مؤلف و مدرس: مهرداد

فیزیک اتمی

کمیت‌ها را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: ۱) پیوسته ، ۲) کوانتومی (ناپیوسته)

کمیت پیوسته: کمیت‌هایی که مقدار آن‌ها هر عدد دلخواهی را می‌تواند داشته باشد مانند: جرم، طول و ... .

کمیت کوانتومی: کمیت‌هایی که مقدار آن‌ها مضرب صحیحی از یک کمیت پایه می‌باشد. این مقدار پایه کمترین مقدار ممکن از آن کمیت بوده و به آن کوانتوم می‌گویند. مانند: بار الکتریکی

تابش از سطح اجسام:

از سطح همهٔ اجسام در هر دمایی موج‌های الکترومغناطیسی گسیل می‌شود که تابش گرمایی نام دارد و شامل تمام طول موج‌ها از فروسرخ، مرئی و ماوراء بنفش می‌باشد و تشکیل یک طیف پیوسته را می‌دهد.

شدت تابش $I = \frac{E}{At}$ $I = \frac{P}{A}$

نظریهٔ پلانک دربارهٔ تابش

مقدار انرژی که جسم به صورت موج الکترومغناطیس تابش می‌کند کوانتومی است.

امواج الکترومغناطیس حاوی بسته‌های انرژی هستند به نام فوتون.

$E = hf$ انرژی هر فوتون

$E = nhf$ **انرژی کل موج الکترومغناطیس**

$h = ۶/۶۳ \times ۱۰^{-۳۴}\,Js = ۴/۱۴ \times ۱۰^{-۱۵}\,evs$

واحد ژول: تغییر انرژی یک کولن بار وقتی تحت ولتاژ یک ولت جابه‌جا می‌شود.

واحد الکترون ولت: تغییر مقدار انرژی یک الکترون تحت ولتاژ یک ولت می‌باشد.

مثال: یک لامپ با توان ۵W تابش مرئی با طول موج ۵۵۰nm گسیل می‌کند. در هر ثانیه چه تعداد فوتون از این لامپ گسیل می‌شود؟ $(hc = ۲ \times ۱۰^{-۲۵}\,J.m)$

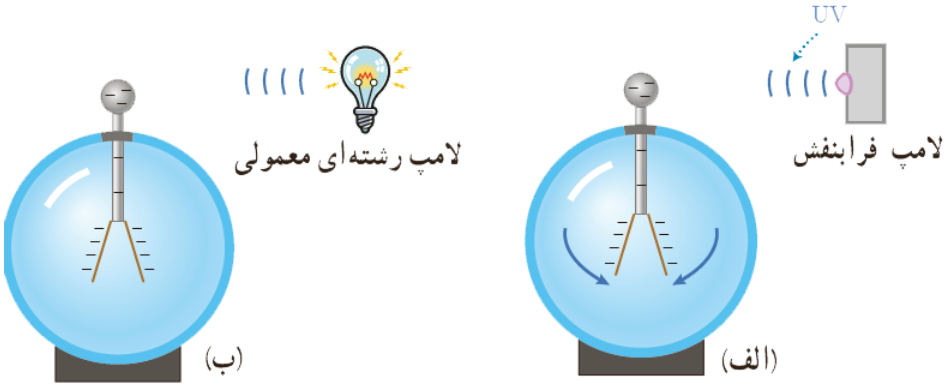
مثال: توان خروجی دو لامپ A و B با هم برابر است. اگر طول موج نور گسیلی لامپ A ، ۶۰۰ نانومتر و طول موج نور گسیلی لامپ B ، ۴۰۰ نانومتر باشد، تعداد فوتون هایی که از لامپ A در هر ثانیه گسیل میشود، چند برابر تعداد فوتون هایی است که در هر ثانیه از لامپ B گسیل می‌شود؟

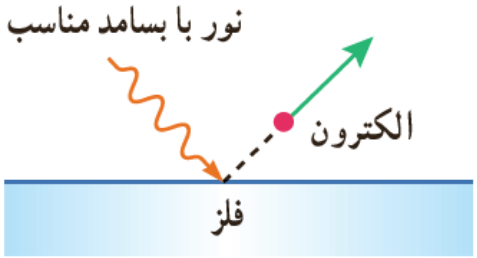
مؤلف و مدرس: مهرداد

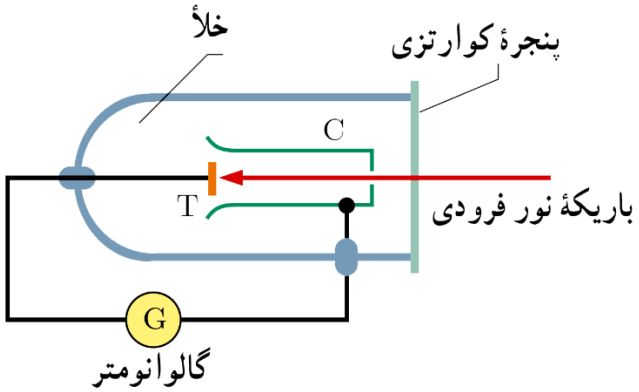
فوتو الکتریک

اثر فوتوالکتریک و فوتون

اگر بر کلاهک برق نمایی با بار منفی، نور فرابنفشی تابیده شود، مشاهده می‌شود که انحراف ورقه‌های آن کاهش می‌یابد (شکل الف). در حالی که با تابش نور مرئی، تغییری در انحراف ورقه‌های برق نما رخ نمی‌دهد (شکل ب). آزمایش نشان می‌دهد وقتی نوری با بسامد مناسب مانند نور فرابنفش به سطحی فلزی بتابد الکترون‌هایی از آن گسیل می‌شوند (شکل) این پدیدهٔ فیزیکی را، اثر فوتوالکتریک و الکترون‌های جدا شده از سطح فلز را فوتوالکترون می‌نامند.







مثال: الف) شکل ۱ بیانگر کدام پدیده در فیزیک جدید است؟

ب) شکل‌های ۱ و ۲ چه تفاوت مهمی دارند؟

مثال: توضیح دهید برای یک فلز معیّن، تغییر هریک از کمیت‌های زیر چه تأثیری در نتیجه‌ی اثر فوتوالکتریک دارد.

الف) افزایش یا کاهش بسامد نور فرودی نسبت به بسامد آستانه

ب) افزایش شدت نور فرودی در بسامدهای کوچک‌تر از بسامد آستانه

پ) کاهش شدت نور فرودی در بسامدهای بزرگتر از بسامد آستانه

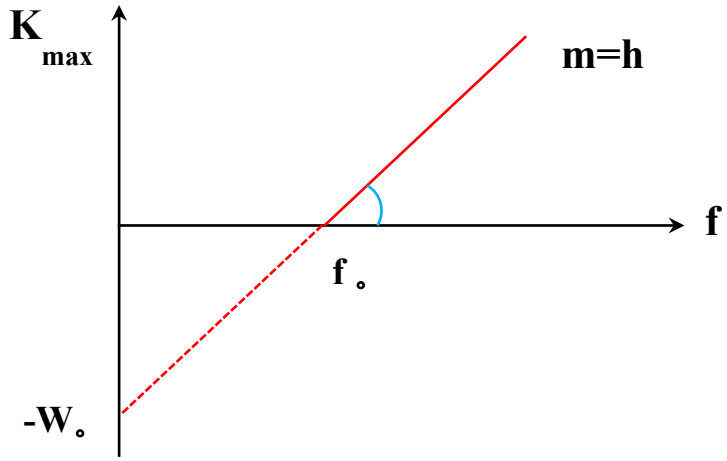
مؤلف و مدرس: مهرداد

استفاده از فیزیک کوانتوم

پرتاب کردن + انرژی لازم برای جدا کردن الکترون = انرژی فوتون

$$hf = w_\circ + k_{max} \qquad \boxed{k_{max} = hf - w_\circ}$$

نمودار $(k_{max} - f)$



$$\boxed{hf_\circ = W_\circ}$$

$w_\circ$ تابع کار نامیده می‌شود که انرژی لازم برای کندن الکترون از فلز است که به جنس الکترود بستگی دارد.

بسامد آستانه (قطع)، کمترین بسامدی است که قادر به جدا کردن الکترون از سطح فلز است.

$$\boxed{f_\circ = \frac{w_\circ}{h}}$$

طول موج آستانه (قطع)، بلندترین طول موجی است که قادر به جداکردن الکترون از سطح فلز است.

$$\boxed{\lambda_\circ = \frac{ch}{w_\circ}}$$

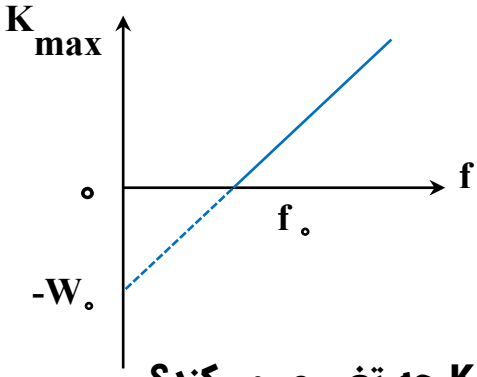
شرایط ایجاد فوتوالکتریک:

$$hf > w_{\circ}$$

$$f > f_{\circ}$$

$$\lambda < \lambda_{\circ}$$

مثال: نمودار بیشینه‌ی انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها برحسب بسامد نور فرودی در پدیده‌ی فوتوالکتریک را مشاهده می‌کنید.



الف) شیب نمودار نشان‌دهنده‌ی کدام کمیت است؟

ب) در این پدیده $f_{\circ}$ چیست؟

پ) اگر بسامد نور فرودی f $(f > f_{\circ})$ افزایش یابد، K_{max} چه تغییری می‌کند؟

مثال: در آزمایش فوتوالکتریک، فوتون‌هایی با طول موج ۲۴۸nm بر سطح یک فلز تابش می‌شود. انرژی هر فوتون چند الکترون ولت است؟ $(hc = ۱۲۴۰eV.nm)$

مثال: طول موج آستانه برای اثر فوتوالکتریک در یک فلز معین ۳۱۰nm است.

الف) تابع کار فلز را حساب کنید. $(hc=۱۲۴۰eV.nm)$

ب) اگر Kmax برای فوتوالکترون‌ها ۲/۲eV باشد. طول موج نور فرودی چند نانومتر است؟

مثال: در پدیدهٔ فوتوالکتریک، تابع کار فلزی ۳eV است. اگر نوری با بسامد $۲\times۱۰^{۱۵}Hz$ به سطح فلز بتابد.

الف) بسامد آستانهٔ فلز چند هرتز است؟ $(h=۴\times۱۰^{-۱۵}eV.s)$

ب) بیشینهٔ انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها چند الکترون ولت است؟

مثال: در یک آزمایش فوتوالکتریک تابع کار برابر ۴eV است.

الف) طول موج آستانه چند نانومتر است؟ $(hc = ۱۲۴۰eV.nm)$

ب) اگر طول موج نور فرودی ۲۰۰nm باشد، K_{max} برای فوتوالکترون‌ها چند الکترون ولت است؟

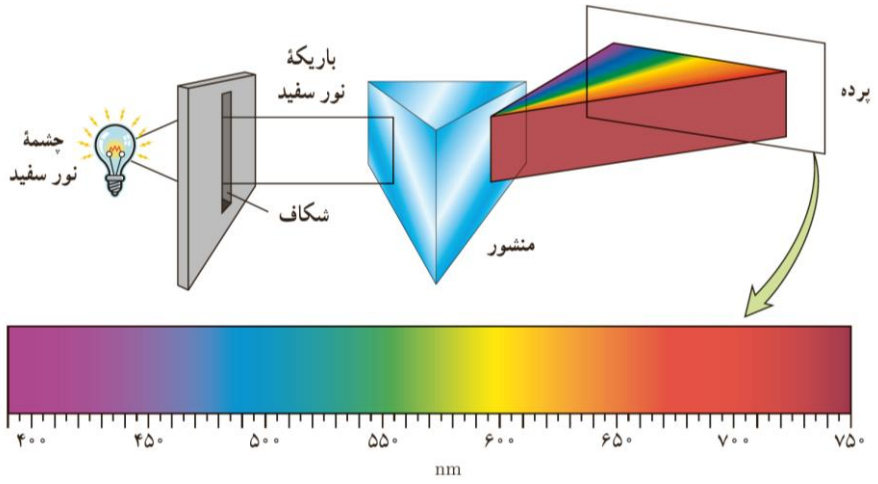
طیف نور

طیف‌ها را می‌توان به دو قسمت تقسیم‌بندی کرد:

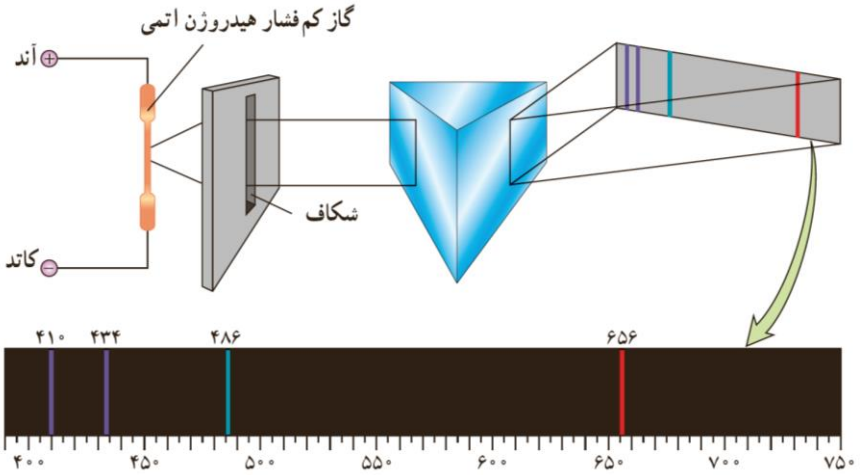
۱: طیف نشری (گسیلی):

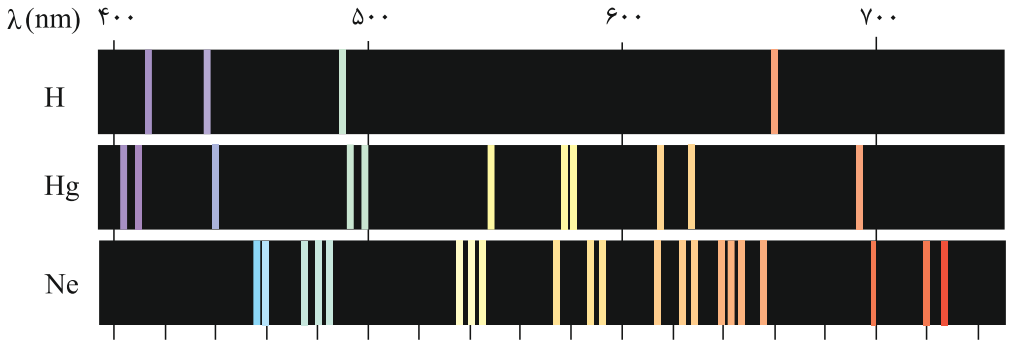
طیف حاصل از نور تابش شده توسط یک جسم را طیف نشری گویند که به دو صورت است:

الف) نشری پیوسته: هیچ مرز مشخصی بین رنگ‌های آن نیست و تمام طول موج‌ها را در یک محدوده به طور پیوسته دارا می‌باشد مانند طیف حاصل از فلزات و مایعات مذاب آن‌ها.



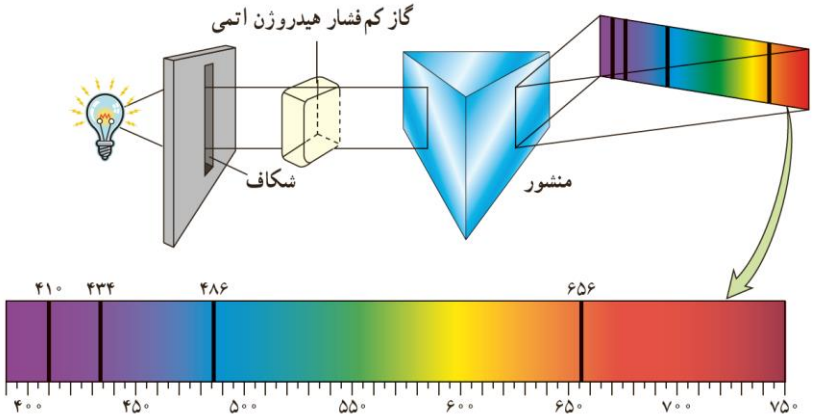
ب) نشری خطی: به صورت زمینه تاریک با خطوط رنگی کاملاً مشخص و مجزا می‌باشد و معرف آن است که طیف مذکور فقط طول موج‌های مشخصی را دارد مانند طیف حاصل از بخار عناصر و گازها.



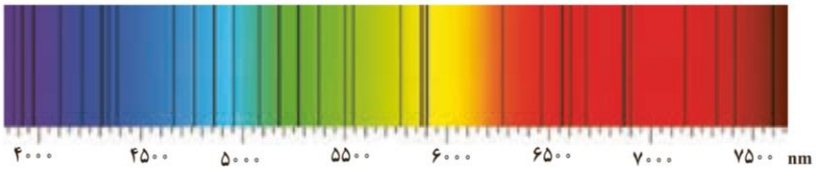


۲ - طیف جذبی خطی:

به طیفی که بعضی از طول موج‌های آن جذب شده باشد طیف نور سفید می‌گویند.

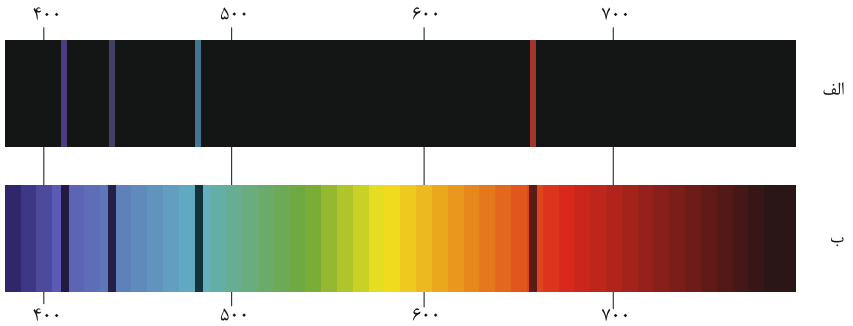


خط‌هاي فرانهوفر



خط‌های تاریکی که در طیف خورشید دیده می‌شود، خط‌های فرانهوفر نام دارد.

طول موج‌های مربوط توسط جو خورشید از نور تابشی خورشید حذف شده است.



الف) طیف گسیلی، خط‌های روشن معرف طول موج‌های گسیلی هستند.

ب) طیف جذبی، خط‌های تاریک در زمینهٔ روشن معرف طول موج‌های جذب شده هستند.

ویژگی‌های طیف اتمی

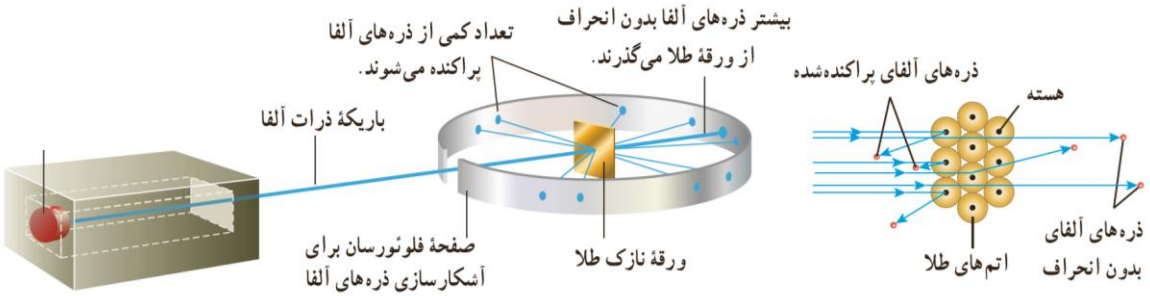
۱ - طیف اتمی هر عنصر، منحصر به همان است به عبارتی هیچ دو عنصری طیف اتمی یکسان ندارند.

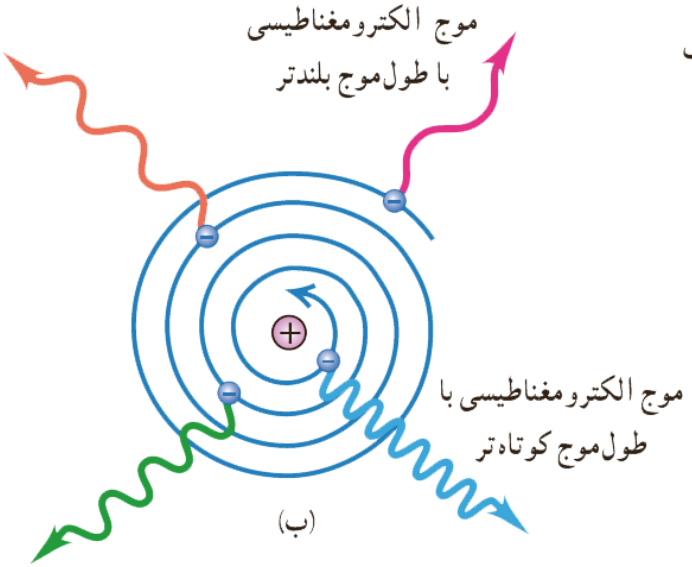
۲ - هر عنصر همان طول موج‌هایی را جذب می‌کند که می‌تواند گسیل کند.

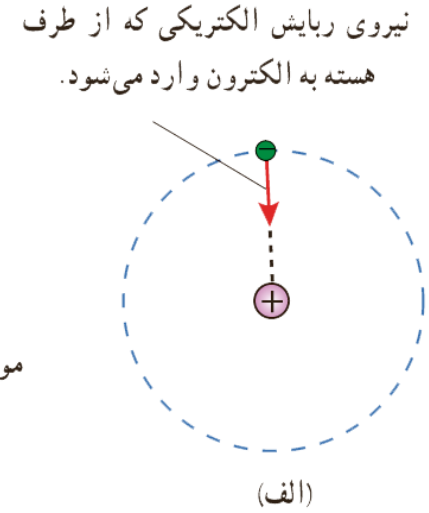
مؤلف و مدرس: مهرداد

مدل اتمی رادرفورد

بنا بر مدل رادرفورد، اتم دارای یک هستهٔ بسیار چگال و کوچک (شعاع $\approx 10^{-15}\,m$) و با بار مثبت است که با تعدادی الکترون در فاصله‌هایی به نسبت دور احاطه شده است. مدل اتمی رادرفورد که آن را مدل اتم هسته‌ای یا مدل هسته‌ای اتم می‌نامند.







مدل اتمی بور

بور برای حل مشکل چهار فرض را بیان کرد:

۱. الکترون روی مدارهایی دایره‌ای با شعاع‌های معینی حرکت می‌کند. این مدارها را (مدار مانا) می‌نامند.

۲. الکترون در هنگام حرکت روی یک مدار مانا موجي گسیل نمی‌کند.

۳. شعاع مدارها مقدارهای خاصی هستند، a_0 شعاع مدار پایه و n شماره مدار می‌باشد.

$$r_n = n^2 a_0$$

۴. الکترون تنها هنگامی تابش می‌کند که از یک تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین‌تر برود.

$$hf = E_U - E_L$$

انرژی بستگی الکترون در اتم یا انرژی یونش

الکترون در هر مداری دارای انرژی است، که به آن انرژی بستگی الکترون می‌گوییم. اگر بخواهیم الکترون را از آن مدار جدا کنیم و اتم را یونیده کنیم، باید به همان مقدار به الکترون انرژی دهیم.

انرژی بستگی الکترون $E = -\frac{E_R}{n^2}$

تغییر تراز الکترون به مفهوم تغییر انرژی آن است. برای آن که الکترون به ترازهای بالا برود باید انرژی جذب کند و اگر از تراز بالا به پایین بیاید انرژی از دست می‌دهد (گسیل می‌کند). این انرژی جذبی یا گسیلی به صورت بسته‌های فوتون می‌باشد.

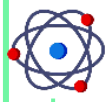
$$\Delta E = hf$$

$\Delta E > 0$ جذب

$\Delta E < 0$ تابش

می‌توان با استفاده از رابطهٔ فوق اندازه طول موج را نیز بدست آورد.

مثال: الکترونی در اتم هیدروژن در دومین حالت برانگیخته قرار دارد. انرژی الکترون را در این حالت حساب کنید. (E_R=۱۳/۶eV)



مثال: اگر الکترون اتم هیدروژن از تراز ۴ به تراز ۲ انتقال یابد،

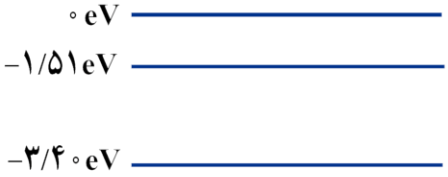
الف) این گذار مربوط به جذب است یا گسیل؟

ب) انرژی مربوط به این گذار را برحسب الکترون ولت به دست آورید. ($E_R = ۱۳/۶ev$)

مثال: در اتم هیدروژن، الکترونی ابتدا در حالت برانگیختهٔ دوم قرار دارد و سپس گذاری به یکی از ترازهای پایین‌تر انجام می‌دهد. انرژی کم‌انرژی‌ترین فوتونی که می‌تواند گسیل شود، چند الکترون‌ولت است؟ (E_R=۶/۱۳eV)

مثال: با استفاده از رابطهٔ بور برای انرژی الکترون در اتم هیدروژن، اختلاف انرژی $\Delta E(۴\rightarrow۲)$ را محاسبه کنید. ($E_R=۱۳/۶eV$)

مثال: شکل مقابل تعدادی از ترازهای انرژی اتم هیدروژن را نشان می‌دهد.

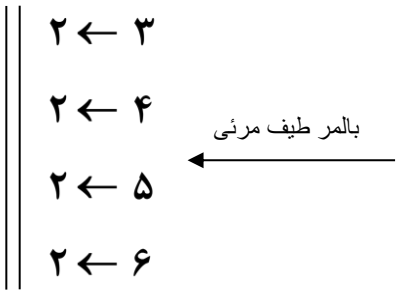


الف) کمترین طول موج فوتونی را پیدا کنید که با گذار بین این ترازها به دست می‌آید.

ب) کدام گذار بین دو تراز می‌تواند به گسیل فوتونی با طول موج ۶۶۰nm منجر شود؟ توجه کنید که این طول موج‌ها در گستره مرئی است..

رشته طیف‌های هیدروژن

نام رشته	n_L	n_u	(گسترهٔ طول موج)
لیمان	۱	۲ و ۳ و ... ∞	فرابنفش
بالمر	۲	۳ و ۴ و ... ∞	فرابنفش – مرئی
پاشن	۳	۴ و ۵ و ... ∞	فروسرخ
براکت	۴	۵ و ۶ و ... ∞	فروسرخ
پفوند	۵	۶ و ۷ و ... ∞	فروسرخ



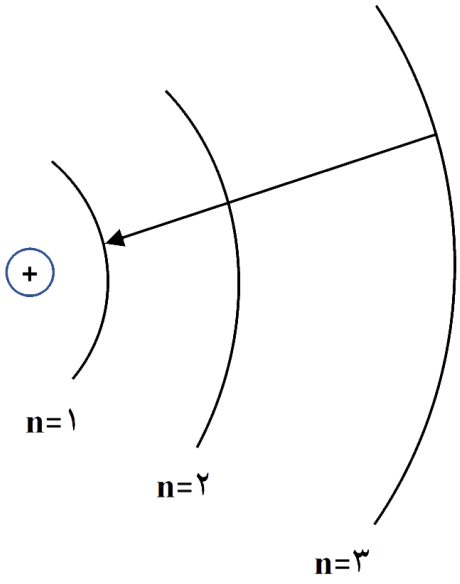
مؤلف و مدرس: مهرداد

مثال: الکترون اتم هیدروژن، گذاری همانند شکل روبه‌رو انجام می دهد.

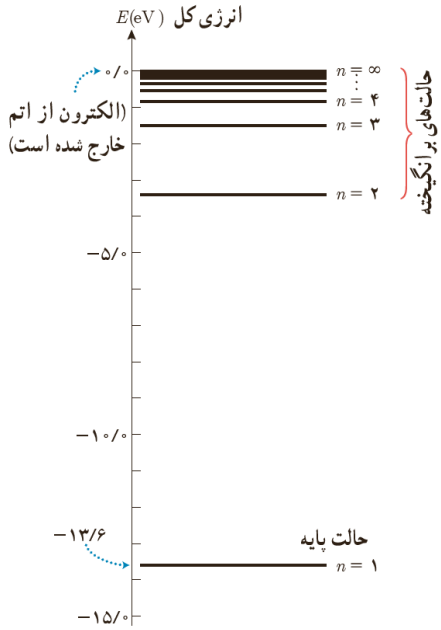
الف) در این گذار فوتون جذب می‌شود یا گسیل؟

ب) طول‌موج این فوتون در چه ناحیه‌ای از امواج الکترومغناطیسی قرار دارد؟

پ) انرژی فوتون جذب یا گسیل شده، چند الکترون ولت است؟ (E_R=۶/۱۳eV)



در هر رشته هر چقدر ΔE کوچک‌تر باشد، یعنی فاصله بین گذار بیشتر باشد، بسامد کمتر و طول موج بزرگتر خواهد بود.



$$\frac{۱}{\lambda} = R(\frac{۱}{n_L^۲} - \frac{۱}{n_U^۲})$$

$$(R = \frac{E_R}{hc} = ۰/۰۱۰۹ nm^{-۱})$$

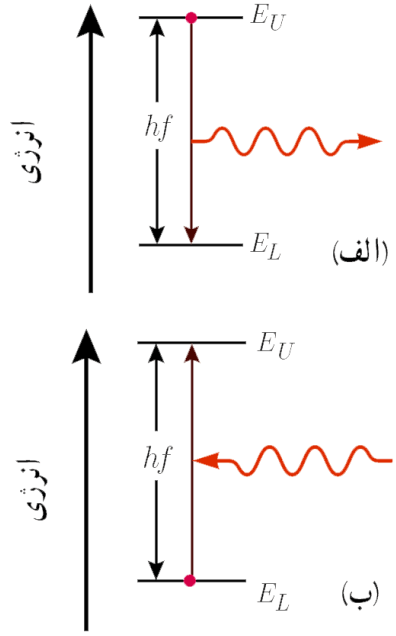
مثال: کوتاه‌ترین طول موج در رشته‌ی براکت ($n' = 4$) هیدروژن اتمی را به دست آورید و تعیین کنید که این طول موج در کدام گستره طول موج‌های الکترومغناطیسی قرار دارد؟ $(R = 0/01(nm)^{-1})$

مثال: کوتاه‌ترین طول موج در رشته‌ی براکت ($n'=4$) هیدروژن اتمی را به دست آورید و تعیین کنید که این طول موج در کدام گستره طول موج‌های الکترومغناطیسی قرار دارد؟ $(R=01/0(nm)^{-1})$

مثال: سومین طول موج در رشتهٔ پاشن ($n'=3$) هیدروژن اتمی را به دست آورید و تعیین کنید که این طول موج در کدام ناحیه از طیف امواج الکترومغناطیسی قرار دارد؟ $(R = 0/01(nm)^{-1})$

۱. توجیه پایداری اتم: چون الکترون فقط در مدارهای مجاز در گردش هستند و فقط به هنگام پرش الکترون از تراز بالاتر به پایین‌تر تابش صورت می‌گیرد. پس این مدل می‌تواند پایداری اتم و نیز گسسته بودن طیف را توجیه کند.

۲. توجیه خطوط جذبی در طیف اتمی: اگر یک موج الکترومغناطیس با انرژی hf که اندازهٔ آن برابر اختلاف تراز انرژی دو مدار می‌باشد به اتم تابیده شود الکترون با جذب آن انرژی به تراز بالاتر می‌رود.



۳. هر اتم با توجه به ثابت بودن اختلاف انرژی بین دو تراز، همان طول موجی را جذب می‌کند که می‌تواند گسیل کند.

گذارهای اتم برانگیخته

اتم برانگیخته در مدت زمانی به حالت پایدار و الکترون به تراز یک می‌رسد. چگونگی برگشت الکترون به تراز یک کاملاً اتفاقی است.

مثال: الکترون اتم هیدروژنی در تراز n=۵ قرار دارد.

الف) با در نظر گرفتن تمام گذارهای ممکن، اگر این اتم به حالت پایه برود، امکان گسیل چند نوع فوتون با انرژی متفاوت وجود دارد؟

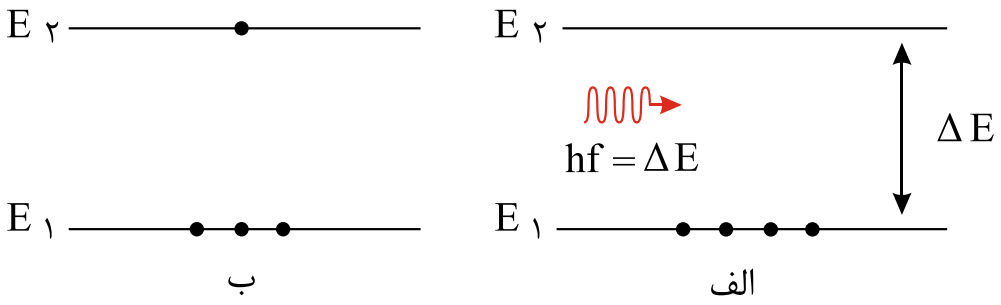
ب) فرض کنید فقط گذارهای $\Delta n = ۱$ مجاز باشند، در این صورت امکان گسیل چند نوع فوتون با انرژی متفاوت وجود دارد؟

برهم کنش فوتون با اتم

حالت برانگیخته (جذب)

هرگاه الکترون اتم، یک فوتون جذب کند اتم به حالت برانگیخته می‌رود یعنی یکی از الکترون‌ها با جذب انرژی فوتون به مدار بالاتر می‌رود.

$$\text{اتم} + \text{فوتون} \rightarrow \text{اتم}^{*}$$

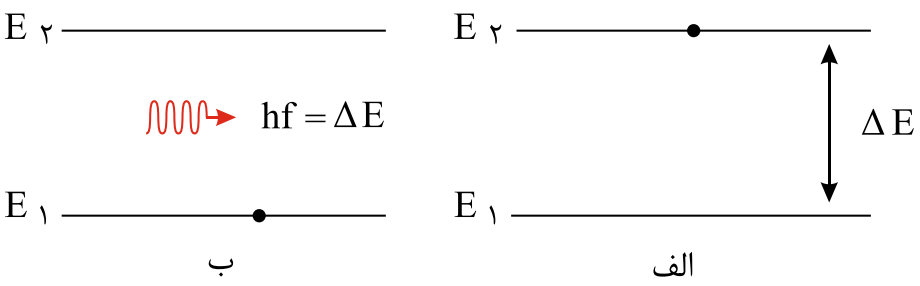


الکترون تنها فوتون‌هایی را جذب می‌کند که انرژی آن‌ها برابر اختلاف انرژی بین ترازهای اتمی می‌باشد.

گسیل خود به خود

هرگاه اتم در حالت برانگیخته باشد، با گسیل فوتون به حالت پایه می‌رود.

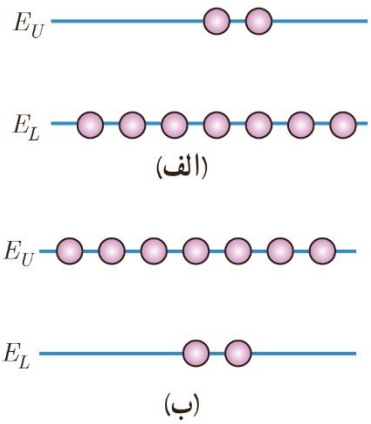
$$\text{فوتون} + \text{اتم} \rightarrow \text{اتم}^{*}$$



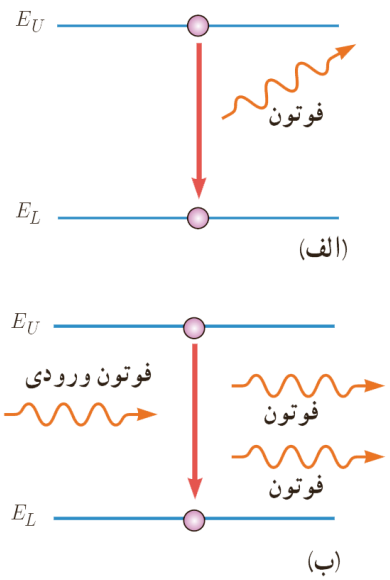
مؤلف و مدرس: مهرداد

گسیل القایی

در این برهم کنش یک فوتون با انرژی hf که برابر اختلاف دو تراز اتم است، اتم برانگیخته را وادار می‌کند تا یک فوتون با همین بسامد گسیل کند و به حالت پایین‌تر یا پایه برود.



۲ فوتون + اتم → فوتون + اتم*



دستگاه لیزر