پاسخ‌نامه تشریحی

۱

$$E = hf = (۴/۱۴ \times ۱۰^{-۱۵} eV \cdot s)(۶ \times ۱۰^{۱۴} \frac{۱}{s})$$
$$\rightarrow E = ۲۴/۸۴ \times ۱۰^{-۱}(eV) \rightarrow E = ۲/۴۸۴(eV)$$

۲

شدت تابش نسبت $\frac{P}{A}$ است (کافی است به یکای عدد ۳۰۰ هم توجه نمائیم گاهی با توجه به یکا اگر رابطه‌ای را فراموش کرده باشیم هم می‌توانیم به آن دست یابیم.)

$$I = \frac{E}{At} = \frac{P}{A} \Rightarrow ۳۰۰ = \frac{P}{۱۰^{-۴}} \rightarrow P = ۳۰۰(\frac{W}{\cancel{m^۲}}) \times ۱۰^{-۴} \cancel{m^۲} = ۳ \times ۱۰^{-۲} W$$
$$\rightarrow P = ۳ \times ۱۰^{-۲} W \rightarrow E = Pt = n(hf) = nh\frac{c}{\lambda}$$
$$\rightarrow (۳ \times ۱۰^{-۲})(۶۰) = n\frac{(۶/۶ \times ۱۰^{-۳۴})(۳ \times ۱۰^{۸})}{۶۶۰ \times ۱۰^{-۹}}$$
$$\rightarrow \frac{(\overset{۱}{\cancel{۳}} \times ۱۰^{-۲})(۶۰)(\overset{۱۰۰}{\cancel{۶۶۰}} \times ۱۰^{-۹})}{(\underset{۱}{\cancel{۶/۶}} \times ۱۰^{-۳۴})(\underset{۱}{\cancel{۳}} \times ۱۰^{۸})} \rightarrow n = ۶ \times ۱۰^{۱۸}$$

۳ می‌دانیم درمورد طیف‌های مرئی:

قرمز - نارنجی - زرد - سبز - آبی - بنفش

$E_{\text{انرژی فوتون‌ها}}\uparrow$ ، $f_{\text{بسامد فوتون‌ها}}\uparrow$

بنابراین با کاهش بسامد، انرژی هر فوتون کاهش می‌یابد. از نظر تعداد فوتون‌ها در هر ثانیه:

تعداد فوتون‌های گسیل‌شده افزایش می‌یابد.

$$\underbrace{E}_{\text{ثابت}} = \underbrace{P}_{\text{افزایش}} \underbrace{t}_{\text{ثابت}} = \underbrace{n(hf)}_{\text{کاهش}} \rightarrow n\uparrow$$

جواب نهایی: افزایش می‌یابد - کاهش می‌یابد.

۴ ابتدا توان خروجی لیزر را با توجه به بازدهٔ آن می‌یابیم:

$$E = pt = (۲ \times ۱۰^{۶})(۶۰) = ۱۲ \times ۱۰^{۷} J$$
$$E = nhf = nh\frac{c}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{nhc}{E}$$
$$\rightarrow \lambda = \frac{(۴ \times ۱۰^{۲۶})(۶/۶ \times ۱۰^{-۳۴})(۳ \times ۱۰^{۸})}{۱۲ \times ۱۰^{۷}} \rightarrow \lambda = ۶۶۰nm$$

۵

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

$$E_B = ۳E_A \rightarrow \frac{hc}{\lambda_B} = ۳\frac{hc}{\lambda_A} \rightarrow \lambda_A = ۳\lambda_B$$
$$\lambda_A > \lambda_B \rightarrow \lambda_A - \lambda_B = ۴nm \rightarrow ۳\lambda_B - \lambda_B = ۴nm$$
$$۲\lambda_B = ۴nm \rightarrow \lambda_B = ۲nm \rightarrow \lambda_A = ۳ \times ۲nm = ۶nm \rightarrow \lambda_A = ۶nm$$

۶ وقتی نور وارد محیط شفافی دیگر شود، سرعت و درنتیجه طول موج آن تغییر می‌کند ولی بسامد آن ثابت می‌ماند (رنگ نور تغییر نمی‌کند) چون بسامد فقط به چشمهٔ نور بستگی دارد. بنابراین طبق رابطهٔ $E = hf$ انرژی هر فوتون نیز ثابت می‌ماند.

۷

$$Pt = n(hf) = n(h\frac{c}{\lambda})$$
$$(P)(۱) = (۷ \times ۱۰^{۲۰})(۶/۶ \times ۱۰^{-۳۴} \times \frac{۳ \times ۱۰^{۸}}{۷۰۰۰ \times ۱۰^{-۱۰}})$$
$$\Rightarrow P = \frac{۶/۶ \times ۳ \times ۱۰^{۲۰} \times ۱۰^{-۳۴} \times ۱۰^{۸}}{۱۰^{-۷}} = ۱۹/۸ \times ۱۰ = ۱۹۸W \rightarrow P = ۱۹۸W$$

۸ نظریهٔ نسبیت خاص مربوط به مطالعهٔ پدیده‌ها در تندی‌های بسیار زیاد و قابل مقایسه با تندی نور، نظریهٔ نسبیت عام مربوط به مطالعهٔ هندسهٔ فضا - مکان و گرانش و نظریهٔ کوانتومی مربوط به مطالعهٔ پدیده‌ها در مقیاس‌های بسیار کوچک مانند اتم‌ها و ذره‌های سازندهٔ آن‌ها است.

۹

الف فوتوالکترون

۱۰ برای پاسخ به این تمرین به موارد زیر توجه می‌کنیم:

۱) توان لامپ رشته‌ای $۱۰۰W$ است، یعنی در هر ثانیه $۱۰۰J$ انرژی مصرف می‌کند اما بازده لامپ در ایجاد نور مرئی ۵% است: $\frac{۵}{۱۰۰} \times ۱۰۰ = ۵W$

یعنی این لامپ در هر ثانیه $۵J$ نور در محیط گسیل می‌کند.

۲) تابش مرئی گسیل‌شده توسط لامپ به‌طور یکنواخت در همهٔ جهات گسیل می‌گردد (یعنی به شکل کره). هنگامی که این انرژی به شخص می‌رسد، شعاع کره یک کیلومتر است و مساحت سطح کره از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$A = ۴\pi R^۲ = ۴ \times ۳/۱۴ \times ۱۰۰۰^۲ \rightarrow A = ۱۲/۵۶ \times ۱۰^۶ m^۲$$

۳) طبق فرض مسئله فقط یک درصد تابش گسیل‌شده توسط لامپ به شکل نور مرئی با طول موج $۵۵۰nm$ است:

$$\frac{۱}{۱۰۰} \times ۵W = \frac{۵}{۱۰۰}W$$

یعنی در هر ثانیه $\frac{۵}{۱۰۰}J$ انرژی به شکل کره با طول موج $۵۵۰nm$ گسیل می‌شود. (البته این‌که امواج الکترومغناطیسی کروی منتشر شوند با مفروضاتی است که خُب فعلاً کاری به آن نداریم ...!)

۴) حال سطح کروی به مساحت $۱۲/۵۶ \times ۱۰^۶ m^۲$ را درنظر می‌گیریم. انرژی روی این سطح در هر ثانیه $\frac{۵}{۱۰۰}J$ است. مردمک چشم ناظر به مساحت A' قسمتی از این سطح است:

$$A' = \pi r^۲ = ۳/۱۴(\frac{۲/۰}{۲} \times ۱۰^{-۳})^۲ \rightarrow A' = ۳/۱۴ \times ۱۰^{-۶} m^۲$$

۵) درنهایت با یک تناسب ساده، یک حساب و کتاب ساده می‌کنیم:

مساحت سطح		انرژی عبوری از سطح
$۱۲/۵۶ \times ۱۰^۶ m^۲$	$=$	$\frac{۵}{۱۰۰}J$
$۳/۱۴ \times ۱۰^{-۶} m^۲$		$E' = ?$

$$\rightarrow E = \frac{\frac{۵}{۱۰۰} \times \cancel{۳/۱۴}^{۱} \times ۱۰^{-۶} m^۲}{\cancel{۱۲/۵۶}^{۴} \times ۱۰^۶ m^۲} = ۰/۰۱۲۵ \times ۱۰^{-۱۲} J \rightarrow E = ۱/۲۵ \times ۱۰^{-۱۴} J$$

۱۱

الف «نادرست»

افزایش شدت یک پرتو (با ثابت ماندن بسامد) فقط تعداد فوتون‌ها را افزایش داده و تأثیری در انرژی هر فوتون ندارد.

۱۲ الف) هنگامی که نوری با بسامد مناسب (مانند نور فرابنفش) به سطحی فلزی بتابد، الکترون‌هایی از آن گسیل می‌شوند. این پدیدهٔ فیزیکی را اثر فوتوالکتریک و الکترون‌های جداشده از سطح فلز را فوتوالکترون می‌نامند.

ب) بنابر نظریهٔ اینشتین، وقتی نوری تکفام بر سطح فلزی می‌تابد، هر فوتون صرفاً با یکی از الکترون‌های فلز برهم‌کنش می‌کند. اگر فوتون انرژی کافی داشته باشد تا فرآیند خارج کردن الکترون از فلز را انجام دهد، الکترون به‌طور آنی از فلز جدا می‌شود و بخشی از انرژی فوتون به انرژی جنبشی الکترون خارج‌شده تبدیل می‌شود. اگر بسامد نور تابیده‌شده بر سطح فلز از بسامدی موسوم به بسامد آستانه (که به جنس فلز بستگی دارد) کمتر باشد، فوتون‌ها حداقل انرژی لازم برای خارج کردن الکترون‌ها از فلز را ندارند و پدیدهٔ فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد.

۱۳

الف فروسرخ

۱۴

الف سبب افزایش تعداد فوتوالکترون‌ها می‌شود.

۱۵

الف جدید

۱۶

الف یعنی برخورد نوری با بسامد مناسب به سطح یک فلز و جدا کردن الکترون‌ها از سطح آن

۱۷

الف نادرست

ب درست

۱۸

الف

$$E = \frac{hc}{\lambda} \qquad ۲ = \frac{۱۲۴۰}{\lambda} \Rightarrow \lambda = ۶۲۰nm$$

ب مرئی

۱۹

الف کاهش

ب بیشتر

پ کمتر

۲۰

الف خیر

۲۱ فرابنفش، زیرا طبق رابطهٔ $E = hf$ انرژی فوتون با بسامد متناسب است و بسامد نور فرابنفش از فروسرخ بیشتر است.

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

۲۳ با توجه به اینکه از نظر فیزیک کلاسیک، نور موج الکترومغناطیسی است. هنگام برهم‌کنش موج الکترومغناطیسی (نور فرودی) با سطح فلز، میدان الکتریکی این موج، نیروی $\vec{F} = -e\vec{E}$ به الکترون‌های فلز وارد می‌کند و آنها را به نوسان وا می‌دارد. 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 در هر بسامدی رخ دهد در حالی که این نتیجه با تجربه سازگار نیست.

۲۴ هنگامی که فاصلهٔ صفحات تغییر نمی‌کند، یعنی الکترونی از سطح فلز جدا نشده است؛ پس بسامد نور تابیده‌شده کمتر از بسامد آستانه است.

۲۵

بلندترین طول موج مربوط به $n = n' + ۱$ می‌شود. یعنی $n = ۴$، بنابراین داریم:

$$\frac{۱}{\lambda} = R(\frac{۱}{n'^۲} - \frac{۱}{n^۲}) \rightarrow \frac{۱}{\lambda} = ۰/۰۱۱ nm^{-۱}(\frac{۱}{۹} - \frac{۱}{۱۶}) \Rightarrow \lambda \cong ۱۸۷۰ nm$$

۲۶

دورترین گذار، کوتاه‌ترین طول موج گسیلی هر رشته را ایجاد می‌کند، یعنی در اینجا $\begin{cases} n = \infty \\ n' = ۲ \end{cases}$

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

$$\frac{۱}{\lambda} = ۰/۰۱(\frac{۱}{۴} - \frac{۱}{\infty})$$

$$\lambda = ۴۰۰ nm$$

۲۷

الف فروسرخ

۲۸

$$\frac{۱}{\lambda} = R(\frac{۱}{n'^۲} - \frac{۱}{n^۲}) \xrightarrow{n'=۳ \text{ رشتهٔ پاشن}} \frac{۱}{\lambda} = ۰/۰۱۰۹(\frac{۱}{۹} - \frac{۱}{n^۲})$$

خط اول رشتهٔ پاشن $\Rightarrow n = ۴ \Rightarrow \frac{۱}{\lambda} = ۰/۰۱۰۹(\frac{۱}{۹} - \frac{۱}{۱۶}) = ۰/۰۱۰۹(\frac{۷}{۱۴۴})$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{۱۴۴}{۷ \times ۰/۰۱۰۹} nm \rightarrow \lambda = ۱۸۸۷/۲۸ nm \Rightarrow$$ فروسرخ

خط دوم رشتهٔ پاشن $\Rightarrow n = ۵ \Rightarrow \frac{۱}{\lambda} = ۰/۰۱۰۹(\frac{۱}{۹} - \frac{۱}{۲۵}) = ۰/۰۱۰۹(\frac{۱۶}{۲۲۵})$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{۲۲۵}{۱۶ \times ۰/۰۱۰۹} nm \rightarrow \lambda = \frac{۲۲۵}{۰/۱۷۴۴} nm = ۱۲۹۰/۱۳ nm \Rightarrow$$ فروسرخ

۲۹

$$\frac{۱}{\lambda} = R(\frac{۱}{n'^۲} - \frac{۱}{n^۲}) \Rightarrow \frac{۱}{\lambda} = \frac{۱}{۱۰۰}(\frac{۱}{۳^۲} - \frac{۱}{۶^۲}) \Rightarrow \lambda = ۱۲۰۰ nm$$

فروسرخ

۳۰

الف پیوسته

۳۱

الف بالمر

ب

$$\frac{۱}{\lambda} = R(\frac{۱}{n'^{۲}} - \frac{۱}{n^{۲}}) = \frac{۱}{۱۰۰}(\frac{۱}{۱^{۲}} - \frac{۱}{\infty}) \rightarrow \lambda = ۱۰۰nm$$

۳۲

الف خطی

۳۳

الف نادرست؛ با استفاده از طیف خطی می‌توان به ساختار اتمی گاز رسید.

ب درست

۳۴

الف فرابنفش

ب در هر دمایی

پ پیوسته

ت کوتاه‌تر

۳۵

الف فروسرخ

ب لیمان

پ پفوند

۳۶ الف) ۲ ب) ۱ پ) ۳

۳۷ زیرا شامل گسترهٔ پیوسته‌ای از طول موج‌هاست

۳۸ الف)

$$\frac{۱}{\lambda} = R(\frac{۱}{n'^{۲}} - \frac{۱}{n^{۲}}) \xrightarrow{n=n'+۳} \frac{۱}{\lambda} = \frac{۱}{۱۰۰}(\frac{۱}{۲^{۲}} - \frac{۱}{۵^{۲}})$$

$$\frac{۱}{\lambda} = \frac{۱}{۱۰۰}(\frac{۲۱}{۱۰۰}) \Rightarrow \lambda = \frac{۱۰۰۰۰}{۲۱} \approx ۴۷۶/۲nm$$

ب) این طول موج در محدودهٔ ۳۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر قرار دارد، پس مرئی است.

۳۹ طیف پیوسته

۴۰ شکل ظاهری طیف پیوسته، به‌صورت گستره‌ای از رنگ‌ها (مانند رنگین‌کمان) است، ولی شکل ظاهری طیف خطی به‌صورت خط‌های رنگی جدا از هم تشکیل می‌شود.

۴۱ الف) طیف گسیلی خطی اتم هیدروژن

ب) محل خط‌های روشن تغییر می‌کند که بیانگر تغییر طول موج‌های گسیلی است.