



بخش آموزش رسانه تفریحی سنتر

کلیک کنید  www.tafrihicenter.ir/edu

 نمونه سوال  گام به گام

 امتحان نهایی  جزوه

 دانلود آزمون های آزمایشی

متوسطه اول : هفتم ... هشتم ... نهم

متوسطه دوم : دهم ... یازدهم ... دوازدهم

www.tafrihicenter.ir

آشنایی با فیزیک اتمی

اثر فوتو الکتریک: وقتی نوری با بسامد مناسب مانند نور فرابنفش به سطحی فلزی بتابد الکترون هایی از آن گسیل می شوند. این پدیده ی را اثر فوتو الکتریک و الکترون های جدا شده از سطح فلز را فوتو الکترون می نامند:



الکترون ها، انرژی نور فرودی را جذب می کنند و از سطح فلز خارج می شوند.

نکته ۱- برهم کنش نور فرودی فرابنفش با کلاهک برق نما سبب می شود تا ورقه های آن به سرعت به هم نزدیک شوند:



نکته ۲- برهم کنش نور مرئی گسیل شده از یک لامپ رشته ای تغییری در انحراف ورقه های برق نما به وجود نمی آورد:



انرژی امواج الکترومغناطیس: انرژی امواج الکترومغناطیس مضرب صحیحی از انرژی یک فوتون (hf) است:

$$E = nhf \quad \text{یا} \quad E = nh \frac{c}{\lambda}$$

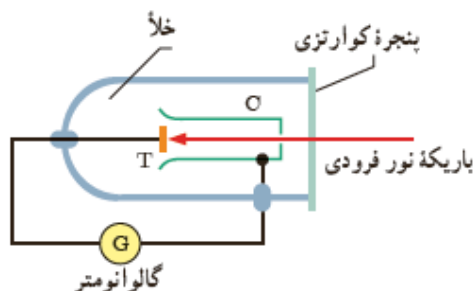
n : تعداد فوتون ها

h : ثابت پلانک ($6.6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$)

c : سرعت امواج الکترومغناطیس ($3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

E : انرژی امواج الکترومغناطیس (J)

بررسی اثر پدیده ی فوتوالکتریک: برای بررسی اثر فوتوالکتریک دستگاهی به صورت زیر طراحی می شود:



در این دستگاه صفحه ی فلزی هدف T و جمع کننده ی فلزی C درون یک محفظه ی شیشه ای خلأ قرار دارند که از بیرون به یک گالوانومتر (آمپرسنج حساس) متصل شده اند. نور تکفام (تک بسامد) که بسامد آن به قدر کافی بالا است بر صفحه ی T فرود می آید و فوتو الکترون ها را آزاد می کند. این فوتو الکترون ها به جمع کننده ی C می رسند و در نتیجه گالوانومتر که در مدار قرار دارد جریانی را آشکار می کند. در این آزمایش به نکات زیر باید توجه کنید:

- ۱- با افزایش شدت این نور، گالوانومتر عدد بزرگتری را نشان می دهد.
- ۲- اگر بسامد نور فرودی از مقدار معینی کم تر باشد، هر چه قدر هم که شدت نور فرودی افزایش یابد پدیده ی فوتو الکتریک رخ نمی دهد و گالوانومتر عبور جریانی را نشان نمی دهد.

تناقض های فیزیک کلاسیک با نتایج تجربی در پدیده ی فوتوالکتریک:

۱- بر اساس دیدگاه فیزیک کلاسیک هنگام بر هم کنش موج الکترومغناطیسی (نور فرودی) با سطح فلز، میدان الکتریکی این موج، نیروی $F = -eE$ به الکترون های فلز وارد می کند و آن ها را به نوسان در می آورد. به این ترتیب، وقتی دامنه ی نوسان برخی از الکترون ها به قدر کافی بزرگ شود انرژی جنبشی لازم را برای جدا شدن از سطح فلز پیدا می کنند. بنابراین پدیده ی فوتوالکتریک باید در هر بسامدی رخ دهد در حالی که این نتیجه با تجربه سازگار نیست.

۲- براساس نظریه ماکسول شدت نور با مربع دامنه ی میدان الکتریکی موج الکترومغناطیسی متناسب است ($I \propto E^2$)، به این ترتیب انتظار می رود به ازای یک بسامد معین، اگر شدت نور فرودی بر سطح فلز را افزایش دهیم باید الکترون ها با سرعت و انرژی جنبشی بیش تری از فلز خارج شوند، اما چنین نتیجه ای در تجربه مشاهده نمی گردد.

تست ۱۵- تعداد فوتون هایی که یک لامپ ۳۳ وات هنگامی که پرتوهایی با بسامد 5×10^{14} هرتز، در هر ثانیه گسیل می کند را به دست آورید. ($h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$)

(۱) ۳۰۰ (۲) 10^{18} (۳) 10^{19} (۴) 10^{20}

پاسخ- گزینه (۴)

تست ۱۶- یک لامپ ۲۰۰ وات نور بنفش با طول موج 400 nm گسیل می کند یک لامپ ۲۰۰ واتی دیگر نور زرد با طول موج 600 nm گسیل می کند. تعداد فوتون هایی که در هر ثانیه از لامپ زرد گسیل می شود، چند برابر تعداد فوتون هایی است که در همین مدت از لامپ بنفش گسیل می شود؟

(۱) $\frac{2}{3}$ (۲) ۱ (۳) $\frac{3}{2}$ (۴) ۲

پاسخ- گزینه (۳)

از اینجا تا پایان صفحه ۱۴۴ ویژه ی دانش آموزان رشته ی (ریاضی- فیزیک) است.

نظریه اینشتین در رابطه با پدیده ی فوتوالکتریک:

۱- اینشتین با توجه به نظریه ی پلانک فرض کرد نور با بسامد f را می توان به صورت مجموعه ای از بسته های انرژی در نظر گرفت. هر بسته ی انرژی بعدها فوتون نام گرفت، انرژی هر فوتون از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$E = hf$$

h : ثابت پلانک ($6.6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$)

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

f : بسامد (Hz)

λ : طول موج (m)

c : سرعت موج الکترومغناطیس ($3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

E : انرژی هر فوتون (J)

۲- هر فوتون صرفاً با یک الکترون بر هم کنش دارد.

۳- بسامدی که در آن الکترون بدون هیچ انرژی جنبشی ای در آستانه ی ترک فلز است بسامد آستانه نامیده می شود و با f_0 نمایش داده می شود. (بسامد آستانه حداقل بسامد برای انجام پدیده ی فوتوالکتریک است و در کم تر از آن پدیده ی فوتوالکتریک انجام نمی شود)

۴- طول موجی که در آن الکترون بدون هیچ انرژی جنبشی ای در آستانه ی ترک فلز است طول موج آستانه نامیده می شود و با λ_0 نمایش داده می شود. (طول موج آستانه حداکثر طول موج برای انجام پدیده ی فوتوالکتریک است و در بالاتر از آن پدیده ی فوتوالکتریک انجام نمی شود)

۵- انرژی لازم برای خارج کردن یک الکترون از سطح یک فلز تابع کار نامیده می شود و با W_0 نمایش داده می شود:

$$W_0 = hf_0$$

$$W_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$$

۶- تابع کار (W_0)، بسامد آستانه (f_0) و طول موج آستانه (λ_0) هر سه به جنس فلز بستگی دارند.

۷- اگر فوتون تابشی انرژی کافی داشته باشد، بخشی از انرژی صرف گسیل الکترون از فلز می شود و مابقی آن به انرژی جنبشی الکترون خارج شده تبدیل می شود، انرژی جنبشی سریع ترین فوتوالکترون های گسیل شده از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$K_{max} = hf - W_0$$

h : ثابت پلانک ($6.6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$)

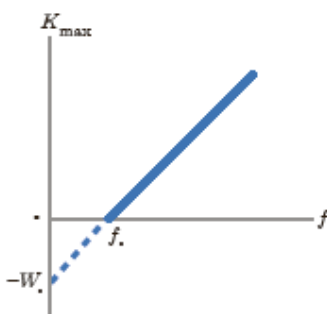
f_0 : بسامد (Hz)

λ_0 : طول موج (m)

W_0 : (J)

۸- بیشینه ی انرژی جنبشی فوتوالکترون ها (K_{max}) به بسامد نور فرودی و جنس فلز بستگی دارد.

نمودار بیشینه ی انرژی جنبشی فوتوالکترون ها بر حسب بسامد نور فرودی:



شیب نمودار : $\tan \alpha = h$

شرط انجام پدیده ی فوتوالکتریک: اگر یکی از شرط های زیر در پدیده ی فوتوالکتریک برقرار باشد پدیده ی

فوتوالکتریک رخ می دهد و در غیر اینصورت الکترونی از سطح فلز جدا نمی شود:

۱- انرژی فوتون تابشی بیش تر از تابع کار باشد ($hf > W_0$)

۲- بسامد نور فرودی بیش تر از بسامد آستانه باشد ($f > f_0$)

۳- طول موج نور فرودی کم تر از طول موج قطع باشد ($\lambda < \lambda_0$)

الکترون-ولت: انرژی الکترون تحت ولتاژ یک ولت است و الکترون-ولت یکای غیر SI انرژی در فیزیک اتمی و فیزیک هسته ای است. الکترون-ولت به صورت زیر به ژول تبدیل می شود:

$$1\text{ev} = 1.6 \times 10^{-19} \text{J}$$

نکته ۱- در رابطه های $E = hf$ و $w_0 = hf_0$ اگر ثابت پلانک (h) بر حسب J.s باشد w_0 و E بر حسب ژول (J) به دست می آیند و در صورتی که ثابت پلانک (h) بر حسب eV.s باشد w_0 و E بر حسب الکترون-ولت (ev) به دست می آیند.

نکته ۳- افزایش یا کاهش شدت نور فرود تنها بر تعداد فوتون های تابشی و تعداد الکترون های جدا شده تأثیر می گذارد و بر بیشینه ی انرژی جنبشی الکترون ها ($k_{\max}$) و بسامد آستانه (f_0) بی تأثیر است.

نکته ۴- در رابطه با بررسی ویژگی های نور هم مدل موجی و هم مدل ذره ای جایگاه خود را دارد به طور مثال بررسی پدیده ی فوتو الکتریک با کمک مدل ذره ای و بررسی آزمایش یانگ با مدل موجی صورت می گیرد.

تست ۱- تابع کار فلزی $14/4 \text{ eV}$ است. بیشینه ی طول موج نور برای خارج کردن الکترون از سطح این فلز چند نانومتر است؟

$$(C = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \text{ و } h = 4/1 \times 10^{-15} \text{ eV.s})$$

(۱) ۳۰۰ (۲) ۴۰۰ (۳) ۵۰۰ (۴) ۶۰۰ (ریاضی-۹۸)

پاسخ- گزینه (۱)

تست ۲- اگر بسامد پرتوی تابشی به یک فلز در پدیده ی فوتوالکتریک ۵ برابر بسامد آستانه باشد انرژی جنبشی فوتو الکترون ها چند برابر تابع کار است؟

(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

پاسخ- گزینه (۴)

تست ۳- طول موج آستانه در پدیده ی فوتوالکتریک برای یک فلز معین برابر 300 nm است. وقتی نور به طول موج 200 nm بر سطح این فلز بتابد ، بیشینه ی انرژی جنبشی فوتوالکترون ها چند الکترون -ولت خواهد شد؟

$$(h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s} \text{ و } c = 3 \times 10^8 \text{ m/s})$$

(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۵ (۴) ۱۰

پاسخ- گزینه (۲)

تست ۴- در یک پدیده ی فوتو الکتریک ، بیشینه ی انرژی جنبشی فوتوالکترون ها 2 الکترون- ولت است. اگر چشمه ی نوری با بسامد دو برابر حالت قبل استفاده کنیم ، بیشینه ی انرژی جنبشی فوتوالکترون ها 6 الکترون- ولت می شود. تابع کار این فلز چند الکترون- ولت است؟

- ۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

پاسخ- گزینه (۲)

تست ۵- در یک آزمایش فوتوالکتریک طول موج آستانه $0.2 \mu\text{m}$ است. اگر نوری با طول موج $0.1 \mu\text{m}$ به کار رود، بیشینه ی انرژی جنبشی الکترون ها هنگام جدا شدن از فلز چند eV خواهد شد؟ ($hc = 12 \times 10^{-7} \text{eV.m}$)

- ۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

پاسخ- گزینه (۴)

تست ۶- تابع کار چهار فلز A, B, C و D به ترتیب $1/1$ ، $2/6$ ، $3/5$ و $4/3$ الکترون-ولت است، اگر نوری به طول موج 600 nm به این چهار فلز تابش شود، از کدام یک می تواند الکترون جدا کند؟ ($hc = 12 \times 10^{-7} \text{eV.m}$)

- A (۱) B (۲) C (۳) D (۴)

پاسخ- گزینه (۱)

تست ۷- تابع کار فلزی 2 eV است. اگر نوری با بسامد $2 \times 10^{15} \text{ Hz}$ به این فلز بتابانیم، بیشینه ی انرژی جنبشی فوتوالکترون ها برابر K است. در صورتی که بسامد نور فرودی را نصف کنیم ، بیشینه ی انرژی جنبشی فوتوالکترون ها چند برابر K خواهد شد؟ ($h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$)

- ۱ (۱) ۲ (۲) $\frac{1}{2}$ (۳) $\frac{1}{3}$ (۴)

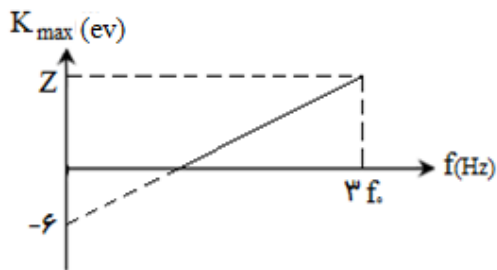
پاسخ- گزینه (۴)

تست ۸- اگر در پدیده ی فوتوالکتریک ، بسامد نور فرودی را دو برابر کنیم ، بیشینه ی انرژی جنبشی فوتوالکترون ها n برابر می شود. کدام رابطه n را درست تر نشان می دهد؟

- (۱) $n > 2$ (۲) $n = 2$ (۳) $2 > n > 1$ (۴) $3 > n > 2$

پاسخ - گزینه (۱)

تست ۹- نمودار انرژی جنبشی بیشینه ی فوتوالکترون ها بر حسب بسامد نور فرودی به صورت زیر است . به جای



Z چه عددی باید نوشته شود؟

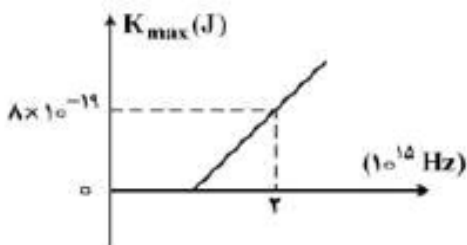
- (۱) $4/5$ (۲) 2

- (۳) 18 (۴) 12

پاسخ - گزینه (۴)

تست ۱۰- در آزمایش فوتوالکتریک ، نمودار بیشینه ی انرژی جنبشی فوتوالکترون ها بر حسب بسامد پرتوی فرودی به فلز ، مطابق شکل زیر است. اگر نوری با طول موج 300 nm به فلز بتابد بیشینه ی انرژی جنبشی فوتوالکترون های

گسیل شده چند ژول است؟ ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, $h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$)



- (۱) $1/6 \times 10^{-19}$

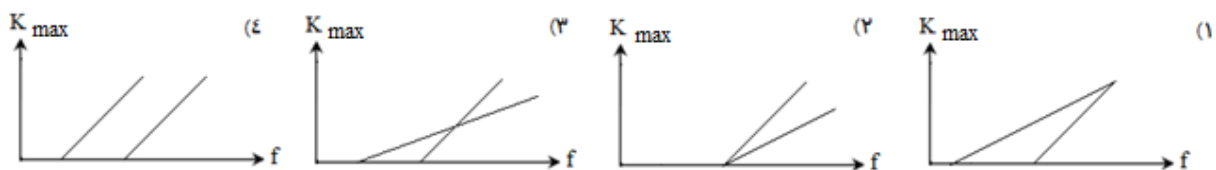
- (۲) $2/4 \times 10^{-19}$

- (۳) 4×10^{-19}

- (۴) 5×10^{-19}

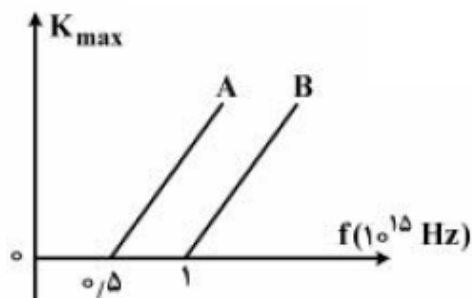
پاسخ - گزینه (۱)

تست ۱۱- کدام نمودار بیشینه انرژی جنبشی بر حسب بسامد نور فرودی برای دو فلز متفاوت امکان پذیر است؟



پاسخ - گزینه ()

تست ۱۲- در آزمایش فوتوالکتریک ، نمودار تغییرات انرژی جنبشی سریع ترین فوتو الکترون های گسیل شده از دو فلز A و B بر حسب بسامد نور فرودی به این دو فلز ، مطابق شکل زیر است. فوتون هایی با بسامد f_A و f_B را به ترتیب به فلزهای A و B می تابانیم و سریع ترین فوتوالکترون های این دو فلز با سرعت یکسانی از فلز خارج می شوند. اگر $\frac{f_B}{f_A} = n$ باشد، کدام گزینه درست است؟



(۱) $1 < n < 2$

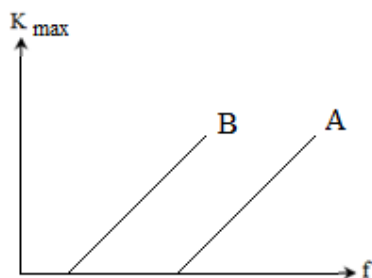
(۲) $n = 1$

(۳) $0.5 < n < 1$

(۴) $0.5 < n < 1$

پاسخ - گزینه (۱)

تست ۱۳- در پدیده ی فوتوالکتریک ، نمودار تغییرات بیشینه ی انرژی جنبشی فوتو الکترون ها بر حسب بسامد پرتوی فرودی برای دو فلز A و B مطابق شکل است. فلز A در مقایسه با فلز B دارای تابع کار و طول موج آستانه است.



(۱) کم تر - بیش تر

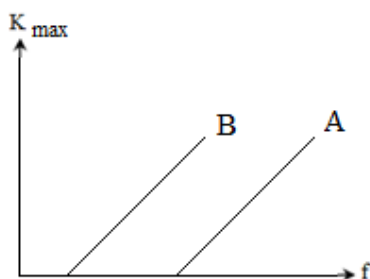
(۲) بیش تر - کم تر

(۳) کم تر - کم تر

(۴) بیش تر - بیش تر

پاسخ - گزینه ()

تست ۱۴- در پدیده ی فوتوالکتریک ، نمودار تغییرات بیشینه ی انرژی جنبشی فوتو الکترون ها بر حسب بسامد پرتوی فرودی برای دو فلز A و B مطابق شکل است. اگر با بسامد 1.5×10^{15} هرتز برای فلز A پدیده ی فوتو الکتریک رخ دهد، کدام گزینه درست است؟ ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, $h = 4 \times 10^{-15} \text{ ev.s}$)



(۱) تابع کار فلز B بیش تر از ۶ الکترون-ولت است.

(۲) اگر طول موج نور فرودی کم تر از ۲۰۰ nm باشد در هر دو پدیده ی فوتو الکتریک رخ می دهد.

(۳) طول موج قطع فلز B کم تر از ۲۰۰ nm است.

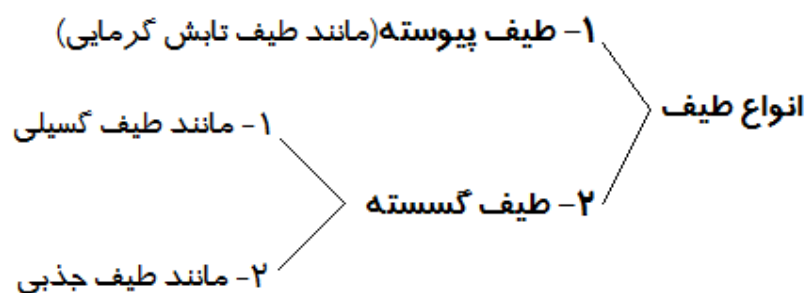
(۴) اگر بسامد نور فرودی 2×10^{15} هرتز باشد ممکن است در فلز B پدیده ی فوتوالکتریک رخ ندهد.

پاسخ - گزینه (۲)

تست ۵۰- در یک آزمایش فوتوالکتریک، تابع کار فلز 3eV است. اگر نوری با طول موج 200nm بر سطح فلز بتابد، بیشینه ی سرعت فوتوالکترئون ها برابر V است و اگر نوری با طول موج 300nm بر فلز بتابد، بیشینه ی سرعت فوتوالکترئون ها برابر V' است. کدام است؟ $\frac{V'}{V}$ ($hc=1200\text{eV}\cdot\text{nm}$) (ریاضی خارج-۹۸)

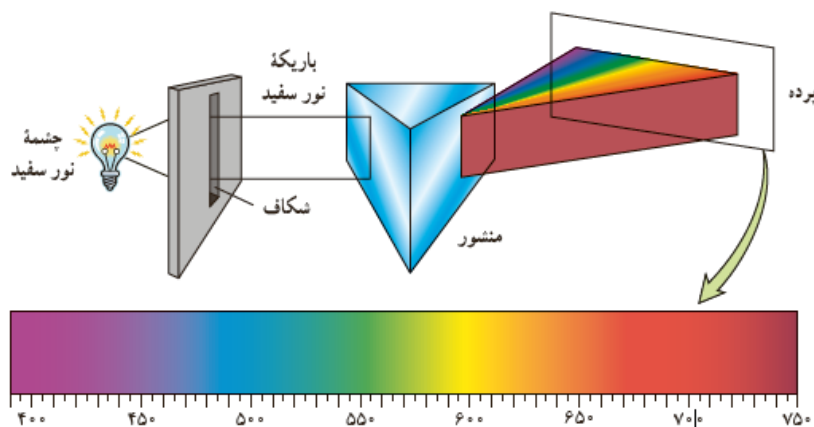
(۱) $\frac{\sqrt{3}}{2}$ (۲) $\sqrt{3}$ (۳) $\frac{1}{3}$ (۴) ۳

پاسخ - گزینه (۱)



۱- **طیف پیوسته:** طیفی که در آن بین طول موج های متوالی فاصله ای نباشد طیف پیوسته نامیده می شود.
 ۲- **طیف گسسته:** طیفی که در آن تمام طول موج های متوالی وجود نداشته باشد (بین آن ها فاصله وجود داشته باشد) طیف گسسته نامیده می شود.

تابش گرمایی: اجسام در هر دمایی موج الکترومغناطیس گسیل (نشر) می کنند که به آن تابش گرمایی گفته می شود.



نکته ۱- تابش گرمایی طیف گسیلی پیوسته محسوب می شود.

نکته ۲- طول موج تابش گرمایی بستگی به دمای جسم دارد. به طور مثال اجسام در دماهای بالا از سطح خود نور مرئی گسیل می کنند (مانند آهن گداخته) و در دماهای معمولی اجسام در ناحیه ی فرورسرخ تابش می کنند (مانند بدن انسان)

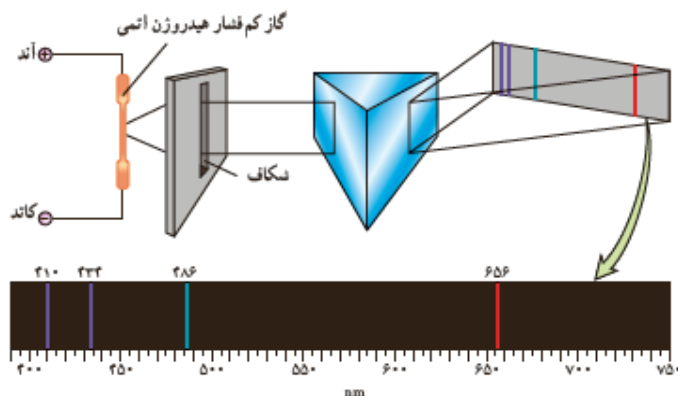
نکته ۳- تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد ، ناشی از برهم کنش قوی بین اتم های سازنده ی آن است.

طیف گسیلی خطی (طیف خطی): گازهای کم فشار و رقیق که اتم های منفرد آن ها از برهم کنش های قوی موجود در جسم جامد آزادند به جای طیف پیوسته ، طیفی گسسته را گسیل می کنند که شامل طول موج های معینی است و به آن طیف خطی گفته می شود. (این طیف زمینه ی تاریک و خطوط رنگی دارد)

نکته ۱- طیف خطی برای اتم های هر گاز منحصر به فرد هستند و سرخ های مهمی را درباره ی نوع و ساختار اتم های آن گاز می دهند.

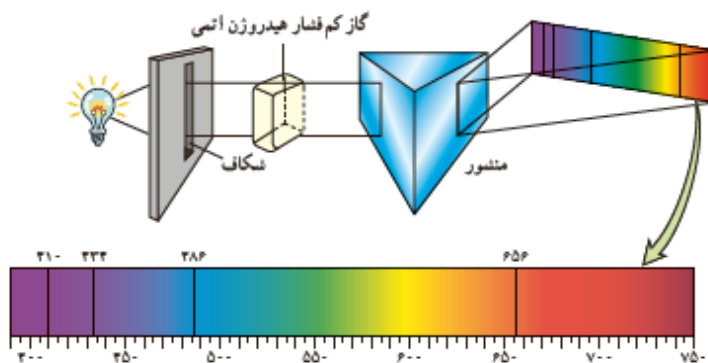
نکته ۲- طول موج های مرئی خاصی که اتم های نئون و جیوه گسیل می کنند به تابلوهای نئونی و لامپ های جیوه ای رنگ های مشخصی می دهند.

نحوه ی تولید طیف خطی هیدروژن: برای ایجاد این طیف از یک لامپ باریک و بلند شیشه ای که حاوی مقداری گاز رقیق و کم فشار است استفاده می شود. دو الکترود به نام های آند و کاتد در دوطرف این لامپ قرار دارد که به ترتیب به پایانه های مثبت و منفی یک منبع تغذیه با ولتاژ بالا وصل اند . این ولتاژ بالا ، سبب تخلیه ی الکتریکی در گاز می شود و اتم های درون گاز درون لامپ شروع به گسیل نور می کنند . طیف خطی ایجاد شده و همچنین رنگ نور گسیل شده، به نوع گاز درون لامپ بستگی دارد. تصویر زیر مربوط به تولید طیف خطی اتم هیدروژن است:



طیف جذبی: اگر نور سفید از داخل گاز عنصری عبور کند و سپس طیف آن تشکیل شود، در آن طیف خط های تاریکی تشکیل می شود زیرا برخی طول موج های نور سفید توسط گاز جذب شده و از طیف نور سفید حذف می گردند. به این طیف طیف جذبی گفته می شود (این طیف زمینه ی رنگی با خطوط تاریک دارد)

نحوه ی تولید طیف جذبی اتم هیدروژن: برای ایجاد این طیف باریکه ی نور سفید ابتدا از گاز کم فشار هیدروژن عبور می کند و سپس از منشور عبور داده می شود. اتم های هیدروژن در این فرایند برخی طول موج های نور سفید را جذب می کنند و به جای آن ها روی پرده خطوط تاریک مشاهده می شود:



دو ویژگی مهم طیف های گسیلی و جذبی:

۱- هم در طیف گسیلی و هم در طیف جذب اتم های گازی هر عنصر، طول موج های معینی وجود دارد که از مشخصه های آن عنصر است. (یعنی طیف گسیلی و جذبی هیچ دو عنصری همانند یکدیگر نیست و از این ویژگی برای شناسایی عناصر استفاده می شود)

۲- اتم های هر گاز دقیقاً همان طول موج هایی را از نور سفید جذب می کنند که اگر دمای آن ها به اندازه ی کافی بالا رود یا به هر صورت دیگر برانگیخته شوند، آن ها را تابش می کنند.

خطوط فرانوفر: طیف خورشید یک طیف جذبی خطی گسسته است که خط های نازک تاریکی در آن به علت جذب برخی طول موج ها توسط گازهای جو خورشید و گازهای جو زمین دیده می شود که به این خطوط تاریک خطوط فرانوفر گفته می شود.

معادله ی ریدبرگ - بالمر: یک رابطه ی ریاضی به صورت زیر است که برای محاسبه ی طول موج های طیف خطی هیدروژن از آن استفاده می شود:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right) \quad R: \text{ثابت ریدبرگ} (nm^{-1})$$

مقادیر n و n' با توجه به جدول رشته ی خط های طیفی گسیل هیدروژن از جدول زیر تعیین می شود:

نام رشته	مقدار n'	مقدار n	ناحیه ی طیف
لیمان	۱	۲، ۳، ۴، ...	فرابنفش
بالمر	۲	۳، ۴، ۵، ...	فرابنفش و مرئی
پاشن	۳	۴، ۵، ۶، ...	فروسرخ
براکت	۴	۵، ۶، ۷، ...	فروسرخ
پفوند	۵	۶، ۷، ۸، ...	فروسرخ

به طور مثال سومین خط رشته ی بالمر دارای $n'=۲$ و $n=۵$ است.

نکته ۱- هر چه اختلاف n و n' بیش تر باشد، انرژی خط طیفی و بسامد آن بیش تر و طول موج آن کوتاه تر است.

نکته ۲- با توجه به نکته قبل در یک رشته معین با n' مشخص، برای بلندترین طول موج کم ترین مقدار n و برای کوتاه ترین طول موج بیش ترین مقدار n (یعنی ∞) قرار می دهیم. به طور مثال:

$$\left. \begin{array}{l} n'=۲ \\ n=\infty \end{array} \right\} \text{کوتاه ترین طول موج رشته بالمر}$$

$$\left. \begin{array}{l} n'=۲ \\ n=۳ \end{array} \right\} \text{بلندترین طول موج رشته بالمر}$$

نکته ۳- برای امواج الکترومغناطیس تابش شده توسط اتم هیدروژن، طول موج های ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر مرئی، کم تر از ۴۰۰ نانومتر فرابنفش و بالاتر از ۷۰۰ نانومتر فروسرخ است.

نکته ۴- برای اتم هیدروژن منظور از حالت پایه وضعیتی است که الکترون در لایه ی $n=۱$ قرار دارد و منظور از حالت برانگیخته وضعیتی است که الکترون در تراز بالاتر قرار گرفته باشد.

نکته ۵- هنگامی که اتمی یونش انجام می دهد فرض می شود الکترون به لایه ی $n = \infty$ می رسد.

گستره ی طول موج های یک رشته: اختلاف کوتاه ترین و بلندترین طول موج در هر رشته را ، گستره ی طول موج های آن رشته می نامند.

تست ۱۶- بلندترین طول موج رشته ی بالمر اتم هیدروژن چند برابر کوتاه ترین طول موج همین رشته است؟

- (۱) $\frac{9}{5}$ (۲) $\frac{4}{9}$ (۳) $\frac{36}{5}$ (۴) $\frac{5}{36}$

پاسخ - گزینه (۱)

تست ۱۷- انرژی مربوط به بلندترین طول موج در سری بالمر چند برابر انرژی مربوط به بلندترین طول موج در سری لیمان است؟

- (۱) $\frac{9}{4}$ (۲) $\frac{4}{9}$ (۳) $\frac{5}{27}$ (۴) $\frac{27}{5}$

پاسخ - گزینه (۳)

تست ۱۸- کم ترین بسامد مرئی که اتم هیدروژن می تواند تابش کند چند Hz است؟

- (۱) $4/1 \times 10^{14}$ (۲) $7/5 \times 10^{15}$ (۳) $1/8 \times 10^{14}$ (۴) $1/2 \times 10^{15}$

پاسخ - گزینه (۱)

تست ۱۹- در اتم هیدروژن ، الکترون در تراز n قرار دارد. این الکترون با یک گذار ، پرتویی در رشته ی بالمر گسیل داشته است. اگر طول موج این پرتو ۴۵۰ نانومتر باشد، چندمین خط این رشته مشاهده می گردد؟

- (۱) خط چهارم (۲) خط پنجم (۳) خط ششم (۴) خط هفتم ($R_H = 0.01 \text{ nm}^{-1}$)

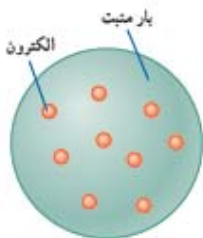
پاسخ - گزینه (۱)

تست ۲۰- اگر کوتاه ترین طول موج سری پاشن قادر به انجام پدیده ی فوتوالکتریک در سلولی معین نباشد، طول موج کدام سری ممکن است قادر به انجام این پدیده باشد؟
 (۱) لیمان و بالمر (۲) فقط لیمان (۳) براکت و پفوند (۴) فقط پفوند
 پاسخ- گزینه (۱)

تست ۲۱- طیف گسیلی اتم هیدروژن ۴ خط مرئی دارد. کوتاه ترین طول موج مرئی که اتم هیدروژن تابش می کند تقریباً چند نانومتر است؟ ($R_H = 0.01 \text{ nm}^{-1}$)
 (۱) ۶۸۶ (۲) ۴۵۰ (۳) ۶۱۰ (۴) ۶۵۰
 پاسخ- گزینه (۲)

تست ۲۲- در طیف گسیلی هیدروژن ، کوتاه ترین طول موج گسیلی چند نانومتر است و این گسیل مربوط به کدام رشته است؟ ($R_H = 0.01 \text{ nm}^{-1}$) (تجربی- ۹۸)
 (۱) ۱۰۰ و بالمر (۲) ۱۰۰ و لیمان (۳) $\frac{400}{3}$ و بالمر (۴) $\frac{400}{3}$ و لیمان
 پاسخ- گزینه (۲)

مدل اتمی تامسون: بنابر مدل اتمی تامسون اتم همچون کره ای است که بار مثبت به طور همگن در سرتاسر آن گسترده شده است و الکترون ها که سهم ناچیزی در جرم اتم دارند در جاهای مختلف آن پراکنده شده اند . این مدل را گاهی مدل کیک کشمش می گویند:



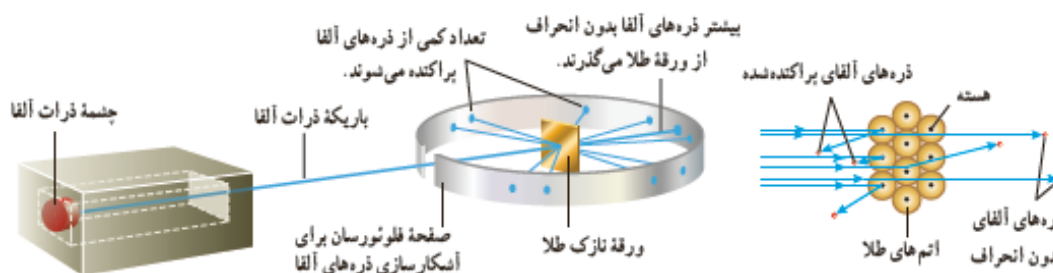
ناسازگاری مدل تامسون با نتایج تجربی : مدل تامسون قادر به پیش بینی بسامدهای تابش گسیل شده از اتم نبود.

آزمایش پراکندگی رادفورد :

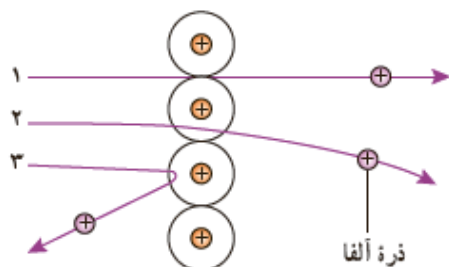
صورت زیر انجام شد:

رادفورد و همکارانش باریکه ای از ذره های دارای بار مثبت را (از جنس هسته ی هلیوم که به آن ذرات آلفا گفته می شود) بر سطح ورقه ای نازک از جنس طلا تاباندند. رادفورد بنابر مدل تامسون انتظار داشت که تمامی ذره های آلفا، با انحراف بسیار اندکی از ورقه ی طلا عبور کنند. در عمل نیز بیش تر این ذره ها بدون انحراف یا انحراف اندکی از ورقه ی طلا می گذشتند و در برخورد با صفحه ی فلئورسان، در پشت آن، جرقه های نورانی تولید می کردند. با وجود این، برخی از ذره های آلفا در هنگام خروج از ورقه ی نازک طلا، در زاویه های بزرگ منحرف و پراکنده می شدند و حتی تعدادی به عقب برمی گشتند! رادفورد پس از انجام این آزمایش و بر اساس مدل تامسون و شناختی که از باریکه ی ذرات آلفا داشت، گفت: «مثل آن بود که گلوله ی توپی را به ورقه ی نازکی از کاغذ شلیک کنید و با شگفتی مشاهده کنید که پس از برخورد گلوله ی توپ با سطح کاغذ، گلوله بازگردد.» این ذره ها باید چیز پر جرمی برخورد کرده باشد.

رادفورد استدلال کرد که ذره های بدون انحراف باید از قسمت هایی از ورقه گذشته باشند که تهی بوده باشد، در حالی که ذره های با انحراف شدید از مرکزهایی بسیار چگال و دارای بار مثبت منحرف شده اند. وی سرانجام نتیجه گرفت باید هسته ای چگال و دارای بار مثبت در مرکز هر اتم باشد که با مدل اتمی تامسون به طور آشکار مغایرت داشت:



خلاصه مشاهدات و نتایج آزمایش پراکندگی رادفورد:



پرتوهای ۱ و ۲ انحرافی ندارند و یا انحراف اندک نشان می دهند

این موضوع نشان می دهد بیش تر فضای اتم خالی است.

پرتوهای ۳ انحراف بسیار زیادی داشته است که نشان می دهد که

یک هسته ی کوچک و متراکم و پر جرم در مرکز اتم وجود دارد.

مدل اتمی هسته ای رادفورد: مطابق این مدل اتم دارای یک هسته ی بسیار چگال و کوچک و با بار مثبت است که

با تعدادی الکترون در فاصله هایی به نسبت دور احاطه شده است.

ناسازگاری های مدل اتمی رادرفورد با نتایج تجربی:

۱- **عدم توجیه پایداری اتم:** اگر الکترون ها را نسبت به هسته ساکن فرض کنیم، باید تحت تأثیر نیروی ربایشی الکتریکی بین هسته و الکترون، روی هسته سقوط کنند و در نتیجه اتم ناپایدار باشد، و این با واقعیت سازگار نیست. همچنین اگر الکترون به دور هسته گردش داشته باشد باز هم این حرکت پایدار نمی ماند، زیرا حرکت مداری الکترون به دور هسته، شتابدار است. بنابر فیزیک کلاسیک، این حرکت شتابدار الکترون سبب تابش امواج الکترومغناطیسی می شود (زیرا در اینجا الکترون یک ذره ی باردار شتابدار است) که بسامد آن با بسامد حرکت مداری (دایره ای) الکترون برابر است. با تابش موج الکترومغناطیسی توسط الکترون، انرژی آن کاسته می شود این کاهش انرژی باعث می شود که شعاع مدار الکترون به دور هسته به تدریج کوچک تر شده و در نهایت روی هسته فرو افتد. و بسامد حرکت آن به تدریج بیش تر شود.

نیروی ربایش الکتریکی که از طرف هسته به الکترون وارد می شود.



اگر الکترون نسبت به هسته ساکن فرض شود بر اثر نیروی ربایش الکتریکی، روی هسته سقوط می کند.

۲- **عدم توجیه طیف گسسته ی اتمی:** با تابش موج الکترومغناطیسی توسط الکترون، از انرژی آن کاسته می شود و این کاهش انرژی باعث می شود که شعاع مدار الکترون به دور هسته به تدریج کوچک تر شده و بسامد تابش ها بیش تر گردد. این افزایش تدریجی بسامد حرکت مداری الکترون ها به این معنی است که طیف امواج الکترومغناطیسی گسیل شده باید پیوسته باشد و این مطلب نیز با واقعیت سازگار نیست:



اگر الکترون دور هسته بچرخد، طیفی پیوسته گسیل می کند و سرانجام روی هسته فرو می افتد.

مدل اتمی بور: بور توانست مسأله ی ناپایداری اتم در مدل رادرفورد را حل کند و توجیهی برای طیف خطی اتم هیدروژن در معادله ی ریدبرگ مطرح نمود. پیشنهاد بور این بود که «در مقیاس اتمی، قوانین مکانیک کلاسیک و الکترومغناطیس باید توسط قوانین دیگری جایگزین یا تکمیل شود» مهمترین اصول بور برای اتم هیدروژن به شرح زیر است:

۱- مدارها و انرژی های الکترون در هر اتم کوانتیده اند: یعنی فقط مدارها و انرژی های گسسته ی معینی مجاز هستند. (یعنی الکترون در مدارهایی با شعاع های معین و ثابت در گردش است) شعاع و انرژی مدارهای هیدروژن به صورت زیر به دست می آید:

$$r_n = a_0 n^2$$

$$a_0: \text{شعاع کوچک ترین مدار در اتم هیدروژن } (5/29 \times 10^{-11} \text{ m})$$

$$E_R: \text{انرژی الکترون در اولین مدار } (13/6 \text{ eV})$$

$$n: \text{شماره ی مدار } (1, 2, 3, \dots)$$

$$r_n: \text{شعاع مدار } n \text{ ام}$$

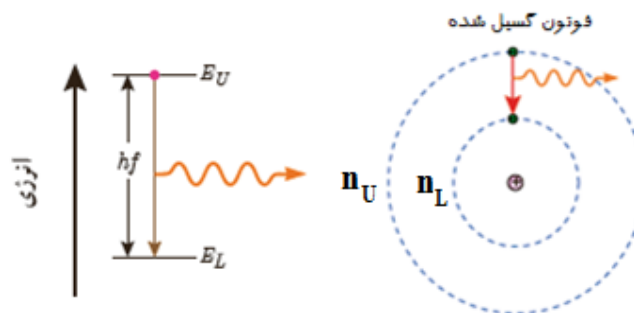
$$E_n: \text{انرژی مدار } n \text{ ام } (\text{eV})$$

نکته - a_0 شعاع بور اتم هیدروژن، E_R یک ریذبرگ و n عدد کوانتومی نیز نامیده می شود.

۲- **حالت مانا:** وقتی الکترون در یکی از مدارهای مجاز است، هیچ نوع تابش الکترومغناطیسی گسیل نمی کند. از این رو گفته می شود الکترون در مدار مانا یا حالت مانا قرار دارد. (این مطلب برخلاف قوانین فیزیک کلاسیک است)

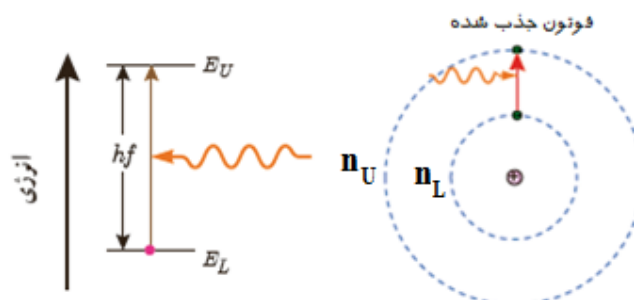
۳- **توجیه تابش گسسته ی اتم:** الکترون می تواند از یک حالت مانا به حالت مانای دیگر برود. هنگام گذار الکترون از یک حالت مانا با انرژی بیش تر (E_U) به یک حالت مانا با انرژی کم تر (E_L)، یک فوتون تابش می شود. در این صورت انرژی فوتون تابش شده برابر اختلاف انرژی بین دو مدار اولیه و نهایی است. یعنی:

$$E_U - E_L = hf$$

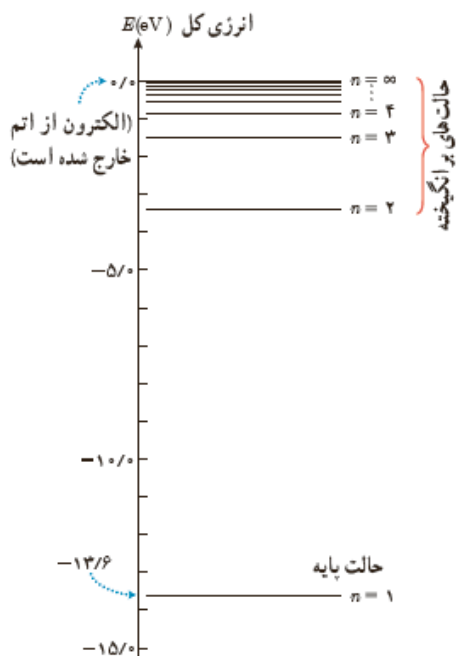


توجیه جذب به وسیله ی الگوی اتمی بور: هنگام گذار الکترون از یک حالت مانا با انرژی کم تر (E_L) به یک حالت مانا با انرژی بیش تر (E_U)، یک فوتون تابش می شود. در این صورت انرژی فوتون تابش شده برابر اختلاف انرژی بین دو مدار اولیه و نهایی است. یعنی:

$$E_U - E_L = hf$$



نمودار ترازهای انرژی الکترون برای اتم هیدروژن:



۱- هرچه از هسته دورتر می شویم انرژی الکترون بیش تر می شود.

۲- بالاترین تراز انرژی به $n=\infty$ مربوط است و در این لایه، انرژی الکترون ۰ eV است. بنابراین انرژی های پایین تر منفی است.

۳- پایین ترین تراز انرژی حالت پایه نامیده می شود و انرژی الکترون در ترازهای بالا تر حالت برانگیخته نامیده می شود.

۴- هرچه از هسته دورتر می شویم فاصله ی بین لایه های الکترونی کم تر می شود.

۵- برای بالا بردن الکترون از حالت پایه ($n=1$) به بالاترین حالت برانگیخته ی ممکن ($n = \infty$) مقدار ۱۳/۶ eV انرژی باید صرف شود. صرف این مقدار انرژی، الکترون را از اتم خارج می کند. این کم ترین انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از حالت پایه، **انرژی یونش الکترون** نامیده می شود.

نکته- با تلفیق رابطه ی ریدبرگ و رابطه ی بور می توان ثابت کرد: $R = \frac{E_R}{hc}$

اتم هیدروژن گونه: به اتم هایی گفته می شود که تنها یک الکترون دارند و مدل بور می تواند انرژی یونش و طول موج های طیف خطی آن ها را با موفقیت پیش بینی کند. (به طور مثال لیتیم سه الکترون دارد و Li^{2+} دارای یک الکترون است و اتم هیدروژن گونه محسوب می شود)

نارسایی های مدل اتمی بور:

۱- این مدل برای وقتی که بیش از یک الکترون به دور هسته می گردد به کار نمی رود، زیرا در مدل بور، نیروی الکتریکی که یک الکترون به الکترون دیگر وارد می کند در محاسبات در نظر گرفته نشده است.

۲- این مدل نمی تواند متفاوت بودن شدت خط های طیفی گسیلی را توضیح دهد. (برای مثال مدل بور نمی تواند توضیح دهد چرا شدت خط قرمز با شدت خط آبی در طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی با یکدیگر متفاوت است.)

پدیده ی فلوتورسانی: وقتی نور فرابنفش به بسیاری از مواد تابیده شود، تابش مرئی از خود گسیل می کنند. طول موج های گسیل یافته معمولاً برابر همان طول موج نور فرودی یا بزرگ تر از آن است، زیرا الکترون ها با جذب انرژی تابش فرابنفش به لایه های بالاتر می رسند و در بازگشت ممکن است برخی الکترون ها به صورت پلکانی سقوط کنند (یعنی به طور مستقیم به حالت پایه برگشت نمی کنند) و از آنجا که انرژی فوتون گسیل شده برابر اختلاف انرژی دو لایه ای است که در آن گذار الکترون رخ داده، فوتون های با انرژی پایین تر و طول موج بلندتر گسیل می شود.

تست ۲۳- بسامد فوتونی که می تواند الکترون را در اتم هیدروژن از $n=1$ به $n=2$ ببرد ، چند برابر بسامد فوتونی است که موجب انتقال الکترون از $n=2$ به $n=4$ می شود؟

- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

پاسخ- گزینه (۴)

تست ۲۴- الکترونی که در اتم هیدروژن در تراز برانگیخته قرار دارد به حالت پایه بازگشت می کند و شعاع آن $\frac{1}{16}$ برابر می گردد. فوتونی که در این فرایند گسیل می شود مربوط به است.

- (۱) خط سوم رشته ی بالمر (۲) خط دوم رشته ی لیمان
(۳) خط اول رشته ی براکت (۴) خط سوم رشته ی لیمان

پاسخ- گزینه ()

تست ۲۵- اگر الکترونی در اتم هیدروژن در تراز $n=4$ باشد ، پرانرژی ترین فوتونی که تابش می کند چند ریدبرگ انرژی دارد؟

- (۱) $\frac{1}{16}$ (۲) $\frac{7}{16}$ (۳) $\frac{9}{25}$ (۴) $\frac{15}{16}$

پاسخ- گزینه (۴)

تست ۲۶- اگر الکترون در اتم هیدروژن در مدار $n=3$ باشد ، بیش ترین بسامدی که این الکترون می تواند تابش کند چند برابر کم ترین بسامد تابشی آن است؟

- (۱) $\frac{3}{4}$ (۲) $\frac{6}{4}$ (۳) $\frac{5}{2}$ (۳) $\frac{8}{2}$

پاسخ- گزینه (۲)

تست ۲۷- الکترونی در اتم هیدروژن در لایه ی چهارم قرار دارد. چند نوع فوتون ممکن است تابش کند؟

- ۴ (۱) ۵ (۲) ۶ (۳) ۷ (۴)

پاسخ - گزینه ()

تست ۲۸- در اتم هیدروژن الکترونی در لایه ی پنجم قرار دارد، چند نوع فوتون مرئی یا فرابنفش می تواند گسیل کند؟

- ۷ (۱) ۸ (۲) ۶ (۳) ۱۰ (۴)

پاسخ - گزینه ()

تست ۲۹- در اتم هیدروژنی الکترون در لایه ی ششم قرار دارد، با فرض آنکه برای این الکترون فقط گذار $\Delta n=1$ مجاز است، چند نوع فوتون فرسرخ ممکن است گسیل شود؟

- ۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

پاسخ - گزینه ()

تست ۳۰- بسامد فوتونی که می تواند اتم هیدروژن در حالت پایه را یونیده کند چند هرتز است؟

- (۱) $1/7 \times 10^{15}$ (۲) $1/2 \times 10^{15}$ (۳) $3/4 \times 10^{15}$ (۴) $1/6 \times 10^{15}$

پاسخ - گزینه (۳)

($E_R=13/6\text{ev}$ و $h=4 \times 10^{-15}\text{ev.s}$)

تست ۳۱- در اتم هیدروژن اگر اختلاف انرژی الکترون بین ترازهای ۱ و ۳ برابر ΔE و بین ترازهای ۴ و ۶ برابر $\Delta E'$

باشد، نسبت $\frac{\Delta E}{\Delta E'}$ کدام است؟ (تجربی خارج-۹۸)

(۱) ۳۵/۸ (۲) ۲۵/۶ (۳) ۳/۹۸ (۴) ۱

پاسخ- گزینه (۲)

تست ۳۲- در اتم هیدروژن، هنگام گذار الکترون از مدار n_1 به n_2 ، فوتونی با انرژی ۱۲/۷۵ الکترون ولت گسیل

می شود. n_1 و n_2 به ترتیب و از راست به چپ کدامند؟ ($E_R = ۱۳/۶ \text{ eV}$)

(۱) ۳ و ۱ (۲) ۲ و ۳ (۳) ۱ و ۴ (۴) ۲ و ۴

پاسخ- گزینه (۳)

تست ۳۳- شکل روبه رو، تعدادی از ترازهای انرژی اتم هیدروژن

را به همراه انرژی آن ها نشان می دهد. کدام گذار می تواند فوتونی

با طول موج ۶۶۰ nm گسیل کند؟

(۱) $n=۳$ به $n=۱$ (۲) $n=۳$ به $n=۲$

(۳) $n=۴$ به $n=۱$ (۴) $n=۴$ به $n=۲$

($E_R = ۱۳/۶ \text{ eV}$ و $hc = ۴ \times ۱۰^{-۷} \text{ eV.s}$)

پاسخ- گزینه (۲)

_____ eV

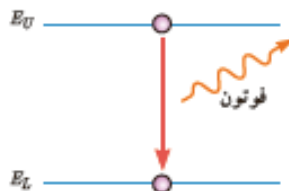
_____ $-۱/۵ \text{ eV}$

_____ $-۳/۳۹ \text{ eV}$

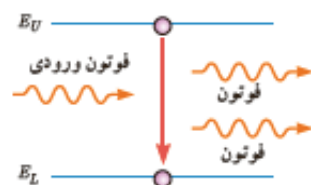
_____ $-۱۳/۶ \text{ eV}$

انواع روش های گسیل فوتون:

۱- **گسیل خودبه خود:** وقتی الکترونی در تراز برانگیخته قرار داشته باشد با گسیل فوتون کاتوره ای به تراز پایین تر جهش می کند که به آن گسیل خودبه خود گفته می شود:



۲- **گسیل القایی:** در این نوع گسیل، یک فوتون ورودی، الکترون برانگیخته را تحریک (یا القا) می کند تا تراز انرژی خود را تغییر دهد و به تراز پایین تر برود و فوتونی هم سو با فوتون ورودی گسیل می کند:



نکته- در گسیل خودبه خود، گسیل القایی و جذب، انرژی فوتون هایی که مبادله می شود همواره برابر اختلاف انرژی دو تراز است که در آن گذار الکترون اتفاق می افتد.

ویژگی های گسیل القایی:

۱- از آنجا که یک فوتون وارد و دو فوتون خارج می شود، تعداد فوتون ها را افزایش می دهد و نور را تقویت می کند.

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

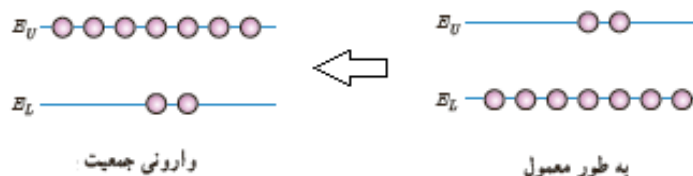
۳- فوتون گسیل شده با فوتون ورودی همگام یا هم فاز است.

لیزر (Laser): لیزر برگرفته از سرواژه های عبارت زیر است:

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

لیزر، تقویت نور به وسیله ی گسیل القایی تابش است. به عبارت دیگر اگر گسیل القایی را در مجموعه ی زیادی از اتم های برانگیخته انجام دهیم تعداد زیادی فوتون همسو، هم بسامد و هم انرژی ایجاد می شود که باریکه ای از نور تقویت شده است.

وارونی جمعیت: در گسیل القایی یک چشمه ی خارجی مناسب باید وجود داشته باشد تا الکترون ها را به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته کند. این انرژی به روش های متعددی از جمله درخش های شدید نور معمولی یا تخلیه های ولتاژ بالا فراهم می شود. اگر انرژی کافی به اتم ها داده شود، الکترون های بیش تری به تراز بالاتر برانگیخته خواهند شد. چنین شرطی وارونی جمعیت نامیده می شود:



ترازهای شبه پایدار: در وارونی جمعیت الکترون ها در یک محیط لیزری باید تعداد الکترون ها در ترازهایی موسوم به ترازهای شبه پایدار نسبت به تراز پایین تر بیش تر باشد. در این ترازها الکترون ها در مدت زمان بسیار طولانی تری (10^{-3} s) نسبت به حالت برانگیخته ی معمولی (10^{-8} s) باقی می مانند. این زمان طولانی تر، فرصت بیش تری برای افزایش وارونی جمعیت و در نتیجه تقویت نور لیزر فراهم می کند.

تفاوت های لیزر با نور معمولی:

- ۱- بسامد و انرژی فوتون های لیزر کاملاً خالص است. یعنی در باریکه ی لیزر فقط یک نوع فوتون مشاهده می شود اما در نور معمولی اغلب طیف وسیعی از بسامدها وجود دارد.
- ۲- لیزر به خط راست منتشر می شود اما نور معمولی واگرایی دارد.

تست ۳۴- کدام یک از موارد زیر، با فیزیک کلاسیک قابل توجیه نیستند؟ (تجربی-۹۸)

- | | |
|---|--|
| ۱) مکانیک نیوتنی و پدیده ی فوتوالکتریک | ۲) پدیده ی فوتوالکتریک و طیف خطی |
| ۳) لیزر و نظریه ی الکترومغناطیسی ماکسول | ۴) نظریه ی الکترومغناطیسی ماکسول و طیف خطی |
- پاسخ- گزینه ()

