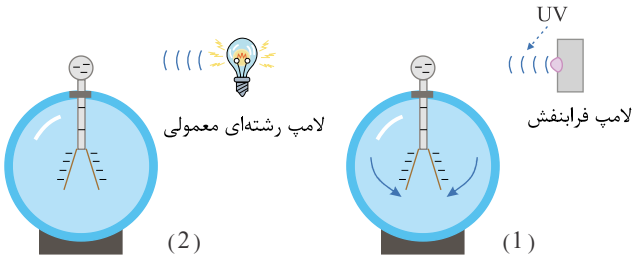
۱ پاسخ دهید.

پاسخ:

الف شکل (۱) بیانگر کدام پدیده در فیزیک جدید است؟



پاسخ: پدیدهٔ فوتوالکتریک

ب شکل‌های (۱) و (۲) چه تفاوت مهمی دارند؟

پاسخ: در شکل (۱) برهم‌کنش نور فرودی فرابنفش با کلاهک برق‌نما باعث می‌شود تا ورقه‌های آن به سرعت به‌هم نزدیک شوند، در حالی که برهم‌کنش نور مرئی گسیل‌شده از یک لامپ رشته‌ای در شکل (۲)، چنین تأثیری ایجاد نمی‌کند.

۲ الف) منظور از اثر فوتوالکتریک چیست؟

ب) توضیح دهید نظریهٔ کوانتومی تابش که توسط اینشتین مطرح شد و در آن نور به‌صورت مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی درنظر گرفته شد، چگونه به تبیین اثر فوتوالکتریک کمک کرد؟

پاسخ: 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.

۳ توضیح دهید برای یک فلز معیّن، تغییر هریک از کمیت‌های زیر چه تأثیری درنتیجهٔ اثر فوتوالکتریک دارد.

الف) افزایش یا کاهش بسامد نور فرودی نسبت به بسامد آستانه

ب) افزایش شدت نور فرودی در بسامدهای کوچک‌تر از بسامد آستانه.

پ) کاهش شدت نور فرودی در بسامدهای بزرگ‌تر از بسامد آستانه.

پاسخ: در متن پرسش تأکید شده که یک فلز معیّن داریم؛ پس تابع کار فلز (که فقط به جنس فلز وابسته است) ثابت است (ثابت $= W_{\circ}$).

الف) فرض بر این است که $W_{\circ}$ ثابت است. حال در این شرایط f را تغییر می‌دهیم:

طبق رابطهٔ: $K_{\max} = hf - W_{\circ}$

اگر $f \geq f_{\circ}$ باشد، پدیدهٔ فوتوالکتریک رخ می‌دهد و اگر $f < f_{\circ}$ باشد پدیدهٔ فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد.

حال با فرض اینکه همواره $f \geq f_{\circ}$ باشد،

اگر : $f \uparrow \Rightarrow K_{\max} \uparrow$

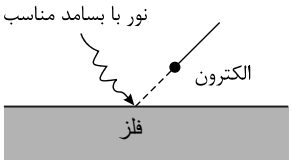
اگر : $f \downarrow \Rightarrow K_{\max} \downarrow$

ب) اگر بسامد نور فرودی کمتر از بسامد آستانه باشد، اصلًا پدیدهٔ فوتوالکتریک اتفاق نمی‌افتد و تغییر شدت نور هم تأثیری نخواهد داشت.:

$f < f_{\circ} \Rightarrow$ پدیدهٔ فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد.

پ) در این حالت $f > f_{\circ}$ است، بنابراین پدیدهٔ فوتوالکتریک رخ می‌دهد؛ در این شرایط هرچه شدت نور فرودی کاهش یابد، تعداد فوتون‌های گسیلی به فلز کاهش یافته و تعداد الکترون‌های (یا بهتر است بگوییم فوتوالکترون‌های) جداشده از سطح فلز کاهش می‌یابد و تاثیری در انرژی جنبشی هر فوتوالکترون جداشده ندارد.

۴ شکل زیر، مربوط به کدام پدیدهٔ فیزیکی است؟



۱) فوتوالکتریک
۲) پرتوزایی
۳) بازتاب
۴) لیزر

پاسخ: ۴ ۳ ۲ **۱** پدیدهٔ فوتوالکتریک

۵ کدام‌یک از موارد زیر، با فیزیک کلاسیک قابل‌توجیه نیستند؟

۱) مکانیک نیوتونی و پدیدهٔ فوتوالکتریک
۲) پدیدهٔ فوتوالکتریک و طیف خطی
۳) لیزر و نظریهٔ الکترومغناطیسی ماکسول
۴) نظریهٔ الکترومغناطیسی ماکسول و طیف خطی

پاسخ: ۴ ۳ **۲** ۱ مکانیک نیوتونی و نظریهٔ الکترومغناطیس با فیزیک کلاسیک قابل توجیه هستند.

۶ در آزمایش فوتوالکتریک، فوتون‌هایی با طول موج $۲۴۸nm$ بر سطح یک فلز تابش می‌شود. انرژی هر فوتون چند الکترون ولت است؟

$(hc = ۱۲۴۰eV \cdot nm)$

$$E = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow E = \frac{۱۲۴۰eV \cdot nm}{۲۴۸nm} \Rightarrow E = ۵eV$$

۷ یک چشمهٔ نور فوتون‌هایی با طول موج $۳۹۸nm$ گسیل می‌کند. انرژی هر فوتون چند ژول است؟ $(hc = ۱۹٫۹ \times ۱۰^{-۲۶} J \cdot m)$

$$E = h_f = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow E = \frac{۱۹٫۹ \times ۱۰^{-۲۶}}{۳۹۸ \times ۱۰^{-۹}} \qquad E = ۵ \times ۱۰^{-۱۹} J$$

۸ یک لامپ با توان $۵W$ تابش مرئی با طول موج $۵۵۰nm$ گسیل می‌کند. در هر ثانیه چه تعداد فوتون از این لامپ گسیل می‌شود؟ $(hc = ۲ \times ۱۰^{-۲۵} J \cdot m)$

اگر انرژی کل الکترومغناطیسی گسیلی را E بنامیم، داریم:

$$E = p \cdot t = nh_f = n\frac{h_c}{\lambda}$$

$$\Rightarrow \frac{nhc}{\lambda} = Pt \Rightarrow n = \frac{pt\lambda}{h_c} = \frac{۵ \times ۱ \times ۵۵۰ \times ۱۰^{-۹}}{۲ \times ۱۰^{-۲۵}} \Rightarrow n = ۱٫۳۷۵ \times ۱۰^{۱۹}$$

۹ از یک لامپ که نوری با طول $۶۶۰nm$ گسیل می‌کند، در هر دقیقه ۲×۱۰^{۲۱} فوتون گسیل می‌شود. توان تابشی مفید لامپ چند وات است؟

$$(c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s} \quad , \quad h = ۶٫۶ \times ۱۰^{-۳۴} j \cdot s)$$

$$E = \frac{nhc}{\lambda} \Rightarrow P = \frac{nhc}{\lambda t}$$

$$P = \frac{۲ \times ۱۰^{۲۱} \times ۶٫۶ \times ۱۰^{-۳۴} \times ۳ \times ۱۰^{۸}}{۶۶۰ \times ۱۰^{-۹} \times ۶۰} \Rightarrow P = ۱۰W$$

۱۰ الکترون ولت، یکای کدام کمیت در فیزیک اتمی است؟

پاسخ: انرژی

۱۱ آیا افزایش طول موج نور، لزوماً باعث کاهش انرژی هر فوتون آن می‌شود؟ برای پاسخ خود توضیح مناسبی بنویسید.

خیر، انرژی فوتون با بسامد فوتون متناسب است. مثلًا هنگامی که نور از محیط شفافی به محیط شفاف دیگر می‌رود، بسامد ثابت است، ولی طول موج تغییر می‌کند.

۱۲ انرژی فوتونی $۲ eV$ است.

الف طول موج این پرتو را حساب کنید.

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

ب تعیین کنید این پرتو در چه ناحیه‌ای از طیف امواج الکترومغناطیسی قرار دارد. $(hc = ۱۲۴۰ \ eV \cdot nm)$

پاسخ: مرئی

۱۳ یک لامپ حاوی گاز کم‌فشار سدیم، فوتون‌هایی با طول موج $۵۸۹nm$ گسیل می‌کند.

الف بسامد و انرژی فوتون‌های گسیلی را حساب کنید. انرژی را برحسب ژول و همچنین الکترون ولت بیان کنید. $(h = ۶٫۶۳ \times ۱۰^{-۳۴} J \cdot s)$

ابتدا بسامد فوتون گسیلی را به دست می‌آوریم:

$$\lambda = \frac{c}{f} \rightarrow$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{۳ \times ۱۰^{۸}}{۵۸۹ \times ۱۰^{-۹}} \simeq ۵٫۰۹ \times ۱۰^{۱۴} Hz$$

برای محاسبهٔ انرژی داریم:

$$E = hf \rightarrow E = ۶٫۶۳ \times ۱۰^{-۳۴} \times ۵٫۰۹ \times ۱۰^{۱۴} \simeq ۳۳٫۷۵ \times ۱۰^{-۲۰} J$$

حال انرژی را به eV تبدیل می‌کنیم:

$$۳۳٫۷۵ \times ۱۰^{-۲۰} J \times \frac{۱eV}{۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} J} = ۲٫۱۱eV$$

ب فرض کنید توان تابشی مفید لامپ $۵٫۰W$ است. در هر دقیقه چند فوتون از این لامپ گسیل می‌شود؟

$$Pt = nhf \rightarrow ۵ \times ۶۰ = n \times ۳۳٫۷۵ \times ۱۰^{-۲۰} \rightarrow n = ۸٫۹ \times ۱۰^{۲۰}$$

(مقدار hf را از قسمت قبل استفاده کرده‌ایم)

۱۴ توان باریکهٔ نور خروجی یک لیزر گازی هلیم نئون $۵٫۰ mW$ است. اگر توان ورودی این لیزر $۵۰٫۰ W$ باشد،

الف) بازده لیزر را حساب کنید.

ب) اگر طول موج باریکهٔ نور خروجی $۶۳۳nm$ باشد، شمار فوتون‌هایی را پیدا کنید که در هر ثانیه از این لیزر گسیل می‌شود. $(hc \cong ۱۲۴۰ eV \cdot nm)$

$$\text{بازده} = \frac{\text{توان خروجی}}{\text{توان ورودی}}$$

$$\rightarrow \text{بازده} = \frac{۵٫۰ \times ۱۰^{-۳} W}{۵۰٫۰ W} = ۱۰^{-۴} \rightarrow \text{بازده}\,\% = ۱۰^{-۴} \times ۱۰۰ = ۱۰^{-۲}\%$$

$$\rightarrow \text{بازده} = ۰٫۰۱\% \text{ (یک‌صدم درصد)}$$

(نکته: بازده لیزرهای هلیم ـ نئون بسیار کم و در حدود ۰٫۰۱ تا ۰٫۱ درصد است، ولی به دلیل کیفیت خوب باریکهٔ لیزر ایجادشده، کاربرد زیادی در صنعت و فعالیت‌های علمی و آزمایشگاهی دارند.)

(ب)

$$\begin{cases}\lambda = ۶۳۳nm \\ \text{توان خروجی } P = ۵٫۰\ mW = ۵ \times ۱۰^{-۳} W \\ \Delta t = ۱\ s\end{cases}$$

ابتدا انرژی هر فوتون خروجی از لیزر را می‌یابیم:

$$E = hf = h\frac{c}{\lambda} = \frac{۱۲۴۰(eV \cdot \cancel{nm})}{۶۳۳\ \cancel{nm}}$$

$$\rightarrow E \cong ۱٫۹۶eV = ۱٫۹۶ \times ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} J \simeq ۳٫۱۴ \times ۱۰^{-۱۹} J$$

اگر انرژی کل فوتون‌ها E' باشد: $P = \frac{E'}{t}$

$$\rightarrow E' = Pt = (۵ \times ۱۰^{-۳} W)(۱s) = ۵ \times ۱۰^{-۳} J$$

$$\rightarrow E' = nE \rightarrow n = \frac{E'}{E} = \frac{۵ \times ۱۰^{-۳} J}{۳٫۱۴ \times ۱۰^{-۱۹} J}$$

$$\rightarrow n \simeq ۱٫۶ \times ۱۰^{۱۶}$$

۱۵ شدت تابشی خورشید در خارج جوّ زمین حدود $۱۳۶۰\ \frac{W}{m^۲}$ است؛ یعنی در هر ثانیه به سطحی برابر $۱\ m^۲$، مقدار انرژی $۱۳۶۰J$ می‌رسد. وقتی این تابش به سطح زمین می‌رسد مقدار زیادی از شدت آن، به‌علت جذب در جو و ابرها از دست می‌رود. اگر شدت تابشی متوسط خورشید در سطح زمین به‌ازای هر متر مربع حدود $۳۰۰\ \frac{W}{m^۲}$ باشد، در هر ثانیه چند فوتون به هر متر مربع از سطح زمین می‌رسد؟ طول موج فوتون‌ها را $۵۷۰\ nm$ فرض کنید.

$$(hc = ۱۲۴۰\ eV \cdot nm)$$

در هر ثانیه $۳۰۰J$ انرژی به هر متر مربع از زمین می‌رسد. این انرژی وابسته به فوتون‌هایی با طول موج $۵۷۰nm$ فرض شده است.

ابتدا انرژی هر فوتون را می‌یابیم:

$$E = hf = h\frac{c}{\lambda} = \frac{۱۲۴۰\ eV \cdot nm}{۵۷۰nm} = ۲٫۱۸\ eV$$

تعداد فوتون‌ها (n) برابر است با:

$$n = \frac{\text{کل } E}{\text{هر فوتون } E} = \frac{۳۰۰J}{۲٫۱۸ \times ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} J} \rightarrow n = \frac{۳۰۰ \times ۱۰^{۱۹}}{۳٫۴۸۸} \simeq ۸۶ \times ۱۰^{۱۹} = ۸٫۶ \times ۱۰^{۲۰}$$

۱۶ انرژی فوتون A، ۲٫۵ برابر انرژی فوتون B است. اگر اختلاف بسامد این دو فوتون $۹ \times ۱۰^{۱۴} Hz$ باشد، طول موج فوتون A، چند میکرومتر است؟ $(c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s})$

۱) ۳۰۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۰٫۳ ۴) ۰٫۲

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱ نسبت انرژی فوتون‌ها، معادل نسبت بسامد آنهاست، یعنی:

$$\frac{E_A}{E_B} = \frac{hf_A}{hf_B} = ۲٫۵ \rightarrow f_A = ۲٫۵f_B \xrightarrow{f_A - f_B = ۹ \times ۱۰^{۱۴}} ۲٫۵f_B - f_B = ۹ \times ۱۰^{۱۴} \rightarrow ۱٫۵f_B = ۹ \times ۱۰^{۱۴}$$

$$\rightarrow f_B = ۶ \times ۱۰^{۱۴} \xrightarrow{f_A = ۲٫۵ f_B} f_A = ۲٫۵ \times ۶ \times ۱۰^{۱۴} \rightarrow f_A = ۱۵ \times ۱۰^{۱۴} Hz$$

و برای تعیین طول موج A داریم:

$$\lambda_A = \frac{c}{f_A} = \frac{۳ \times ۱۰^{۸}}{۱۵ \times ۱۰^{۱۴}} \rightarrow \lambda_A = ۰٫۲ \times ۱۰^{-۶} m \rightarrow \lambda_A = ۰٫۲ \mu m$$

۱۷ 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؟

$$(c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s})$$

۱) ۵×۱۰^{۱۵} ۲) ۲×۱۰^{۱۵} ۳) ۲×۱۰^{۱۴} ۴) ۵×۱۰^{۱۴}

پاسخ: ۱ ۲ ۳ **۴** می‌دانیم که رابطه بین انرژی هر فوتون با طول موج و بسامد آن به‌صورت زیر است:

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

از آنجا که انرژی فوتون B به اندازهٔ ۲۵ درصد از انرژی فوتون A کمتر است، درمی‌یابیم که انرژی فوتون B، معادل ۷۵ درصد انرژی فوتون A است. بنابراین داریم:

$$E_B = ۰٫۷۵ E_A \rightarrow \frac{hc}{\lambda_B} = \frac{۳}{۴}\frac{hc}{\lambda_A} \rightarrow \lambda_B = \frac{۴}{۳}\lambda_A \xrightarrow{\lambda_B - \lambda_A = ۵۰ nm} \begin{cases} \lambda_A = ۱۵۰ nm \\ \lambda_B = ۲۰۰ nm \end{cases}$$

$$f = \frac{c}{\lambda} \rightarrow f_A - f_B = \frac{c}{\lambda_A} - \frac{c}{\lambda_B} \rightarrow f_A - f_B = \frac{۳ \times ۱۰^{۸}}{۱۵۰ \times ۱۰^{-۹}} - \frac{۳ \times ۱۰^{۸}}{۲۰۰ \times ۱۰^{-۹}}$$

$$\rightarrow f_A - f_B = ۵ \times ۱۰^{۱۴} Hz$$

۱۸ اگر یک چشمهٔ لیزر با توان ۰٫۳ میلی‌وات، نوری با طول موج ۶۶۳ نانومتر تولید کند، در هر ثانیه چند فوتون از این چشمه گسیل می‌شود؟

$$(h = ۶٫۶۳ \times ۱۰^{-۳۴} J \cdot s \text{ و } c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s})$$

۱) ۳×۱۰^{۱۵} ۲) $۱۰^{۱۵}$ ۳) ۵×۱۰^{۱۳} ۴) $۱۰^{۱۳}$

پاسخ: ۱ ۳ ۴ **۲** ۱ برای تعیین مقدار فوتون‌های گسیلی داریم:

$$E = P \cdot t = \frac{nhc}{\lambda} \Rightarrow ۰٫۳ \times ۱۰^{-۳} \times ۱ = n \times \frac{۶٫۶۳ \times ۱۰^{-۳۴} \times ۳ \times ۱۰^{۸}}{۶۶۳ \times ۱۰^{-۹}} \Rightarrow n = ۱۰^{۱۵}$$

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

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

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱

اگر رنگ زرد را با حرف Y و رنگ بنفش را با حرف V نشان دهیم، داریم:

$$\left.\begin{matrix} E = nh\frac{C}{\lambda} \\ E = P\cdot t \end{matrix}\right\} \Rightarrow \begin{matrix} P_Y t_Y = n_Y \frac{hC}{\lambda_Y} \\ P_V t_V = n_V \frac{hC}{\lambda_V} \end{matrix} \xrightarrow{\text{تقسیم دو رابطه}} \frac{۲۰۰ \times ۱}{۲۰۰ \times ۱} = \frac{n_Y}{n_V} \times \frac{\frac{۱}{۶۰۰}}{\frac{۱}{۴۰۰}} \Rightarrow \frac{n_Y}{n_V} = \frac{۳}{۲}$$

۲۰ انرژی هر فوتون یک موج الکترومغناطیسی $۴ \times ۱۰^{-۷} eV$ است. این موج در کدام ناحیه از طیف امواج الکترومغناطیسی قرار دارد؟ $(e = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$، $c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}$ و $h = ۶٫۶۳ \times ۱۰^{-۳۴} J\cdot s)$

۱) رادیویی ۲) نور مرئی ۳) فرا بنفش ۴) فرو سرخ

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱

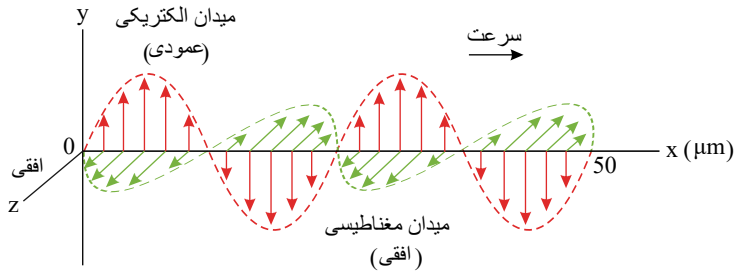
ابتدا باید انرژی فوتون را بر حسب ژول بنویسیم و سپس از رابطهٔ انرژی فوتون، طول موج را محاسبه کنیم و سپس نوع موج را تشخیص دهیم:

انرژی هر فوتون $E = hf = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E} = \frac{[۶٫۶۳ \times ۱۰^{-۳۴} J\cdot s][۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}]}{(۴ \times ۱۰^{-۷})(۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} J)} \Rightarrow \lambda = \frac{۱۹٫۸۹}{۶٫۴}(\frac{۱۰^{-۲۶}}{۱۰^{-۲۶}})$

$\cong ۳٫۱ m$

طول موج‌هایی که در حد چند متر یا کیلومتر هستند از نوع امواج رادیویی می‌باشند.

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



۱) ۲٫۴
۲) $۲٫۴ \times ۱۰^{-۲}$
۳) ۴٫۸
۴) $۴٫۸ \times ۱۰^{-۲}$

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱ ابتدا با توجه به شکل طول موج را به دست می‌آوریم و سپس انرژی هر فوتون را محاسبه می‌کنیم. داریم:

$$۲\lambda = ۵۰\mu m \Rightarrow \lambda = ۲۵\mu m = ۲۵ \times ۱۰^{-۶} m$$

انرژی هر فوتون $E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{۴ \times ۱۰^{-۱۵} eV\cdot s \times ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}}{۲۵ \times ۱۰^{-۶} m} = \frac{۱۲}{۲۵} \times ۱۰^{-۱} = ۴٫۸ \times ۱۰^{-۲} eV$

$\Rightarrow E = ۴٫۸ \times ۱۰^{-۲} eV$

۲۲ توان یک لامپ که نور تکرنگ با بسامد $۶ \times ۱۰^{۱۴} Hz$ گسیل می‌کند، ۳۳ وات است. این لامپ در هر دقیقه چند فوتون تابش می‌کند؟ $(e = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$ و $h = ۶٫۶ \times ۱۰^{-۳۴} J \cdot s)$

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

پاسخ: ۴ ۳ **۲** ۱ با ترکیب دو رابطهٔ $E = nhf$ و $P = \frac{E}{t}$ داریم:

$$Pt = nhf$$

$$\begin{cases} f = ۶ \times ۱۰^{۱۴} Hz \\ P = ۳۳W \\ t = ۶۰s \end{cases} \Rightarrow ۳۳ \times ۶۰ = n(۶٫۶ \times ۱۰^{-۳۴})(۶ \times ۱۰^{۱۴}) \Rightarrow n = \frac{۳۳ \times ۶۰}{۶٫۶ \times ۶ \times ۱۰^{-۲۰}}$$

$$= \frac{۳۳۰۰}{۶۶} \times ۱۰^{۲۰} = ۵ \times ۱۰^{۲۱}$$

توجه: می‌بینیم که لزوماً همهٔ اطلاعات داده شده را نباید به کار برد. مانند e در این تست.