سوالات امتحان نهایی | اثر فوتوالکتریک و فوتون

۱- جای خالی را با کلمهٔ مناسب پر کنید.

در تابش پرتو فرابنفش به سطح فلز، الکترون‌های جدا شده از سطح فلز را ..... می‌نامند. فوتوالکترون

۲- عبارت مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

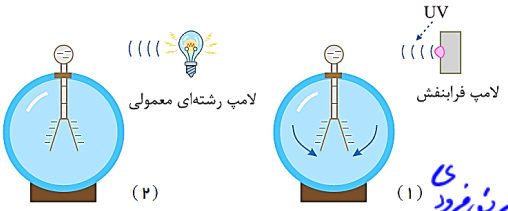
الف) براساس (دیدگاه کلاسیکی / نتایج تجربی) پدیدهٔ فوتوالکتریک باید با هر بسامدی رخ دهد.

ب) اثر فوتوالکتریک با استفاده از نظریهٔ فیزیک (کلاسیک / جدید) قابل توجیه است.

۳- درستی یا نادرستی گزاره زیر را با واژهٔ «درست» یا «نادرست» مشخص کنید.

براساس نتایج تجربی، اگر شدت نور فرودی به سطح فلز به قدر کافی بزرگ باشد، پدیدهٔ فوتوالکتریک در هر بسامدی رخ می‌دهد. نادرست

۴- پاسخ دهید:



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

پدیدهٔ فوتوالکتریک

ب) شکل های (۱) و (۲) چه تفاوت مهمی دارند؟ در شکل (۱) برخورد نور فرودی با الکترون سبب رخ دادن پدیدهٔ فوتوالکتریک شده است. اما در شکل (۲) پدیدهٔ فوتوالکتریک رخ نداده است.

۵- در آزمایش شکل مقابل (فوتوالکتریک) فاصلهٔ صفحات برق نما تغییر پیدا نمی‌کند.

علت را توضیح دهید.

بسامد نور فرودی کوچکتر از بسامد آستانه کلکتور فلز است.

۶- اثر فوتوالکتریک را تعریف کنید. وقتی نوری با بسامد مناسب به سطح فلزی بتابد، الکترون‌هایی از آن گسیل می‌شود. این پدیدهٔ فیزیکی را اثر فوتوالکتریک می‌نامند.

۷- توضیح دهید برای یک فلز معیّن، افزایش شدت نور فرودی در بسامدهای بزرگتر از بسامد آستانه چه تأثیری درنتیجهٔ اثر فوتوالکتریک دارد؟

تعداد فوتوالکترون ها گسیل شده افزایش می‌یابد.

۸- در آزمایش فوتوالکتریک برای یک فلز معین، تغییر هریک از موارد زیر باعث چه تغییری در نتیجهٔ آزمایش می‌شود؟

(۱) افزایش بسامد نور فرودی در بسامدهای بزرگ تر از بسامد آستانه. افزایش انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها

(۲) افزایش شدت نور فرودی در یک بسامد معین، بزرگ تر از بسامد آستانه. افزایش تعداد فوتوالکترون‌های گسیل شده

سوالات امتحان نهایی | اثر فوتوالکتریک و فوتون

۹- نوری بر کلاهک الکتروسکوپ بارداری با بار منفی می‌تابانیم و تابش این نور بر فاصلهٔ ورقه‌های الکتروسکوپ بی‌اثر است. اگر شدت همین نور را افزایش دهیم، آیا انحراف ورقه‌های الکتروسکوپ تغییری می‌کند یا خیر؟ خیر

زیرا پدیدهٔ فوتوالکتریک رخ نداده

۱۰-یکی از مشکلات فیزیک کلاسیک در توجیه پدیدهٔ فوتوالکتریک را بنویسید.

بنا به دیدگاه فیزیک کلاسیک، اثر فوتوالکتریک باید با هر بسامدی رخ دهد درحالیکه این نتیجه با تجربه سازگار نیست

۱۱- برکلاهک برق نمایی با بار منفی یک مرتبه نور فروسرخ و مرتبهٔ دیگر نور فرابنفش می‌تابانیم. در هر حالت، انحراف ورقه‌های آن چگونه تغییر می‌کند؟ با تابش نور فروسرخ تغییری در ورقه‌ها ایجاد نمی‌شود. اما با تابش فرابنفش، ورقه‌ها به هم نزدیک می‌شوند - زیرا بسامد نور فرابنفش > بسامد نور فروسرخ است و انرژی کافی برای خارج کردن الکترون را دارد.

۱۲- توضیح دهید نظریهٔ کوانتومی تابش که توسط اینشتین مطرح شد و در آن نور به صورت مجموعه‌ای از بسته های انرژی در نظر گرفته شد، چگونه به تبیین اثر فوتوالکتریک کمک کرد؟ وقتی نور کافی بر سطح فلزی می‌تابد، هر فوتون صرفاً با یکی از الکترون‌های فلز برخورد انجام می‌کند. اگر فوتون انرژی کافی داشته باشد تا فرآیند خارج کردن الکترون از فلز را انجام دهد. الکترون به طور آنی از آن گسیل می‌شود.

۱۳-انرژی هر فوتون نور فرابنفش بیشتر است یا نور فروسرخ؟ چرا؟ فرابنفش زیرا بسامد نور فرابنفش از نور فروسرخ بیشتر است در نتیجه طبق رابطهٔ $E=hf$ ← انرژی آن نیز بیشتر خواهد بود.

۱۴- در پدیدهٔ فوتوالکتریک، کاهش طول موج نور فرودی نسبت به طول موج آستانه، چه تأثیری بر بیشینهٔ انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها دارد؟ چرا؟ با کاهش طول موج فرودی $(\lambda<\lambda_0)$ ← $f>f_0$ می‌شود ← طبق رابطهٔ $K_{max}=hf-W_0$ با افزایش f ← انرژی جنبشی فوتوالکترون‌های گسیل شده افزایش خواهد یافت.

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

زیرا انرژی هر فوتون از رابطهٔ $E=hf$ به دست می‌آید. اگر بسامد چشمه ثابت باشد با افزایش طول موج و کاهش تندی موج نیز به همان نسبت تغییر می‌کند و $f=\frac{v}{\lambda}$ همچنان ثابت است.

۱۶- الکترون ولت، یکای کدام کمیت در فیزیک اتمی است؟

انرژی

سوالات امتحان نهایی | اثر فوتوالکتریک و فوتون

۱۷- با توجه به مفاهیم فیزیک اتمی، به سوال های زیر پاسخ دهید.

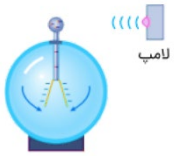
الف) با تابش نور فرابنفش به کلاهک یک برق نما، انحراف ورقه‌ها از هم کمتر می‌شود. نوع بار برق نما چیست؟ کاهش ـ منفی

ب) اگر پرتو نوری از هوا وارد آب شود، انرژی فوتون‌های آن تغییر می‌کند یا خیر؟ خیر، انرژی فوتون وابسته به بسامد چشمهٔ نور است. با تغییر محیط، تندی موج و در نتیجه طول موج نیز به همان نسبت تغییر می‌کند بین $P = \frac{v}{f}$ همچنان ثابت است.

۱۸- نوری بر کلاهک الکتروسکوپ بارداری با بار منفی می‌تابانیم و تابش این نور بر فاصلهٔ ورقه‌های الکتروسکوپ بی‌اثر است. اگر شدت همین نور را افزایش دهیم، آیا انحراف ورقه‌های الکتروسکوپ تغییری می‌کند یا خیر؟ خیر

زیرا اصلاً پدیدهٔ فوتوالکتریک رخ نداده است.

۱۹- مطابق شکل روبه‌رو نوری به کلاهک برق‌نما می‌تابد و ورقه‌های آن به هم نزدیک می‌شوند. اگر بسامد آستانهٔ فلزی که کلاهک برق‌نما از آن ساخته شده است برابر $۸ \times ۱۰^{۱۴} Hz$ باشد، کدام‌یک از بسامدهای زیر می‌تواند بسامد نور لامپ باشد.



۱) $f_۱ = ۶ \times ۱۰^{۱۴} Hz$

۲) $f_۲ = ۹ \times ۱۰^{۱۴} Hz$ ✓

برای رخ دادن اثر فوتوالکتریک باید $f > f_0$ (آستانه) باشد.

۲۰- در آزمایش فوتوالکتریک فوتون‌هایی با طول موج ۲۴۸ nm بر سطح یک فلز تابش می‌شود. انرژی هر فوتون چند الکترون ولت است؟ $(hc = ۱۲۴۰\ eV \cdot nm)$

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

$E = \frac{۱۲۴۰}{۲۴۸} = ۵\ eV$

۲۱- یک چشمهٔ نور فوتون‌هایی با طول موج ۴۰۰ nm گسیل می‌کند. انرژی هر فوتون چند ژول است؟
$(hc \cong ۲ \times ۱۰^{-۲۵} j \cdot m)$

$E = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow E = \frac{۲ \times ۱۰^{-۲۵}}{۴ \times ۱۰^{-۷}} = ۵ \times ۱۰^{-۱۹}$

$E = ۵ \times ۱۰^{-۱۹}\ J$

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

$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{۱۹/۹ \times ۱۰^{-۲۶}}{۳۹۸ \times ۱۰^{-۹}} = ۵ \times ۱۰^{-۱۹}$

$E = ۵ \times ۱۰^{-۱۹}\ J$

سوالات امتحان نهایی | اثر فوتوالکتریک و فوتون

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

$P = \frac{E}{t} \Rightarrow P = \frac{nhc}{t\lambda} \rightarrow n = \frac{n \times ۲ \times ۱۰^{-۲۵}}{۱ \times ۵۵۰ \times ۱۰^{-۹}}$

$n = \frac{۵ \times ۵۵۰ \times ۱۰^{-۹}}{۲ \times ۱۰^{-۲۵}} = ۱۳۷۵ \times ۱۰^{۱۶}$

۲۴- یک چشمهٔ نور مرئی با توان w ۱۰۰ فوتون‌هایی با طول موج nm ۶۰۰ گسیل می‌کند. چه تعداد فوتون در هر ثانیه از این چشمهٔ نور گسیل می‌شود؟ $(hc \cong ۲ \times ۱۰^{-۲۵} j \cdot m)$

$P = \frac{E}{t} = \frac{nhc}{\lambda t} \Rightarrow ۱۰۰ = \frac{n \times ۲ \times ۱۰^{-۲۵}}{۶ \times ۱۰^{۲} \times ۱۰^{-۹} \times ۱} \Rightarrow n = \frac{۶ \times ۱۰^{-۵}}{۲ \times ۱۰^{-۲۵}}$

$n = ۳ \times ۱۰^{۲۰}$

۲۵- از یک لامپ که نوری با طول موج nm ۶۶۰ گسیل می‌کند، در هر دقیقه ۲×۱۰^{۲۱} فوتون گسیل می‌شود. توان تابشی مفید لامپ چند وات است؟ $(h = ۶/۶ \times ۱۰^{-۳۴} j \cdot s$ و $c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s})$

$P = \frac{nhc}{\lambda t} \Rightarrow P = \frac{۱۲ \times ۱۰^{۲۱} \times ۲ \times ۱۰^{-۳۵} \times ۳ \times ۱۰^{۸}}{۳۳ \times ۱۰^{-۸} \times ۶۰} = \frac{۱۰^{-۹}}{۱۰^{-۷}} = ۱۰$

$P = ۱۰ w$

۲۶- اگر شدت تابشی متوسط خورشید در سطح زمین به ازای هر متر مربع حدود $\frac{w}{m^۲}$ ۳۳۰ باشد. در هر دقیقه چند فوتون به هر متر مربع از سطح زمین می‌رسد؟ طول موج متوسط فوتون‌ها را nm ۵۷۰ فرض کنید.
$(h = ۶/۶ \times ۱۰^{-۳۴} j \cdot s$ و $c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s})$

$I = \frac{P}{A} = \frac{E}{tA} = \frac{nhc}{\lambda t A} \Rightarrow ۳۳۰ = \frac{n \times ۳۳ \times ۱۰^{-۳۵} \times ۳ \times ۱۰^{۸}}{۵۷ \times ۱۰^{-۸} \times ۶۰ \times ۱}$

$n = \frac{۵۷ \times ۱۰^{-۹}}{۱۰^{-۲۷}} = ۵۷ \times ۱۰^{۲۱}$

سوالات امتحان نهایی | اثر فوتوالکتریک و فوتون

۲۷- توان خروجی دو لامپ A و B با هم برابر است. اگر طول موج نور گسیلی لامپ A ، ۶۰۰ نانومتر و طول موج گسیلی لامپ B، ۴۰۰ نانومتر باشد. باشد، تعداد فوتون هایی که از لامپ A در هر ثانیه گسیل می‌شود، چند برابر تعداد فوتون هایی است که در هر ثانیه از لامپ B گسیل می‌شود؟

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

$\frac{P_A}{P_B}=\frac{n_A}{n_B}\times\frac{\lambda_B}{\lambda_A}\Rightarrow 1=\frac{n_A}{n_B}\times\frac{۴۰۰}{۶۰۰}\Rightarrow\frac{n_A}{n_B}=\frac{۶}{۴}=\frac{۳}{۲}$

۲۸- توان باریکهٔ نور خروجی یک لیزر $۰/۰۱\ w$ است. اگر بسامد نور خروجی $۵\times۱۰^{۱۴}\ Hz$ باشد، شمار فوتون‌هایی که در مدت $۶۶\ s$ از این لیزر گسیل می‌شود، چقدر است؟ ($h=۶/۶\times۱۰^{-۳۴} j\cdot s$)

$P=\frac{E}{t}=\frac{nhf}{t}\Rightarrow ۱۰^{-۲}=\frac{n\times ۶/۶\times۱۰^{-۳۴}\times۵\times۱۰^{۱۴}}{۶۶}\Rightarrow n=\frac{۱۰^{-۲}}{۵\times۱۰^{-۲۱}}\Rightarrow n=۰/۲\times۱۰^{۱۹}\Rightarrow n=۲\times۱۰^{۱۸}$

۲۹- انرژی فوتونی $۲\ eV$ است.

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

الف) طول موج این پرتو را حساب کنید.

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

نور مرئی

۳۰- نوری با طول موج $۲۵۰\ nm$ به سطحی از جنس فلز تنگستن می‌تابد و سبب گسیل فوتوالکترون‌ها از آن می‌شود.

الف) اگر توان چشمهٔ نور فرودی $۸\ W$ باشد، در هر دقیقه چه تعداد فوتون از این چشمه گسیل می‌شود؟ $(hc=۲\times۱۰^{-۲۵} J.m)$

$P=\frac{E}{t}$

$P=\frac{nhf}{t}=\frac{nhc}{\lambda t}\Rightarrow n=\frac{P\cdot\lambda\cdot t}{hc}=\frac{۸\times۲۵۰\times۱۰^{-۹}\times۶۰}{۲\times۱۰^{-۲۵}}$

$n=\frac{۱۲\times۱۰^{-۷}}{۱۰^{-۲۵}}=۶\times۱۰^{۲۰}$

ب) افزایش شدت نور فرودی، چه تاثیری در انرژی جنبشی و تعداد فوتوالکترون‌ها دارد؟

افزایش شدت نور فرودی سبب افزایش تعداد فوتوالکترون های گسیل شده می شود ولی بر انرژی جنبشی آنها بی تاثیر است.