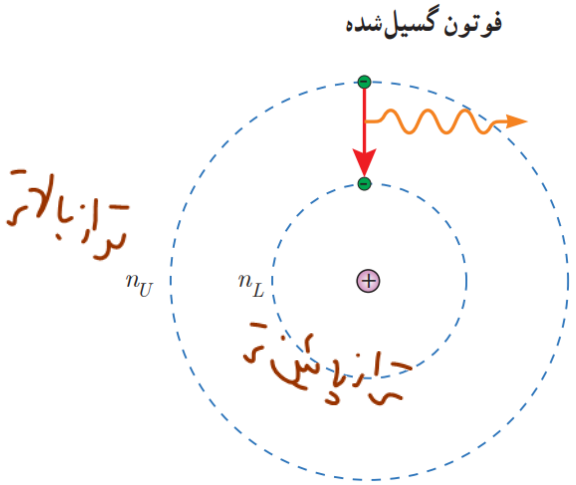
ب) نشان دهید که :

$\Delta E(۴\rightarrow۲) = \Delta E(۴\rightarrow۳) + \Delta E(۳\rightarrow۲)$

$\Delta E(۴\rightarrow۱) = \Delta E(۴\rightarrow۲) + \Delta E(۲\rightarrow۱)$

۲ــ وقتی یک الکترون در یکی از مدارهای مجاز است، هیچ نوع تابش الکترومغناطیسی گسیل نمی‌شود. از این‌رو گفته می‌شود الکترون در مدار مانا یا حالت مانا قرار دارد.

۳ــ 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، یعنی :



$$E_U - E_L = hf$$

(معادلهٔ گسیل فوتون از اتم)

۱۲- دراتم هیدروژن چندریدبرگ انرژی لازم است، تا الکترون ازتراز $n=1$ به تراز $n=5$ انتقال یابد؟ خارج از کشور- ۱۳۹۱

① ۰٫۶ ② ۰٫۹۶ ✓ ③ ۱٫۳۱ ④ ۱٫۷۷۵

$$\Delta E = E_5 - E_1 = \frac{-E_R}{5^2} - \left(\frac{-E_R}{1^2}\right) = \frac{-E_R}{25} + E_R = \frac{24}{25}E_R$$

۳۶- در اتم هیدروژن، الکترون از مداری به شعاع r به مدار دیگری به شعاع r' می‌رود و فوتونی با انرژی $2{,}55eV$ گسیل می‌کند. $r-r'$ چند برابر شعاع بور (a_0) است؟ $(E_R = 13{,}6eV)$ خارج از کشور- ۱۴۰۰

① ۲ ② ۵ ③ ۸ ④ ۱۲ ✓

$E_1 = -13.6\ eV$

$E_2 = -3.40\ eV \Rightarrow r_2 = 4a_0$

$E_3 = -1.51\ eV$

$E_4 = -0.85\ eV \Rightarrow r_4 = 16a_0$

$\Delta r = 16a_0 - 4a_0 = 12a_0$

۴۰- در اتم هیدروژن، الکترون از مدار n به n' می‌رود و فوتونی با انرژی $4{,}08 \times 10^{-19} J$ تابش می‌کند. شعاع مدار mاُم، چند برابر شعاع بور است؟ $(e = 1{,}6 \times 10^{-19} C, E_R = 13{,}6eV)$ خارج از کشور- ۱۴۰۱

① ۲۵ ② ۱۶ ✓ ③ ۹ ④ ۴

$$E = \frac{4{,}08 \times 10^{-19}}{1{,}6 \times 10^{-19}} = 2{,}55\ eV$$

$r_n = r_4 = 16a_0$

پویش علمی
پایه دوازدهم
استاد باب الحوائجی

۴۴ - در اتم هیدروژن، اگر الکترون از تراز n که انرژی آن $-\frac{1}{16}E_R$ است به تراز n' انتقال یابد و فوتونی با طول موج $\frac{1600}{15}$ نانومتر تابش شود، n و n' به ترتیب کدام است؟ $(R = 0/01(nm)^{-1})$

خارج از کشور - ۱۳۹۶

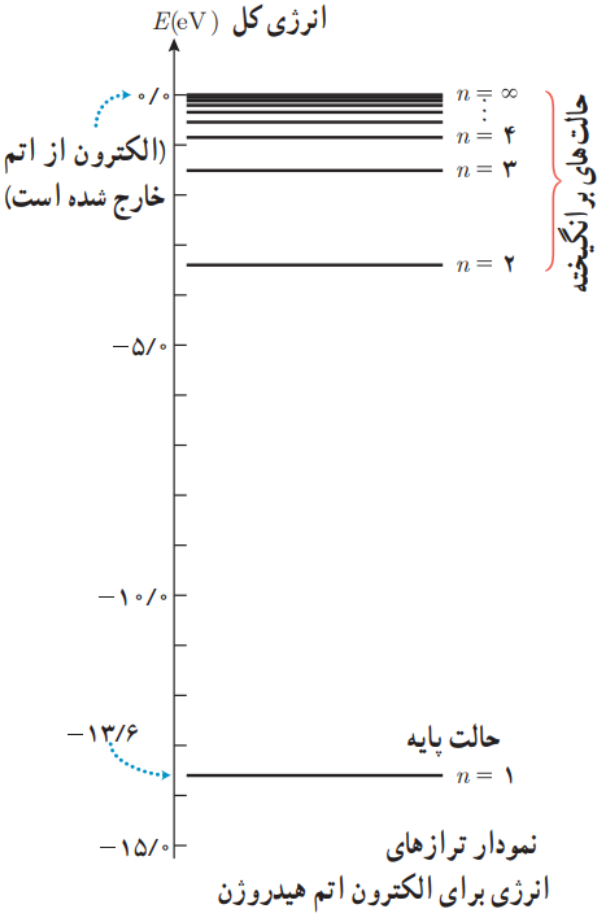
① ۳ و ۱ ② ۴ و ۱ ③ ۴ و ۲ ④ ۵ و ۲

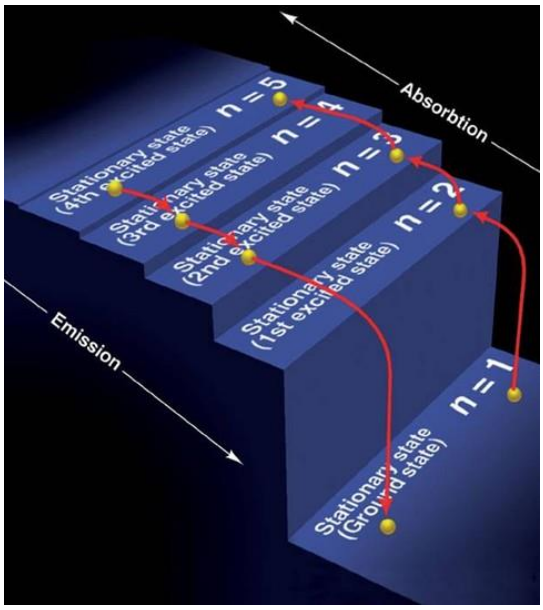
$E = -\frac{1}{16}E_R = \frac{-E_R}{n^2} \rightarrow n = 4$

$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right)$

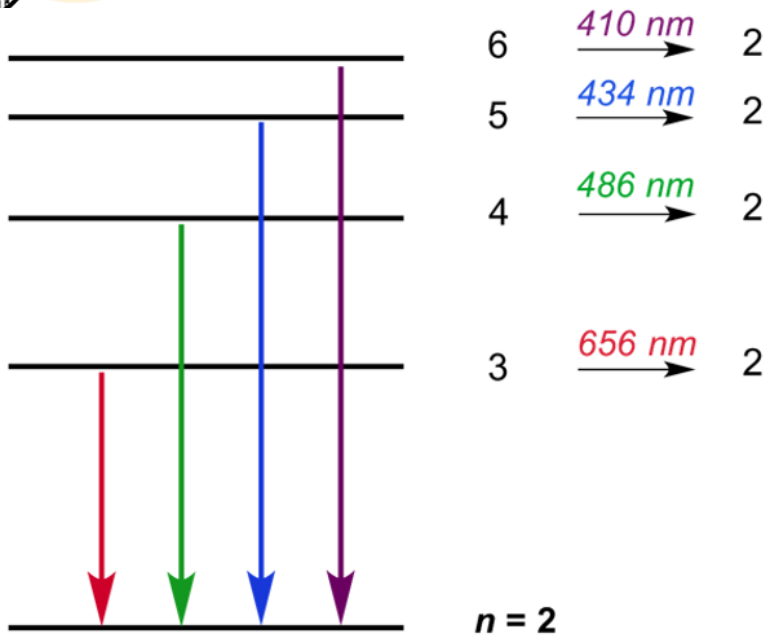
$\frac{15}{1600} = \frac{1}{100}\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{4^2}\right) \rightarrow n' = 1$

نمودار ترازهای انرژی الکترون برای اتم هیدروژن: مفید است که مقدارهای انرژی داده‌شده در معادلهٔ ۵ــ۸ را مانند شکل ۵ــ۱۴ روی نمودار تراز انرژی نمایش دهیم. در این نمودار، که برای اتم هیدروژن رسم شده است بالاترین تراز انرژی به $n = \infty$ در معادلهٔ ۵ــ۸ مربوط است و دارای انرژی ۰eV است. برعکس، پایین‌ترین تراز انرژی مربوط به $n = 1$ است و دارای مقدار ۱۳/۶eV− است. پایین‌ترین تراز انرژی، حالت پایه نامیده می‌شود تا از ترازهای بالاتر که حالت‌های برانگیخته نامیده می‌شوند متمایز باشد. توجه کنید که با افزایش n چگونه انرژی‌های حالت‌های برانگیخته به هم نزدیک و نزدیک‌تر می‌شوند.



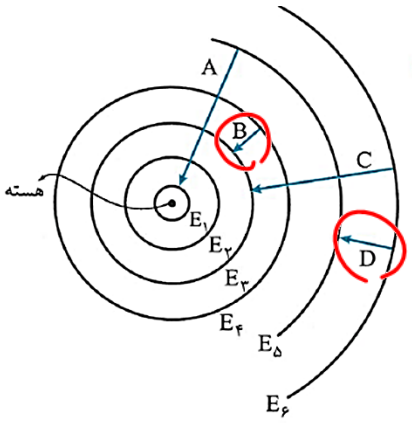


پویش علمی جهاد



پرش بلند تر :
انرژی و بسامد بیشتر
طول موج کوتاه تر

$$\Delta E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$



شکل روبه‌رو، مدارهای الکترون در الگوی بور برای اتم هیدروژن را نشان می‌دهد. در کدام گسیل، طول موج وابسته به فوتون تابش‌شده بلندتر است؟ (تجربی خارج ۹۴)

۱) A
۲) B
۳) C
۴) D ✓

۴ ← ۳ : B
۶ ← ۵ : D

λ_{max} ← پرش کوتاهتر

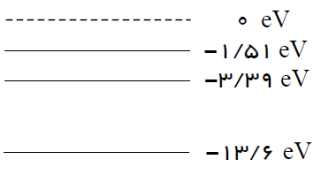
اگر الکترون در هیدروژن اتمی روی تراز n = ۴ باشد، پُر انرژی‌ترین فوتونی که می‌تواند تابش کند، چند ریدبرگ است؟

۱) $\frac{۱}{۱۶}$ ۲) $\frac{۷}{۱۶}$ ۳) $\frac{۹}{۲۵}$ ۴) $\frac{۱۵}{۱۶}$ ✓

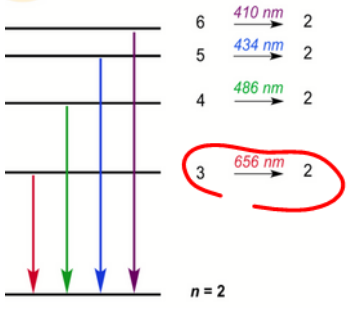
پرش بلندتر: $n=۴ \rightarrow n=۱$

$$hf = E_۴ - E_۱ = \frac{-E_R}{۴^۲} - \left(\frac{-E_R}{۱^۲}\right) = \frac{-E_R}{۱۶} + E_R = \frac{۱۵}{۱۶}E_R$$

۲۸ - شکل روبه رو، تعدادی از ترازهای انرژی اتم هیدروژن را نشان می دهد. کدام گذار می تواند به گسیل فوتونی با طول موج ۶۶۰nm منجر شود؟ $(h = ۴/۱۳۶ \times ۱۰^{-۱۵} eVs, c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s})$ سراسری- ۱۳۸۹

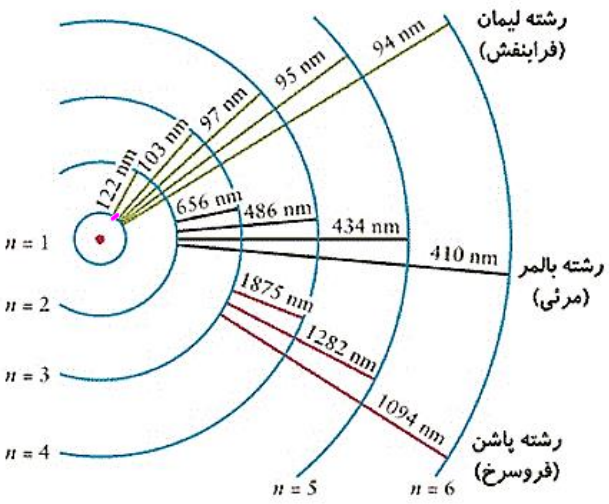


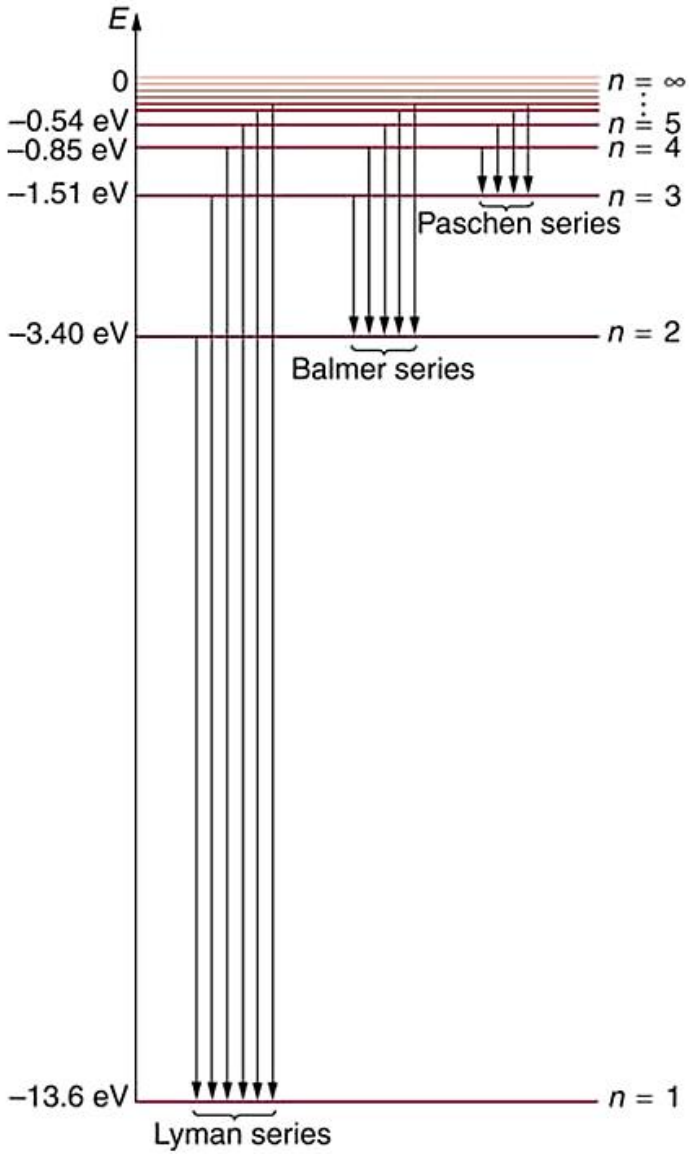
۱) $n = ۴$ به $n = ۱$
۲) $n = ۳$ به $n = ۲$ ✓
۳) $n = ۱$ به $n = ۳$
۴) $n = ۲$ به $n = ۴$



پویش علمی جهاد

پایه دوازدهم
استاد باب الحوائجی





۳۲- در اتم هیدروژن، الکترون در تراز $n = 1$ قرار دارند و شعاع مدار آن r_1 است. این الکترون با کسب انرژی مناسب، به کدام مدار برود، تا شعاع مدار آن $16r_1$ شود؟ و اگر از آن مدار، مستقیماً به مدار $n = 1$ برگردد. پرتو گسیل شده مربوط به کدام رشته است؟ خارج از کشور- ۱۳۹۱

① $n = 4$ و لیمان ② $n = 4$ و بالمر ③ $n = 8$ و لیمان ④ $n = 8$ و بالمر

$r = 16a_0 = n^2 a_0 \rightarrow n = 4 \rightarrow n' = 1$

پویش علمی جهاد

پایه دوازدهم
استاد باب الحوائجی

الکترونی در هیدروژن اتمی در حالت $n = 4$ قرار دارد. با در نظر گرفتن تمام گذارهای ممکن، اگر این الکترون به حالت پایه بـرود ..... نوع فوتون و اگر فقط گذارهای $\Delta n = 1$ مجاز باشد، ..... نوع فوتون گسیل می‌کند.

۱) ۶ ، ۱۲ ۲) ۵ ، ۱۰ ۳) ۴ ، ۲ ۴) ۶ ، ۳

$n=4 \to 3$

$4 \to 2 \quad 3 \to 2$

$4 \to 1 \quad 3 \to 1 \quad 2 \to 1$

$4 \to 3 \to 2 \to 1$

$n-1 = 4-1 = 3$

$\frac{n(n-1)}{2} = \frac{4(4-1)}{2} = 6$

در هیدروژن اتمی، الکترون در حالت برانگیخته $n = 7$ قرار دارد. این اتم چند نوع فوتون فروسرخ می‌تواند گسیل کند؟

۱) ۴ ۲) ۶ ۳) ۱۰ ۴) ۸

$n' = 4, 5, 6, \dots$

فروسرخ:

$n=7 \to 6$

$7 \to 5$ (نعونه) $\quad 6 \to 5$

$7 \to 4$ (برانت) $\quad 6 \to 4 \quad 5 \to 4$

$7 \to 3$ (پاشن) $\quad 6 \to 3 \quad 5 \to 3 \quad 4 \to 3$

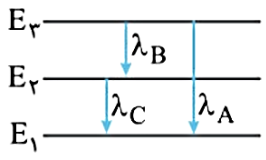
$7 \to 2 \quad 6 \to 2 \quad 5 \to 2 \quad 4 \to 2 \quad 3 \to 2$

$7 \to 1 \quad 6 \to 1 \quad 5 \to 1 \quad 4 \to 1 \quad 3 \to 1 \quad 2 \to 1$

چند نوع فوتون در رشته زانفت تابش می‌کند؟ ۷

پویش علمی جهاد

در شکل مقابل، سه گذار الکترون در اتم هیدروژن نشان داده شده است. رابطهٔ بین طول موج‌های تابش‌شده کدام است؟

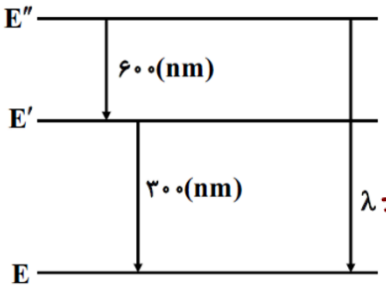


۱) $\lambda_A = \lambda_B \times \lambda_C$

۲) $\frac{1}{\lambda_A} = \frac{1}{\lambda_B} + \frac{1}{\lambda_C}$ ✓

۳) $\lambda_A = \lambda_B + \lambda_C$

۴) $\frac{1}{\lambda_A^2} = \frac{1}{\lambda_B^2} + \frac{1}{\lambda_C^2}$



$E_A = E_B + E_C$

$hf_A = hf_B + hf_C$

$\frac{c}{\lambda_A} = \frac{c}{\lambda_B} + \frac{c}{\lambda_C} \rightarrow \boxed{\frac{1}{\lambda_A} = \frac{1}{\lambda_B} + \frac{1}{\lambda_C}}$

برای بالا بردن الکترون از حالت پایه ($n=1$) به بالاترین حالت برانگیختهٔ ممکن ($n=\infty$) مقدار ۱۳/۶eV انرژی باید صرف شود. صرف این مقدار انرژی، الکترون را از اتم خارج می‌کند و یون مثبت هیدروژن H^+ ایجاد می‌شود. این کمترین انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از حالت پایه، انرژی یونش الکترون نامیده می‌شود.

انرژی یونش الکترون $E_n = \frac{E_R}{n^2}$

$\Delta E = E_\infty - E_n = 0 - E_n = -\left(\frac{-E_R}{n^2}\right) = +\frac{E_R}{n^2}$

$n=2$

-برای اینکه اتم هیدروژن که در حالت برانگیختهٔ دوم قرار دارد، کاملاً یونیده شود، باید ..... الکترون‌ولت انرژی ..... .

$(E_R = 13/6\,eV)$

۱) $\frac{13/6}{9}$، جذب کند. ✓

۲) $\frac{13/6}{9}$، گسیل کند.

۳) ۳/۴، جذب کند.

۴) ۳/۴، گسیل کند.

برای برد به $n=\infty$

انرژی یونش = انرژی جذب شده $= +\frac{E_R}{n^2} = +\frac{13/6}{3^2} = +\frac{13/6}{9}$

استخراج معادلهٔ ریدبرگ برای اتم هیدروژن از مدل بور :

یکی از موفقیت‌های مدل بور نتیجه‌گیری معادلهٔ ریدبرگ برای طیف خطی گاز هیدروژن اتمی است.
برای بررسی بیشتر این موضوع فرض کنید الکترون اتم هیدروژن در یکی از حالت‌های برانگیخته باشد و بخواهد به حالتی با انرژی کمتر جهش کند. به عبارت دیگر الکترون از مدار مانای n_U به مدار مانای n_L می‌رود و فوتونی را گسیل می‌کند.

انرژی فوتون تابشی $= hf = E_U - E_L = \frac{-E_R}{n_U^2} - \left(\frac{-E_R}{n_L^2}\right) = \frac{E_R}{n_L^2} - \frac{E_R}{n_U^2} = E_R\left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2}\right)$

$\frac{hc}{\lambda} = E_R\left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2}\right) \rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{E_R}{hc}\left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2}\right)$ ($\frac{E_R}{hc} = R$)

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{E_R}{hc}\left(\frac{1}{{n_L}^2} - \frac{1}{{n_U}^2}\right)$$

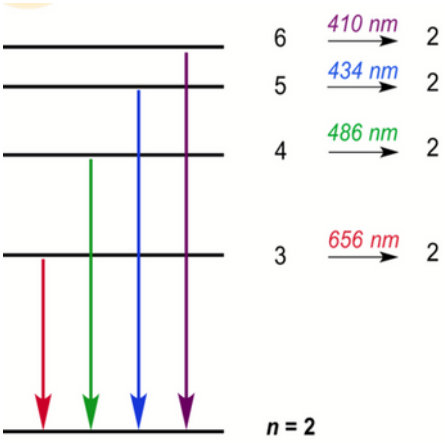
$$\frac{E_R}{hc} = \frac{13/6\,\text{eV}}{1240\,\text{eV.nm}} = 0/0109\,(\text{nm})^{-1} = R$$

در گسیل‌های مربوط به اتم هیدروژن، بلندترین طول موج مربوط به رشته بالمر، تقریباً چند نانومتر است؟
$(hc = 1240\,\text{eV.nm}$ و $E_R = 13/6\,\text{eV})$

۱) ۴۵۴ ۲) ۴۶۰ ۳) ۶۵۶ ۴) ۷۶۰

$n' = 2$ — کوتاه‌ترین طول موج $\rightarrow n = \infty$

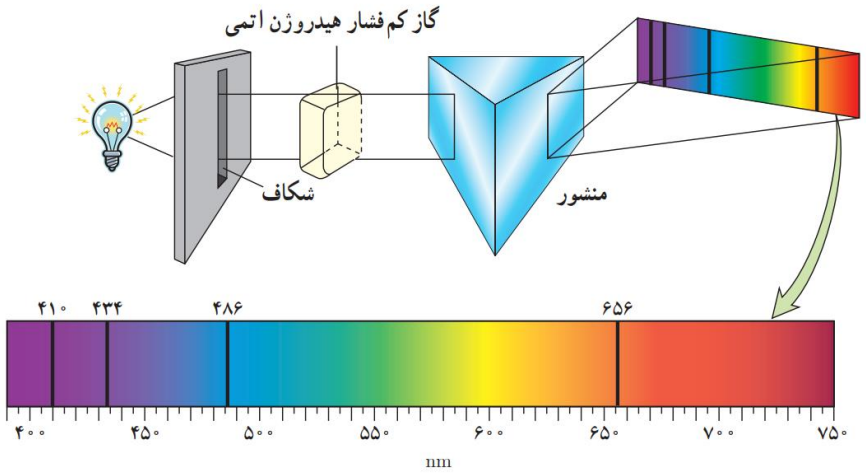
$\frac{1}{\lambda} = \frac{E_R}{hc}\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty^2}\right) = \frac{13/6}{1240}\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9}\right)$



پویش علمی جهاد

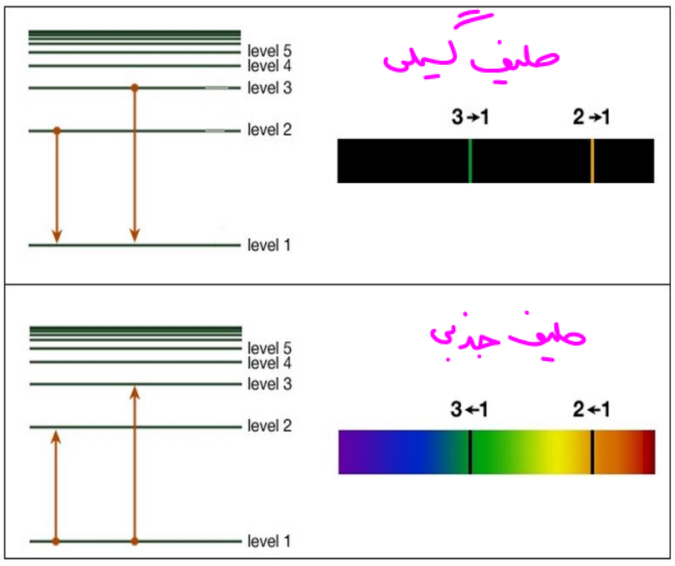
طیف جذبی گاز هیدروژن اتمی و مدل بور :

اگر نور سفید از داخل گاز عنصری عبور کند و سپس طیف آن تشکیل شود در طیف آن، خط های تاریکی ظاهر می شود.این خط ها یا طول موج ها توسط اتم های گاز عنصر جذب شده اند.

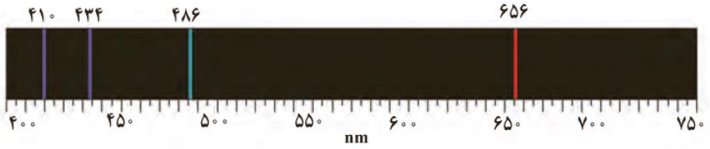


مطالعه و مقایسهٔ این دو طیف و همچنین طیف‌های گسیلی و جذبی عنصرهای مختلف نشان می‌دهد که :

- هم در طیف گسیلی و هم در طیف جذبی اتم‌های گاز هر عنصر، طول‌موج‌های معیّنی وجود دارد که از مشخصه‌های آن عنصر است. یعنی طیف گسیلی و طیف جذبی هیچ دو گازی همانند یکدیگر نیست.
- اتم‌های هر گاز دقیقاً همان طول‌موج‌هایی را از نور سفید جذب می‌کنند که اگر دمای آنها به اندازهٔ کافی بالا رود و یا به هر صورت دیگر برانگیخته شوند، آنها را تابش می‌کنند.

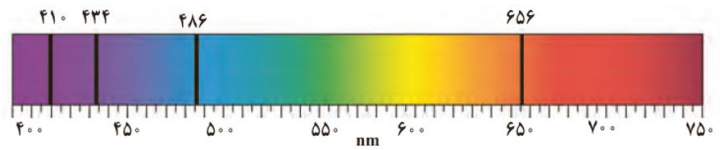


طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی



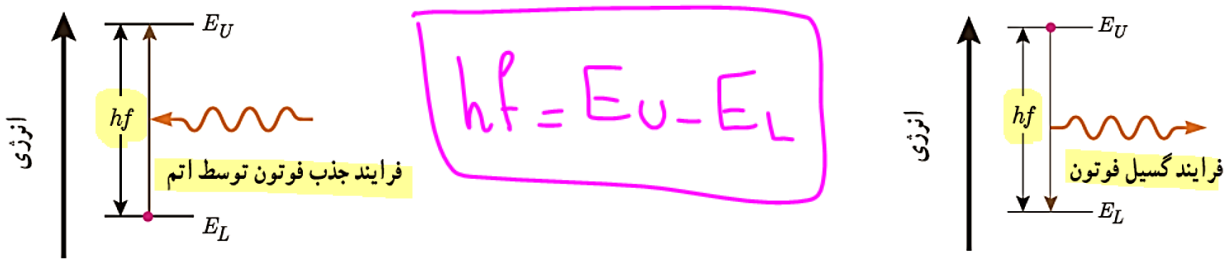
خط‌های روشن درطیف گسیلی معرف طول‌موج‌های گسیل‌شده توسط اتم‌های گاز هستند.

طیف جذبی گاز هیدروژن اتمی



خط‌های تاریک در زمینهٔ طیف، معرف طول‌موج‌های جذب‌شده توسط اتم‌های گاز هستند.

براساس مدل بور می‌دانیم که خط‌های گوناگون در طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی وقتی به‌وجود می‌آیند که الکترون‌های اتم‌های هیدروژن، که به هر دلیلی برانگیخته شده‌اند، از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین‌تر جهش کنند و فوتون‌هایی را گسیل کنند همچنین الکترون‌ها می‌توانند در جهت عکس گذار کنند، یعنی در فرایندی که جذب فوتون خوانده می‌شود از ترازهای انرژی پایین‌تر به ترازهای انرژی بالاتر بروند در این حالت، اتم، فوتونی را که دقیقاً انرژی لازم برای گذار را دارد جذب می‌کند.



۱۶- یک اتم هیدروژن در حالت پایه قرار دارد. بیشترین طول موج نوری که بتواند این اتم هیدروژن را یونیزه کند، چند نانومتر است؟ $(R = 0/01\,nm^{-1})$

خارج از کشور- ۱۳۹۷

۱) ۶۰۰ ۲) ۵۰۰ ۳) ۲۰۰ ۴) ۱۰۰

$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) = \frac{1}{100}\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{\infty^2}\right) = \frac{1}{100} \rightarrow \lambda = 100\ nm$

۱۸- بلندترین طول موجی که جذب اتم هیدروژن در حالت پایه می‌شود، چند نانومتر است؟ $(R = \frac{1}{100}(nm)^{-1})$

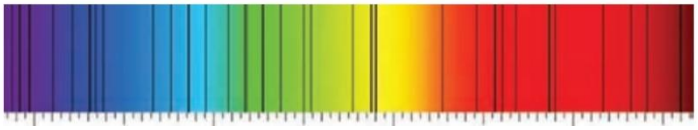
سراسری- ۱۳۹۲

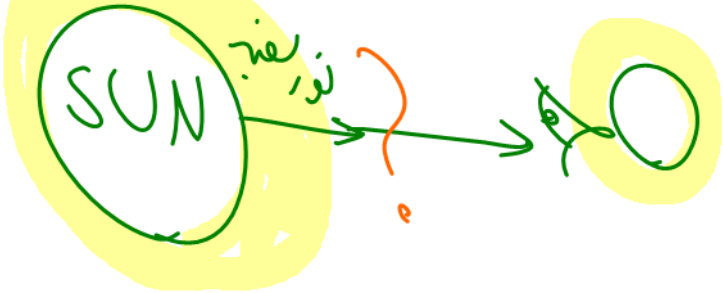
۱) ۲۵ ۲) ۱۰۰ ۳) $\frac{400}{3}$ ۴) $\frac{100}{3}$

$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right) = \frac{1}{100}\left(1 - \frac{1}{4}\right) = \frac{3}{400} \rightarrow \lambda = \frac{400}{3}$

در سال ۱۸۱۴ میلادی فرانهوفر، با مشاهدهٔ دقیق طیف خورشید، خط‌های تاریک نازکی را در آن کشف کرد. این تجربه نشان می‌داد در تابشی که از خورشید گسیل می‌شود و به زمین می‌رسد بعضی از طول‌موج‌ها وجود ندارند.

امروزه می‌دانیم بسیاری از خط‌های تاریکی که فرانهوفر در طیف خورشید کشف کرد، ناشی از جذب طول‌موج‌های مربوط به این خط‌ها توسط گازهای جو خورشید است. خط‌های دیگر به سبب جذب نور در گازهای جو زمین پدید می‌آیند.





موفقیت‌ها و نارسایی‌های مدل بور : مدل بور تصویری از چگونگی حرکت الکترون‌ها به دور هسته ارائه می‌کند. این مدل در تبیین پایداری اتم، طیف گسیلی و جذبی گاز هیدروژن اتمی و محاسبهٔ انرژی یونش اتم هیدروژن با موفقیت همراه است. افزون بر این، مدل بور را برای اتم‌های هیدروژن‌گونه نیز می‌توان به کار برد. اتم هیدروژن‌گونه به اتم‌هایی گفته می‌شود که تنها یک الکترون دارند. برای مثال، اتم لیتیم که در حالت خنثی سه الکترون دارد اگر دو الکترون خود را از دست داده باشد، یک اتم هیدروژن‌گونه است. مدل بور می‌تواند انرژی یونش و همچنین طول‌موج‌های طیف خطی اتم‌های هیدروژن‌گونه مانند لیتیم دو بار یونیده (Li^{2+}) را پیش‌بینی کند که با تجربه سازگاری خوبی دارد.

مدل بور به‌رغم موفقیت‌هایی که اشاره شد، نارسایی‌هایی نیز دارد که تنها به دو مورد از آنها اشاره می‌کنیم. این مدل برای وقتی که بیش از یک الکترون به دور هسته می‌گردد به کار نمی‌رود، زیرا در مدل بور، نیروی الکتریکی که یک الکترون بر الکترون دیگر وارد می‌کند به حساب نیامده است. همچنین این مدل نمی‌تواند متفاوت بودن شدت خط‌های طیف گسیلی را توضیح دهد. برای مثال مدل بور نمی‌تواند توضیح دهد که چرا شدت خط قرمز با شدت خط آبی در طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی با یکدیگر متفاوت است.

۱۳ - کدام‌یک از موارد زیر را نمی‌توان برای اتم‌های هیدروژن گونه، با استفاده از مدل اتمی بور توجیه کرد؟ سراسری- ۱۴۰۰

(۱) تبیین پایداری اتم
(۲) طول موج‌های گسیلی طیف اتم
(۳) گسسته بودن ترازهای انرژی الکترون در اتم
(۴) ✓ متفاوت بودن شدت خط‌های طیف گسیلی اتم

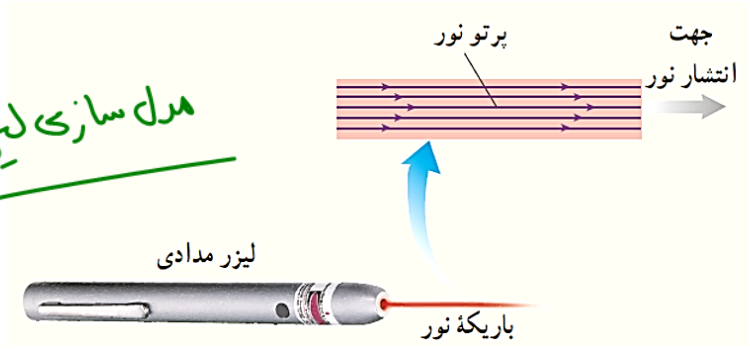
در طیف نور خورشید که به کرهٔ زمین می‌رسد، خطوط تاریک دیده می‌شود. این خطوط نشانگر چیست؟

۱) عناصر موجود در درون خورشید
۲) عدم وجود بعضی از مواد و عناصر در خورشید
۳) ✓ عناصر موجود در اتمسفر زمین و اتمسفر خورشید
۴) جذب قسمتی از نور خورشید توسط دستگاه طیف سنج

پویش علمی جهاد

لیزر

لیزر یکی از مفیدترین اختراع‌های قرن بیستم است که کاربرد زیادی در زندگی، فنّاوری و صنعت دارد. لیزر امروزه در چاپگرها، در نگاشتن اطلاعات روی CD و DVDها و خواندن آنها، شبکه‌های کابل نوری، اندازه‌گیری دقیق طول، دستگاه‌های جوشکاری و برش فلزات، پژوهش‌های علمی، سرگرمی و ... به‌کار می‌رود. همچنین در حرفهٔ پزشکی برای جراحی، برداشتن لکه‌های پوستی، اصلاح دید چشم و دندانپزشکی و... از لیزر استفاده می‌شود



مدل سازی لیزر

ویژگی‌های نور لیزر
موازی و هم جهت هستند

نخستین لیزر، موسوم به لیزر یاقوتی، را تئودور مایمن در سال ۱۹۶۰ میلادی ساخت.
مدتی پس از آن و در همان سال، علی جوان و همکارانش موفق به ساخت نخستین لیزر گازی هلیم نئون شدند.

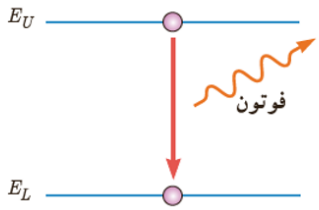
مطابق مدل اتمی بور وقتی یک الکترون از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین‌تر جهش می‌کند یک فوتون گسیل می‌شود.

علی جوان (۲۰۱۶ـ۱۹۲۶ م.) از پدر و مادری تبریزی، در تهران به دنیا آمد. از دبیرستان البرز دیپلم گرفت و پس از آن به مدت یک سال در دانشکدهٔ علوم دانشگاه تهران به تحصیل پرداخت. در سال ۱۹۴۸ میلادی به نیویورک رفت و چندین دورهٔ درسی را در دانشگاه کلمبیا گذراند.

فرایند گسیل می‌تواند به‌صورت گسیل خودبه‌خود و یا گسیل القایی باشد.

کاربرد لیزر

در گسیل خودبه‌خود فوتون در جهتی کاتوره‌ای گسیل می‌شود.

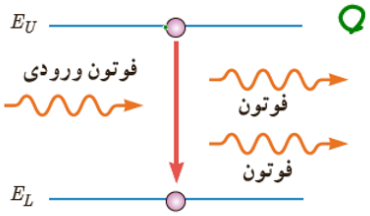


فوتون + اتم → اتم*

اتم برانگیخته = اتمی که الکترون آن در تراز بالاتر است.

پویش علمی جهاد

در گسیل القایی که برای نخستین بار در سال ۱۹۱۷ میلادی توسط اینشتین مطرح شد، یک فوتون ورودی، الکترون برانگیخته را تحریک (یا القا) می‌کند تا تراز انرژی خود را تغییر دهد و به تراز پایین‌تر برود. برای گسیل القایی، انرژی فوتون ورودی باید دقیقاً با اختلاف انرژی‌های دو تراز یعنی $E_U - E_L$ یکسان باشد.



$$\text{۲ فوتون} + \text{اتم} \longrightarrow \text{فوتون} + \text{اتم}^*$$

سه ویژگی عمده گسیل القایی

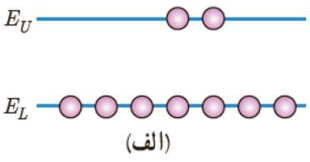
اول اینکه یک فوتون وارد و دو فوتون خارج می‌شود به این‌ترتیب این فرایند تعداد فوتون‌ها را افزایش می‌دهد و نور را تقویت می‌کند .

دوم اینکه فوتون گسیل‌شده، در همان جهت فوتون ورودی حرکت می‌کند.

سوم اینکه فوتون گسیل‌شده با فوتون ورودی همگام یا دارای همان فاز است.

به این ترتیب فوتون‌هایی که باریکهٔ لیزری را ایجاد می‌کنند هم‌بسامد، هم‌جهت و هم‌فاز هستند.

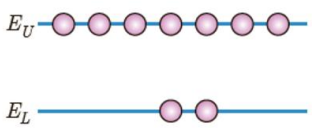
در گسیل القایی یک چشمهٔ انرژی خارجی مناسب باید وجود داشته باشد تا الکترون‌ها را به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته کند. این انرژی می‌تواند به روش‌های متعددی از جمله درخش‌های شدید نور معمولی و یا تخلیه‌های ولتاژ بالا فراهم شود. اگر انرژی کافی به اتم‌ها داده شود، الکترون‌های بیشتری به تراز انرژی بالاتر برانگیخته خواهند شد، شرطی که به وارونی جمعیت معروف است.



(الف)

به طور معمول و در دمای اتاق، بیشتر الکترون‌ها در تراز انرژی پایین‌تر قرار دارند.

وارونی جمعیت الکترون‌ها در یک محیط لیزری، مربوط به وضعیتی است که تعداد الکترون‌ها در ترازهایی موسوم به ترازهای شبه‌پایدار نسبت به تراز پایین‌تر بسیار بیشتر باشند. در این ترازها، الکترون‌ها مدت زمان بسیار طولانی‌تری (10^{-3}s) نسبت به حالت برانگیختهٔ معمولی (10^{-8}s) باقی می‌مانند. این زمان طولانی‌تر، فرصت بیشتری برای افزایش وارونی جمعیت و در نتیجه تقویت نور لیزر فراهم می‌کند.



(ب)

کدام‌یک از موارد زیر از کاربردهای لیزر است؟

۱) ارسال سیگنال‌های رادیویی و تلویزیونی
۲) استفاده در اجاق‌های مایکروویو (سراسری تجربی ▲ ۹۶)
۳) برش فلزات ✓
۴) عکس‌برداری تشخیصی از ترک استخوان‌ها

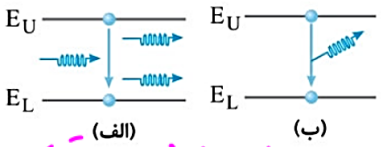
تفاوت اساسی پرتوی لیزر با پرتوهای دیگر (مثل پرتوی لامپ رشته‌ای) در این است که فوتون‌های پرتوی لیزر ..... .

۱) هم‌جهت، هم‌فاز و هم‌بسامدند. ✓ (سراسری تجربی ■ ۸۲)
۲) دارای طول موج بلندترند.
۳) دارای طول موج کوتاه‌ترند.
۴) قدرت نفوذ و تندی بیشتری دارند.

کدام‌یک از موارد زیر، گسیل القایی را نشان می‌دهد؟ (* نشانهٔ اتم برانگیخته است.) (سراسری ریاضی ■ ۸۸)

۱) فوتون + اتم → ۲ فوتون + *اتم
۲) ۲ فوتون + اتم → *اتم
۳) *اتم → فوتون + اتم
۴) ۲ فوتون + اتم → فوتون + *اتم ✓

شکل مقابل، دو نوع برهم‌کنش بین اتم و فوتون را نشان می‌دهد. برهم‌کنش‌های (الف) و (ب) به ترتیب از راست به چپ کدام‌اند؟



۱) گسیل خودبه‌خود، گسیل القایی
۲) گسیل القایی، گسیل خودبه‌خود ✓
۳) گسیل خودبه‌خود، گسیل خودبه‌خود
۴) گسیل القایی، گسیل القایی

کدام عبارت دربارهٔ نحوهٔ تشکیل پرتوهای لیزر نادرست است؟

۱) وجود ترازهای شبه پایدار در یک محیط لیزری باعث افزایش وارونی جمعیت آن‌ها و در نتیجه تقویت نور لیزر می‌شود.
۲) انرژی لازم برای برانگیخته‌کردن الکترون برای ایجاد فرایند گسیل القایی را می‌توان با تابش شدید نور و یا تخلیه‌های ولتاژ بالا فراهم کرد.
۳) وقتی تعداد الکترون‌ها در ترازهای شبه‌پایدار نسبت به تراز پایین‌تر بسیار بیشتر باشد، وارونی جمعیت به وجود می‌آید.
۴) الکترون‌ها در حالت‌های برانگیختهٔ معمولی مدت‌زمان بسیار طولانی‌تری نسبت به ترازهای شبه‌پایدار باقی می‌مانند. ✓