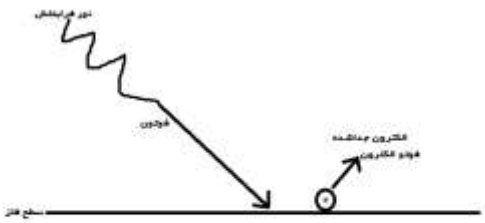
# فصل ۵ : آشنایی با فیزیک اتمی

فوتو الکترون چیست؟ جداشدن الکترون از سطح یک فلز بر اثر تابش نوری با بسامد مشخص (فرابنفش )را فوتو الکتریک می گویند و الکترون ایجاد شده را فوتو الکترون می نامند.



*فوتو الکتریک

---

نکته : هر نوری نمی تواند فوتو الکترون را ایجاد کند.

---

* باافزایش شدت نور فرودی فوتو الکترون افزایش با کاهش بسامد ممکن است اثر فوتو الکتریک در ذره بار

* تفسیر کلاسیک پدیده فوتو الکتریک : ۱ – مؤلفه میدان الکتریکی موج الکترو مغناطیسی نیروی F = qE = -eE به الکترون فلز نیرو وارد می کند ومی تواند دامنه نوسانات آن را افزایش دهد و انرژی جنبشی آن را زیاد کند و از فلز آن را جدا سازد.

نتیجه : هر موج الکترو مغناطیسی با هر بسامدی می تواند سبب جدا کردن فوتو الکترون شود . که با تجربه سازگار نیست.

۲ – با افزایش شدت نور فرودی $I \propto E_m^2$ (Eهمان دامنه است $I \propto E \propto A^2 f^2$ ) دامنه نوسانات خیلی افزایش می یابد و فوتو الکترونهای بیشتری جدا می شوند. که با تجربه سازگار نیست.

* تفسیر کوانتومی پدیده فوتو الکتریک : فوتون با انرژی زیاد به الکترون فلز برخورد می کند و با غلبه بر نیرو های مفید الکترون به فلز جدا می کند و به آن انرژی جنبشی می دهد .

مثال کوانتومی : کلاس ۱۶ دانش آموز دارد تعداد دانش آموزان کلاس همواره مضرب صحیحی از یک دانش آموز می باشد.

مقدار پایه کوانتوم

بار الکتریکی هر جسم مضرب صحیحی از بار الکترون است .

مقدار پایه کوانتوم بار $۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}$

انرژی هر موج الکترو مغناطیسی همواره مضرب صحیحی از مقدار پایه hf می باشد . (hf انرژی فوتون است)

$$E = nhf$$

| | | |
|---|---|---|
| ثابت پلانک | h→→ j . s | $۶/۶۳ \times ۱۰^{-۳۴}$ |
| بسامد | f→→ $HZ$ | |
| انرژی موج e . m | E→→ $j$ | |
| | n →→ تعداد فوتون | |

مثال ) لامپ ۱۰۰ w در مدت ۵ s به مقدار ۰/۰۲ نور زرد با طول موج ۵۰۰ nm ایجاد می کند.

الف ) انرژی هر فوتون را بدست آورید.

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow E = \frac{۶/۶۳ \times ۱۰^{-۳۴} \times ۳ \times ۱۰^{۸}}{۵۰۰ \times ۱۰^{-۹}} \cong ۴۰ \times ۱۰^{-۲۰} j$$

ب ) تعداد فوتون های تابشی از لامپ را بدست آورید.

$E = p \cdot t = ۱۰۰ \times ۵ = ۵۰۰ j$ $\quad$ $E_m = ۰/۰۲ \times ۵۰۰ = ۱۰ j$ انرژی نور زرد

$$n = \frac{E_t}{E_۱} = \frac{۱۰}{۴۰ \times ۱۰^{-۲۰}} = ۲۵ \times ۱۰^{۱۸}$$

ج ) اگر شخصی در فاصله ۵ m از لامپ باشد و قطر مردمک چشم او ۲ mm باشد ،چند فوتون در این مدت دریافت می کند؟

$$I = \frac{p}{A} = \frac{۱۰۰}{۴\pi \times ۵^{۲}} = \frac{۱}{\pi} \Rightarrow P = IA = \frac{۱}{\pi}\pi r^{۲} = ۱۰^{-۶} w \Rightarrow E = p \cdot t = ۱۰^{-۶} \times ۵ = ۵ \times ۱۰^{-۶}$$

انرژی نور زرد $= ۰/۰۲ \times ۵ \times ۱۰^{-۶} = ۱۰^{-۷} \Rightarrow E = nhf \Rightarrow n = \frac{۱۰^{-۷}}{۴۰ \times ۱۰^{-۲}} = ۲/۵ \times ۱۰^{۱۱}$

مثال ) ثابت پلانک را برحسب ev . s پیداکنید ؟

$$\Delta u = q\Delta v \qquad e \cdot v = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \times ۱ j \Rightarrow h = ۶/۶۳ \times ۱۰^{-۳۴} j \cdot s \times \frac{ev}{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} j}$$

$$= \frac{۶/۶۳}{۱/۶} \times ۱۰^{-۱۵} ev \cdot s$$

$* h = ۴/۱۴ \times ۱۰^{-۱۵} ev \cdot s$ ثابت پلانک بر حسب ev.s باید حفظ شود

* الکترو لیت چیست ؟ (e.v) انرژی لازم برای جابه جایی یک e در اختلافات پتانسیل یک v

مثال ) hc را بر حسب ev.nm حساب کنید.

$$hc = ۴/۱۴ \times ۱۰^{-۱۵} ev \cdot s \times ۳ \times ۱۰^{۸} {}^{m}/_{s} = ۱۲/۴۲ \times ۱۰^{-۷} ev \cdot m$$

$۱۲/۴۲ \times ۱۰^{-۷} ev \cdot m \times \frac{nm}{۱۰^{-۹} m} = ۱۲/۴۲ \times ۱۰^{۲} ev \cdot nm \Rightarrow ۱۲۴۲\ ev \cdot nm$ باید حفظ شود

مثال ) طول موج بنفش ۴۰۰ nm می باشد . انرژی یک فوتون آن چند ev می باشد .

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{۱۲۴۲}{۴۰۰} \cong ۳/۱\ ev$$

**K = hf-w**

K :انرژی جنبشی فوتو الکترون

W : تابع کار

Hf :انرژی فوتون

بسامد آستانه : کمترین بسامدی که فوتون می تواند بر نیرو های داخلی الکترون فلز غلبه کند بسامد آستانه می گویند.

یعنی $hf_\circ = w$

مثال ) طول موج قرمز ۷۰۰ nm می باشد.انرژی یک فوتون آن چند ev می باشد؟

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{۱۲۴۰\ ev \cdot nm}{۷۰۰\ n \cdot m} \cong ۱/۷\ ev$$

مثال ) تابع کار فلز مس ۴/۷ ev می باشد کدام طول موج نور می تواند الکترون را از فلز مس جدا کند؟

$$w = ۴/۷\ ev \Rightarrow hf_\circ = w \Rightarrow \frac{hc}{\lambda_\circ} = w \Rightarrow \lambda_\circ = \frac{۱ \times ۱۲۴۲}{۴/۷} nm \Rightarrow \frac{۱۲۴۲\ e \cdot v \cdot nm}{\lambda_\circ} = \frac{۴/۷}{۱} \cong ۲۶۴/۲\ nm$$

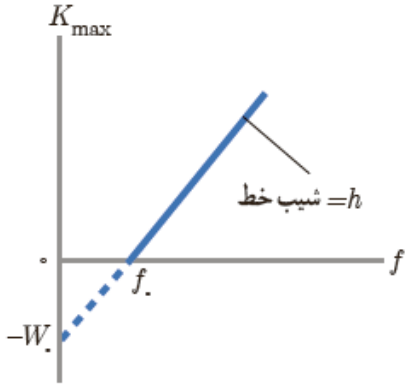
مثال ) نوری با طول موج ۲۵۰ nm به سطح آهن با تابع کار ۴/۵ ev در صورت وقوع پدیده انرژی جنبشی فوتو الکترون ها را پیدا کنید ؟

$$w = hf_\circ = \frac{hc}{\lambda_\circ} \Rightarrow \frac{۴/۵}{۱} = \frac{۱۲۴۲}{\lambda_\circ} \Rightarrow \lambda_\circ = \frac{۱۲۴۲}{۴/۵} = ۲۷۶\ nm$$

$$k = hf - w \Rightarrow k = \frac{hc}{\lambda} - ۴/۵ \Rightarrow \frac{۱۲۴۲}{۲۵۰} - ۴/۵ \Rightarrow ۴/۹۶۸ - ۴/۵$$

$\lambda < \lambda_\circ$ فوتو الکتریک روی می دهد

$= ۰/۴۶۸\ ev$




شکل ۵-۴ ) نمودار بیشینه انرژی جنبشی فوتو الکترون ها بر حسب بسامد نور فرودی . وقتی بسامد نور فرودی بزرگ تر از $f_\circ$ یا مساوی با آن باشد فوتون ها می توانند الکترون ها را از فلز خارج کنند.

---

مبحث طیف خطی : همه اجسام در هر دمائی تابش الکترو مغناطیسی دارند.

بنفش ← آبی ← سبز ← زرد ← نارنجی ← قرمز

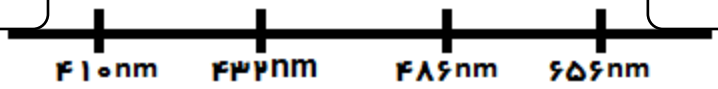
سفید

اجسام

جامد ← طیف پیوسته ایجاد می کند . نیروی بین مولکولی قوی

گاز ← طیف خطی

برای ایجاد طیف گاز : رقیق فشار کم آن را داخل لامپ کاتدیک قرار می دهند.




فرمول بالمر : $\lambda_{nm} = ۳۶۴/۵\frac{n^۲}{n^۲-۴}$ شرط $n > ۲$

$$n = ۳ \Rightarrow \lambda_{nm} = ۳۶۴/۵ \times \frac{۳^۲}{۳^۲ - ۴} = ۳۶۴/۵ \times \frac{۹}{۵} \cong ۶۵۶\ nm$$

$$n = ۴ \Rightarrow \lambda_{nm} = ۳۶۴/۵ \times \frac{۴^۲}{۴^۲ - ۴} = ۳۶۴/۵ \times \frac{۱۶}{۱۲} \cong ۴۸۶\ nm$$

$$n = ۵ \Rightarrow \lambda_{nm} = ۳۶۴/۵ \times \frac{۵^۲}{۵^۲ - ۴} = ۳۶۴/۵ \times \frac{۲۵}{۲۱} \cong ۴۳۳\ nm$$

$$n = ۶ \Rightarrow \lambda_{nm} = ۳۶۴/۵ \times \frac{۶^۲}{۶^۲ - ۴} = ۳۶۴/۵ \times \frac{۳۶}{۳۲} \cong ۴۱۰\ nm$$

فرمول رابرت ریدبرگ : $\frac{۱}{\lambda_{nm}} = R_H(\frac{۱}{n'^۲} - \frac{۱}{n^۲})$ شرط $n > n'$ $R_H = ۰/۰۱$ nm

| | | |
|---|---|---|
| فرابنفش | $n > ۱$ و $n' = ۱$ | سری لیمان |
| مرئی و فرابنفش | $n > ۲$ و $n' = ۲$ | سری بالمر |
| فروسرخ | $n > ۳$ و $n' = ۳$ | سری پاشن |
| فروسرخ | $n > ۴$ و $n' = ۴$ | سری براکت |
| فروسرخ | $n > ۵$ و $n' = ۵$ | سری پفوند |

لیمان و بالمر پاشن برن پفک بخورن

⇑⇑⇑⇑⇑⇑⇑⇑

⇑یادگیری آسان تر⇑

با افزایش $n'$ طول موج افزایش می یابد.

مثال ) بلند ترین طول موج رشته بالمر را پیدا کنید ؟ $n = n' + ۱$ $n' = ۲$

$$\frac{۱}{\lambda} = R_H\left(\frac{۱}{n'^۲} - \frac{۱}{n^۲}\right) \Rightarrow \frac{۱}{\lambda} = ۰/۰۱ \times (\frac{۱}{۲^۲} - \frac{۱}{۳^۲}) \Rightarrow ۰/۰۱ \times \frac{۱ \times ۹}{۴ \times ۹} - \frac{۱ \times ۴}{۹ \times ۴} = \frac{۰/۰۱ \times ۵}{۳۶} \rightarrow \lambda_{max} = \frac{۳۶}{۰/۰۵}$$
$$= ۷۲۰\ nm$$

مثال ) کوتاه ترین طول موج رشته بالمر را پیدا کنید ؟ $n = \infty$ $n' = ۲$

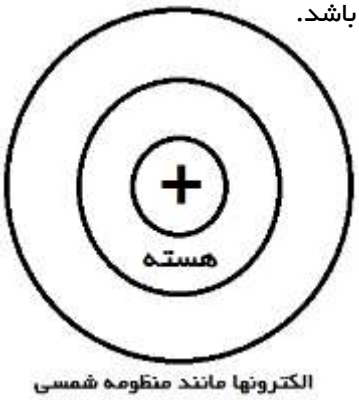
$$\frac{۱}{\lambda} = R_H\left(\frac{۱}{n'^۲} - \frac{۱}{n^۲}\right) \Rightarrow ۰/۰۱(\frac{۱}{۲۲} - \frac{۱}{\infty^۲}) = \frac{۰/۰۱}{۴} \Rightarrow \lambda_{min} = \frac{۴}{۰/۰۱} = ۴۰۰\ nm$$

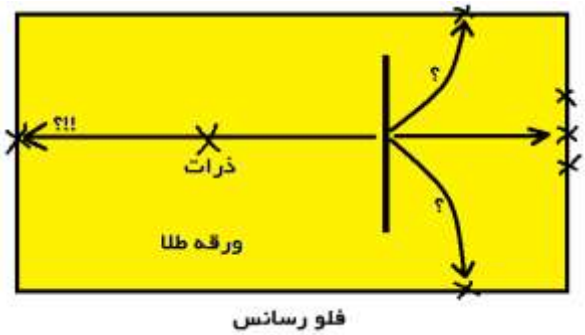
مثال ) بلند ترین طول موج رشته پاشن چند برابر کوتاه ترین طول موج رشته لیمان می باشد ؟ $n' = ۳$ $n' = ۱$

$$\frac{\frac{۱}{\lambda}_{\text{لیمان}}}{\frac{۱}{\lambda}_{\text{پاشن}}} = \frac{R_H(\frac{۱}{۱^۲} - \frac{۱}{\infty^۲})}{R_H(\frac{۱}{۳^۲} - \frac{۱}{۴^۲})} = \frac{\frac{۱}{۱}}{\frac{۱ \times ۱۶}{۹ \times ۱۶} - \frac{۱ \times ۹}{۱۶ \times ۹}} = \frac{۹ \times ۱۶}{۷ \times ۱} = \frac{۱۴۴}{۷} \cong ۲۰/۵۷۱$$

.....مبحث مدلهای اتمی.....

تامسون مدل کیک کشمشی : با پیدا کردن نسبت $\frac{e}{m}$ (بار به جرم ) پیشنهاد کرد که چون جرم الکترونها کوچک است به صورت کشمش در بین کیک کشمشی وجود دارند و بقیه کیک به صورت بار مثبت می باشد.

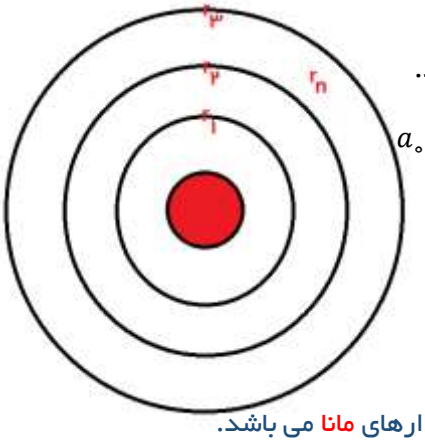



۱–اگر الکترون در اطراف هسته ساکن باشد به علت نیروی جاذبه کولنی الکترون روی هسته سقوط می کند و اتم پایداری ندارد.

۲–اگر الکترون اطراف هسته روی مدار دایره ای در حال حرکت باشد به علت حرکت شتابدار الکترون موج الکترومغناطیس تابش می کند و انرژی آن کاهش می یابد . پس به هسته نزدیک می شود . بسامد حرکت الکترون به دور هسته افزایش می یابد. (به تدریج بسامد افزایش می یابد) بنابراین طیف اتم باید پیوسته باشد و در نهایت الکترون روی هسته سقوط می کند و اتم پایدار نمی ماند .

مدل اتمی بور : در محدوده ذرات ریز فیزیک کلاسیک نمی تواند استفاده شود.




$a_\circ = ۰/۵۳\,A^\circ$

(شعاع مدار های الکترون برای اتم هیدروژن) : $r_n = a_\circ n^۲$

(تراز های انرژی الکترون در اتم هیدروژن ) : $E_n = \frac{-۱۳/۶\ ev}{n^۲}$

۱–مدارها کمیت کوانتیده هستند.

و انرژی هر مدار کوانتیده است

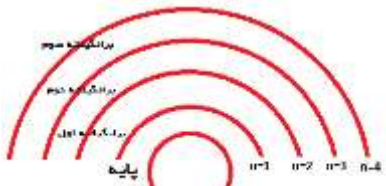
۲–الکترون تا زمانی که روی مدار باشد تابش الکترو مغناطیسی ندارد واین مدارهای مانا می باشد.

۳–در گذر الکترون از مدار بالا به مدار پایین یک فوتوی تابش می شود.

(معادله گسیل فوتون از اتم) : $E_u - E_l = hf$

مثال ) الکترونی در سومین حالت برانگیخته قرار دارد .

الف ) انرژی الکترون در این حالت چقدر است ؟




$E_۴ = \frac{-۱۳/۶}{۴^۲} = -۰/۸۵\ ev$

ب ) اگر الکترون به حالت پایه بر گردد چه طول موجی را از خود منتشر می کند ؟

$$E_u - E_l = hf \rightarrow E_۴ - E_۱ = hf \Rightarrow -۰/۸۵ - (\frac{-۱۳/۶}{۴^۲}) = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \frac{۱۲/۷۵}{۱} = \frac{۱۲۴۲}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{۱۲۴۲}{۱۲/۷۵} nm \cong ۹۷/۴۱\ nm$$

مثال ) بلند ترن طول موج تابشی اتم هیدروژن در گذر از حالت برانگیخته به حالت پایه را به دست آورید.

$$E_۲ - E_۱ = hf \Rightarrow \frac{-۱۳/۶}{۲^۲} - \frac{(-۱۳/۶)}{۱۲} = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow -۳/۴ + ۱۳/۶ = \frac{۱۲۴۲}{\lambda} \Rightarrow \frac{۱۰/۲}{۱} = \frac{۱۲۴۲}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{۱ \times ۱۲۴۲}{۱۰۱۲} \cong ۱۲۱/۸۶\ nm$$

رابطه ریدبرگ را از مدل بور به دست آورید ؟

$$E_u - E_l = hf \rightarrow \frac{-E_R}{h_u^۲} - \left(\frac{-E_R}{n_l^۲}\right) = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow \frac{۱}{\lambda} = \frac{E_R}{hc}\left(\frac{۱}{n_l^۲} - \frac{۱}{n_u^۲}\right) \Rightarrow \frac{E_R}{hc} = \frac{۱۳/۶}{۱۲۴۰} \Rightarrow R_H = ۰/۰۱$$

طیف جذبی چگونه ایجاد می شود ؟ اگر نور سفید را از بخار گاز مورد نظر عبور دهیم و نور عبور کرده را به وسیله منشور تجزیه کنیم در این صورت زمینه روشنی ایجاد می شود که خطوط تاریکی در آن مشاهده می شود که به این خطوط تاریک طیف جذبی عنصر گفته می شود .

- نکته : خطوط طیف جذبی خورشید را خطوط فرانهوفر می گویند.
- نکته : طیف جذبی و طیف خطی هر عنصر کاملا بر هم منطبق اند یعنی همان طول موج هایی را که طیف تابش می کند همان طول موج ها را می تواند جذب کند .

**ادامه مباحث به زودی اضافه خواهد شد.**

تهیه وتنظیم : احسان ناظمی