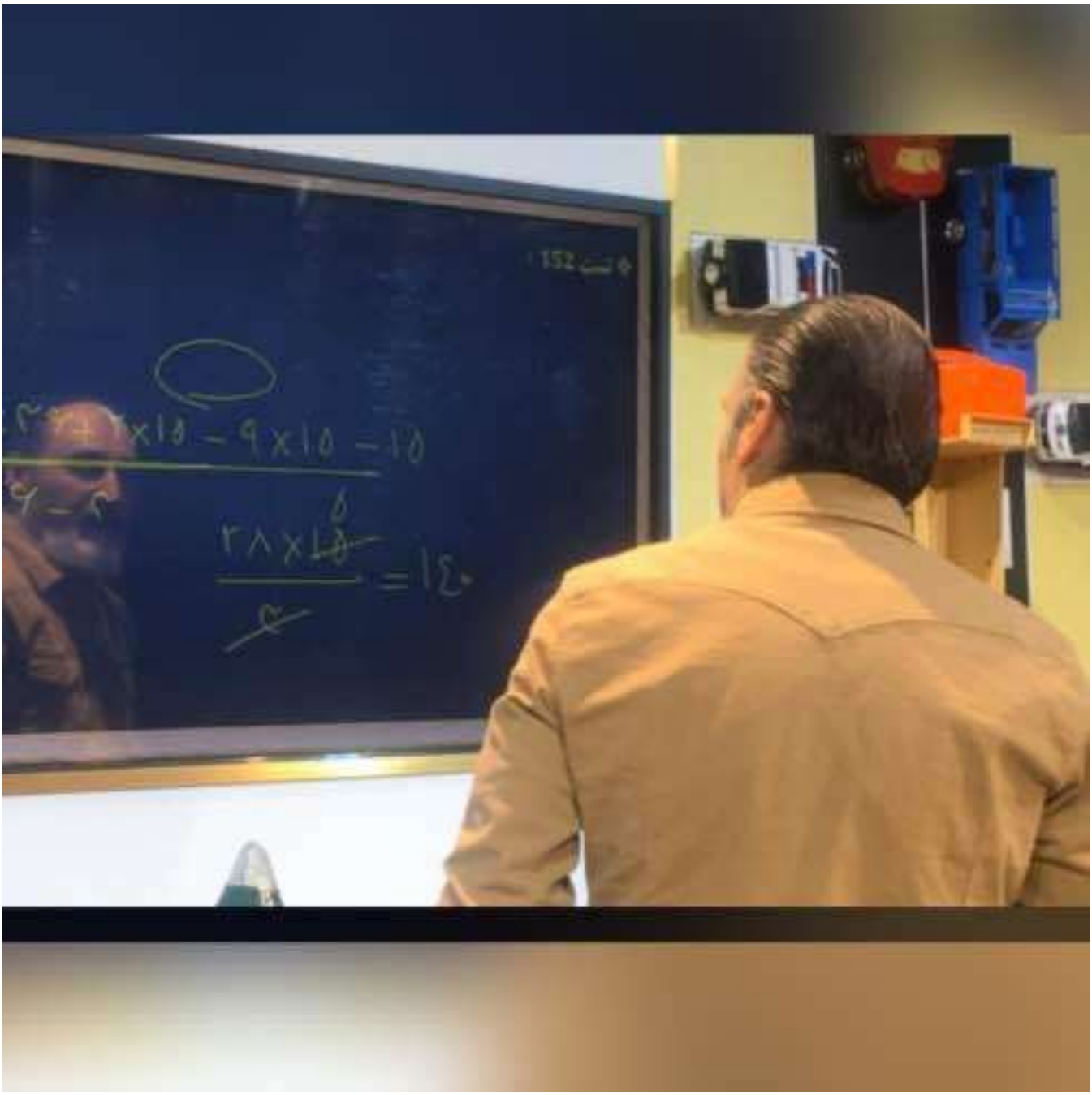
آشنایی با فیزیک اتمی



مدرس: مهندس علیرضا یارمحمدی

آشنایی با فیزیک اتمی:

در دهه‌ی پایانی قرن نوزدهم دانشمندان پدیده‌هایی را مشاهده کردند که دیگر با فیزیک کلاسیک (مکانیک نیوتونی، ترمودینامیک، نظریه‌ی الکترومغناطیسی ماکسول و ...) قابل توجیه نبودند.

در سه دهه‌ی آغازین قرن بیستم نظریه‌ی نسبیت خاص (مربوط به مطالعه‌ی پدیده‌ها در تندی بسیار زیاد و قابل مقایسه با تندی نور)، نظریه‌ی نسبیت عام (مربوط به مطالعه‌ی هندسه‌ی فضا ـ زمان و گرانش) و نظریه‌ی کوانتومی (مربوط به مطالعه‌ی پدیده‌ها در مقیاس‌های بسیار کوچک، مانند اتم‌ها و ذره‌های سازنده* آن‌ها) به توجیه پدیده‌ها پرداختند که امروزه به آن‌ها فیزیک جدید می‌گویند.

شالوده‌ی فیزیک جدید را نظریه‌های نسبیت و کوانتوم تشکیل می‌دهند.

نظریه‌ی نسبیت اینشتین ($E = mC^2$):

طبق اصل نسبیت اگر جسمی انرژی E را به صورت تابش از دست بدهد. جرم‌اش به اندازه‌ی $\Delta m = \frac{E}{C^2}$ (C سرعت نور در خلأ) کاسته خواهد شد. در حقیقت جرم کاهش یافته تماماً به انرژی تبدیل می‌شود و جسم آن را تابش می‌کند.

می‌توان گفت: در برهم‌کنش‌های هسته‌ای مجموع جرم و انرژی یک جسم همواره ثابت می‌ماند.

$E + m = CTe$ ثابت

انواع کمیت‌ها:

۱- **کمیت‌های پیوسته:** به کمیت‌هایی گفته می‌شود که می‌توانند هر مقدار اعشاری و صحیحی را به خود اختصاص بدهند، مانند جرم و طول و ...

۲- **کمیت‌های گسسته:** به کمیت‌هایی گفته می‌شود که فقط می‌توانند مقادیر صحیح داشته باشند.

$q = ne$ کوانتوم بار

> **نکته: در فیزیک به کمیت‌هایی گسسته، کوانتومی گفته می‌شود. کم‌ترین مقدار یک کمیت کوانتومی را مقدار پایه یا کوانتوم آن کمیت می‌خوانند.**

کمیت‌های کوانتومی الزاماً مضرب صحیحی از این مقدار پایه می‌باشند. مانند بار اتمی، ...

تابش گرمایی:

همه‌ی اجسام در هر دمایی از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل می‌کنند. به این پدیده تابش گرمایی گفته می‌شود.

---

* به ذره‌هایی که اتم را می‌سازند، ذرات زیراتمی گفته می‌شود.

نظریه‌ی پلانک در مورد تابش:

طبق نظریه‌ی پلانک انرژی امواج الکترومغناطیسی تابشی از یک جسم، کوانتومی است. یعنی این انرژی نمی‌تواند هر مقدار دلخواهی باشد و همواره مضرب صحیحی از یک مقدار پایه است.

$E = n \times$ یک مقدار پایه

اینشتین با توجه به کارهای قبلی پلانک در زمینه‌ی تابش گرمایی اجسام فرض کرد که نور و امواج الکترومغناطیسی با بسامد f را می‌توان به‌صورت مجموعه‌ای در نظر گرفت، که از ذرات بسیار ریزی به نام فوتون* تشکیل شده‌اند. فوتون‌ها بسته‌های انرژی هستند که در حال حرکت جرم دارند.

در سال ۱۹۰۵:

$E_t = n\boxed{hf}$ انرژی کل یک موج الکترومغناطیسی با n فوتون

hf: کوانتوم انرژی (مقدار پایه‌ی انرژی)

E_t : انرژی کل موج الکترومغناطیسی

$E_.$: انرژی یک فوتون (کوانتوم یا مقدار پایه انرژی)

$E_. = hf \xrightarrow{n=1}$ انرژی یک فوتون

f : فرکانس موجی که گسیل می‌شود

n : تعداد فوتون‌ها (عدد کوانتومی)

h : ثابت پلانک $h = ۶/۶۳ \times ۱۰^{-۳۴}\ J.s$

نکته ۲:

$E = nhf \xrightarrow{\lambda = \frac{C}{f} \text{ در خلا}} E = nh\frac{C}{\lambda}$

$f = \frac{C}{\lambda}$

انرژی موج الکترومغناطیسی در خلأ با بسامد آن رابطه‌ی مستقیم و با طول‌موج آن رابطه‌ی عکس دارد.

$E \propto f \qquad E \propto \frac{۱}{\lambda}$

نکته ۳: هرگاه امواج الکترومغناطیسی از یک محیط به محیط دیگر منتقل شوند. C و λ به یک نسبت تغییر می‌کنند. در نتیجه فرکانس (f) و انرژی فوتون‌ها ثابت می‌مانند. از طرفی می‌دانیم فرکانس و دوره از ویژگی‌های منبع موج می‌باشند و با تغییر محیط تغییر نمی‌کنند.

$(\frac{C}{\lambda} = f$ ثابت$)$ برابر $\frac{۱}{n}$ $\quad E = nh\frac{C}{\lambda}Z]$ ثابت برابر $\frac{۱}{n}$

۱)ضریب شکست محیط ۲)ضریب شکست محیط

$\frac{\lambda_{۱^\circ}}{\lambda_{۲^\circ}} = \frac{V_۱}{V_۲} = \frac{n_۲}{n_۱}$ محیط(۱) محیط(۲)

* نام فوتون را نخستین بار لوئیس شیمی‌دان آمریکایی پیشنهاد داده بود.

$E = nhf$

تست ۱: انرژی هر فوتون در یک محیط، متناسب با کدام گزینه است؟

۱) تندی انتشار در محیط ۲) طول‌موج ۳) دوره ۴) بسامد

$|\lambda_A - \lambda_B| = 4$

تست ۲: اختلاف طول‌موج پرتوهای A و B برابر ۴ نانومتر است. اگر کوانتوم انرژی پرتو B، ۳ برابر کوانتوم انرژی پرتو A باشد، طول‌موج پرتوهای A و B برحسب نانومتر به ترتیب از راست به چپ کدام‌اند؟

$hf_B = 3hf_A \Rightarrow \lambda_A = 3\lambda_B$

$\lambda_A - \lambda_B = 4 \rightarrow 2\lambda_B = 4 \rightarrow \lambda_B = 2,\ \lambda_A = 6$

۱) ۱ و ۵ ۲) ۶ و ۲ ۳) ۵ و ۱ ۴) ۲ و ۶

تست ۳: انرژی فوتون B، ۲۵ درصد از انرژی فوتون A کمتر است. اگر اختلاف طول موج این دو فوتون ۵۰ نانومتر باشد، اختلاف بسامد این دو فوتون چند هرتز است؟ $(c = 3\times10^8 \frac{m}{s})$

(سراسری تجربی ۹۵)

$hf_B = \frac{3}{4}hf_A \Rightarrow f_B = \frac{3}{4}f_A \Rightarrow \lambda_A = \frac{3}{4}\lambda_B$

$\lambda_B - \lambda_A = 50 \Rightarrow \frac{1}{4}\lambda_B = 50 \rightarrow \lambda_B = 200,\ \lambda_A = 150$

$f_A = \frac{3\times10^8}{1.5\times10^{-7}} = 2\times10^{15}$

۱) 5×10^{15} ۲) 2×10^{15} ۳) 2×10^{14} ۴) 5×10^{14}

نکته ۴: اگر P توان فوتون‌ها فرض شود داریم:

$P = \frac{E_t}{t} = \frac{nh\frac{C}{\lambda}}{t} \Rightarrow P = \frac{nhC}{\lambda t}$

$R_a = \frac{E_{مفید}}{E_{کل}} \times 100 \Rightarrow R_a = \frac{\frac{nhC}{\lambda}}{Pt} \times 100$

$f_B = \frac{3\times10^8}{2\times10^{-7}} = 1.5\times10^{15}$

$\Delta f = 0.5\times10^{15} = 5\times10^{14}$

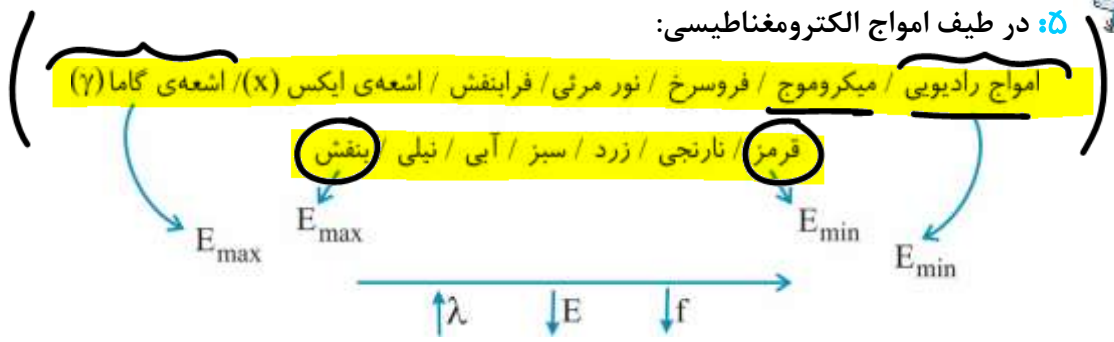
تست ۴: تعداد فوتون‌هایی که در یک ثانیه از یک لامپ ۶۰ واتی با نور قرمز گسیل می‌شود، کدام است؟ $(\lambda = 6600\,\text{Å},\ C = 3\times10^8 \frac{m}{s}$ و $h = 6/6\times10^{-34}\,j.s)$

۱) 2×10^{20} ۲) $\frac{4}{3}\times10^{20}$ ۳) $\frac{3}{4}\times10^{20}$ ۴) 3×10^{21}

$Pt = nh\frac{c}{\lambda}$

$60 \times 1 = n \times 6.6\times10^{-34} \times \frac{3\times10^8}{6.6\times10^{-7}} \rightarrow n = 6\times10^{20}$

نکته ۵: در طیف امواج الکترومغناطیسی:



تست ۵: میکروموج‌ها در مقایسه با امواج رادیویی، دارای طول‌موج .....و کوانتوم انرژی ..... می‌باشند و از سوی دیگر، تندی انتشار میکروموج‌ها در خلأ .....

۱) کم‌تر ـ بیش‌تر ـ از اشعه‌ی ایکس بیش‌تر است.
۲) کم‌تر ـ بیش‌تر ـ با اشعه‌ی ایکس یکسان است. ✓
۳) بیش‌تر ـ کم‌تر ـ از اشعه‌ی ایکس بیش‌تر است.
۴) بیش‌تر ـ کم‌تر ـ با اشعه‌ی ایکس یکسان است.

تست ۶: اگر نور از هوا وارد شیشه شود، طول‌موج آن ..... و انرژی وابسته به هر فوتون آن .....

۱) افزایش یافته ـ ثابت می‌ماند.
۲) افزایش یافته ـ کاهش می‌یابد.
۳) کاهش یافته ـ ثابت می‌ماند. ✓
۴) کاهش یافته ـ کاهش می‌یابد.

الکترون‌ولت:

یکی دیگر از کمیت‌های کوانتومی، بار الکتریکی یک جسم است که مقدار آن مضرب صحیحی از بار، یک الکترون می‌باشد.

$q = \pm n e$ (بار پایه (کوانتوم بار))

q : بار، یک جسم برحسب کولن (C) می‌باشد.

n : تعداد الکترون‌های یک جسم است.

e : اندازه‌ی بار الکترون (کوانتوم بار) $e = 1/6 \times 10^{-19} C$

نکته ۶: با توجه به رابطه‌ی $\Delta V = \frac{\Delta u}{q}$، یک ژول برابر است با تغییر انرژی بار الکتریکی یک کولن $(q = 1C)$ که بین دو نقطه با اختلاف پتانسیل ۱ ولت $(\Delta V = 1V)$ جابه‌جا می‌شود.

$\Delta u = q\Delta V \Rightarrow$ ۱ ژول = (۱ کولن) × (۱ ولت)

نکته ۷: یک الکترون‌ولت برابر است، با تغییر انرژی یک الکترون $(q = e)$ که بین دو نقطه با اختلاف پتانسیل ۱ ولت $(\Delta V = 1V)$ جابه‌جا می‌شود.

$$\Delta u = q\Delta V \xrightarrow{q=e} \Delta u = eV = (\text{یک الکترون}) \times (\text{یک ولت})$$

نکته ۸: یک الکترون ولت برابر با $1/6\times10^{-19}$ ژول می‌باشد.

$$(1eV) \text{ یک الکترون ولت} \equiv 1/6\times10^{-19}\,J$$

$$\text{یک ژول} = \frac{1}{1/6\times10^{-19}}\,eV$$

نکته ۹: واحد ثابت پلانک (h) در SI برابر با (ژول. ثانیه) می‌باشد، اما آن را می‌توان با واحد دیگری به نام الکترون ولت. ثانیه نیز نمایش داد.

$$h = 6/63\times10^{-34}\,J.s \Rightarrow h = 6/63\times10^{-34}\left(\frac{1}{1/6\times10^{-19}}eV\right).s = 4/14\times10^{-15}\,eV.s$$

نکته ۱۰: در بررسی اجزای سازنده‌ی اتم‌ها ژول به دلیل آن‌که یکای بزرگی است مناسب نمی‌باشد، به همین خاطر معمولاً برای انرژی از یکای الکترون ولت (eV) استفاده می‌شود.

تست ۷: انرژی فوتونی ۲keV است. طول‌موج وابسته به این فوتون چند نانومتر است؟(سراسری ریاضی خارج از کشور ـ ۹۵)

$\left(h = 4\times10^{-15}\,eV.s \text{ و } C = 3\times10^{5}\,\frac{km}{s}\right)$

۱) ۵۰ ۲) ۶۰ ۳) ۰/۵ ۴) ۰/۶

تست ۸: کدام‌یک از عبارت‌های زیر نادرست است؟

۱) یک ژول برابر با تغییر انرژی بار الکتریکی یک کولن در جابه‌جایی بین دو نقطه با اختلاف پتانسیل یک ولت است.

۲) یک ژول برابر با تغییر انرژی تعداد $1/6\times10^{-19}$ الکترون در جابه‌جای بین دو نقطه با اختلاف پتانسیل یک ولت است.

۳) یک الکترون‌ولت برابر با تغییر انرژی یک الکترون در جابه‌جایی بین دو نقطه با اختلاف پتانسیل یک ولت است.

۴) یک الکترون ولت برابر با $1/6\times10^{-19}$ ژول است.

تست ۹: ثابت پلانک در SI برابر $6/64\times10^{-34}\ j.s$ است. این عدد ثابت، معادل چند «الکترون ولت در ثانیه» است؟ (سراسری ریاضی ـ ۹۳)

۱) $1/5\times10^{-19}$ ۲) $1/5\times10^{-15}$ ۳) $4/15\times10^{-15}$ ۴) $4/15\times10^{-19}$

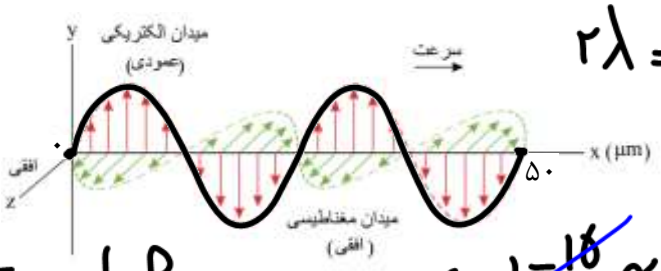
تست ۱۰: بسامد یک فرستنده‌ی رادیویی FM، ۷۵ مگاهرتز و توان تشعشع آنتن آن $4/8\times10^{4}$ وات است. در هر ثانیه چند فوتون از این آنتن گسیل می‌گردد؟ $(e=1/6\times10^{-19}C, h=4\times10^{-15}eV.s)$ (سراسری تجربی خارج از کشور ـ ۹۶)

۱) 10^{30} ۲) $7/5\times10^{20}$ ۳) 16×10^{20} ۴) 16×10^{10}

تست ۱۱: یک لامپ ۲۰۰ وات، نور بنفش با طول‌موج ۴۰۰ nm گسیل می‌کند. یک لامپ ۲۰۰ واتی دیگر نور زرد با طول‌موج ۶۰۰ nm گسیل می‌کند. تعداد فوتون‌هایی که در هر ثانیه از لامپ زرد گسیل می‌شود، چند برابر تعداد فوتون‌هایی است که در همین مدت از لامپ بنفش گسیل می‌شود؟ (سراسری ریاضی ـ ۹۸)

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

تست ۱۲: شکل زیر، تصویری از یک موج الکترومغناطیسی است که در خلأ در حال انتشار است. انرژی هر یک از فوتون‌های این موج چند الکترون ـ ولت است؟ $(c=3\times10^{8}\frac{m}{s}$ و $h=4\times10^{-15}eV.s)$ (سراسری ریاضی خارج از کشور ـ ۹۹)



۱) ۲/۴ ۲) $2/4\times10^{-2}$ ۳) ۴/۸ ۴) $4/8\times10^{-2}$

تست ۱۳: توان یک لامپ که نور تکرنگ با بسامد $۶\times۱۰^{۱۴}\,Hz$ گسیل می‌کند، ۳۳ وات است. این لامپ در هر دقیقه چند فوتون تابش می‌کند؟ ($e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$ و $h=۶/۶\times۱۰^{-۳۴}J.s$) (سراسری ریاضی خارج از کشور ـ ۹۹)

۱) $۱/۵\times۱۰^{۲۱}$ ۲) ۵×۱۰^{۲۱} ۳) $۵/۳\times۱۰^{۲۰}$ ۴) ۸×۱۰^{۲۰}

تست ۱۴: انرژی هر کوانتوم یک موج الکترومغناطیسی $۴\times۱۰^{-۷}eV$ است. این موج در کدام ناحیه از طیف امواج الکترومغناطیسی قرار دارد؟ ($e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$ ، $C=۳\times۱۰^{۸}\frac{m}{s}$ ، $h=۶/۶۳\times۱۰^{-۳۴}J.s$) (سراسری ریاضی ـ ۹۹)

۱) رادیویی ۲) نور مرئی ۳) فرابنفش ۴) فروسرخ

تست ۱۵: یک لامپ رشته‌ای ۱۰۰ W از فاصله‌ی یک کیلومتری دیده می‌شود. فرض کنید نور لامپ به‌طور یکنواخت در فضای اطراف آن منتشر می‌شود. و بازده‌ی لامپ ۱۶ درصد است. اگر بسامد نور لامپ $۱۰^{۱۵}\,Hz$ باشد، در هر ثانیه چه تعداد فوتون از این گستره طول‌موجی وارد مردمک‌های چشم ناظری می‌شود که در این فاصله قرار دارد؟ (قطر مردمک را ۲mm درنظر بگیرید و $e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$ و h ؛ $۴\times۱۰^{-۱۵}eV.s$)

۱) ۱۲۵×۱۰^{۵} ۲) ۲۵×۱۰^{۶} ۳) ۱۲۵×۱۰^{۶} ۴) ۲۵×۱۰^{۵}

پدیده‌ی فوتوالکتریک:

اگر بر کلاهک برق‌نمایی که دارای بار الکتریکی منفی است، نور بنفش تابیده شود، الکترون‌ها از برق‌نما جدا شده درنتیجه بار تیغه‌ها کم می‌شود و فاصله‌ی بین آن‌ها کاهش می‌یابد. اما اگر پرتوی نور تابیده شده به اندازه‌ی کافی انرژی نداشته باشد، مانند نور مرئی، الکترونی از سطح کلاهک جدا نمی‌شود و تغییری در انحراف ورقه‌های برق‌نما رخ نمی‌دهد.

جدا کردن الکترون از سطح یک فلز با تاباندن نوری با بسامد متناسب اثر فوتوالکتریک نام دارد.

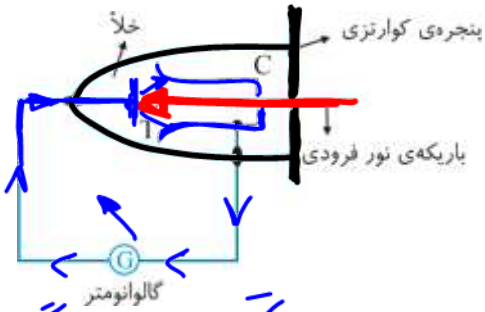
الکترون‌های گسیل شده از سطح فلز بر اثر این پدیده را فوتوالکترون می‌نامند.

نکته ۱: فوتوالکترون‌ها دارای بار الکتریکی منفی می‌باشند پس جزء امواج الکترومغناطیسی محسوب نمی‌شوند و در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی منحرف می‌شوند.

نکته ۲: در صورتی که بار برق‌نما مثبت باشد، هنگام تاباندن نوری با بسامد مناسب، تعدادی الکترون از کلاهک برق‌نما جدا می‌شود، در این صورت بار مثبت کلاهک و ورقه‌ها افزایش یافته که در پی آن افزایش فاصله‌ی بین تیغه‌ها را خواهیم داشت.

سلول فوتوالکتریک:

برای بررسی اثر فوتوالکتریک، طرح آزمایش ساده‌ای در شکل زیر نشان داده شده است.



در این دستگاه صفحه‌ی فلزی هدف T و جمع‌کننده فلزی C درون یک محفظه‌ی شیشه‌ای خلأ قرار دارند که از بیرون به یک گالوانومتر (آمپرسنج حساس) متصل شده‌اند. نور تک بسامد (تکفام) با بسامد کافی بالا به صفحه‌ی T تابیده می‌شود. و فوتوالکترون‌ها را آزاد می‌کند. این فوتوالکترون‌ها به جمع‌کننده‌ی C می‌رسند. و درنتیجه گالوانومتر که در مدار قرار دارد جریان را نشان می‌دهد.

نکته ۳: با افزایش شدت نور پرتو فرودی، الکترون‌های گسیل شده افزایش یافته و گالوانومتر عدد بزرگ‌تری را نمایش می‌دهد.

تذکر: با افزایش شدت نور (در بسامد ثابت) تعداد فوتون‌های نور تابشی بیش‌تر شده درنتیجه تعداد الکترون‌های جدا شده از سطح فلز نیز بیش‌تر می‌شوند.

تذکر: شدت نور بر روی انرژی جنبشی الکترون‌ها تأثیری ندارد.

نکته ۴: اگر بسامد نور فرودی از مقدار معینی کم‌تر باشد، هرچه‌قدر هم که شدت نور فرودی افزایش یابد، پدیده‌ی فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد و گالوانومتر عبور جریانی را نشان نمی‌دهد.

نارسایی فیزیک کلاسیک در توجیه اثر فوتوالکتریک:

همان‌طور که در فصل گذشته دیدیم نور یک موج الکترومغناطیسی است و در هنگام برهم‌کنش موج الکترومغناطیسی با سطح فلز، میدان الکتریکی این موج، نیروی $\vec{F}=-e\vec{E}$ را به الکترون‌های فلز وارد می‌کند و آن‌ها را به نوسان وامی‌دارد. بدین ترتیب هنگامی که دامنه‌ی نوسان برخی از الکترون‌ها به قدر کافی بزرگ شود، انرژی جنبشی لازم را برای جدا شدن از سطح فلز پیدا می‌کند. بنا به دیدگاه کلاسیکی پدیده‌ی فوتوالکتریک با هر بسامدی رخ می‌دهد در حالی‌که این نتیجه با تجربه سازگار نیست. از طرف دیگر یکی از پیامدهای نظریه‌ی الکترومغناطیسی ماکسول این است که شدت نور با مربع دامنه‌ی میدن الکتریکی موج الکترومغناطیسی متناسب است. $I \propto E^2$

درنتیجه انتظار می‌رود به ازای یک بسامد معین، اگر شدت نور فرودی بر سطح فلز را افزایش دهیم، باید الکترون‌ها با انرژی جنبشی بیش‌تری از فلز خارج شوند. نتیجه‌ای که تجربه آن را تأیید نمی‌کند.

نظریه‌ی فوتوالکتریک* اینشتین:

وقتی نوری تکفام بر سطح فلزی تابانده می‌شود. هر فوتون صرفاً با یکی از الکترون‌های فلز برهم‌کنش می‌کند. اگر فوتون انرژی کافی داشته باشد، تا فرایند خارج کردن الکترون از فلز را انجام دهد، الکترون به‌طور آنی از آن گسیل می‌شود. در این صورت بخشی از انرژی فوتون صرف جدا کردن الکترون از فلز می‌شود. (W) و مابقی آن به انرژی جنبشی (K) الکترون خارج شده تبدیل می‌شود.

نظریه‌ی اینشتین را می‌توان به کمک قانون پایستگی انرژی به‌صورت زیر نوشت:

$hf = W + K$

hf : انرژی یک فوتون

W : انرژی (کار) لازم برای جدا کردن الکترون از سطح یک فلز

K : انرژی جنبشی الکترون‌ها پس از جدا شدن از سطح فلز

۵: برای جدا کردن الکترون از سطح فلز باید انرژی مصرف کنیم. البته انرژی لازم برای جدا کردن الکترون‌ها با یک‌دیگر یکسان نمی‌باشند. زیرا فاصله‌ی الکترون‌ها از سطح فلز با یک‌دیگر متفاوت است و الکترون‌های سطحی‌تر کم‌تر مقیدند و راحت‌تر جدا می‌شوند.

۶: انرژی لازم برای جدا کردن سست‌ترین الکترون را تابع کار فلز می‌نامند، و آن را با W_0 نمایش می‌دهند.

به عبارت دیگر W_0 کمینه کار لازم برای خارج کردن یک الکترون از یک فلز معین است.

* اینشتین به خاطر تبیین پدیده‌ی فوتوالکتریک جایزه‌ی نوبل فیزیک را دریافت کرد.

۱۷: تابع کار فلز (W_0) به جنس فلز بستگی دارد.

۱۸: اگر انرژی فوتون تابیده شده بر سطح فلز را $E_0 = hf$ فرض کنیم سه حالت زیر رخ می‌دهد.

۱) $hf < W_0$ در این حالت هیچ الکترونی از سطح فلز جدا نمی‌شود.

۲) $hf = W_0$ در این حالت الکترون در آستانه‌ی جدا شدن از سطح فلز است.

f_0 بسامد آستانه نام دارد. $hf_0 = W_0 \Rightarrow f_0 = \frac{W_0}{h}$

بسامد آستانه: همان‌طور که می‌دانیم پدیده‌ی فوتوالکتریک در هر بسامدی رخ نمی‌دهد، برای رخ دادن این پدیده باید بسامد هر فوتون از بسامدی موسوم به بسامد آستانه (f_0) بیش‌تر باشد.

در بسامد آستانه، الکترون بدون هیچ انرژی جنبشی‌ای در آستانه‌ی ترک فلز است و در این بسامد انرژی فوتون با تابع کار فلز برابر است. $\xrightarrow[k=0]{\text{بسامد آستانه } f_0} hf_0 = W_0$

تذکر: تابع کار فلز و بسامد آستانه از ویژگی‌های فلز است و به بسامد نور فرودی بستگی ندارد.

۳) $hf > W_0$ در این حالت الکترون از سطح فلز جدا می‌شود.

۱۹: مقدار کمی از انرژی فوتون صرف جدا شدن سست‌ترین الکترون از فلز می‌شود. درنتیجه انرژی جنبشی الکترون در این حالت بیشینه است.

انرژی جنبشی سریع‌ترین فوتوالکترون گسیل شده برابر است با:

$hf = W_0 + K_{max} \Rightarrow K_{max} = hf - W_0$ معادله‌ی فوتوالکتریک

بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها به بسامد نور تابشی و تابع کار بستگی دارد.

۲۰: بیش‌ترین تندی فوتوالکترون گسیل شده برابر است با:

$$K_{max} = \frac{1}{2}mV_{max}^2 \Rightarrow V_{max} = \sqrt{\frac{2K_{max}}{m}}$$

$$\xrightarrow{K_{max} = hf - W_0} V_{max} = \sqrt{\frac{2(hf - W_0)}{m}}$$

نکته ۲۱: طول‌موج آستانه:

$$hf_0 = W_0 \Rightarrow f_0 = \frac{W_0}{h} \xrightarrow{f_0=\frac{C}{\lambda_0}} \frac{C}{\lambda_0} = \frac{W_0}{h} \Rightarrow \lambda_0 = \frac{hC}{W_0}$$

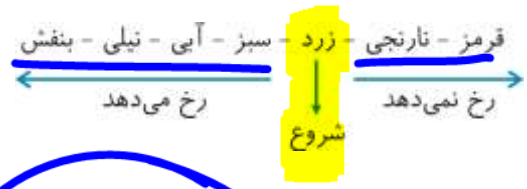
نکته ۲۲: شرط رخ دادن پدیده‌ی فوتوالکتریک:

۱- $hf > W_0$

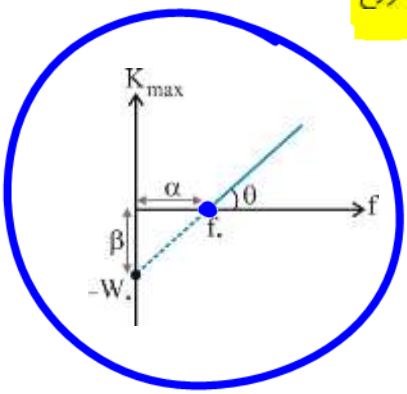
۲- $f > f_0$ بسامد از بسامد آستانه بیش‌تر باشد.

۳- $\lambda < \lambda_0$ طول‌موج از طول‌موج آستانه کم‌تر باشد.

مثال ۱: اگر پدیده‌ی فوتوالکتریک با نور زرد شروع شود.



نمودار K_{max} برحسب f



شیب خط $\tan\theta = h$

$\alpha = f_0 = \frac{W_0}{h}$ $\beta = -W_0$

تست ۱۶: در پدیده‌ی فوتوالکتریک، فوتوالکترون‌ها:

۱) در میدان مغناطیسی می‌توانند منحرف شوند.
۲) فاقد بار الکتریکی‌اند.
۳) از جنس امواج الکترومغناطیسی‌اند.
۴) هر سه مورد صحیح می‌باشد.

رخ نمی‌دهد

تست ۱۷: اگر باریکه‌ی نوری را به صفحه‌ی فلزی هدف بتابانیم. اما گالوانومتر جریانی را نشان ندهد. کدام‌یک از تغییرات زیر باعث می‌شود که گالوانومتر عبور جریان را نشان دهد؟

۱) افزایش بسامد باریکه‌ی نور
۲) کاهش بسامد باریکه‌ی نور
۳) افزایش شدت باریکه‌ی نور تابیده شده
۴) کاهش شدت باریکه‌ی نور تابیده شده

$K_{max} = hf - W_0$

f

λ

۱۸: اگر باریکه‌ی نوری را به صفحه‌ی فلزی هدف بتابانیم و گالوانومتر عبور جریان ناچیزی را نشان دهد، کدام‌یک از تغییرات زیر باعث می‌شود که گالوانومتر عبور جریان بیش‌تری را نشان دهد؟

۱) افزایش بسامد باریکه‌ی نور
۲) کاهش بسامد باریکه‌ی نور
۳) افزایش شدت باریکه‌ی نور تابیده شده
۴) کاهش شدت باریکه‌ی نور تابیده شده

۱۹: آزمایش فوتوالکتریک را با نوری با طول‌موج معین انجام می‌دهیم. اگر شدت همین نور را با ثابت ماندن بسامد افزایش دهیم:

(سراسری تجربی خارج از کشور ـ ۹۴)

۱) تندی فوتوالکترون‌ها افزایش یافته و تعداد فوتوالکترون‌های جدا شده ثابت می‌ماند.
۲) تندی فوتوالکترون‌ها ثابت مانده و تعداد فوتوالکترون‌های جدا شده افزایش می‌یابد.
۳) تندی فوتوالکترون‌ها و تعداد فوتوالکترون‌های جدا شده، در هر دو افزایش می‌یابد.
۴) تندی فوتوالکترون‌ها و تعداد فوتوالکترون‌های جدا شده، هر دو ثابت می‌ماند.

۲۰: طبق نظریه‌ی الکترومغناطیسی ماکسول، اگر دامنه‌ی میدان الکتریکی یک موج الکترومغناطیسی دو برابر شود، شدت نور چند برابر می‌شود؟

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

۲۱: در آزمایش فوتوالکتریک تابع کار فلز $۲/۸\text{eV}$ است. نوری با طول‌موج λ به فلز می‌تابد و سبب گسیل فوتوالکترون‌هایی با بیشینه انرژی جنبشی $۴/۴\text{eV}$ می‌شود. λ چند میکرومتر است؟ ($c = ۳\times۱۰^{۸}\frac{\text{m}}{\text{s}}$ و $h = ۴\times۱۰^{-۱۵}\text{eV.s}$)

(سراسری ریاضی خارج از کشور ـ ۹۹)

۱) $\frac{۱}{۶}$
۲) $\frac{۳}{۴}$
۳) $\frac{۵۰}{۳}$
۴) $\frac{۱۰۰۰}{۳}$

۲۲: تابع کار یک فلز برابر است با:

۱) بیشینه‌ی انرژی جنبشی فوتوالکترون هنگام خارج شدن از یک فلز
۲) بیش‌ترین انرژی لازم برای خارج شدن فوتوالکترون از یک فلز
۳) تفاضل بیشینه‌ی انرژی جنبشی فوتوالکترون و انرژی فوتون فرودی
۴) مجموع بیشینه‌ی انرژی جنبشی فوتوالکترون و انرژی فوتون فرودی

تست ۲۳: طول موج آستانه در یک آزمایش فوتوالکتریک، ۰/۵ میکرون است. اگر بر فلز آن، نور تک رنگی با بسامد $۵\times۱۰^{۱۴}\,Hz$ بتابانیم، تابع کار فلز چند ژول است و آیا با این نور پدیده‌ی فوتوالکتریک رخ می‌دهد یا خیر؟ ($h=۶/۶\times۱۰^{-۳۴}\,J.s$ و $C=۳\times۱۰^{۸}\,\frac{m}{s}$)

۱) $۳/۹۶\times۱۰^{-۱۹}$ و رخ می‌دهد.
۲) $۳/۳\times۱۰^{-۱۹}$ و رخ می‌دهد.
۳) $۳/۹۶\times۱۰^{-۱۹}$ و رخ نمی‌دهد.
۴) $۳/۳\times۱۰^{-۱۹}$ و رخ نمی‌دهد.

تست ۲۴: در آزمایش فوتوالکتریک، وقتی نور سبز بر فلز می‌تابانیم، پدیده‌ی فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد. برای آن‌که این پدیده رخ دهد، کدام عمل ممکن است مؤثر باشد؟

۱) شدت نور را افزایش دهیم.
۲) از فلزی با تابع کار کم‌تر استفاده کنیم.
۳) زمان تابش نور را افزایش دهیم.
۴) به جای نور سبز از نور زرد استفاده کنیم.

تست ۲۵: در آزمایش فوتوالکتریک، مقدار بیشینه‌ی انرژی جنبشی فوتوالکترون‌های جدا شده به چه عواملی بستگی دارد؟

۱) بسامد نور فرودی و جنس فلزی که نور به آن می‌تابد.
۲) جنس فلزی که نور به آن می‌تابد و انرژی (شدت) پرتو فرودی
۳) بسامد نور فرودی و انرژی (شدت) پرتو فرودی
۴) کوانتوم انرژی نور فرودی و مساحت فلزی که نور به آن می‌تابد.

تست ۲۶: در آزمایش فوتوالکتریک، با ثابت ماندن بسامد نور، شدت آن را به تدریج افزایش می‌دهیم. بیشینه‌ی انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها در موقع جدا شدن از فلز و تابع کار فلز به ترتیب چگونه تغییر می‌کند؟

۱) ثابت ـ ثابت
۲) افزایش ـ افزایش
۳) افزایش ـ ثابت
۴) ثابت ـ افزایش

تست ۲۷: در آزمایش فوتوالکتریک، نوری با طول‌موج ۲۰۰nm بر سطح الکترود فلزی می‌تابانیم. اگر تابع کار فلز ۴/۲eV باشد، بیشینه‌ی تندی فوتوالکترون‌های خارج شده از فلز چند متر بر ثانیه است؟ ($h=۴\times۱۰^{-۱۵}\,eV.s$ و $C=۳\times۱۰^{۸}\,\frac{m}{s}$ و $m_e=۹\times۱۰^{-۳۱}\,kg$ و $e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\,C$) (سراسری ریاضی خارج از کشور ـ ۹۷)

۱) ۸×۱۰^{۵}
۲) ۸×۱۰^{۶}
۳) ۶×۱۰^{۵}
۴) ۶×۱۰^{۶}

تست ۲۸: آزمایش فوتوالکتریک با نوری با بسامد f_1 انجام می‌شود. اگر به جای آن از نوری با بسامد $2f_1$ استفاده شود، بیشینه‌ی انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها سه برابر می‌شود، بسامد آستانه برای فلز این آزمایش چند f_1 است؟ (سراسری تجربی خارج از کشور ـ ۹۵)

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

تست ۲۹: در آزمایش فوتوالکتریک، طول‌موج نور فرودی بر فلز ۳۰۰nm بیشینه‌ی انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها ۰/۵eV است. طول‌موج نور فرودی چند nm کاهش یابد تا بیشینه‌ی انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها ۱/۵eV شود؟ (سراسری ریاضی خارج از کشور ـ ۹۶)

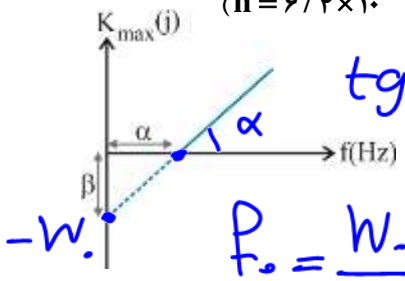
$(h = 4\times10^{-15}\,eV.s \text{ و } C = 3\times10^{8}\,\frac{m}{s})$

۱) ۴۰ ۲) ۶۰ ۳) ۱۰۰ ۴) ۱۲۰

تست ۳۰: تابع کار دو فلز A و B به ترتیب ۴eV و ۲eV است و نوری با طول‌موج ۲۰۰ نانومتر به هر دو فلز می‌تابد، در این صورت تندی سریع‌ترین فوتوالکترون‌هایی که از فلز B جدا می‌شوند، چند برابر تندی سریع‌ترین فوتوالکترون‌هایی است که از فلز A جدا می‌شوند؟ $(h = 4\times10^{-15}\,eV.s \text{ و } C = 3\times10^{8}\,\frac{m}{s})$

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

تست ۳۱: در نمودار مقابل که در آزمایش فوتوالکتریک برای فلزی با تابع کار $6/4\times10^{-19}\,j$ رسم شده است، مقادیر α، β و شیب نمودار به ترتیب از راست به چپ در SI کدام است؟ $(e = 1/6\times10^{-19}\,C \text{ و } h = 6/4\times10^{-34}\,j)$



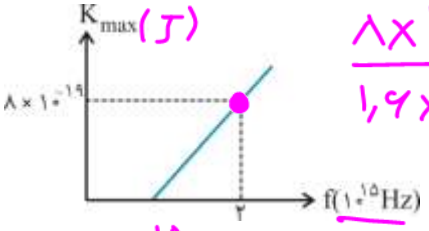
۱) 10^{15}، $6/4\times10^{-19}$، $6/4\times10^{-34}$

۲) 10^{15}، $6/4\times10^{-34}$، $6/4\times10^{-19}$

۳) 2×10^{15}، ۴، 4×10^{-15}

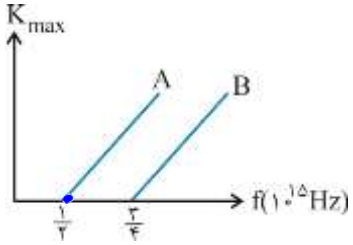
۴) 2×10^{15}، 4×10^{-15}، ۴

تست ۳۲: در آزمایش فوتوالکتریک، نمودار بیشینه‌ی انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها برحسب بسامد پرتو فرودی به فلز، مطابق شکل زیر است. اگر نوری با طول‌موج ۳۰۰nm به فلز بتابد، بیشینه‌ی انرژی جنبشی فوتوالکترون‌های گسیل شده چند ژول است؟ ($h = ۴\times۱۰^{-۱۵}eV.s$ و $C = ۳\times۱۰^{۸}\frac{m}{s}$ و $e = ۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$) (سراسری تجربی ـ ۹۷)



۱) $۱/۶\times۱۰^{-۱۹}$
۲) $۲/۴\times۱۰^{-۱۹}$
۳) ۴×۱۰^{-۱۹}
۴) ۵×۱۰^{-۱۹}

تست ۳۳: در آزمایش فوتوالکتریک، نمودار بیشینه‌ی انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها برحسب بسامد نور فرودی بـر دو فلز A و B مطابق شکل مقابل است. اگر نوری با بسامد $۱۰^{۱۵}Hz$ به هر دو فلز بتابد، بیشینه‌ی انرژی جنبشی فوتوالکترون‌هـای فلز A، چند برابر بیشینه‌ی انرژی جنبشی فوتوالکترون‌های فلز B است؟ ($h = ۴\times۱۰^{-۱۵}eV.s$) (سراسری ریاضی ـ ۹۴)



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

تست ۳۴: تابع کار فلزی ۴/۱۴eV است. بیشینه‌ی طول‌موج نور برای خارج کردن الکترون از سطح این فلـز چنـد نانومتر است؟ ($h = ۴/۱۴\times۱۰^{-۱۵}eV.s$ و $c = ۳\times۱۰^{۸}\frac{m}{s}$) (سراسری ریاضی ـ ۹۸)

۱) ۳۰۰
۲) ۴۰۰
۳) ۵۰۰
۴) ۶۰۰

تست ۳۵: تابع کار دو فلز A و B به‌ترتیب ۴/۵eV و ۳eV است. اگر نوری با طول‌موج ۱۵۰nm به هر دو فلز بتابد، بیشینه‌ی انرژی جنبشی فوتوالکترون‌های فلز A چند درصد کم‌تر از بیشینه‌ی انرژی جنبشی فوتوالکترون‌های B است؟ ($h = ۴\times۱۰^{-۱۵}\text{eV.s}$ و $c = ۳\times۱۰^{۸}\frac{\text{m}}{\text{s}}$)

(سراسری ریاضی ـ ۹۹)

۱) ۳۰ ۲) ۴۰ ۳) ۶۰ ۴) ۷۰

تست ۳۶: شکل زیر، مربوط به کدام پدیده‌ی فیزیکی است؟

۱) فوتوالکتریک ۲) پرتوزایی

۳) بازتاب ۴) لیزر

تست ۳۷: در آزمایش فوتو الکتریک ، بسامد آستانه فلز $۵\times۱۰^{۱۴}\text{Hz}$ است.نوری با بسامد f به فلز می تابد و سبب گسیل فوتوالکترون هایی با بیشینه سرعت $\frac{۴}{۳}\frac{\text{Mm}}{\text{s}}$ می شود. f چند هرتز است؟ ($e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\text{C}$, $h=۴\times۱۰^{-۱۵}\text{eV.s}$, $m_e=۹\times۱۰^{-۳۱}\text{kg}$)

(سراسری ریاضی ـ دی ۱۴۰۱)

۱) $۱/۷۵\times۱۰^{۱۵}$ ۲) $۷/۵\times۱۰^{۱۵}$ ۳) $۳/۵\times۱۰^{۱۵}$ ۴) $۱/۵\times۱۰^{۱۵}$

طیف‌شناسی:

در مبحث فیزیک کوانتومی یکی از راه‌های بررسی عناصر و ماهیتشان تشکیل طیف آن‌هاست.

طیف مجموعه از خطوط روشن و تاریک می‌باشد که در شرایط خاص که در ذیل به شرح آن می‌پردازیم توسط عناصر تشکیل می‌شود.

همان‌طور که قبلاً بیان کرده‌ایم، همه‌ی اجسام در هر دمایی از خود امواج الکترومغناطیسی تابش می‌کنند، که به این پدیده تابش گرمایی گفته می‌شود.

طول‌موج امواج تابشی از سطح یک جسم، به دمای جسم و خصوصیات سطح آن جسم بستگی دارد.

بیش‌تر امواج تابشی از اجسام در دمای معمولی در ناحیه‌ی فروسرخ هستند که با گرم شدن جسم و بالا رفتن دما، نور مرئی گسیل می‌کنند.

مثلاً هنگامی که یک فلز مانند آهن را گرم کنیم، امواج الکترومغناطیسی از آن خارج می‌شود. در دماهای بالا که فلز کاملاً گداخته می‌شود، به مرور ابتدا نور قرمز و سپس با افزایش دما نور زرد ایجاد می‌شود. در دماهای بسیار بالا نور سفید تابش خواهد شد، که می‌توان گفت به همراه این امواج مرئی پرتوهای فروسرخ و فرابنفش نیز تابش می‌شوند که قابل رؤیت نیستند.

انواع طیف
- ۱- طیف پیوسته
- ۲- طیف ناپیوسته (خطی، گسسته)

۱- طیف پیوسته:

طیف حاصل از جامدات ملتهب پیوسته است، یعنی در یک بازه‌ی مشخص از طول‌موج، تمام طول‌موج‌های موجود را گسیل می‌کند.

طیف ایجاد شده در این شرایط را طیف گسیلی پیوسته یا به اختصار طیف پیوسته می‌نامند.

۲- طیف ناپیوسته (خطی، گسسته):

طیف حاصل از یک گاز ملتهب خطی است، یعنی در یک بازه‌ی مشخص از طول‌موج، طول‌موج‌های معینی را گسیل می‌کند.

طیف مورد نظر به صورت خط‌های گسسته تاریک یا روشن دیده می‌شود.

این طیف گسسته را طیف گسیلی خطی یا به اختصار طیف خطی می‌نامند.

نکته ۲۳: تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از برهم‌کنش قوی بین اتم‌های سازنده‌ی آن است. اما در تشکیل طیف گسسته توسط گازهای کم فشار و رقیق، اتم‌های منفرد آن از برهم‌کنش قوی بین اتم‌های جامد آزادند.

نکته ۲۴: همان‌طور که گفته شد طیف حاصل از جامدات ملتهب، پیوسته است که فقط به دمای جسم بستگی دارد و مستقل از جنس جسم است. به همین علت از این طیف نمی‌توان برای شناسایی عناصر استفاده کرد.

نکته ۲۵: اما طول‌موج‌های ایجاد شده در طیف گسسته برای اتم‌های هر گاز منحصر به فرد هستند که به وسیله آن می‌توان به نوع و ساختار اتمی گاز پی برد.

نکته ۲۶: در صورتی که جسمی را گرم کنیم. انرژی فوتون‌های آن افزایش می‌یابد. $E = nhf$

بسامد فوتون‌های تابشی نیز افزایش می‌یابد. $\uparrow E \propto f \uparrow$

دوره‌ی تناوب کاهش می‌یابد. $\uparrow f \propto \frac{1}{T\downarrow}$

طول‌موج فوتون‌های تابشی کاهش می‌یابد. $\downarrow \lambda = \frac{C}{f\uparrow} \rightarrow$ ثابت

C : تندی انتشار امواج الکترومغناطیسی در خلأ همواره ثابت و برابر $۳\times۱۰^{۸}\ \frac{m}{s}$ می‌باشد.

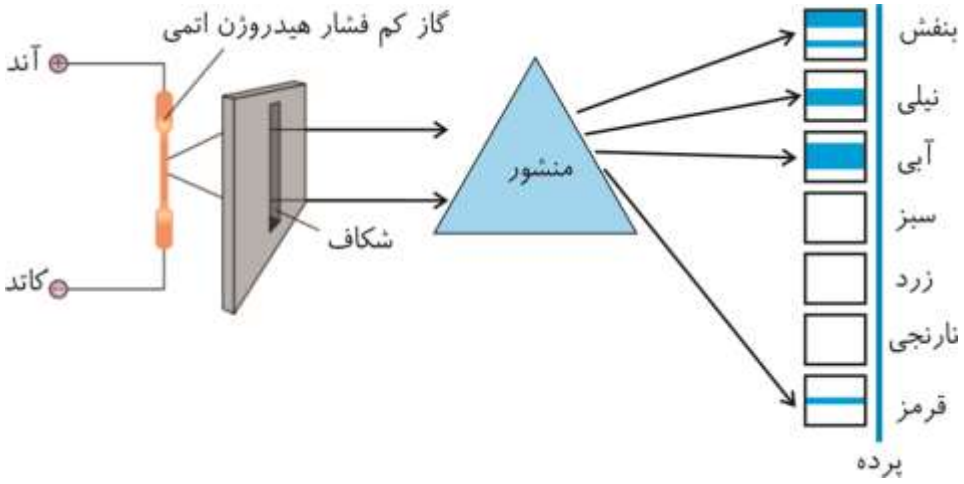
طیف حاصل از اجسام به دو صورت بر روی طیف‌سنج تشکیل می‌شود.

۱- گسیلی (نشری): اگر طیف حاصل از التهاب عناصر را به‌طور مستقیم بر روی طیف‌سنج تشکیل دهیم، طیف را گسیلی (نشری) می‌گویند.

۲- جذبی: هرگاه نور سفید را از واسطه‌هایی مانند بخار یک گاز و یا یک شیشه رنگی عبور داده و طیف حاصل را بر روی طیف‌سنج تشکیل دهیم، طیف حاصل را جذبی می‌نامند.

طیف حاصل از گاز:

۱- طیف گسیلی خطی گاز: برای تشکیل طیف گسیلی خطی اتم‌های هر گاز نظیر هیدروژن، هلیم، جیوه، سدیم و نئون معمولاً از یک لامپ باریک و بلند شیشه‌ای که حاوی مقداری گاز رقیق و کم‌فشار است، استفاده می‌شود. دو الکترود به نام‌های آند و کاتد در دو طرف این لامپ قرار دارد که به ترتیب به پایانه‌های مثبت و منفی یک منبع تغذیه با ولتاژ بالا وصل‌اند. این ولتاژ بالا، سبب تخلیه‌ی الکتریکی در گاز می‌شود، هنگامی که الکترون‌ها تحت این ولتاژ بالا قرار می‌گیرند، برانگیخته می‌شوند و در بازگشت به حالت پایه، فوتون‌هایی با انرژی معین (نور) گسیل می‌کنند. طیف حاصل به صورت یک صفحه‌ی تاریک با خطوط رنگی خواهد بود که آن طیف گسیلی خطی گاز گفته می‌شود.



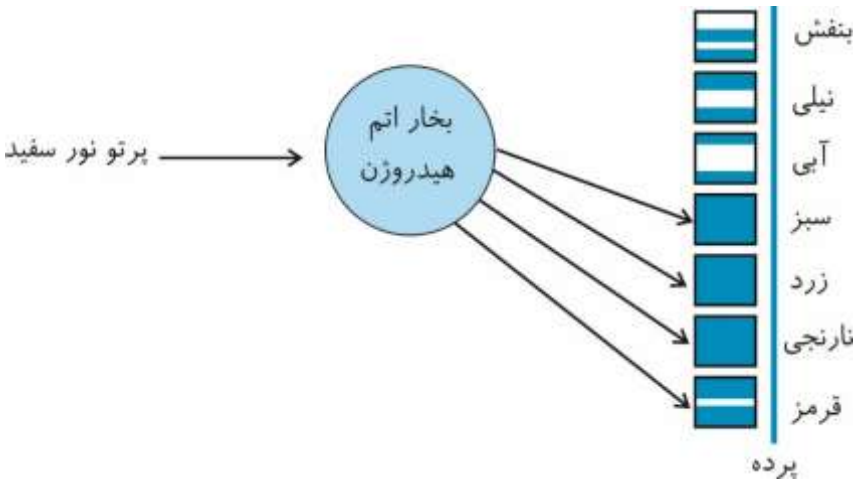
نکته ۲۷: طیف خطی ایجاد شده و همچنین رنگ نور گسیل شده به نوع گاز درون لامپ بستگی دارد.

نکته ۲۸: در میان طیف گسیلی گازهای مختلف، طیف خطی هیدروژن اتمی هم از جنبه‌ی تاریخی و هم از جنبه‌ی نظری اهمیت خاصی دارد.

۲- طیف جذبی گاز: در اواسط قرن نوزدهم در آزمایش‌ها نشان داده شد، هرگاه نور سفید را به بخار یک عنصر بتابانیم و طیف آن را بر روی طیف‌سنج تشکیل دهیم در طیف آن خطوط تاریکی دیده می‌شود. که این خطوط تاریک معرف ماهیت عنصر است. به طیفی که توسط بخار عناصر پس از عبور نور سفید از آن تولید می‌شود، جذبی خطی گفته می‌شود.

نکته ۲۹: فرانهوفر*، با مشاهده‌ی دقیق طیف خورشید این خطوط تاریک نازک را کشف کرد. از این‌رو این خطوط با نام خطوط فرانهوفر معرف‌اند، که می‌توان توسط آن به ماهیت عنصر پی برد.

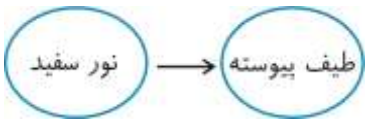
در تابشی که از خورشید گسیل می‌شود و به زمین می‌رسد، بعضی از طول‌موج‌ها وجود ندارند. این خطوط تاریک که در طیف خورشید وجود دارد، ناشی از جذب طول‌موج‌های مربوط به این خطوط توسط گازهای جو خورشید و جو زمین می‌باشند.



* البته ویلیام وُلاستون نخستین کاشف این خطوط بود ولی جوزف فرانهوفر به تفصیل این خطوط را مطالعه کرد.

طیف نور سفید:

نور سفید ترکیبی از رنگ‌های مختلف است، که کوتاه‌ترین این طول‌موج‌ها مربوط به رنگ بنفش ($۴۰۰۰\dot{A}$) و بلندترین این طول‌موج‌ها مربوط به نور قرمز است. ($۷۰۰۰\dot{A}$). نور سفید به دلیل آن‌که تمام طول‌موج‌های موجود در نور مرئی را دارا است، یک طیف پیوسته دارد. اگر یکی از این طول‌موج‌ها حذف شود. طیف از حالت پیوسته خارج می‌شود.



۳۰: طیف گسیلی (نشری) و جذبی یک عنصر مکمل یک‌دیگرند، یعنی از ترکیب آن‌ها نور سفید حاصل خواهد شد.

۳۱: ماهیت یک عنصر را می‌توان در طیف نشری به کمک خطوط رنگی و در طیف جذبی به کمک خطوط تاریک تشخیص داد.

۳۲: هم در طیف گسیلی و هم در طیف جذبی اتم‌های گاز هر عنصر، طول‌موج‌های معینی وجود دارد که از مشخصه‌های آن عنصر است. یعنی طیف جذبی هیچ ۲ عنصر و یا طیف گسیلی هیچ ۲ عنصری شبیه به هم نیستند.

نکته ۳۳: اتم‌های هر گاز دقیقاً همان طول‌موج‌هایی را از نور سفید جذب می‌کنند. که اگر دمای آن‌ها به اندازه‌ی کافی بالا رود و یا به هر صورت دیگر برانگیخته شوند، همان طول‌موج‌ها را تابش خواهند کرد.

نکته ۳۴: تهیه و بررسی طیف‌های گسیلی و جذبی را طیف نمایی می‌نماند.

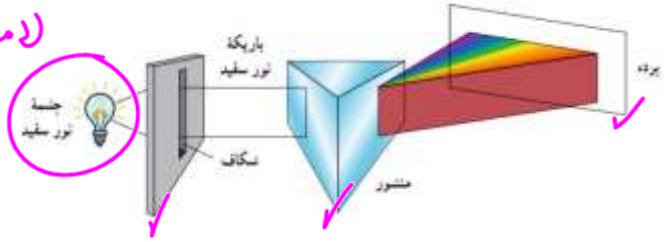
تست ۳۸: طیف یک گاز ملتهب بر روی طیف‌نما تشکیل شده است. این طیف چگونه است؟

۱) گسیلی پیوسته
۲) جذبی پیوسته
۳) گسیلی خطی
۴) جذبی خطی

تست ۳۹: طیف حاصل از جامدات ملتهب و گازهای رقیق، به‌ترتیب از راست به چپ چگونه است؟

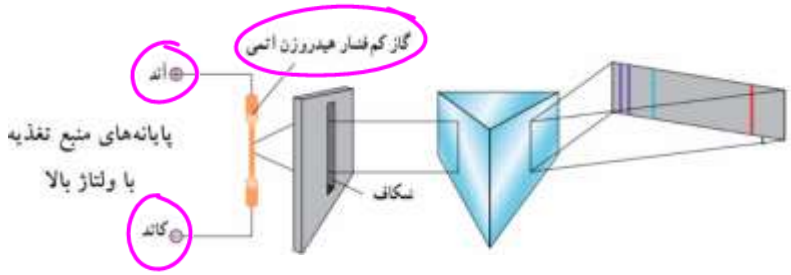
۱) پیوسته ـ گسسته
۲) پیوسته ـ پیوسته
۳) گسسته ـ گسسته
۴) گسسته ـ پیوسته

تست ۴۰: در شکل زیر یکی از روش‌های طیف‌نمایی مشخص شده است. طیف حاصل از این روش کدام است؟



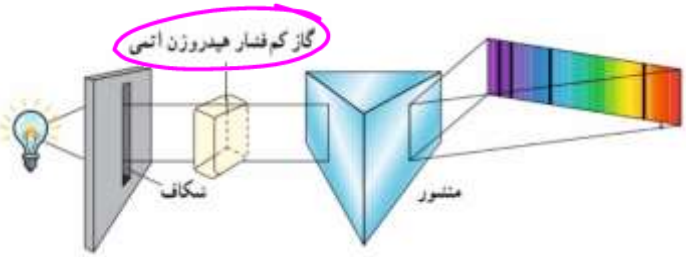
۱) جذبی خطی
۲) جذبی پیوسته
۳) گسیلی خطی
۴) گسیلی پیوسته

تست ۴۱: در شکل زیر یکی از روش‌های طیف‌نمایی مشخص شده است. طیف حاصل از این روش کدام است؟



۱) جذبی خطی
۲) جذبی پیوسته
۳) گسیلی خطی
۴) گسیلی پیوسته

تست ۴۲: در شکل زیر یکی از روش‌های طیف‌نمایی مشخص شده است. طیف حاصل از این روش کدام است؟



۱) جذبی خطی
۲) جذبی پیوسته
۳) گسیلی خطی
۴) گسیلی پیوسته

تست ۴۳: طیف حاصل از فلزات ملتهب در حالت جامد:

۱) به جنس فلز وابسته بوده و با افزایش دما، گستره‌ی آن افزایش می‌یابد.

۲) از جنس فلز مستقل بوده و با افزایش دما، گستره‌ی آن افزایش می‌یابد.

۳) به جنس فلز وابسته بوده و با افزایش دما، گستره‌ی آن ثابت می‌ماند.

۴) از جنس فلز مستقل بوده و با افزایش دما، گستره‌ی آن ثابت می‌ماند.

طیف پیوسته روش مناسبی برای طیف سنجی نیست

تست ۴۴: کدام طیف در شناسایی عناصر از یک‌دیگر به‌کار می‌رود؟

۱) فقط طیف گسیلی خطی

۲) فقط گسیلی پیوسته

۳) جذبی پیوسته یا گسیلی پیوسته

۴) جذبی خطی یا گسیلی خطی

تست ۴۵: اتم هر عنصر طول‌موج‌هایی از امواج الکترومغناطیسی را جذب می‌کند که:

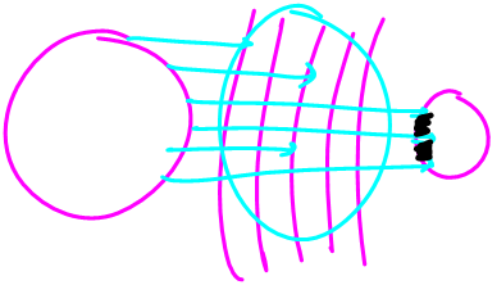
۱) اگر به اندازه‌ی کافی انرژی بگیرد، همان‌ها را تابش می‌کند.

۲) توسط عناصر دیگر نیز قابل جذب باشند.

۳) هیچ عنصر دیگری آن‌ها را جذب نکند.

۴) هیچ وقت قادر به گسیل آن‌ها نباشد.

تست ۴۶: در طیف نور خورشید که به کره‌ی زمین می‌رسد، خطوط تاریک‌تر دیده می‌شود. این خطوط نشانگر چیست؟



فرانهوفر

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 طیف‌سنج

معادله‌ی بالمر:

بالمر ریاضی‌دان سوئیسی، رابطه‌ی ساده‌ای را پیشنهاد کرد، که طول‌موج هر یک از خط‌های مربوط به طیف گسیلی خطی هیدروژن اتمی به دست می‌آمد.

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

در این رابطه $n \geq ۳$ و همواره عددی صحیح می‌باشد. با قرار دادن $n = ۳,۴,۵,۶$ در معادله‌ی بالمر، طول‌موج خط‌های طیف گسیلی اتم هیدروژن در ناحیه‌ی مرئی به‌دست می‌آید.

رنگ خطوط در طیف گسیلی هیدروژن (قرمز، آبی، نیلی و بنفش) می‌باشد.

رابطه‌ی ریدبرگ:

ریدبرگ فیزیک‌دان سوئدی در راستای کارهای بالمر تلاش فراوانی برای کامل کردن طیف گسیلی خطی هیدروژن انجام داده و معادله‌ی بالمر را به‌صورت زیر اصلاح و بازنویسی کرد.

$\frac{۱}{\lambda} = R(\frac{۱}{n'^۲} - \frac{۱}{n^۲})$ R، ثابت ریدبرگ $(R = ۰/۰۱۱(nm)^{-۱})$

برای تحلیل ماهیت عناصر اولین طیفی که به‌طور کامل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت، طیف اتمی هیدروژن بود، زیرا طیف بسیار ساده‌ای داشت.

اگر بتوانیم الکترون را به نحوی در حالت متحرک یا برانگیخته قرار دهیم (یعنی از تراز پایین به تراز بالا ببریم) الکترون پس از بازگشت به ترازهای پایین‌تر طیف و امواج الکترومغناطیسی با طول‌موج λ را تابش می‌کند.

طول‌موج طیف تابشی و سری حاصل از این تابش‌ها از جدول و روابط زیر به‌دست می‌آیند. در این جدول n شماره لایه‌ای است که الکترون در آن قرار دارد و n' شماره لایه‌ای است که الکترون به آن منتقل می‌شود.

چون ما به دنبال ایجاد طیف هستیم همیشه حرکت بازگشت الکترون از لایه بالاتر به لایه پایین‌تر را بررسی می‌کنیم.

بنابراین رابطه‌ی روبه‌رو همواره برای شماره‌های n و n' برقرار است. $n' < n$

نام طیف	تعدادهای n	شماره مدار مقصد n'	ناحیه‌ی طیف	
لیمان	$n = ۲,۳,...$	$n' = ۱$	فرابنفش	$\lambda \uparrow$
بالمر	$n = ۳,۴,...$	$n' = ۲$	فرابنفش + نور مرئی	$f \downarrow$
پاشن	$n = ۴,۵,...$	$n' = ۳$	فروسرخ	$E \downarrow$
براکت	$n = ۵,۶,...$	$n' = ۴$	فروسرخ	$n' \uparrow$
پفوند	$n = ۶,۷,...$	$n' = ۵$	فروسرخ	از بالا به پایین

از چپ به راست $\rightarrow$ $n\uparrow$ $\lambda\downarrow$ $f\uparrow$ $E\uparrow$

۳۵: در جدول طیف‌های ایجاد شده، تنها طیفی که به‌صورت مرئی و با چشم غیرمسلح دیده می‌شود، سری بالمر است. $(n' = ۲)$

۳۶: در تمام طول‌موج‌هایی که در هر رشته ایجاد می‌شود، می‌توان گفت: بیش‌ترین طول‌موج زمانی است که $\min(n)$ باشد و کم‌ترین طول‌موج زمانی است که $\max(n)$ باشد، یعنی داریم:

$$\lambda_{max} \longrightarrow n_{min} \qquad \lambda_{min} \longrightarrow n_{max} = \infty$$

۳۷: در مقایسه‌ی انرژی فوتون‌های تابش شده دو ملاک مهم وجود دارد.

۱- هرچه الکترون به هسته نزدیک‌تر باشد، انرژی فوتونی که تابش می‌کند بیش‌تر است.

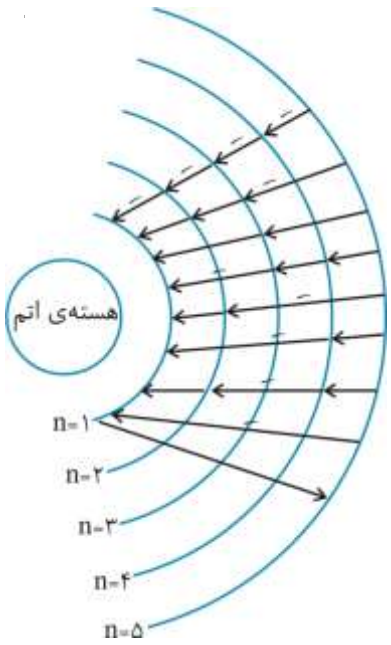
۲- اگر مدار مقصد دو الکترون یکسان باشد، انرژی فوتونی بیش‌تر است که مسیر حرکتش بلندتر باشد، به عبارت دیگر هر چه‌قدر $(n - n')\Delta n$ بیش‌تر باشد، انرژی فوتون تابش شده بیش‌تر خواهد شد.

به‌طور مثال: $\max$ یا پرانرژی‌ترین فوتون طیف تابشی هیدروژن زمانی است که مقصد نزدیک‌ترین لایه به هسته باشد. $(n' = ۱$ سری لیمان) و مسیر طولانی باشد.

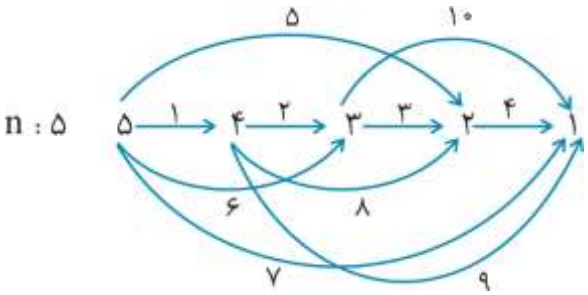
$$E_{max} \begin{cases} n' = ۱ \rightarrow & \text{رشته لیمان} \\ n = \infty \end{cases}$$

$\min$ یا کم‌ترین فوتون طیف تابشی هیدروژن زمانی است که مقصد دورترین لایه هسته باشد. $(n' = ۵$ پفوند) و مسیر کوتاه باشد.

$$E_{min} \begin{cases} n' = ۵ \rightarrow & \text{رشته پفوند} \\ n = ۶ \end{cases}$$



مثال ۲: روش و تعداد حالت‌های بازگشت از لایه $n=۵$ به $n=۱$



$$\text{تعداد حالات} = \frac{n(n-۱)}{۲} \Rightarrow \text{مثال} \frac{۵\times۴}{۲} = ۱۰ \text{ حالت}$$

۴۷: در اتم هیدروژن، الکترون در تراز $n=۴$ قرار دارد. با درنظر گرفتن تمام گذارهای ممکن، چند نوع فوتون با انرژی‌های متفاوت ممکن است گسیل شود؟

۱) ۳ ۲) ۴ ۳) ۶ ۴) ۸

۴۸: هرگاه در اتم هیدروژن الکترونی بخواهد از لایه‌ی شماره ۵ به حالت پایه دربیاید چند درصد پرتوها قابل رؤیت هستند؟ (پرتوهای غیرتکراری)

۱) حداقل ٪۳۰ ۲) حداکثر ٪۳۰ ۳) حداقل ٪۴۰ ۴) حداکثر ٪۴۰

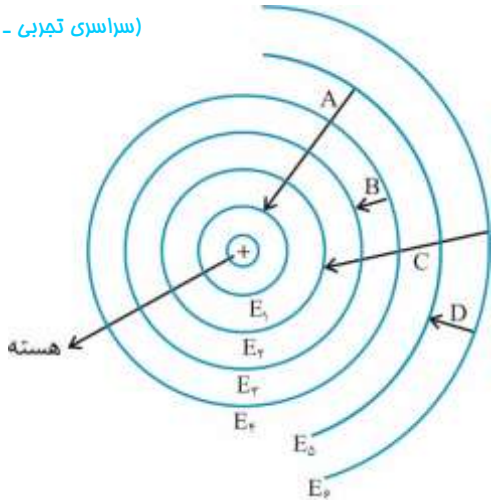
۴۹: در تابش اتم هیدروژن، پرتوهای وابسته به رشته‌ی پفوند، در چه محدوده‌ای از طیف موج‌های الکترومغناطیسی است؟ (سراسری تجربی ـ ۹۲)

۱) فروسرخ ۲) فرابنفش ۳) فروسرخ و مرئی ۴) فرابنفش و مرئی

۵۰: در اتم هیدروژن، الکترون از تراز $n=۳$ به تراز $n=۱$ می‌آید. فوتون گسیلی، مربوط به کدام رشته و کدام منطقه از طیف موج‌های الکترومغناطیسی است؟

۱) بالمر ـ فرابنفش ۲) لیمان ـ مرئی ۳) لیمان ـ فرابنفش ۴) بالمر ـ فروسرخ

تست ۵۱: شکل روبه‌رو، مدارهای الکترون در الگوی بور برای اتم هیدروژن را نشان می‌دهد. در کدام گسیل، طول‌موج وابسته به فوتون تابش شده بلندتر است؟ (سراسری تجربی ـ ۹۴)



۱) A
۲) B
۳) C
۴) D

تست ۵۲: اختلاف طول‌موج دومین و سومین خط طیفی اتم هیدروژن در رشته‌ی پاشن $(n' = ۳)$ چند نانومتر است؟ $(R = \frac{۱}{۱۰۰}(nm)^{-۱})$ (سراسری ریاضی خارج از کشور ـ ۹۹)

۱) $\frac{۸۲۵}{۸}$
۲) ۱۵۰
۳) $\frac{۸۲۵}{۴}$
۴) ۳۰۰

تست ۵۳: در اتم هیدروژن، الکترون در مدار n قرار دارد. اگر این الکترون به مدار $n' = ۳$ برود، فوتونی به طول‌موج $۱۲۰۰nm$ گسیل می‌کند، n کدام است؟ $(R = ۰/۰۱(nm)^{-۱})$ (سراسری ریاضی ـ ۹۹)

۱) ۴
۲) ۵
۳) ۶
۴) ۷

تست ۵۴: طول‌موج پنجمین خط طیف اتم هیدروژن در رشته بالمر $(n' = ۲)$ تقریباً چند نانومتر است و این خط در کدام گستره‌ی طیف موج‌های الکترومغناطیسی قرار دارد؟ $(R = ۰/۰۱۱(nm)^{-۱})$ (سراسری ریاضی ـ ۹۹)

۱) ۴۳۳ ، مرئی
۲) ۴۳۳ ، فرابنفش
۳) ۳۹۶ ، فروسرخ
۴) ۳۹۶ ، فرابنفش

۵۵: در طیف گسیلی هیدروژن، کوتاه‌ترین طول‌موج گسیلی چند نانومتر است و این گسیل مربوط به کدام رشته است؟ $(R = ۰/۰۱(nm)^{-۱})$ (سراسری ریاضی ـ ۹۸)

۱) ۱۰۰ و بالمر ۲) ۱۰۰ و لیمان ۳) $\frac{۴۰۰}{۳}$ و بالمر ۴) $\frac{۴۰۰}{۳}$ و لیمان

۵۶: در رشتهٔ براکت، برای اتم هیدروژن در رابطهٔ $\frac{۱}{\lambda} = R(\frac{۱}{m^۲} - \frac{۱}{n^۲})$ به ازای $n = m + ۲$ طول‌موج گسیلی چند میکرومتر است؟ $(R = \frac{۱}{۱۰۰} nm^{-۱})$ (سراسری تجربی خارج از کشور ـ ۹۷)

۱) ۱/۲۰ ۲) ۱/۴۰ ۳) ۲/۸۸ ۴) ۵/۱۰

۵۷: در اتم هیدروژن بسامد چندمین خط طیفی در رشته لیمان $(\acute{n}=۱)$ برابر $\frac{۸}{۳}\times ۱۰^{۱۵}$ Hz است؟ $(c=۳\times ۱۰^{۸}\frac{m}{s}\ ,\ R=\frac{۱}{۱۰۰}(nm)^{-۱})$ (سراسری تجربی ـ ۱۴۰۰)

۱) اولین ۲) دومین ۳) سومین ۴) چهارمین

۵۸: در اتم هیدروژن در رشته بالمر $(\acute{n}=۲)$، بلندترین طول موج گسیل شده، چند نانومتر بیشتر از کوتاه ترین طول موج این رشته است؟ $(R=۰/۰۱(nm)^{-۱})$ (سراسری ریاضی ـ ۱۴۰۰)

۱) ۲۴۰ ۲) ۳۲۰ ۳) ۴۰۰ ۴) ۵۰۰

۵۹: اختلاف بسامد اولین و دومین خط طیف اتم هیدروژن در رشته معین $\frac{۳۵}{۲۴}\times ۱۰^{۱۴}\ Hz$ است.این رشته کدام است؟

$(c=۳\times ۱۰^{۸}\ \frac{m}{s}\ ,\ R=\frac{۱}{۱۰۰}(nm)^{-۱})$

(سراسری ریاضی ـ دی ۱۴۰۲)

۱) براکت ، $(\acute{n}=۴)$ ۲) لیمان ، $(\acute{n}=۱)$ ۳) پاشن ، $(\acute{n}=۳)$ ۴) بالمر ، $(\acute{n}=۲)$

۶۰: طول موج دومین خط طیف رشته براکت $(\acute{n}=۲)$ چند برابر طول موج چهارمین خط طیف رشته بالمر $(\acute{n}=۲)$ است؟

(سراسری تجربی ـ ۱۴۰۱)

۱) $\frac{۷۲}{۵}$ ۲) ۸ ۳) $\frac{۳۲}{۵}$ ۴) ۴

معادله‌ی ریدبرگ:

معادله‌ی ریدبرگ براساس تجربه‌ای بود که از طول‌موج‌های گسیل شده از طیف الکترومغناطیسی اتمی هیدروژن به‌دست آمده بود.

مدل‌های اتمی رایج در آن زمان در خصوص این‌که چرا تنها طول‌موج‌های معینی توسط هیدروژن اتمی تابش می‌شود، پاسخی نداشتند.

تا این‌که بور فیزیک‌دان دانمارکی با اصلاح مدل اتمی رادرفورد برای نخستین بار توانست توضیح مناسبی را برای طول‌موج‌های گسسته‌ی تابش شده توسط گاز هیدروژن اتمی ارائه دهد.

در واقع مدل بور، آغاز راهی برای درک این موضوع بود که چگونه ساختار اتم، طول موج‌های تابش شده را به مقدارهای معینی محدود می‌کند.

در ادامه مدل اتمی تامسون، رادرفورد و بور را بررسی می‌کنیم.

مدل اتمی تامسون:

تامسون فیزیک‌دان انگلیسی موفق به کشف الکترون و اندازه‌گیری نسبت بار به جرم $\frac{e}{m}$ آن شد. بنابر مدل اتمی تامسون، اتم 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.

از مدل اتمی تامسون گاهی با نام مدل کیک کشمشی نیز یاد می‌شود، زیرا الکترون‌ها مانند دانه‌های کشمش در آن پخش شده‌اند.

در مدل اتمی تامسون الکترون‌ها با بسامدهای معینی حول وضع تعادلشان نوسان می‌کنند و همین نوسان سبب تابش امواج الکترومغناطیسی از اتم می‌شود.

یکی از ناکامی این مدل این بود که بسامدهای تابش گسیل شده از اتم، که این مدل پیش‌بینی می‌کرد با نتایج تجربی سازگار نبود. از طرفی رادرفورد نتایج آزمایش‌هایی را انتشار داد که مدل اتمی تامسون نمی‌توانست آن‌ها را توضیح بدهد. بدین ترتیب مدل اتمی تامسون کنار گذاشته شد.

الگوی اتمی رادرفورد:

رادرفورد و همکارانش باریکه‌ای از ذرات آلفا (از جنس هسته هلیم) که دارای بار مثبت هستند را بر سطح ورقه‌ای نازک از جنس طلا تاباندند.

رادرفورد بنا بر مدل تامسون انتظار داشت که تمامی ذره‌های آلفا، با انحراف بسیار اندکی از ورقه‌های طلا بگذرند اما این آزمایش نتایج دیگری را به دنبال داشت.

۱- تعداد بیش‌تر ذره‌های آلفا بدون انحراف از ورقه‌های طلا عبور کرده و در برخورد با صفحه‌ی فلوئورسان در پشت ورقه‌ی طلا جرقه‌های نورانی تولید می‌کنند.

۲- برخی از ذره‌های آلفا هنگام خروج از ورقه‌ی طلا در زاویه‌های بزرگ منحرف و پراکنده می‌شوند و حتی تعدادی از آن‌ها نیز به عقب برمی‌گشتند.

رادرفورد پس از انجام این آزمایش و براساس مدل تامسون و با شناختی که خود از باریکه‌ی ذرات آلفا داشت، گفت:

مثل آن بود که گلوله‌ی توپی را به ورقه‌ی نازکی از کاغذ شلیک کنید و با شگفتی مشاهده کنید که پس از برخورد گلوله‌ی توپ با سطح کاغذ، گلوله باز گردد.

نتیجه‌گیری کرد که: اتم در مرکز خود دارای یک هسته‌ی بسیار چگال و کوچک با بار مثبت است که تعدادی الکترون در فاصله‌هایی به نسبت دور آن را احاطه کرده‌اند.

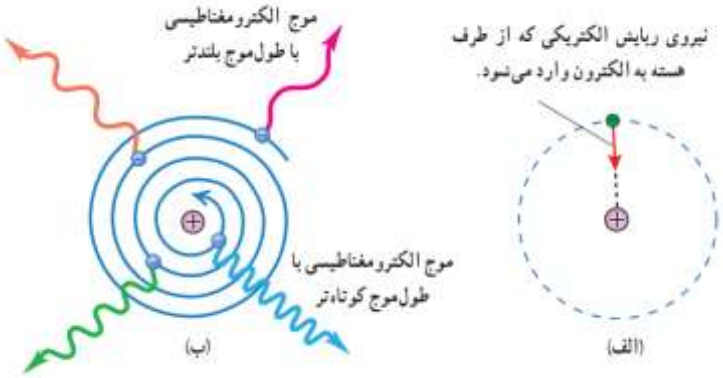
۳۸: در حالت طبیعی، اتم از نظر بار الکتریکی خنثی است، زیرا بار مثبت هسته، درست مساوی مجموع بار منفی الکترون‌هایی است که هسته را دربرگرفته‌اند.

۳۹: مدل اتمی رادرفورد که آن را مدل اتم هسته‌ای یا مدل هسته‌ای اتم می‌نامند. باوجود این‌که در مواردی با موفقیت همراه بود اما دچار چالش‌های جدیدی نیز شد که خود رادرفورد در مواجه شدن با این چالش‌ها بیان کرد که «نباید از مدلی که براساس بعضی نتایج تجربی ساخته شده است، انتظار داشته باشیم به تمامی چالش‌های پاسخ دهد.»

۴۰: مشکلات اصلی الگوی اتمی رادرفورد عبارتند از:

۱- این مدل نمی‌تواند طیف گسسته اتمی را توجیه کند.

۲- این مدل نمی‌تواند پایداری حرکت الکترون در چرخیدن به دور هسته و درنتیجه پایداری اتم را توجیه کند.



چرا این مدل در موارد فوق ناتوان است:

۱- اگر الکترون نسبت به هسته ساکن فرض شود، باید تحت تأثیر نیروی ربایشی بین هسته و الکترون، روی هسته سقوط کنند. در این حالت اتم باید ناپایدار باشد که چنین چیزی با واقعیت سازگاری ندارد.

۲- اگر الکترون‌ها، مانند سیاره‌های منظومه‌ی خورشیدی که به دور خورشید می‌چرخند به دور هسته در گردش باشند، باز هم این حرکت پایدار نمی‌ماند.

۳- با حرکت الکترون به دور هسته حرکت شتابداری ایجاد می‌شود، که در این حرکت طبق فیزیک کلاسیک (تئوری ماکسول) باید موج الکترومغناطیسی گسیل شود و بسامد موج تابیده شده با بسامد حرکت الکترون برابر است.

۴- با گسیل موج الکترومغناطیسی، از انرژی الکترون کم شده و با کم شدن الکترون شعاع مدار حرکت الکترون کاهش و بسامد حرکت افزایش می‌یابد. درنتیجه بسامد موج الکترومغناطیسی تابش شده نیز بیش‌تر می‌شود و به تدریج الکترون تمام طول‌موج‌ها را تابش کرده و طیف تابش شده پیوسته است.

۵- پس از مدتی، انرژی الکترون پایان یافته و الکترون بر روی هسته سقوط می‌کند.

این نتیجه علاوه بر این‌که با واقعیت ناسازگار است با طیف خطی گسیل شده توسط اتم‌ها نیز جور درنمی‌آید.

۶۱: طبق مدل اتمی رادرفورد، بار مثبت در اتم چگونه توزیع شده است؟

۱) بر روی کره‌های هم مرکز توزیع شده است.

۲) در تمام حجم اتم به‌طور نامنظم توزیع شده است.

۳) در قسمت کوچکی متمرکز است.

۴) در تمام حجم اتم به‌طور منظم توزیع شده است.

مدل اتمی بور:

بور مدلی را برای اتم هیدروژن ارائه کرد. این مدل افزون بر آن‌که مسئله‌ی ناپایداری اتم را در مدل رادرفور حل کرد، معادله‌ی ریدبرگ برای طیف خطی اتم هیدروژن را نیز دربرداشته است. بور نظریه‌ی اتمی خود را با مدل اتم هسته‌ای رادرفورد شروع کرد و برای آن‌که بتواند ایرادهای آن را برطرف کند فرض‌هایی برای مدل اتمی مطرح کرد.

۱- مدارها و انرژی‌های الکترون‌ها در هر اتم کوانتیده‌اند، یعنی الکترون‌ها نمی‌توانند روی هر مداری به دور هسته بچرخند، بلکه تنها می‌توانند روی مدارهای دایره‌ای شکل، با شعاع معینی حرکت کنند که به آن‌ها مدارهای مانا گفته می‌شود.

۲- چنانچه یک الکترون در یکی از مدارهای مجاز قرار گرفته باشد، هیچ نوع تابش الکترومغناطیسی نخواهد داشت، از این‌رو گفته می‌شود که الکترون در مدار مانا یا حالت مانا قرار دارد.

۳- شعاع مدارهای مانا مقادیر مشخص و گسسته‌ای دارند. $r_n = a_0 n^2$

n : عدد کوانتومی نامیده می‌شود که مدار الکترون را دور هسته مشخص می‌کند. $(n = 1, 2, 3, \ldots)$

a_0 : شعاع کوچک‌ترین مدار در اتم هیدروژن به ازای $n = 1$ است. $a_0 = r_1 = 0/529 \times 10^{-10} m$

به a_0 شعاع بور برای اتم هیدروژن نامیده می‌شود.

تذکر هرچه از هسته دورتر می‌شویم، هم شعاع مدارها افزایش می‌یابد و هم فاصله‌ی دو مدار متوالی زیاد می‌شود.

۴- انرژی الکترون برای اتم هیدروژن از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید:

$$E_n = \frac{-13/6 eV}{n^2}$$

$$\xrightarrow{n=1} E_1 = -13/6 eV$$

اندازه‌ی E_1 را یک ریدبرگ می‌نامند و با نماد E_R نشان می‌دهند.

۵- الکترون‌ها می‌توانند با دریافت انرژی از یک حالت مانا پایین‌تر به حالت مانای بالاتر بروند (برانگیخته شوند) و همچنین می‌توانند با گسیل انرژی دریافتی به‌صورت طیف از تراز بالاتر به تراز پایین‌تر برگردند.

تکته **۴۱: در 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، که انرژی فوتون تابش شده برابر اختلاف انرژی بین دو مدار اولیه و مدار نهایی است.** معادله‌ی گسیل فوتون از اتم $E_U - E_L = hf$

تکته **۴۲: با توجه به منفی بودن E_n، هرچه الکترون از هسته دورتر شود، انرژی الکترون افزایش می‌یابد.**

نکته ۴۳: پایین‌ترین تراز انرژی ما حالت پایه نامیده می‌شود تا از ترازهای بالاتر که حالت‌های برانگیخته نامیده می‌شوند، متمایز باشد.

نکته ۴۴: با افزایش n انرژی حالت‌های برانگیخته به هم نزدیک و نزدیک‌تر می‌شوند درنتیجه با دور شدن از هسته، اختلاف انرژی ترازهای متوالی کاهش می‌یابد.

نکته ۴۵: کم‌ترین انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از حالت پایه، انرژی یونش الکترون نام دارد. مثلاً مقدار ۱۳/۶eV انرژی باید صرف کرد تا الکترون اتم هیدروژن را از حالت پایه ($n=1$) به بالاترین حالت برانگیخته ممکن ($n=\infty$) رساند.

می‌توان معادله‌ی ریدبرگ را برای اتم هیدروژن به کمک مدل بور به دست‌آورد. در این حالت فرض کنید در اتم هیدروژن الکترون از مدار مانای n_U به مدار مانای n_L با انرژی کم‌تر می‌رود و فوتونی را گسیل می‌کند. در این حالت داریم:

$$hf = E_L - E_U \xrightarrow{|E|=\frac{E_R}{n^2}} hf = E_R\left(\frac{1}{n_L^2}-\frac{1}{n_U^2}\right)$$

$$\xrightarrow{f=\frac{C}{\lambda}} \frac{hC}{\lambda} = E_R\left(\frac{1}{n_L^2}-\frac{1}{n_U^2}\right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{E_R}{hC}\left(\frac{1}{n_L^2}-\frac{1}{n_U^2}\right)$$

$$\left.\begin{array}{l}\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2}-\frac{1}{n^2}\right)\\ \frac{1}{\lambda} = \frac{E_R}{hC}\left(\frac{1}{n_L^2}-\frac{1}{n_U^2}\right)\end{array}\right\} \xrightarrow{\text{با مقایسه این ۲ داریم}} \boxed{R=\frac{E_R}{hC}}$$

این مقدار با تقریب بسیار خوبی همان ثابت ریدبرگ (R) است.

تست ۶۲: اگر شعاع مدار مانای اول در الگوی اتمی بور برابر a_0 باشد، شعاع مدار مانای شماره‌ی n برابر است با:

۱) $a_0 n$ ۲) $a_0 n^2$ ۳) $a_0\sqrt{n}$ ۴) $2a_0 n$

۶۲: در اتم هیدروژن، انرژی الکترون در یک مدار $-۰/۸۵eV$ است. اگر الکترون از این مدار به مداری که انرژی الکترون در آن $-۳/۴eV$ است برود، شعاع مداری که در آن حرکت می‌کند چند برابر می‌شود؟ $(E_R = ۱۳/۶eV)$

(سراسری ریاضی ـ ۹۷)

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

۶۴: اتم در صورتی نور تابش می‌کند که:

۱) در اثر گرما، الکترون مستقیماً به فوتون تبدیل شود.

۲) الکترون جذب هستهٔ اتم شود.

۳) الکترون از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین‌تر پرش کند.

۴) الکترون از تراز انرژی پایین تر به تراز انرژی بالاتر پرش کند.

۶۵: مقدار انرژی‌ای که یک الکترون تابش می‌کند تا در اتم، از یک تراز به تراز پایین‌تر برود، متناسب با کدام کمیت وابسته به موج الکترومغناطیسی گسیل شده است؟

۱) بسامد ۲) تندی ۳) طول‌موج ۴) هر سه

۶۶: یک اتم هیدروژن در حالت پایه قرار دارد. بیش‌ترین طول‌موج نوری که بتواند این اتم هیدروژن را یونیزه کند چند نانومتر است؟ $(R = ۰/۰۱nm^{-۱})$

(سراسری ریاضی ـ ۹۷)

۱) ۶۰۰ ۲) ۵۰۰ ۳) ۲۰۰ ۴) ۱۰۰

۶۷: 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؟

(سراسری ریاضی خارج از کشور ـ ۹۸)

۱) ۳۵/۸ ۲) ۲۵/۶ ۳) ۳/۹۸ ۴) ۱

۶۸: کدام یک از موارد زیر را نمی توان برای اتم های هیدروژن گونه ، با استفاده از مدل اتمی بور توجیه کرد؟

(سراسری تجربی ـ ۱۴۰۰)

۱) تعیین پایداری اتم

۲) طول موج های گسیلی طیف اتم

۳) گسسته بودن ترازهای انرژی الکترون در اتم

۴) متفاوت بودن شدت خط های طیف گسیلی اتم

۶۹: در اتم هیدروژن وقتی الکترون از چهارمین حالت برانگیخته به حالت پایه جهش می کند ، بسامد فوتون گسیل شده چند هرتز است؟ $(h=۴\times۱۰^{-۱۵}\ eV.s\ ,\ E_R=۱۳/۶\ eV)$

(سراسری ریاضی ـ دی ۱۴۰۲)

۱) $۳/۱۸۷۵\times۱۰^{-۱۵}$ ۲) $۳/۲۶۴\times۱۰^{-۱۵}$ ۳) $۲/۵۵\times۱۰^{-۱۵}$ ۴) $۲/۷۲\times۱۰^{-۱۵}$

۷۰: کدام انرژی (بر حسب الکترون ولت) وابسته به فوتونی در محدوده نور مرئی است؟ $(hc=۱۲۴۰\ ev.nm)$

(سراسری ریاضی ـ دی ۱۴۰۲)

۱) ۱ ۲) ۲/۵ ۳) ۴/۵ ۴) ۱۰