آشنایی با فیزیک اتمی

به بخشی از علم فیزیک تاکنون مطالعه نمودیم و مطالب در آن به صورت دسته بندی شده و قانون درآمدند، فیزیک کلاسیک گویند. مکانیک نیوتنی، ترمودینامیک، قانون القای فارادی (نظریه الکترومغناطیس ماکسول) همگی از جمله مطالب فیزیک کلاسیک می باشند.

در سالهای اخیر، برخی پدیده های به وجود آمده و آزمایش‌های انجام شده قابل توجیه با نظریات فیزیک کلاسیک نبود. فیزیکدانان برای توجیه این پدیده ها نظریات مختلفی ارائه کردند که مجموع آن نظریه ها فیزیک جدید گویند. از نظریات فیزیک جدید می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱) نظریه نسبیت «خاص»: مربوط به مطالعه پدیده ها در تندی بسیار زیاد و قابل مقایسه با سرعت نور
۲) نظریه نسبیت «عام»: مربوط به مطالعه هندسه فضا-زمان و گرانش
۳) نظریه کوانتومی: مربوط به مطالعه پدیده ها در مقیاس های بسیار کوچک مانند اتم‌ها و ذرات سازنده آن‌ها

اثر فوتوالکتریک و فوتون:

اگر به کلاهک الکتروسکوپ با بار منفی امواج فرابنفش بتابانیم، الکترون‌ها از سطح فلز جدا شده و می بینیم انحراف تیغه ها کمتر شده در صورتی که اگر نور مرئی بتابانیم در انحراف تیغه‌ها تغییری مشاهده نمی‌شود. به جدا شدن الکترون ها از سطح فلز «فوتوالکتریک» و به الکترون های جدا شده «فتوالکترون» گویند.

علت آن پدیده افزایش انرژی الکترون ها $(\vec{F} = \vec{E}e)$ به دلیل قرار گرفتن در میدان الکتریکی امواج الکترومغناطیسی است. اما سوالی که پیش می آید این است که پس چرا در هر فرکانسی این پدیده رخ نمی دهد؟

به منظور جواب این سوال ابتدا نظریه آلبرت اینشتین و سپس دستگاه فوتوالکتریک را بررسی می نماییم.

نظریه اینشتین در مورد فوتون ها

با توجه به کارهای قبلی ماکس پلانک در زمینه تابش گرمایی اجسام، اینشتین فرض کرد نور با فرکانس f به صورت مجموعه‌ای از فوتون ها می باشد. انرژی هر فوتون از رابطه زیر به دست می آید.

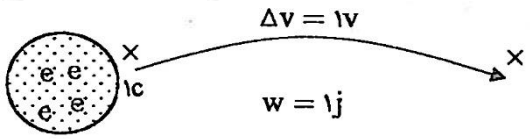
$$E = hf$$

در رابطه فوق h ثابت پلانک بوده و مقدار آن $h = \frac{۶}{۶۳} \times ۱۰^{-۳۴} j.s$ است و f فرکانس نور فرودی می‌باشد.

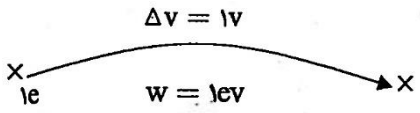
تمرین ۱: اگر طول موج نور فرودی ۶۰۰nm باشد، انرژی هر فوتون فرودی چند ژول است؟

❖ تبدیل واحد خیلی مهم:

با توجه به رابطه $W = \Delta v.q$ در مبحث الکتریسیته می دانیم اگر واحدهای Δv و q بر حسب ولت و کولن باشند، واحد انرژی ژول می‌گردد. یعنی ۱ ژول عبارت است از کار لازم یا انرژی آزاد شده در جابجایی ذره ۱ کولن در جابجایی دو نقطه با اختلاف پتانسیل ۱ ولت.



اما در بحث فتوالکتریک چون انرژی مربوط به یک الکترون مورد نظر می باشد، ژول واحد بزرگی است و به ناچار واحد فرعی دیگری به نام «الکترون ولت» تعریف می‌کنیم.



الکترون ولت: کار لازم یا انرژی آزاد شده برای جابجایی ۱ الکترون تحت ولتاژ ۱ ولت.

با توجه به اینکه $۱e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} j$ است:

$$۱ev = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} j$$

تمرین ۲: ثابت پلانک بر حسب ev.s چند است؟

به طور کلی:

$$\text{انرژی هر فوتون} = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\text{انرژی هر فوتون}(\text{ژول}, j) = \frac{۶}{۶۳} \times ۱۰^{-۳۴} \times f = \frac{\frac{۶}{۶۳} \times ۱۰^{-۳۴} \times ۳ \times ۱۰^{۸}}{\lambda^{m}}$$

$$\text{انرژی هر فوتون}(\text{الکترون} - \text{ولت}, ev) = \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

تست ۱: طول موج نوری ۴۰۰nm است. انرژی هر فوتون این نور تقریبا چند الکترون ولت است؟($h = \frac{۶}{۶۳} \times ۱۰^{-۳۴} j.s$)

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۶

تست ۲: انرژی هر فوتون موجی ۱^{ev} است. این موج الکترومغناطیس در کدام محدوده قرار دارد و فرکانس آن تقریبا چند هرتز است؟($h = \frac{۶}{۶۳} \times ۱۰^{-۳۴} j.s$)

۱) نور مرئی-۴×۱۰^{۱۵} ۲) نور مرئی-$\frac{۱}{۴} \times ۱۰^{۱۵}$ ۳) فرو سرخ-۴×۱۰^{۱۵} ۴) فرو سرخ-$\frac{۱}{۴} \times ۱۰^{۱۵}$

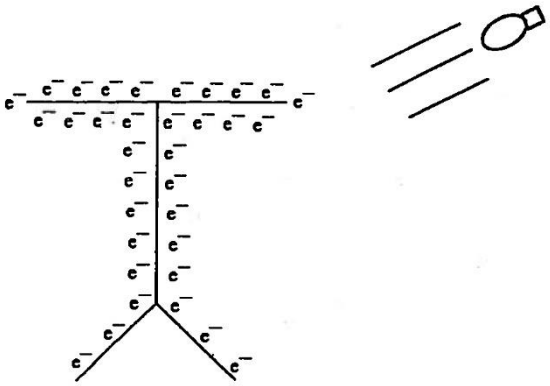
بنابراین انرژی هر موج الکترومغناطیسی که از n فوتون تشکیل شده است به صورت زیر به دست می آید:

$$E = nhf$$

تست ۳: شدت تابش متوسط خورشید در سطح زمین $۳۰۰ \frac{w}{m^{۲}}$ است. در هر دقیقه چند فوتون با طول موج ۵۵۰nm به هر سانتی متر مربع از سطح زمین می‌رسد؟

۱) ۲×۱۰^{۱۵} ۲) ۶×۱۰^{۱۵} ۳) ۲×۱۰^{۱۷} ۴) ۶×۱۰^{۱۷}

شرح پدیده فوتوالکتریک



(w۰) تابع کار: حداقل انرژی لازم برای کندن سست ترین الکترون می باشد.

تست ۴: اگر نوری با طول موج ۲۰۰nm به سطح فلزی بتابانیم که تابع کار آن $w_{.} = ۱/۵^{ev}$ می باشد، بیشترین انرژی فتوالکترون‌ها در خروج از سطح فلز چند الکترون-ولت می‌باشد؟

۱) ۰/۵ ۲) ۳ ۳) ۴/۵ ۴) ۶

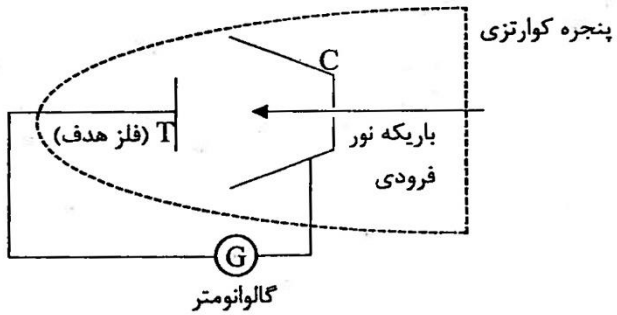
تست ۵: تابع کار فلزی ۲^{ev} می باشد، اگر دو موج با فرکانسهای $f_۱ = ۲ \times ۱۰^{۱۵} HZ$ و $f_۲ = ۳ \times ۱۰^{۱۵} HZ$ را به سطح این فلز بتابانیم، بیشینه انرژی فوتوالکترون ها در آزمایش اول چند برابر بیشینه انرژی فوتوالکترون ها در حالت دوم است؟

۱) $\frac{۲}{۳}$ ۲) ۰/۶ ۳) ۱/۲ ۴) $\frac{۵}{۶}$

تست ۶: تابع کار فلز طلا $۵/۲^{ev}$ است. نوری با طول موج ۵۸۹ نانومتر به سطح این فلز می‌تابانیم. بیشینه انرژی جنبشی فتوالکترون های خارج شده از سطح فلز چند الکترون-ولت است؟

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) فوتوالکترونی از سطح خارج نمی‌شود

برای بررسی پدیده فتوالکتریک از یک فلز هدف و یک جمع کننده فلز c مطابق شکل زیر استفاده می شود.



آزمایشات مختلف نشان می دهد:

۱) هرچه شدت نور فرودی بیشتر شود، گالوانومتر جریان بیشتری را نشان می‌دهد.

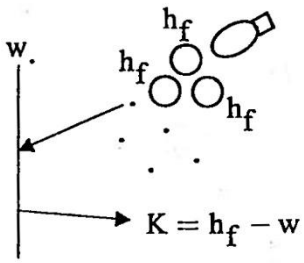
۲) اگر بسامد از مقدار معینی کمتر باشد، هر چه شدت را افزایش دهیم باز هم پدیده فتوالکتریک رخ نمی دهد.

سوالاتی که نظریه کلاسیک الکترومغناطیس ماکسول قادر به توجیه آن نیست:

الف) با توجه به اینکه موج الکترومغناطیس میدان الکتریکی بوده و در آن به الکترون‌ها نیروی $F = Eq$ وارد می‌شود، باید این پدیده در هر بسامدی رخ دهد؛ ولی تجربه می‌گوید در برخی از بسامد ها فتوالکتریک رخ نمی‌دهد.

ب) باتوجه به نظریه کلاسیک ماکسول شدت نور با مجذور میدان الکتریکی متناسب است ($I \propto E^{۲}$) بنابراین هر چه شدت را افزایش دهیم باید الکترونها با انرژی جنبشی بیشتری خارج شوند در صورتی که باز هم تجربه مطلب را نشان نمی‌دهد. همانطور که می‌دانیم سوالات فوق همگی با فرض کوانتومی بودن امواج الکترومغناطیسی به راحتی پاسخ داده می شود.

محاسبه انرژی جنبشی فتوالکترون ها:



در شکل مقابل پیداست که بیشترین انرژی جنبشی مربوط به الکترون های سست می باشد:

$$K_{max} = h_f - w.$$

تست ۷: تابع کار فلزی $w. = ۳^{ev}$ می باشد. اگر نوری با طول موج $\lambda_۱ = ۱۰۰nm$ به آن بتابانیم بیشینه انرژی جنبشی فتوالکترون ها K1 بوده و اگر طول موج را نصف کنیم و این مقدار K2 می گردد. $\frac{K_۱}{K_۲}$ کدام است؟

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

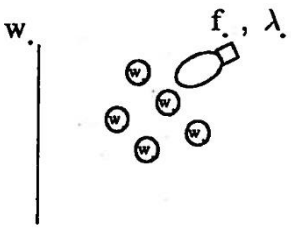
سوال بسیار مهم:

بر روی فلزی نوشته است $w_0 = ۲^{ev}$. این عدد یعنی چه؟

بسامد آستانه (f_0) و طول موج آستانه (λ_0):

بسامد و طول موجی که به ازای آن ها بسته ها به بزرگی w_0 می باشند.

طبیعی است که برای وقوع پدیده فتوالکتریکی باید «$f_{فرودی} > f_0$» و «$\lambda_{فرودی} < \lambda_0$» باشد.



تمرین ۳: بر روی فلزی عدد $w_0 = ۳^{ev}$ نوشته است.

الف) بسامد آستانه و طول موج آستانه برای این فلز تقریباً چند است؟

ب) اگر طول موج ۹۸nm به این فلز بتابانیم بیشینه سرعت فوتوالکترون ها در خروج از سطح فلز تقریباً چند است؟ (جرم الکترون $۱/۶\times۱۰^{-۲۷}$kg است.)

تست ۸: اگر طول موج ورودی به فلزی $\frac{۱}{۳}$ طول موج آستانه باشد، بیشترین سرعت الکترون ها در خروج از فلز $v_۱$ و اگر فرکانس موج فرودی به فلزی ۵ برابر بسامد آستانه باشد بیشترین سرعت الکترون ها در خروج از سطح فلز $v_۲$ می باشد. $\frac{v_۱}{v_۲}$ چند است؟

۱) $\sqrt{۲}$ ۲) $\frac{\sqrt{۲}}{۲}$ ۳) ۲ ۴) $\frac{۱}{۲}$

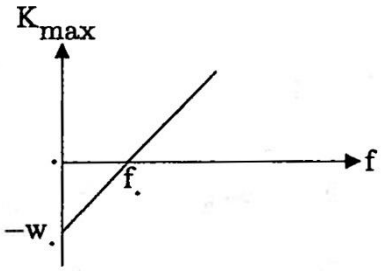
تست ۹: طول موج آستانه برای فلزی ۶۰۰nm می باشد، در صورتی که نوری با فرکانس ۵×۱۰^۱۵HZ به سطح این فلز بتابانیم بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون ها از سطح فلز تقریبا چند است؟

۱) ۱۲^{ev} ۲) ۱۵^{ev} ۳) ۱۶^{ev} ۴) ۱۸^{ev}

تست ۱۰: اگر فرکانس نور فرودی به سطح فلز را ۳ برابر نماییم، بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون های خارج شده از سطح فلز چند برابر می گردد؟

۱) ۳برابر ۲) $\frac{۱}{۳}$ برابر ۳) بیشتر از ۳ برابر ۴) کمتر از ۳ برابر

نمودار انرژی جنبشی بر حسب بسامد نور فرودی:

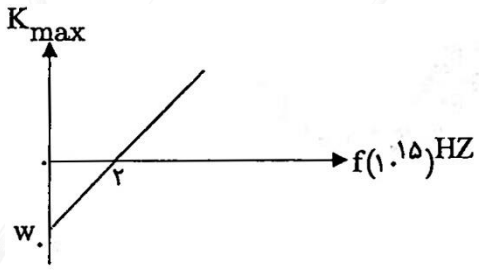


$$K_{max} = h_f - w.$$

می‌دانیم که به ازای بسامد در آستانه Kmax برابر صفر می گردد و کمتر از آن بسامد اصلاً فتو الکتریک رخ نمی‌دهد.

شیب نمودار مقابل h می‌باشد و عرض از مبدا آن به جنس فلز بستگی دارد.

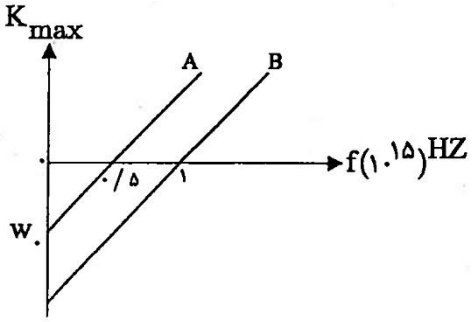
تست ۱۱: در نمودار مقابل که مربوط به بیشینه انرژی جنبشی خروجی از سطح فلز بر حسب فرکانس فرودی می باشد، اگر فرکانس فرودی ۶×۱۰^۱۵ هرتز باشد، Kmax و w0 به ترتیب چند الکترون-ولت است؟



۱) ۱۶ و ۸ ۲) ۱۶ و ۰/۵

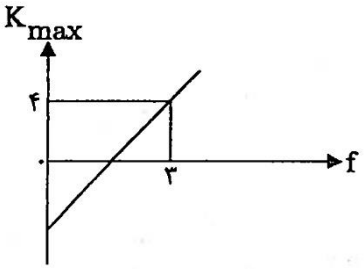
۳) ۲۴ و ۸ ۴) ۲۴ و ۰/۵

تست ۱۲: در نمودار مقابل که مربوط به بیشینه انرژی جنبشی خروجی از سطح فلز برای دو فلز A و B است، اگر به ازای فرکانس‌های f_A و f_B پیشینه انرژی فتو الکترون ها برای آنها یکسان باشد، $\frac{f_B}{f_A}$ چند است؟



۱) ۱
۲) $\frac{۱}{۲}$
۳) بزرگ‌تر از ۱ و کمتر از ۲
۴) کمتر از ۱ و بزرگتر از $\frac{۱}{۲}$

تست ۱۳: در آزمایش فتوالکتریک نمودار بیشینه انرژی فتوالکترون ها بر حسب بسامد فرودی به صورت روبرو می باشد. اگر نوری با بسامد ۵×۱۰^{۱۵} هرتز به این فلز بتابانیم، Kmax چند است؟



۱) ۴
۲) ۸
۳) ۱۲
۴) ۲۰

بنابراین عوامل موثر بر Kmax به صورت زیر می باشد:

۱) بسامد نور فرودی
۲) جنس فلز هدف (تابع کار)

❖ نکته: تغییر شدت نور فرودی تاثیری در Kmax ندارد.

تست ۱۴: با تغییر محیط آزمایش کدام کمیت مربوط به پدیده فتوالکتریک تغییر می کند؟

۱) بسامد آستانه
۲) طول موج آستانه
۳) تابع کار
۴) بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها

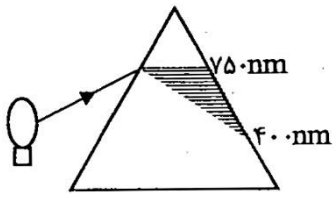
✓ نظریه موجی بودن نور، تمام ویژگی های نور را در بر ندارد و قادر نیست تمام پدیده های فیزیکی را توجیه کند، از جمله پدیده فوتوالکتریک.

طیف خطی:

میدانیم همه اجسام در هر دمایی از خود امواج الکترومغناطیس گسیل (نشر) می‌کنند که به آن تابش گرمایی گویند. انواع تابش‌ها به صورت زیر است:

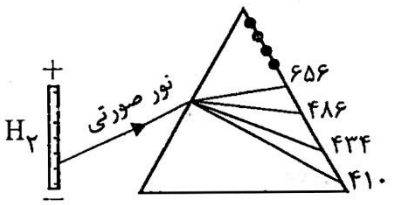
الف) تابش از سطح جسم های جامد

این تابش به صورت پیوسته می‌باشد که همه طول موج ها در آن از فرابنفش و نور مرئی و فروسرخ در آن مشاهده می‌شود. پیوسته بودن این طیف ناشی از برهم کنش قوی بین اتم های سازنده آن است. به طیف خاص از آن نشری پیوسته می گوییم. نمونه‌ای از طیف پیوسته، طیف حاصل از رشته داغ درون لامپ روشنایی می باشد که همانطور که دیده می شود و پس از عبور از منشور و تجزیه شدن مشاهده می شود تمامی طول موج ها در آن وجود دارد. به همین دلیل به این طیف، «طیف گسیلی پیوسته» گویند.



ب) طیف حاصل از گاز رقیق عناصر در فشار کم و ولتاژ بالا

اگر گازی با شرایط فوق (رقیق، فشار کم) را در درون لوله شیشه‌ای قرار دهیم و به دوسر آن ولتاژ بالایی به نام آند و کاتد وصل کنیم، نوری گسیل شده که اگر آن را از منشور بگذرانیم شکل زیر مشاهده می شود:



همانطور که مشاهده می شود در شکل فوق فقط چند خط رنگی در منطقه مرئی و چند خط نامرئی در منطقه های دیگر از گاز خارج می‌شود. به این طیف «طیف گسیلی خطی» گویند. علت این نوع تابش اتم های منفرد و عدم برهم‌کنش‌های قوی بین اتم‌هاست.

- ✓ آزمایش نشان می‌دهد طیف خطی ایجاد شده و رنگ نور گسیل شده (طول موج‌های گسیل) به نوع گاز درون لامپ بستگی دارد. بنابراین طیف هر نوع عنصر اعدادی منحصر به فرد برای همان عنصر است که هم از نظر تعداد و هم از نظر طول موج با بقیه عناصر فرق می‌کند.

رابطه ریدبرگ:

رابطه ای که از آن تمامی طول موجهای گسیلی اتم هیدروژن به دست به صورت زیر است:

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

که در رابطه فوق R را ثابت ریدبرگ گویند و مقدار آن برابر است با: $R = 0/0109(nm)^{-1}$

در ضمن برای درستی رابطه همواره $n>n'$ می باشد.

به طور مثال اگر $n'=4$ فرض شود، n اعداد ۵ و ۶ و ۷ و ..... می باشد.

لیمان: $n' = ۱$ — $n=۲,۳,٤,...$ ⟵ بینهایت طول موج به نام رشته لیمان

بالمر: $n' = ۲$ — $n=۳,٤,٥,...$ ⟵ بینهایت طول موج به نام رشته بالمر

پاشن: $n' = ۳$ — $n=٤,٥,٦,...$ ⟵ بینهایت طول موج به نام رشته پاشن

براکت: $n' = ٤$ — $n=٥,٦,٧,...$ ⟵ بینهایت طول موج به نام رشته براکت

پفوند: $n' = ٥$ — $n=٦,٧,٨,...$ ⟵ بینهایت طول موج به نام رشته پفوند

❖ نکته: در رابطه ریدبرگ با افزایش n در هر رشته مشخص طول موج کاهش می‌یابد.

$$\downarrow \frac{۱}{\lambda} = R(\frac{۱}{n'^{۲}} - \underset{\uparrow}{\frac{۱}{n^{۲}}})$$

در رابطه فوق $R = ۰/۰۱(nm)^{-۱}$ می باشد.

تمرین ۴: در اتم هیدروژن طول موج خط سوم بالمر چند نانومتر است؟

تمرین ۵: در اتم هیدروژن طول موج و فرکانس خط دوم پاشن چند است؟

تست ۱۵: در اتم هیدروژن بیشترین طول موج رشته پاشن، چند برابر کوتاه ترین طول موج رشته براکت است؟

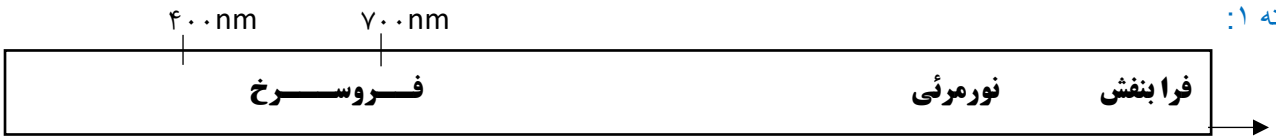
۱) $\frac{۹}{۷}$ ۲) $\frac{۷}{۹}$ ۳) $\frac{۸۱}{۱۷۵}$ ۴) $\frac{۱۷۵}{۸۱}$

تست ۱۶: در اتم هیدروژن کمترین بسامد رشته براکت چند برابر بیشترین بسامد رشته پفوند است؟

۱) $\frac{۲۲۵}{۴۴}$ ۲) $\frac{۴۴}{۲۲۵}$ ۳) $\frac{۱۶}{۹}$ ۴) $\frac{۹}{۱۶}$

دو نکته بسیار مهم و کارآمد:

نکته ۱:



نکته ۲:

تست ۱۷: کدام یک از گزینه های زیر در اتم هیدروژن در محدوده نور مرئی می‌باشد؟

۱) خط سوم بالمر ۲) خط دوم لیمان ۳) خط اول پاشن ۴) خط چهارم براکت

تست ۱۸: در کدام گزینه همگی در محدوده فرابنفش در اتم هیدروژن می‌باشند؟

۱) خط سوم پاشن-خط چهارم بالمر ۲) خط اول لیمان-خط سوم بالمر

۳) خط دوم لیمان-خط پنجم بالمر ۳) خط سوم پاشن-خط دوم لیمان

تست ۱۹: کدام گزینه بر اساس افزایش طول موج مدرج شده است؟

۱) خط سوم بالمر-خط دوم لیمان-خط چهارم پاشن-خط اول براکت

۲) خط اول پفوند-خط دوم براکت-خط سوم لیمان-خط چهارم بالمر

۳) خط سوم لیمان-خط پنجم لیمان-خط چهارم پاشن-خط سوم پفوند

۴) خط چهارم لیمان-خط دوم پاشن-خط پنجم براکت-خط سوم پفوند

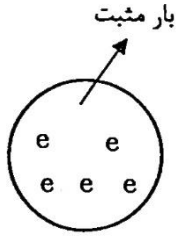
تمرین ٦: کمترین فوتون رشته پفوند چند الکترون-ولت است؟

تست ۲۰: اتم هیدروژن در حالت پایه است. بیشترین طول موج که میتواند این اتم هیدروژن را یونیزه کند چند نانومتر است؟

۱) ۱۰۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۵۰۰ ۴) ۶۰۰

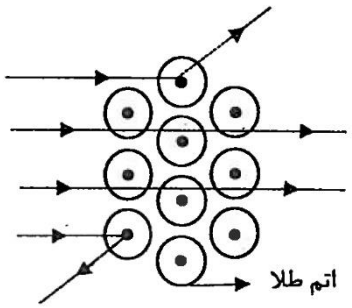
مدل های اتمی

الف) مدل اتمی تامسون: تامسون ابتدا موفق به کشف الکترون و اندازه گیری نسبت بار به جرم آن $\frac{e}{m}$ شد. در این مدل بار مثبت در کل کره پخش است و الکترونها که سهم ناچیزی در جرم اتم دارند در جاهای مختلف آن پراکنده‌اند. این الکترون با نوسان در جای خود تابش الکترومغناطیس گسیل کرده که این فرکانسها با نتایج تجربی سازگار نبود.



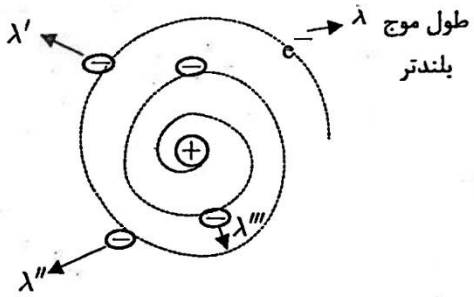
ب) مدل اتمی رادرفورد:

طبق نظریه تامسون انتظار می‌رفت که اگر باریکه ای از ذرات مثبت (از جنس هسته هلیوم که به آن ذره آلفا گویند) را به ورقه نازک طلا به تابانیم همه ذرات آلفا با انحراف کمی از ورقه گذر می کنند. اما در عمل برخی از آنها با انحرافات شدید مواجه شده و برخی حتی باز می‌گشتند. رادرفورد پس از انجام آزمایش فوق نتیجه گرفت که هسته ای چگال و دارای بار مثبت در مرکز هر اتم می باشد که برخی ذرات با برخورد به آنها حتی بازمی‌گردند. ابعاد هسته بسیار کوچک است($\approx ۱۰^{-۵}m$ شعاع) و الکترون ها در فاصله های نسبتاً دور آن را احاطه کردند. به این مدل «مدل هسته‌ای اتم» گویند.



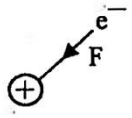
ایرادهای مدل رادفورد:

رادرفورد در مدل خودش به این که الکترونها ساکن و متحرک می باشند اشاره نکرد، اما طبق نظریه های فیزیک کلاسیک با هر فرض (حرکت یا عدم حرکت الکترون) این مدل با تجربه سازگار نبود. زیرا اولاً: اگر ساکن در نظر گرفته شود بر اثر نیروی جاذبه الکتریکی روی هسته سقوط می‌کند و ثانیاً: اگر الکترون به دور هسته بچرخد، طیفی پیوسته گسیل می‌کند و رفته رفته با کاهش شعاع و افزایش فرکانس روی هسته سقوط می کند.



هرچه به هسته نزدیک شود طول موج کوتاه تر می گردد

(ب)



(الف)

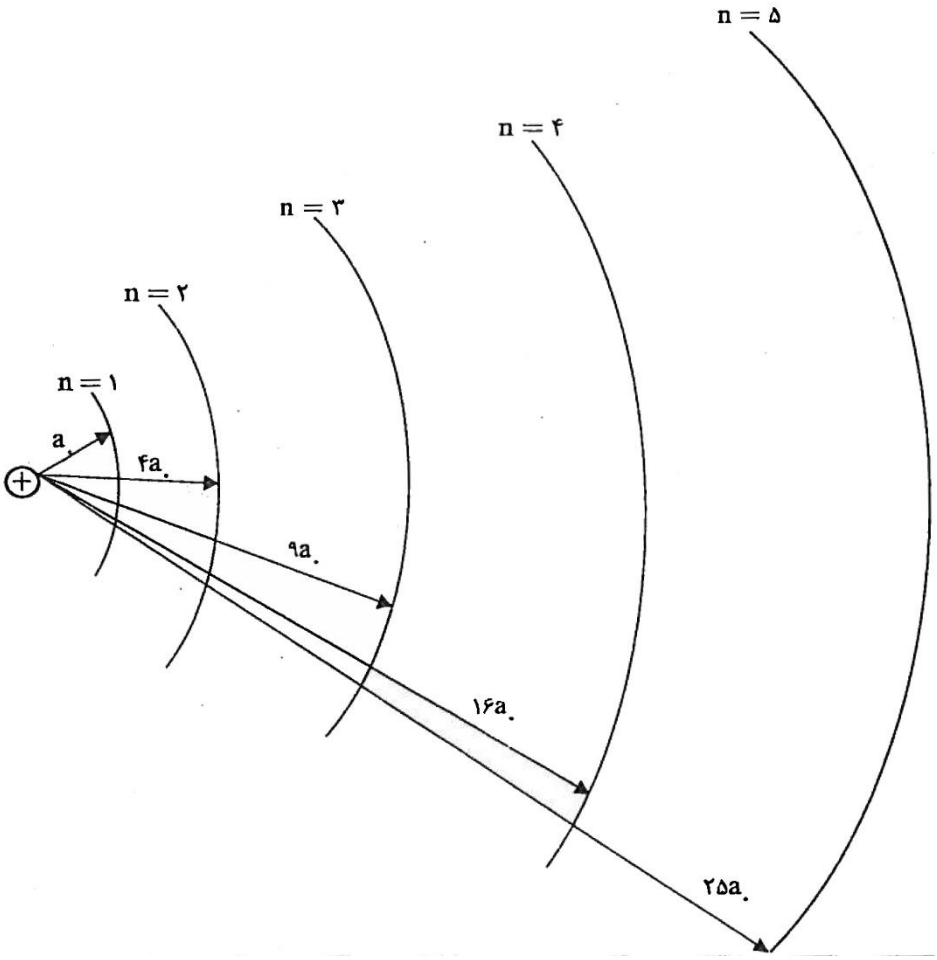
ج) مدل اتمی بور:

در این مدل الکترون برخلاف نظریه های کلاسیک با چرخش به دور هسته امواج الکترومغناطیس گسیل نمی کند. اصول و مفروضات مدل بر به صورت زیر می باشد:

۱- مدار ها و انرژی های الکترون ها در هر اتم کوانتیده اند؛ یعنی فقط مدار ها و انرژی های گسسته معین مجاز هستند.

شعاع‌های مجاز از رابطه زیر به دست می آید: $r_n = a.n^2$

انرژی های مجاز هم از رابطه زیر به دست می آید: $E_n = \frac{-13/6^{ev}}{n^2}$



در روابط فوق n عدد کوانتومی است که همان ۱ و ۲ و ۳ و .... بوده و شماره لایه ها می باشد.

❖ نکته: مقدار انرژی هر لایه با «شعاع لایه» رابطه عکس دارد و با «شماره لایه به توان ۲» هم رابطه عکس دارد.

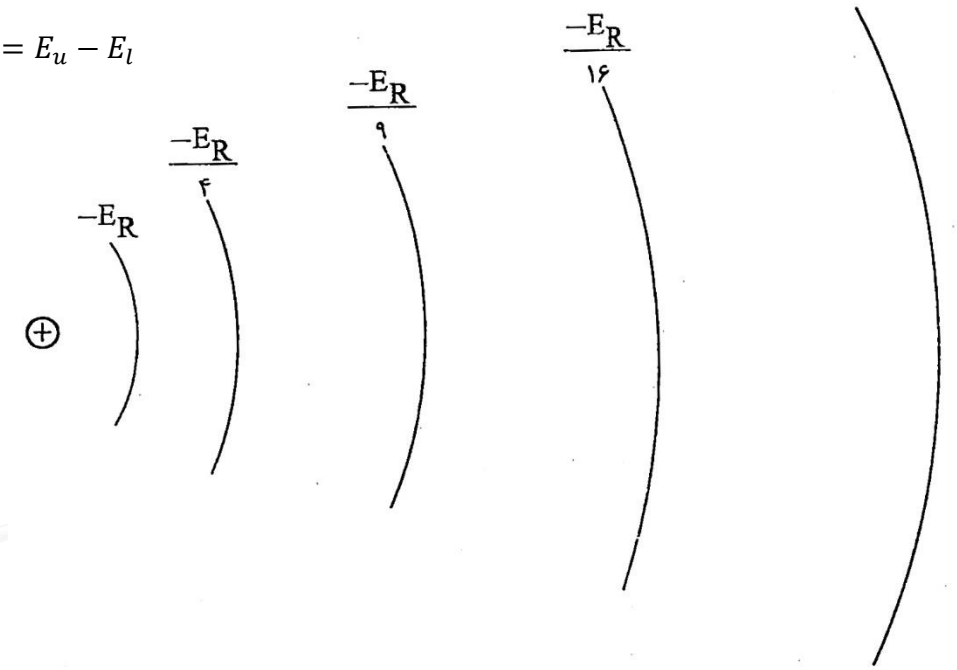
نکته:

۱) به مقدار انرژی در لایه اول که $۱۳/۶^{ev}$ است انرژی ریدبرگ گفته و با E_R نشان می دهند.

۲) وقتی الکترون در یک مدار می چرخد تابشی گسیل نمی‌کند و گویند در حالت مانا قرار دارد.

۳) الکترون می تواند از یک حالت مانا به یک حالت مانای دیگر برود و گزار انجام دهد. هنگام گذار از مدار مانای با انرژی بیشتر E_u به حالت مانای با انرژی کمتر E_l یک فوتون تابش می‌شود و انرژی فوتون برابر با اختلاف دو تراز است:

$$h_f = E_u - E_l$$



تست ۲۱: هرچه از هسته دورتر برویم اختلاف فاصله مدار ها ..... و اختلاف تراز های انرژی ..... و سطح انرژی هر تراز ..... می‌یابد.

۱) کاهش-افزایش-افزایش
۲) افزایش-کاهش-افزایش
۳) کاهش-افزایش-کاهش
۴) افزایش-افزایش-کاهش

نکته: کمترین انرژی مربوط به حالت n=۱ است که $-۱۳/۶^{ev}$ می باشد و به آن حالت پایه گویند و بیشترین انرژی مربوط به n=∞ است که صفر است، انرژی لازم برای کندن الکترون از حالت پایه را انرژی یونش گویند.

تست ۲۲: الکترون در اتم هیدروژن از n=٤ به n=۱ می رود. شعاع حرکت این الکترون ..... برابر و تابشی که گسیل می کند در محدوده ..... است.

۱) $\frac{۱}{۴}$، مرئی
۲) $\frac{۱}{۳}$، فرابنفش
۳) $\frac{۱}{۴}$، فرابنفش
۴) $\frac{۱}{۱۶}$، مرئی

تست ۲۳: در اتم هیدروژن الکترون از n=۱ به n=۳ می‌رود. شعاع مدار و انرژی الکترون چند برابر می‌شود؟

۱) ۳ و $\frac{۱}{۳}$ ۲) ۹ و $\frac{۱}{۹}$ ۳) ۳ و ۳ ۴) ۳ و ۳

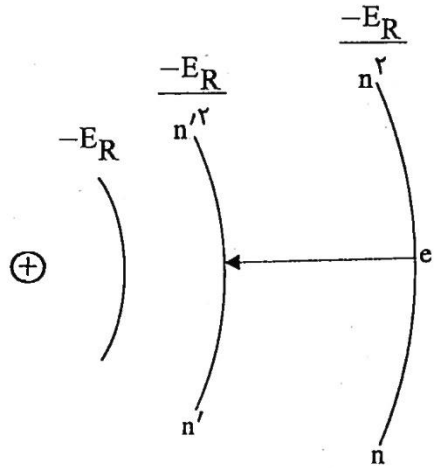
تست ۲۴: اگر در حالت پایه انرژی الکترون $-۱۳/۶^{ev}$ باشد در مداری که شعاع چرخش الکترون ۵ برابر شعاع پایه است، انرژی کدام است؟

۱) ۱۳/۶- ۲) $\frac{-۱۳/۶}{۵}$ ۳) $\frac{-۱۳/۶}{۲۵}$ ۴) چنین حالتی امکان ندارد

تمرین ۷: الکترونی در مدار مانای n=٤ است. کمترین طول موج تابشی چند برابر بیشترین طول موج تابشی است؟

تمرین ۸: در اتم هیدروژن الکترونی از n=٤ به n=۲ می رود. طول موج تابشی چند nm است؟

استخراج معادله ریدبرگ برای اتم هیدروژن از معادله بور:



$$h_f = \frac{-E_R}{n^2} - (\frac{-E_R}{n'^2})$$

$$h_f = E_R(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2})$$

$$h \times \frac{c}{\lambda} = E_R(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2})$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{E_R}{hc}(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2})$$

که از این رابطه به راحتی می توان دریافت که:

$$R_H = \frac{E_R}{hc}$$

تمرین ۹: در اتم هیدروژن خط سوم رشته لیمان چه فوتونی دارد؟

تمرین ۱۰: الکترونی در n=۵ قرار دارد:

الف) کلا چند نوع فوتون میتواند گسیل کند؟

ب) چند نوع فوتون در محدوده مرئی می تواند تابش کند؟

ج) چند نوع فوتون در محدوده فرابنفش می تواند تابش کند؟

د) چند نوع فوتون در محدوده فروسرخ می تواند تابش کند؟

تست ۲۵: الکترونی در تراز n=۱۰ می‌باشد و فقط گزارهای ۳ و ۴ لایه‌ای می‌تواند انجام دهد. چند نوع فوتون می‌تواند گسیل کند:

۱) ۵ ۲) ۷ ۳) ۹ ۴) ۱۱

تمرین ۱۱: در تست فوق چند نوع فوتون برای رسیدن به پایه می‌تواند گسیل کند؟

تست ۲۶: الکترونی با دریافت فوتونی از حالت پایه تراز دوم رفته و سپس با دریافت فوتون دیگری از تراز دوم به چهارم می‌رود بسامد فتون دوم چند برابر اول است؟

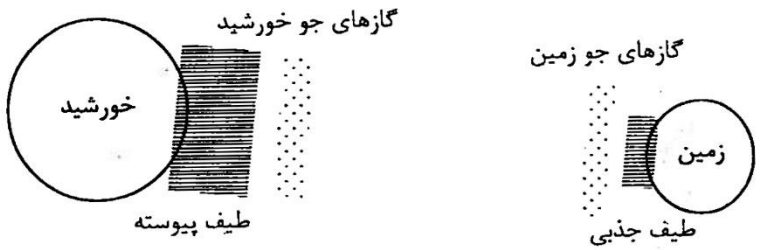
۱) ۱۶ ۲) ۴ ۳) $\frac{۱}{۴}$ ۴) $\frac{۱}{۱۶}$

تست ۲۷: در اتم هیدروژن الکترونی در $n=4$ قرار دارد. پر انرژی ترین فوتونی که می‌تواند تابش‌کند، چند ریدبرگ است؟

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

طیف جذبی

اگر به دقت به طیف خورشید بنگریم خط هایی سیاه در آن دیده می‌شود که نشان می‌دهد برخی از طول موج ها در آن وجود ندارد. طیف پیوسته‌ای که برخی از طول موج های آن جذب شده باشد، طیف جذبی نام دارد.



نکته: هم در طیف گسیلی و هم در طیف جذبی، طول موج های مشخصی وجود دارد که از مشخصه های آن عنصر است. یعنی طیف گسیلی و جذبی هیچ دو عنصری مثل هم نیست.

نکته: اتمهای هر گاز دقیقاً همان طول موج هایی از نور سفید جذب می‌کنند که اگر دمای آنها به اندازه کافی بالا رود آنها را تابش می کنند.

اینکه چرا هر عنصر طول موج های خاصی را جذب یا گسیل می‌کند به راحتی بر اساس مدل بور قابل تفسیر است. زیرا الکترون همان فوتونی را که گسیل می‌کند تا از لایه های بالاتر به پایین‌تر برود، همان طول موج‌ها (همان فوتون ها) را جذب کرده تا از لایه های پایین تر به لایه های بالاتر برود.

مواردی که با مدل بور قابل توجیه است:

۱) چگونگی حرکت الکترون به دور هسته
۲) پایداری اتم
۳) طیف گسیلی و جذبی گاز هیدروژن اتمی
۴) محاسبه انرژی یونش اتم هیدروژن
۵) بررسی اتم های هیدروژن گونه (یعنی اتم های تک الکترونی مثل Li^{2+} یعنی لیتیومی که دولت الکترونیک آن را کنده باشیم)

مواردی که مدل بور در توجیه آنها نارسایی دارد:

۱) بررسی اتم های بیش از یک الکترون

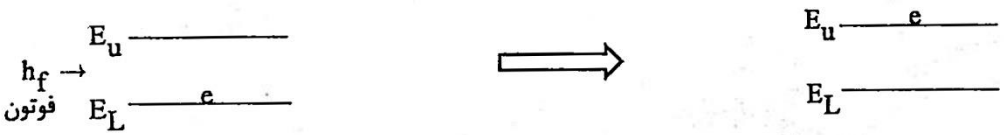
۲) متفاوت بودن شدت خط های طیف گسیلی (مثلاً تفاوت شدت خط قرمز با شدت خط آبی در طیف گسیلی)

لیزر

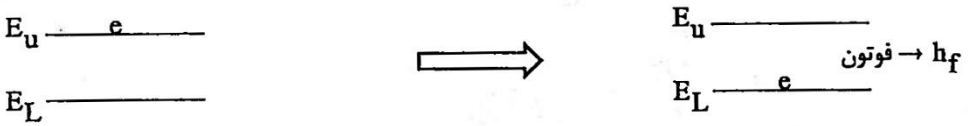
یکی از مهمترین اختراع های قرن بیستم لیزر بوده که در چاپگرها، نگاشتن اطلاعات روی CD وDVD ، شبکه های کابل نوری، اندازه گیری دقیق طول، جوشکاری و برش فلزات، جراحی، اصلاح دید چشم، دندانپزشکی و نجوم کاربرد زیادی دارد.

برای توضیح پدیده لیزر ابتدا انواع واکنش های اتم را بررسی می کنیم:

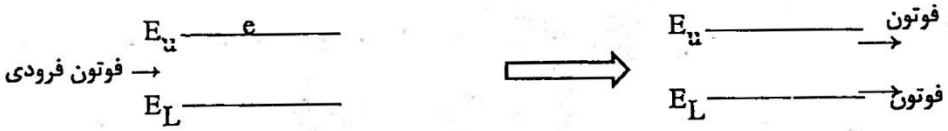
الف) جذب



ب) گسیل خود به خودی



ج) گسیل القایی (اساس کار لیزر)



ویژگیهای گسیل القایی:

۱) یک فوتون وارد و دو فوتون خارج می‌شود و به این ترتیب تعداد فوتون ها افزایش می یابد.

۲) فوتون گسیل شده در همان جهت فوتون ورودی حرکت می کند.

۳) فوتون گسیل شده با فتون های ورودی همگام و یا دارای همان فاز است.

نکته: فوتونهای گسیل شده در باریکه لیزری «هم بسامد»، «هم فاز» و «هم جهت» می باشند.

وارونی جمعیت

در گسیل القایی چشمه خارجی مناسب باید الکترون‌ها را به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته کند (زیرا در دمای اتاق بیشتر الکترونها در ترازهای پایین می باشند) این انرژی توسط «درخشش های شدید نور معمولی» یا «تخلیه های ولتاژ بالا» فراهم می‌شود.

وارونی جمعیت مربوط به حالتی است که تعداد الکترونها در ترازهای شبه پایدار (بالاتر) نسبت به تراز های پایین تر بسیار بیشتر باشد در این حالت الکترون‌ها مدت زمانی طولانی‌تر (10^{-3} ثانیه) نسبت به حالت برانگیخته معمولی (10^{-8} ثانیه) در این تراز باقی می‌مانند و فرصت بیشتری برای وارونی جمعیت و تقویت لیزر فراهم می‌شود.