



سه شنبه
۱۴۰۴/۰۱/۲۶

دفترچه پاسخ

آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای
(فصل ۴ دوازدهم)

دوبینگ‌ماز

گروه آزمایشی علوم تجربی
فیزیک

ویراستاران	طراحان	مسئول درس	درس
محمدجواد سورچی پویا هدایتی	ارسلان رحمانی - سعید احمدی احسان ایرانی - امیررضا خوینی‌ها علیرضا ملک‌حسینی - محمدجواد سورچی	سجاد صادقی‌زاده سعید احمدی	فیزیک

۴
دوازدهم

۳
دوازدهم

۲
دوازدهم

۱
دوازدهم

۳
یازدهم

۲
یازدهم

۱
یازدهم

۴ و ۳
دهم

۲ و ۱
دهم

هفته ششم

هفته پنجم

هفته چهارم

هفته سوم

هفته دوم

هفته اول

۵۵ روز جمع‌بندی تا کنکور اردیبهشت

حق چاپ و تکثیر سؤالات به هر روش (الکترونیکی و...) پس از برگزاری آزمون برای تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز «گروه ماز» مجاز می‌باشد و با متخلفین برابر مقررات رفتار می‌شود.
به دلیل عدم رضایت تیم ماز، هر گونه استفاده غیرقانونی از دفترچه سؤالات و پاسخنامه ماز برای تمامی اشخاص، شرعاً حرام است.

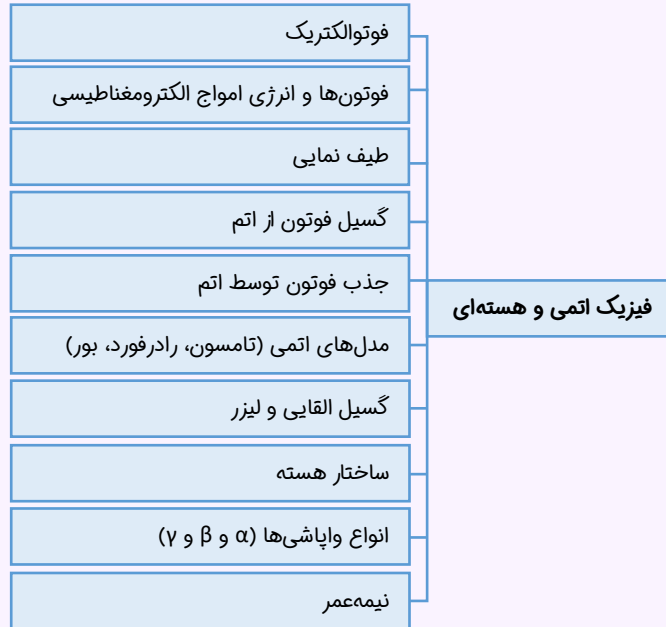


اهمیت مباحث این آزمون در کنکور...

این آزمون دوپینگ مربوط به مبحث فیزیک اتمی و فیزیک هسته‌ای در پایان کتاب فیزیک دوازدهم هست (فصل ۴). بچه‌ها از این مباحث معمولاً ۳ تست در کنکورتون مطرح می‌شه و معمولاً این تست‌ها خیلی هم دشوار نیستن و اگه خوب درس رو یاد گرفته باشین، به راحتی بهشون جواب می‌دین. در این آزمون سعی کردیم تیپ‌های مختلف سؤالایی که احتمال طرحشون در کنکور زیاده را براتون پوشش بدیم.

فصل ۴ فیزیک دوازدهم

۱- مباحث اصلی این فصل چیا هستن؟



۲- در کنکورهای اخیر چند سؤال از این فصل اومده؟

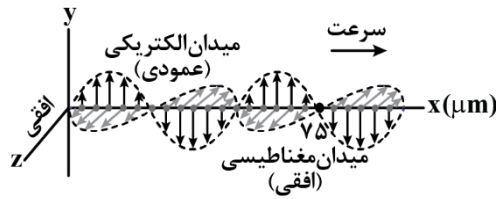
در جدول زیر، تعداد سؤالاتی که از این فصل در کنکور اومده رو براتون آوردیم:

سال	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲ (نوبت اول)	۱۴۰۲ (نوبت دوم)	۱۴۰۳ (نوبت اول)	۱۴۰۳ (نوبت دوم)
تجربی	۲	۳	۳	۳	۳	۳	۳
ریاضی	۲	۵	۴	۴	۴	۳	۴



۱- شکل زیر، تصویری از یک موج الکترومغناطیسی است که در خلأ در حال انتشار است. انرژی هریک از فوتون‌های این موج، چند الکترون‌ولت است؟

$$(h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s}, c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}})$$

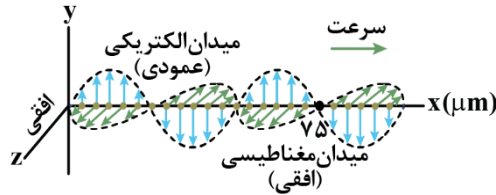


- ۱/۲ (۱)
- ۲/۴ (۲)
- $1/2 \times 10^{-2}$ (۳)
- $2/4 \times 10^{-2}$ (۴)

(آسان - نموداری - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

ابتدا با توجه به نمودار رسم‌شده، طول موج را به دست می‌آوریم:



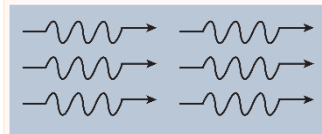
$$\lambda + \frac{\lambda}{2} = 75 \times 10^{-6} \Rightarrow \frac{3\lambda}{2} = 75 \times 10^{-6} \Rightarrow \lambda = 50 \times 10^{-6} \text{ m}$$

حال انرژی هریک از فوتون‌های این موج الکترومغناطیسی را به دست می‌آوریم:

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{50 \times 10^{-6}} = 2/4 \times 10^{-2} \text{ eV}$$

انرژی امواج الکترومغناطیسی

هر موج الکترومغناطیسی با بسامد f از مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی ساخته شده است که به هریک از این بسته‌ها فوتون می‌گوییم.



$$E = hf$$

E : انرژی هر فوتون h : ثابت پلانک f : بسامد موج

انرژی موج الکترومغناطیسی کمیتی کوانتومی است که مضرب درستی از انرژی یک فوتون (hf) است.

$$E = n(hf)$$

E : انرژی موج الکترومغناطیسی n : تعداد فوتون‌ها (hf) : انرژی یک فوتون

اگر در سؤال، طول موج را بدهند به جای بسامد، مقدار آن را برحسب طول موج قرار می‌دهیم.

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

سازگاری یکاها: می‌دانیم $hc = 1240 \text{ eV.nm}$ است، در این حالت:

$$E = \frac{nhc}{\lambda} \quad hc = 1240 \text{ eV.nm}$$

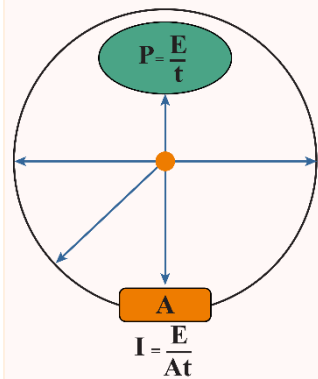
E : برحسب eV به دست می‌آید. λ : برحسب nm

اگر یک چشمه نور با توان P در مدت t ثانیه انرژی کل الکترومغناطیسی E را در محیط گسیل کند، داریم:

$$P = \frac{E}{t} \leftarrow \text{توان تابشی لامپ}$$

$$I = \frac{E}{At} \leftarrow \text{شدت تابشی}$$

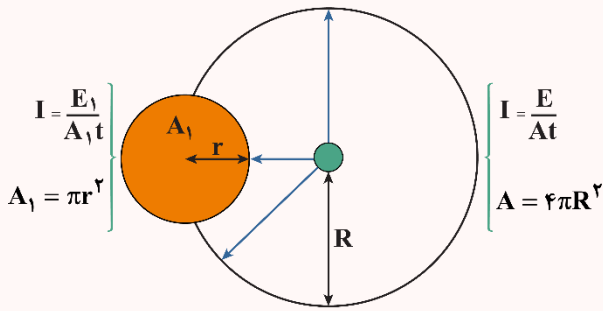
$$I = \frac{P}{A} \leftarrow \text{شدت تابشی}$$



گسیل موج‌های الکترومغناطیسی از سطح اجسام را تابش گرمایی می‌گویند.



شدت تابشی (I): مقدار کل انرژی تابش‌های الکترومغناطیسی را که در مدت یک ثانیه از واحد سطح (متر مربع) هر جسم گسیل می‌شود را شدت تابشی می‌نامند. \blacklozenge شدت تابشی برای تمامی گیرنده‌هایی که روی یک جبهه موج قرار دارند باهم برابر و برابر با شدت تابشی کل همان جبهه می‌باشد.



$$I = \frac{E_1}{A_1 t} \quad \left\{ \begin{array}{l} I = \frac{E}{At} \\ A = 4\pi R^2 \\ A_1 = \pi r^2 \end{array} \right. \quad \leftarrow I = \frac{E_1}{A_1 t} = \frac{E}{At}$$

A : مساحت کل جبهه‌ای که سطح A_1 روی آن قرار دارد.
 A_1 : مساحت قسمتی که بر روی قسمتی از جبهه موج قرار دارد.

گروه آموزشی ماز

۲- اختلاف طول موج فوتون‌های A و B ، 400nm است. اگر انرژی فوتون پرتوی B ، 5 برابر انرژی فوتون پرتوی A باشد، بسامد فوتون B چند تراهرتز است؟ $(c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}})$

3×10^{15} (۴)

3×10^3 (۳)

6×10^{14} (۲)

6×10^2 (۱)

(متوسط - محاسباتی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

چون انرژی فوتون B ، بیش‌تر از انرژی فوتون A است، پس طول موج آن کوتاه‌تر است. (انرژی و طول موج باهم رابطه عکس دارند) در نتیجه:

$$\lambda_A - \lambda_B = 400\text{nm} = 400 \times 10^{-9}\text{m} = 4 \times 10^{-7}\text{m}$$

$$\Rightarrow \lambda_A = \lambda_B + 4 \times 10^{-7} \quad (1)$$

با استفاده از رابطه پلانک ($E = hf$) و جایگذاری بسامد ($f = \frac{c}{\lambda}$)، نسبت انرژی فوتون A و B را می‌نویسیم، چون مقدار h (ثابت پلانک) و c (سرعت نور) مقداری ثابت است، نسبت انرژی این دو فوتون برابر با نسبت عکس طول موج‌ها است.

$$E = hf = h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \frac{E_B}{E_A} = \frac{h \frac{c}{\lambda_B}}{h \frac{c}{\lambda_A}} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B}$$

با استفاده از رابطه (۱)، طول موج A را برحسب B می‌نویسیم و طبق صورت سؤال با توجه به این‌که انرژی فوتون B ، 5 برابر فوتون A است، مقدار طول موج B را به‌دست می‌آوریم.

$$\frac{E_B}{E_A} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{\lambda_B + 4 \times 10^{-7}}{\lambda_B} \quad E_B = 5E_A \Rightarrow \frac{5E_A}{E_A} = \frac{\lambda_B + 4 \times 10^{-7}}{\lambda_B}$$

$$\Rightarrow 5 = \frac{\lambda_B + 4 \times 10^{-7}}{\lambda_B} \Rightarrow 5\lambda_B = \lambda_B + 4 \times 10^{-7} \Rightarrow 4\lambda_B = 4 \times 10^{-7}$$

$$\Rightarrow \lambda_B = 10^{-7}\text{m}$$

با استفاده از طول موج و سرعت نور، می‌توانیم بسامد فوتون B را به‌دست آوریم:

$$f = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow f_B = \frac{c}{\lambda_B} = \frac{3 \times 10^8}{10^{-7}} = 3 \times 10^{15}\text{Hz} = 3 \times 10^3\text{THz}$$

گروه آموزشی ماز

۳- ناظری به یک چشمه نور با طول موج 600nm نگاه می‌کند. چنان‌چه شدت نوری که به یک چشم او می‌رسد $300 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ باشد، در هر دقیقه چند فوتون وارد هر مردمک چشم او به قطر 2mm می‌شود؟ $(c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}, h = 6.6 \times 10^{-34}\text{J.s}, \pi = 3)$

$(c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}, h = 6.6 \times 10^{-34}\text{J.s}, \pi = 3)$ می‌شود؟ 2mm قطر مردمک چشم او به قطر 2mm می‌شود؟

$7/2 \times 10^{16}$ (۴)

$7/2 \times 10^{17}$ (۳)

$1/8 \times 10^{16}$ (۲)

$1/8 \times 10^{17}$ (۱)



(متوسط - محاسباتی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

گام اول:

ابتدا با استفاده از رابطه $I = \frac{E}{At}$ ، انرژی (E) تابیده شده را به دست می آوریم:

$$E = IAt \xrightarrow{I=300 \frac{W}{m^2}, A=\frac{\pi D^2}{4}, t=60s} E = 300 \times 3 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{4} \times 60 = 54 \times 10^{-3} J$$

گام آخر:

با استفاده از رابطه $E = n \frac{hc}{\lambda}$ ، می توانیم n را به دست آوریم:

$$n = \frac{E\lambda}{hc} = \frac{E=54 \times 10^{-3}, \lambda=600nm}{h=6.6 \times 10^{-34}, c=3 \times 10^8} \rightarrow \frac{54 \times 10^{-3} \times 6 \times 10^{-7}}{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8} = 1.8 \times 10^{16} = 1.8 \times 10^{17}$$

گروه آموزشی ماز

۴- چه تعداد از عبارات زیر در خصوص وقوع پدیده فوتوالکتریک هنگامی که نور تک فامی به سطح فلز می تابد، نادرست است؟

الف: اثر فوتوالکتریک برای یک نور با هر بسامدی اتفاق می افتد.

ب: اگر طول موج تابیده شده بر سطح فلز بیش تر از طول موج آستانه باشد، الکترون ها از سطح فلز جدا می شوند.

پ: با افزایش شدت نور (با ثابت ماندن بسامد)، انرژی جنبشی فوتوالکترون ها تغییر نمی کند.

ت: اگر بسامد نور تابیده شده بر سطح فلز از بسامد آستانه بیش تر باشد، پدیده فوتوالکتریک رخ می دهد.

۳ (۴)

۲ (۳)

۱ (۲)

صفر (۱)

(آسان - خطبه خط کتاب درسی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

الف: اثر فوتوالکتریک با هر بسامدی اتفاق نمی افتد و این بسامد باید از بسامد آستانه (که به جنس فلز بستگی دارد) بیش تر باشد تا این اتفاق بیفتد. (×)

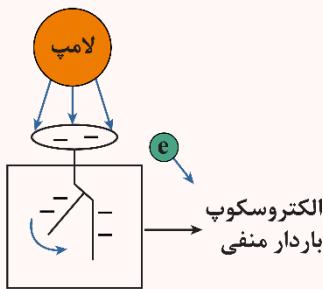
ب: می دانیم بسامد تابیده شده باید از بسامد آستانه بیش تر باشد و بسامد با طول موج رابطه عکس دارد؛ یعنی باید طول موج نور تابیده شده کم تر از طول موج آستانه باشد تا الکترون ها از سطح فلز جدا شوند. (×)

پ: افزایش شدت نور، با ثابت ماندن بسامد فقط سبب افزایش تعداد فوتون ها می شود و انرژی جنبشی فوتوالکترون ها هیچ تغییری نمی کند. (✓)

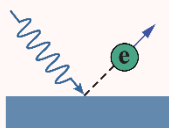
ت: این عبارت نیز درست است. (✓)

اثر فوتوالکتریک

وقتی نوری با بسامد مناسب مانند نور فرابنفش به سطح فلزی بتابد الکترون هایی از آن گسیل می شوند. این پدیده فیزیکی را اثر فوتوالکتریک و الکترون های جدا شده از سطح فلز را فوتوالکترتون می نامند.



نور با بسامد مناسب



الکترون ها انرژی نور فرودی را جذب می کنند و از سطح فلز خارج می شوند.

وقتی نوری تکفام بر سطح فلزی می تابد، هر فوتون صرفاً با یکی از الکترون های فلز برهم کنش می کند. اگر فوتون، انرژی کافی داشته باشد تا فرایند خارج کردن الکترون از فلز را انجام دهد الکترون به طور آنی از آن گسیل می شود. بخشی از انرژی فوتون، صرف جدا کردن الکترون از فلز می شود و مابقی آن به انرژی جنبشی الکترون خارج شده تبدیل می شود.

انرژی جنبشی فوتوالکترتون + کار لازم جهت جدا کردن الکترون = انرژی فوتون

بسامد آستانه: حداقل بسامد لازم جهت جدا شدن الکترون از سطح فلز را بسامد آستانه گویند. بسامد آستانه به جنس فلز بستگی دارد.



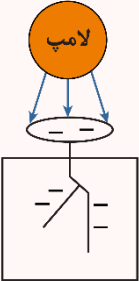
حالت اول: $\begin{cases} f < f_0 \\ \lambda > \lambda_0 \end{cases}$ فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد.

اگر بسامد نور تابیده شده بر سطح فلز از بسامدی موسوم به بسامد آستانه کمتر باشد، فوتونها حداقل انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از فلز را ندارند و پدیده فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد.

تأثیر افزایش شدت نور فرودی در حالتی که فوتوالکتریک رخ نداده:

باز هم فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد. در این حالت فقط تعداد فوتون‌هایی که با سطح فلز برهم‌کنش می‌کنند افزایش می‌یابد و همین موضوع باعث افزایش انرژی درونی و افزایش دمای فلز می‌شود.

در شکل مقابل، لامپی که رنگ نور آن قرمز است را روشن می‌کنیم، تغییری در ورقه‌های برق‌نما به وجود نمی‌آید در این حالت:



۱- اگر برای برق‌نما از فلزی با بسامد آستانه کمتر استفاده کنیم، پس از روشن شدن لامپ احتمال رخ دادن فوتوالکتریک و نزدیک شدن ورقه‌ها به هم وجود دارد.

۲- اگر طول موج نور فرودی را کاهش دهیم تا جایی که کوچک‌تر یا مساوی طول موج آستانه شود، فوتوالکتریک رخ داده و ورقه‌ها به هم نزدیک می‌شوند.

۳- اگر بسامد نور فرودی را افزایش دهیم تا جایی که بزرگ‌تر یا مساوی بسامد آستانه شود، فوتوالکتریک رخ داده و ورقه‌ها به هم نزدیک می‌شوند.

۴- اگر با ثابت ماندن بسامد، شدت نور فرودی را افزایش دهیم، چون هر فوتون صرفاً با یکی از الکترون‌های فلز برهم‌کنش می‌کند فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد و فاصله ورقه‌های برق‌نما از هم تغییر نمی‌کند.

۵- اگر با تغییر منبع، رنگ نور لامپ بنفش شود، احتمال وقوع فوتوالکتریک وجود دارد.

۶- افزایش مدت‌زمان تابش نور در رخ دادن پدیده فوتوالکتریک بی‌تأثیر است.

حالت دوم: $\begin{cases} f \geq f_0 \\ \lambda \leq \lambda_0 \end{cases}$ فوتوالکتریک رخ می‌دهد.

اگر بسامد نور تابیده شده بر سطح فلز بزرگ‌تر مساوی بسامد آستانه باشد، پدیده فوتوالکتریک رخ می‌دهد.

برای نوری که فوتون‌های آن دارای حداقل انرژی لازم برای وقوع پدیده فوتوالکتریک هستند:

۱- افزایش شدت نور (با ثابت ماندن بسامد) فقط سبب افزایش تعداد فوتون‌ها و در نتیجه افزایش تعداد فوتوالکتریک‌ها می‌شود. درحالی‌که انرژی جنبشی فوتوالکتریک‌ها بدون تغییر می‌ماند.

۲- افزایش بسامد (کاهش طول موج): انرژی جنبشی فوتوالکتریک‌ها افزایش می‌یابد ولی تعداد فوتوالکتریک‌ها ثابت می‌ماند.

۳- استفاده از فلزی با بسامد آستانه کمتر: باعث افزایش انرژی جنبشی فوتوالکتریک‌ها می‌شود ولی تعداد فوتوالکتریک‌ها ثابت می‌ماند.

اثر فوتوالکتریک و طیف خطی گسیلی و جذبی از گازهای اتمی، با فیزیک کلاسیک قابل‌توجه نیستند.

دیدگاه کلاسیکی اثر فوتوالکتریک:

۱- نور، موج الکترومغناطیسی است؛ بنابراین هنگام برهم‌کنش موج الکترومغناطیسی با سطح فلز، میدان الکتریکی این موج نیروی $F = -eE$ به الکترون‌های فلز وارد و آن‌ها را به نوسان وادار می‌کند. وقتی دامنه نوسان برخی از الکترون‌ها به قدر کافی بزرگ شود، انرژی جنبشی لازم را برای جدا شدن از سطح فلز پیدا می‌کنند؛ بنابراین اثر فوتوالکتریک باید با هر بسامدی رخ دهد، درحالی‌که این نتیجه با تجربه سازگار نیست.

۲- یکی دیگر از پیامدهای نظریه الکترومغناطیس ماکسول این است که شدت نور با مربع دامنه میدان الکتریکی موج الکترومغناطیسی متناسب است ($I \propto E^2$). به این ترتیب انتظار می‌رود به‌ازای یک بسامد معین اگر شدت نور فرودی بر سطح فلز را افزایش دهیم باید الکترون‌ها با انرژی جنبشی بیشتری از فلز خارج شوند، نتیجه‌ای که تجربه آن را تأیید نمی‌کند.

گروه آموزشی ماز

۵- کدام یک از عبارات زیر نادرست است؟

(۱) تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از برهم‌کنش قوی بین اتم‌های سازنده آن است.

(۲) گازهای کم‌فشار و رقیق، طیفی گسسته را گسیل می‌کنند که شامل طول موج‌های معینی است.

(۳) طیف خطی هیدروژن، شامل ۴ خط در ناحیه مرئی است.

(۴) بلندترین طول موج در رشته بالمر ($n' = 2$) هیدروژن اتمی 20.57 nm است. ($R = 1.097 \times 10^7 \text{ nm}^{-1}$)



(آسان - مفهومی/محاسباتی - ۱۲۰۴)

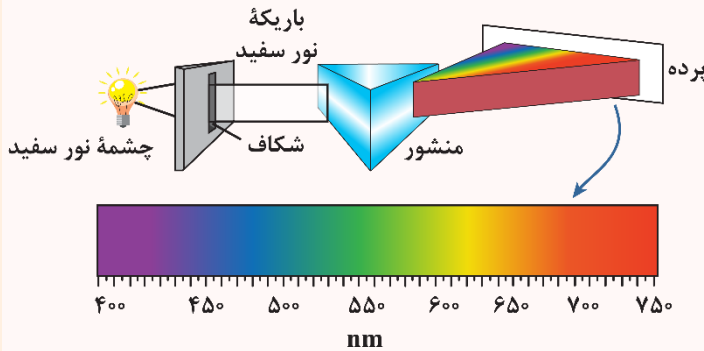
پاسخ: گزینه ۴

گزینه (۴) نادرست است، رابطه ریبرگ مربوط به رشته بالمر برابر با: $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right)$ است که بلندترین طول موج متناظر با $n = 3$ است که با جایگذاری n و R داریم:

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) = \frac{1}{100} \left(\frac{9-4}{36} \right) = \frac{1}{100} \times \frac{5}{36} = \frac{1}{720} \Rightarrow \lambda = 720 \text{ nm}$$

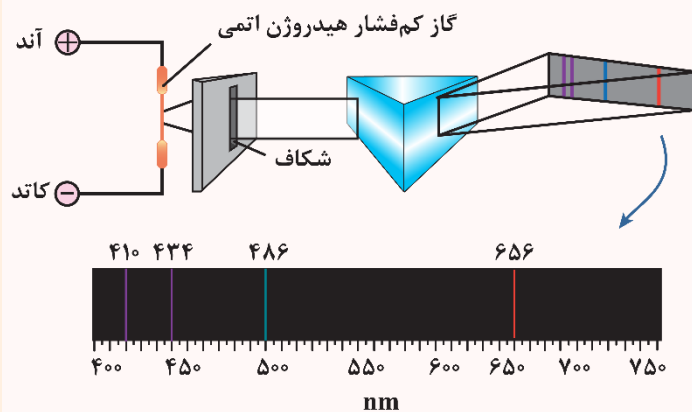
انواع طیف‌های اتمی

۱- طیف گسیلی (نشری) پیوسته:



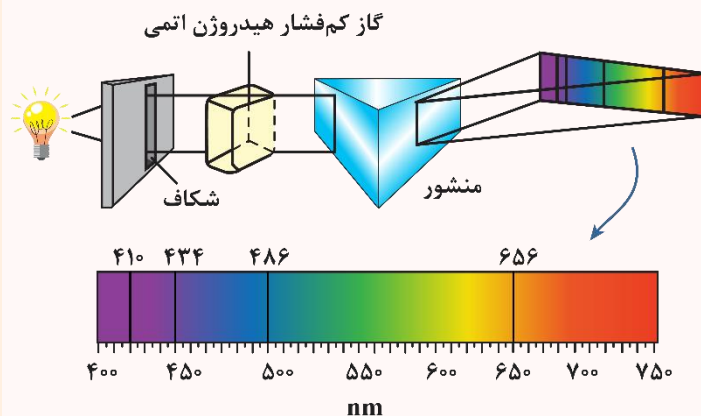
همه اجسام در هر دمایی که باشند، از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل (نشر) می‌کنند که به آن تابش گرمایی گفته می‌شود. برای یک جسم جامد، نظیر رشته داغ یک لامپ روشن، این امواج شامل گستره پیوسته‌ای از طول‌موج‌ها است. به همین دلیل طیف ایجادشده در این شرایط را طیف گسیلی پیوسته یا به اختصار طیف پیوسته می‌نامند.

۲- طیف گسیلی (نشری) خطی:



تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از برهم‌کنش قوی بین اتم‌های سازنده آن است. حال آن‌که گازهای کم‌فشار و رقیق، که اتم‌های منفرد آن‌ها از برهم‌کنش‌های قوی موجود در جسم جامد آزادند به جای طیف پیوسته، طیفی گسسته را گسیل می‌کنند که شامل طول‌موج‌های معینی است. این طیف گسسته را، معمولاً طیف گسیلی خطی یا به اختصار طیف خطی می‌نامند و طول‌موج‌های ایجادشده در آن، برای اتم‌های هر گاز منحصر به فرد هستند و سرخ‌های مهمی را درباره نوع و ساختار اتم‌های آن گاز به دست می‌دهند.

۳- طیف جذبی خطی:



در تابشی که از خورشید گسیل می‌شود و به زمین می‌رسد بعضی از طول‌موج‌ها وجود ندارند. امروزه می‌دانیم بسیاری از این خط‌های تاریک طیف خورشید ناشی از جذب طول‌موج‌های مربوط به این خط‌ها توسط گازهای جو خورشید است. خط‌های دیگر به سبب جذب نور در گازهای جو زمین پدید می‌آیند.

در مورد رابطه طیف گسیلی خطی و طیف جذبی خطی به دو نکته زیر توجه کنید:

- ۱- هم در طیف گسیلی و هم در طیف جذبی اتم‌های گاز هر عنصر، طول‌موج‌های معینی وجود دارد که از مشخصه‌های آن عنصر است؛ یعنی طیف گسیلی و طیف جذبی هیچ دو گازی همانند یکدیگر نیست.
- ۲- اتم‌های هر گاز دقیقاً همان طول‌موج‌هایی را از نور سفید جذب می‌کنند که اگر دمای آن‌ها به اندازه کافی بالا رود و یا به هر صورت دیگر برانگیخته شوند، آن‌ها را تابش می‌کنند.



معادله ریذبرگ

ریذبرگ با بررسی بیش‌تر در طیف اتم هیدروژن، رابطه زیر را برای طول موج‌های مختلف اتم هیدروژن ارائه کرد:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n > n')$$

R: (ثابت ریذبرگ) $\approx (0.01 \text{ nm})^{-1}$

در جدول زیر، سری‌های مربوط به طول موج‌های اتم هیدروژن نوشته شده است:

نام طیف	تاریخ کشف	مقدار n'	رابطه ریذبرگ مربوط به رشته	مقدارهای n	ناحیه طیف
لیمان	۱۹۰۶-۱۹۱۴	۱	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۲, ۳, ۴, ...	فرابنفش
بالمر	۱۸۸۵	۲	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۳, ۴, ۵, ...	فرابنفش و مرئی
پاشن	۱۹۰۸	۳	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۴, ۵, ۶, ...	فروسرخ
براکت	۱۹۲۲	۴	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۵, ۶, ۷, ...	فروسرخ
پفوند	۱۹۲۴	۵	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۶, ۷, ۸, ...	فروسرخ

نکته

- ۱- در رشته بالمر به‌ازای $3 \leq n \leq 6$ طول موج در گستره مرئی می‌باشد و به‌ازای $n \geq 7$ طول موج در گستره فرابنفش قرار دارد.
- ۲- برای به‌دست آوردن λ_{\min} و λ_{\max} در هر رشته می‌توان نوشت:

$$n = \infty \rightarrow n' : \frac{1}{\lambda_{\min}} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \rightarrow \lambda_{\min} = \frac{n'^2}{R}$$

$$n = n' + 1 \rightarrow n' : \frac{1}{\lambda_{\max}} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{(n'+1)^2} \right)$$

گروه آموزشی ماز

۶- طول موج دومین خط طیفی اتم هیدروژن در رشته براکت ($n'=4$) چند نانومتر است و این خط در کدام گستره طول موج الکترومغناطیسی واقع

است؟ $(R = 0.01 \text{ nm})^{-1}$

فرابنفش (۴) ۲۸۸۰

فروسرخ (۳) ۲۸۸۰

فرابنفش (۲) ۱۲۰۰

فروسرخ (۱) ۱۲۰۰

(آسان - محاسباتی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

دومین خط طیفی رشته براکت، مربوط به انتقال الکترون از $n=6$ به $n'=4$ است؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{6^2} \right) = \frac{1}{100} \left(\frac{36-16}{36 \times 16} \right) = \frac{1}{100} \times \frac{20}{36 \times 16}$$

$$\Rightarrow \lambda = 36 \times 16 \times 10 = 2880 \text{ nm}$$

طول موج نور مرئی بین ۴۰۰ تا حدود ۷۰۰ نانومتر است؛ بنابراین طول موج به‌دست‌آمده مربوط به فروسرخ است (البته همان‌طور که می‌دانید طول موج‌های مربوط به طیف براکت، در ناحیه فروسرخ قرار دارند).

گروه آموزشی ماز

۷- طول موج دومین خط رشته لیمان ($n'=1$) اتم هیدروژن چند برابر طول موج پرنرزی‌ترین فوتون مرئی اتم هیدروژن می‌باشد؟

$\frac{1}{27}$ (۴)

$\frac{1}{8}$ (۳)

$\frac{1}{4}$ (۲)

۴ (۱)



(سخت - مفهومی/محاسباتی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۲

گام اول:

ابتدا هر یک از گذارهای داده شده را مشخص می‌کنیم:

$$n = 3 \Rightarrow n' = 1 \text{ دومین خط رشته لیمان}$$

$$n = 6 \Rightarrow n' = 2 \text{ پراثرزی‌ترین فوتون مرئی}$$

گام آخر:

طول موج گسیل شده هر گذار را مشخص می‌کنیم:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$\text{دومین خط رشته لیمان: } \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{3^2} \right) \Rightarrow \lambda = \frac{9}{8R}$$

$$\text{پراثرزی‌ترین فوتون مرئی: } \frac{1}{\lambda'} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{6^2} \right) \Rightarrow \lambda' = \frac{9}{2R}$$

$$\Rightarrow \frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{\frac{9}{8R}}{\frac{9}{2R}} = \frac{1}{4}$$

گروه آموزشی ماز

۸- بسامد سومین خط رشته پاشن ($n' = 3$) در طیف اتم هیدروژن چند هرتز است؟ ($R = 1.097 \times 10^7 \text{ nm}^{-1}$, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

(۴) $\frac{1}{2} \times 10^{15}$

(۳) $\frac{1}{2} \times 10^6$

(۲) $\frac{1}{4} \times 10^{15}$

(۱) $\frac{1}{4} \times 10^6$

(متوسط - محاسباتی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۲

مقدارهای n در طیف پاشن برابر با $n = 4, 5, 6, \dots$ می‌باشد که سومین خط یعنی $n = 6$ با استفاده از رابطه ریذبرگ مقدار $n' = 3$ و $n = 6$ را جایگذاری می‌کنیم:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{36} \right) = \frac{1}{100} \left(\frac{36-9}{36 \times 9} \right)$$

$$= \frac{1}{100} \left(\frac{27}{36 \times 9} \right) = \frac{1}{100} \times \frac{3}{36} = \frac{1}{1200} \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{1200} \Rightarrow \lambda = 1200 \text{ nm}$$

چون مقدار R برحسب $(\text{nm})^{-1}$ در معادله ریذبرگ جایگذاری کرده‌ایم، پس طول موج برحسب nm به دست می‌آید. بسامد از رابطه $f = \frac{c}{\lambda}$ به دست می‌آید که باید طول موج را برحسب واحد SI (متر) در رابطه جایگذاری کنیم:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{1200 \times 10^{-9}} = \frac{10^{15}}{4} \text{ Hz}$$

گروه آموزشی ماز

۹- کدام یک از عبارتهای زیر در مورد مدل اتمی بور صحیح می‌باشد؟

الف: در این مدل، نیروی الکتریکی که الکترون‌ها به هم وارد می‌کنند در نظر گرفته شده است.

ب: توجه تفاوت شدت خطهای طیف گسیلی گاز هیدروژن از موفقیت‌های این مدل می‌باشد.

پ: این مدل چگونگی حرکت الکترون به دور هسته را توضیح داد.

ت: طبق این مدل اتمی، با دور شدن از هسته اتم، اختلاف انرژی مدارهای الکترون کاهش می‌یابد.

(۴) «پ» و «ب»

(۳) «ب» و «ت»

(۲) «پ» و «ت»

(۱) «الف» و «پ»

(آسان - خطبه‌خط کتاب درسی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۲

بررسی موارد:

الف

در مدل اتمی بور، نیروی بین الکترون‌ها در نظر گرفته نشده است و به همین دلیل فقط برای اتم هیدروژن و هیدروژن گونه‌ها کاربرد دارد. (*)



ب

از نارسایی های مدل بور، ناتوانی در توجیه تفاوت شدت خط‌های طیف گسیلی گاز هیدروژن بود نه از موفقیت‌های آن! (×)

پ

مدل بور به خوبی توانست چگونگی حرکت الکترون‌ها به دور هسته را توضیح دهد و از موفقیت آن به شمار می‌رود. (✓)

ت

در مدل اتمی بور انرژی هر تراز انرژی از رابطه $E_n = \frac{-E_R}{n^2}$ به دست می‌آید که با دور شدن از هسته، اختلاف انرژی ترازهای انرژی باهم کاهش می‌یابد. (✓)

الگوی اتمی بور

مدل بور:

۱- مسئله ناپایداری اتم در مدل رادفورد را حل کرد.

۲- معادله ریذبرگ برای طیف خطی اتم هیدروژن را نیز توضیح داد.

بور پیشنهاد داد در مقیاس اتمی قوانین مکانیک کلاسیک و الکترومغناطیس باید توسط قوانین دیگری جایگزین یا تکمیل شود.

اصول و مفروضات مدل بور:

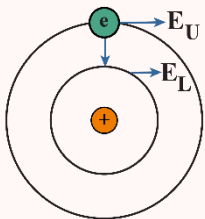
۱- مدارها و انرژی‌های الکترون‌ها در هر اتم، کوانتیده‌اند یعنی فقط مدارها و انرژی‌های گسسته معینی مجاز هستند.

$$r_n = a_0 n^2$$

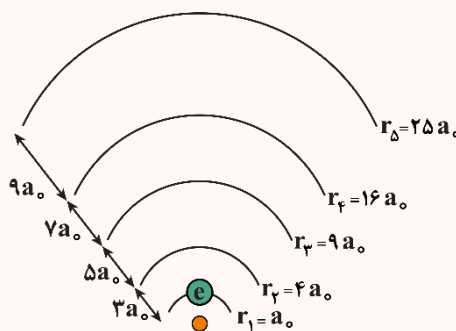
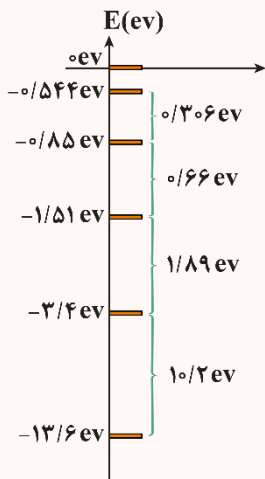
$$E_n = \frac{-E_R}{n^2}$$

۲- وقتی یک الکترون در یکی از مدارهای مجاز است، هیچ نوع تابش الکترومغناطیسی گسیل نمی‌شود، از این رو گفته می‌شود الکترون در مدار مانا یا حالت مانا قرار دارد.

۳- الکترون می‌تواند از یک حالت مانا به حالت مانای دیگر برود. هنگام گذار الکترون از یک حالت مانا با انرژی بیشتر به یک حالت مانا با انرژی کمتر، یک فوتون تابش می‌شود. در این صورت انرژی فوتون تابش شده برابر اختلاف انرژی بین دو مدار اولیه و مدار نهایی است.



$$hf = E_U - E_L$$



با دور شدن از هسته:

۱- شعاع مدارهای مانا زیاد می‌شود.

۲- مدارهای مانا از هم دور می‌شوند.

۳- انرژی مدارها افزایش می‌یابد.

۴- ترازهای انرژی به هم نزدیک می‌شوند.

با این‌که فاصله مدارهای نزدیک هسته خیلی کم است ولی برای جهش الکترون انرژی زیادی لازم است چون در این مدارها نیروی جاذبه الکتریکی قوی است.

پایین‌ترین تراز انرژی، حالت پایه نامیده می‌شود و ترازهای بالاتر از آن را حالت‌های برانگیخته می‌نامند.

در اتم هیدروژن و در دمای اتاق، الکترون اغلب در **حالت پایه** قرار دارد. کم‌ترین انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از حالت پایه، انرژی یونش الکترون نامیده می‌شود.

$$\text{انرژی یونش الکترون} = 13.6 \text{ eV}$$

مقدار پیش‌بینی‌شده توسط مدل بور برای انرژی یونش اتم هیدروژن توافق بسیار خوبی با مقدار تجربی دارد.

یکی از موفقیت‌های مدل بور نتیجه‌گیری معادله ریذبرگ برای طیف خطی گاز هیدروژن اتمی است.

تذکره: اگر الکترون از مدار بالاتر به مدار پایین‌تر برود، چون انرژی آن کم می‌شود، یک فوتون تابش می‌کند. انرژی فوتون گسیل‌شده دقیقاً برابر با اختلاف انرژی دو مدار است. اگر بخواهیم الکترون را به مدار بالاتر ببریم، چون انرژی الکترون زیاد می‌شود، پس یک فوتون جذب می‌کند. انرژی فوتون جذب‌شده دقیقاً برابر با اختلاف انرژی دو مدار است.



در هر دو حالت، طول موج یا انرژی فوتون گسیل شده یا جذب شده به دو روش زیر قابل محاسبه است:

۱- اگر در مسئله، انرژی ریدبرگ را به ما بدهند:

$$hf = E_U - E_L \quad E_U = \frac{-E_R}{n_U^2} \quad E_L = \frac{-E_R}{n_L^2}$$

۲- اگر در مسئله، ثابت ریدبرگ را به ما بدهند:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right) \quad R = \frac{E_R}{hc}$$

در هر جهش الکترون فقط و فقط یک فوتون جذب یا گسیل می‌کند.



تذکر!

تا زمانی که الکترون در قید هسته است، انرژی آن منفی است و هرچه بیش‌تر در قید هسته باشد، انرژی آن منفی‌تر (کم‌تر) است. انرژی الکترونی که از قید هسته آزاد می‌شود (مدار بی‌نهایت)، صفر است و اگر این الکترون حرکت هم داشته باشد، انرژی آن مثبت خواهد شد.

موفقیت‌ها و نارسایی‌های مدل بور

موفقیت‌های مدل بور:

- ۱- این مدل در تبیین پایداری اتم، طیف گسیلی و جذبی گاز هیدروژن اتمی و محاسبه انرژی یونش اتم هیدروژن با موفقیت همراه است: (توجیه پایداری اتم - ارائه تصویری از حرکت الکترون به دور هسته - توجیه خطی بودن طیف اتمی - توجیه منحصر به فرد بودن طیف اتمی - توجیه جذب و گسیل تابش توسط اتم).
- ۲- مدل بور را می‌توان برای اتم‌های هیدروژن گونه به کار برد (قابل کاربرد در هر اتم و یون تک‌الکترونی با هر تعداد پروتون در هسته).
- اتم هیدروژن گونه به اتم‌هایی گفته می‌شود که تنها یک الکترون دارند. مثل لیتیم دو بار یونیده شده.
- ۳- مدل بور می‌تواند انرژی یونش و همچنین طول موج‌های طیف خطی اتم‌های هیدروژن گونه را پیش‌بینی کند که با تجربه سازگاری خوبی دارد (محاسبه انرژی یونش اتم هیدروژن).

نارسایی‌های مدل بور:

- ۱- این مدل برای وقتی که بیش از یک الکترون به دور هسته می‌گردد، به کار نمی‌رود؛ زیرا در مدل بور نیروی الکتریکی که یک الکترون بر الکترون دیگر وارد می‌کند به حساب نیامده است.
- ۲- همچنین مدل بور نمی‌تواند **متفاوت بودن شدت خط‌های طیف گسیلی** را توضیح دهد. برای مثال، مدل بور نمی‌تواند توضیح دهد که چرا شدت خط قرمز با شدت خط آبی در طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی با یکدیگر متفاوت است (این الگو هیچ اطلاعی درباره تعداد فوتون‌هایی که با یک بسامد معین گسیل می‌شوند را نمی‌دهد).

گروه آموزشی ماز

۱۰- در اتم هیدروژن، اگر اختلاف انرژی بین ترازهای ۱ و ۳، برابر ΔE و بین ترازهای ۱ و ۵، برابر $\Delta E'$ باشد، حاصل $\Delta E' - \Delta E$ چند برابر ریدبرگ است؟

$$\frac{16}{225} \quad (1) \quad \frac{8}{9} \quad (2) \quad \frac{24}{25} \quad (3) \quad \frac{2}{15} \quad (4)$$

(متوسط - محاسباتی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

اختلاف انرژی بین ترازهای ۱ و ۳ برابر است با:

$$\Delta E = E_3 - E_1$$

که برای محاسبه ΔE ، در رابطه $E_n = \frac{-E_R}{n^2}$ یک بار برای $n=1$ و یک بار برای $n=3$ محاسبه می‌کنیم:

$$E_1 = -\frac{E_R}{1} \Rightarrow \Delta E = E_3 - E_1 = -\frac{E_R}{9} - \left(-\frac{E_R}{1}\right) = -\frac{E_R}{9} + E_R = \frac{8}{9}E_R$$

$$E_3 = -\frac{E_R}{9}$$

و اختلاف انرژی بین ترازهای ۱ و ۵ برابر است با:

$$\Delta E' = E_5 - E_1$$

و مقادیر $n=1$ و $n=5$ را در رابطه E_n جایگذاری می‌کنیم:

$$E_1 = -\frac{E_R}{1} \Rightarrow \Delta E' = E_5 - E_1 = -\frac{E_R}{25} - (-E_R) = -\frac{E_R}{25} + E_R = \frac{24}{25}E_R$$

$$E_5 = -\frac{E_R}{25}$$

و طبق صورت مسئله مقدار $\Delta E' - \Delta E$ را به دست می‌آوریم:

$$\Delta E' - \Delta E = \frac{24}{25}E_R - \frac{8}{9}E_R = \frac{24 \times 9 - 8 \times 25}{25 \times 9}E_R = \frac{16}{225}E_R$$



و چون E_R یک ریذبرگ است؛ بنابراین این مقدار $\frac{16}{225}$ ریذبرگ است.

گروه آموزشی ماز

۱۱- الکترونی در یک اتم هیدروژن در مداری که شعاع آن ۱۶ برابر شعاع مدار حالت پایه است، قرار دارد. با در نظر گرفتن تمام گذارهای ممکن، اگر این الکترون به حالت پایه بازگردد، چه تعداد از خطوط رشته‌های زیر را می‌تواند گسیل کند؟

الف: خط اول لیمان ($n'=1$) ب: خط اول بالمر ($n'=2$) پ: خط اول پاشن ($n'=3$) ت: خط دوم پاشن ($n'=3$)

۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

(آسان - مفهومی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

به کمک رابطه $r_n = a_0 n^2$ شماره مدار الکترون را به دست می‌آوریم:

$$r_n = a_0 n^2 \Rightarrow 16a_0 = a_0 n^2 \Rightarrow 16 = n^2 \Rightarrow n = 4$$

یعنی الکترون در مدار $n = 4$ قرار دارد.

که با توجه به مداری که الکترون قرار دارد نمی‌تواند خط دوم پاشن ($n = 5 \Rightarrow n' = 3$) را گسیل کند.

خط اول لیمان: $n = 2 \Rightarrow n' = 1$

خط اول بالمر: $n = 3 \Rightarrow n' = 2$

خط اول پاشن: $n = 4 \Rightarrow n' = 3$

خط دوم پاشن: $n = 5 \Rightarrow n' = 3$

گروه آموزشی ماز

۱۲- اگر الکترونی در اتم هیدروژن از تراز n به تراز n' برود، انرژی آن $\frac{5}{36}$ ریذبرگ کاهش و اگر از تراز n' به تراز n'' برود، انرژی آن $\frac{3}{16}$ ریذبرگ افزایش می‌یابد. در این صورت، طول موج فوتون شده در گذار الکترون از تراز n به n'' تقریباً برابر با میکرومتر است.

($E_R = 13.6 \text{ eV}$, $hc = 1200 \text{ eV.nm}$)

(۴) گسیل، ۱۸۰۰

(۳) گسیل، ۱/۸

(۲) جذب، ۱۸۰۰

(۱) جذب، ۱/۸

(سخت - مفهومی/محاسباتی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

طبق صورت سؤال در گذار از n به n' ، انرژی الکترون کاهش یافته است؛ یعنی از مدار بالاتر به مدار پایین‌تر گذار کرده است و چون از n' به n'' انرژی آن افزایش یافته است، از مدار پایین‌تر به مدار بالاتر گذار کرده است.

$$E_{n'} - E_n = -\frac{5}{36} E_R \quad (1)$$

$$E_{n''} - E_{n'} = \frac{3}{16} E_R \quad (2)$$

با جمع کردن رابطه (۱) و (۲) مقدار $E_{n''} - E_n$ را به دست می‌آوریم.

$$E_{n''} - E_n = \left(\frac{3}{16} - \frac{5}{36}\right) E_R = \left(\frac{3 \times 36 - 5 \times 16}{36 \times 16}\right) E_R = \left(\frac{108 - 80}{36 \times 16}\right) E_R = \frac{28}{36 \times 16} E_R = \frac{28}{576} E_R$$

با توجه به این که مقدار $E_{n''} - E_n$ مثبت است، در نتیجه باید طی این گذار، فوتون جذب کند که از رابطه $\Delta E = hf$ می‌توانیم مقدار طول موج را به دست آوریم:

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

و چون مقدار hc را بر حسب eV.nm داده است، باید ΔE را بر حسب eV به دست آوریم.

$$\frac{28}{576} \times 13.6 / 6 = \frac{1200}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{1200 \times 576}{13.6 \times 6} = 1800 \text{ nm}$$

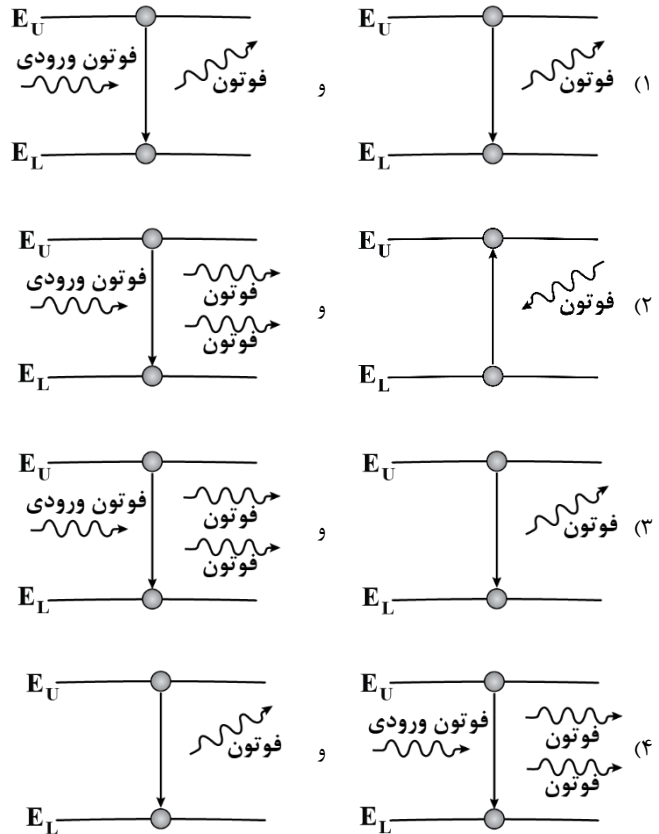
و طبق خواسته مسئله طول موج را بر حسب μm به دست می‌آوریم:

$$1800 \text{ nm} = 1.8 \mu\text{m}$$

گروه آموزشی ماز



۱۳- در کدام یک از گزینه‌ها، به ترتیب از راست به چپ، فرایندهای گسیل خودبه‌خودی و گسیل القایی به‌درستی نشان داده شده است؟



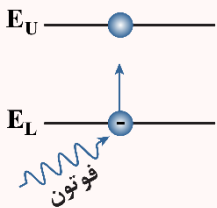
(آسان - مفهومی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

در شکل‌های گزینه ۳، فرایندهای گسیل خودبه‌خودی و گسیل القایی به‌درستی نشان داده شده است.

لیزر

الف) فرایند جذب فوتون: وقتی یک الکترون از تراز انرژی پایین‌تر به تراز انرژی بالاتر جهش می‌کند، یک فوتون جذب می‌شود. انرژی فوتون جذب‌شده دقیقاً برابر با اختلاف انرژی دو تراز است.

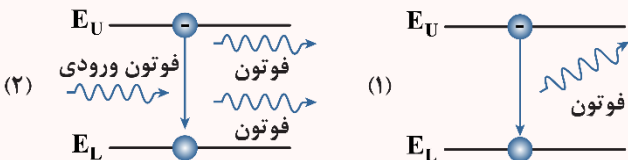


ب) فرایند گسیل فوتون: وقتی یک الکترون از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین‌تر جهش می‌کند یک فوتون گسیل می‌شود.

انواع گسیل:

۱- **گسیل خودبه‌خود:** در گسیل خودبه‌خود، فوتون در جهتی کاتوره‌ای گسیل می‌شود.

۲- **گسیل القایی:** در گسیل القایی، یک فوتون ورودی، الکترون برانگیخته را تحریک یا القا می‌کند تا تراز انرژی خود را تغییر دهد و به تراز پایین‌تر برود. برای گسیل القایی، انرژی فوتون ورودی باید دقیقاً با اختلاف انرژی‌های دو تراز، یکسان باشد.



ویژگی‌های گسیل القایی

۱- یک فوتون وارد و دو فوتون خارج می‌شود، در نتیجه این فرایند تعداد فوتون‌ها را افزایش می‌دهد و نور را تقویت می‌کند.

۲- فوتون گسیل‌شده در همان جهت فوتون ورودی حرکت می‌کند.

۳- فوتون گسیل‌شده با فوتون ورودی همگام یا دارای همان فاز است.

فوتون‌هایی که باریکه لیزری را ایجاد می‌کنند هم‌بسامد، هم‌جهت و هم‌فاز هستند.

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 درخشش‌های شدید نور معمولی و یا تخلیه‌های ولتاژ بالا فراهم شود.

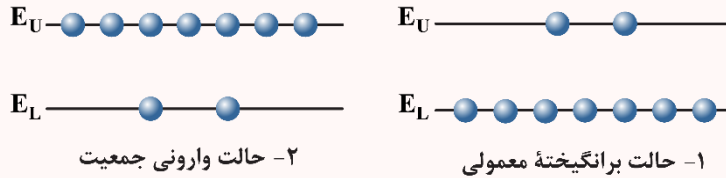


وارونی جمعیت الکترون‌ها در یک محیط لیزری، مربوط به وضعیتی است که تعداد الکترون‌ها در ترازهایی موسوم به **ترازهای شبه پایدار** نسبت به تراز پایین‌تر، بسیار بیش‌تر باشند.

در ترازهای شبه پایدار، الکترون‌ها مدت‌زمان بسیار طولانی‌تری نسبت به حالت برانگیخته معمولی باقی می‌مانند. این زمان طولانی‌تر، فرصت بیش‌تری برای افزایش وارونی جمعیت و در نتیجه تقویت نور لیزر فراهم می‌کند.

۱- **حالت برانگیخته معمولی:** به‌طور معمول و در دمای اتاق، بیش‌تر الکترون‌ها در تراز انرژی پایین‌تر قرار دارند.

۲- **حالت وارونی جمعیت:** در وضعیتی که وارونی جمعیت به‌وجود آید، بیش‌تر الکترون‌ها در تراز بالاتری در مقایسه با تراز پایین‌تر قرار دارند.



کاربردهای لیزر

چاپگرها، نگاشتن اطلاعات روی CD و DVDها و خواندن آنها، شبکه‌های کابل نوری، اندازه‌گیری دقیق طول، دستگاه‌های جوشکاری و برشکاری (برش فلزات)، آزمایش‌های فیزیک و پژوهش‌های علمی، نجوم، سرگرمی و همچنین در حرفه پزشکی برای جراحی، برداشتن لکه‌های پوستی، چشم‌پزشکی (اصلاح دید چشم) و دندان‌پزشکی. لیزر، نور مرئی است و اساس کار آن **گسیل القایی** می‌باشد.

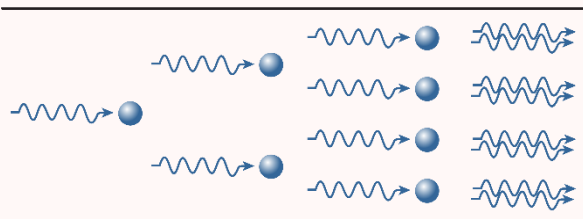
n = تعداد فوتون‌های خروجی از دهانه لیزر

$n - 1$ = تعداد الکترون‌هایی که فرایند گسیل القایی را انجام داده‌اند

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

توان مفید لیزر

$$Ra = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{کل}}} \times 100 = \text{راندمان لیزر}$$



گروه آموزشی ماز

۱۴- کدام یک از عبارات زیر صحیح می‌باشد؟

الف: نیروی هسته‌ای، کوتاه‌برد و وابسته به بار الکتریکی نوکلئون‌ها می‌باشد.

ب: نیروی هسته‌ای فقط بین نوترون‌های داخل هسته ایجاد می‌شود.

پ: با افزایش تعداد پروتون‌های هسته برای پایدار ماندن هسته باید نوترون‌ها نیز افزایش یابند.

ت: جرم هسته از مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل‌دهنده‌اش اندکی بیش‌تر است.

۱) «الف» و «ت» ۲) «پ» و «ت» ۳) «الف» و «ب» ۴) «پ»

(آسان - خطبه‌خط کتاب درسی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

بررسی موارد:

الف و **ب** نیروی هسته‌ای، نیرویی کوتاه‌برد می‌باشد که **مستقل** از بار الکتریکی نوکلئون‌ها است (رد عبارت «الف») و بین همه نوکلئون‌های مجاور (نه فقط نوترون‌ها) ایجاد می‌شود (رد عبارت «ب»). (*)

پ با افزایش تعداد پروتون‌های هسته، به‌دلیل افزایش نیروی الکترواستاتیکی بین پروتون‌ها، باید تعداد نوترون‌ها افزایش یابد تا با افزایش نیروی ربایشی هسته‌ای، هسته پایدار بماند. (✓)

ت طبق متن کتاب درسی، جرم هسته از مجموع جرم نوکلئون‌های تشکیل‌دهنده‌اش **کم‌تر** است. (*)

نیروی هسته‌ای

به نیروی جاذبه‌ای که نوکلئون‌های هسته را در کنار هم نگه می‌دارد، نیروی هسته‌ای می‌گویند. این نیرو کوتاه‌برد است و در ابعاد هسته اثر می‌کند. همچنین مستقل از بار الکتریکی است و تفاوتی بین پروتون و نوترون برای این نیرو، نیست.

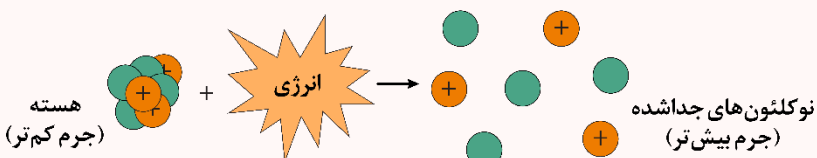
چون نیروی الکترواستاتیکی بلندبرد است، با بزرگ‌تر شدن هسته، نیروی دافعه کولنی نیز بزرگ‌تر می‌شود و هسته ناپایدار می‌شود. به همین دلیل در هسته‌های پایدار بزرگ‌تر، تعداد نوترون‌ها از تعداد پروتون‌ها بیش‌تر است.

انرژی بستگی هسته‌ای

برای جدا کردن نوکلئون‌های یک هسته، انرژی لازم است.

انرژی لازم برای این منظور، انرژی بستگی هسته‌ای نامیده می‌شود.

شکل مقابل، این موضوع را به‌طور طرح‌وار نشان می‌دهد.

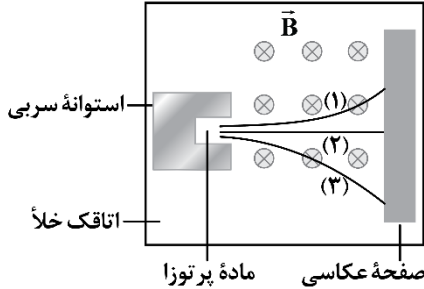




جرم هسته از مجموع جرم نوکلئون‌های تشکیل‌دهنده‌اش اندکی کمتر است که این اختلاف جرم را «کاستی جرم هسته» می‌نامند. طبق رابطه معروف اینشتین ($E = mc^2$)، هرچه مقدار کاستی جرم هسته بیشتر باشد، انرژی بستگی هسته نیز بیشتر است.

گروه آموزشی ماز

۱۵- مسیر حرکت سه پرتوی گسیل‌شده از یک ماده پرتوزا در میدان مغناطیسی یکنواختی مطابق شکل زیر است. کدامیک از عبارات‌های زیر درباره این پرتوها درست است؟



الف: مسیر (۱) مربوط به ذره β^- است.

ب: مسیر (۱)، مربوط به ذره‌ای است که گسیل آن در هسته‌های سنگین رخ می‌دهد.

پ: مسیر (۲) مربوط به متداول‌ترین نوع واپاشی است.

ت: مسیر (۳) مربوط به ذره‌ای است که بیش‌ترین نفوذ را در سرب دارد.

(۲) «ب» و «پ»

(۱) «الف» و «ب»

(۴) فقط «ب»

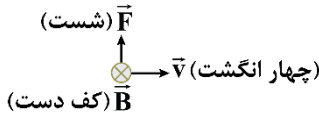
(۳) فقط «ت»

(متوسط - خطبه‌خط کتاب درسی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

اگر یک ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی یکنواخت، طبق قاعده دست راست منحرف شود، دارای بار مثبت و اگر برخلاف قاعده دست راست یا طبق قاعده دست چپ منحرف شود، دارای بار منفی است. از طرفی اگر ذره منحرف نشود، خنثی است؛ بنابراین درمی‌یابیم ذره (۱) دارای بار مثبت، ذره (۲) خنثی و ذره (۳) دارای بار منفی است.

قاعده دست راست:



از طرفی با توجه به این‌که انحراف ذره (۱) از ذره (۳) کم‌تر است، درمی‌یابیم این ذره دارای جرم بیش‌تری از ذره (۳) است؛ بنابراین ذره (۱) آلفا (α)، ذره (۲) گاما (γ) و ذره (۳) بتای الکترون (β^-) است؛ بنابراین طبق متن درس‌نامه تنها عبارت «ب» صحیح است.

واپاشی

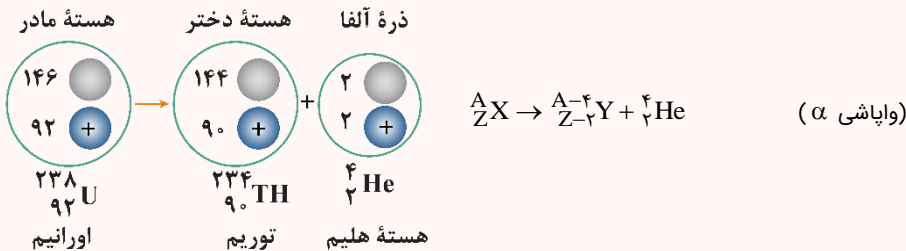
واپاشی α

۱- این واپاشی، در هسته‌های سنگین روی می‌دهد.

۲- پرتوهای α ذرات باردار مثبت از جنس هسته اتم هلیم (${}^4_2\text{He}$) هستند و از دو پروتون و دو نوترون تشکیل شده‌اند.

۳- برد پرتوهای α کوتاه است. این ذرات پس از طی مسافتی کوتاه در حدود ۱cm تا ۲cm در هوا یا هنگام عبور از لایه‌ای نازک از مواد جذب می‌شوند. پرتوهای α کم‌ترین نفوذ را دارند و با ورقه نازک سربی با ضخامت ناچیز (۰/۰۱mm) متوقف می‌شوند.

۴- اگر ذره‌های α از راه تنفس یا دستگاه گوارش وارد بدن شوند، باعث آسیب‌های شدید به بدن خواهند شد. به معادله این واپاشی و مثالی که مطرح شده است توجه کنید:





واپاشی β^-

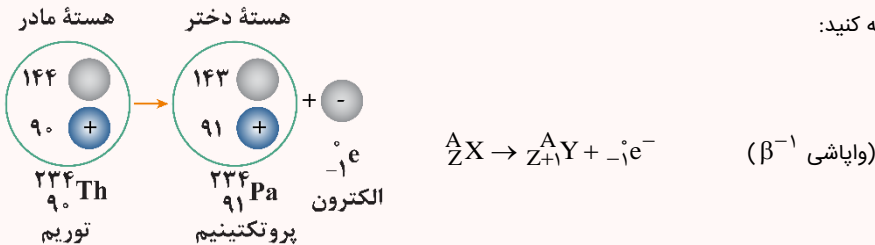
۱- این واپاشی، متداولترین نوع واپاشی در هسته‌ها است.

۲- پرتوهای β^- در واقع همان الکترون‌ها هستند.

۳- پرتوهای β^- مسافت خیلی بیشتری را نسبت به پرتوهای α در سرب نفوذ می‌کنند. تقریباً پرتوهای β^- می‌توانند مسافتی در حدود (۰/۱mm) در سرب نفوذ کنند.

۴- الکترون گسیل شده در این واپاشی یکی از الکترون‌های مداری اتم نیست؛ این الکترون وقتی به وجود می‌آید که نوترونی درون هسته، به یک پروتون و یک الکترون تبدیل شود.

به معادله این واپاشی و مثالی که مطرح شده است، توجه کنید:

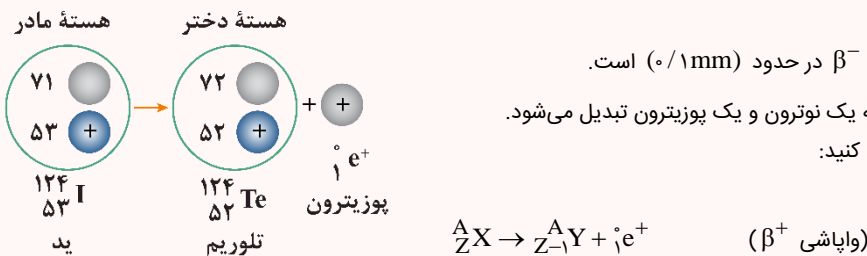


واپاشی β^+

۱- در این واپاشی، ذره گسیل شده توسط هسته، جرم یکسانی با الکترون دارد ولی به جای بار $-e$ دارای بار الکتریکی $+e$ است. به این الکترون مثبت، پوزیترون می‌گویند و با نماد β^+ یا e^+ نمایش داده می‌شود.

۲- مسافتی که پرتوهای β^+ در سرب نفوذ می‌کنند مانند β^- در حدود (۰/۱mm) است.

۳- هنگام واپاشی β^+ یکی از پروتون‌های درون هسته به یک نوترون و یک پوزیترون تبدیل می‌شود. به معادله این واپاشی و مثالی که مطرح شده است، توجه کنید:



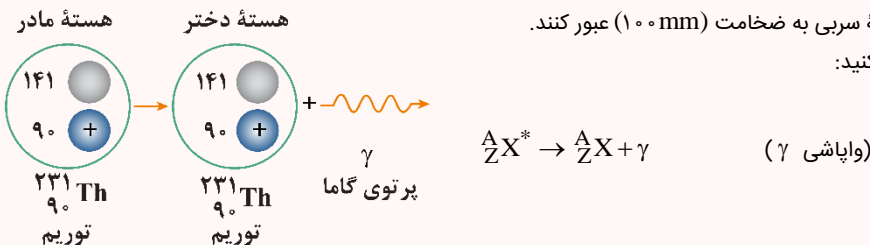
واپاشی γ

۱- اغلب هسته‌ها پس از واپاشی آلفا یا بتا، در حالت برانگیخته قرار می‌گیرند و با گسیل پرتوی گاما به حالت پایه می‌رسند.

۲- پرتوهای گاما از جنس امواج الکترومغناطیسی هستند و دارای بار الکتریکی و جرم نمی‌باشند و از فوتون‌های پرانرژی تشکیل شده‌اند.

۳- پرتوهای گاما بیشترین نفوذ را دارند و می‌توانند از ورقه سربی به ضخامت (۱۰۰mm) عبور کنند.

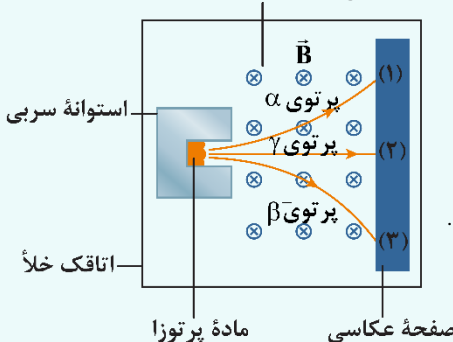
به معادله این واپاشی و مثالی که مطرح شده است، توجه کنید:



نکته

در شکل زیر، یک ماده پرتوزا در محفظه‌ای قرار گرفته است و سه پرتوی آلفا (α)، بتای منفی (β^-) و گاما (γ) را تابش می‌کند. به نکات زیر توجه کنید.

- پرتوی γ از جنس امواج الکترومغناطیسی است و بار الکتریکی ندارد؛ بنابراین در میدان مغناطیسی منحرف نمی‌شود و در مسیر مستقیم حرکت می‌کند.
- پرتوی α از جنس هسته اتم هلیوم است و دارای بار مثبت می‌باشد؛ بنابراین طبق قاعده دست راست، در میدان مغناطیسی نشان داده شده به طرف بالا منحرف می‌شود.
- پرتوی β^- از جنس الکترون است و دارای بار منفی می‌باشد؛ بنابراین در میدان مغناطیسی نشان داده شده به سمت پایین منحرف می‌شود.
- جرم ذرات α بسیار بیشتر از جرم ذرات β^- است، به همین دلیل میزان انحراف α کمتر از انحراف β^- می‌باشد.





۱۶- در واکنش هسته‌ای ${}_{84}^{212}\text{Po} \rightarrow {}_{81}^{208}\text{Ti} + {}_2^4\alpha + ?$ عبارت است از:

- (۱) یک ذره پوزیترون (۲) یک ذره الکترون (۳) یک ذره گاما (۴) یک ذره نوترون

(آسان - مفهومی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

به کمک معادله واپاشی تعداد Z و A را به دست می‌آوریم:

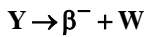
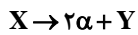
$$212 = 208 + 4 + A \Rightarrow A = 0$$

$$84 = 81 + 2 + Z \Rightarrow Z = 1$$

در نتیجه ${}_{81}^1\text{P}$ ، یک ذره پوزیترون می‌باشد.

گروه آموزشی ماز

۱۷- در فرایند واپاشی زیر، هسته X ابتدا با گسیل دو ذره α ، هسته Y را ایجاد می‌کند و سپس هسته Y واپاشی β^- را انجام می‌دهد و هسته W تولید می‌شود. هسته W به ترتیب از راست به چپ، چند پروتون و چند نوترون کم‌تر از هسته X دارد؟



۱، ۳ (۴)

۳، ۱ (۳)

۳، ۵ (۲)

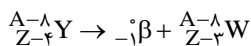
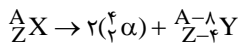
۵، ۳ (۱)

(متوسط - مفهومی/محاسباتی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

گام اول:

ابتدا معادله واپاشی را به صورت زیر کامل می‌کنیم:



گام آخر:

اکنون می‌توان اختلاف پروتون‌ها و نوترون‌های X و W را حساب کرد:

$$X \text{ پروتون‌های } W - \text{پروتون‌های } X = Z - (Z - 3) = 3$$

$$X \text{ نوترون‌های } W - \text{نوترون‌های } X = (A - Z) - ((A - 8) - (Z - 3)) = 5$$

گروه آموزشی ماز

۱۸- نیمه عمر یک ماده رادیواکتیو حدود ۷۲ دقیقه است. چند ساعت طول می‌کشد تا از ۸۰g جرم هسته‌های پرتوزای این ماده، ۷۷/۵g واپاشی شود؟

۱۰ (۴)

۶ (۳)

۵ (۲)

۴ (۱)

(متوسط - محاسباتی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

وقتی مقدار ۷۷/۵g دچار واپاشی می‌شود، مقدار ۲/۵g باقی می‌ماند. نسبت جرم باقی‌مانده به جرم اولیه را به دست می‌آوریم تا متوجه شویم چند نیمه عمر سپری شده است:

$$\frac{2/5}{80} = \frac{1}{32}$$

$$m_0 \xrightarrow{T} \frac{m_0}{2} \xrightarrow{T} \frac{m_0}{4} \xrightarrow{T} \frac{m_0}{8} \xrightarrow{T} \frac{m_0}{16} \xrightarrow{T} \frac{m_0}{32}$$

با توجه به طرح بالا $5T$ گذشته است، یعنی ۵ نیمه عمر سپری شده است:

$$5T = 5 \times 72 = 360 \text{ دقیقه}$$

که ۳۶۰ دقیقه برابر با ۶ ساعت است.

نیمه عمر

نیمه عمر، مدت زمانی است که طول می‌کشد تا تعداد هسته‌های مادر موجود در یک نمونه به نصف برسند و آن را با $T_{1/2}$ نشان می‌دهند.

زمان	۰	$T_{1/2}$	$2T_{1/2}$	$3T_{1/2}$	$4T_{1/2}$...
N	N_0	$\frac{N_0}{2}$	$\frac{N_0}{4}$	$\frac{N_0}{8}$	$\frac{N_0}{16}$...

اگر تعداد هسته‌های اولیه در یک نمونه N_0 باشد، بعد از گذشت

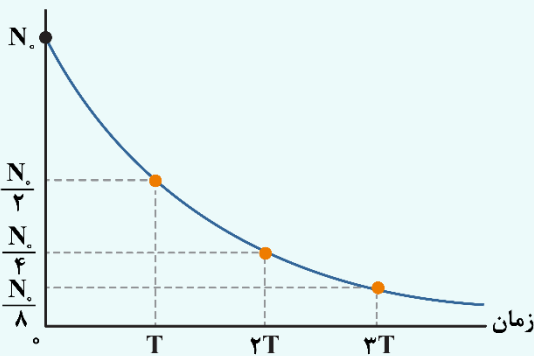
زمان n نیمه عمر $(n = \frac{t}{T_{1/2}})$ تعداد هسته‌های باقی‌مانده برابر با

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \text{ است.}$$



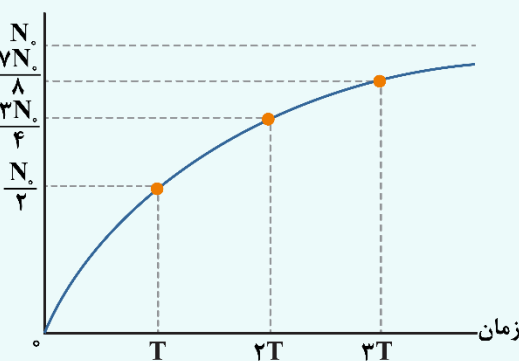
۱- نمودار تعداد هسته‌های فعال باقی‌مانده یک ماده پرتوزا بر حسب زمان مطابق شکل مقابل است.

تعداد هسته‌های باقی‌مانده



۲- نمودار تعداد هسته‌های واپاشی‌شده بر حسب زمان مطابق شکل مقابل است.

تعداد هسته‌های واپاشی‌شده



دقت کنید که در هر لحظه مجموع تعداد هسته‌های واپاشی‌شده و هسته‌های باقی‌مانده برابر تعداد هسته‌های اولیه است.

گروه آموزشی ماز

۱۹- از دو ماده پرتوزای A و B، نمونه‌هایی با تعداد هسته‌های اولیه یکسان داریم. اگر تا زمانی که $\frac{1}{33}$ هسته‌های اولیه ماده A به صورت فعال باقی بماند، ۸۷/۵ درصد از هسته‌های اولیه ماده B دچار واپاشی شده باشند، نیمه‌عمر ماده A چند برابر نیمه‌عمر ماده B است؟

- (۱) $\frac{1}{3}$ (۲) $\frac{1}{5}$ (۳) $\frac{3}{5}$ (۴) $\frac{5}{3}$

(متوسط - مفهومی/محاسباتی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

به کمک رابطه $N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n$ ، برای ماده A، با توجه به این که $\frac{1}{33}$ هسته‌های اولیه باقی مانده است، مقدار n را به دست می‌آوریم:

$$\frac{1}{33} N_0 = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow \frac{1}{33} = \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow n = 5$$

نیمه‌عمر را به کمک رابطه $n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}$ بر حسب t به دست می‌آوریم:

$$n = \frac{t}{(T_{\frac{1}{2}})_A} \Rightarrow 5 = \frac{t}{(T_{\frac{1}{2}})_A} \Rightarrow (T_{\frac{1}{2}})_A = \frac{t}{5}$$

برای ماده B، ۸۷/۵ درصد دچار واپاشی شده و فقط ۱۲/۵ درصد آن باقی مانده است که با جایگذاری در رابطه $N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n$ ، مقدار n را برای این ماده نیز به دست می‌آوریم:

$$\frac{12}{100} N_0 = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow \frac{1}{8} = \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow n = 3$$

و نیمه‌عمر ماده B را به دست می‌آوریم:

$$n = \frac{t}{(T_{\frac{1}{2}})_B} \Rightarrow 3 = \frac{t}{(T_{\frac{1}{2}})_B} \Rightarrow (T_{\frac{1}{2}})_B = \frac{t}{3}$$

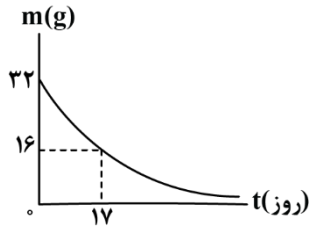


و طبق صورت سؤال مقدار $\frac{(T_1)_A}{(T_1)_B}$ را می‌خواهیم به دست آوریم:

$$\frac{(T_1)_A}{(T_1)_B} = \frac{t}{\frac{t}{3}} = \frac{3}{5}$$

گروه آموزشی ماز

۲۰- شکل زیر، نمودار جرم هسته‌های فعال باقی‌مانده بر حسب زمان در یک ماده رادیواکتیو را نشان می‌دهد. پس از گذشت ۸۵ روز، چند گرم هسته به صورت فعال باقی می‌ماند؟



- ۱ (۱)
- ۳۱ (۲)
- ۶/۴ (۳)
- ۴ (۴)

(متوسط - نموداری - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

با توجه به نمودار، ۱۷ روز طول کشیده است تا جرم نصف شود، یعنی نیمه‌عمر این هسته ۱۷ روز است. با توجه به این که $t = ۸۵$ و $T_{1/2} = ۱۷$ مقدار n را از

رابطه زیر به دست می‌آوریم:

$$n = \frac{t}{T_{1/2}} = \frac{۸۵}{۱۷} = ۵$$

جرم باقی‌مانده از رابطه $m = m_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n$ می‌توانیم به دست آوریم که با توجه به نمودار $m_0 = ۳۲g$ و مقدار $n = ۵$ است:

$$m = m_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow m = ۳۲ \left(\frac{1}{2}\right)^5 = ۳۲ \left(\frac{1}{۳۲}\right) = ۱g$$

که یعنی ۱g از هسته باقی می‌ماند و ۳۱g دچار واپاشی می‌شود.

گروه آموزشی ماز



«جمع بندی فشرده»

فصل ۴ فیزیک دوازدهم

$$E = hf \xrightarrow{f = \frac{c}{\lambda}} E = \frac{hc}{\lambda}$$

انبشتین فرض کرد که نور با بسامد f را می‌توان به صورت مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی در نظر گرفت. هر بسته انرژی، فوتون نام دارد که دارای انرژی‌ای است که از رابطه مقابل به دست می‌آید:

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

توان تابشی یک نور تکفام با بسامد f

$$\left(\frac{W}{m^2}\right) \text{ شدت تابشی } I = \frac{P}{A} = \frac{E}{At} \Rightarrow I = \frac{nhf}{At} = \frac{nhc}{\lambda At}$$

شدت تابشی یک نور تکفام

اگر نور سفید از داخل گاز عنصری عبور کند و سپس طیف آن تشکیل شود، در طیف آن خط‌های تاریکی ظاهر می‌شوند. این خط‌ها (طول موج‌ها) توسط اتم‌های گاز عنصر مورد نظر جذب شده‌اند؛ بنابراین طیف حاصل، جذبی خطی است.

$$\lambda = (364 / 56 \text{ nm}) \frac{n^2}{n^2 - 2^2}$$

معادله بالمر

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right), n > n'$$

معادله ریذبرگ

اثر فوتوالکتریک و فوتون

آشنایی با فیزیک اتمی

طیف خطی



فصل ۴ فیزیک دوازدهم

آشنایی با فیزیک اتمی

مدل‌های اتمی

مدل اتمی تامسون

تامسون اولین شخصی بود که موفق به کشف الکترون و اندازه‌گیری نسبت بار به جرم الکترون شد. طبق مدل اتمی تامسون، اتم همچون کره‌ای است که بار مثبت به‌طور همگن در سرتاسر آن گسترده شده است و الکترون‌ها که سهم ناچیزی در جرم اتم دارند، در جاهای مختلف آن پراکنده شده‌اند. این مدل را گاهی کیک کشمش‌ی هم می‌گویند.

در مدل تامسون، الکترون‌ها با بسامدهای معینی حول وضع تعادلشان نوسان می‌کنند و این نوسان سبب تابش امواج الکترومغناطیسی از اتم می‌شود. یکی از ناکامی‌های مدل تامسون این بود که بسامدهای تابش شده از اتم که این مدل پیش‌بینی می‌کرد با نتایج تجربی سازگار نبود. نارسایی دیگر مدل تامسون این بود که نمی‌توانست نتایج حاصل از آزمایش ورقه طلای رادرفورد را توجیه کند.

رادرفورد

اتم دارای یک هسته بسیار چگال و کوچک ($m \approx 10^{-15}$ شعاع) با بار مثبت است که با تعدادی الکترون در فاصله‌هایی به نسبت دور احاطه شده است. مدل اتمی رادرفورد را مدل اتم هسته‌ای یا مدل هسته‌ای اتم می‌نامند.

نارسایی مدل اتمی رادرفورد:
۱- عدم توجیه پایداری حرکت الکترون
۲- عدم توجیه طیف گسسته اتم

مدارها و انرژی‌های الکترون‌ها در هر اتم کوانتیده‌اند؛ یعنی فقط مدارها و انرژی‌های گسسته معینی مجاز هستند. طبق مدل بور شعاع مدارها در اتم هیدروژن به کمک رابطه مقابل به دست می‌آید:

$$r = a_0 n^2$$

ترازهای انرژی الکترون در اتم هیدروژن

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

معادله گسیل فوتون از اتم

$$E_U - E_L = hf$$

بور

موفقیت‌های مدل بور:

- ۱- توضیح چگونگی حرکت الکترون‌ها در اتم.
- ۲- توضیح پایداری اتم و توضیح چگونگی ایجاد طیف‌های گسلی و جذبی گاز هیدروژن.
- ۳- محاسبه انرژی یونش اتم هیدروژن که توافق بسیار خوبی با مقدار تجربی دارد.

نارسایی‌های مدل بور:

- ۱- مدل بور برای اتم‌هایی با بیش از یک الکترون کاربرد ندارد.
- ۲- مدل بور نمی‌تواند متفاوت بودن شدت خط‌های طیف گسلی را توضیح دهد.



فصل ۴ فیزیک دوازدهم

لیزر یکی از مهم‌ترین اختراعات قرن بیستم است که کاربردهای زیادی در صنعت و پزشکی دارد. از جمله مهم‌ترین این کاربردها عبارت‌اند از:

- ۱- استفاده در چاپگرها (پرینتر لیزری) در کپی اطلاعات روی DVD و CD و خواندن اطلاعات
- ۲- شبکه‌های کابل نوری
- ۳- اندازه‌گیری دقیق طول
- ۴- در جوشکاری و برشکاری فلزات
- ۵- در پزشکی برای جراحی، برداشتن لکه‌های پوستی، اصلاح دید چشم و دندانپزشکی

آشنایی با فیزیک اتمی

لیزر

گسیل خودبه‌خودی

همان‌طور که می‌دانید هنگامی که الکترون از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین‌تر می‌آید، فوتون گسیل می‌کند. به‌طور کلی انتقال الکترون به دو صورت می‌تواند باعث گسیل فوتون شود:

گسیل القایی

در گسیل القایی سه ویژگی اصلی وجود دارد:

- ۱- یک فوتون جذب و دو فوتون خارج می‌شود.
- ۲- فوتون گسیل‌شده در همان جهت فوتون ورودی حرکت می‌کند.
- ۳- فوتون گسیل‌شده و فوتون ورودی، هم‌سامد، هم‌سو و هم‌گام است.

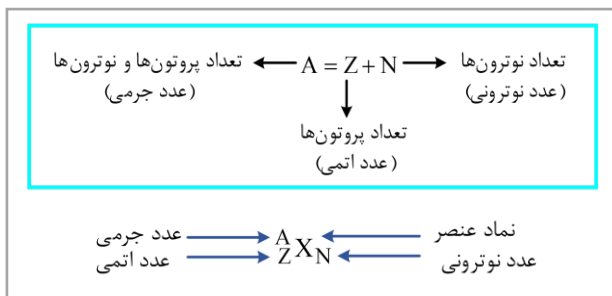
تعداد فوتون‌های گسیل‌شده از لیزر

$$\left. \begin{matrix} E = P \cdot t \\ E = nhf \end{matrix} \right\} \Rightarrow Pt = nhf \Rightarrow n = \frac{Pt}{hf}$$



فصل ۴ فیزیک دوازدهم

در مرکز اتم قسمتی کوچک و بسیار چگال به نام هسته اتم وجود دارد. هسته اتم از نوترون‌ها و پروتون‌ها تشکیل شده است که به طور کلی نوکلئون نامیده می‌شوند. بار الکتریکی پروتون مثبت بوده و اندازه آن برابر بار الکتریکی الکترون است؛ اما جرم پروتون تقریباً ۱۸۳۷ برابر جرم الکترون می‌باشد. نوترون بار الکتریکی ندارد و جرمش اندکی بیشتر از جرم پروتون است. نوترون توسط چادویک کشف شد.



شیوه نمایش هسته اتم

آشنایی با فیزیک هسته‌ای

ساختار هسته

به گونه‌های مختلفی از یک اتم که دارای عدد اتمی یکسان و عدد جرمی متفاوت هستند، ایزوتوپ می‌گویند.

ایزوتوپ‌ها

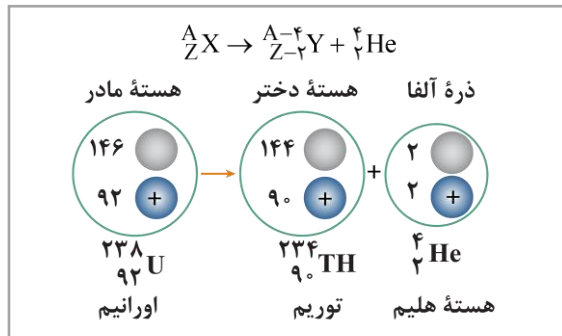
به طور کلی داخل هسته سه نیروی گرانشی، الکتروستاتیکی و هسته‌ای وجود دارد. نیروی دافعه الکتروستاتیکی بین پروتون‌ها ایجاد می‌شود، نیروی جاذبه گرانشی بین پروتون‌ها و نوترون‌ها (به طور کلی بین نوکلئون‌ها) برقرار می‌شود که بسیار ناچیز است و نیروی جاذبه هسته‌ای نیز مانند نیروی گرانشی بین پروتون‌ها و نوترون‌ها ایجاد می‌شود که بسیار قوی است.

پایداری هسته

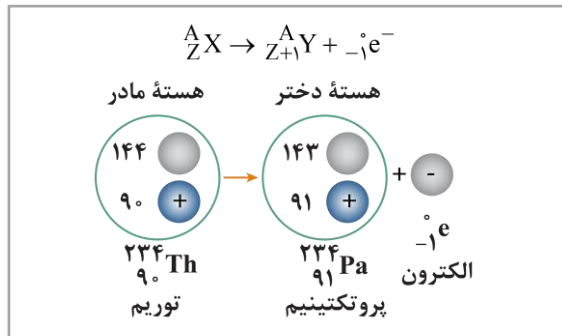
برای پایداری هسته، باید نیروی دافعه الکتروستاتیکی بین پروتون‌ها با نیروی جاذبه بین نوکلئون‌ها که ناشی از نیروی هسته‌ای است، موازنه شده باشد.



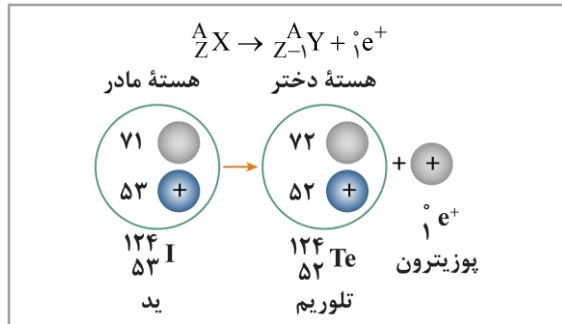
فصل ۴ فیزیک دوازدهم



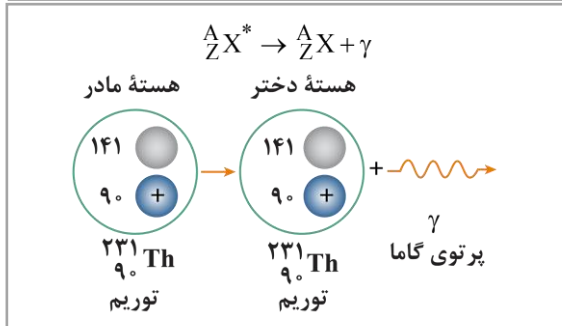
واپاشی α



واپاشی β^-



واپاشی β^+



واپاشی γ

پرنورایی
طبیعی و
نیمه عمر

آشنایی با
فیزیک هسته‌ای

همان‌طور که گفتیم هسته‌های ناپایدار با گذشت زمان دچار واپاشی می‌شوند و به ذرات، انرژی و هسته‌های سبک‌تر تبدیل می‌شوند. به مدت زمانی که طول می‌کشد تا تعداد هسته‌های مادر موجود در یک نمونه، به نصف برسند، نیمه‌عمر می‌گویند و آن را با $T_{\frac{1}{2}}$ نشان می‌دهند.

نیمه‌عمر

برای به دست آوردن تعداد هسته‌های باقی‌مانده در یک واپاشی، می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$N = \frac{N_0}{2^n} \quad m = \frac{m_0}{2^n} \quad n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}$$