پویش علمی جهاد

فیزیک کلاسیک:

$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$ $F = ma$ ← مکانیک نیوتونی

ترمودینامیک

نظریه الکترومغناطیس ماکسول

فیزیک جدید:

نظریه نسبیت خاص: مطالعه پدیده ها در تندی های بسیار زیاد و قابل مقایسه با تندی نور

نظریه نسبیت عام : مطالعه هندسه فضا ـ زمان و گرانش

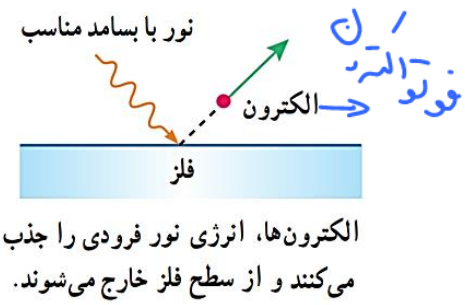
نظریه کوانتومی : مطالعه پدیده ها در مقیاس های بسیار کوچک، مانند اتم ها و ذره های سازنده

و *فیزیک هسته ای، فیزیک ذرات بنیادی و کیهان شناسی*

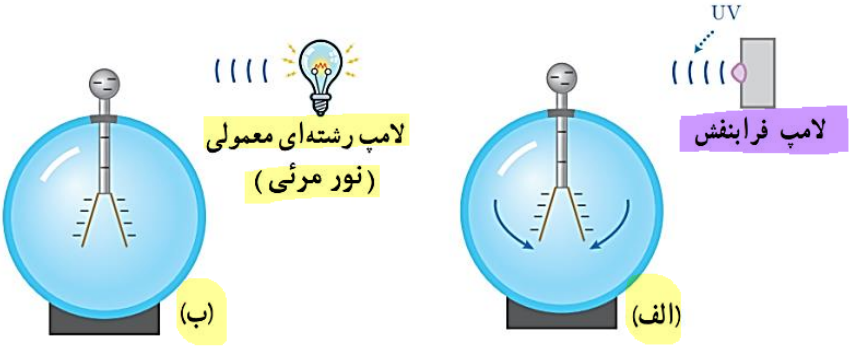
اثر فوتوالکتریک و فوتون:

وقتی نوری با بسامد مناسب مانند نور فرابنفش به سطحی فلزی بتابد الکترون هایی از آن گسیل می شوند.

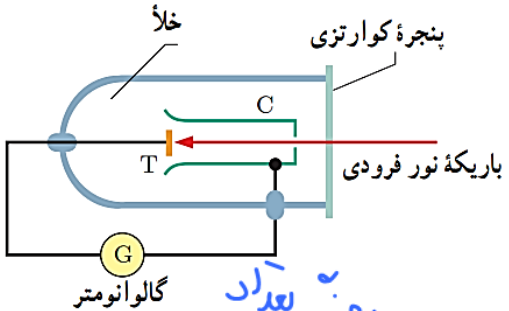
این پدیده فیزیکی را، اثر فوتوالکتریک و الکترونهای جدا شده از سطح فلز را فوتوالکترون می نامند.

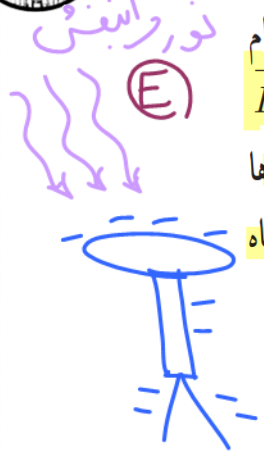


الکترون‌ها، انرژی نور فرودی را جذب می‌کنند و از سطح فلز خارج می‌شوند.



در اثر فوتوالکتریک، نوری تکفام با بسامدی به قدر کافی بالا، الکترون‌ها را از سطح صفحهٔ فلزی T بیرون می‌آورد. این فوتوالکترون‌ها، به طرف جمع‌کنندهٔ C می‌روند و جریانی را در مدار به‌وجود می‌آورند.





نور، موجی الکترومغناطیسی است. بنابراین می‌توان انتظار داشت هنگام برهم‌کنش موج الکترومغناطیسی (نور فرودی) با سطح فلز، میدان الکتریکی این موج، نیروی $\vec{F} = -e\vec{E}$ به الکترون‌های فلز وارد کند و آنها را به نوسان وادارد. به این ترتیب، وقتی دامنهٔ نوسان برخی از الکترون‌ها به قدر کافی بزرگ شود انرژی جنبشی لازم را برای جدا شدن از سطح فلز پیدا می‌کنند. بنا به این دیدگاه کلاسیکی، این پدیده باید با هر بسامدی رخ دهد در حالی که این نتیجه با تجربه سازگار نیست.

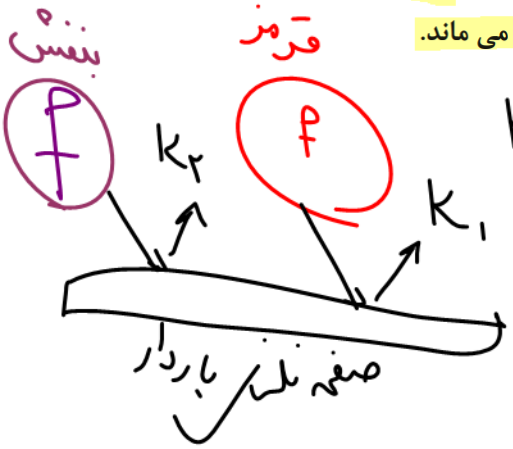
$E = \frac{F}{q} \rightarrow F = Eq$

یکی دیگر از پیامدهای نظریهٔ الکترومغناطیسی ماکسول این است که شدت نور با مربع دامنهٔ میدان الکتریکی موج الکترومغناطیسی متناسب است ($I \propto E^2$). به این ترتیب انتظار می‌رود به‌ازای یک بسامد معیّن، 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.

نارسایی های فیزیک کلاسیک در توجیه پدیده فوتوالکتریک:

۱. بنا به دیدگاه کلاسیکی، این پدیده باید با هر بسامدی رخ دهد در حالی که آزمایش نشان می دهد که اگر بسامد نور فرودی از مقدار معیّنی کمتر باشد، هر چقدر هم که شدت نور فرودی افزایش یابد این پدیده رخ نمی دهد.(در صورت وقوع پدیده فوتوالکتریک با افزایش بسامد نور فرودی انرژی جنبشی و سرعت فوتوالکترونها افزایش می یابد.)

۲. بنا به دیدگاه کلاسیکی انتظار می رود به ازای یک بسامد معیّن، اگر شدت نور فرودی بر سطح فلز را افزایش دهیم باید الکترون ها با انرژی جنبشی بیشتری از فلز خارج شوند، نتیجه ای که تجربه آن را تأیید نمی کند. افزایش شدت نور فرودی (افزایش توان لامپ) فقط تعداد فوتوالکترونهای جدا شده را افزایش می دهد ولی انرژی جنبشی آنها ثابت می ماند.



$K_2 > K_1$

$K_1 = K_2$

بسامد $n_2 > n_1$

پویش علمی جهاد

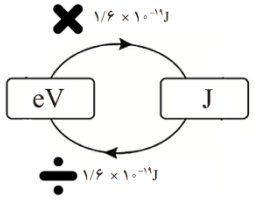
توجیه اثر فوتوالکتریک:

اینشتین در نظریه فوتوالکتریک خود با توجه به کارهای قبلی پلانک در زمینه تابش گرمایی اجسام، فرض کرد که نورباسامد f را می توان به صورت مجموعه ای از بسته های انرژی در نظر گرفت . انرژی هر بسته ، که فوتون نامیده شد برابر است با:

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

ثابت پلانک

$$h = ۶/۶۳\times۱۰^{-۳۴}\,J.s = ۴/۱۴\times۱۰^{-۱۵}\,eV.s$$



$$۱eV = ۱/۶۰\times۱۰^{-۱۹}\,J$$

دقت کنید که هر فوتون صرفا با با یکی از الکترونهای فلز برهم کنش می کند. ضمنا با تغییر محیط انرژی فوتون ها تغییر نمی کند زیرا...

انرژی کل تابش فرودی:

انرژی n فوتون = $E = nhf = \frac{nhc}{\lambda}$

توان لامپ $p = \frac{E}{t} = \frac{nhf}{t} = \frac{n\frac{hc}{\lambda}}{t}$

$$E = P\times t = nhf\times t$$

اگر چشمه تابش، لامپی با توان و بازده مشخص باشد:

$$\mathbf{Ra}\times Pt = nhf = \frac{nhc}{\lambda}$$

محاسبه شدت تابشی متوسط نور:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{E}{tA} = \frac{nhf}{tA} = \frac{nhc}{\lambda tA}$$

۱ - پدیدهٔ فوتوالکتریک با فوتون کدام یک از پرتوهای زیر بهتر صورت می‌پذیرد؟

① فرابنفش ② قرمز ③ فروسرخ ④ رادیویی

۲ - کدام گزینه نادرست است؟

① بر اساس فیزیک کلاسیک، شدت نور با دامنه میدان الکتریکی موج الکترومغناطیسی متناسب است.

② بر اساس دیدگاه فیزیک کلاسیک پدیدهٔ فوتوالکتریک باید در هر بسامدی رخ دهد.

③ طبق نظریهٔ اینشتین در پدیدهٔ فوتوالکتریک هر فوتون فرودی تنها با یک الکترون برهم کنش می‌کند.

④ طبق نظریهٔ اینشتین اگر بسامد فوتون فرودی بر سطح فلز به اندازهٔ کافی بزرگ باشد، الکترون به‌طور آنی از سطح فلز گسیل می‌شود.

۳ - اگر نور تک‌رنگی از هوا وارد آب شود، طول موج و انرژی وابسته به فوتون آن به ترتیب چگونه تغییر می‌کند؟

① هر دو کاهش می‌یابد. ② هر دو افزایش می‌یابد. ③ افزایش می‌یابد، تغییر نمی‌کند. ④ کاهش می‌یابد، تغییر نمی‌کند.

۴ - اگر ضریب ثابت پلانک $۶٫۶ \times ۱۰^{-۳۴}$ ژول ثانیه باشد، این ضریب چند الکترون ولت ثانیه است؟

$(e = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C)$

① $\frac{۳۳}{۸} \times ۱۰^{۱۵}$ ② $\frac{۸}{۳۳} \times ۱۰^{-۱۵}$ ③ $\frac{۳۳}{۸} \times ۱۰^{-۱۵}$ ④ $\frac{۸}{۳۳} \times ۱۰^{۱۵}$

۴ - انرژی فوتونی $۲keV$ است. طول موج وابسته به این فوتون چند نانومتر است؟

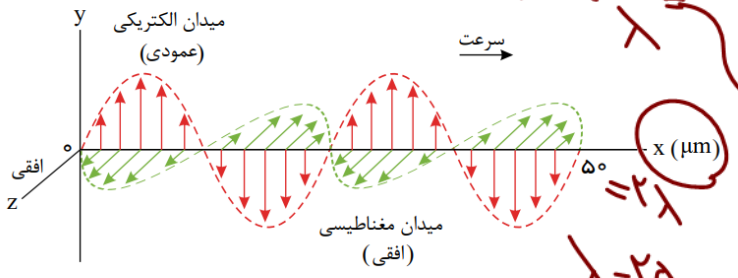
$(h = ۴ \times ۱۰^{-۱۵} eV \cdot s, c = ۳ \times ۱۰^{۵} \frac{km}{s})$

① ۵۰ ② ۶۰ ③ ۰٫۵ ④ ۰٫۶

۲۰ - شکل زیر، تصویری از یک موج الکترومغناطیسی است که در خلأ در حال انتشار است. انرژی هریک از فوتون‌های این موج چند الکترون- ولت است؟

خارج از کشور- ۱۳۹۹

$(h = ۴ \times ۱۰^{-۱۵} eV \cdot s, c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s})$



① ۲٫۴
② $۲٫۴ \times ۱۰^{-۲}$
③ ۴٫۸
④ $۴٫۸ \times ۱۰^{-۲}$

پویش علمی جهاد

۵ - انرژی چند فوتون با طول موج ۵ میکرومتر با انرژی یک فوتون اشعهٔ گاما با طول موج ۰٫۲ پیکومتر برابر است؟

① ۲۵ ② ۴۰ ③ $۲٫۵ \times ۱۰^{۷}$ ④ ۴×۱۰^{۷}

$n=?$

$E = E'$

$nhf = hf'$

$n\times\frac{c}{\lambda} = \frac{c}{\lambda'} \rightarrow n = \frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{۵\times۱۰^{-۶}}{۰٫۲\times۱۰^{-۱۲}} = \frac{۵\times۱۰^{-۶}}{۰٫۲} = ۲۵\times۱۰^{۶}$

۲۰ - اختلاف طول موج پرتوهای A و B در خلأ برابر با ۴۵۰ نانومتر است. اگر انرژی هر فوتون پرتوی B، ۱۰ برابر انرژی هر فوتون پرتوی A باشد، بسامد پرتوی B چند هرتز است؟ $(c = ۳ \times ۱۰^{۸} m/s)$

① ۶×۱۰^{۱۵} ② ۶×۱۰^{۱۶} ③ ۵×۱۰^{۱۵} ④ ۵×۱۰^{۱۶}

$\lambda_A - \lambda_B = ۴۵۰\ nm$

$۱۰\lambda_B - \lambda_B = ۴۵۰\ nm$

$۹\lambda_B = ۴۵۰\ nm$

$\lambda_B = ۵۰\ nm \rightarrow f_B = \frac{c}{\lambda_B} = \frac{۳\times۱۰^{۸}}{۵۰\times۱۰^{-۹}} = ۰٫۶\times۱۰^{۱۷} = ۶\times۱۰^{۱۶}$

$E_B = ۱۰ E_A$

$\frac{hc}{\lambda_B} = ۱۰\frac{hc}{\lambda_A} \rightarrow \lambda_A = ۱۰\lambda_B$

۲۵ - 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؟ $(c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s})$

سراسری- ۱۴۰۱

① ۵×۱۰^{۱۵} ② ۲×۱۰^{۱۵} ③ ۲×۱۰^{۱۴} ④ ۵×۱۰^{۱۴}

$E_B = \frac{۲}{۴} E_A \rightarrow \frac{hc}{\lambda_B} = \frac{۲}{۴}\frac{hc}{\lambda_A} \rightarrow \lambda_A = \frac{۴}{۲}\lambda_B$

$\lambda_B - \lambda_A = ۵۰$

$\lambda_B - \frac{۲}{۴}\lambda_B = ۵۰$

$\frac{۱}{۲}\lambda_B = ۵۰$

$\lambda_B = ۱۰۰\ nm \rightarrow \lambda_A = ۱۵۰\ nm$

$\lambda_B > \lambda_A$

$f_B < f_A$

$f = \frac{c}{\lambda}$ ↑

$\Delta f = f_A - f_B = \frac{c}{\lambda_A} - \frac{c}{\lambda_B} = c\left(\frac{۱}{\lambda_A} - \frac{۱}{\lambda_B}\right)$

$\Delta f = ۳\times۱۰^{۸}\left(\frac{۱}{۱۵۰\times۱۰^{-۹}} - \frac{۱}{۲۰۰\times۱۰^{-۹}}\right) = ۳\times۱۰^{۱۶}\left(\frac{۱}{۱۵} - \frac{۱}{۲۰}\right)$

$\Delta f = ۳\times۱۰^{۱۶}\times\frac{۱}{۶۰} = ۰٫۵\times۱۰^{۱۶} = ۵\times۱۰^{۱۴}\ Hz$

۱۱ - بسامد یک فرستندهٔ رادیویی FM، ۷۵ مگاهرتز و توان تشعشع آنتن آن $۴٫۸ \times ۱۰^{۴}$ وات است. در هر ثانیه چند فوتون از این آنتن گسیل می‌گردد؟ $(e = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C \ , \ h = ۴ \times ۱۰^{-۱۵} eV \cdot s)$ خارج از کشور- ۱۳۹۶

① $۱۰^{۳۰}$ ② $۷٫۵ \times ۱۰^{۲۰}$ ③ ۱۶×۱۰^{۲۰} ④ ۱۶×۱۰^{۱۰}

$E = nhf$

$Pt = nhf \rightarrow ۴٫۸ \times ۱۰^{۴} \times ۱ = n \times ۴ \times ۱۰^{-۱۵} \times ۱۶ \times ۱۰^{-۱۹} \times ۲۵ \times ۱۰^{۶}$

$۱۰^{۴} = n \times ۱۰۰ \times ۱۰^{-۱۵} \times ۱۰^{-۱۲} \rightarrow n = ۱۰^{۳۰}$

۲۳ - یک لامپ ۱۰۰ واتی، نور آبی تابش می‌کند. اگر به جای این لامپ، یک لامپ ۱۰۰ واتی دیگر که نور نارنجی گسیل می‌کند را جایگزین کنیم، تعداد فوتون‌های گسیل شده در هر ثانیه ..... و انرژی هر فوتون گسیلی ..... .

① تغییر نمی‌کند ــ کاهش می‌یابد ② افزایش می‌یابد ــ کاهش می‌یابد ③ کاهش می‌یابد ــ کاهش می‌یابد ④ تغییر نمی‌کند ــ افزایش می‌یابد

آبی (۱) $n_۱$ $f_۱$ $\lambda_۲$

نارنجی (۲) $n_۲$ $f_۲$ $\lambda_۱$

$f_۱ > f_۲ \rightarrow hf_۱ > hf_۲$

$P_۱ = P_۲$

$\frac{n_۱ hf_۱}{t} = \frac{n_۲ hf_۲}{t}$

$n_۱ f_۱ = n_۲ f_۲$

۱۵ - یک لامپ ۲۰۰ وات، نور بنفش با طول موج $۴۰۰nm$ گسیل می‌کند. یک لامپ ۲۰۰ واتی دیگر نور زرد با طول موج $۶۰۰nm$ 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- ۱۳۹۸

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

$\frac{n_۲}{n_۱} = ?$

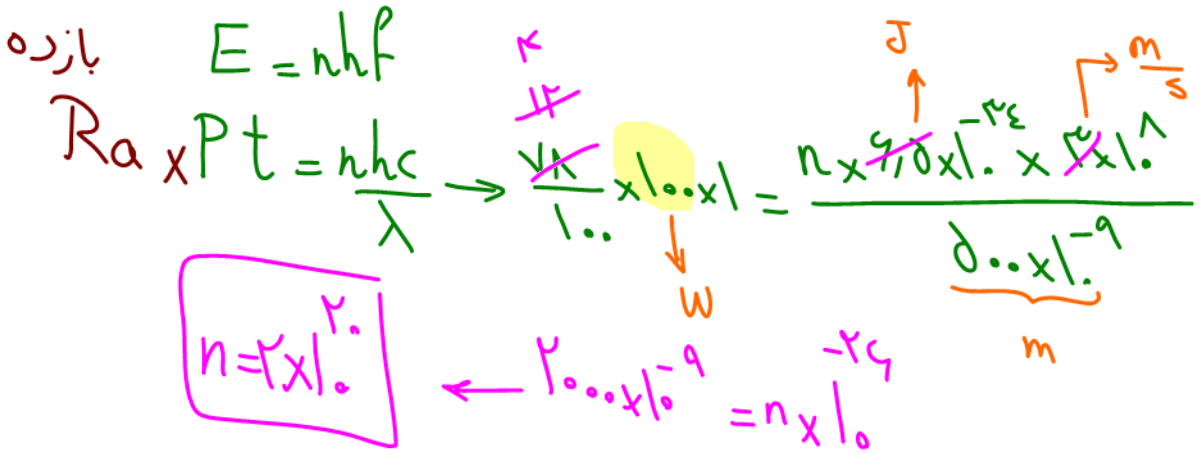
$E = nhf \rightarrow Pt = \frac{nhc}{\lambda} \rightarrow n = \frac{Pt\lambda}{hc} \rightarrow n \propto \lambda \Rightarrow \frac{n_۲}{n_۱} = \frac{\lambda_۲}{\lambda_۱} = \frac{۶۰۰}{۴۰۰} = \frac{۳}{۲}$

(P, t, h, c ثابت برابرند؛ hc عدد ثابت)

۳۱- اگر یک لامپ $100W$ تک رنگ به‌طور یکنواخت درهمه ی جهت ها انرژی گسیل کند، با فرض این که طول موج متناظر با فوتون های آن برابر با $500nm$ و بازده ی این لامپ برابر با $\%78$ باشد، در هر ثانیه از این لامپ چند فوتون گسیل می شود؟

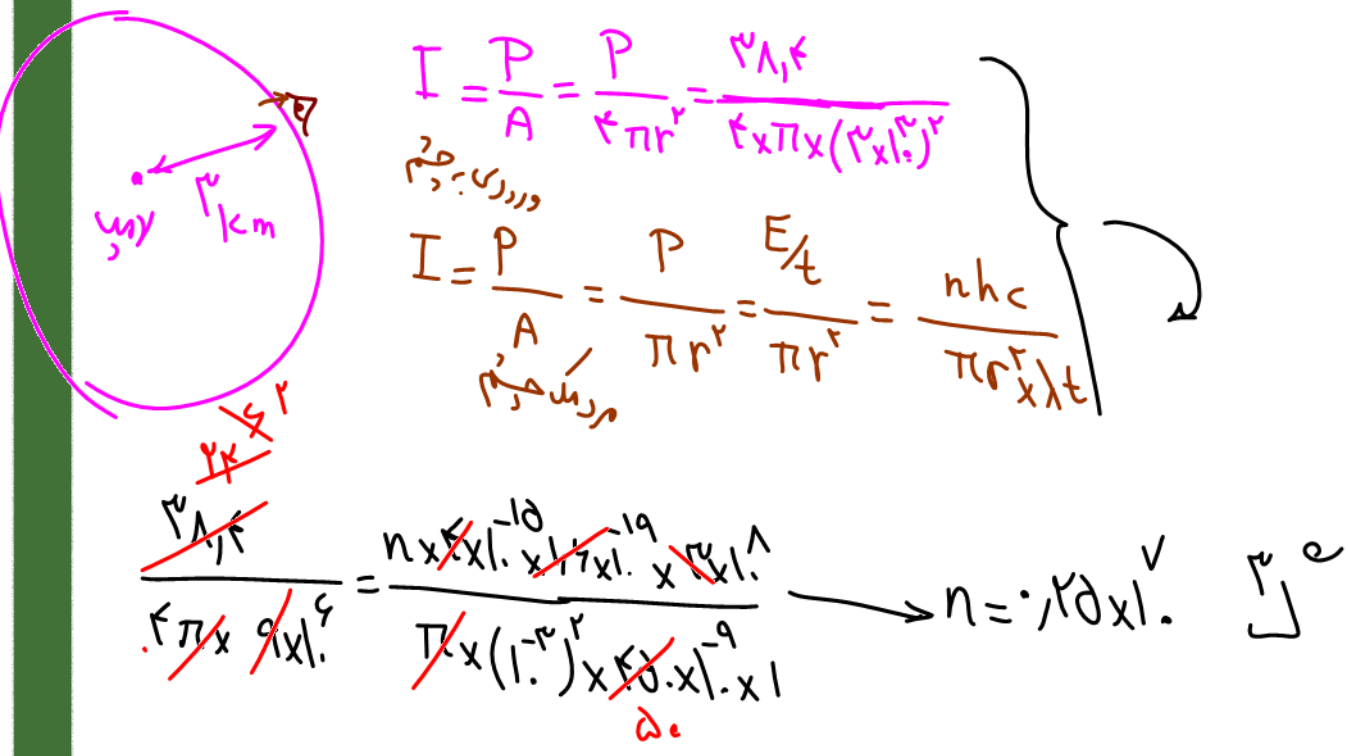
$(h = 6/5 \times 10^{-34} J \cdot s\ ,\ c = 3 \times 10^{8} \frac{m}{s})$

① 2×10^{18} ② 2×10^{20} ③ 2×10^{16} ④ 2×10^{21}

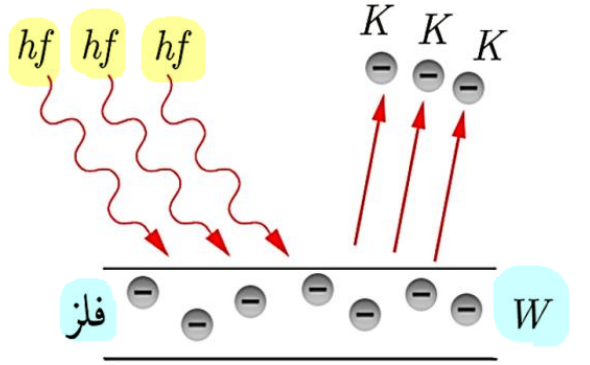


۳۲- یک لامپ روشنایی به توان $38/4W$ توسط ناظری از فاصلهٔ $3km$ دیده می‌شود. چه تعداد فوتون در هر ثانیه وارد مردمک چشم ناظر که قطر آن $2mm$ است، خواهد شد؟ (طول موج نور لامپ $450nm$، $h = 4 \times 10^{-15} eV$ ، $e = 1/6 \times 10^{-19} C$ ، $c = 3 \times 10^{8} \frac{m}{c}$ و فرض کنید که نور لامپ به‌طور عمودی به سطح مردمک چشم می‌رسد.)

① $1/5 \times 10^{6}$ ② 6×10^{7} ③ $0/25 \times 10^{7}$ ④ 5×10^{6}



پویش علمی جهاد
پایه دوازدهم
استاد باب الحوائجی



$$hf = W + K$$

رنگ (بسامد) نور فرودی	انرژی فوتون فرودی hf	انرژی جنبشی فوتوالکترونها K	
		فلز ۱ $W = ۵$	فلز ۲ $W = ۳$
بنفش	۸ eV	۳	۵
سبز	۶ eV	۱	۳
قرمز	۴ eV	پدیده رخ نمی دهد.	۱

$W =$ کار (انرژی) لازم برای جدا کردن الکترون از فلز (وابسته به جنس فلز)

$K =$ انرژی جنبشی فوتوالکترونهای جداشده

$hf =$ انرژی فوتون فرودی

شرط وقوع پدیده فوتو الکتریک :

$$hf > W_0 \quad \text{(تابع کار فلز)}$$

$$f > f_0 \quad \text{(بسامد آستانه)}$$

$$\lambda < \lambda_0 \quad \text{(طول موج آستانه)}$$

بسامد آستانه یعنی کمترین بسامدی که می‌تواند اثر فوتوالکتریک را ایجاد کند.

طول موج آستانه یعنی بلند ترین طول موجی که می‌تواند اثر فوتوالکتریک را ایجاد کند (الکترونی را از فلز جدا کند.)

۲۵ - اگر در پدیدهٔ فوتوالکتریک که الکترون‌ها از سطح فلز جدا می‌شوند، به جای لامپ فرابنفش $۳۰W$ از لامپ فرابنفش $۶۰W$ استفاده شود، کدام یک از موارد زیر ۲ برابر می‌شود؟

$P = \frac{E}{t} = \frac{nhf}{t}$ (ثابت)

① بیشینهٔ انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها

② سرعت فوتوالکترون‌ها هنگام جدا شدن از سطح فلز

③ تعداد فوتوالکترون‌های جدا شده از سطح فلز در هر ثانیه ✓

④ هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نمی‌باشد.

۲۹ - در آزمایش فوتوالکتریک، وقتی نور تک‌رنگی با طول موج λ بر فلز می‌تابانیم، پدیده‌ی فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد. برای این‌که این پدیده رخ دهد کدام عمل ممکن است مؤثر باشد؟

① بدون تغییر بسامد نور، زمان تابش نور را افزایش دهیم.

② بدون تغییر بسامد نور، شدت نور را افزایش دهیم.

③ بدون تغییر بسامد نور، از فلزی با تابع کار کم‌تر استفاده کنیم. ✓

④ بدون تغییر نوع فلز، از نور تک‌رنگ با طول موج بزرگ‌تر از λ استفاده کنیم.

پویش علمی جهاد

پایه دوازدهم
استاد باب الحوائجی

نتیجه ۱ – هرچه بسامد نور فرودی افزایش یابد انرژی جنبشی و سرعت فوتوالکترون ها افزایش می یابد(البته نه به نسبت مستقیم).
هرچه بسامد نور فرودی کاهش یابد انرژی جنبشی و سرعت فوتوالکترون ها نیز کاهش می یابد و از بسامدی کمتر ممکن است پدیده فوتو الکتریک رخ ندهد .

نتیجه ۲ – در صورت وقوع پدیده فوتوالکتریک اگر توان لامپی با بسامد مشخص (رنگ مشخص) افزایش یابد ، فقط تعداد فوتو الکترون های جدا شده افزایش می یابد ولی انرژی جنبشی فوتو الکترون ها ثابت می ماند.

نتیجه ۳ – با تغییر فلزی که به آن نور می تابانیم تابع کار فلز تغییر می یابد.
با افزایش تابع کار فلز ، انرژی جنبشی فوتو الکترون ها کاهش می یابد و بلعکس.

نتیجه ۴ – اگر با تابش نور با بسامدی مشخص به یک فلز پدیده فوتوالکتریک رخ ندهد برای آن که این پدیده آغاز شود :
یا از فلزی با تابع کار کمتر (بسامد آستانه کمتر) استفاده می کنیم . [افزایش شدت تابش(توان لامپ) یا زمان تابش تاثیری ندارد.]
یا از نور لامپی با بسامد بیشتر (طول موج کمتر) استفاده می کنیم .

---

۲۴ - بر سطح فلزی نور بنفش می‌تابانیم و الکترون‌هایی، هر یک با مقدار معینی انرژی، با آهنگ مشخص از آن بیرون می‌آیند. اگر شدت نور بنفش را افزایش دهیم، الکترون‌هایی که از سطح فلز جدا می‌شوند:

۱) همان آهنگ را دارند ولی انرژی هر الکترون بیش‌تر می‌شود.
۲) آهنگ بیش‌تری پیدا کرده ولی انرژی هر الکترون تغییر نمی‌کند.
۳) آهنگ کم‌تری دارند ولی انرژی هر الکترون تغییر نمی‌کند.
۴) همان آهنگ را دارند ولی انرژی هر الکترون کم‌تر است.

۲۶ - چند مورد از موارد زیر صحیح است؟

الف) طبق نظریه الکترومغناطیس ماکسول، اگر دامنه امواج الکترومغناطیس n برابر بشود؛ شدت امواج هم n برابر می‌شوند.
ب) اگر پدیده فوتوالکتریک در یک بسامد معین رخ نداد، در صورتی‌که از فلز دیگر استفاده کنیم می‌تواند پدیده الکترومغناطیس رخ بدهد.
ج) افزایش شدت نور، انرژی هر فوتون را افزایش می‌دهد.
د) اگر بسامد نوری را دو برابر کنیم، انرژی جنبشی هر فوتوالکترون هم دو برابر می‌شود.

۱) صفر ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

چند مورد از عبارات زیر در مورد پدیده فتوالکتریک نادرست هستند؟

الف) در صورت وقوع پدیده فتوالکتریک با افزایش شدت نور فرودی، بیشینهٔ انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها افزایش می‌یابد.
ب) در صورت وقوع پدیده فتوالکتریک با افزایش بسامد نور فرودی، بیشینهٔ انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها افزایش می‌یابد.
ج) در صورت وقوع پدیده فتوالکتریک با افزایش طول‌موج نور فرودی، بیشینهٔ انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها افزایش می‌یابد.
د) در صورت وقوع پدیده فتوالکتریک با افزایش بسامد آستانه فلز مورد آزمایش (تغییر فلز)، بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها افزایش می‌یابد.

۱) ۴ مورد ۲) ۳ مورد ۳) ۲ مورد ۴) ۱ مورد

پویش علمی جهاد

فرمول بندی فوتو الکتریک

مختص رشته ریاضی

(معادلهٔ فوتوالکتریک) $K_{max} = hf - W_0$

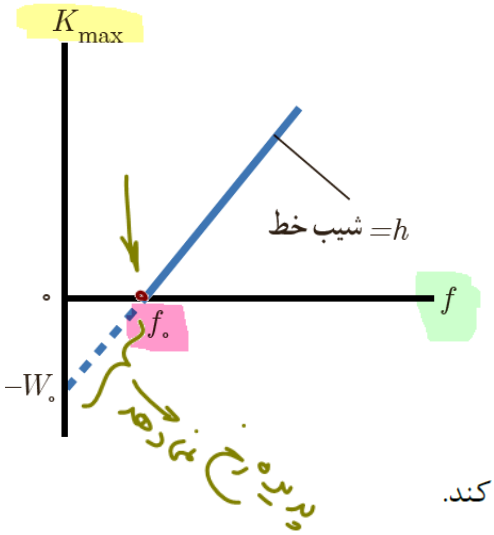
$= hf - hf_0 = h(f - f_0)$

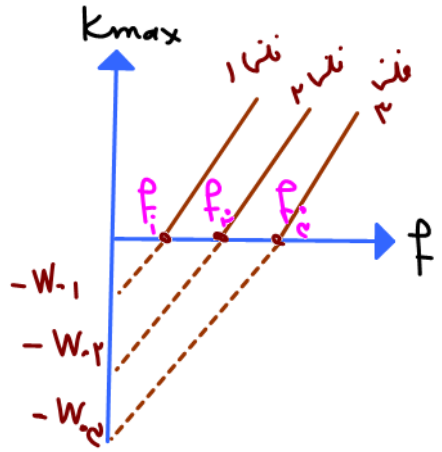
$= \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0} = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right)$

$y = ax - b$

$K_{max} = hf - W_0$

$K_{max} = \frac{1}{2}mv^2_{max}$ $\quad m_e = 9 \times 10^{-31}\,kg$





$W_{03} > W_{02} > W_{01}$

$f_{03} > f_{02} > f_{01}$

بسامد آستانه یا f_0 : کمترین بسامدی که می‌تواند اثر فتوالکتریک را ایجاد کند.

در بسامد آستانه الکترون بدون هیچ انرژیِ جنبشی‌ای در آستانهٔ ترک فلز است.

$$K_{max} = hf - W_0 \Rightarrow K_{max} = 0 \Rightarrow hf_0 = W_0 \Rightarrow \boxed{f_0 = \frac{W_0}{h}}$$

طول موج آستانه

بلندترین طولی موجی که می‌تواند از سطح فلز الکترون جدا کند:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} \Rightarrow \boxed{\lambda_0 = \frac{hc}{W_0}}$$

$K_{max} = hf - W_0$

$= hf - hf_0 =$

$= \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0} =$

پویش علمی جهاد

۱ - طول موج آستانه در یک آزمایش فوتو الکتریک، ۰٫۵ میکرون است. اگر بر فلز آن، نور تک‌رنگی با بسامد $۵ \times ۱۰^{۱۴} Hz$ بتابانیم، تابع کار فلز چند ژول است و آیا با این نور پدیدهٔ فوتو الکتریک رخ می‌دهد یا خیر؟ $(c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s} \ , \ h = ۶٫۶ \times ۱۰^{-۳۴} Js)$ سراسری- ۱۳۹۱

① $۳٫۹۶ \times ۱۰^{-۱۹}$ و رخ می‌دهد.
② $۳٫۹۶ \times ۱۰^{-۱۹}$ و رخ نمی‌دهد.
③ $۳٫۳ \times ۱۰^{-۱۹}$ و رخ می‌دهد.
④ $۳٫۳ \times ۱۰^{-۱۹}$ و رخ نمی‌دهد.

$$K_{max} = hf - W_۰ = hf - hf_۰ = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_۰} =$$

۵ - به سطح فلزی که تابع کار آن $۴eV$ است، نوری با طول موج λ می‌تابانیم و فوتوالکترون‌ها از سطح آن گسیل می‌شوند. بلندترین طول موج الکترومغناطیسی که می‌تواند سبب گسیل فوتوالکترون‌ها از این فلز شود، چند نانومتر است؟ سراسری- ۱۳۹۳

$(C = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}, \ h = ۴ \times ۱۰^{-۱۵} eV \cdot s)$

① ۵۰۰
② ۳۵۰
③ ۳۰۰
④ ۲۵۰

$$K_{max} = hf - W_۰ = hf - hf_۰ = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_۰} =$$

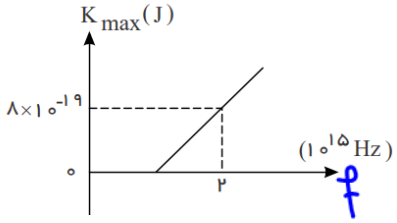
۶ - در آزمایش فوتوالکتریک، طول موج آستانه یک فلز ۳۱۰ نانومتر است. اگر به این فلز نور فرابنفش به طول موج ۲۰۰ نانومتر بتابانیم، بیشینهٔ انرژی جنبشی فوتوالکترون‌های جدا شده چند الکترون‌ولت است؟ $(hc = ۱۲۴۰ \ eV \cdot nm)$ خارج از کشور- ۱۳۹۷

① ۱٫۲
② ۲٫۲
③ ۳٫۶
④ ۴٫۸

$$K_{max} = hf - W_۰ = hf - hf_۰ = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_۰} =$$

۱۳ - در آزمایش فوتوالکتریک، نمودار بیشینهٔ انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها برحسب بسامد پرتو فرودی به فلز، مطابق شکل زیر است. اگر نوری با طول موج $۳۰۰nm$ به فلز بتابد، بیشینهٔ انرژی جنبشی فوتوالکترون‌های گسیل‌شده چند ژول است؟ سراسری- ۱۳۹۷

$(e = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C \ , \ c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s} \ , \ h = ۴ \times ۱۰^{-۱۵} eV \cdot s)$



$\lambda = ۳۰۰ nm \rightarrow K_m = ?$

① $۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹}$
② $۲٫۴ \times ۱۰^{-۱۹}$
③ ۴×۱۰^{-۱۹}
④ ۵×۱۰^{-۱۹}

$K_{max} = hf - W_0$

$= hf - hf_0 =$

$= \left(\frac{hc}{\lambda}\right) - \frac{hc}{\lambda_0} =$

$K_{max} = hf - W_0 \rightarrow \frac{۸ \times ۱۰^{-۱۹}}{۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = \frac{۴ \times ۱۰^{-۱۵} \times ۳ \times ۱۰^{۱۵}}{۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹}} - W_0 \rightarrow W_0 = ۲ eV$

$K_m = \frac{hc}{\lambda} - W_0 = \frac{۴ \times ۱۰^{-۱۵} \times ۳ \times ۱۰^{۸}}{۳۰۰ \times ۱۰^{-۹}} - ۲ = ۱ eV \rightarrow K_m = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} J$

۱۴ - در آزمایش فوتوالکتریک، نوری با طول موج $۲۰۰nm$ بر سطح الکترود فلزی می‌تابانیم. اگر تابع کار فلز $۴٫۲eV$ باشد، بیشینهٔ سرعت فوتوالکترون‌های خارج شده از فلز، چند متر بر ثانیه است؟ خارج از کشور- ۱۳۹۷

$(m_e = ۹ \times ۱۰^{-۳۱} kg, c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}, h = ۴ \times ۱۰^{-۱۵} eV \cdot s, e = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C)$

① ۸×۱۰^{۵}
② ۸×۱۰^{۶}
③ ۶×۱۰^{۵}
④ ۶×۱۰^{۶}

$K_{max} = hf - W_0$

$= hf - hf_0 =$

$= \left(\frac{hc}{\lambda}\right) - \frac{hc}{\lambda_0} =$

$K_{max} = \frac{hc}{\lambda} - W_0 = \frac{۴ \times ۱۰^{-۱۵} \times ۳ \times ۱۰^{۸}}{۲۰۰ \times ۱۰^{-۹}} - ۴٫۲ = ۱٫۸ eV$

$K_{max} = \frac{۱}{۲} m v_{max}^{۲}$

$۱٫۸ \times ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} = \frac{۱}{۲} \times ۹ \times ۱۰^{-۳۱} \times v_{max}^{۲}$

$۳٫۶ \times ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} = ۹ \times ۱۰^{-۳۱} \times v_m^{۲}$

$۴۴ \times ۱۶ \times ۱۰^{-۲۱} = ۹ \times ۱۰^{-۳۱} \times v_m^{۲}$

$۴۴ \times ۱۶ \times ۱۰^{۱۰} = ۹ \times v_m^{۲}$

$v_m = ۸ \times ۱۰^{۹} \frac{m}{s}$

پویش علمی جهاد

۱۰ - 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 برابر f_1 است؟

خارج از کشور- ۱۳۹۵

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

$K_{max} = hf - W_0$

$= hf - hf_0 =$

$= \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0} =$

$K_m = hf - hf_0$

$K_m = hf_1 - hf_0$

$3K_m = h(2f_1) - hf_0$

$\frac{1}{3} = \frac{h(f_1 - f_0)}{h(2f_1 - f_0)} \rightarrow \frac{1}{2} = \frac{f_1 - f_0}{2f_1 - f_0}$

$2f_1 - 2f_0 = 2f_1 - f_0 \rightarrow f_1 = 2f_0 \rightarrow \frac{f_0}{f_1} = \frac{1}{2}$

۱۲ - در آزمایش فوتوالکتریک، نوری با طول موج λ به الکترود فلزی می‌تابد و فوتوالکترون‌هایی که بیشینهٔ انرژی جنبشی آنها $8 \times 10^{-19} J$ است، گسیل می‌شوند. اگر طول موج نور فرودی 2λ شود، بیشینهٔ انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها، $1/6 \times 10^{-19} J$ می‌شود. تابع کار فلز چند الکترون – ولت است؟ $(e = 1/6 \times 10^{-19} C)$

خارج از کشور- ۱۳۹۶

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۵

$K_m = \frac{hc}{\lambda} - W_0$

$8 = \frac{hc}{\lambda} - W_0$

$1 = \frac{hc}{2\lambda} - W_0$

$-2 = -\frac{hc}{\lambda} + 2W_0$

$2 = W_0$

$W_0 = 2 eV$

۱۶ - در یک آزمایش فوتوالکتریک، تابع کار فلز $3eV$ است. اگر نوری با طول موج $200nm$ بر سطح فلز بتابد، بیشینهٔ سرعت فوتوالکترون‌ها برابر v است و اگر نوری با طول موج $300nm$ بر فلز بتابد، بیشینهٔ سرعت فوتوالکترون‌ها برابر v' است. $\frac{v'}{v}$ کدام است؟ $(hc = 1200eV \cdot nm)$

خارج از کشور- ۱۳۹۸

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

$K_{max} = hf - W_0$

$= hf - hf_0 =$

$= \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0} =$

$K_m = \frac{hc}{\lambda} - W_0 = \frac{1200}{200} - 3 = 6 - 3 = 3eV$

$K'_m = \frac{hc}{\lambda'} - W_0 = \frac{1200}{300} - 3 = 4 - 3 = 1 eV$

$\frac{K'}{K} = \frac{1}{2} \rightarrow \frac{\frac{1}{2}mv'^2}{\frac{1}{2}mv^2} = \frac{1}{2}$

$\frac{v'}{v} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$

۲۴ - در آزمایش فوتوالکتریک که با نوری با طول موج λ انجام شده است. بیشینهٔ انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها $6/4 \times 10^{-19} J$ است. اگر از نوری با طول موج 2λ استفاده شود، بیشینهٔ انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها ۷۵ درصد کاهش می‌یابد. بسامد آستانهٔ این فلز چند تراهرتز است؟

$e = 1/6 \times 10^{-19} C, hc = 1200eV \cdot nm$

خارج از کشور- ۱۴۰۰

۱) ۵ ۲) ۶ ۳) ۵۰۰ ۴) ۶۰۰

$K_m = \frac{hc}{\lambda} - W_0$

$4 = \frac{1200}{\lambda} - W_0$

$1 = \frac{1200}{2\lambda} - W_0$

$-2 = -\frac{1200}{\lambda} + 2W_0$

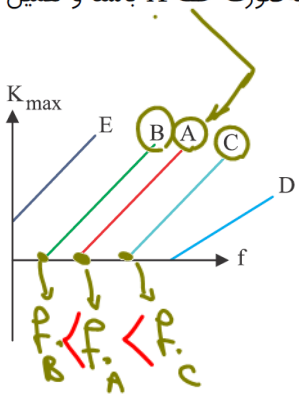
$2 = W_0$

$W_0 = \frac{hc}{\lambda_0} \rightarrow 2 = \frac{1200}{\lambda_0} \rightarrow \lambda_0 = 600 nm$

$f_0 = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{3 \times 10^8}{600 \times 10^{-9}} = 500 \times 10^{12} Hz$

پویش علمی جهاد

اگر نمودار بیشینهٔ انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها برحسب بسامد نور فرودی به آن‌ها برای فلزی به‌صورت خط A باشد و همین نمودار برای فلز دیگری که تابع کار کمتری دارد ترسیم شود، به‌صورت کدام خط درخواهد آمد؟



$W_{0B} < W_{0A}$

$f_{0B} < f_{0A}$

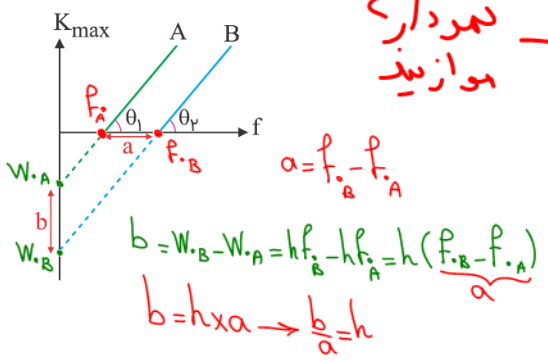
۱) B ✓

۲) C

۳) D

۴) E

مطابق شکل زیر، نمودار انرژی جنبشی بیشینهٔ فوتوالکترون‌ها برحسب بسامد تابش فرودی به آن‌ها برای دو فلز A و B رسم شده است. مقادیر a و b و نیز زوایای θ_1 و θ_2 چه نسبتی باهم دارند؟
(h ثابت پلانک و c تندی نور در خلأ است)



نمودارها موازیند $\rightarrow \theta_1 = \theta_2$

$a = f_{0B} - f_{0A}$

$b = W_{0B} - W_{0A} = hf_{0B} - hf_{0A} = h(f_{0B} - f_{0A})$

$b = h \times a \rightarrow \frac{b}{a} = h$

۱) $\frac{b}{a} = hc$ و $\theta_1 = \theta_2$

۲) $\frac{b}{a} = h$ و $\theta_1 = \theta_2$ ✓

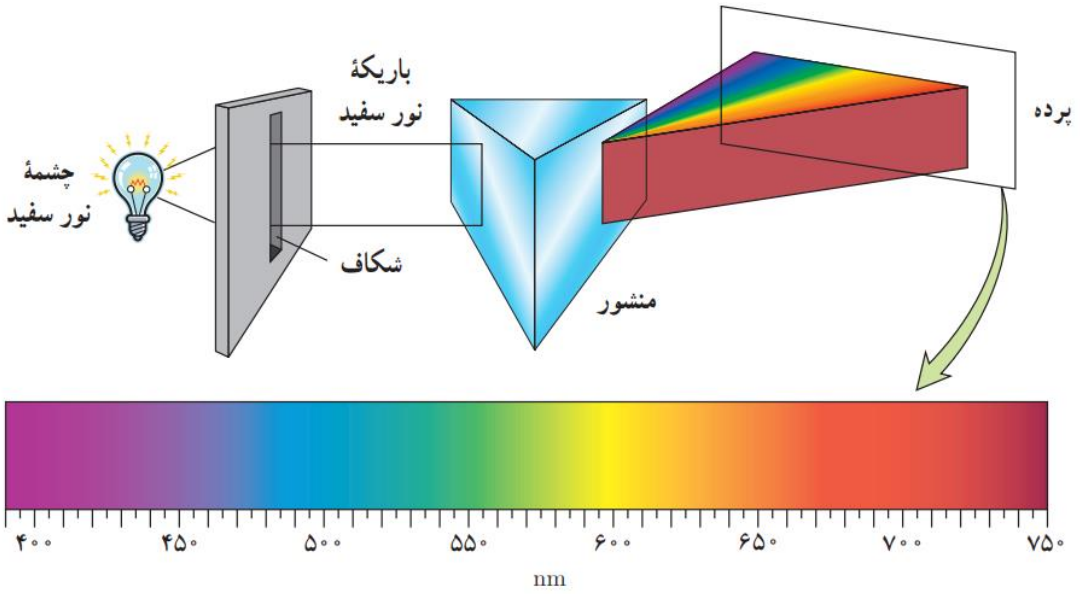
۳) $\frac{b}{a} = hc$ و $\theta_1 < \theta_2$ ✗

۴) $\frac{b}{a} = h$ و $\theta_1 > \theta_2$ ✗

اجسام در هر دمایی که باشند، از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل (نشر) می کنند که به آن تابش گرمایی می گویند.

برای یک جسم جامد، نظیر رشتهٔ داغ یک لامپ روشن، این امواج شامل گسترهٔ پیوسته‌ای از طول‌موج‌هاست.
به همین دلیل طیف ایجادشده در این شرایط را طیف گسیلی پیوسته یا به‌اختصار طیف پیوسته می‌نامند.
تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از برهم‌کنش قوی بین اتم‌های سازندهٔ آن است.

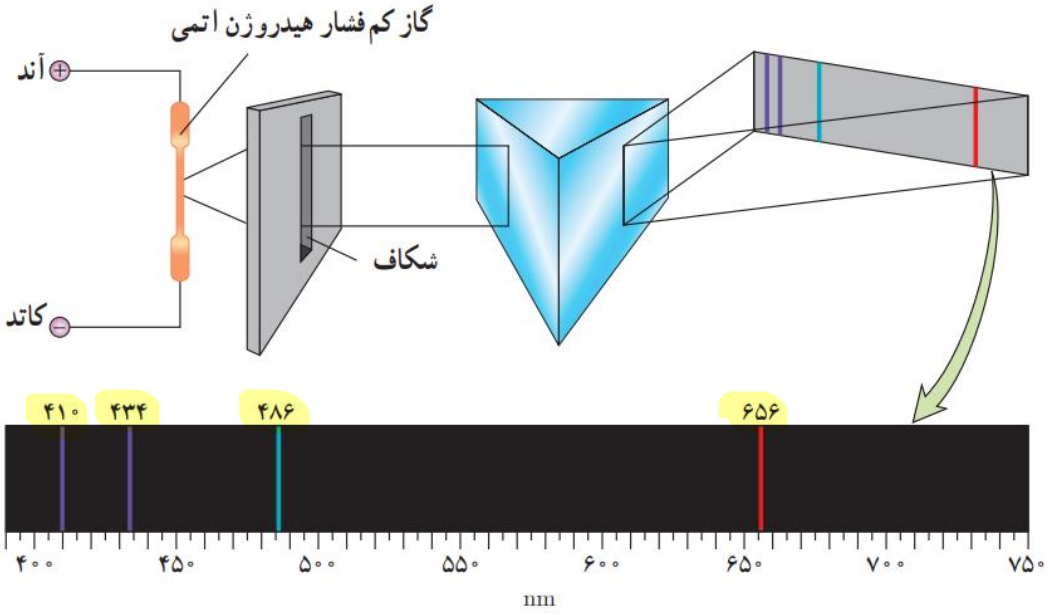
گازهای کم‌فشار و رقیق، که اتم‌های منفرد آنها از برهم‌کنش‌های قوی موجود در جسم جامد آزادند به جای طیف پیوسته، طیفی گسسته را گسیل می‌کنند که شامل طول‌موج‌های معیّنی است.
این طیف گسسته را، معمولاً طیف گسیلی خطی یا به‌اختصار طیف خطی می‌نامند و طول‌موج‌های ایجادشده در آن، برای اتم‌های هر گاز منحصر به‌فرد هستند.



شکل ۵ــ۶ طیف گسیلی پیوستهٔ نور سفید از رشتهٔ داغ یک لامپ روشن. در این شکل تنها بخش مرئی طیف نشان داده شده است که گسترهٔ طول‌موج آن از حدود ۴۰۰ nm (نور بنفش) تا حدود ۷۵۰ nm (نور قرمز) است.

طیف‌های گسیلی خطی برای نئون و جیوه

پویش علمی جهاد



به کمک منشور، طول‌موج‌های گسیلی از گاز، از یکدیگر جدا و طیف خطی آن تشکیل شده است.

در سال ۱۸۸۵ میلادی، بالمر، ریاضی‌دان سوئیسی، رابطه‌ای ساده پیشنهاد کرد که طول‌موج هر یک از خط‌های شناخته‌شده مربوط به طیف گسیلی خطی هیدروژن اتمی را به‌دست می‌داد. این رابطه عبارت است از :

$$\lambda = (۳۶۴/۵۶\text{nm})\frac{n^۲}{n^۲ - ۲^۲} \qquad \text{(معادلهٔ بالمر)}$$

که در آن $n \geq ۳$ و همواره عددی صحیح است. با قرار دادن $n = ۳,۴,۵,۶$ در معادلهٔ بالمر، طول‌موج خط‌های طیف گسیلی اتم هیدروژن در ناحیهٔ مرئی به‌صورت زیر به‌دست می‌آید :

$n = ۳ \rightarrow \lambda_۱ = ۶۵۶/۲۰\text{nm}$ (خط قرمز)

$n = ۴ \rightarrow \lambda_۲ = ۴۸۶/۰۸\text{nm}$ (خط آبی)

$n = ۵ \rightarrow \lambda_۳ = ۴۳۴/۰۰\text{nm}$ (خط بنفش)

$n = ۶ \rightarrow \lambda_۴ = ۴۱۰/۱۳\text{nm}$ (خط بنفش)

بالمر پیشنهاد کرد که ممکن است رشته‌های دیگری از خط‌هایی که تا آن زمان در طیف هیدروژن دیده نشده‌اند وجود داشته باشند.

چندین سال پس از درگذشت بالمر و با اصلاح ابزارها و روش‌های طیف‌سنجی، امکان کشف گسترهٔ طول‌موج‌های دیگری در طیف گسیلی گاز هیدروژن به‌وجود آمد و مشخص شد که به‌جز رشتهٔ بالمر رشته‌های دیگری در طیف گاز هیدروژن اتمی وجود دارد .

پویش علمی جهاد

ریدبرگ، فیزیک‌دان سوئدی، برای کامل‌تر کردن طیف گسیلی خطی هیدروژن معادلهٔ بالمر را به‌صورت زیر اصلاح و بازنویسی کرد :

nm^{-1}

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad n > n' \qquad \text{(معادلهٔ ریدبرگ)}$$

طول موج (nm)

R ثابت ریدبرگ و مقدار آن برابر $0/0109737731\ (nm)^{-1}$ است

برای سادگی در محاسبه‌ها، مقدار آن را می‌توان $0/01\ (nm)^{-1}$ در نظر گرفت.

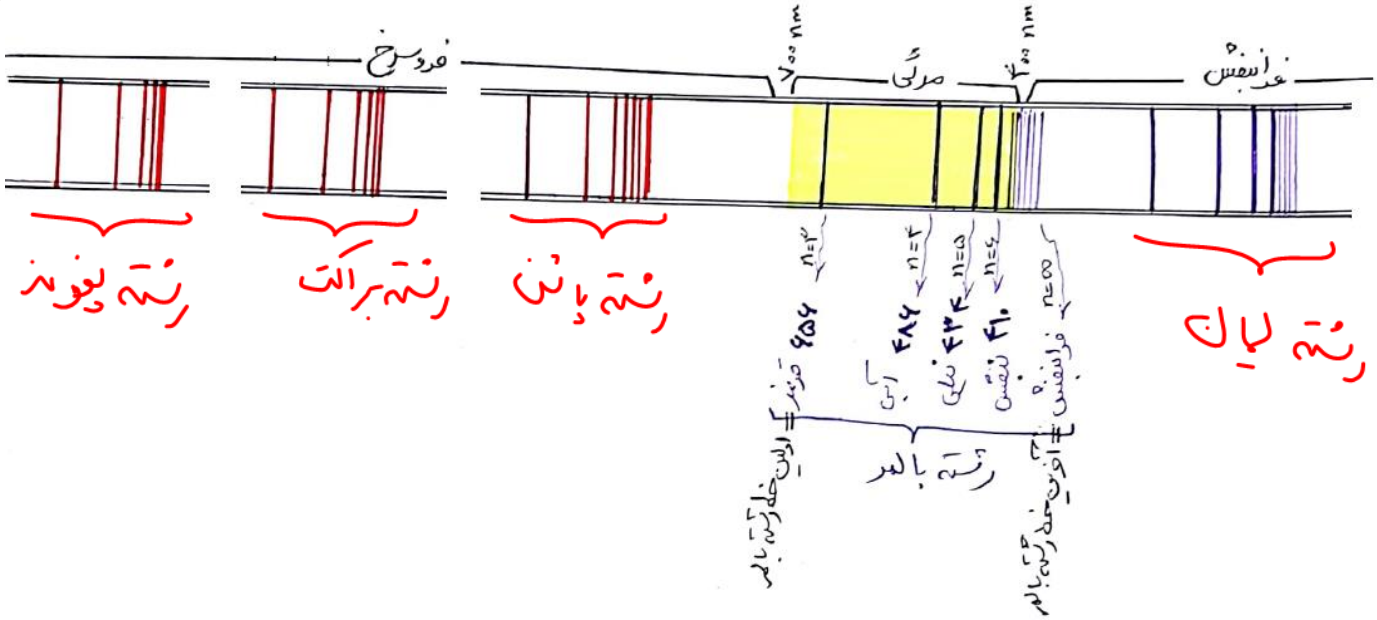
$n \rightarrow n'$

تراز پایین (تراز مقصد الکترون)

تراز بالا (تراز مبدا الکترون)

پویش علمی جهاد

پایه دوازدهم
استاد باب الحوائجی



$n_{min} \Rightarrow \lambda_{max}$

$n_{max} \Rightarrow \lambda_{min}$

کوتاه ترین طول موج رشته پفوند هیدروژن

بلند ترین طول موج رشته براکت هیدروژن

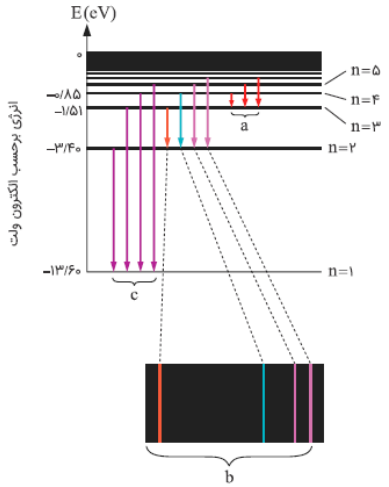
کوتاه ترین طول موج فروسرخ هیدروژن

بلند ترین طول موج مرئی هیدروژن

کوتاه ترین طول موج مرئی هیدروژن

کوتاه ترین طول موج هیدروژن

شکل زیر سه رشتهٔ طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی را روی نمودار تراز انرژی نشان می‌دهد. نام رشته‌های a و b و c به ترتیب کدام است؟



۱) براکت - پاشن - بالمر

۲) پاشن - بالمر - لیمان

۳) پاشن - لیمان - براکت

۴) بالمر - لیمان - پاشن

در طیف هیدروژن اتمی، کوتاه‌ترین طول‌موج گسیلی ممکن در رشتهٔ ..... و در محدودهٔ طیف ..... قرار دارد و کوتاه‌ترین طول‌موج گسیلی در محدودهٔ طیف فروسرخ در رشتهٔ ..... واقع است.

۱) بالمر، فرابنفش، پاشن
۲) لیمان، فرابنفش، پاشن
۳) لیمان، فرابنفش، پفوند
۴) بالمر، مرئی، پاشن

۳- در اتم هیدروژن، در کدام یک از رشته‌های زیر فقط پرتوهای فروسرخ تابش می‌شود؟ سراسری- ۱۳۹۳

① پاشن- براکت – پفوند ② بالمر- پاشن- براکت ③ لیمان- پاشن- براکت ④ بالمر – براکت – پفوند

۴- دراتم هیدروژن، بلندترین طول موجی که در رشته لیمان گسیل می‌شود، چند نانومتر است؟ $[R \simeq ۰/۰۱(nm)^{-۱}]$ خارج از کشور- ۱۳۹۳

① ۱۰۰ ② ۲۰۰ ③ $\frac{۴۰۰}{۳}$ ④ $\frac{۳۰۰}{۴}$

۵- در اتم هیدروژن، الکترون در گذار از تراز n به n' ، فوتونی در ناحیهٔ نور مرئی گسیل می‌کند. n و n' به ترتیب از راست به چپ ، کدام می‌توانند باشند؟ سراسری- ۱۳۹۱

① ۲ و ۱ ② ۴ و ۳ ③ ۵ و ۲ ④ ۵ و ۴

۶- در اتم هیدروژن، الکترون در مدار n قرار دارد. اگر این الکترون به مدار $n' = ۳$ برود، فوتونی به طول موج $۱۲۰۰nm$ گسیل می‌کند، n کدام است؟ $(R = ۰/۰۱(nm)^{-۱})$ سراسری- ۱۳۹۹

① ۴ ② ۵ ③ ۶ ④ ۷

۱۹- در اتم هیدروژن، محدودهٔ تقریبی طول موج‌های رشتهٔ پاشن $(n' = ۳)$ برحسب میکرومتر کدام است؟ خارج از کشور- ۱۳۹۹

$(R = ۰/۰۱nm^{-۱})$

① ۰/۹ تا ۲ ② ۰/۹ تا ۴/۴ ③ ۱/۶ تا ۲ ④ ۱/۶ تا ۴/۴

۲۴- در اتم هیدروژن در رشتهٔ بالمر $(n' = ۲)$، بلندترین طول موج گسیل‌شده، چند نانومتر بیشتر از کوتاه‌ترین طول موج این رشته است؟ $[R = ۰/۰۱(nm)^{-۱}]$ سراسری- ۱۴۰۰

① ۲۴۰ ② ۳۲۰ ③ ۴۰۰ ④ ۵۰۰

۲۱- اختلاف طول موج دومین و سومین خط طیفی اتم هیدروژن در رشتهٔ پاشن $(n' = ۳)$ چند نانومتر است؟ $(R = \frac{۱}{۱۰۰}(nm)^{-۱})$

خارج از کشور- ۱۳۹۹

① $\frac{۸۲۵}{۸}$ ② ۱۵۰ ③ $\frac{۸۲۵}{۴}$ ④ ۳۰۰

۲۵- اختلاف بیشترین و کمترین بسامد فوتون گسیلی اتم هیدروژن در رشتهٔ پاشن $(n' = ۳)$ چند هرتز است؟ $(R = \frac{۱}{۱۰۰}(nm)^{-۱}, e = ۳ \times ۱۰^{۸}\frac{m}{s})$

خارج از کشور- ۱۴۰۱

① $۷/۵ \times ۱۰^{۱۵}$ ② $۱/۸۷۵ \times ۱۰^{۱۵}$ ③ $۷/۵ \times ۱۰^{۱۴}$ ④ $۱/۸۷۵ \times ۱۰^{۱۴}$

۲۶- طول موج دومین خط طیف رشته براکت $(n' = ۲)$ چند برابر طول موج چهارمین خط طیف رشته بالمر $(n' = ۲)$ است؟

سراسری- ۱۴۰۱

① $\frac{۷۲}{۵}$ ② ۸ ③ $\frac{۳۲}{۵}$ ④ ۴

کوتاه‌ترین طول‌موج فرابنفش هیدروژن اتمی چندبرابر کوتاه‌ترین طول‌موج فروسرخ آن است؟

۱) $\frac{۱}{۴}$ ۲) $\frac{۴}{۹}$ ۳) $\frac{۱}{۹}$ ۴) $\frac{۴}{۴۹}$

اگر ثابت ریدبرگ R باشد، اختلاف کوتاه‌ترین طول‌موج گسیلی اتم هیدروژن در ناحیهٔ فروسرخ با کوتاه‌ترین طول‌موج گسیلی در ناحیهٔ فرابنفش کدام است؟

۱) $\frac{۱}{R}$ ۲) $\frac{۲۵}{R}$

۳) $\frac{۹}{R}$ ۴) $\frac{۸}{R}$

در طیف هیدروژن اتمی، نسبت بلندترین طول موج رشتهٔ پاشن به کوتاه‌ترین طول موج رشتهٔ بالمر، کدام گزینه است؟

۱) $\frac{۷}{۳۶}$ ۲) $\frac{۱}{۴}$ ۳) $\frac{۳۶}{۷}$ ۴) ۴

پویش علمی جهاد

پایه دوازدهم
استاد باب الحوائجی

نام رشته	عدد رشته (n')	رابطهٔ ریدبرگ مربوط	n	گسترهٔ طول موجی (nm)	ناحیهٔ طیف
لیمان	۱	$\frac{۱}{\lambda}=R(\frac{۱}{۱^۲}-\frac{۱}{n^۲})$	$n=۲,۳,۴,...$	۹۱ تا ۱۲۱	فرابنفش
بالمر	۲	$\frac{۱}{\lambda}=R(\frac{۱}{۲^۲}-\frac{۱}{n^۲})$	$n=۳,۴,۵,...$	۳۶۵ تا ۶۵۶	فرابنفش و مرئی
پاشن	۳	$\frac{۱}{\lambda}=R(\frac{۱}{۳^۲}-\frac{۱}{n^۲})$	$n=۴,۵,۶,...$	۸۲۰ تا ۱۸۷۵	فروسرخ
براکت	۴	$\frac{۱}{\lambda}=R(\frac{۱}{۴^۲}-\frac{۱}{n^۲})$	$n=۵,۶,۷,...$	۱۴۵۹ تا ۴۰۵۱	فروسرخ
پفوند	۵	$\frac{۱}{\lambda}=R(\frac{۱}{۵^۲}-\frac{۱}{n^۲})$	$n=۶,۷,۸,...$	۲۲۷۹ تا ۷۴۵۸	فروسرخ

۴۳- در اتم هیدروژن، الکترون از مدار n به مدار n' می‌رود و فوتونی با طول موج ۱۱۲٫۵ نانومتر گسیل می‌کند. n و n' کدام‌اند؟ ($R=۰٫۰۱(nm)^{-۱}$) سراسری- ۱۳۹۵

① ۱,۳ ② ۱,۴ ③ ۲,۳ ④ ۲,۴