



فیزیک

پایه دوازدهم



رهپویان  
دانش و اندیشه

آشنایی با فیزیک اتمی

اثر فوتوالکتریک و فوتون (۲)

مدرس: نیما نوروزی

**تست:** اگر ضریب ثابت پلانک  $6.6 \times 10^{-34}$  ژول ثانیه باشد، این ضریب چند الکترون ولت ثانیه است؟ ( $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )

$$\frac{8}{33} \times 10^{15}$$

$$\left( \frac{33}{8} \times 10^{-15} \right)$$

$$\frac{8}{33} \times 10^{-15}$$

$$\frac{33}{8} \times 10^{15} \quad (1)$$

(4)

پاسخ:

$$h = 6 / 6 \times 10^{-34} \text{ J.s} \xrightarrow{\text{با تقسیم به } 1/6 \times 10^{-19}}$$

$$h = \frac{6 / 6 \times 10^{-34}}{1 / 6 \times 10^{-19}} \Rightarrow h = \frac{33}{8} \times 10^{-15} \text{ eV.s}$$

$$\frac{8}{33} \times 10^{15}$$

$$\left( \frac{33}{8} \times 10^{-15} \right) \checkmark$$

$$\frac{8}{33} \times 10^{-15}$$

$$\frac{33}{8} \times 10^{15} (1$$

(4

**تست:** انرژی هر فوتون نور زرد  $2\text{eV}$  است. تعداد فوتون‌هایی که در  $16$  ثانیه از یک لامپ زرد  $100$  واتی گسیل می‌شوند، چند عدد است؟ ( $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )

- 1  $2 \times 10^{20}$       2  $2 \times 10^{21}$       3  $5 \times 10^{21}$       4  $5 \times 10^{20}$

پاسخ:

$$E = P.t \rightarrow P.t = nhf \rightarrow$$

$$100 \times 16 = n \times 2 \times 1 / 6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 5 \times 10^{21}$$

$$5 \times 10^{20}$$

( 3

$$5 \times 10^{21}$$



$$2 \times 10^{21}$$

$$2 \times 10^{20} ( 1$$

( 4



**تست:** توان تابشی خورشید که نوری با طول موج متوسط  $570\text{nm}$  گسیل می‌کند در خارج از جو زمین به ازای هر متر مربع  $1360 \frac{\text{J}}{\text{s}}$  است. اگر فقط 20 درصد این تابش به سطح زمین برسد. در هر ثانیه چند فوتون به هر متر مربع از سطح زمین می‌رسد؟  $(hc = 2 \times 10^{-25} \text{ Jm})$

$$1) \quad 7 / 752 \times 10^{20}$$

$$3) \quad 7 / 752 \times 10^{19}$$

$$2) \quad 7 / 752 \times 10^{21}$$

$$4) \quad 7 / 752 \times 10^{23}$$

پاسخ:

$$P = \frac{2}{10} P_{\text{کل}} = \frac{2}{10} \times 1360 \Rightarrow P = 272$$

$$E = P.t = nhf \xrightarrow{f = \frac{c}{\lambda}} E = P.t = \frac{nhc}{\lambda}$$

$$\xrightarrow[\lambda = 570 \times 10^{-9} \text{ m}]{P = 272 \text{ W}, t = 1 \text{ s}} 272 \times 1 = n \times \frac{2 \times 10^{-25}}{570 \times 10^{-9}}$$

پاسخ:

$$\rightarrow n = 7 / 752 \times 10^{20}$$

$$7 / 752 \times 10^{21} ( 2$$

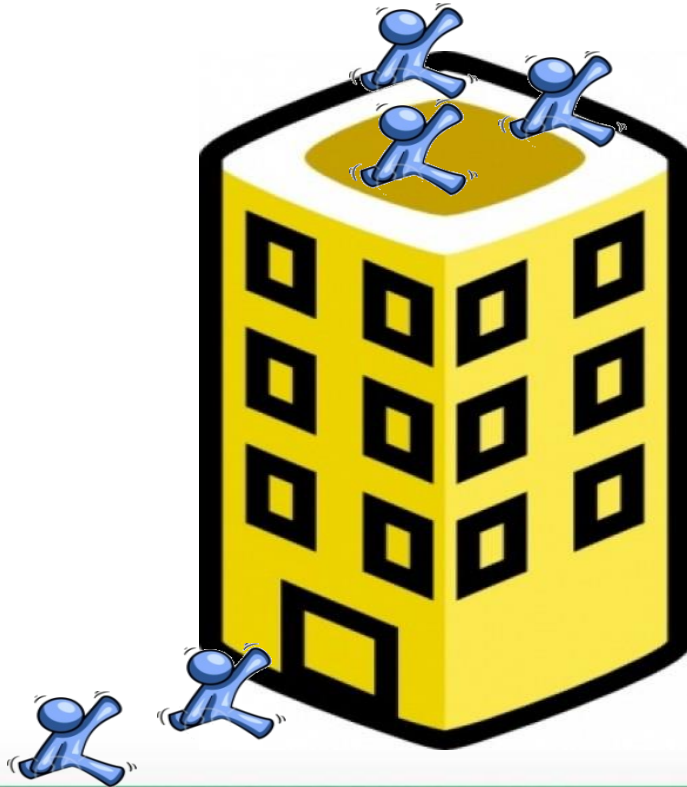
$$7 / 752 \times 10^{23} ( 4$$

$$7 / 752 \times 10^{20} ( 1 \checkmark$$

$$7 / 752 \times 10^{19} ( 3$$



## ساده سازی پدیده فوتوالکتریک:



## توجیه اثر فوتوالکتریک:

بنا بر نظر اینشتین، وقتی نوری تکفام بر سطح فلزی می‌تابد، هر فوتون صرفاً با یکی از الکترون‌های فلز برهم کنش می‌کند. اگر فوتون انرژی کافی داشته باشد تا فرایند خارج کردن الکترون از فلز را انجام دهد، الکترون به طور آنی از آن گسیل می‌شود. در این صورت بخشی از انرژی فوتون صرف جدا کردن الکترون از فلز می‌شود و مابقی آن به انرژی جنبشی الکترون خارج شده تبدیل می‌شود.

## بسامد آستانه:

اما فوتونها با هر بسامدی نمی‌توانند انرژی لازم را برای کنده شدن الکترون تأمین کنند، حداقل بسامد نور تابیده بر سطح فلز را بسامد آستانه می‌نامند. به طوریکه اگر بسامد نور تابیده شده از بسامد آستانه کمتر باشد الکترون جدا نشده و پدیده فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد.

\* بسامد آستانه به جنس فلز بستگی دارد (نه شدت نور فرودی!)

همچنین برای نوری که فوتون‌های آن دارای حداقل انرژی لازم برای وقوع پدیده فوتوالکتریک هستند، **افزایش شدت نور** (با ثابت ماندن بسامد) فقط سبب افزایش تعداد فوتون‌ها و در نتیجه افزایش تعداد فوتوالکترон‌ها می‌شود، در حالی که انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها بدون تغییر می‌ماند.



## طول موج آستانه:

با توجه به رابطه  $\lambda = \frac{c}{f}$  و تعریف بسامد آستانه، می‌توانیم بگوییم که طول موج آستانه حداکثر طول موجی است که در ازای آن پدیده فوتوالکتریک رخ می‌دهد به طوری که اگر طول موج نور تابیده شده بیشتر از طول موج آستانه باشد الکترون از فلز جدا نمی‌شود.



**تست:** در آزمایش فوتوالکتریک، وقتی نور تک رنگی با طول موج  $\lambda$  بر فلز می تابانیم، پدیده فوتوالکتریک رخ نمی دهد. برای آن که این پدیده رخ دهد، کدام عمل ممکن است مؤثر باشد؟

- 1) شدت نور را افزایش می دهیم.
- 2) از فلزی استفاده کنیم که کمتر از طول موج آستانه فلز باشد. ✓
- 3) زمان تابش نور را افزایش دهیم.
- 4) از نور تک رنگی با طول موج بزرگتر از  $\lambda$  استفاده کنیم.

## قانون پایستگی انرژی در اثر فوتوالکتریک:

بخشی از انرژی فوتونی که به الکترون می‌رسد سبب کنده شدن آن از فلز شده و بقیه آن به صورت انرژی جنبشی الکترون ظاهر می‌شود. اگر کار لازم برای کنده شدن الکترون از سطح فلز را با  $W$  نمایش داده و انرژی جنبشی الکترون‌ها را در لحظه جدا شدن از الکترون را با  $K$  نمایش دهیم آن‌گاه با توجه به قانون پایستگی انرژی داریم:

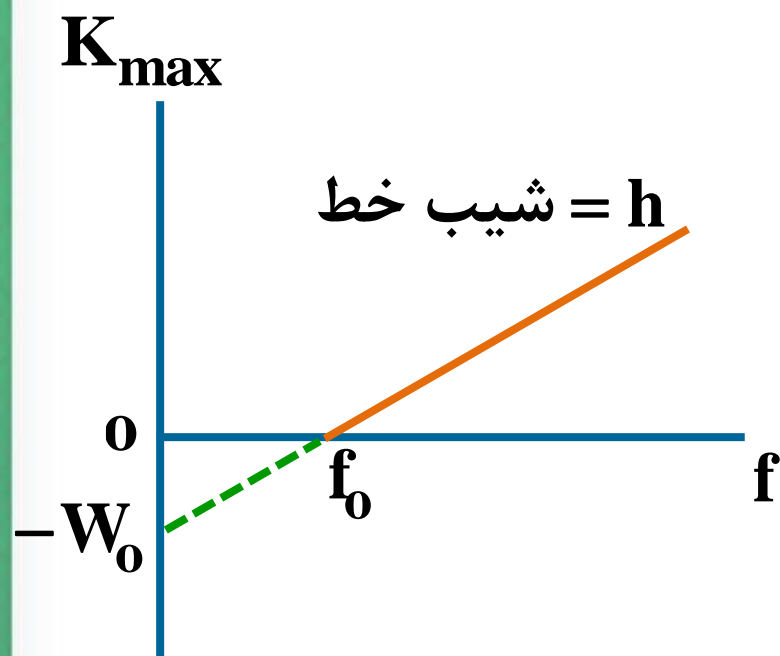
$$hf = W + K \rightarrow K = hf - W$$

اما از آنجا که قید و بند تمامی الکترون‌ها به فلز یکسان نیست، بنابراین این انرژی جنبشی لحظه کنده شدن الکترون‌ها نیز یکسان نخواهد بود. اگر حداقل کار لازم برای خارج کردن الکترون از سطح یک فلز خاص برابر  $W_0$  باشد، حداکثر انرژی جنبشی فوتو الکترون‌ها برابر خواهد بود با:

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

همان طور که گفتیم  $W_0$  در رابطه قبل حداقل کار لازم برای خارج کردن الکترون از سطح فلز است که آن را تابع کار گویند و به جنس فلز بستگی دارد.

با توجه به رابطه قبل نمودار حداکثر انرژی جنبشی الکترون - بسامد به صورت شکل روبه‌رو می‌باشد. همان طور که می‌بینیم این نمودار محور افقی را در بسامدی به اندازه  $f_0$  قطع می‌کند که همان بسامد آستانه می‌باشد.





به ازای بسامد آستانه مشاهده می‌کنیم که الکترون بدون هیچ انرژی جنبشی‌ای در آستانه ترک فلز است. در این صورت با توجه به معادله ذکر شده می‌توانیم بگوییم:

$$W_0 = hf_0$$

با توجه به رابطه فوق می‌توانیم طول موج آستانه را نیز از رابطه زیر به دست آوریم:

$$W_0 = h \frac{c}{\lambda_0}$$



\* اگر نوری با بسامد  $f$  به سطح فلزی با بسامد آستانه  $f_0$  بتابد با توجه به روابط قبل می توان اثبات کرد حداکثر انرژی جنبشی الکترون در لحظه جداشدن از سطح فلز از رابطه زیر به دست می آید:

$$K_{\max} = hf - hf_0$$

\* اگر نوری با طول موج  $\lambda$  به سطح فلزی با طول موج آستانه  $\lambda_0$  بتابد با توجه به روابط فوق می توان اثبات کرد حداکثر انرژی جنبشی الکترون در لحظه جداشدن از سطح فلز از رابطه روبه رو به دست می آید:

$$K_{\max} = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right)$$

\* هرگاه در مسئله‌ای مشاهده کنیم که یکی از سه شرط زیر برقرار است آن‌گاه می‌گوییم پدیده فوتوالکتریک رخ می‌دهد :

$$hf \geq W_0$$

$$f \geq f_0$$

$$\lambda \leq \lambda_0$$

# رهپویان

## دانش و اندیشه

