



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فصل ۵ (آشنایی با فیزیک اتمی)

از صفحه ۱۱۵ تا ۱۳۶

(۱) اگر فرض کنیم شدت تابشی خورشید در نقطه ای روی سطح زمین برابر با $31 \cdot \frac{W}{m^2}$ باشد، یک پنل خورشیدی به ابعاد $200cm \times 100cm$ و بازدهی ۲۰ درصد، در هر دقیقه انرژی چند فوتون را به انرژی الکتریکی تبدیل می کند؟ (طول متوسط فوتونها را $600nm$ فرض کنید، $hc = 1240 eV.nm$ و $e = 1.6 \times 10^{-19} C$)

(۱) 4.5×10^{21}

(۲) 4.5×10^{22}

(۳) 2.25×10^{21}

(۴) 2.25×10^{22}

• ابتدا انرژی‌ای که این پنل در یک دقیقه بدست می‌آورد را حساب می‌کنیم:

$$I = \frac{E}{A \cdot t} \rightarrow E = I \cdot A \cdot t = 310 \times 2 \times 60 \text{ J}$$

$$A = 2 \times 1 = 2 \text{ m}^2$$

• انرژی یک فوتون را بر حسب ژول حساب می‌کنیم:

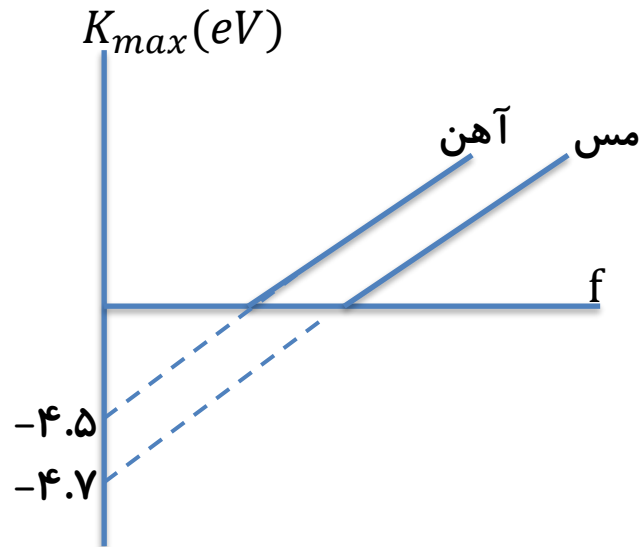
$$E = hf = h \frac{c}{\lambda} = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{600 \text{ nm}} \times \frac{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}}{1 \text{ e}} = \frac{62 \times 1.6 \times 10^{-20}}{3} \text{ J}$$

• حالا باید ببینیم که آن پنل با بازده ۲۰ درصد، انرژی چند فوتون را به انرژی الکتریکی

تبدیل می‌کند:

$$310 \times 2 \times 60 \times \frac{20}{100} = n \times \frac{62 \times 1.6 \times 10^{-20}}{3} \rightarrow n = 2.25 \times 10^{22}$$

۲) در یک آزمایش فوتوالکتریک، نمودار بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون ها بر حسب بسامد نور فرودی برای دو فلز آهن و مس رسم شده است. اگر نوری با طول موج 272.5 nm به سطح هر دو فلز بتابانیم، در کدام فلز گسیل فوتوالکترون صورت می گیرد؟
 ($hc = 1240 \text{ eV.nm}$)



۱) آهن

۲) مس

۳) در هر دو، گسیل فوتوالکترون صورت می گیرد.

۴) در هیچ کدام گسیل فوتوالکترون صورت نمی گیرد.

• رابطه انرژی جنبشی بیشینه را بدست می‌آوریم:

$$E = hf \rightarrow W + K = hf \rightarrow W_0 + K_{max} = hf \rightarrow K_{max} = hf - W_0$$

با توجه به این رابطه متوجه می‌شویم که در نمودار انرژی بیشینه بر حسب بسامد،
عرض از مبدا برابر با $-W_0$ می‌باشد.

• پس با توجه به نمودار، تابع کار آهن (حداقل کار لازم برای خارج کردن الکترون‌ها از سطح فلز آهن) $W_0 = 4.5 \text{ eV}$ و تابع کار مس $W_0 = 4.7 \text{ eV}$ است.

• زمانی که $K_{max} = 0$ باشد، با توجه به رابطه فوق، برای طول موج آستانه هر فلز داریم:

$$W_0 = hf_0 = \frac{hc}{\lambda_0} \rightarrow \lambda_0 = \frac{hc}{W_0}$$

• طول موج آستانه هر فلز را بدست می آوریم:

$$\lambda_0 = \frac{hc}{W_0} \rightarrow \begin{cases} \lambda_0 \text{ آهن} = \frac{hc}{W_0} = \frac{1240 \text{ eV.nm}}{4.5 \text{ eV}} \approx 275.6 \text{ nm} \\ \lambda_0 \text{ مس} = \frac{hc}{W_0} = \frac{1240 \text{ eV.nm}}{4.7 \text{ eV}} \approx 263.8 \end{cases}$$

• با توجه به اینکه طول موجی که به هر دو آنها می تابانیم برابر با ۲۷۲.۵ نانومتر است، پس فقط در آهن گسیل فوتوالکترون صورت می گیرد.

می دانیم زمانی پدیده فوتوالکترون صورت می گیرد که بسامد نور تابانده از بسامد آستانه فلز ما بیشتر باشد و یا به عبارتی دیگر طول موج نور تابانده از طول موج آستانه فلز ما کمتر باشد.

(۳) در یک آزمایش فوتوالکتریک، اگر به سطح فلزی با تابع کار 2eV ، نوری با بسامد 10^{15}Hz بتابانیم، بیشینه تندی فوتوالکتردهای گسیلی v_{max} می‌شود. اگر بخواهیم بیشینه تندی فوتوالکتردهای گسیلی $2v_{max}$ گردد، بسامد نور فرودی را چند هرتز باید افزایش دهیم؟ ($h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$)

(۱) 2.5×10^{15}

(۲) 1.5×10^{15}

(۳) 3×10^{15}

(۴) 5×10^{15}

• خب رابطه انرژی جنبشی بیشینه را که از قبل می‌دانیم، اما جهت یادآوری دوباره

می‌نویسیم:

$$E = hf \rightarrow W + K = hf \rightarrow W_0 + K_{max} = hf \rightarrow K_{max} = hf - W_0$$

• انرژی جنبشی بیشینه در حالت اولیه برابر است با:

$$K_{max} = hf - W_0 = 4 \times 10^{-15} \times 10^{15} - 2 = 2 \text{ eV}$$

• اگر سرعت بیشینه دو برابر شود در واقع انرژی جنبشی چهار برابر می‌شود پس برای

بدست آوردن بسامد جدید داریم:

$$4K_{max} = hf_2 - W_0 \rightarrow 4 \times 2 + W_0 = hf_2 \rightarrow f_2 = 2.5 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

• و در آخر می‌نویسیم:

$$f_2 - f = 2.5 \times 10^{15} - 10^{15} = 1.5 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

۴) به سطح فلزی با تابع کار $\frac{E_R}{13}$ به ترتیب پرنرژی ترین فوتون رشته بالمر ($n = 2$) و پرنرژی ترین فوتون رشته پاشن ($n = 3$) را می تابانیم. بیشینه سرعت آزاد شدن الکترون از سطح فلز در حالت اول چند برابر حالت دوم است؟

۱) ۱

۲) $\frac{81}{16}$

۳) $\frac{9}{4}$

۴) $\frac{16}{81}$

$$K_{max} = hf - W_0$$

• خب رابطه انرژی جنبشی بیشینه را می‌دانیم:

$$E_n = \frac{-13.6 \text{ eV}}{n^2} = \frac{-E_R}{n^2}$$

• انرژی الکترون در هر مدار برابر است با:

$$E_U - E_L = hf$$

• طبق معادله گسیل فوتون داریم:

• پراثری ترین فوتون رشته بالمر ($n = 2$)، زمانی رخ می‌دهد که الکترون از لایه بینهایت

به لایه ۲ می‌آید.

$$hf_1 = E_\infty - E_L = 0 - \left(\frac{-E_R}{2^2} \right) = \frac{E_R}{4}$$

• پراثری ترین فوتون رشته پاشن ($n = 3$)، زمانی رخ می‌دهد که الکترون از لایه بینهایت

به لایه ۳ می‌آید.

$$hf_2 = E_\infty - E_L = 0 - \left(\frac{-E_R}{3^2} \right) = \frac{E_R}{9}$$

• نسبت بیشینه سرعت آزاد شدن الکترون از سطح فلز در حالت اول به حالت دوم برابر

است با:

$$\left(\frac{V1_{max}}{V2_{max}}\right)^2 = \frac{K1_{max}}{K2_{max}} = \frac{hf_1 - W_0}{hf_2 - W_0} = \frac{\frac{E_R}{4} - \frac{E_R}{13}}{\frac{E_R}{9} - \frac{E_R}{13}} = \frac{\frac{13 - 4}{13 \times 4}}{\frac{13 - 9}{13 \times 9}} = \frac{81}{16}$$

• طبق صورت سوال تابع کار فلز (W_0) برابر با $\frac{E_R}{13}$ می باشد.

• امیدوارم که حواستان بوده باشد که:

$$\left(\frac{V1_{max}}{V2_{max}}\right)^2 = \frac{81}{16} \rightarrow \frac{V1_{max}}{V2_{max}} = \frac{9}{4}$$

گزینه ۳ صحیح است.

(۵) در یک اتم هیدروژن الکترون در تراز $n^{\text{ام}}$ قرار دارد. اگر تمام جهش‌های ممکن برای رفتن به حالت پایین‌تر در نظر گرفته شود، هر ۶ طول موج گسیلی متمایز آن در ناحیه فروسرخ قرار خواهند گرفت. n کدام است؟

(۱) ۶

(۲) ۵

(۳) ۴

(۴) ۳

• با توجه به کتاب درسی در دو طیف لیمان و بالمر ناحیه فروسرخ نداریم یعنی برای اینکه طول موج گسیلی در ناحیه فروسرخ قرار بگیرد الکترون نمی‌تواند از مدار های بالاتر به مدار یک و یا دو گسیل کند.
با این شرایط:

• اگر الکترون در مدار ۴ قرار بگیرد، فقط یک طول موج ۴ به ۳ را داریم.

• اگر الکترون در مدار ۵ قرار بگیرد، سه طول موج داریم:

۵ به ۳ - ۵ به ۴ - ۴ به ۳

خب پس سه گزینه دو و سه و چهار حذف می‌شوند و برای گزینه یک داریم:

• اگر الکترون در مدار ۶ قرار بگیرد، ۶ طول موج داریم که در ناحیه فروسرخ قرار می‌گیرد:

۳ جهش در رشته پاشن: ۶ به ۳ - ۵ به ۳ - ۴ به ۳

۲ جهش در رشته براکت: ۶ به ۴ - ۵ به ۴

۱ جهش در رشته پفوند: ۶ به ۵

گزینه ۱ صحیح است.

۶) در طیف اتم هیدروژن، کمینه بسامد خطوط در رشته بالمر ($n = 2$)، چند برابر بیشینه بسامد خطوط در رشته پاشن ($n = 3$) است؟

(۱) $\frac{5}{4}$

(۲) $\frac{4}{5}$

(۳) $\frac{36}{7}$

(۴) $\frac{7}{36}$

• طبق معادله گسیل فوتون داریم:

$$E_U - E_L = hf$$

• کمینه بسامد خطوط در رشته بالمر ($n = 2$)، زمانی رخ می‌دهد که الکترون از مدار سوم به

مدار ۲ بیاید.

$$hf_1 = E_3 - E_2 = \left(\frac{-E_R}{3^2} \right) - \left(\frac{-E_R}{2^2} \right) = E_R \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) = \frac{5}{36} E_R$$

• بیشینه بسامد خطوط در رشته پاشن ($n = 3$)، زمانی رخ می‌دهد که الکترون از مدار

بینهایت به مدار ۳ می‌آید.

$$hf_2 = E_\infty - E_3 = 0 - \left(\frac{-E_R}{3^2} \right) = \frac{1}{9} E_R$$

• حالا نسبت این دو بسامد را می‌نویسیم:

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{hf_1}{hf_2} = \frac{\frac{5}{36} E_R}{\frac{1}{9} E_R} = \frac{5}{4}$$

(۷) کدام یک از عبارتهای زیر نادرست است؟

- (۱) در گسیل خودبه خود، فوتون در جهتی کاتوره‌ای گسیل می‌شود.
- (۲) در گسیل القایی، تعداد فوتون‌های خروجی عددی زوج است.
- (۳) در گسیل القایی، فوتون ورودی باعث تحریک الکترون از حالت پایه شده و سپس با بازگشت این الکترون به تراز پایین‌تر، یک فوتون مشابه فوتون اولیه گسیل خواهد شد.
- (۴) الکترون‌های برانگیخته در ترازهای شبه پایدار، مدت زمان طولانی‌تری نسبت به حالت برانگیخته معمولی باقی می‌مانند.

• امیدوارم که کتاب درسی را مطالعه کرده باشید.

در گسیل القایی، فوتون ورودی باعث تحریک الکترون از حالت **برانگیخته** شده و سپس با بازگشت این الکترون به تراز پایین‌تر، یک فوتون مشابه فوتون اولیه گسیل خواهد شد.