



گزینه ۳

۱

انرژی n فوتون تابش شده از لامپ برابر است با:

$$E = nhf = \frac{nhc}{\lambda} \xrightarrow{hc = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}} E = \frac{5 \times 10^{20} \times 1240}{310} = 2 \times 10^{21} \text{ eV}$$

$$\lambda = 3100 \text{ \AA} = 310 \text{ nm}$$

انرژی به دست آمده را به واحد SI (ژول) تبدیل می کنیم:

$$E = 2 \times 10^{21} \times 1/6 \times 10^{-19} = 3/2 \times 10^2 = 320 \text{ J} \xrightarrow{\text{توان خروجی}} P = \frac{E}{t} = 320 \text{ W}$$

$$\text{بازده لامپ} = \frac{\text{توان خروجی}}{\text{توان مصرفی}} = \frac{320}{400} = 0/8 = 80\%$$

گزینه ۳

۲

با شروع پدیده فوتواکتربیک به ازای هر فوتون یک الکترون از سطح فلز جدا می شود. در این صورت می توان نوشت:

$$\Delta q = +ne = +10^{14} \times 1/6 \times 10^{-19} = +1/6 \times 10^{-5} \text{ C} \Rightarrow \Delta q = +16 \mu\text{C}$$

یعنی بار ورقه های برق نما به مقدار زیر خواهد رسید:

$$q_{\text{جدید}} = -40 \mu\text{C} + 16 \mu\text{C} = -24 \mu\text{C}$$

گزینه ۲

۳

$$E = nhf \Rightarrow Pt = nh \frac{c}{\lambda} \Rightarrow n = \frac{Pt\lambda}{\underbrace{hc}_{\text{اعداد ثابت}}}$$

$$\frac{n_A}{n_B} = \frac{P_A t_A \lambda_A}{P_B t_B \lambda_B} = \frac{P_1 \times 60 \times \lambda_1}{2P_1 \times 1_{\min} \times 2\lambda_1} = 15$$

با استفاده از رابطه $E = \frac{hc}{\lambda}$ داریم:

$$E = \frac{6/6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{11 \times 10^{-10}} = 1/11 \times 10^{-16}$$

طبق معادله فوتوالکتریک انیشتین داریم:

$$\left. \begin{aligned} K_{\max} &= hf - W_0 = hf - hf_0 \\ K_{\max} &= W_0 = hf_0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow hf_0 = hf - hf_0 \Rightarrow 2hf_0 = hf \Rightarrow f = 2f_0$$

نظریه نسبیت خاص مربوط به مطالعه در تندی‌های بسیار زیاد و قابل مقایسه با تندی نور، است.
توجه: نظریه نسبیت عام مربوط به مطالعه هندسه فضا-زمان و گرانش است.

ابتدا تعداد فوتون‌های تابش شده توسط لامپ که دارای طول موج 620 nm است را در مدت یک دقیقه به دست می‌آوریم:

$$P \times R_{a1} \times R_{a2} = nh \frac{C}{\lambda} \Rightarrow 100 \times \frac{5}{100} \times \frac{2}{100} = n \times \frac{1240 \times 1/6 \times 10^{-19}}{620}$$

$$\Rightarrow n = 3/125 \times 10^{17}$$

حالا تعداد فوتون‌های رسیده به مردمک‌های چشم شخص (۲ مردمک) را با استفاده از یک نسبت به دست می‌آوریم:

$$\left\{ \begin{aligned} n &= 3/125 \times 10^{17} \Rightarrow 4\pi R^2 = 4\pi(\omega)^2 \\ n' &=? \Rightarrow 2(\pi r^2) = 2(\pi \times (10^{-3})^2) \end{aligned} \right. \Rightarrow n' = 6/25 \times 10^9$$

برهم‌کنش نور فرودی فرابنفش با کلاhek برق‌نما (الکتروسکوپ) سبب می‌شود که تعدادی از الکترون‌ها از الکتروسکوپ جدا شوند و در نتیجه انحراف تیغه‌ها که دارای بار مثبت هستند، بیشتر شود. درحالی‌که برهم‌کنش نور مرئی گسیل شده از یک لامپ رشته‌ای تغییری در انحراف ورقه‌های برق‌نما به وجود نمی‌آورد.

از رابطه $I = \frac{P}{A}$ ، توان نور تابیده شده را به دست می آوریم:

$$P = I.A = 1/5 \times 400 \times 10^{-4} = 0.06 \text{ W}$$

از رابطه $P = \frac{E}{t}$ انرژی پرتوهای تابیده شده به صفحه را به دست می آوریم:

$$E = P.t = 0.06 \times 60 = 3.6 \text{ J}$$

انرژی به دست آمده را به الکترون ولت تبدیل می کنیم:

$$E = 3.6 \text{ J} \times \frac{1 \text{ eV}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ J}} \Rightarrow E = \frac{9}{4} \times 10^{+19} \text{ eV}$$

به کمک روابط $E = nhf$ و $f = \frac{c}{\lambda}$ تعداد فوتون های تابیده شده را محاسبه می کنیم:

$$E = nhf \Rightarrow E = n \frac{hc}{\lambda}$$

$$\Rightarrow \frac{9}{4} \times 10^{+19} \text{ eV} = n \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{496 \text{ nm}} \Rightarrow n = 9 \times 10^{18}$$

با توجه به رابطه زیر داریم:

$$E_{\text{فوتون}} = hf \xrightarrow{f = \frac{c}{\lambda}} E_{\text{فوتون}} = h \frac{c}{\lambda}$$

$$\frac{E_{\text{سبز}}}{E_{\text{نارنجی}}} = \frac{\lambda_{\text{نارنجی}}}{\lambda_{\text{سبز}}} = \frac{680}{510} = \frac{4}{3}$$

ابتدا انرژی تابشی در هر ثانیه را به الکترون ولت تبدیل می‌کنیم:

$$100 \text{ J} = 100 \text{ J} \times \frac{1 \text{ eV}}{1/6 \times 10^{-19} \text{ J}} \Rightarrow E = \frac{100}{1/6 \times 10^{-19}} \text{ eV}$$

انرژی به دست آمده را در رابطه $E = nhf$ قرار می‌دهیم (در این رابطه به جای f قرار می‌دهیم $f = \frac{c}{\lambda}$):

$$E = nhf \Rightarrow E = n \frac{hc}{\lambda}$$

$$\Rightarrow \frac{100}{1/6 \times 10^{-19}} = 2/5 \times 10^{20} \times \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{\lambda}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{1240 \times 1/6 \times 10^{-19}}{100} \times 2/5 \times 10^{20} \Rightarrow \lambda = 496 \text{ nm}$$

(آ) درست (ب) درست

(پ) نادرست؛ اگر از برق‌نما با بار مثبت استفاده کنیم، باید از لامپ فرابنفش با طول موج کوتاه در آزمایش استفاده شود.

(ت) درست

ابتدا انرژی خروجی (انرژی نور مرئی) لامپ را به دست می‌آوریم:

$$P_{\text{خروجی}} = P_{\text{ورودی}} \times Ra = 100 \times 0/1 = 10 \text{ W}$$

$$E_{\text{خروجی}} = P_{\text{خروجی}} \times t = 10 \times 1 = 10 \text{ J}$$

انرژی خروجی نور با طول موج $\lambda = 540 \text{ nm}$ برابر است با:

$$E_{\lambda} = E \times 0/01 = 10 \times 0/01 = 0/1 \text{ J}$$

انرژی رسیده به مردمک شخص را محاسبه می‌کنیم.

$$E_{\text{مردمک}} = \frac{E_{\lambda}}{4\pi r^2} \times S_{\text{مردمک}} = \frac{0/1}{4\pi (10^2)^2} \times \pi \times (10^{-3})^2 = \frac{10^{-11}}{4} \text{ J}$$

تعداد فوتون‌های رسیده به مردمک چشم شخص برابر است با:

$$E = nhf = \frac{nhc}{\lambda} \Rightarrow \frac{10^{-11}}{4} = n \times \frac{6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{540 \times 10^{-9}} \Rightarrow n = 7/5 \times 10^6$$

در این سؤال با توجه به داده‌هایی که گفته شده، یک لامپ ۶۰ واتی در هر ثانیه ۶ ژول انرژی تابش می‌کند، در این صورت تعداد فوتون‌های تابش شده در یک ثانیه برابر است با:

$$E = nhf = \frac{nhc}{\lambda}$$

$$\begin{cases} E = 60 \text{ (J)} \\ h = 6/6 \times 10^{-34} \text{ (J.s)} \\ c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \end{cases}$$

n: تعداد فوتون

$$60 = \frac{n(6/6 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^8)}{6/6 \times 10^{-7}} \Rightarrow n = 2 \times 10^{20}$$

بنا بر نظر انیشتین، 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 آن گسیل می‌شود.

طبق نظریه الکترومغناطیسی ماکسول، شدت نور با مربع دامنه میدان الکتریکی متناسب است ($I \propto E^2$)؛ پس با n برابر شدن دامنه، شدت n^2 برابر می‌شود ولی انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها به شدت نور فرودی بستگی ندارد و فقط با تغییر بسامد تغییر خواهد کرد. افزایش شدت نور فرودی فقط تعداد فوتوالکترون‌های گسیلی را افزایش خواهد داد.

ابتدا از رابطه $E = nhf$ انرژی تابیده شده در هر میلی ثانیه را به دست می آوریم:

$$E = nhf = n \frac{hc}{\lambda} = 3 \times 10^{13} \times \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{600 \text{ nm}} = 6/2 \times 10^{13} \text{ eV}$$

انرژی تابیده شده که بر حسب الکترون ولت به دست آمده است را به ژول تبدیل می کنیم:

$$E = 6/2 \times 10^{13} \text{ eV} \times \frac{1/6 \times 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 9/92 \times 10^{-6} \text{ J}$$

حال توان لیزر را محاسبه می کنیم:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{9/92 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-3}} = 9/92 \times 10^{-3} \text{ W} = 9/92 \text{ mW}$$

طبق نظریه الکترومغناطیسی ماکسول، شدت نور با دامنه الکتریکی متناسب است ($I \propto E^2$)؛ پس با نصف شدن دامنه میدان الکتریکی، شدت نور $\frac{1}{4}$ برابر می شود ولی انرژی جنبشی فوتوالکترون ها به شدت نور فرودی بستگی ندارد و فقط با تغییر بسامد تغییر خواهد کرد. افزایش شدت نور فرودی فقط تعداد فوتوالکترون های گسیلی را افزایش خواهد داد.

بنا به تعریف یک الکترون ولت تغییر انرژی یک الکترون تحت ولتاژ یک ولت است.

$$\frac{v_{\text{آب}}}{c} = \frac{n_{\text{خلاء}}}{n_{\text{آب}}} = \frac{1}{\frac{4}{3}} \Rightarrow v_{\text{آب}} = \frac{3}{4}c$$

$$\frac{v_{\text{شیشه}}}{c} = \frac{n_{\text{خلاء}}}{n_{\text{شیشه}}} = \frac{1}{\frac{3}{2}} \Rightarrow v_{\text{شیشه}} = \frac{2}{3}c$$

$$E = hf = h\frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E} \Rightarrow \Delta\lambda = \frac{hv_{\text{آب}}}{E} - \frac{hv_{\text{شیشه}}}{E}$$

$$\Rightarrow \Delta\lambda = \frac{h}{E}(v_{\text{آب}} - v_{\text{شیشه}}) = \frac{h}{E}\left(\underbrace{\frac{3}{4}c - \frac{2}{3}c}_{\frac{1}{12}c}\right) \Rightarrow \Delta\lambda = \frac{hc}{12E} \Rightarrow 10 \times 10^{-9} = \frac{4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{12 \times E}$$

$$\Rightarrow E = \frac{12 \times 10^{-7}}{12 \times 10^{-8}} = 10 \text{ eV}$$