

پاسخ مسائل و پرسش‌های فصل پنجم: آشنایی با فیزیک اتمی

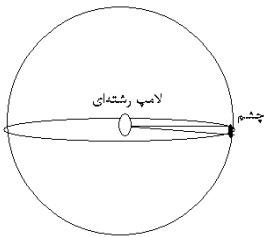
۱. الف) $f = - \Rightarrow - \text{_____}$

\Rightarrow

ب) $\Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \text{_____}$

۲. الف) بازده لیزر برابر است با: $\frac{P_{\text{خروجی}}}{P_{\text{ورودی}}}$

$\Rightarrow \text{---} \Rightarrow \text{---} \text{_____}$



۳. ۵ درصد، یک درصد نور زرد رنگ این لامپ ۱۰۰ وات (معادل ۰/۵ وات در یک کره به شعاع ۱۰۰۰ متر پخش می‌شود. از این انرژی، مقدار بسیار ناچیزی وارد مساحت چشم (دایره‌ای به شعاع ۱mm) می‌شود. پس برای حل این مقدار انرژی محاسبه می‌کنیم و سپس تعداد فوتون این مقدار انرژی را حساب می‌کنیم.

$(100 \text{ --- } \text{---}) \frac{(1 \times 10^{-3})}{\text{_____}}$

$\text{---} \Rightarrow \text{_____} \Rightarrow \text{_____}$

۴. $\Rightarrow \text{---} \Rightarrow \text{---} \text{_____}$

۵. الف) وقتی نوری با بسامد مناسب مانند نور فرابنفش به سطحی فلزی بتابد الکترون‌هایی از آن گسیل می‌شوند. این پدیده فیزیکی را، اثر فوتوالکتریک و الکترون‌های جدا شده از سطح فلز را فوتوالکترتون می‌نامند.

ب) طبق نظر اینشتین، یک فوتون نور با انرژی $E=hf$ با یکی از الکترون‌های فلز برهم‌کنش انجام می‌دهد. اگر انرژی آن فوتون کافی باشد، می‌تواند الکترون فلز را از قید وابستگی به فلز آزاد کند. در این فرایند بخشی از انرژی فوتون صرف کندن الکترون و بخشی به انرژی جنبشی الکترون آزاد شده یا فوتوالکترتون تبدیل می‌شود. البته اگر انرژی فوتون ($E=hf$) وابسته به بسامد) کافی نباشد، فتو الکتریک اتفاق نمی‌افتد.

پ) $K_{max} = hf - W_0$ ، که در آن W_0 تابع کار یعنی کمترین انرژی لازم برای کندن یک فتو الکترون است. hf انرژی یک فوتون، K_{max} انرژی جنبشی فتوالکترتون است.

۶. الف) با افزایش بسامد نور فرودی نسبت به بسامد آستانه ($f_0 < f$)، انرژی فوتون بیشتر شده و علاوه بر کنده شده الکترون فلز (انجام اثر فتوالکترتون) انرژی جنبشی الکترون‌ها افزایش می‌یابد. با کاهش بسامد نور فرودی نسبت به بسامد آستانه ($f_0 > f$)، اثر فتوالکتریک انجام نمی‌شود.

ب) با افزایش شدت نور فرودی در بسامدهای کوچک‌تر از بسامد آستانه ($f_0 > f$)، اثر فتو الکتریک انجام نخواهد شد و افزایش شدت تاثیری در اثر فتوالکتریک (در بسامدهای کوچک‌تر از بسامد آستانه) نخواهد داشت.

پ) کاهش شدت نور فرودی در بسامدهای بزرگ‌تر از بسامد آستانه ($f_0 < f$)، باعث کاهش تعداد فتوالکترتون‌ها و کاهش جریان عبوری از گالوانومتر خواهد شد. ($f_0 =$ بسامد آستانه = کمترین بسامدی است که اثر فتوالکتریک در آن رخ می‌دهد.)

۷. الف) حداقل انرژی لازم برای جدا کردن یک الکترون از سطح فلز همان تابع کار فلز (W_0) است. پس:

$\Rightarrow W_0 = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda_0 = \frac{hc}{W} = \frac{1240}{2.28eV} = 543.86nm$ (تقریباً نور سبز)

ب) شرط کنده شدن الکترون این است که انرژی فوتون (hf) از تابع کار فلز (W_0) بیشتر باشد. پس انرژی فوتون را به eV حساب می‌کنیم:

چون انرژی فوتون فرودی از تابع کار فلز کمتر است ($hf < W_0$)، اثر فتوالکتریک رخ نمی‌دهد.

البته ساده‌تر این است که بگوییم چون طول موج 680nm بیشتر از طول موج آستانه 543.86nm است، اثر فتوالکتریک رخ نمی‌دهد.

۸. ابتدا از رابطه $K_{max} = hf - W_0$ انرژی جنبشی را به دست آورده سپس با استفاده از رابطه‌ی انرژی جنبشی، تندی بیشینه را حساب

می‌کنیم.

$$\Rightarrow \sqrt{2m_e K_{max}} = m_e v_{max} \Rightarrow v_{max} = \sqrt{\frac{2m_e (hf - W_0)}{m_e}} = \sqrt{2(hf - W_0)}$$

۹. با استفاده از رابطه $K_{max} = hf - W_0$ تابع کار فلز W_0 را حساب کرده و بسامد آستانه را به دست می‌آوریم:

$$\Rightarrow W_0 = hf - K_{max} \Rightarrow W_0 = h\nu - K_{max}$$

۱۰. الف) **طیف پیوسته:** همه اجسام در هر دمایی که باشند، از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل (نشر) می‌کنند. برای یک جسم جامد، نظیر رشته داغ یک لامپ روشن، این امواج شامل گستره پیوسته‌ای از طول موج‌هاست که آن را طیف گسیلی پیوسته می‌نامند. تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از برهم کنش قوی بین اتم‌های سازنده آن است.

طیف خطی: گازهای کم فشار و رقیق، که اتم‌های منفرد آنها از برهم کنش‌های قوی موجود در جسم جامد آزادند به جای طیف پیوسته، طیفی گسسته را گسیل می‌کنند که شامل طول موج‌های معینی است. این طیف گسسته را، طیف گسیلی خطی می‌نامند. برای تشکیل طیف پیوسته نور یک جسم جامد داغ را از منشور عبور می‌دهند. ولی برای ایجاد طیف خطی نور ایجاد شده توسط گازهای کم فشار و رقیق را از منشور عبور می‌دهند.

۱۱. الف) $n=1$ پایین‌ترین تراز انرژی اتم هیدروژن و حالت پایه نامیده می‌شود است و انرژی الکترون در این تراز 13.6eV - است، یعنی اگر به الکترون در این تراز انرژی 13.6eV داده شود الکترون برانگیخته شده و از اتم جدا می‌شود.

ب) الکترون زمانی که از یک حالت مانا با انرژی بیشتر به حالت مانای دیگر با انرژی کمتر برود فوتون تابش می‌کند که انرژی فوتون تابشی برابر با اختلاف انرژی دو تراز است و چون ترازهای انرژی گسسته و دارای مقادیر معینی انرژی هستند لذا طیف گسیلی خطی است.

پ) **روش اول:** با استفاده از رابطه $\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ داریم: (برای محاسبات عددی $R_H = 0.0109 \text{ nm}^{-1}$ می‌گیریم)

$$\Rightarrow \begin{cases} n = \infty & \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{\min}} = R_H \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{\infty} \right) \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{n'^2}{R_H} \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{1^2}{0.0109} = 91.13 \text{ nm} \\ n = n' + 1 & \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{\max}} = R_H \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{(n'+1)^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{\max}} = 0.0109 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) = \frac{0.0327}{4} \Rightarrow \lambda_{\max} = 122.32 \text{ nm} \end{cases}$$

بنابراین گستره طول موج‌های رشته لیمان برابر $\Delta\lambda = 122.32 - 91.13 = 30.58 \text{ nm}$ است.

روش دوم: با استفاده از رابطه‌ی معادله گسیل فوتون از اتم $E_U - E_L = hf$ عمل می‌کنیم:

$$E_U - E_L = hf \Rightarrow \begin{cases} E_\infty - E_1 = h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow -(-13.6\text{eV}) = \frac{1240 \cdot \text{nm} \cdot \text{eV}}{\lambda} \Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{1240}{13.6} = 91.17 \\ E_2 - E_1 = h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow -3/4 - (-13.6\text{eV}) = \frac{1240 \cdot \text{nm} \cdot \text{eV}}{\lambda} \Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{1240}{10.2} = 121.56 \end{cases}$$

بنابراین $\Delta\lambda = 121.56 - 91.17 = 30.39 \text{ nm}$ است. (توضیح: اختلاف عددی در این دو روش به علت تقریب‌های اعمال شده در محاسبه‌ها است.)

۱۲. الف) الکترون‌ها می‌توانند در جهت عکس گذارکنند، یعنی در فرایندی که جذب فوتون خوانده می‌شود از ترازهای انرژی پایین‌تر به ترازهای انرژی بالاتر بروند در این حالت، اتم، فوتونی را که دقیقاً انرژی لازم برای گذار را دارد جذب می‌کند.

ب) با عبور نور سفید از گاز هیدروژن، طبق مدل اتمی بور، همان طول موج‌هایی که هیدروژن اتمی هنگام داغ بودن نشر می‌کند، در هنگام سرد بودن جذب می‌کند و خط‌های تاریک را در طیف جذبی هیدروژن ایجاد می‌کند.

پ) وقتی که نور فرابنفش به مواد تابیده شود، الکترون‌ها به ترازهای بالاتر برانگیخته می‌شوند. حال اگر دوباره الکترون به تراز پایه برگردند همان طول موج بنفش را تابش می‌کنند. ولی معمولاً الکترون‌ها به ترازهای میانی به طور پلکانی گذار انجام می‌دهند که نتیجه‌ی آن تابش نورهایی با طول موج کمتر از نور بنفش است.

۱۳. الف) زیرا بیشتر فضای اتم، فضای خالی است. در این فضا فقط ذرات آلفا با بار مثبت تحت تاثیر جاذبه و دافعه الکتریکی کمی منحرف می‌شوند.

ب) زیرا بیشتر فضای اتم فضای خالی است و بیشتر جرم اتم در ناحیه‌ی کوچکی به نام هسته با بار مثبت متمرکز است.

ت) زیرا فلز طلا بسیار چکش‌خوار است و می‌توان از آن ورقه‌های بسیار نازکی تهیه کرد.

ث) ناپایداری مدل اتمی رادرفورد: الکترون در مدارهای دایره‌ای شتابدار حرکت می‌کند و در نتیجه تابش کرده و انرژی از دست داده و در نهایت روی هسته سقوط می‌کند. در مدل بور فرض شد که الکترون در مدارهای مانا (مجاز) تابش نمی‌کند.

۱۴. الف) با استفاده از رابطه‌ی بور برای انرژی الکترون در اتم هیدروژن، داریم:

$$\Delta E_{(n_U - n_L)} = E_U - E_L = -\frac{E_R}{n_U^2} - \left(-\frac{E_R}{n_L^2} \right) = E_R \left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} \right)$$

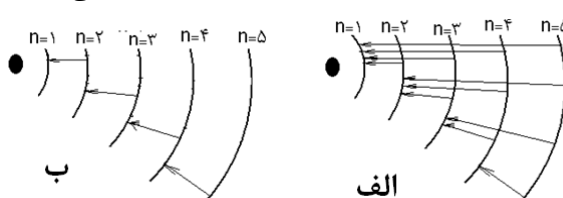
ب) با باز کردن سمت راست رابطه‌ی $\Delta E(4 \rightarrow 2) = \Delta E(4 \rightarrow 3) + \Delta E(3 \rightarrow 2)$ به سمت دیگر آن می‌رسیم:

$$\Delta E(4 \rightarrow 3) + \Delta E(3 \rightarrow 2) = (E_4 - E_3) + (E_3 - E_2) = E_4 - E_2 = \Delta E(4 \rightarrow 2)$$

به همین ترتیب برای $\Delta E(4 \rightarrow 1) = \Delta E(4 \rightarrow 2) + \Delta E(2 \rightarrow 1)$ داریم:

$$\Delta E(4 \rightarrow 2) + \Delta E(2 \rightarrow 1) = (E_4 - E_2) + (E_2 - E_1) = E_4 - E_1 = \Delta E(4 \rightarrow 1)$$

۱۵. الف) گذارهای ممکن ۱۰ تا است که عبارتند از: $5 \rightarrow 4, 5 \rightarrow 3, 5 \rightarrow 2, 5 \rightarrow 1, 4 \rightarrow 3, 4 \rightarrow 2, 4 \rightarrow 1, 3 \rightarrow 2, 3 \rightarrow 1, 2 \rightarrow 1$. می‌توان از



رابطه‌ی $\frac{n(n-1)}{2}$ با جاگذاری $n=5$ تعداد گذارهای ممکن را سریعتر حساب

کرد. ب) در اینصورت گذارها عبارتند از: $5 \rightarrow 4, 5 \rightarrow 3, 4 \rightarrow 3, 3 \rightarrow 2, 2 \rightarrow 1$ یعنی چهار نوع فوتون گسیل می‌شود.

۱۶. الف) یعنی الکترون‌ها در حالت پایه قرار داشته و برانگیخته نشده‌اند.

ب) در گسیل القایی یک چشمه انرژی خارجی مناسب باید وجود داشته باشد تا الکترون‌ها را به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته کند. این انرژی می‌تواند به روش‌های متعددی از جمله درخش‌های شدید نور معمولی و یا تخلیه‌های ولتاژ بالا فراهم شود.

پ) اگر انرژی کافی به اتم‌ها داده شود، الکترون‌های بیشتری به تراز انرژی بالاتر (ترازهای شبه پایدار) برانگیخته خواهند شد، این شرط به **وارونی جمعیت** معروف است.

ت) انرژی فوتون ورودی باید دقیقاً برابر اختلاف انرژی دو تراز باشد. ث) فوتون‌هایی که باریکه لیزری در گسیل القایی ایجاد می‌کنند هم بسامد، هم جهت و هم فاز هستند.

۱۷. الف) فوتون‌هایی که باریکه لیزری را ایجاد می‌کنند هم بسامد، هم جهت و هم فاز هستند ولی فوتون‌هایی که لامپ چراغ قوه یا لامپ برق معمولی ایجاد می‌کنند، دارای جهت‌ها، بسامدها و فازهای مختلف هستند.

ب) زیرا نور لیزر انرژی بسیار بالایی را در هر فاصله در یک نقطه ایجاد می‌کند، در صورتی که سایر نورها به دلیل غیرهم‌جهت و غیر هم‌فاز بودن فوتون‌های تشکیل دهنده‌ی آنها انرژی بسیار کمتری را در یک نقطه (در همان فاصله) ایجاد می‌کنند.