



## فیزیک اتمی و هسته ای

سال تحصیلی ۱۴۰۴-۱۴۰۵

تالیف: مهندس مهدی باباخانی

این جزوه فقط برای کسانی است که در کلاسهای بنده در موسسه کارنامه خرد

ثبت نام نموده اند. استفاده از این جزوه برای سایرین شرعا و اخلاقا حرام است و راضی نمی باشیم



## آشنایی با فیزیک جدید و لیزر

بچه ها توی این فصل می خواهیم به بررسی فیزیک جدید پردازیم

اما بچه ها اگه گفتید که تفاوت فیزیک کلاسیک (قدیمی!) با فیزیک جدید در چیه؟

اگر به زبون ساده بخوام بگم به مجموعه قانون ها و نظریه هایی که تا اواسط قرن نوزدهم توسط دانشمندی همچون نیوتن و کولن و فاراده و ماکسول .... ارائه شدند رو ما امروزه به شون فیزیک کلاسیک می گیم، در واقع فیزیک کلاسیک همان فیزیکی است که شما در دوران نهم دهم یازدهم و دوازدهم تاکنون در کتاب های درسی خود خوانده اید اما حالا می خواهیم در این بخش به بررسی فیزیک جدید پردازیم.

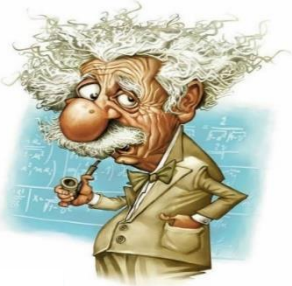
توی فیزیک جدید می خواهیم به بررسی عملکرد ذرات در سرعت های بسیار بالا و به بررسی ذرات بسیار بسیار کوچک پردازیم در واقع خیلی از چیزهایی که توی فیزیک کلاسیک خوندم در سرعت های خیلی بالا و ابعاد کوچک ممکن است در ست در نیایند که ما آنها را در فیزیک جدید بررسی می کنیم در واقع فیزیکدانها تا آخر قرن ۱۹ میلادی توانسته بودند تعداد زیادی پدیده های تجربی را به کمک فیزیک کلاسیک یعنی قوانین نیوتون قانون کولن و قانون فاراده در تحلیل و بررسی نمایند (فیزیک کلاسیک) اما در اواخر قرن نوزدهم و در سال های اولیه قرن بیستم دانشمندان با پدیده هایی روبرو شدند که توسط فیزیک کلاسیک قابل توضیح و توجیه نبودند که این پدیده ها به کمک فیزیک جدید و نوین توجیه و توضیح مجدد گردیدند در جمع بندی زیر نخست تفاوت فیزیک های جدید و کلاسیک را در یک نگاه ببینید سپس به تست زیر آن پاسخ دهید



**فیزیک کلاسیک:** (فیزیک کلاسیک شامل نظریه های نیوتن در حرکت و ترمودینامیک و نظریه ماکسول در الکترو مغناطیس میباشد و عموماً به بررسی اجسام درشت در سرعت های پایین می پردازد)



**فیزیک جدید:** (شامل نظریه نسبیت (مطالعه پدیده ها با سرعت های بسیار بالا) و نیز نظریه کوانتومی (شامل فیزیک اتمی (بررسی رفتار الکترون) و فیزیک هسته ای (شامل بررسی ساختار هسته اتم) میباشد. در واقع بررسی پدیده ها در سرعت های بسیار بالا (نزدیک به سرعت نور) و اجسام بسیار کوچک در ابعاد هسته و اتم می پردازد)



**تست:** اساس و چکیده فیزیک جدید را نظریه های ..... می سازد

(۱) نیوتن - ماکسول (۲) ماکسول - ترمودینامیک (۳) نسبیت - ماکسول (۴) نسبیت - کوانتومی ✓

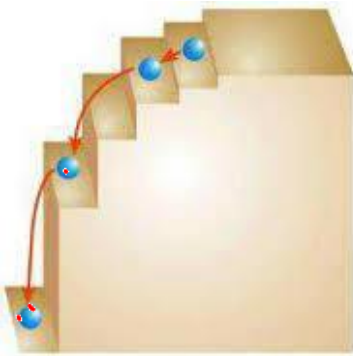
**پاسخ:** با توجه به متن بالا، اساس فیزیک جدید را نظریه های نسبیت - کوانتومی و اساس فیزیک کلاسیک را نظریه های نیوتن و کولون و فاراده و ماکسول و ترمودینامیک تشکیل میدهد بنابراین گزینه ۴ صحیح است



## کمیت های کوانتومی:

بچه ها در فیزیک به کمترین مقدار ممکن از یک کمیت، مقدار پایه یا یک کوانتم آن کمیت می گویند. اما بعضی کمیت ها هستند که گسسته هستند و به این کمیت های گسسته (ناپیوسته) (همانند بار الکتریکی یا تعداد انسانها) کمیت های کوانتومی گفته میشود، یعنی این کمیت ها هر مقداری را نمیتوانند دارا باشند، و تنها میتوانند مضرب درستی از یک مقدار پایه باشند.

مثلا ما ۳/۵ تا آدم نداریم یا ۳ تا داریم یا ۴ تا! که به این جور کمیت ها کوانتومی میگویم یا همینطور که توی سال یازدهم خوندم مقدار بار الکتریکی هر عددی نمیتونه باشه و فقط مضربی از e میتونه باشه که به این کمیت هم کوانتومی میگویم



$$q = ne \rightarrow 1.6 \times 10^{-19}$$

**تست:** کدام گزینه می تواند بار موجود در یک جسم باشد؟

- (۱)  $32 \times 10^{-20}$  ✓ (۲)  $52 \times 10^{-20}$  (۳)  $62 \times 10^{-20}$  (۴) هر سه مورد

ما باید فرمول  $q = ne$  رو بنویسیم و چون بار کمیتی کوانتومی است پس n نمیتونه عدد اعشاری باشه و باید صحیح باشه

$$q = ne \rightarrow 32 \times 10^{-20} = n \times 1.6 \times 10^{-19} \rightarrow n = 2$$

$$q = ne \rightarrow 52 \times 10^{-20} = n \times 1.6 \times 10^{-19} \rightarrow n = 3.25$$

$$q = ne \rightarrow 62 \times 10^{-20} = n \times 1.6 \times 10^{-19} \rightarrow n = 3.87$$

همانطوری که میبینید، فقط گزینه اول مقدار n صحیح هست و توی بقیه گزینه ها اعشاری شده

پس جواب گزینه یک درسته



## نظریه پلانک در مورد تابش:

آقای پلانک کشف کرد که مقدار انرژی که یک جسم به صورت امواج الکترومغناطیسی تابش میکند

نمی‌تواند هر مقداری داشته باشد، بلکه مضرب درستی از  $hf$  می‌باشد و از فرمول‌های زیر حساب می‌شود:

$$E = nhf$$

$$E = nh \frac{c}{\lambda}$$

بچه‌ها در فرمول بالا،  $n$  تعداد فوتون‌ها،  $h$  یک عدد ثابت هست که در سوال به ما می‌دهند (ثابت پلانک)

و  $f$  بسامد و  $c$  سرعت نور و  $\lambda$  طول موج می‌باشد

## آقا اجازه، فوتون چیه؟

در فیزیک مدرن، فوتون ذره‌ای بنیادی است که منشا تولید امواج الکترومغناطیسی محسوب می‌شود. این

ذره منتقل‌کننده تابش الکترومغناطیسی در تمامی طول موج‌ها است. در حقیقت این ذره تابش‌های گاما،

پرتو ایکس، نور مرئی و امواج فرابنفش را ایجاد می‌کند. (فوتون به زبون ساده همون بسته‌های انرژی است)

تذکر: یادآوری فرمول از فصل کار و انرژی:

$$R_a \times P_{\text{ورودی (کل)}} = \frac{E}{t} \quad \text{یا} \quad P_{\text{مفید (خروجی)}} = \frac{E}{t}$$

**تست:** توان کل (ورودی) یک لامپ ۲۰۰۰ میلی وات و بازده آن ۳۰ درصد است. اگر طول موج نور

خروجی آن ۶۰۰ نانومتر باشد، تعداد فوتونهای خروجی از آن در مدت زمان ۲۰ ثانیه تقریباً برابر است

با.....؟ ثابت پلانک  $6 \times 10^{-34}$  ژول ثانیه

- $5 \times 10^{19}$  (۴)       $32 \times 10^{12}$  (۳)       $4 \times 10^{19}$  (۲) ✓       $3 \times 10^{20}$  (۱)

$$R_a \times P_{\text{ورودی (کل)}} = \frac{E}{t}$$

$$\frac{30}{100} \times 2000 = \frac{n \times 6 \times 10^{-34} \times \frac{3 \times 10^8}{600 \times 10^{-9}}}{20} \rightarrow n = 4 \times 10^{19}$$



**تذکره ۱:** بچه ها ما برای انرژی واحدهای مختلفی داریم مثل ژول و کالری و کیلووات ساعت و .... توی

این فصل با یک واحد دیگه آشنا میشیم به اسم الکترون ولت، در واقع یکای اندازه گیری انرژی است که

با نماد  $e.V$  نمایش داده می شود و اندازه آن برابر انرژی یک الکترون تحت ولتاژ ۱ ولت است .

برای تبدیل ژول و الکترون ولت از فرمول روبرو باید استفاده کنیم:

$$\frac{j}{1/6 \times 10^{-19}} = eV$$

**تذکره ۲:** در سوالاتی که از فرمول های توان استفاده میکنیم واحد انرژی حتما باید ژول باشد و اگر

بر حسب الکترون ولت دادند باید ابتدا از فرمول بالا، آنرا تبدیل واحد کنیم



## پدیده فوتوالکتریک

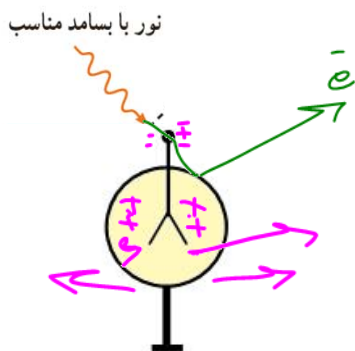
وقتی نوری با بسامد و انرژی کافی به سطح یک فلز بتابد الکترونهاى آن برانگیخته و از سطح فلز جدا می شوند که به این پدیده **فوتوالکتریک** میگویند.



همچنین به الکترونهاىی که از سطح فلز جدا شده اند **فوتوالکترئون** گفته می شود

بچه ها دقت کنید من الان یک الکتروسکوپ با بار منفی رو اینجا قرار میدم و چون باردار هست، ورقه ها همدیگر رو دفع کردند، حالا اگر نور فرابنفش بهش بتابونم در نهایت تعجب ورقه ها جمع تر میشن! میدونید علتش چیه؟ دلیلش اینه که وقتی نور فرابنفش به ورقه های الکتروسکوپ میخوره، الکترونهاى آن برانگیخته و از سطح فلز جدا می شوند که با که با جدا شدن الکترونها، بار منفی الکتروسکوپ ضعیف میشه و ورقه ها جمعتر میشوند. که اسم این پدیده فوتوالکتریک هست (یعنی جدا کردن

الکترونهاى یک فلز با تاباندن نور (موج الکترومغناطیسی به فلز)





**تست:** در شکل های الف و ب دو الکتروسکوپ دیده میشود که یکی دارای بار مثبت و دیگری دارای بار منفی است، اگر نوری فرابنفش (با بسامدی بیشتر از بسامد آستانه فلز الکتروسکوپ) به کلاهک الکتروسکوپ بتابانیم کدام گزینه می تواند صحیح باشد؟

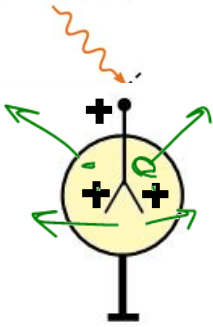
در شکل الف ورقه های الکتروسکوپ جمع تر و در شکل ب بازتر میشوند ✓

در شکل الف ورقه های الکتروسکوپ بازتر تر و در شکل ب جمع تر میشوند

در شکل الف ورقه های الکتروسکوپ جمع تر و در شکل ب نیز جمع تر میشوند

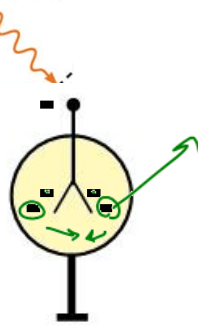
در شکل الف ورقه های الکتروسکوپ جمع تر و در شکل ب تغییری ایجاد نمیشوند

نور با بسامد مناسب



ب

نور با بسامد مناسب



الف

آقا اجازه! بسامد آستانه یعنی چی؟ ببینید بچه ها، هر نوری عرضه ی کندن الکترونها رو نداره! در واقع حداقل بسامدی که میتونه باعث جدا شدن الکترونها از سطح فلز بشه رو بهش بسامد آستانه میگیریم!

**پاسخ:**

در هر دو شکل با تابش ماورابنفش، تعدادی از الکترونها برانگیخته و جدا میشوند (فتوالکتریک رخ میدهد)، اما در شکل الف با جدا شدن الکترونها، بار الکتروسکوپ- بوده و جدا شدن الکترون باعث ضعیف شدن بار منفی الکتروسکوپ میشود و ورقه ها به هم نزدیک میشوند، اما در شکل ب با جدا شدن الکترونها، بار + بوده و حالا مثبت تر میشود که باعث میشود ورقه ها از هم بازتر شوند



## نکات تکمیلی فوتوالکتریک

بنابر نظر انیشتین وقتی نوری تکفام بر سطح فلزی می تابد هر فوتون صرفاً با یکی از الکترون های فلز برهمکنش می کند اگر فوتون انرژی کافی داشته باشد تا فرآیند خارج کردن الکترون از فلز را انجام دهد الکترون به طور آنی از آن گسیل می شود در این صورت بخشی از انرژی فوتون صرف جدا کردن الکترون از سطح فلز می شود و مابقی آن به انرژی جنبشی الکترون خارج شده تبدیل می شود اگر بسامد نور تابیده شده بر سطح فلز از بسامدی موسوم به بسامد آستانه که به جنس فلز بستگی دارد کمتر باشد فوتون ها حداقل انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از سطح فلز را ندارند و پدیده فتوالکتریک رخ نمی دهد همچنین برای نوری که فوتونهای آن دارای حداقل انرژی لازم برای وقوع پدیده فتوالکتریک هستند افزایش شدت نور ( با ثابت ماندن بسامد) فقط سبب افزایش تعداد فوتون ها و افزایش تعداد فتوالکتریک ها می شود در حالی که انرژی جنبشی فتوالکتریک ها بدون تغییر باقی می ماند

**نکته:** بر اساس قوانین فیزیک کلاسیک، چون نور فرودی از امواج الکترومغناطیسی می باشد می توان انتظار داشت هنگام برهمکنش با سطح فلز، میدان الکتریکی آن، نیرویی به الکترونها وارد کرده و آنها را وادار به نوسان می کند در این حالت هنگامی که دامنه نوسان برخی از الکترون ها به قدر کافی بزرگ شود انرژی جنبشی لازم را برای جدا کردن از سطح فلز را به دست می آورد در حالی که این نتیجه با تجربه سازگار نیست

## نتایج اثر فوتوالکتریک:

۱- انرژی جنبشی سریعترین الکترونها به شدت نور فرودی بستگی ندارد و تابع انرژی فوتون فرودی است و اگر شدت نور فرودی زیاد شود تعداد فوتون های تابشی زیاد میشود اما انرژی یک فوتون تغییر نمی کند در این صورت انرژی جنبشی

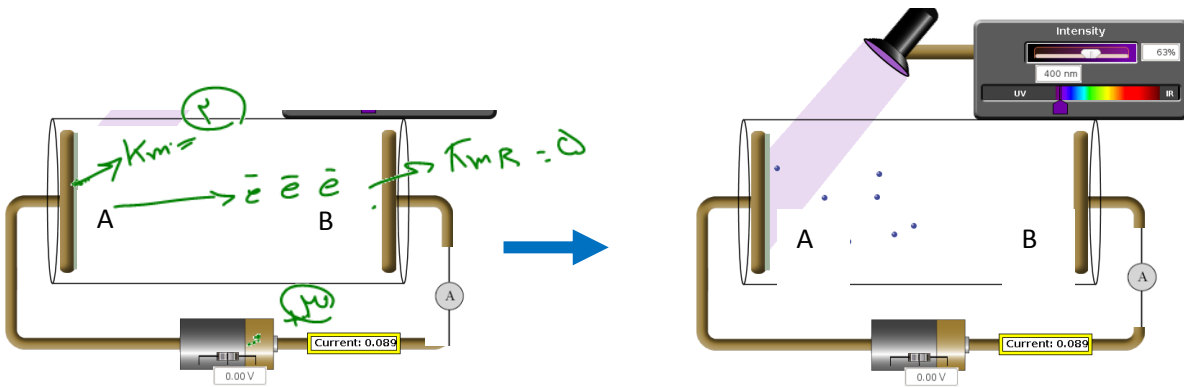
فتوالکتریکها تغییر نمی کند اما به علت افزایش تعداد فوتون های تابشی، تعداد الکترون های بیشتری آزاد شده و شدت جریان افزایش می یابد

۲- انرژی جنبشی سریعترین فوتوالکتریک ها به بسامد نور فرودی بستگی دارد

۳- تابع کار از مشخصات فلز مورد آزمایش است در این صورت انرژی جنبشی سریعترین فتوالکتریک ها نیز وابسته به جنس فلز می باشد



## مسائل ریاضی فتوالکتریک



در شکل بالا (سمت چپ) آمپرسنج صفر آمپر را نشان میدهد زیرا مدار بین نقاط AB قطع است، حال اگر نوری با بسامد کافی به فلز A بتابد ناگهان آمپرسنج عددی را نشان میدهد و جریان در مدار برقرار میشود، زیرا با تابش نور به فلز A فوتوالکتریک رخ میدهد و الکترونها از فلز A به طرف فلز B میروند و جریان در مدار برقرار میشود

$$\begin{aligned}
 E &= W_0 + K_m A \\
 hf &= hf_0 + K_m A \\
 \frac{hc}{\lambda} &= \frac{hc}{\lambda_0} + K_m A
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} E &= W_0 + K_m A \\ hf &= hf_0 + K_m A \\ \frac{hc}{\lambda} &= \frac{hc}{\lambda_0} + K_m A \end{aligned}} \right\} \text{ فرمول}$$

در رابطه بالا :

**E** : انرژی نور فرودی و تابیده شده است

**W** : حداقل انرژی مورد نیاز برای کندن الکترون (تابع کار) است

**Km** : حداکثر انرژی جنبشی فتوالکترونها است

**f** : بسامد نور فرودی (نور تابیده شده) است

**f** : حداقل بسامدی است که میتواند الکترون را از سطح فلز جدا کند (بسامد آستانه) (بسامد قطع)

**λ** : طول موج نور فرودی (نور تابیده شده) است

**λ** : حداثر طول موجی که میتواند باعث فتوالکتریک شود (طول موج آستانه)



## شرایط روی دادن پدیده فتوالکتریک:

هر نوری عرضه ی کندن الکترون از سطح فلز را ندارد پس برای آنکه فتوالکتریک رخ بدهد باید انرژی نور فرودی از حداقل انرژی مورد نیاز برای کندن الکترون بیشتر(یا مساوی) باشد. همچنین بسامد نور فرودی هم از بسامد آستانه بیشتر مساوی باشد ولی طول موج نور فرودی باید کوچکتر مساوی طول موج آستانه باشد (آخه طول موج با انرژی و بسامد رابطه عکس داره!)

## جمع بندی فتوالکتریک:

$$j = 1/6 \times 10^{-19} \times ev$$

$$E = W_0 + K_m$$

$$hf = hf_0 + K_m$$

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + K_m$$

$$E \geq W_0$$

$$f \geq f_0$$

$$\lambda \leq \lambda_0$$

تبدیل واحد

فرمول

فتوالکتریک

شروط روی دادن  
فتوالکتریک



**تست:** در یک آزمایش فتوالکتریک، نوری با طول موج ۸۲۸ نانومتر تابش میشود، اگر طول موج قطع ۴۱۴ نانومتر باشد حداکثر انرژی فتو الکترونها چند الکترون ولت میشود؟ (ثابت پلانک  $4/14 \times 10^{-15}$  ev.s)

Handwritten notes for the first test:

- Equation:  $E = W_0 + K_m$
- Substitution:  $\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + K_m$
- Values:  $4.14 \times 10^{-15}$  (circled),  $1.5$  (circled),  $1.5$  (circled)
- Options: ۰.۴ ✓, -۱.۵۳, ۲.۲, ۱.۵(۱)
- Diagram: A graph of  $\frac{1}{\lambda}$  vs  $K_m$  showing a linear relationship. The y-intercept is labeled  $K = \frac{1}{\lambda_0}$ .
- Equation:  $K_m = -1.5$

**تست:** در یک آزمایش فتوالکتریک، نوری با طول موج ۴۱۴ نانومتر تابش میشود، اگر طول موج قطع ۸۲۸ نانومتر باشد حداکثر انرژی فتو الکترونها چند الکترون ولت میشود؟

Handwritten notes for the second test:

- Equation:  $4.14 \times 10^{-15} \times \frac{3 \times 10^8}{414 \times 10^{-9}} = 4.14 \times 10^{-15} \times \frac{3 \times 10^8}{828 \times 10^{-9}} + K_m$
- Options: ۰.۴ (circled), -۱.۵۳, ۲.۲, ۱.۵(۱) ✓
- Equation:  $3 = 1.5 + K_m \rightarrow k_m = 1.5$



**تست:** در یک آزمایش فتوالکتریک، موجی الکترومغناطیسی با بسامد  $3 \times 10^{15}$  هرتز تابش می‌شود، اگر طول موج قطع (آستانه)  $0.2$  میکرون باشد بیشینه انرژی فوتوالکترونها چند الکترون ولت میشود؟

$$h = 6.4 \times 10^{-34} \text{ j.s}$$

$$c = 3 \times 10^8$$

۶ (۴)

۴ (۳)

۳ (۲)

۱ (۱)

واحدها یکی نیست! پس ابتدا ثابت پلانک را از  $js$  به  $evs$  تبدیل میکنیم:

$$\frac{j}{1.6 \times 10^{-19}} = eV$$

$$\frac{6.4 \times 10^{-34}}{1.6 \times 10^{-19}} = 4 \times 10^{-15} evs$$

$$hf \leftarrow E = W_0 + K_m$$

$$hf = \frac{hc}{\lambda} + K_m \rightarrow 4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^{15} = \frac{4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{0.2 \times 10^{-6}} + K_m$$

$$12 = 6 + K_m \rightarrow K_m = 6 \text{ ev}$$

**تست:** انرژی لازم برای جدا کردن سه الکترون A و B و C از سطح یک فلز به ترتیب  $1/8$  و

$2/59$  و  $5/34$  الکترون ولت است. در کدام یک از این فلزات وقتی در مقابل نوری به طول موج  $828$  نانومتر قرار گیرند، فوتوالکتریک رخ خواهد داد؟

$$\left( \begin{array}{l} h = 4.14 \times 10^{-15} \text{ eVs} \\ c = 3 \times 10^8 \end{array} \right)$$

(۴) هیچیک از سه فلز

(۳) هر سه فلز

(۲) A و B

(۱) فقط A

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1.24}{0.828} = 1.5 \text{ eV}$$



**تست vip:** در آزمایش فتوالکتتریک مطابق شکل نوری با طول موج ۳۰۰ نانومتر به الکتروود A

میتابد و تابع کار آن ۲ الکترون ولت است و ولتاژ منبع ۷ ولت است. بیشینه انرژی جنبشی

الکترونی که از الکتروود A به الکتروود B میرسد چند الکترون ولت است؟



ثابت پلانک =  $\frac{6.4 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ eV}} = 4 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$

$E = W + K_m$

Handwritten notes:  $h \cdot \frac{1}{\lambda} = 4 \times 10^{-15} \cdot \frac{1}{300 \times 10^{-9}}$

$K = 2 + K_m$   
 $K_m = 4 - 2 = 2 \text{ eV}$

$$\frac{hc}{\lambda} = 2 + K_{mA} \rightarrow \frac{4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{300 \times 10^{-9}} = 2 + K_{mA} \rightarrow K_{mA} = 4 - 2 = 2$$

$$K_{mB} = K_{mA} + V_{\text{باتری}} \rightarrow K_{mB} = 2 + 7 = 9$$

**تست:** آزمایش فتوالکتتریک با نوری با بسامد  $f$  انجام میشود، اگر از نوری استفاده کنیم که

بسامدش صد درصد بیشتر از  $f$  باشد، بیشینه انرژی جنبشی ۲۰۰ درصد افزایش مییابد، بسامد

آستانه برای این فلز تقریباً چند درصد کمتر از  $f$  است؟ (هومورک)

- ۲۳ (۱)                      ۵۲ (۲)                      ۶۷ (۳)                      ۷۴ (۴)

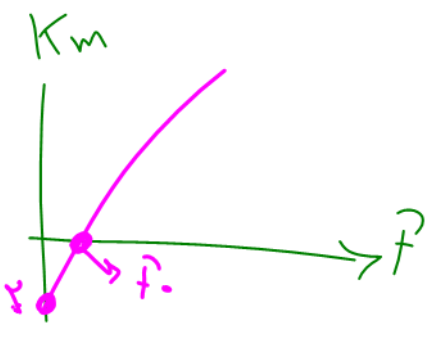
$$K = hf - hf_0$$

$$3K = 2hf - hf_0$$

$$3(hf - hf_0) = 2hf - hf_0 \quad f_0 = \frac{1}{2}f$$

پس یعنی ۵۰ درصد کمتر است و چون طراح کلمه تقریباً را در سوال گذاشته باید نزدیکترین گزینه به آن

یعنی گزینه ۲ را بپذیریم



نکته: معادله فتوالکتریک را میتوانیم به صورت زیر بنویسیم:

$$K_m = E - W_0$$

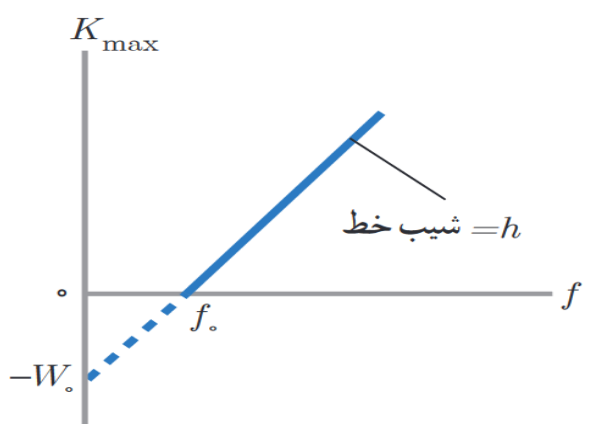
$$K_{max} = hf - W_0$$

ی = ax + b

$$K_m = hf - W_0$$

شیب = h

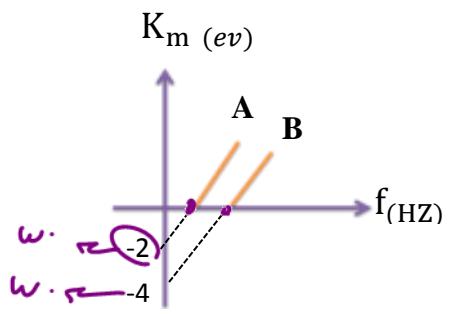
تابع درجه یک بالا را رسم کنیم خطی مطابق شکل زیر می شود که شیب آن  $h$  و عرض از مبدا آن  $W_0$  است. همچنین محل برخورد نمودار با محور افقی بسامد آستانه (بسامد قطع) را نشان می دهد



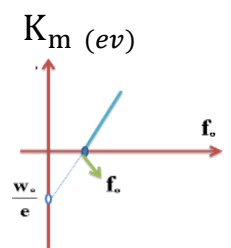
**تست:** نمودار  $K_m$  بر حسب بسامد فرودی برای دو فلز A و B مطابق شکل زیر رسم شده است

طول موج آستانه فلز A چند برابر فلز B است؟

- ۱) ۲      ۲) ۴      ۳) ۴      ۴) ۱/۴



پاسخ:



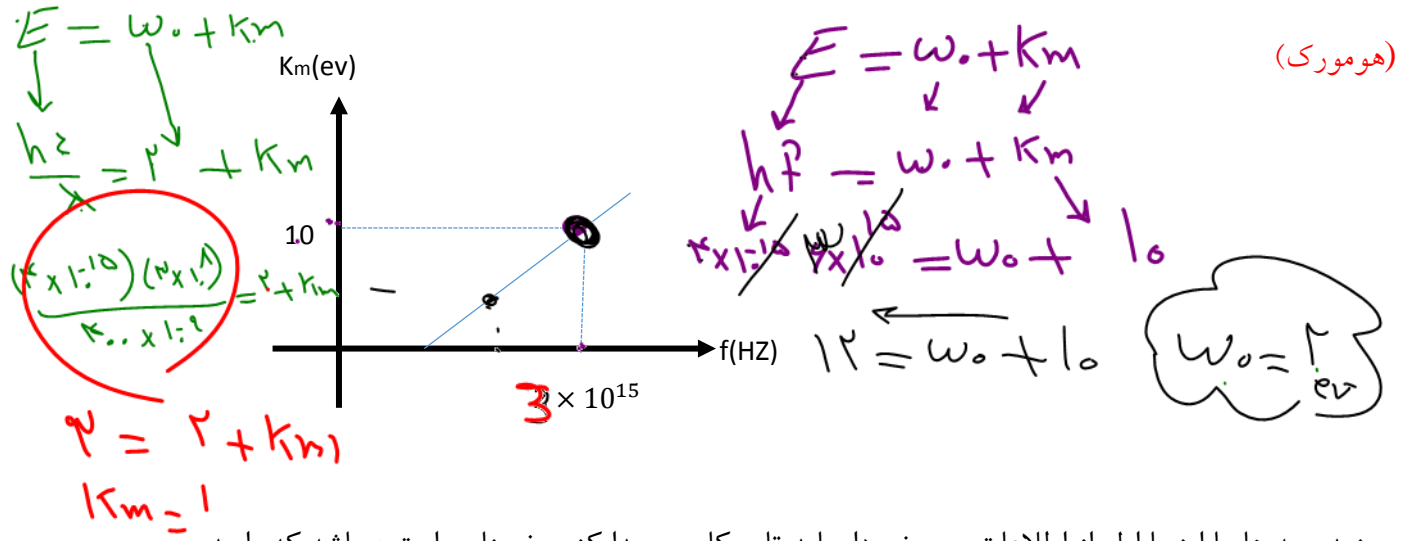
$$\frac{W_{0(B)}}{e} = \frac{4}{2} \Rightarrow \frac{hc}{\lambda_{0(B)}} = 2 \Rightarrow \frac{\lambda_{0(A)}}{\lambda_{0(B)}} = 2$$



**تست:** نمودار انرژی جنبشی بیشینه بر حسب بسامد برای فلزی مطابق شکل است، اگر نوری با

طول موج ۴۰۰ نانومتر به فلز بتابد، بیشینه تندی فتوالکترونیهای گسیل شده، چند متر بر ثانیه

میشود؟ (ثابت پلانک بر حسب  $4 \times 10^{-15} = \text{eVs}$  و جرم الکترون بر حسب کیلوگرم  $10^{-30}$ )



ببینید بچه ها ما اینجا اول از اطلاعات روی نمودار باید تابع کار رو پیدا کنیم، ضمناً حواستون باشه که واحد

ها رو به واحد اصلی تبدیل کنیم:

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

$$K_m = h \frac{c}{\lambda} - W_0 \quad K_m = 4 \times 10^{-15} \frac{3 \times 10^8}{400 \times 10^{-9}} - 2 \quad K_m = 1 \text{ eV}$$

حالا فرمول انرژی جنبشی رو باید بنویسیم تا تندی محاسبه بشه ولی حواستون باشه که قبلش واحد انرژی رو باید به ژول تبدیل کنیم:

$$k = \frac{1}{2} m v^2 \quad 1.6 \times 10^{-19} = \frac{1}{2} 10^{-30} v^2 \quad v = 4\sqrt{2} \times 10^5$$



## Homework 1

۱ لامپی با پرتوی نور تکفام با مشخصات اسمی  $(220V, 60W)$  را به یک باتری با ولتاژ  $110V$  وصل می‌کنیم. اگر طول موج فوتون‌های گسیل شده از این لامپ برابر  $660nm$  باشد، در هر دقیقه چند فوتون از لامپ گسیل می‌شود؟ (تمام انرژی مصرفی لامپ به صورت فوتون خارج می‌شود).

$$\left( h = 6/6 \times 10^{-34} J.s, c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s} \right)$$

۱  $5 \times 10^{20}$       ۲  $3 \times 10^{22}$       ۳  $3 \times 10^{21}$       ۴  $5 \times 10^{19}$

۲ یک سلول خورشیدی به ابعاد  $80cm \times 60cm$ ، در یک روز ابری، شدت انرژی  $\frac{W}{m^2}$  را از نور خورشید دریافت می‌کند. اگر طول موج متوسط فوتون‌های نور خورشید  $496nm$  باشد، در این صورت تعداد فوتون‌های دریافتی در مدت ده ساعت برابر کدام گزینه است؟  $(hc = 1240eV.nm, e = 1/6 \times 10^{-19})$

۱  $2/376 \times 10^{20}$       ۲  $4/750 \times 10^{20}$       ۳  $4/750 \times 10^{24}$       ۴  $2/376 \times 10^{24}$

۳ دو لامپ زرد و بنفش به ترتیب با توان‌های  $P_1 = 100W$  و  $P_2 = 200W$  روشن هستند. اگر طول موج پرتوهای زرد و بنفش به ترتیب  $600nm$  و  $400nm$  باشد، انرژی هر فوتون نور زرد چند برابر انرژی هر فوتون نور بنفش است و در مدت زمان معین، تعداد فوتون‌های گسیلی از لامپ بنفش چند برابر تعداد فوتون‌های گسیلی از لامپ زرد می‌باشد؟ (به ترتیب از راست به چپ)

۱  $\frac{4}{3} - \frac{2}{3}$       ۲  $\frac{3}{4} - \frac{2}{3}$       ۳  $\frac{4}{3} - \frac{2}{2}$       ۴  $\frac{3}{4} - \frac{2}{2}$

۴ چه تعداد از عبارات زیر درست بیان شده است؟  
 الف) اثر فوتو الکتریک با فیزیک کلاسیک قابل توجیه است.  
 ب) برای افزایش فوتوالکترون‌ها کافی است که بسامد پرتوی تابشی را افزایش دهیم.  
 پ) افزایش شدت پرتوی فرودی در بسامدی بیش از بسامد آستانه، سبب افزایش تعداد فوتو الکترون‌ها می‌شود.  
 ت) بسامد آستانه در اثر فوتو الکتریک به جنس فلزی که پرتوی نور بر آن تابش می‌کند، بستگی دارد.

۱ ۱      ۲ ۳      ۳ ۲      ۴ ۴

۵ کدام گزینه می‌تواند در مورد نظریه کلاسیک و نظریه فیزیک جدید راجع به پدیده فوتوالکتریک درست باشد؟

۱ بنابر نظریه انیشتین، در یک بسامد معین با افزایش شدت پرتوی فرودی، الکترون با انرژی جنبشی بیشتری از سطح فلز جدا می‌شود.

۲ بنابر نظریه کلاسیک، چون شدت پرتو با مربع دامنه میدان الکتریکی متناسب است، برای جدا کردن الکترون از سطح فلز، پرتو باید حداقلی از بسامد را داشته باشد.

۳ بنابر نظریه انیشتین، اگر پرتوی فرودی موفق به جدا کردن الکترون از سطح فلز نشود، با افزایش بسامد پرتو، احتمال رخ دادن پدیده فوتوالکتریک وجود دارد.

۴ بنابر نظریه کلاسیک، در یک بسامد معین با افزایش شدت پرتوی فرودی، نمی‌توان از سطح هر فلز دلخواهی الکترون جدا کرد.



۶ کدام گزینه زیر توسط فیزیک کلاسیک توجیه می‌شود؟

- ۱ اگر پدیده فوتوالکتریک با نور قرمز رخ نمی‌دهد، با افزایش شدت نور باز هم پدیده فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد.
- ۲ اگر پدیده فوتوالکتریک با نور بنفش رخ دهد، با افزایش شدت نور، سرعت بیشینه فوتوالکتریک‌ها افزایش نمی‌یابد.
- ۳ بخار یک عنصر هنگامی که برانگیخته شود فقط طول موج‌های مشخص را تابش می‌کند.
- ۴ از سطح یک جسم جامد امواج الکترومغناطیسی تابش می‌شود و هرچه دما بالاتر رود شدت تابش بیشتر می‌شود.

۷ اندازه‌ی بیشینه‌ی سرعت فوتوالکتریک‌ها به چه تعداد از عوامل زیر بستگی دارد؟

- (الف) بسامد نور فرودی  
(ب) شدت نور فرودی  
(ج) جنس فلزی که نور به سطح آن می‌تابد.  
(د) ضریب شکست محیط

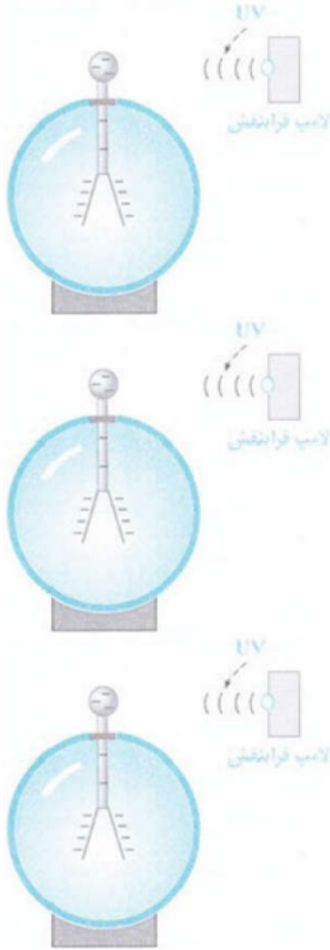
۱ ۱      ۲ ۲      ۳ ۳      ۴ ۴

۸ پرتو نوری تک‌رنگی به سطح فلز مس می‌تابد و الکترون از سطح فلز جدا می‌شود. اگر بدون تغییر بسامد نور، شدت نور تابیده شده به فلز را کاهش دهیم:

- ۱ ممکن است پدیده‌ی فوتوالکتریک قطع شود.
- ۲ آهنگ خروج الکترون‌ها از فلز ثابت می‌ماند، ولی بیشینه‌ی انرژی جنبشی فوتوالکتریک‌ها کاهش می‌یابد.
- ۳ آهنگ خروج الکترون‌ها از فلز کاهش می‌یابد، ولی بیشینه‌ی انرژی جنبشی فوتوالکتریک‌ها ثابت می‌ماند.
- ۴ آهنگ خروج الکترون‌ها از فلز و بیشینه‌ی انرژی جنبشی فوتوالکتریک‌ها هر دو ثابت می‌مانند.



۹ در شکل مقابل با تابیدن پرتوی فرابنفش، الکترون‌ها از کلاهک برق‌نا جدا می‌شود. با افزایش شدت نور تابشی (با ثابت ماندن بسامد)، تعداد الکترون‌هایی که در هر ثانیه از کلاهک جدا می‌شوند:



۲ کاهش می‌یابند.

۱ افزایش می‌یابند.

۴ ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابند.

۳ ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابند.



۱۰ از تابش نور فرابنفش به کلاهک برق‌نما با بار منفی، ورقه‌های برق‌نما کدام وضعیت را پیدا می‌کنند؟



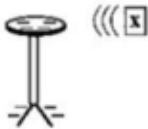
۱ به سرعت به یکدیگر نزدیک می‌شوند.

۲ به سرعت از یکدیگر دور می‌شوند.

۳ به خاطر نامرئی بودن تغییری در انحراف ورقه‌های برق‌نما به وجود نمی‌آورد.

۴ به خاطر مرئی بودن تغییری در انحراف ورقه‌های برق‌نما به وجود نمی‌آورد.

۱۱ در شکل زیر با تابیدن پرتوی  $X$ ، الکترون‌ها از کلاهک برق‌نما جدا می‌شوند. اگر با ثابت ماندن بسامد، شدت تابش پرتوهای  $X$  را افزایش دهیم، به ترتیب از راست به چپ تعداد الکترون‌های جدا شده و تندی الکترون‌های جدا شده از کلاهک چگونه تغییر می‌کند؟



۱ افزایش می‌یابد - افزایش می‌یابد.

۲ ثابت می‌ماند - افزایش می‌یابد.

۳ ثابت می‌ماند - ثابت می‌ماند.

۴ افزایش می‌یابد - ثابت می‌ماند.

۱۲ پرتو نور تک‌رنگی به کلاهک یک الکتروسکوپ تابیده می‌شود و پدیده‌ی فوتوالکتریک رخ می‌دهد. به ترتیب از راست به چپ چگونه می‌توان انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها و تعداد آن‌ها را افزایش داد؟

۱ کاهش طول موج نور فرودی، کاهش شدت نور فرودی، افزایش شدت نور فرودی، کاهش طول موج نور فرودی

۲ افزایش شدت نور فرودی، افزایش طول موج نور فرودی، کاهش طول موج نور فرودی، افزایش شدت نور فرودی

۱۳ با تاباندن نور بر سطح یک فلز، پدیده‌ی فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد. اگر بسامد فوتون‌های تابشی بر سطح فلز را نصف کنیم:

۱ فوتوالکتریک رخ داده و بسامد آستانه افزایش می‌یابد.

۲ فوتوالکتریک رخ نداده و بسامد آستانه ثابت می‌ماند.

۱۴ آزمایش فوتوالکتریک را با نوری با طول موج معین انجام می‌دهیم. اگر شدت همین نور را با ثابت ماندن بسامد افزایش دهیم:

۱ تندی فوتوالکترون‌ها افزایش یافته و تعداد فوتوالکترون‌های جدا شده ثابت می‌ماند.

۲ تندی فوتوالکترون‌ها ثابت مانده و تعداد فوتوالکترون‌های جدا شده افزایش می‌یابد.

۳ تندی فوتوالکترون‌ها و تعداد فوتوالکترون‌های جدا شده، هر دو افزایش می‌یابد.

۴ تندی فوتوالکترون‌ها و تعداد فوتوالکترون‌های جدا شده، هر دو ثابت می‌ماند.



۱۵ انرژی لازم برای جدا کردن سه الکترون A و B و C از سطح یک فلز به ترتیب  $2/26$  و  $4/24$  و  $4/37$  الکترون ولت است. کدامیک از این الکترون‌ها وقتی در مقابل نوری به طول موج  $600$  نانومتر قرار گیرند، از فلز جدا خواهند شد؟

$$\left( h = 4/14 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}, c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

A ۱) B ۲) هر سه الکترون ۳) هیچ‌یک از سه الکترون ۴)

۱۶ تابع کار فلزی  $3/2 \text{ eV}$  است. اگر پرتوی نور با طول موج  $160 \text{ nm}$  به سطح این فلز بتابد، انرژی جنبشی سریع‌ترین فوتوالکترون‌های گسیلی چند الکترون ولت خواهد بود؟

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

۳/۸ ۱) ۴/۳ ۲) ۴/۹ ۳) ۵/۱ ۴)

۱۷ در یک دستگاه فوتوالکتریک، تابع کار فلز  $4 \text{ eV}$  است. با این دستگاه دو آزمایش انجام می‌دهیم. در آزمایش دوم طول موج پرتو به کار رفته را نصف می‌کنیم. بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها نسبت به آزمایش قبلی ۶ برابر می‌شود. طول موج پرتو استفاده شده در آزمایش اول چند نانومتر است؟

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

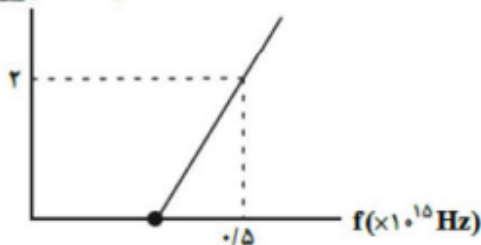
۱۸۰ ۱) ۲۴۰ ۲) ۳۶۰ ۳) ۴۸۰ ۴)

۱۸ نمودار بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها برحسب بسامد پرتوی نور فرودی بر سطح فلز در یک آزمایش فوتوالکتریک مطابق شکل زیر است. طول موج نور تابشی به فلز چند نانومتر باشد تا انرژی جنبشی فوتوالکترون‌های

گسیل شده برابر با  $11 \times 10^{-19} \text{ J}$  شود؟

$$\left( c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}, h = 4 \times 10^{-15} \text{ J} \cdot \text{s} \right)$$

$K_{\text{max}} (\times 10^{-19} \text{ J})$

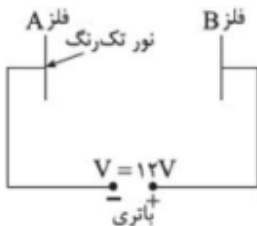


۲۵۰ ۱) ۱۵۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۱۲۰ ۴)

۱۹ در مدار شکل مقابل نور تک‌رنگ با بسامد  $f$  به سطح فلز A که تابع کار آن  $4 \text{ eV}$  است می‌تابد. انرژی جنبشی سریع‌ترین فوتوالکترون جدا شده از سطح فلز هنگام رسیدن به سطح فلز B برابر  $12 \text{ eV}$  است. اگر طول موج نور تابیده

شده به فلز A را  $\frac{1}{\lambda}$  برابر کنیم، انرژی جنبشی سریع‌ترین فوتوالکترون جدا شده از سطح فلز A هنگام رسیدن به سطح

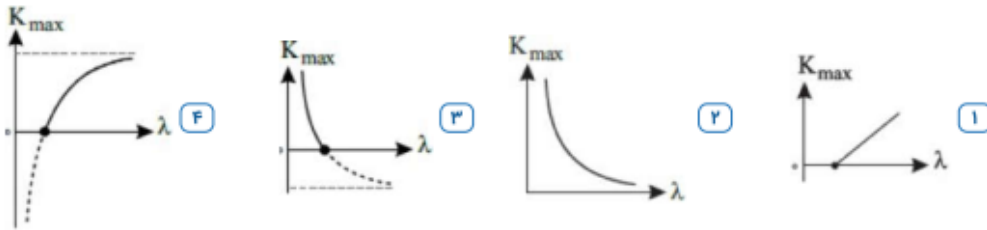
فلز B چند الکترون ولت خواهد شد؟



۵۶ ۱) ۱۵ ۲) ۱۸ ۳) ۲۰ ۴)



۲۰) نمودار پیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌های پدیده‌ی فوتوالکتریک برحسب طول موج نور فرودی در کدام گزینه می‌تواند باشد؟



۲۱) هنگامی‌که انرژی فوتون‌های تابیده شده به یک فلز حداقل  $0.8 \text{ eV}$  باشد، پدیده فوتوالکتریک رخ می‌دهد. چه تعداد از طول موج‌های نشان داده شده در جدول مقابل نمی‌توانند باعث ایجاد پدیده فوتوالکتریک در این فلز شوند؟

$(hc = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm})$

A	B	C
$\lambda = 1250 \text{ nm}$	$\lambda = 1800 \text{ nm}$	$\lambda = 2100 \text{ nm}$

۱ ۱

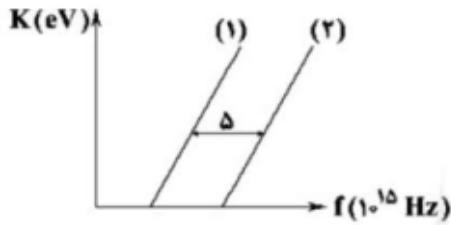
۲ ۲

۳ ۳

۴ هر سه طول موج می‌توانند باعث ایجاد پدیده فوتوالکتریک شوند.

۲۲) نمودار پیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌های گسیل‌شده از سطح دو فلز برحسب بسامد نور فرودی بر آن‌ها مطابق شکل مقابل است. اگر حاصل‌ضرب تابع کار دو فلز  $16 \text{ (eV)}^2$  باشد، اختلاف طول موج آستانه‌ی دو فلز چند نانومتر است؟

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



۲۰۰۰ ۴

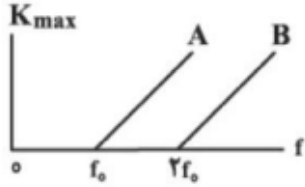
۱۵۰۰ ۳

۱۰۰۰ ۲

۵۰۰ ۱



۲۳ نمودار بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها بر حسب بسامد نور فرودی برای دو فلز مجزای A و B در یک آزمایش فوتوالکتریک، مطابق شکل زیر است. اگر نوری با طول موج  $200 \text{ nm}$  به هر دو فلز بتابانیم، بیشینه تندی فوتوالکترون‌های خارج شده از فلز A، برابر بیشینه تندی فوتوالکترون‌های خارج شده از فلز B می‌شود. تابع کار فلز A چند eV است؟  $(h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s} \text{ و } c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}})$

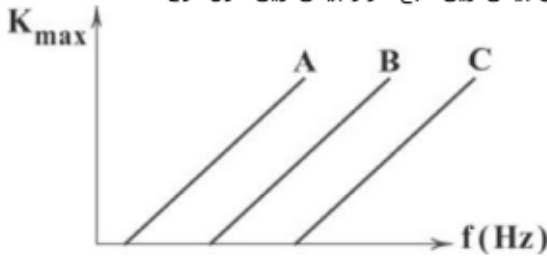


- ۱۲ (F)                      ۶ (۳)                      ۸ (۲)                      ۲/۴ (۱)

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

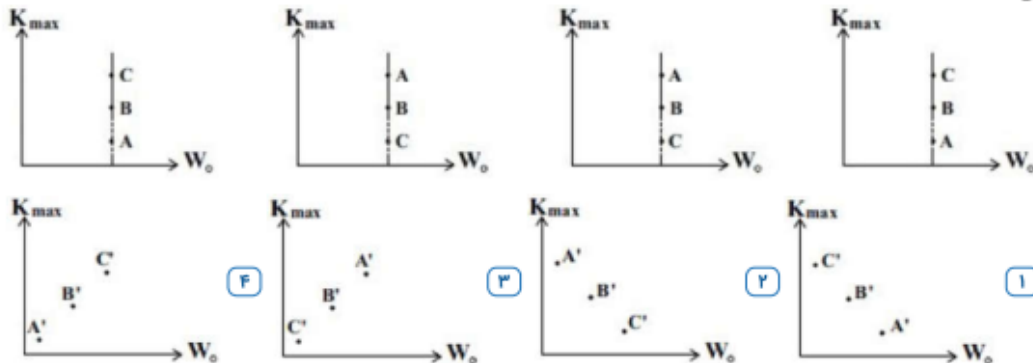
- $5 \times 10^{15}$  (F)                       $3 \times 10^{15}$  (۳)                       $1/5 \times 10^{15}$  (۲)                       $2/5 \times 10^{15}$  (۱)

۲۵ نمودار بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌های گسیل شده بر حسب بسامد نور فرودی برای سه فلز A، B و C مطابق شکل زیر است. به ترتیب از راست به چپ، کدام فلز دارای بیشترین تابع کار و بیشترین طول موج آستانه است؟



- C و A (F)                      A و C (۳)                      C و C (۲)                      A و A (۱)

۲۶ در آزمایش فوتوالکتریکی سه باریکه نور تکفام A، B و C  $(\lambda_A > \lambda_B > \lambda_C)$  را به فلز A' می‌تابانیم و در آزمایش دیگری نور A را به سه سطح فلزی A'، B' و C'  $(f_{A'} > f_{B'} > f_{C'})$  می‌تابانیم. کدام گزینه نمودار  $K_{\text{max}}$  بر حسب  $W_0$  را برای این دو آزمایش به صورت کیفی به درستی نشان می‌دهد؟ (پدیده فوتوالکتریک در تمام آزمایش‌ها رخ می‌دهد.)



- (F)                      (۳)                      (۲)                      (۱)



۲۷) کمترین انرژی لازم برای کندن الکترون از سطح فلز نیکل برابر با  $4\text{eV}$  است. به سطح فلز نیکل بار اول نوری با بسامد  $\gamma$  برابر بسامد آستانه و بار دوم نوری با بسامد  $2/4\gamma$  برابر بسامد آستانه می‌تابانیم. بیشینه تندی الکترون‌های خروجی از سطح فلز در حالت دوم چند برابر حالت اول خواهد بود؟

- ۱)  $1/2$       ۲)  $1/44$       ۳)  $0/22$       ۴)  $0/6$

۲۸) در آزمایش فوتوالکتریک، اگر بسامد فوتون تابیده به سطح فلز را در  $n$  برابر کنیم، بیشینه تندی خروج فوتوالکترن‌ها از سطح فلز  $\sqrt{3}$  برابر می‌شود. در این صورت کدام‌یک از عبارتهای زیر صحیح است؟

- ۱)  $1 < n < 3$       ۲)  $1 < n < \sqrt{3}$       ۳)  $n > \sqrt{3}$       ۴)  $n > 3$

۲۹) اختلاف تابع کار دو فلز A و B برابر  $6/6\text{ eV}$  است. اگر به سطح فلز A پرتویی با بسامد  $f_1$  و به سطح فلز B پرتویی با بسامد  $f_2$  بتابانیم، بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترن‌های گسیل شده از سطح آن‌ها برابر خواهد بود. اندازه‌ی

اختلاف بسامد پرتوهای تابیده شده به سطح دو فلز چند هرتز است؟ ( $h = 4/125 \times 10^{-15}\text{ eV} \cdot \text{s}$ )

- ۱)  $0/4 \times 10^{15}$       ۲)  $0/8 \times 10^{15}$       ۳)  $1/6 \times 10^{15}$       ۴)  $2/4 \times 10^{15}$

۳۰) در یک آزمایش فوتوالکتریک، بسامد نور مورد استفاده  $m$  برابر بسامد آستانه است. اگر به جای این نور، از نوری با بسامد  $2m$  برابر بسامد آستانه استفاده شود، بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترن‌ها نسبت به حالت قبل چند برابر می‌شود؟

- ۱)  $\frac{m}{m-1}$       ۲)  $\frac{2m}{m-1}$       ۳)  $\frac{2m-1}{m-1}$       ۴)  $2$



## طیف خطی:

بچه ها از سطح همه اجسام و در هر دمایی موج الکترومغناطیسی با طیف پیوسته ساطع میشود، گسیل

موجهای الکترومغناطیسی از سطح اجسام را تابش گرمایی می نامند و ماکزیمم طول موج تابش شده در هر

دمایی، با دمای مطلق رابطه عکس دارد

$$\lambda_{max} \propto \frac{1}{T}$$

نکته:

برای یک جسم جامد مانند رشته داغ یک لامپ روشن این امواج شامل گستره پیوسته‌ای از طول موج ها است به همین دلیل طیف ایجاد شده در این شرایط را **طیف گسیلی پیوسته** یا به اختصار **طیف پیوسته** می نامیم بخشی از این طیف که در محدوده طول موج های مرئی است و در شکل نشان داده شده است تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد ناشی از برهم کنش قوی بین اتم های سازنده آن است اگر گازهای کم فشار و رقیق که اتم های منفرد آنها از برهم کنش های قوی موجود در جسم جامد آزادند به جای طیف پیوسته طیفی گسسته را گسیل می کنند این طیف گسسته را **طیف گسیلی خطی** یا به اختصار **طیف خطی** می نامند و طول موج های ایجاد شده در آنها برای اتم های هر گاز منحصر به فرد می باشند همانند اثر انگشت یک انسان و این طیف ها سرنخ های مهمی را در رابطه با نوع و ساختار اتم های آن است به ما می دهند برای تشکیل طیف گسیلی خطی اتمهای هر گاز مانند هیدروژن و هلیوم جیوه و غیره معمولاً از یک لامپ باریک و بلند شیشه‌ای که حاوی مقداری گاز رقیق و کم فشار است استفاده می شود دو الکتروود به نام های آند و کاتد در دو طرف این لامپ قرار دارند که به ترتیب به قطب های مثبت و منفی یک منبع تغذیه با ولتاژ بالا و وصل هستند این ولتاژ بالا سبب تخلیه الکتریکی در گاز می شود و اتم های گاز درون لامپ شروع به گسیل نور می کند طیف خطی و همینطور رنگ نور تابش شده به نوع گاز درون لامپ بستگی

دارد



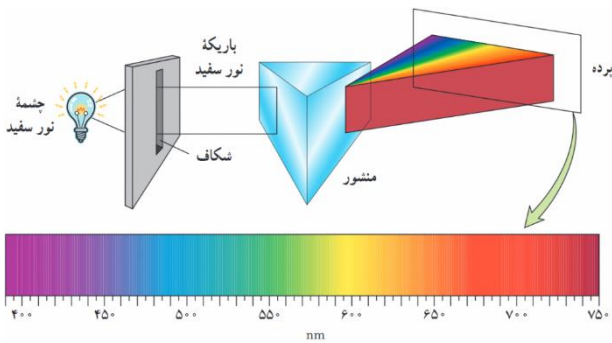
## آقا اجازه طیف یعنی چی؟

بچه ها **طیف** به مجموعه ای از نوارهای تک رنگ گفته میشود که به صورت نوارهای پهن یا باریک یا خطوط دور یا نزدیک به هم ، پس از تجزیه تابش الکترو مغناطیسی در منشور، قابل مشاهده است، طیف ها در دو حالت گسیلی و جذبی بررسی میشود.

## الف: طیف گسیلی (تابشی) (نشری)

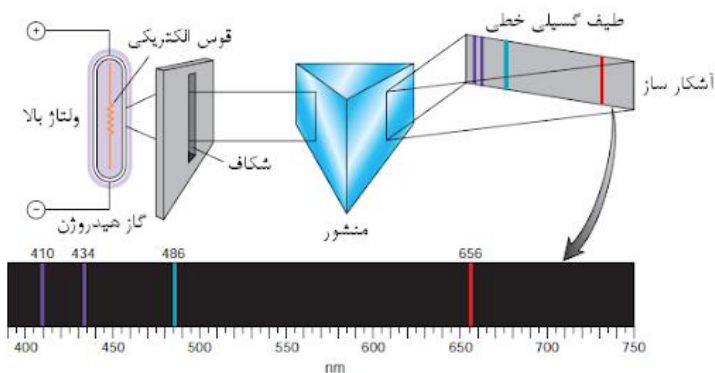
**طیف گسیلی پیوسته:** توسط اجسام جامد ملتهب و یا مایعات حاصل از ذوب آنها تشکیل میشود.

در این طیف رنگها به هم پیوسته هستند و در طول طیف کم کم تغییر رنگ ایجاد میشود



**طیف گسیلی خطی:** اگر نور گسیل شده توسط بخار عناصر را از منشور عبور دهیم مشاهده میکنیم

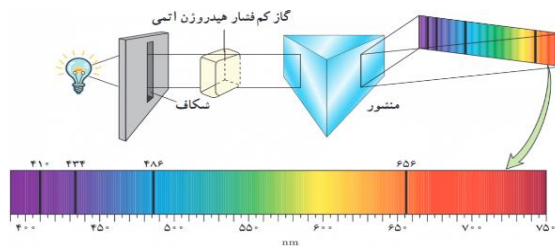
که طیف آن پیوسته نیست و از چند خط رنگی جدا از هم تشکیل شده است





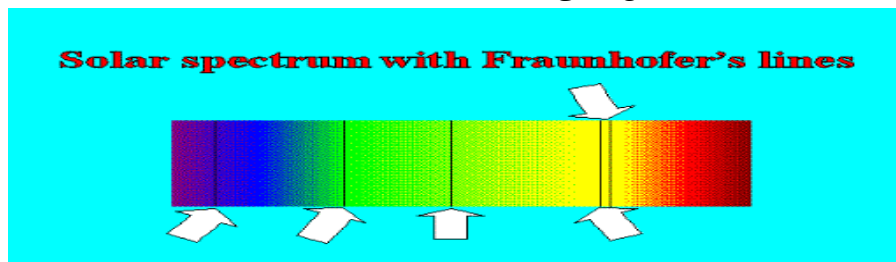
## ب: طیف جذبی

در صفحه قبل درباره طیف گسیلی صحبت کردیم حال به بررسی طیف جذبی خواهیم پرداخت. اگر نور سفید را از بخار یک عنصر (گاز کم فشار) عبور دهیم و سپس نور خروجی را توسط منشور تجزیه کنیم، روی پرده طیف پیوسته ای با خط های تاریک مشاهده می کنیم. خط های تاریک مربوط به طول موج هایی است که توسط بخار عنصر جذب شده است. به این طیف، طیف جذبی می گویند.



## خطوط فرانهوفر:

خطوط تاریک موجود در طیف خورشید را خطوط فرانهوفر مینامند. این خطوط معرف طول موجهایی است که توسط جو، از نور تابشی خورشید حذف شده است. از مقایسه طیف خورشید با طیف جذبی عناصر میتوان فهمید که در جو خورشید چه عناصری وجود دارد.. (طیف خورشید از نوع جذبی گسسته است)



- ۱- در طیف گسیلی و جذبی هر عنصر، طول موجهای معینی وجود دارد که مشخصه همان عنصر است. یعنی طیفهای هیچ دو اتمی مثل همدیگر نمیباشند
- ۲- اتم هر عنصر دقیقا همان طول موجهایی را جذب میکند که اگر به اندازه کافی گرم شود، همان طول موجها را تابش میکند. یعنی طیف جذبی یک عنصر بر طیف گسیلی آن منطبق است.
- ۳- تهیه و بررسی طیف های گسیلی و جذبی را طیف نمایی مینامند.
- ۴- از نظر فیزیک کلاسیک، این که چرا فقط طول موجهای خاصی توسط اتم ، جذب یا گسیل میشوند، قابل توصیف نیستند.



داده‌چی دیز  $T.R$  خیز نا، بی زرد لبز آبی نیل بنفش  $\lambda$   $\nu$   $UV$   $\uparrow$

**تست:** یک قطعه طلا را در یک اتاق کاملاً تاریک قرار می‌دهیم، و آن را به آرامی گرم می‌کنیم، اولین

نوری که مشاهده می‌کنیم کدامست؟

- (۱) بنفش (۲) زرد (۳) قرمز (۴) سفید

گزینه ۳ چون در دمای پایین‌تر طول موجهای بزرگتر تابش میشود، و بین نورهای مرئی، طول موج قرمز از

همه بیشتر هست

**تست:** طیف حاصل از جامدهای ملتهب و گازهای رقیق به ترتیب از راست به چپ ..... و .....

- (۱) گسسته- پیوسته (۲) پیوسته- گسسته (۳) گسسته- گسسته (۴) پیوسته- پیوسته

گزینه ۲

**تست:** نور گسیل شده از رشته تنگستن ملتهب و گداخته را از گاز هیدروژن کم فشار اتمی عبور

می‌دهیم سپس آنرا از منشور می‌گذرانیم چه طیفی ایجاد میشود؟

- (۱) گسیلی (پیوسته) (۲) گسیلی (خطی)(گسسته) (۳) طیف جذبی (۴) ترکیبی از هر سه

گزینه ۳

**تست:** در طیف نور خورشید که به زمین می‌رسد، خطوط تاریکی دیده می‌شود، که به آنها

خطوط ..... گفته میشود و نشان دهنده ..... است.

(۱) فرانهور-عناصر موجود در اتمسفر زمین و جو خورشید

(۲) فرانهور - عدم وجود بعضی از مواد و عناصر در خورشید

(۳) براکت - عناصر موجود در اتمسفر زمین و جو خورشید

(۴) پفوند - عدم وجود بعضی از مواد و عناصر در خورشید

گزینه ۱



## رابطه بالمر

همانطور که در قسمت های قبل گفتیم ، اگر نور تولید شده توسط گازهای کم فشار و رقیق و ملتهب را از

منشور عبور دهیم طیف **طیف گسیلی خطی** را تولید می کند و طول موج های ایجاد شده در آنها برای اتم

های هر گاز منحصر به فرد می باشد (شناسه آن گاز می باشد)



ما در سال دوازدهم طیف گسیلی خطی برای گاز هیدروژن را مورد بررسی دقیق قرار خواهیم داد **۱** **۲**

دانشمند سوئیسی برای محاسبه طول موج های مری طیف اتم هیدروژن رابطه زیر را ارائه کرد:

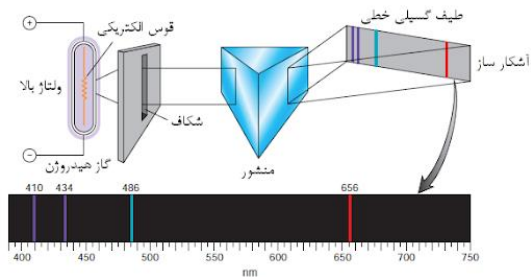
$$\lambda \text{ نانومتر} = 364.56 \frac{n^2}{n^2 - 2^2}$$

$n=3 \rightarrow \lambda_1 = 656 / 20 \text{nm}$  خط قرمز

$n=4 \rightarrow \lambda_2 = 486 / 08 \text{nm}$  خط آبی

$n=5 \rightarrow \lambda_3 = 434 / 00 \text{nm}$  خط نیلی

$n=6 \rightarrow \lambda_4 = 410 / 13 \text{nm}$  خط بنفش



## آقا اجازه این ها گفتید یعنی چی؟

ببینید بچه ها، اگر الکترونی از تراز شماره ۲ در اتم هیدروژن برانگیخته بشه و به ترازهای بالاتر برود، دوست

نداره در حالت برانگیخته باقی بمونه و دوست داره به همون خونه شماره ۲ برگرده که موقع برگشت از

خودش نور ساطع میکنه و طول موج این نورهای مرئی از رابطه بالا حساب میشه! یعنی به عنوان مثال اگر

الکترونی از تراز ۴ به ۲ برگرده و ما در فرمول بالا عدد ۴ را جایگذاری کنیم طول موج نور تابش شده

حدود ۴۸۶ نانومتر به دست می آید که مربوط به نور آبی است

آقا اجازه! اگر تراز اولیه خونه ۲ نبود چی؟

بچه ها صبر کنید در ادامه بهتون خواهیم گفت

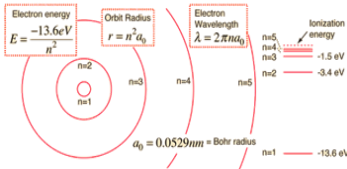


## رابطه ریذبرگ

بچه ها همانطور که در صفحه قبل دیدیم ، رابطه بالمر فقط برای اتم هیدروژن و فقط برای حالتی بود که

تراز مقصد (خانه مادر) تراز شماره ۲ بود اما ریذبرگ (دانشمند سوئدی) فرمول بالمر را به صورت زیر

اصلاح و بازنویسی کرد به گونه ای که برای تمام ترازها قابل استفاده است:



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

Handwritten notes in green:

$$R = 0.1$$

$$R = 0.11$$

$$R = \frac{E_R}{hc}$$

Arrows point from these equations to the 'R' in the Rydberg equation above.

که در فرمول بالا  $R = 0.01 = \frac{E_R}{hc}$  است

## معنی و مفهوم رابطه بالا:

طبق رابطه بالا، اگر الکترونی در اتم هیدروژن از تراز برانگیخته  $n$  به تراز  $n'$  بازگردد، طول موج ساطع

شده از رابطه بالا بر حسب نانومتر محاسبه می شود

در سری پائین

**تست:** در اتم هیدروژن الکترون از تراز برانگیخته ۵ به تراز ۳ تابش کرده است طول موج ساطع

شده تقریباً چند نانومتر است؟ ( $R=0.01 \text{ nm}^{-1}$ )

۱۳۲۱ (۴)

۱۴۰۶ (۳)

۴۹۰۰ (۲)

۱۲۸۷ (۱)

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad \frac{1}{\lambda} = 0.01 \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{5^2} \right) \rightarrow \lambda \approx 1406 \text{ nm}$$

Handwritten calculation in pink:

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100} \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{5^2} \right)$$



**نکته:** ببینید بچه ها، گاهی اوقات در سوالات به جای آنکه مقدار  $n$  (یعنی تراز مادر) را به ما بدهند، نام

دانشمندی که آن طیف را کشف کرده، می‌دهند، مثلا اگر تراز مادر، خانه شماره ۱ باشد، ممکن است به جای

عدد ۱، به ما در سوال اسم آقای لیمان را بگویند،

به طور کلی اگر در یک تست:

کلمه لیمان را شنیدید، به جای  $n$  عدد ۱ بگذارید

کلمه بالمر را شنیدید، به جای  $n$  عدد ۲ بگذارید

کلمه پاشن را شنیدید، به جای  $n$  عدد ۳ بگذارید

کلمه براکت را شنیدید، به جای  $n$  عدد ۴ بگذارید

کلمه پفوند را شنیدید، به جای  $n$  عدد ۵ بگذارید

جدول زیر که مربوط به اتم هیدروژن می‌باشد را حفظ نمایید

نام رشته	مقدار $n$	رابطه‌ی ریذبرگ مربوط	مقدارهای $n$	گسترده‌ی طول موج
لیمان	۱	$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n = 2, 3, 4, \dots$	فرا بنفش
بالمر	۲	$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n = 3, 4, 5, \dots$	فرا بنفش و مرئی
پاشن	۳	$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n = 4, 5, 6, \dots$	فروسرخ
براکت	۴	$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n = 5, 6, 7, \dots$	فروسرخ
پفوند	۵	$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n = 6, 7, 8, \dots$	فروسرخ



لیمان و بالمر پاشن برن پفک بخورند!  $\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right)$



**تست:** در اتم هیدروژن و در یک سری پاشن الکترون از تراز برانگیخته ۵ تابش کرده است طول

موج و بسامد، موج ساطع شده را تقریبی محاسبه کنید؟ ( $R=0/01 \text{ nm}^{-1}$ )

- ۱۳۲۱ (۴)
- ۱۴۰۶ (۳)
- ۴۹۰۰ (۲)
- ۱۲۸۷ (۱)

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{1^2} \right) \quad \frac{1}{\lambda} = 0.01 \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{5^2} \right) \rightarrow \lambda \approx 1406 \text{ nm}$$

$n'=2$

$n^2$  و  $1^2$

**تست:** در اتم هیدروژن، الکترون از تراز برانگیخته ۴ به تراز پایینتری بازمی‌گردد و نوری مشاهده میشود

طول موج نور ساطع شده تقریباً چند نانومتر است؟ ( $E_R=13/6 \text{ eV}$  و  $hc=1250 \text{ eV}\cdot\text{nm}$ )

$$R = \frac{E_R}{hc}$$

- ۵۳۳ (۴)
- ۳۸۹ (۳)
- ۵۹۵ (۲)
- ۴۳۴ (۱)

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{E_R}{hc} \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2} \right) \rightarrow \lambda \approx 533 \text{ nm}$$

بچه‌ها توی این سوال، طراح، مقدار  $n'$  رو نداده و حتی اسم سری و دانشمند رو هم نداده!! ولی چون گفته

نوری مشاهده میشود، پس طبق جدول صفحه قبل، نور مرئی بوده  $n'$  عدد ۲ است (سری بالمر)

محاسبه طول موج خط  $k$  ام:

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

**تست:** طول موج دومین خط طیف اتم هیدروژن در رشته براکت را محاسبه تقریباً چند نانومتر

است؟ ( $R=0/01 \text{ nm}^{-1}$ )

- ۶۰۹۸ (۴)
- ۳۰۹۸ (۳)
- ۴۴۵۷ (۲)
- ۲۸۸۰ (۱)

$$\frac{1}{\lambda} = 0.01 \left( \frac{1}{4^2} - \frac{1}{(4+2)^2} \right) \rightarrow \lambda \approx 2880 \text{ nm}$$

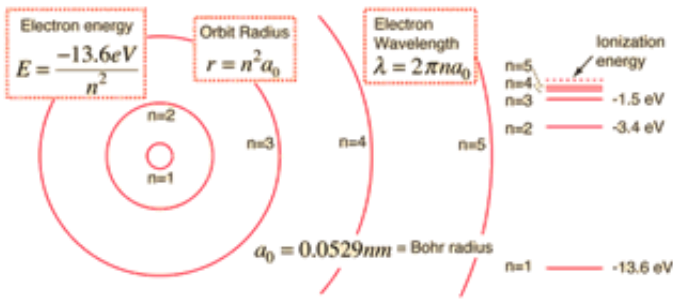
**تست:** در یک اتم، الکترونی از تراز برانگیخته ۵ به ۳ باز می‌گردد. کدام طیف از امواج

الکترومغناطیسی مشاهده می‌گردد؟

- (۱) فرابنفش
- (۲) مرئی یا فرابنفش
- (۳) فرو سرخ
- (۴) نمیتوان اظهار نظر کرد



محاسبه طول موج های بیشینه و کمینه در یک سری



محاسبه طول موج های بیشینه و کمینه به طور کلی:

**هرگاه الکترون، بیشترین انرژی بگیرد یا آزاد کند: طول موج min محاسبه میشود**

**هرگاه الکترون، کمترین انرژی بگیرد یا آزاد کند: طول موج max محاسبه میشود**

**تست:** طول موج مینیمم و ماکزیمم را در یک سری یفوند تقریبا از راست به چپ..... (R=0/011)

۲۲۵۰-۸۶۵۴ (۱)      ۴۴۴۴-۱۰۴(۲)      ۳ -۰ بینهایت      ۷۴۳۸-۲۲۷۳(۴)

$$\frac{1}{\lambda_{min}} = 0.011 \left( \frac{1}{5^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) \rightarrow \lambda_{min} \approx 2273 \text{ nm}$$

$$\frac{1}{\lambda_{max}} = 0.011 \left( \frac{1}{5^2} - \frac{1}{6^2} \right) \rightarrow \lambda_{max} \approx 7438 \text{ nm}$$

**تست:** الکترونی در اتم هیدروژن در تراز n=5 قرار دارد طول موج مینیمم و ماکزیمی که میتواند

تابش کند به ترتیب از راست به چپ برابرست با..... R=0/01 nm<sup>-1</sup>

۲۲۵۰-۸۶۵۴ (۱)      ۴۴۴۴-۱۰۴(۲)      ۳ -۰ بینهایت      ۷۴۳۸-۲۲۷۳(۴)

$$\frac{1}{\lambda_{max}} = 0.01 \left( \frac{1}{4^2} - \frac{1}{5^2} \right) \rightarrow \lambda_{max} \approx 4444 \text{ nm}$$

$$\frac{1}{\lambda_{min}} = 0.01 \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{5^2} \right) \rightarrow \lambda_{min} \approx 104 \text{ nm}$$



**مثال:** سه عدد از بلندترین طول موجهای رشته بالمر در اتم هیدروژن را محاسبه کنید؟

$$(R=0/01)$$

پاسخ:

$$\frac{1}{\lambda_{max1}} = 0.01 \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{(2+1)^2} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda_{max2}} = 0.01 \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{(2+2)^2} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda_{max3}} = 0.01 \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{(2+3)^2} \right)$$

**تست:** در اتم هیدروژن، کوتاه ترین طول موج مربوط به رشته ی پاشن چند برابر بلندترین طول موج مربوط

به رشته ی بالمر است؟ (هومورک)

$$\frac{9}{5} \quad (4)$$

$$\frac{5}{4} \quad (3)$$

$$\frac{4}{5} \quad (2)$$

$$\frac{9}{4} \quad (1)$$



**تست:** در اتم هیدروژن مربع کوتاه ترین طول موج مرئی، تقریباً چند برابر مجموع بلندترین طول موج فرابنفش با کوتاهترین طول موج فرابنفش است؟ ( $R = 0.01nm^{-1}$ )

- ۳۷۸(۱)      ۳۴۰(۲)      ۹/۵ (۳)      ۴۵۰(۴)

ببینید بچه ها، کوتاهترین طول موج مرئی موقعی رخ میدهد که از تراز ۶ به ۲ برگردم (اگه گفتی چرا؟) پس داریم:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{6^2} \right) \quad \lambda = 450 \text{ nm}$$

اما بلندترین طول موج فرابنفش زمانی است که از تراز ۷ به ۲ برویم (چرا؟)

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{7^2} \right) \quad \lambda = 435.5 \text{ nm}$$

اما کوتاهترین طول موج فرابنفش زمانی است که از تراز بینهایت به ۱ برویم

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{\infty} \right) \quad \lambda = 100 \text{ nm}$$

$$\text{جواب نهایی} = \frac{450^2}{435.5 + 100} = 378.1$$

**تست:** در آزمایش فتوالکتریک، طول موج آستانه فلز ۴۰۰۰ نانومتر است، اندازه فوتون فرودی به

سطح فلز، برابر اندازه طول موج دومین خط طیف اتم هیدروژن در رشته براکت باشد، در

اینصورت انرژی جنبشی بیشینه فتوالکترونها بر حسب الکترون ولت به کدام گزینه نزدیکتر

است؟  $h$  پلانک =  $4 \times 10^{-15} \text{ ev.s}$  (هومورک بررسی در منزل)

- ۰/۱۱(۱)      ۰/۰۹ (۲)      ۱(۳)      ۱/۱ (۴)

اول باید طول موج دومین خط طیف اتم هیدروژن در رشته براکت رو حساب کنیم:

$$\frac{1}{\lambda} = 0.01 \left( \frac{1}{4^2} - \frac{1}{(4+2)^2} \right) \rightarrow \lambda \approx 2880 \text{ nm}$$

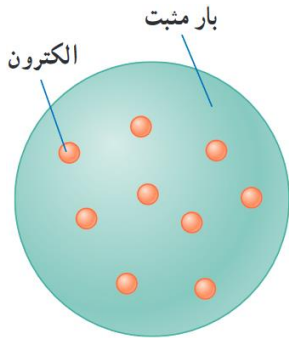
حالا از فرمول فتوالکتریک میریم برای محاسبه انرژی جنبشی بیشینه فتوالکترونها

$$K_m = h \frac{c}{\lambda} - h \frac{c}{\lambda_0} \quad K_m = 4 \times 10^{-15} \left( \frac{3 \times 10^8}{2880 \times 10^{-9}} - \frac{3 \times 10^8}{4000 \times 10^{-9}} \right) \quad K_m = 0.11 \text{ ev}$$



## الگوهای اتمی

### الگوی اتمی تامسون (کیک کشمش)



تامسون موفق به کشف الکترون و اندازه گیری نسبت بار به جرم شد بنا بر مدل تامسون، اتم همچون کره ای است که بار مثبت به طور همگن در سرتاسر آن پخش شده است و الکترون ها که سهم ناچیزی در جرم اتم دارند در جاهای مختلف آن پراکنده شده اند. این مدل را گاهی مدل کیک کشمش هم می گویند، زیرا الکترون ها مانند دانه های کشمش در آن پخش شده اند در مدل اتمی تامسون، وقتی الکترون ها با بسامدهای معینی حول وضع تعادلشان نوسان می کنند این نوسان سبب تابش امواج الکترومغناطیسی از اتم می شود. یکی از ناکامی های مدل تامسون این بود که بسامدهای تابش گسیل شده از اتم، که این مدل پیش بینی می کرد، با نتایج تجربی سازگار نبود

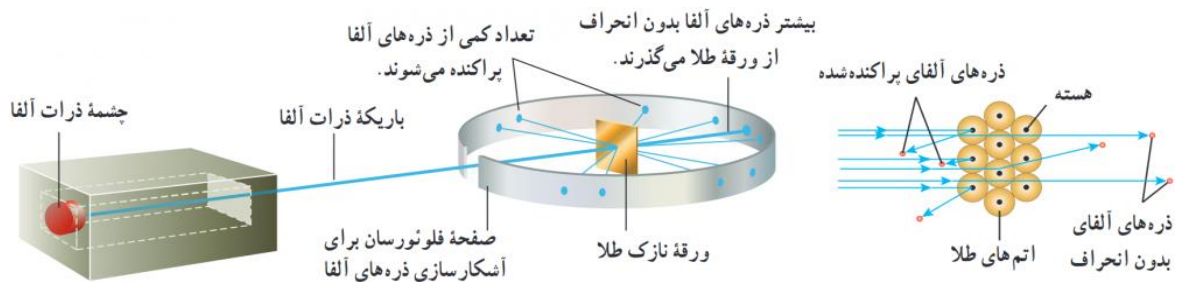


## جمع‌بندی نکات مدل اتمی تامسون و صحت سنجی آنها

- ۱- اتم یک گره باردار مثبت است که الکترونها با بار منفی درون آن پراکنده شده‌اند.  
یعنی تامسون معتقد بود اتم شبیه یک کیک است: خمیر آن بار مثبت و کشمشهایش (الکترونها) بار منفی دارند که این مورد **نادرست** است زیرا آزمایش رادرفورد نشان داد بار مثبت در هسته کوچک و متراکم متمرکز است، نه به صورت یکنواخت در کل اتم.
۲. اتم از نظر بار کلی خنثی است تامسون گفت مجموع بار مثبت و منفی در اتم برابر است.  
که این مورد **درست** است زیرا تعداد پروتونها (بار مثبت) و الکترونها (بار منفی) در اتم برابر است، بنابراین اتم خنثی است.
۳. جرم اتم ناشی از بار مثبت پخش‌شده در آن است و الکترونها جرم ناچیزی دارند. یعنی تامسون فکر میکرد جرم اتم از بار مثبت (خمیر کیک) می‌آید و این **نادرست** است زیرا جرم اصلی اتم نه از بار مثبت پخش‌شده، بلکه از هسته (شامل پروتونها و نوترونها) می‌آید که تامسون از وجود آن بیخبر بود.
۴. الکترونها درون بار مثبت ثابت و ساکن هستند. تامسون حرکت الکترونها را توصیف نکرد و تصور میکرد آنها در جای خود ثابت اند که **نادرست** است و امروزه میدانیم که الکترونها با سرعت بالا به دور هسته میچرخند و رفتار آنها با مکانیک کوانتومی توصیف میشود.
۵. تامسون ادعا کرد مدل او کامل است و این مدل میتواند همه پدیدههای شیمیایی و فیزیکی را توضیح دهد که **نادرست** است زیرا مدل او نمیتوانست پراکندگی ذرات آلفا در آزمایش رادرفورد را توضیح دهد و پدیدههای طیف نشری خطی (مانند نور ساطع شده از اتمها) با این مدل قابل تفسیر نبود.  
در مدل تامسون تنها نکته درست اصل خنثی بودن اتم (نکته ۲) است و بقیه موارد این مدل ناصحیح است.



## الگوی اتمی رادرفورد

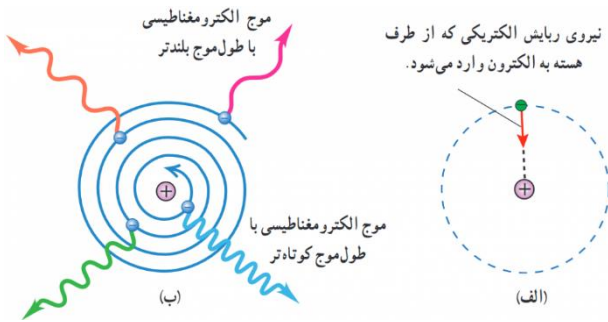


رادرفورد و همکارانش باریکه ای از ذره های دارای بار مثبت را (از جنس هسته اتم هلیم که به آن ذره آلفا گفته می شود) بر سطح ورقه ای نازک از جنس طلا فرو تاباندند و رادرفورد بنابر مدل تامسون انتظار داشت که تمامی ذره های آلفا، با انحراف بسیار اندکی از ورقه طلا بگذرند. در عمل نیز بیشتر این ذره ها بدون انحراف یا با انحراف اندکی از ورقه طلا می گذشتند و در برخورد با صفحه فلئورسان، در پشت آن، جرقه های نوری تولید می کردند. با وجود این، برخی از ذره های آلفا در هنگام خروج از ورقه نازک طلا، در زاویه های بزرگ منحرف و پراکنده می شدند و حتی تعدادی از آنها نیز به عقب برمی گشتند!

رادرفورد پس از انجام این آزمایش و بر اساس مدل تامسون و شناختی که از باریکه ذرات آلفا داشت، گفت: مثل آن بود که گلوله توپی را به ورقه نازکی از کاغذ شلیک کنید و با شگفتی مشاهده کنید که پس از برخورد گلوله توپ با سطح کاغذ، گلوله بازگردد این ذره ها باید با چیز پرجرمی برخورد کرده باشد وی سرانجام نتیجه گرفت باید هسته ای چگال و دارای بار مثبت در مرکز هر اتم باشد که با مدل اتمی تامسون به طور آشکار مغایرت داشت بنا بر مدل رادرفورد، اتم دارای یک هسته بسیار چگال و کوچک با بار مثبت است که با تعدادی الکترون در فاصله هایی به نسبت دور احاطه شده است. در حالت طبیعی، اتم از نظر الکتریکی خنثی است؛ زیرا بار مثبت هسته، درست مساوی مجموع بار منفی الکترون هایی است که هسته را دربر گرفته اند. مدل اتمی رادرفورد که آن را **مدل اتم هسته ای** یا **مدل هسته ای اتم** می نامند در مواردی با موفقیت همراه بود، ولی با چالش های تازه ای نیز مواجه شد اگر



الکترون ها را نسبت به هسته ساکن فرض کنیم، پس باید تحت تأثیر نیروی ربایشی الکتریکی بین هسته و الکترون، روی هسته سقوط کنند و در نتیجه اتم باید ناپایدار باشد؛ چیزی که با واقعیت جور در نمی آید . همچنین اگر الکترون ها، مانند سیاره های منظومه خورشیدی که دور خورشید می چرخند، به دور هسته در گردش باشند، باز هم این حرکت پایدار نمی ماند . زیرا حرکت مداری الکترون به دور هسته، شتابدار است . بنا بر فیزیک کلاسیک، این حرکت شتابدار الکترون سبب تابش امواج الکترومغناطیسی می شود که بسامد آن، با بسامد حرکت مداری الکترون برابر است . با تابش موج الکترومغناطیسی توسط الکترون، از انرژی آن کاسته می شود . این کاهش انرژی باعث می شود که شعاع مدار الکترون به دور هسته به تدریج کوچک تر و بسامد حرکت آن به تدریج بیشتر شود . این افزایش تدریجی بسامد حرکت مداری الکترون ها، سبب می شود تا بسامد موج الکترومغناطیسی گسیل شده نیز به تدریج زیاد شود . به این ترتیب باید طیف امواج الکترومغناطیسی گسیل شده از اتم، پیوسته باشد و الکترون پس از گسیل پی در پی امواج الکترومغناطیسی روی هسته فرو افتد . این نتیجه افزون بر اینکه با واقعیت ناسازگار است با طیف خطی گسیل شده توسط اتم ها نیز جور در نمی آید





## جمع‌بندی نکات مدل رادرفورد و صحت سنجی آنها

۱. اتم یک هسته کوچک، سنگین و با بار مثبت دارد.  
این مورد **صحیح** است زیرا رادرفورد با آزمایش ورقه طلا نشان داد بیشتر جرم و بار مثبت اتم در هسته بسیار کوچک (قطر  $\approx 10^{-15}$  متر) متمرکز است. این کشف انقلابی در مدل اتمی ایجاد کرد.
  ۲. الکترونها در مدارهای دایره‌ای به دور هسته میچرخند.  
این مورد نیمه‌صحیح است زیرا **صحیح**: رادرفورد نشان داد الکترونها در فضای اطراف هسته حرکت میکنند.  
**غلط**: او نمیدانست الکترونها در مدارهای کوانتومی (نه مدارهای کلاسیک) حرکت میکنند. مدل او نمیتوانست توضیح دهد چرا الکترونها به سمت هسته سقوط نمیکنند!
  ۳. بیشتر حجم اتم فضای خالی است.  
این مورد **صحیح** است زیرا در آزمایش رادرفورد، بیشتر ذرات آلفا بدون انحراف از ورقه طلا عبور کردند. این نشان میدهد بیش از ۹۹٪ فضای اتم خالی است.
  ۴. هسته تنها شامل پروتونهاست (نوترونها کشف نشده بودند).  
این مورد **ناقص** است زیرا رادرفورد وجود پروتونها (بار مثبت) را تأیید کرد، اما از وجود نوترونها (ذرات خنثی در هسته) بیخبر بود. نوترونها در سال ۱۹۳۲ توسط چادویک کشف شدند.  
دقت کنید مدل رادرفورد نمیتواند پایداری اتم را توضیح دهد.  
زیرا بر اساس فیزیک کلاسیک، الکترونها در حال چرخش به دور هسته باید انرژی از دست بدهند و به صورت مارپیچی به داخل هسته سقوط کنند! این تناقض با مدل بور (۱۹۱۳) و سپس مکانیک کوانتومی حل شد.
- فرض کن اتم مثل یک منظومه شمسی کوچیکه و هسته (مرکز اتم) مثل خورشید است و الکترونها مثل سیارهها دور آن میچرخند. حالا مشکل کجاست؟



اگر الکترونها واقعاً مثل سیارهها دور هسته بچرخند، طبق قوانین فیزیک، باید انرژی از دست بدهند و با از دست دادن انرژی، الکترونها کمکم به سمت هسته کشیده میشوند و در نهایت به هسته برخورد میکنند یعنی کل اتم باید در کمتر از یک ثانیه نابود میشد! اما در واقعیت اتمها پایدارند و الکترونها هزاران میلیارد سال است که دور هسته میچرخند و سقوط نمیکنند!

راه حل این معما چیه؟

دانشمندان فهمیدند قوانین فیزیک برای چیزهای خیلی ریز (مثل اتم) فرق میکنه! اینجا مکانیک کوانتومی وارد بازی شد.

طبق این علم الکترونها مجاز نیستند هر جایی دور هسته بچرخند، فقط در مسیرهای خاصی (مثل پلههای نردبان) میتوانند حرکت کنند. در این مسیرهای خاص، الکترونها انرژی از دست نمیدهند، پس سقوط نمیکنند!



## الگوی اتمی بور

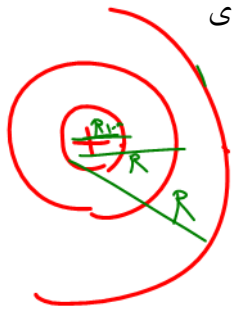
بور مدلی را برای اتم هیدروژن ارائه کرد. این مدل افزون بر آنکه مسئله ناپایداری اتم را در مدل رادرفورد

حل می کرد معادله ریذبرگ برای طیف خطی اتم هیدروژن را نیز جوابگو بود بنا بر مدل اتمی بور:

مدارها و انرژی های الکترون ها در هر اتم کوانتیده اند؛ یعنی فقط مدارها و انرژی های گسسته معینی

مجاز هستند بور پس از محاسبات نسبتاً ساده ای نشان داد که شعاع این مدارها و انرژی الکترون و تندی

الکترون برای اتم هیدروژن از رابطه های زیر به دست می آید



$$\left\{ \begin{array}{l} \text{نکته ۱: در مدل اتمی بور انرژی در لایه } n \text{ ام از رابطه روبرو محاسبه میشود} \\ E_n = \frac{-E_R}{n^2} \\ \text{نکته ۲: در مدل اتمی بور شعاع مدار در لایه } n \text{ ام از رابطه روبرو محاسبه میشود} \\ R_n = n^2 R_1 \\ \text{نکته ۳: در مدل اتمی بور سرعت الکترون در لایه } n \text{ ام از رابطه روبرو محاسبه میشود} \\ V_n = \frac{V_1}{n} \end{array} \right.$$

نکته ۴: تعداد طول موجهای ممکن برای تابش و بازگشت از از تراز  $n$  به تراز پایه رابطه روبرو محاسبه

$$\frac{n(n-1)}{2} \text{ میشود}$$

نکته ۵: تعداد طول موجهای ممکن برای تابش و بازگشت از از تراز  $n$  به تراز  $m$  رابطه روبرو محاسبه

$$\frac{(n-m)(n-m+1)}{2} \text{ میشود}$$

وقتی یک الکترون در یکی از مدارهای مجاز است، هیچ نوع تابش الکترومغناطیسی گسیل نمی شود. از این

رو گفته می شود الکترون در **مدار مانا** یا **حالت مانا** قرار دارد الکترون می تواند 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 می شود در این صورت انرژی فوتون تابش شده برابر اختلاف انرژی بین دو مدار اولیه و مدار

نهایی است، یعنی:

$$E_U - E_L = hf$$



## موفقیت های مدل بور

مدل بور تصویری از چگونگی حرکت الکترون ها به دور هسته ارائه می کند. این مدل در تبیین پایداری اتم، طیف گسیلی و جذبی گاز هیدروژن اتمی و محاسبه انرژی یونش اتم هیدروژن با موفقیت همراه است همچنین مدل بور می تواند انرژی یونش و همچنین طول موج های طیف خطی اتم های هیدروژن گونه مانند لیتیم دو بار یونیده را پیش بینی کند که با تجربه سازگاری خوبی دارد.

## نارسایی های مدل اتمی بور:

مدل بور به رغم موفقیت هایی که اشاره شد، نارسایی هایی نیز دارد که تنها به دو مورد از آنها اشاره می کنیم. این مدل برای وقتی که بیش از یک الکترون به دور هسته می گردد به کار نمی رود، زیرا در مدل بور، نیروی الکتریکی که یک الکترون بر الکترون دیگر وارد می کند به حساب نیامده است. همچنین این مدل نمی تواند متفاوت بودن شدت خط های طیف گسیلی را توضیح دهد. برای مثال مدل بور نمی تواند توضیح دهد که چرا شدت خط قرمز با شدت خط آبی در طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی با یکدیگر متفاوت است.

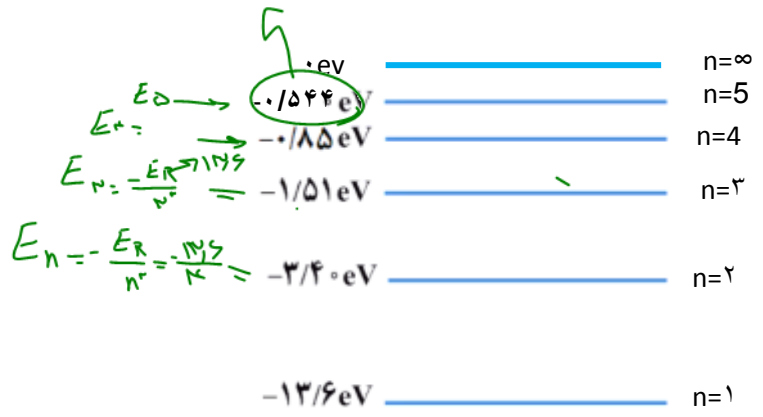
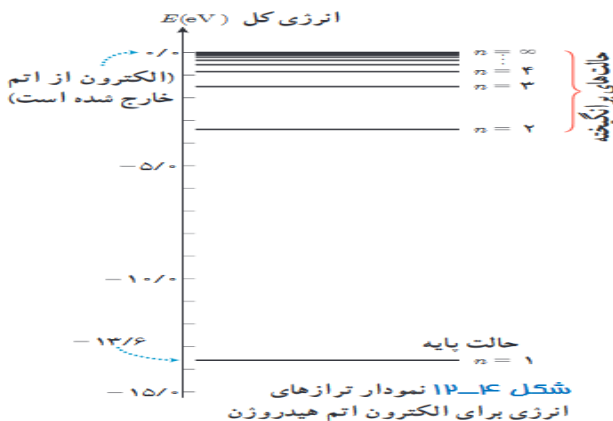
## نمودار ترازهای انرژی الکترون برای اتم هیدروژن:

در این نمودار، که برای اتم هیدروژن رسم شده است بالاترین تراز انرژی به  $n = \infty$  با انرژی صفر و پایتترین تراز  $n = 1$  است که انرژی آن  $13.6$  الکترون ولت است. ما به  $n = 1$  حالت پایه میگوییم. انرژی مربوط به هر

لایه را باید حفظ باشید.

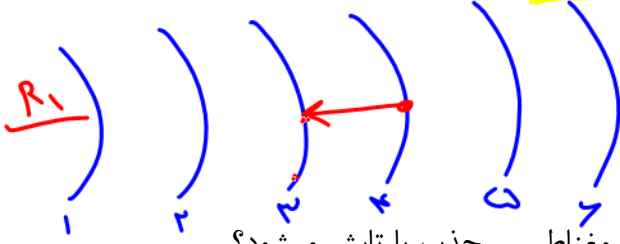
$13.6 \text{ eV}$

$$\frac{13.6}{\infty^2} = \frac{13.6}{\infty}$$





**تمرین مهم:** الکترونی در تراز برانگیخته  $n=4$  اتم هیدروژن قرار دارد و به  $n=3$  بازمی‌گردد،



الف: اتم در حال تابش است یا جذب؟ چرا؟

تابش، زیرا از تراز بالاتر به تراز پایینتر آمده

ب: کدام سری را مشاهده میکنید و کدام طیف از امواج الکترو مغناطیسی جذب یا تابش میشود؟

پاشن  $n=3$  فرورسرخ

پ: انرژی و شعاع مدار آن هر یک چند برابر می‌شود؟

$$\frac{R_3}{R_4} = \frac{n^2 R_1}{n^2 R_1} = \frac{9}{16}$$

$$\frac{E_3}{E_4} = \frac{\frac{E_R}{n^2}}{\frac{E_R}{n^2}} = \frac{16}{9}$$

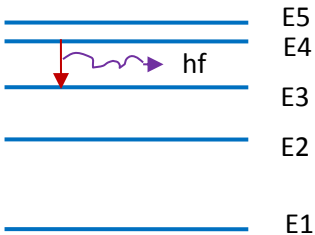
ج: انرژی چه قدر تغییر میکند؟

$$E_3 - E_4 = \frac{-E_R}{n^2} - \frac{-E_R}{n^2} = \frac{-13.6}{3^2} - \frac{-13.6}{4^2} = \frac{hc}{\lambda}$$

د: چه طول موجی تابش یا جذب می‌شود؟

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2} \right)$$

و: نمودار تراز انرژی آنرا رسم کنید؟





**تست:** الکترونی در دومین حالت برانگیخته‌ی اتم هیدروژن قرار دارد به ترتیب از راست به چپ



انرژی الکترون را در این حالت چند الکترون ولت است و اگر الکترون از این تراز به حالت پایه

برود چند الکترون ولت انرژی آزاد می‌شود و طول موج تابش شده چند نانومتر است؟

(۱)  $-1/51$  و  $12/09$  و  $102$       (۲)  $-3/4$  و  $10/2$  و  $121/5$

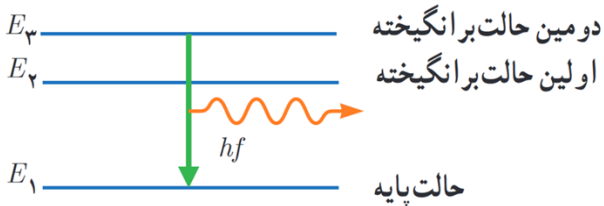
(۳)  $-1/51$  و  $12/1$  و  $129$       (۴)  $-3/4$  و  $12/2$  و  $129$

دومین حالت برانگیخته یعنی در  $n=3$  قرار داشته!!!!!! حالت پایه هم یعنی  $n=1$

$$E_3 = \frac{-E_R}{n^2} = \frac{-13.6}{3^2} = -1.51 \text{ eV}$$

$$\Delta E = |E_3 - E_1| = -1.51 - (-13.6) = 12.09$$

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow 12.09 = \frac{1240}{\lambda} \rightarrow \lambda = 102 \text{ nm}$$



در سوال بالا نمودار تراز انرژی را رسم کنید؟

**تست:** شکل زیر، تعدادی از ترازهای انرژی اتم هیدروژن را نشان می‌دهد. تقریباً کدام گزار بین دو

تراز می‌تواند به گسیل فوتونی با بسامد  $4.75 \times 10^{14}$  هرتز شود؟ ( $h_{\text{پلانی}} = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$ )

(۱)  $n_2$  به  $n_3$       (۲)  $n_1$  به  $n_2$       (۳)  $n_2$  به  $n_4$       (۴)  $n_1$  به  $n_4$



دقت کنید که معمولاً انرژی کنار لایه‌ها را نمیدهند و باید حفظ باشید!

$$\Delta E = hf \quad \Delta E = 4 \times 10^{-15} \times 4.75 \times 10^{14} = 1.9$$

حالا باید ببینیم اختلاف انرژی کدام دو تراز لایه این عدد همیشه!

که میبینیم گزار  $n_2$  به  $n_3$  انرژی این عدد! یعنی گزینه ۱

$$|\Delta E_{2 \text{ به } 3}| = |-3.4 - (-1.5)| = 1.9$$



**تست:** الکترونی در تراز  $n=4$  قرار دارد، با در نظر گرفتن تمام حالات ممکن، به چند طریق میتواند تابش کند؟

حالت ۶ (۱)      حالت ۴ (۲)      حالت ۱۰ (۳)      حالت ۸ (۴)

$$\frac{n(n-1)}{2} = 6$$

**تست:** در یک اتم هیدروژن بلندترین طول موج رشته براکت تابش می‌شود، در این صورت به ترتیب از راست به چپ، شعاع مدار و انرژی و سرعت هریک چند برابر می‌شود؟

$$\frac{4}{5}, \frac{16}{25}, \frac{25}{16}$$

$$\frac{5}{4}, \frac{16}{25}, \frac{25}{16}$$

$$\frac{4}{5}, \frac{25}{16}, \frac{16}{25}$$

$$\frac{5}{4}, \frac{25}{16}, \frac{16}{25}$$

$$E_n = \frac{-E_R}{n^2} \quad R_n = n^2 R_1 \quad V_n = \frac{V_1}{n}$$

**تست:** چند مورد از موارد زیر صحیح است؟ (هومورک)

۱ مورد    ۲ مورد    ۴ مورد    ۵ مورد

الف: تامسون موفق به کشف الکترون و اندازه گیری نسبت بار به جرم شد

یکی از نارسایی های مدل رادفورد را نمایش می‌دهد



ب: این شکل

ج: مدل بور برای وقتی که بیش از یک الکترون به دور هسته می‌گردد به کار نمی‌رود

د: مدل بور نمی‌تواند متفاوت بودن شدت خط های طیف گسیلی را توضیح دهد

و: مطابق مدل اتمی بور، 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

گزینه ۴



## آشنایی با لیزر

لیزر دستگاهی است که با تقویت موج نوری، نور ساطع می‌کند و این کار از طریق فرایند گسیل القایی تشعشعات الکترومغناطیسی انجام می‌شود. لیزر، نور را به صورت پرتوهای موازی بسیار باریکی که طول موج مشخصی دارند ساطع می‌کند کار لیزر به این گونه است که با تابش یک فوتون به یک ذره اتم یا مولکول یا یون برانگیخته، یک فوتون دیگر نیز آزاد می‌شود که این دو فوتون با هم، هم‌فرکانس هستند. با ادامه این روند شمار فوتون‌ها افزایش می‌یابد که می‌توانند باریکه‌ای از فوتون‌ها را به وجود بیاورند. ایده اصلی لیزر استفاده از انرژی فوتون آزاد شده در هنگام برگشت الکترون از ترازهای بالاتر به ترازهای پایین‌تر است.

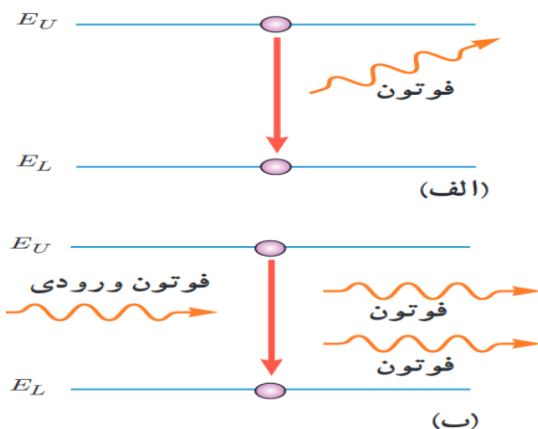
**نکته ۱:** هرگاه یک فوتون توسط یک اتم جذب شود، این الکترون به ترازهای بالاتر می‌رود و می‌گوییم اتم برانگیخته شده است.

$$\text{اتم}^* = \text{فوتون} + \text{اتم}$$

**نکته ۲:** چنانچه اتمی در حالت برانگیخته باشد، با از دست دادن فوتون به حالت پایه می‌رود که به این عمل گسیل خودبه خودی می‌گوییم. (شکل الف)

$$\text{فوتون} + \text{اتم} = \text{اتم}^*$$

**نکته ۳:** چنانچه بر یک اتم برانگیخته، یک فوتون که انرژی آن برابر اختلاف انرژی دو تراز است بتابانیم، در این صورت علاوه بر فوتون اولی، فوتون دیگری با همان بسامد گسیل می‌شود که این حالت را گسیل القایی (تحریک شده) می‌نامیم. (شکل ب)

$$\text{فوتون} + \text{اتم} = \text{فوتون} + \text{اتم}^*$$


**نکته ۴:** اساس کار لیزر گسیل القایی است



نکته ۵: راندمان و توان در لیزر

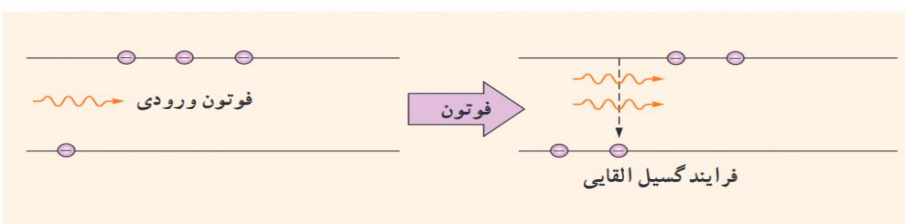
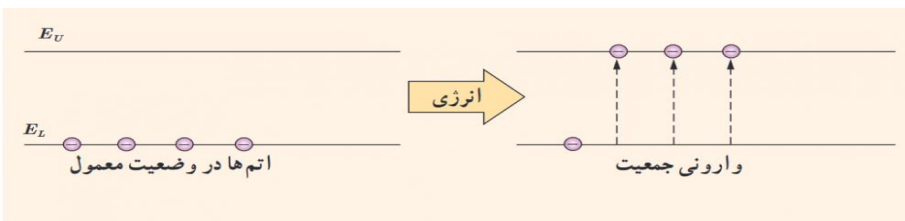
$$R_a = \frac{P_{\text{مفید خروجی}}}{P_{\text{ورودی}}}$$

$$P_{\text{مفید خروجی}} = \frac{E}{t} \quad R_a \times P_{\text{ورودی (کل)}} = \frac{E}{t}$$

نکته ۶ :

همانطور که گفتیم اساس کار لیزر ها گسیل القایی است و گسیل القایی سه ویژگی عمده دارد اول اینکه یک فوتون وارد و دو فوتون خارج می شود به این ترتیب این فرایند تعداد فوتون ها را افزایش می دهد و نور را تقویت می کند. دوم اینکه فوتون گسیل شده، در همان جهت فوتون ورودی حرکت می کند. سوم اینکه فوتون گسیل شده با فوتون ورودی همگام یا دارای همان فاز است. به این ترتیب فوتون هایی که باریکه لیزری را ایجاد می کنند هم بسامد، هم جهت و هم فاز هستند در گسیل القایی یک چشمه انرژی خارجی مناسب باید وجود داشته باشد تا الکترون ها را به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته کند. این انرژی می تواند به روش های متعددی از جمله درخش های شدید نور معمولی و یا تخلیه های ولتاژ بالا فراهم شود. اگر انرژی کافی به اتم ها داده شود الکترون های بیشتری به تراز انرژی بالاتر برانگیخته خواهند شد، شرطی که به وارونی جمعیت معروف است. وارونی جمعیت الکترون ها در یک محیط لیزری، مربوط به وضعیتی است که تعداد الکترون ها در ترازهایی موسوم به ترازهای شبه پایدار 1 نسبت به تراز پایین تر بسیار بیشتر باشند. در این ترازها الکترون ها مدت زمان بسیار طولانی تری نسبت به حالت برانگیخته معمولی باقی میمانند این زمان طولانی تر، فرصت بیشتری برای افزایش وارونی جمعیت

و در نتیجه تقویت نور لیزر را فراهم میکند





**تست:** توان ورودی یک لیزر ۲/۵ مگاوات و بازده آن ۸۰ درصد است. اگر تعداد فوتونهای تابشی

آن در هر دقیقه  $4 \times 10^{26}$  باشد. طول موج تابشی آن چند نانومتر است؟  $h$  پلانک =  $6.6 \times 10^{-34} \text{ js}$

۰/۶۶(۴)

۶/۶(۳)

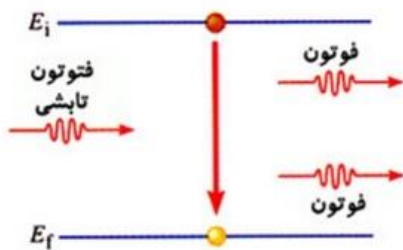
۶۶(۲)

۶۶۰(۱)

$$R_a \times P_{\text{ورودی (کل)}} = \frac{E}{t}$$

$$\frac{80}{100} \times 2.5 \times 10^6 = \frac{4 \times 10^{26} \times 6.6 \times 10^{-34} \times \frac{3 \times 10^8}{\lambda}}{60} \rightarrow \lambda = 660 \text{ nm}$$

**تست:** شکل زیر نشان دهنده ..... است که اساس ساخت ..... می باشد



(۱) گسیل خودبه خودی - لیزرها

(۲) گسیل القایی - لیزرها

(۳) گسیل خودبه خودی - طیف سنج ها

(۴) گسیل القایی - طیف سنج ها

**تمرین در منزل:** توان باریکه نور خروجی از یک لیزر ۵/۰ میلی وات و توان ورودی آن ۵۰ وات

است، اگر طول موج باریکه نور خروجی ۶۴۰ نانومتر باشد ( $6.4 \times 10^{-34}$  ثابت پلانک)

الف) راندمان لیزر؟

ب) پس از ۱/۶ ثانیه چند فوتون از آن خارج میشود؟

جواب الف: ۰/۰۰۱ درصد

جواب ب:  $10^{15}$

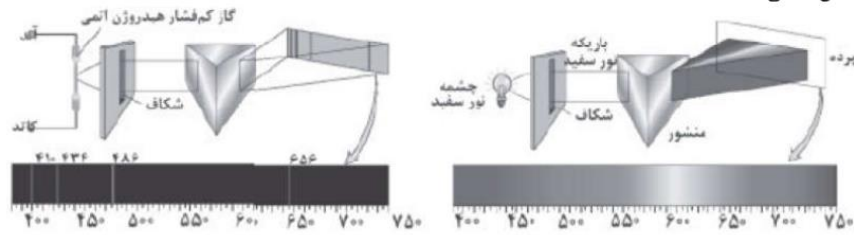


## Homework 2

- ۱ چه تعداد از گزاره‌های زیر درست هستند؟  
 الف) در دماهای معمولی (در حدود دمای اتاق)، بیش‌تر تابش گسیلی از سطح اجسام، در ناحیه‌ی مرئی طیف امواج الکترومغناطیسی قرار دارد.  
 ب) طول موج‌های مرئی طیف گسیلی خطی از گازهای رقیق، به نوع گاز بستگی ندارند.  
 پ) بلندترین طول موج رشته‌ی پاشن ( $n' = 3$ ) در هیدروژن اتمی برابر با  $720$  نانومتر است. ( $R = 0.1097 \text{ nm}^{-1}$ )
- ۱ صفر      ۲ ۱      ۳ ۲      ۴ ۳

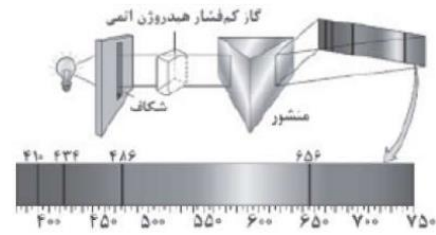
- ۲ چند مورد از عبارتهای زیر نادرست هستند؟  
 الف) همه اجسام فقط در دماهای بالای صفر درجه سلسیوس، از خود امواج الکترومغناطیس گسیل می‌کنند.  
 ب) امواج گسیل شده از اجسام جامد طیف پیوسته هستند.  
 پ) تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از برهم‌کنش قوی بین مولکول‌های سازنده‌ی آن‌ها است.  
 ت) علت طیف گسسته امواج الکترومغناطیس تابش شده از گازهای کم‌فشار و رقیق، وجود اتم‌های منفرد است که از برهم‌کنش‌های قوی موجود در جسم جامد، آزادند.  
 ث) طول موج نور قرمز  $380$  نانومتر است.
- ۱ ۱      ۲ ۲      ۳ ۳      ۴ ۴

- ۳ سه روش طیف‌نمایی در شکل‌های الف، ب و ج مشخص شده است. کدامیک از روش‌های طیف‌نمایی در این سه شکل نشان داده نشده است؟



(ب)

(الف)



(ج)

- ۱ گسیلی پیوسته      ۲ گسیلی خطی      ۳ جذب پیوسته      ۴ جذب خطی



۴ چه تعداد از عبارتهای زیر نادرست است؟  
 الف) طیف ناشی یک جسم جامد داغ، گسیلی پیوسته می‌باشد.  
 ب) طیف تابشی گازهای کم‌فشار و رقیق، طیفی خطی می‌باشد.  
 ج) اتم‌های هر گاز دقیقاً طول‌موج‌هایی از نور سفید را جذب می‌کنند که در صورت گرم شدن، به اندازه‌ی کافی آن طول‌موج‌ها را تابش می‌کنند.  
 د) تنها برخی از رشته‌های گسیلی طیف بالمر در اتم هیدروژن، در ناحیه‌ی فرورسرخ قرار دارد.

- ۱) یک      ۲) دو      ۳) سه      ۴) چهار

۵ چه تعداد از جمله‌های زیر درست است؟  
 الف) خط‌های تاریک در طیف خورشید معروف عناصر سازنده‌ی خورشید است.  
 ب) مدل اتمی رادرفورد، پایداری اتم هیدروژن و طیف خطی آن را نمی‌تواند توجیه کند.  
 ج) براساس مدل اتمی بور، در حرکت الکترون در یک مدار، موج الکترومغناطیسی تابش می‌شود که بسامد آن برابر بسامد حرکت مداری الکترون است.  
 د) متفاوت بودن شدت نور خط‌های طیف اتم هیدروژن با مدل اتمی بور، توجیه می‌شود.

- ۱) ۱      ۲) ۲      ۳) ۳      ۴) ۴

۶ چه تعداد از جملات زیر درست است؟  
 آ) اتم‌های هر گاز دقیقاً طول‌موج‌هایی را از نور سفید جذب می‌کنند که در صورت برانگیختگی تابش می‌کنند.  
 ب) طیف گسیلی و جذبی دو نوع گاز می‌توانند همانند یکدیگر باشند.  
 پ) مدل بور برای وقتی که بیش از یک الکترون به دور هسته می‌گردد به کار نمی‌رود.  
 ت) بیش‌تر تابش گسیل شده از سطح اجسام در دماهای معمولی در ناحیه‌ی فرورسرخ قرار دارد.

- ۱) ۱      ۲) ۲      ۳) ۳      ۴) ۴

۷ دانشمندان برای شناسایی عناصر، از طیف آن‌ها در حالت گازی ..... و تحت ولتاژ ..... استفاده می‌کنند.

- ۱) رقیق - بالا      ۲) رقیق - پایین      ۳) غلیظ - بالا      ۴) غلیظ - پایین

۸ طول‌موج‌های اولین و دومین خط‌های طیف اتمی هیدروژن در رشته‌ی پاشن ( $n^1 = 3$ ) از راست به چپ، چند نانومتر است؟

- ۱) ۱۶۴۰ و ۱۲۸۱      ۲) ۱۵۸۰ و ۱۸۲۶      ۳) ۱۸۷۰ و ۱۲۷۸      ۴) ۱۱۲۰ و ۱۷۵۷

۹ در اتم هیدروژن، الکترون در تراز  $n = 3$  قرار دارد. از این حالت برانگیخته به حالت پایه جهش کند، طول موج فوتون گسیل شده تقریباً چند میکرون (میکرومتر) است؟ ( $E_R = 13/6 eV$  و  $hc = 1240 eV \cdot nm$ )

- ۱) ۰/۱۰۲      ۲) ۰/۲۰۴      ۳) ۰/۳۰۶      ۴) ۰/۴۰۸

۱۰ در اتم هیدروژن و در سری بالمر ( $n^1 = 2$ ) قرار دارد. نسبت بلندترین به کوتاه‌ترین طول موج فوتونی که می‌تواند تابش شود، کدام است؟

- ۱) ۳      ۲) ۴/۵      ۳) ۱/۸      ۴) ۱/۲

۱۱ برای محاسبه‌ی طول موج‌های تابشی از اتم هیدروژن به وسیله‌ی معادله ریذبرگ، برای به دست آوردن کوتاه‌ترین طول

موج در ناحیه‌ی مرئی از رابطه‌ی  $\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{b^2} - \frac{1}{a^2} \right)$  و برای به دست آوردن بلندترین طول موج در ناحیه‌ی

فرابنفش از رابطه‌ی  $\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{d^2} - \frac{1}{c^2} \right)$  استفاده می‌کنیم. مقدار  $a + b - c + d$  برابر کدام گزینه است؟

- ۱) ۳      ۲) ۸      ۳) ۹      ۴) ۱۷



۱۲ در گسیل‌های اتم هیدروژن، کوتاه‌ترین طول موج رشته پاشن، چند برابر بلندترین طول موج رشته بالمر است؟

- ۱)  $\frac{9}{4}$       ۲)  $\frac{36}{7}$       ۳)  $\frac{7}{36}$       ۴)  $\frac{5}{4}$

۱۳ حداکثر بسامد موج تابش شده در رشته پاشن اتم هیدروژن ( $n' = 3$ ) برحسب Hz برابر است با:

$$\left( R_H = 0.01 \frac{1}{\text{nm}} \right)$$

$$V = C = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$$

- ۱)  $12 \times 10^{15}$       ۲)  $5 \times 10^{14}$       ۳)  $3 \times 10^{15}$       ۴)  $\frac{1}{3} \times 10^{15}$

۱۴ در اتم هیدروژن، کوتاه‌ترین طول موج تابشی در ناحیه‌ی فرورسرخ تقریباً چند نانومتر بزرگ‌تر از کوتاه‌ترین طول موج

$$\text{تابشی ممکن از اتم هیدروژن است؟ } (R = 0.01 (\text{nm})^{-1})$$

- ۱) ۹۰۰      ۲) ۸۰۰      ۳) ۴۰۰      ۴) ۱۰۰

۱۵ در طیف اتم هیدروژن، کوتاه‌ترین طول موج رشته‌ی بالمر ( $n' = 2$ ) چند برابر طول موج سومین خط در رشته‌ی لیمان ( $n' = 1$ ) است؟

- ۱)  $\frac{4}{15}$       ۲)  $\frac{3}{5}$       ۳)  $\frac{15}{4}$       ۴)  $\frac{5}{3}$

۱۶ انرژی الکترون در مدار n در اتم هیدروژن برابر  $0.34 \text{ eV} / n^2$  است. در صورت گذار الکترون به ترازهای پایین‌تر، نسبت حداکثر تعداد فوتون‌های گسیلی در رشته براکت ( $n' = 4$ ) به حداکثر تعداد فوتون‌های گسیلی در رشته بالمر ( $n' = 2$ )، توسط این الکترون، کدام است؟ ( $E_R = 13/6 \text{ eV}$ )

- ۱)  $\frac{19}{20}$       ۲)  $\frac{18}{19}$       ۳)  $\frac{8}{9}$       ۴)  $\frac{1}{2}$

۱۷ الکترون اتم هیدروژن با جذب یک فوتون از تراز پایه به تراز n<sup>ام</sup> و سپس با جذب فوتون دیگری که انرژی آن  $\frac{1}{27}$

انرژی فوتون اول می‌باشد، به تراز ششم منتقل می‌گردد. n کدام است؟

- ۱) ۵      ۲) ۲      ۳) ۳      ۴) ۴

۱۸ می‌دانیم چهار خط اول رشته بالمر ( $n' = 2$ ) مرئی هستند. کوتاه‌ترین طول موج مرئی یک اتم هیدروژن گونه چند نانومتر است؟ ( $R = 0.01 \text{ nm}^{-1}$ )

- ۱) ۴۰۰      ۲) ۴۵۰      ۳) ۷۲۰      ۴) ۱۶۰۰

۱۹ کوتاه‌ترین طول موج سری بالمر اتم هیدروژن چند برابر خط سوم سری پاشن این اتم است؟

- ۱)  $\frac{1}{3}$       ۲) ۳      ۳)  $\frac{7}{36}$       ۴)  $\frac{36}{7}$



۲۰ کوتاه‌ترین طول موج تابشی در اتم هیدروژن برانگیخته و بلندترین طول موج مرئی در اتم هیدروژن برانگیخته به ترتیب از راست به چپ برحسب نانومتر کدام اند؟  $(R \approx 0.01 \text{ nm}^{-1})$

- ۱) ۶۰۰، ۱۰۰      ۲) ۷۲۰، ۱۰۰      ۳) ۶۰۰، ۹۰      ۴) ۷۲۰، ۹۰

۲۱ گستره‌ی طول موجی رشته‌ی بالمر در طیف اتم هیدروژن، چند نانومتر است؟  $(R = 0.01 \text{ nm}^{-1})$

- ۱) ۴۰۰      ۲) ۳۲۰      ۳) ۶۹۴      ۴) ۳۳

۲۲ الکترون در اتم هیدروژن در حالت پایه قرار دارد. اگر تراز آن دو برابر شود، به ترتیب از راست به چپ، شعاع و انرژی الکترون نسبت به حالت پایه چگونه تغییر می‌کند؟ ( $a$  شعاع مدار اول است.)

- ۱)  $3a$ ، زیاد،  $\frac{3}{4}$  ریدبرگ کم      ۲)  $3a$ ، کم،  $\frac{3}{4}$  ریدبرگ کم  
 ۳)  $3a$ ، زیاد،  $\frac{3}{4}$  ریدبرگ زیاد      ۴)  $3a$ ، کم،  $\frac{3}{4}$  ریدبرگ زیاد

۲۳ با توجه به جدول زیر اگر در اتم هیدروژن کوتاه‌ترین طول موج ناحیه‌ی فروسرخ  $\lambda_1$  و کوتاه‌ترین طول موج ناحیه‌ی فرابنفش  $\lambda_2$  باشد، حاصل  $(\lambda_1 - \lambda_2)$  چند نانومتر است؟  $(R = 0.01 \text{ nm}^{-1})$

$n' = 1$	لیمان
$n' = 2$	بالمر
$n' = 3$	پاشن
$n' = 4$	براکت
$n' = 5$	پفوند

- ۱) ۵۰۰      ۲) ۸۰۰      ۳) ۲۱۰۰      ۴) ۲۴۰۰

۲۴ در یک اتم هیدروژن، اختلاف بلندترین طول موج مرئی در رشته‌ی بالمر ( $n' = 2$ ) و کوتاه‌ترین طول موج فرابنفش در رشته‌ی لیمان ( $n' = 1$ ) چند نانومتر است؟  $(R = 0.01 \text{ nm}^{-1})$

- ۱) ۷۲۰      ۲) ۶۲۰      ۳) ۱۰۰      ۴) ۸۲۰

۲۵ اگر نسبت کوتاه‌ترین طول موج رشته‌ی لیمان ( $n' = 1$ ) به کوتاه‌ترین طول موج رشته‌ی پفوند ( $n' = 5$ ) برابر با  $p$  هم‌چنین نسبت کوتاه‌ترین طول موج رشته‌ی بالمر ( $n' = 2$ ) به کوتاه‌ترین طول موج رشته‌ی براکت ( $n' = 4$ ) برابر با  $q$  باشد، در این صورت حاصل  $\frac{p}{q}$  کدام است؟

- ۱)  $\frac{25}{16}$       ۲)  $\frac{25}{4}$       ۳)  $\frac{1}{100}$       ۴)  $\frac{4}{25}$

۲۶ در اتم هیدروژن، کوتاه‌ترین طول موجی که الکترون تابش می‌کند تا به مدار  $n'$  برسد، ۱۶۰۰ نانومتر است. این نور در کدام ناحیه از طیف موج‌های الکترومغناطیسی قرار دارد و  $n'$  چقدر است؟  $(R = 0.01 \text{ nm}^{-1})$

- ۱) فرابنفش - ۴      ۲) فرابنفش - ۲      ۳) فروسرخ - ۴      ۴) فروسرخ - ۲



۲۷ در اتم هیدروژن، کوتاه‌ترین طول موج گسبلی در ناحیه‌ی فرورسرخ چند نانومتر است؟  $(R = 0.01 \text{ nm}^{-1})$

- ۲۵۰۰ (۱)       $\frac{90000}{11}$  (۲)       $\frac{14400}{7}$  (۳)      ۹۰۰ (۴)

۲۸ بسامد اولین خط از طیف اتمی هیدروژن در رشته‌ی لیمان ( $n' = 1$ ) چند برابر بسامد اولین خط از طیف اتمی هیدروژن در رشته‌ی بالمر ( $n' = 2$ ) است؟

- ۵/۴ (۱)      ۴/۵ (۲)      ۳/۸ (۳)      ۲/۴ (۴)

۲۹ در طیف اتمی هیدروژن، کوتاه‌ترین طول موج رشته‌ی براکت، چند برابر بلندترین طول موج فرابنفش است؟

پفوند	براکت	پاشن	بالمر	لیمان	نام رشته
۵	۴	۳	۲	۱	$n'$

- ۱۲ (۱)       $\frac{45}{49}$  (۲)      ۱۶ (۳)       $\frac{180}{49}$  (۴)

۳۰ بلندترین طول موج نور مرئی گسبلی از اتم هیدروژن چند برابر کوتاه‌ترین طول موج مرئی گسبلی از آن می‌باشد؟  $(R = 0.01 \text{ nm}^{-1})$

- $\frac{9}{4}$  (۱)       $\frac{9}{5}$  (۲)       $\frac{8}{5}$  (۳)       $\frac{8}{3}$  (۴)

۳۱ در اتم هیدروژن بلندترین طول موج غیرمرئی رشته‌ی بالمر ( $n' = 2$ ) چند برابر کوتاه‌ترین طول موج غیرمرئی این رشته است؟

- $\frac{49}{45}$  (۱)       $\frac{7}{5}$  (۲)       $\frac{45}{41}$  (۳)       $\frac{49}{41}$  (۴)

۳۲ در طیف اتم هیدروژن کوتاه‌ترین طول موج در گستره فرورسرخ چند برابر کوتاه‌ترین طول موج در گستره فرابنفش است؟ (مقدار  $n'$  برای لیمان، بالمر، پاشن، براکت و پفوند به ترتیب از ۱ تا ۵ است.)

- $\frac{25}{4}$  (۱)       $\frac{9}{4}$  (۲)      ۲۵ (۳)      ۹ (۴)

۳۳ یک اتم هیدروژن در حالت پایه قرار دارد. بیش‌ترین طول موج نوری که بتواند این اتم هیدروژن را یونیزه کند، تقریباً چند نانومتر است؟  $[R \approx 0.01 \text{ nm}^{-1}]$

- ۶۰۰ (۱)      ۵۰۰ (۲)      ۲۰۰ (۳)      ۱۰۰ (۴)

۳۴ الکترون اتم هیدروژن در گذر از تراز  $n_1$  به  $n_2$  فوتونی با انرژی تقریبی  $12/1 \text{ eV}$  تابش می‌کند.  $n_1$  و  $n_2$  به ترتیب از راست به چپ کدامند؟  $(E_R = 13/6 \text{ eV})$

- $n_2 = 2$  و  $n_1 = 5$  (۱)       $n_2 = 2$  و  $n_1 = 3$  (۲)       $n_2 = 1$  و  $n_1 = 3$  (۳)       $n_2 = 1$  و  $n_1 = 4$  (۴)



۳۵ نظریه مدل هسته‌ای توسط ..... بعد از نظریه مدل ..... ارائه شده است.

- ۱ رادرفورد - کیک کشمشی  
 ۲ بور - کیک کشمشی  
 ۳ بور - سیاره‌ای  
 ۴ رادرفورد - سیاره‌ای

۳۶ با توجه به مدل اتمی رادرفورد، کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح نیست؟

- ۱ در مدل رادرفورد با تابش موج الکترومغناطیس توسط الکترون، شعاع چرخش آن کوچک‌تر می‌شود.  
 ۲ بنابر مدل رادرفورد، اتم دارای یک هسته بسیار چگال و کوچک با بار مثبت است.  
 ۳ در مدل رادرفورد با تابش موج الکترومغناطیسی توسط الکترون، بسامد حرکت آن بیش‌تر می‌شود.  
 ۴ مدل اتمی رادرفورد توانایی توجیه طیف خطی گسیلی توسط اتم‌ها را دارد، ولی توانایی توجیه طیف پیوسته گسیلی از آن‌ها را ندارد.

۳۷ کدام یک از موارد زیر توسط الگوی رادرفورد در مورد اتم هیدروژن قابل توجیه است؟

- ۱ گردش الکترون به دور هسته در مدارهایی با شعاع معین  
 ۲ طیف گسسته اتمی  
 ۳ پایداری حرکت الکترون به دور هسته  
 ۴ افزایش بسامد موج الکترومغناطیسی تابش شده با نزدیک شدن الکترون به هسته

۳۸ در مدار اتمی رادرفورد کدام یک نادرست است؟

- ۱ طبق نظریه فیزیک کلاسیک، کاهش انرژی در اثر تابش موج الکترومغناطیسی باعث کاهش تدریجی شعاع و کاهش تدریجی بسامد نور تابش شده می‌شود.  
 ۲ الگوی رادرفورد، طیف خطی گسیل شده از اتم‌ها را توجیه نمی‌کند.  
 ۳ بر طبق الگوی رادرفورد، هسته از بار مثبت تشکیل شده است و بسیار چگال است.  
 ۴ الگوی رادرفورد، پایداری الکترون‌ها در مدار و در نتیجه پایداری اتم‌ها را توجیه نمی‌کند.

۳۹ چه تعداد از عبارتهای زیر در مورد مدل‌های اتمی نادرست است؟

- الف) طبق مدل تامسون، اتم کره‌ای است که بار منفی به طور همگن در سرتاسر آن گسترده شده است.  
 ب) در مدل هسته‌ای اتم پایداری حرکت الکترون‌ها در چرخش به دور هسته توجیه می‌شود.  
 ج) رادرفورد با تاباندن پرتوهای  $\alpha$  به ورقه‌ی طلا و مشاهده‌ی نتایج توانست مدل اتم هسته‌ای را مطرح کند.  
 د) مدل بور نمی‌تواند طول موج‌های طیف خطی لیتیم دو بار یونیده را تعیین کند.

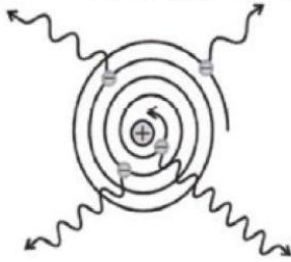
- ۱ ۱) ۲) ۳) ۴)

۴۰ در کدام گزینه ترتیب درستی از تکامل مدل‌های اتمی به ترتیب از راست به چپ ارائه شده است؟

- ۱ کیک کشمشی - سیاره‌ای - ابر الکترونی  
 ۲ هسته‌ای - توپ بیلیارد - کیک کشمشی  
 ۳ هسته‌ای - کیک کشمشی - سیاره‌ای  
 ۴ ابر الکترونی - سیاره‌ای - توپ بیلیارد



۴۱ شکل زیر براساس مدل اتم هسته‌ای رسم شده است. کدامیک از موارد زیر از این مدل نتیجه‌گیری نمی‌شود؟



- ۱ انرژی الکترون با نزدیک شدن به هسته کاهش می‌یابد.
- ۲ الکترون پس از چرخش‌های متوالی روی هسته سقوط می‌کند.
- ۳ با نزدیک شدن الکترون به هسته، بسامد موج گسیلی از آن افزایش می‌یابد.
- ۴ طیف اتمی، خطی یا گسسته است.

۴۲ کدامیک از موارد زیر، در مورد الگوی اتمی رادفورد صحیح نیست؟

- ۱ ویژگی اصلی این مدل، جدا کردن بارهای مثبت و منفی از یکدیگر است.
- ۲ این مدل، کامل‌ترین مدل در توجیه طیف هیدروژن است.
- ۳ این مدل، نمی‌تواند پایداری حرکت الکترون‌ها در چرخش به دور اتم و در نتیجه پایداری اتم را توجیه کند.
- ۴ این مدل، نمی‌تواند گسسته بودن طیف اتمی را در حالت گازی توجیه کند.

۴۳ شکل مقابل، تعدادی از ترازهای انرژی اتم هیدروژن را نشان می‌دهد. اگر الکترون از تراز با انرژی  $-1/51\text{eV}$  به اولین تراز برانگیخته جهش کند، طول موج فوتون گسیلی تقریباً چند نانومتر است؟

$(hc = 1240\text{eV}\cdot\text{nm})$

- $-0.185\text{eV}$  \_\_\_\_\_
- $-1/51\text{eV}$  \_\_\_\_\_
- $-3/4\text{eV}$  \_\_\_\_\_
- $-13/6\text{eV}$  \_\_\_\_\_

- ۱) ۲۶۵      ۲) ۶۵۶      ۳) ۴۲۵      ۴) ۱۰۳

۴۴ الکترون اتم هیدروژن در تراز  $n = 6$  است. اگر فقط گذارهای با تغییر تراز  $\Delta n = 2$  ممکن باشد، به ترتیب از راست به چپ، چند فوتون با انرژی متفاوت می‌تواند گسیل شود و چه تعداد از آنها در محدوده‌ی فرابنفش قرار می‌گیرد؟

- ۱) ۱، ۴      ۲) ۲، ۴      ۳) ۲، ۶      ۴) ۵، ۱۵

۴۵ الکترونی در اتم هیدروژن با دریافت فوتونی از تراز  $n = 2$  به تراز  $n = 3$  می‌رود به ترتیب از راست به چپ، انرژی فوتون دریافت شده چند ریذبرگ بوده و در این جابه‌جایی شعاع تراز الکترون چند برابر شده است؟

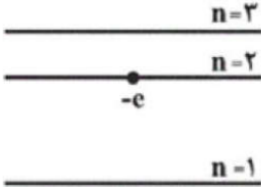
- ۱)  $\frac{3}{2}, \frac{1}{6}$       ۲)  $\frac{9}{4}, \frac{1}{6}$       ۳)  $\frac{3}{2}, \frac{5}{36}$       ۴)  $\frac{9}{4}, \frac{5}{36}$



۴۶ در اتم هیدروژن، الکترونی از مدار  $n = 2$  به  $n = 5$  تغییر تراز می‌دهد. شعاع مدار و انرژی این الکترون به ترتیب از راست به چپ چند برابر می‌شود؟

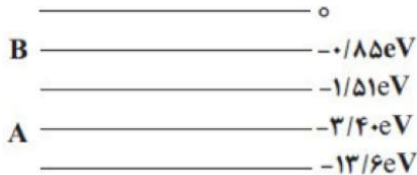
$\frac{2}{5} - \frac{5}{2}$  (۴)     
  $\frac{4}{25} - \frac{5}{2}$  (۳)     
  $\frac{4}{25} - \frac{25}{4}$  (۲)     
  $\frac{2}{5} - \frac{25}{4}$  (۱)

۴۷ نمودار ترازهای انرژی در یک اتم تک الکترونی مطابق شکل زیر است. اگر الکترون در ابتدا در تراز  $n = 2$  قرار داشته باشد، انرژی فوتون ورودی که بتواند این الکترون را وادار به گسیل القایی کند، کدام است؟ ( $E_n$ ، انرژی الکترون در تراز  $n$  است.)



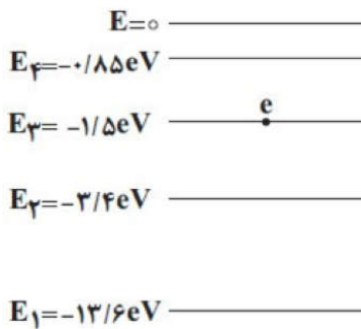
$E_2 - E_1$  (۴)     
  $E_3$  (۳)     
  $E_3 - E_1$  (۲)     
  $E_1$  (۱)

۴۸ شکل مقابل تعدادی از ترازهای انرژی اتم هیدروژن را نشان می‌دهد. وقتی الکترون از تراز انرژی A به تراز انرژی B برود بسامد فوتون ..... توسط الکترون برابر با ..... تراهرتز است. ( $h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$ )



۱ گسیل شده، ۶۳۷۵ (۱)     
 ۲ گسیل شده، ۱۰۶۲۵ (۲)     
 ۳ جذب شده، ۶۳۷/۵ (۳)     
 ۴ جذب شده، ۱۰۶۲/۵ (۴)

۴۹ در شکل زیر ترازهای انرژی در یک اتم هیدروژن رسم شده است. اگر فوتونی با انرژی  $1/9 \text{ eV}$  به این اتم بتابد، الکترون چه رفتاری ممکن است نشان دهد؟



- ۱ با جذب فوتون به مدار  $n = 2$  می‌رود. (۱)  
 ۲ با جذب فوتون به مدار  $n = 4$  می‌رود. (۲)  
 ۳ با گسیل القایی به مدار  $n = 2$  می‌رود. (۳)  
 ۴ این فوتون نمی‌تواند با اتم برهم‌کنشی داشته باشد. (۴)



۵۰ در اتم هیدروژن الکترون با گذار از تراز  $n$  به تراز پایه، پرنرژی‌ترین فوتون خود با انرژی  $E_R$  را گسیل می‌کند.

انرژی لازم برای این‌که الکترون از تراز  $n$  به تراز  $n + 2$  برود، چند ریدبرگ است؟

- ۱  $\frac{15}{16} E_R$     ۲  $\frac{30}{16} E_R$     ۳  $\frac{5}{144} E_R$     ۴  $\frac{15}{144} E_R$

۵۱ طول موج‌های خطوط طیف اتمی هیدروژن در رشته‌ی پاشن ( $n' = 3$ )، با کدام گزینه رابطه‌ی مستقیم دارد؟

- ۱  $\frac{9n^2}{n^2 - 9}$  ( $n \geq 4$ )    ۲  $\frac{n^2 - 9}{9n^2}$  ( $n \geq 4$ )    ۳  $\frac{4n^2}{n^2 - 4}$  ( $n > 3$ )    ۴  $\frac{n^2 - 4}{4n^2}$  ( $n > 3$ )

۵۲ در یک اتم هیدروژن، الکترون در حالت پایه قرار دارد. اگر عدد کوانتومی مدار آن چهار برابر شود، به ترتیب از راست به چپ، شعاع و انرژی الکترون نسبت به حالت پایه چقدر و چگونه تغییر می‌کند؟ ( $a_0$  شعاع مدار اول است.)

۱  $15a_0$  افزایش می‌یابد -  $\frac{15}{16}$  ریدبرگ افزایش می‌یابد    ۲  $8a_0$  افزایش می‌یابد -  $\frac{1}{16}$  ریدبرگ افزایش می‌یابد

۳  $6a_0$  افزایش می‌یابد -  $\frac{1}{16}$  ریدبرگ کاهش می‌یابد    ۴  $16a_0$  افزایش می‌یابد -  $\frac{15}{16}$  ریدبرگ کاهش می‌یابد

۵۳ در اتم هیدروژن، یک الکترون از حالت پایه به تراز منتقل شده است که طی این گذار، انرژی یونش الکترون،  $96$  درصد تغییر کرده است. شعاع مدار این الکترون در تراز جدید، چند برابر شعاع الکترون در اولین حالت برانگیخته‌ی آن است؟

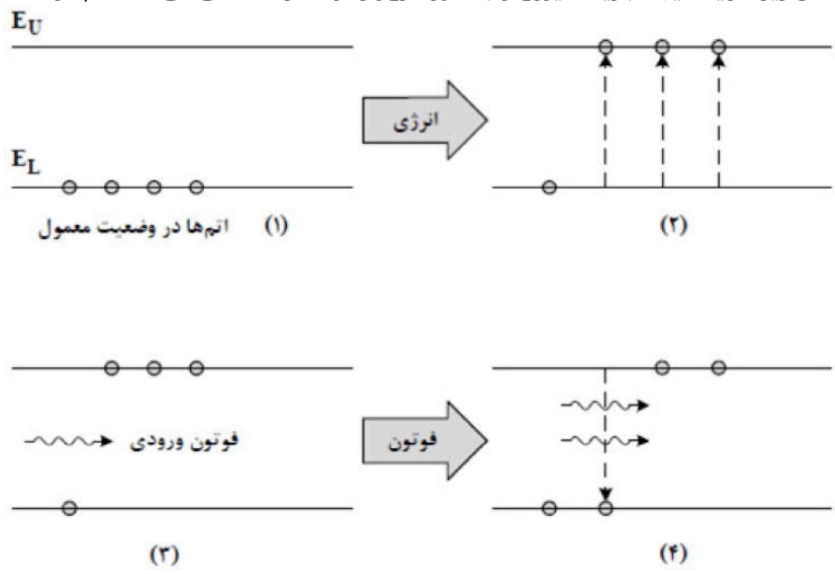
- ۱ ۵    ۲ ۲۵    ۳  $\frac{25}{4}$     ۴  $\frac{5}{2}$

۵۴ الکترونی در اتم هیدروژن در حالت پایه ( $n = 1$ ) با جذب  $12/75 \text{ eV}$  انرژی به تراز  $n'$  منتقل می‌شود. با در نظر گرفتن تمام گذارهای ممکن، اگر این الکترون از این تراز به حالت پایه برود، چند نوع فوتون با انرژی‌های متفاوت می‌تواند گسیل کند؟ ( $E_R = 13/6 \text{ eV}$ )

- ۱ ۲    ۲ ۴    ۳ ۶    ۴ ۸



۵۵ شکل زیر، فرایند ایجاد باریکه لیزری را به طور طرح‌وار در ۴ مرحله نشان می‌دهد. نام مرحله ۲ و ۴ کدام است؟

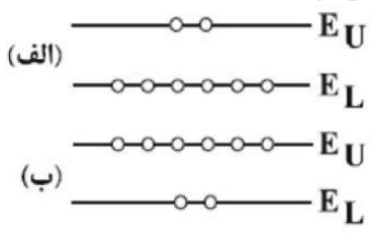


- ۱ وارونی جمعیت و فرایند گسیل القایی
- ۲ برانگیخته معمولی و فرایند گسیل القایی
- ۳ وارونی جمعیت و فرایند گسیل خودبه‌خود
- ۴ برانگیخته معمولی و فرایند گسیل خودبه‌خودی

۵۶ در کدام گزینه، تمام موارد مطرح‌شده جزو کاربردهای لیزر محسوب می‌شود؟

- ۱ نگاشتن اطلاعات روی CD و DVD، اصلاح دید چشم، عکاسی در شب
- ۲ جوشکاری و برش فلزات، ضدعفونی کردن تجهیزات پزشکی، اندازه‌گیری دقیق طول
- ۳ دندان‌پزشکی، شبکه‌های کابل نوری، برداشتن لکه‌های پوستی
- ۴ ردگیری هواپیماها، پرتودرمانی، استفاده در چاپگرها

۵۷ در شکل‌های الف و ب که در زیر رسم شده است، شکل ..... مربوط به وارونی جمعیت الکترون‌ها در یک محیط لیزری است که در آن تعداد الکترون‌ها در ترازهای شبه‌پایدار بیشتر است. در این ترازها، الکترون‌ها مدت زمان بسیار ..... نسبت به حالت برانگیخته معمولی باقی می‌مانند و این باعث تقویت نور لیزر می‌شود.



- ۱ الف - طولانی‌تری
- ۲ الف - کوتاه‌تری
- ۳ ب - طولانی‌تری
- ۴ ب - کوتاه‌تری



۵۸ در پدیده‌ی فیزیکی لیزر کدامیک از موارد زیر درست است؟

- ۱ وارونی جمعیت مربوط به حالتی است که تعداد الکترون‌ها در تراز پایه بیش از ترازهای برانگیخته است.
- ۲ در لیزر از گسیل خودبه‌خود الکترون استفاده می‌شود.
- ۳ مدت زمان باقی ماندن الکترون در ترازهای شبه پایدار در حدود  $10^{-8}$  s است.
- ۴ وارونی جمعیت می‌تواند به وسیله‌ی تخلیه‌های الکتریکی ولتاژ بالا ایجاد شود.

۵۹ چه تعداد از جملات زیر صحیح می‌باشد؟

- الف- در ترازهای شبه پایدار الکترون‌ها در وارونی جمعیت، زمان کم‌تری نسبت به حالت برانگیخته معمولی باقی می‌مانند.
  - ب- مدل اتمی بور در مورد اتم‌های هیدروژن گونه و شدت خط‌های طیف گسیلی آن‌ها موفق است.
  - ج- با افزایش عدد کوانتومی مدارها، فاصله مدارها از یکدیگر افزایش می‌یابد، اما سطح انرژی ترازها به هم نزدیک می‌شود.
  - د- تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از برهم‌کنش‌های قوی بین اتم‌های سازنده آن است.
- و- تجربه تأیید می‌کند که در فوتوالکتریک با افزایش شدت پرتوی فرودی، الکترون‌ها با مقدار انرژی جنبشی بیش‌تری فلز را ترک می‌کنند.

- ۱ (۱)      ۲ (۲)      ۳ (۳)      ۴ (۴)

۶۰ توان مصرفی لیزری ۱۰۰ وات و بازده آن یک‌صدم درصد است. اگر طول‌موج نور این لیزر  $3300 \text{ \AA}$  باشد، در هر دقیقه

چند فوتون از آن گسیل می‌شود؟  $(c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}, h = 6.6 \times 10^{-34} J \cdot s)$

- ۱  $4 \times 10^{19}$       ۲  $4 \times 10^{17}$       ۳  $2 \times 10^{19}$       ۴  $2 \times 10^{17}$



## فیزیک هسته‌ای

بچه‌ها قبل از ورود به فیزیک هسته‌ای ابتدا چند مقدمه اولیه زیر رو بخونید تا بعداً صل درس رو براتون شروع کنم:

### نکته ۱:

فیزیک هسته‌ای، شاخه‌ای از فیزیک است که در آن با ساختار، برهم‌کنش‌ها و واپاشی هسته‌های اتمی سروکار داریم.

### نکته ۲:

کشف پرتوزایی طبیعی توسط هانری بکرل انجام شد که آغازی برای پی بردن به وجود هسته‌ی اتم بود. با کاوش درون اتم، در مرکز آن، هسته را می‌یابیم که شعاع آن تقریباً یک صد هزارم شعاع اتم است.

### نکته ۳:

هسته‌ی اتم از نوترون‌ها و پروتون‌ها تشکیل شده است که به طور کلی **نوکلئون** نامیده می‌شوند. نوترون توسط، چادویک، کشف شد. نوترون بار الکتریکی ندارد، و جرمش اندکی بیشتر از پروتون است و قبلاً خوانده ایم که الکترون نیز خارج از هسته با بار منفی در حال حرکت است و کاشف آن آقای تامسون است

### نکته ۴:

تعداد پروتون‌های هسته را عدد اتمی  $Z$  می‌نامند و در عنصرهای مختلف متفاوت است. در یک اتم خنثی، تعداد پروتون‌های هسته با تعداد الکترون‌های دور هسته برابر است. تعداد نوترون‌های هسته، عدد نوترونی  $N$  نامیده می‌شود. همچنین مجموع تعداد کل پروتون‌ها و نوترون‌ها را عدد

$$A=Z+N$$

جرمی می‌نامند

### نکته ۵:

به هسته‌هایی که تعداد پروتون مساوی ولی تعداد نوترون متفاوت دارند **ایزوتوپ** یا **هم مکان** می‌گویند

ایزوتوپ‌ها **خواص شیمیایی یکسانی** دارند مانند کربن ۱۲ و کربن ۱۳



## نکته ۶:

هر چه تعداد نوکلئون های یک هسته بیشتر باشد، هسته بزرگ تر و فاصله ی بین نوکلئون زیادتر می شود. در نتیجه تعادل بین نیروها از بین می رود و هسته ناپایدار می گردد. این گونه ایزوتوپ ها را ایزوتوپ های ناپدار می خوانند. عنصرهایی که عدد اتمی آن ها از  $Z \geq 83$  است ناپایدار (راديو اکتیو) هستند.

برای پایداری هسته، باید نیروی دافعه ی الکتروستاتیکی بین پروتون ها با نیروی جاذبه ی بین نوکلئون ها، که ناشی از نیروی هسته ای است، موازنه شده باشد ولی به دلیل بلند بُرد بودن نیروی الکتروستاتیکی یک پروتون تمام پروتون های دیگر درون هسته را دفع می کند، در حالی که یک پروتون یا یک نوترون، فقط نزدیک ترین نوکلئون های مجاور خود را با نیروی هسته ای جذب می کند به همین دلیل وقتی تعداد پروتون های درون هسته افزایش یابد، اگر هسته بخواهد پایدار باقی بماند، باید تعداد نوترون

$$\frac{N}{Z} \geq 1$$

های درون هسته نیز افزایش یابد یعنی

همچنین هسته های سنگین با عدد اتمی بزرگ تر از  $Z \geq 83$  ناپایدارند حتی توریم و اورانیم که در طبیعت یافت می شوند نیز ناپایدارند اما تنها عنصرهایی اند که واپاشی آنها چنان کند است که از هنگام تشکیل منظومه شمسی در چندین میلیارد سال پیش، فقط مقدار کمی از آنها بر اثر واپاشی، به عنصرهای سبک تر تبدیل شده اند.

**نکته خیلی مهم:** گفتیم که تمام هسته های سنگین با عدد اتمی بزرگ تر از 83 ناپایدارند (راديو اکتیو) هستند ولی عکس این جمله درست نیست! یعنی فکر نکنی  $Z < 83$  حتما پایدار هستند! مثلا ایزوتوپ کربن ۱۴ ناپایدار هست!

$$Z \geq 83 \longrightarrow \text{حتما ناپایدار (راديو اکتیو)}$$

$$Z < 83 \longrightarrow \text{شاید ناپایدار (راديو اکتیو) و شاید هم پایدار}$$



## نکته ۷:

نیروی هسته ای نیرویی است بسیار قوی تر از نیروی الکتریکی و نیروی گرانشی است و این نیرو باعث غلبه بر نیروی دافعه ی میان پروتون های هسته می شود و سبب پایداری نوکلئون ها در هسته می شود. نیروی هسته ای کوتاه برد و قوی است و از نوع نیروهای جاذبه میباشد و در فاصله ای کوچکتر از ابعاد هسته اثر می کند.

## نکته ۸:

عدد اتمی عناصر طبیعی  $1 \leq Z \leq 92$  می باشد و عناصری که در آنها  $Z > 92$  باشد بطور مصنوعی در آزمایشگاه تولید میشوند. (البته استثنا هم داریم! دو عنصر تکنیتیوم ( $Z=43$ ) و پرومتیوم ( $Z=61$ ) با آنکه عدد اتمی شان کمتر از ۹۲ است ولی مصنوعی و آزمایشگاهی هستند).

## تست: کدام گزینه صحیح است؟

- (۱) عناصری که در آنها  $Z > 92$  باشد بطور مصنوعی در آزمایشگاه تولید میشوند
- (۲) هسته اتم کربن  ${}^{14}_6C$  از هسته اتم کربن معمولی  ${}^{12}_6C$  دو نوترون بیشتر دارد
- (۳) تمام عنصرهایی که عدد اتمی آن ها بزرگ تر مساوی  $Z=83$  است ناپایدار هستند اما آنهایی که کمتر از ۸۳ هستند ممکن است پایدار باشند و ممکن است ناپایدار باشند
- (۴) همه موارد صحیح است

گ ۴

## تست:

در برهمکنش نوکلئونها، نیروی هسته ای در مقایسه با نیروی کولنی چگونه است؟

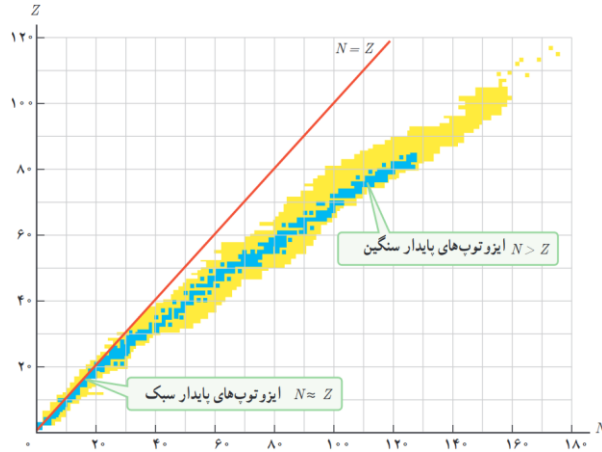
- (۱) ضعیف، بلندبرد و در فاصله ای بزرگتر از ابعاد اتم اثر می کند
- (۲) قوی، بلندبرد و در فاصله ای کوچکتر از ابعاد اتم اثر می کند
- (۳) ضعیف، کوتاهبرد و در فاصله ای کوچکتر از ابعاد هسته اثر می کند
- (۴) قوی، کوتاهبرد و در فاصله ای کوچکتر از ابعاد هسته اثر می کند.

گ ۴



## تحلیل نمودار N-Z:

همانطور که گفتیم برای پایداری هسته با افزایش پروتونهای هسته، باید تعداد نوترونهای هسته نیز زیاد شود یعنی با افزایش Z باید N نیز زیاد شود و بنابراین باید  $\frac{N}{Z} \geq 1$  شود. یعنی برای هسته های سبک  $N = Z$  و برای هسته های سنگین چون تعداد N هاشون بیشتر از Z هاشون هست این نسبت باید بزرگتر از ۱ باشد.



در شکل نقاط آبی و زرد رنگ نشان دهنده عناصر جدول مندلیف هستند و خیلی واضح هست که در پایین نمودار هسته های سبک قرار دارند و دقیقاً روی خط نیمساز  $N = Z$  تجمع دارند و برای هسته های

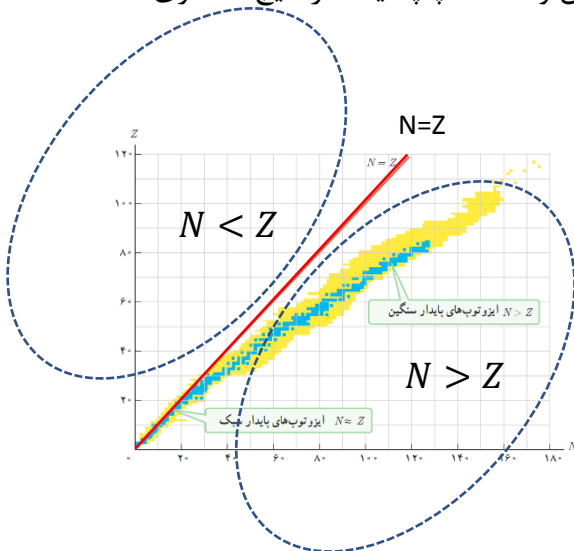
سنگینتر چون  $\frac{N}{Z} > 1$  است تجمع عناصر زیر دست راست نیمساز خواهد شد

اگر به آبی ها نگاه کنید فقط تا  $Z = 83$  هستند و عناصر پایدار را نشان میدهند اما زرد رنگها عناصر پرتوزای شناخته شده هستند. (پرتوزایی در هر Z امکان دارد!)

دقت نمایید که سنگین بودن با پرتوزا بودن یا پایدار بودن را اشتباه نکنید

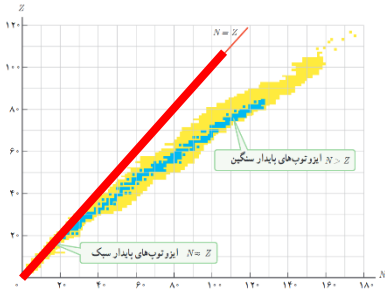
توجه کنید که تمام عناصر یا روی نیمساز هستند یا سمت راست آن و سمت چپ نیمساز هیچ عنصری

وجود ندارد!





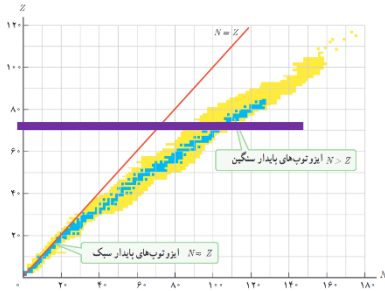
## خطهای معروف نمودار Z-N



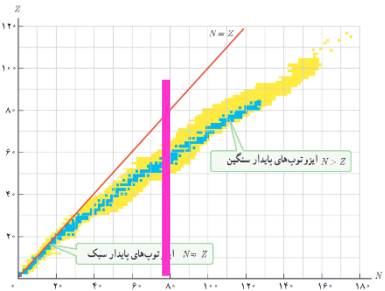
کلیه نقاط روی خط قرمز نوترون و پروتون‌هایشان برابر است!

کلیه نقاط روی خطی که به موازات N ها باشند (مثل خط بنفش) پس ایزوتوپ یا هم

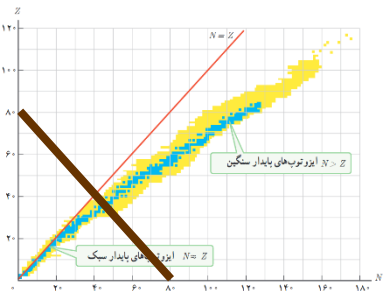
مکان هستند و خواص شیمیایی یکسانی دارند



کلیه نقاط روی خطی که به موازات Z ها باشند (مثل خط صورتی) N هایشان برابر است!



کلیه نقاط روی خطی که به عمود بر نیمساز است (مثل خط قهوه ای) (عدد جرمی شان A) برابر است!

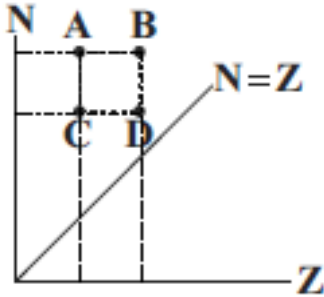




**تست:** با توجه به نمودار زیر که مربوط به تغییرات  $N$  بر حسب  $Z$  برای هسته‌های پایدار در طبیعت

است کدام گزینه صحیح است؟

- (۱)  $A$  و  $B$  عدد جرمی یکسان دارند
- (۲)  $C$  و  $D$  ایزوتوپ (هم مکان) هستند
- (۳)  $A$  و  $C$  دارای مشخصات شیمیایی یکسان هستند
- (۴) این نمودار غلط است و عناصر  $A$   $B$   $C$   $D$  وجود خارجی ندارند



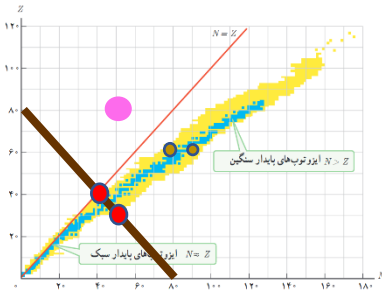
پاسخ گزینه ۳

$A$  و  $C$  دارای عدد اتمی یکسانند و ایزوتوپ (هم مکان) بوده و خواص شیمیایی یکسان دارند (درخصوص گزینه ۴ دقت کنید که ما نمودار را  $NZ$  کشیدیم! و نه  $ZN$  !!)

**تست:** با توجه به نمودار زیر که مربوط به تغییرات  $Z$  بر حسب  $N$  برای هسته‌های پایدار در طبیعت

است کدام گزینه صحیح است؟

- (۱) دو نقطه قرمز رنگ دارای عدد جرمی یکسان هستند
- (۲) دو نقطه قهوه ای رنگ ایزوتوپ هستند
- (۳) در نقطه صورتی رنگ هیچ عنصری از جدول مندلیف وجود ندارد
- (۴) هرچهار مورد صحیح است



پاسخ: گ ۴ دقت کنید این با نمودار سوال قبل قبل فرق دارد و  $ZN$  است!



## رابطه انیشتن در خصوص تبدیل جرم به انرژی



$$E=MC^2$$



$$E = M C^2$$

$$R_a \times P = \frac{M C^2}{t}$$

## تبدیل جرم به انرژی

**تست:** از تبدیل ۸ گرم اورانیوم به انرژی، چند لامپ ۱۰۰ وات را میتوان ۴۰ ساعت روشن نگاه داشت؟  
(از تلفات انرژی صرفنظر کنید)

- (۱) ۵۰۰ (۲) ۵۰۰۰ (۳) ۵۰۰۰۰ (۴) ۵۰۰۰۰۰۰

**تست:** اگر در یک واکنش هسته‌ای یک گرم جرم به انرژی تبدیل شود، انرژی حاصل چه جرمی از ماده را میتواند یکصد متر از سطح زمین بالا ببرد؟

- (۱) ۹۰ میلیون تن (۲) ۹۰ تن (۳) ۴۵۰ میلیون کیلوگرم (۴) ۴۵۰ کیلوگرم

**سوال:** خوب چرا وقتی یک گرم چوب را میسوزانیم و به انرژی تبدیل میکنیم، طبق رابطه انیشتن اینقدر به ما انرژی نمیدهد و انرژی آن کم است؟

اینجا درک تفاوت بین انرژی شیمیایی و انرژی هسته‌ای مهم است. در واقع، اگر انرژی حاصل از سوختن چوب را با فرمول انیشتن محاسبه کنیم، عددی نجومی به دست می‌آید که با واقعیت همخوانی ندارد. دلیل این تناقض چیست؟ دلیل این است که در سوختن چوب، تنها یک بخش بسیار ناچیز از جرم به انرژی تبدیل میشود و الباقی جرم به آب و گاز و خاکستر تبدیل میشود. و جرمی بینهایت کوچک که به انرژی تبدیل شده است! انرژی آزاد شده در سوختن چوب ناشی از شکستن و تشکیل پیوندهای شیمیایی است و بسیار ضعیفتر از انرژی پیوندهای هسته‌ای است.



## انرژی بستگی هسته

همانطور که می دانیم، هسته از نوترون و پروتون تشکیل شده، بنابراین انتظار داریم جرم هسته با جرم مجموع نوترونها و پروتونها برابر باشد. ولی اندازه گیریهای دقیق نشان میدهد که جرم هسته از مجموع جرم

$$M_X < ZM_P + NM_N \quad \text{!!!! نوکلئونها کمتر است!!!!}$$

این اختلاف جرم به این علت است که بخشی از جرم هسته به صورت انرژی تابش شده است. که این انرژی تابش شده، همان انرژی بستگی هسته نام دارد  
اگر این اختلاف جرم را که به آن کاستی جرم هسته گفته می شود، مطابق رابطه معروف اینشتین در مربع تندی نور ضرب کنیم انرژی بستگی هسته ای به دست می آید.  
همچنین انرژی ای معادل انرژی بستگی هسته ای تامین شودا هسته به نوکلئون های تشکیل دهنده آن تقسیم شود.

**تست:** انرژی بستگی هسته انرژی ای است که.....

- ۱- هسته یک عنصر هنگام تشکیل از دست میدهد
- ۲- به الکترون جهت یونیزه شدن اتم داده میشود
- ۳- به الکترون داده میشود به ترازهای بالاتر رود یا الکترون از دست می دهد به تراز های پایینتر برود
- ۴- مجموع انرژیهای درونی اتم را نشان میدهد

**تست:** وقتی نوکلون ها به هم میپیوندند و هسته ای پایدار را تشکیل میدهند، جرم ..... و مقداری انرژی..... می شود

افزایش-آزاد      افزایش\_مصرف      کاهش-آزاد      کاهش-مصرف

**تست:** جرم تبدیل شده به انرژی بستگی هسته برابر کدامست؟

- ۱- اختلاف جرم هسته با مجموع نوکلئون های تشکیل دهند
- ۲- اختلاف جرم اتم با جرم هسته
- ۳- تفاوت جرم نوترون ها و پروتون ها
- ۴- مجموع نوترون ها و پروتون ها



## پرتوزایی:

وقتی یک هسته‌ی ناپایدار یا پرتوزا به طور طبیعی (یا اصطلاحاً خودبه خود) واپاشی می کند، نوع معینی از ذرات یا فوتون های پر انرژی آزاد می شوند. این فرایند واپاشی، **پرتوزایی طبیعی** نام دارد در پرتوزایی طبیعی سه نوع پرتو ایجاد می شود **آلفا** و **بتا** و **گاما** در تمام فرایندهای واپاشی پرتوزا مشاهده شده است دقت کنید که تعداد نوکلئون ها در طی فرایند واپاشی هسته ای پایسته است یعنی تعداد نوکلئون ها، پیش از فرایند با تعداد نوکلئون ها پس از فرایند مساوی است.

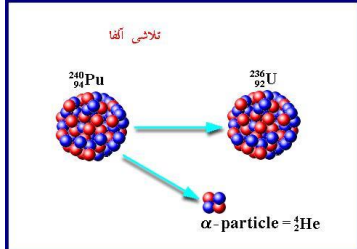


ما در ادامه واپاشی های معروف را با هم بررسی خواهیم نمود



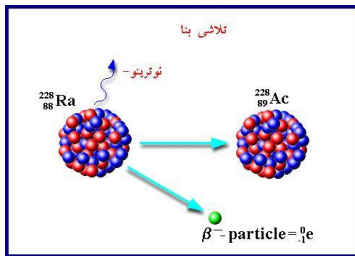
## ۱- واپاشی آلفا:

واپاشی آلفا در هسته‌های سنگین رخ می‌دهد، که در آن یک هسته اتم هلیم به خارج از هسته پرتاب شده و عدد اتمی ۲ واحد و عدد جرمی ۴ واحد کاهش می‌یابد و در این واپاشی دو نوترون و دو پروتون تبدیل به ذره آلفا می‌گردد. (پس دو تا نوترون و دو تا پروتون کم می‌شود و عدد جرمی ۴ واحد کاهش پیدا میکند)

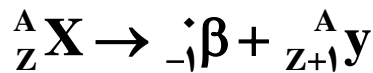


۲- **واپاشی بتا:** واپاشی بتا به دو صورت الکترونی و پوزیترونی انجام می‌شود:

**بتازای الکترونی (متداولترین نوع واپاشی):** اگر الکترون به بیرون هسته پرتاب شود عدد اتمی یک واحد افزایش یافته و عدد جرمی تغییر نمی‌کند که به آن بتازای الکترونی می‌گویند می‌گویند. در واقع ذره بتای گسیل شده از هسته مادر، از تبدیل یک نوترون موجود در داخل هسته سنگین به پروتون و الکترون، ایجاد می‌شود



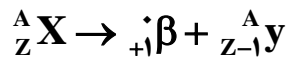
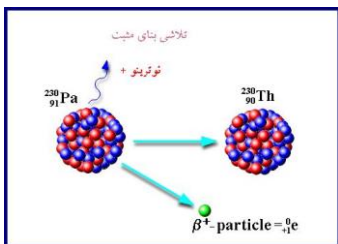
(پس نوترون یکی کم می‌شود و پروتون یکی زیاد می‌شود)



**بتازای پوزیترونی:** اگر پوزیترون به بیرون هسته پرتاب شود عدد اتمی یک واحد کاهش یافته و عدد

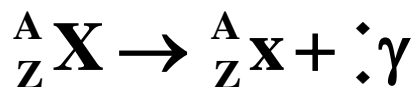
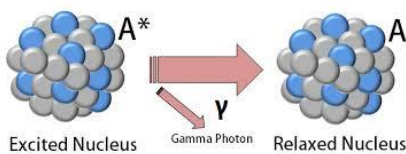
جرمی تغییر نمی‌کند که به آن بتازای پوزیترونی می‌گویند. در واقع برعکس بالا،

(یک پروتون کم شده و یک نوترون اضافه می‌گردد.)



## ۳- واپاشی گاما:

در واپاشی گاما فقط یک فوتون گاما به بیرون هسته پرتاب می‌شود و در نتیجه هسته برانگیخته می‌شود ولی عدد اتمی و عدد جرمی تغییری نمی‌کند.





$\frac{4}{2}\alpha$	آلفا	} <b>واپاشی هسته‌ای</b>
${}_{-1}^0\beta$	بتازای الکترونی	
${}_{+1}^0\beta$	بتازای پوزیترونی	
${}_{0}^0\gamma$	گاما زا	
${}_{0}^1n$	نوترون	
بتایی الکترونی	متداول ترین نوع واپاشی	
هسته اولیه	هسته مادر	
هسته پس از واپاشی و پرتو زایی	هسته دختر	

**تست:** به صورت فرضی عنصر  ${}_{92}^{238}\text{U}^*$  ده ذره بتا (الکترونی) و چهار ذره آلفا و پنج ذره گاما تابش می‌کند، عدد جرمی و عدد اتمی آن به ترتیب برابر میشود با .....

۱- ۲۲۲ و ۹۴      ۲- ۲۵۴ و ۹۰      ۳- ۲۲۲ و ۹۰      ۴- ۲۵۴ و ۹۴

**تست:** به صورت فرضی عنصر  ${}_{92}^{238}\text{U}^*$  ده ذره بتا (الکترونی) و چهار ذره آلفا و پنج ذره گاما تابش می‌کند، عدد جرمی و عدد اتمی آن به ترتیب..... و .....

۱) ۱۶ واحد کاهش - ۲ واحد افزایش      ۲) ۱۶ واحد کاهش - ۲ واحد کاهش  
 ۳) ۱۶ افزایش - ۲ واحد افزایش      ۴) ۱۶ افزایش - ۲ واحد کاهش

**تست:** کدام گزینه صحیح است؟

۱) در واپاشی آلفا دو تا نوترون و دو تا پروتون کم میشود  
 ۲) در واپاشی بتای الکترونی، نوترون یکی کم میشود و پروتون یکی زیاد میشود  
 ۳) در واپاشی بتای پوزیترونی، نوترون یکی زیاد میشود و پروتون یکی کم میشود  
 ۴) همه موارد صحیح است

گ ۴



**تست:** در یک واپاشی هسته ای فرضی، سرب  $^{207}_{82}Pb$  با تابش ذرات آلفا و بتای الکترونی، و دو نوترون به عنصر  $^{197}_{79}Au$  تبدیل میشود، به ترتیب از راست به چپ چند ذره آلفا و چند ذره بتا تابش خواهد کرد؟

- (۱) ۱و۲      (۲) ۱و۲      (۳) ۳و۲      (۴) ۲و۷



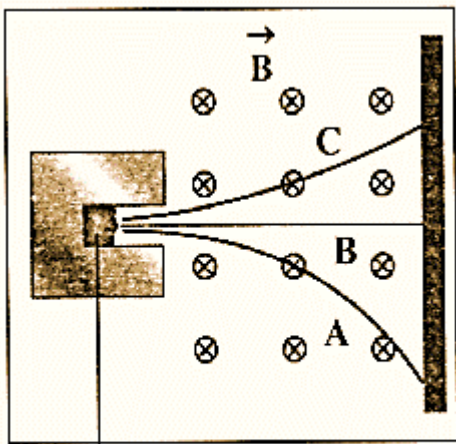
$$207 = 4X + Y(0) + 2(1) + 197 \quad X = 2$$

$$82 = 2(2) + Y(-1) + 2(0) + 79 \quad Y = 1$$

**تست:** شکل زیر، مسیر پرتوهای گسیل شده از یک ماده پرتوزای طبیعی را در یک میدان مغناطیسی درونسو نشان می دهد که از یک میدان مغناطیسی عبور می کنند. نوع آن ها در مسیره های A و B و C به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

- (۱) الکترون، گاما و آلفا      (۲) آلفا، گاما و الکترون      (۳) الکترون، پوزیترون و آلفا      (۴) آلفا، پوزیترون و الکترون

با توجه به قانون دست راست و چپ گزینه ۱



ماده پرتوزا

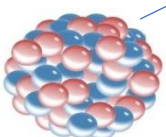
**تست:** در واپاشی مطابق شکل روبه‌رو، تعداد پرتون‌های هسته ..... و تعداد نوترون‌های آن ..... .

(۱) یک واحد کاهش می یابد - ثابت می ماند      (۲) یک واحد کاهش می یابد - یک واحد افزایش

(۳) یک واحد افزایش می یابد - ثابت می ماند      (۴) یک واحد افزایش می یابد - یک واحد کاهش

**پاسخ:** گزینه ۴ چون دارد یک الکترون از ساطع میکند، پس واپاشی بتای الکترونی است و در این نوع واپاشی در واقع ذره بتای گسیل شده از هسته مادر، از تبدیل یک نوترون موجود در داخل هسته سنگین به پروتون و الکترون، ایجاد می شود (معادله واپاشی را بنویسید ببینید که پروتون یکی زیاد شده، خوب از کجا اومده؟ از تبدیل نوترون دیگه!!!)

$$q = -e$$





## نیم عمر

زمانی است که طول می کشد تا نیمی از هسته ماده پرتوزا به هسته مواد دیگر تبدیل شود. (تابش شود)

تعریف نیم عمر (T): به مدت زمانی گویند که ماده پرتوزا بر اثر واکنشهای

پرتوزایی به نصف مقدار اولیه ی خود کاهش یابد

تقلیل یابد.

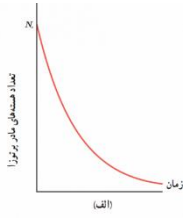
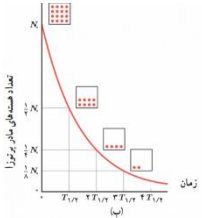
$$n = \frac{t(\text{تجزیه زمان})}{T(\text{نیم عمر})}$$

تعداد نیم عمر :

نیم عمر

$$M_{\text{مانده باقی}} = \frac{M_{\text{اولیه}}}{2^n}$$

فرمول اصلی:



**تست:** نیم عمر یک ماده رادیواکتیویته ۱۴ روز است، هرگاه ۸ گرم از آن موجود باشد پس از ۵۶ روز

چند گرم از آن بصورت فعال باقی میماند؟

۵ (۴)

۲ (۳)

۷/۵ (۲)

۰/۵ (۱)

**تست:** نیم عمر یک ماده رادیواکتیویته ۱۴ روز است، هرگاه ۸ گرم از آن موجود باشد پس از ۵۶ روز

چند گرم از واپاشی (تجزیه) می شود؟

۵ (۴)

۲ (۳)

۷/۵ (۲)

۰/۵ (۱)



**تست:** نیم عمر یک ماده رادیواکتیویته ۱۴ روز است، پس از ۵۶ چه کسری از آن بصورت فعال باقی میماند؟

- (۱)  $\frac{1}{8}$       (۲)  $\frac{7}{8}$       (۳)  $\frac{1}{16}$       (۴)  $\frac{15}{16}$

$$n = \frac{t(\text{تجزیه زمان})}{T(\text{نیم عمر})} \rightarrow n = \frac{56}{14} = 4 \rightarrow M_{\text{مانده باقی}} = \frac{M_{\text{اولیه}}}{2^n} \rightarrow M_{\text{مانده باقی}} = \frac{M_{\text{اولیه}}}{2^4} = \frac{1}{16} m.$$

**تست:** نیم عمر یک ماده رادیواکتیویته ۱۴ روز است، پس از ۵۶ روز چه کسری از تجزیه (و پاشی) میشود؟

- (۱)  $\frac{1}{8}$       (۲)  $\frac{7}{8}$       (۳)  $\frac{1}{16}$       (۴)  $\frac{15}{16}$   
 جواب:  $\frac{15}{16}$

**تست:** نیم عمر یک ماده رادیواکتیویته ۱۴ روز است، پس از چند روز ۶/۲۵ درصد از آن باقی می ماند؟

- (۱) ۵۶      (۲) ۲۸      (۳) ۴۲      (۴) ۷۰

$$M_{\text{مانده باقی}} = \frac{M_{\text{اولیه}}}{2^n} \rightarrow \frac{6.25m.}{100} = \frac{m.}{2^n} \rightarrow n = 4 \quad n = \frac{t(\text{تجزیه زمان})}{T(\text{نیم عمر})} \rightarrow 4 = \frac{t}{14} \rightarrow t = 56$$

**تست:** نیم عمر یک ماده رادیواکتیویته ۱۴ روز است، پس از چند روز ۹۳/۷۵ درصد از آن تجزیه (و پاشی) می شود؟

- (۱) ۵۶      (۲) ۲۸      (۳) ۴۲      (۴) ۷۰

این همان سوال قبلی است!!!!!!!!!!!!!! جواب : ۵۶



**تست:** نمودار جرم باقی مانده عنصر پرتوزایی مطابق شکل زیر است،  $N$  و  $t$  به ترتیب کدامند؟

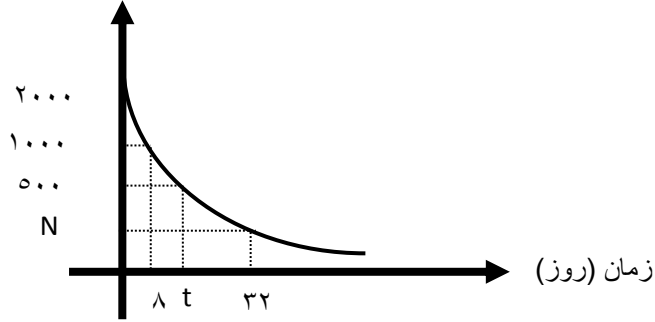
(۱) ۱۶ و ۱۲۵

(۲) ۱۶ و ۲۵۲

(۳) ۲۴ و ۱۷۵

(۴) ۲۴ و ۲۰۰

تعداد هسته باقی مانده



محاسبه  $N$ :

$$T = 8 \quad n = \frac{t(\text{تجزیه زمان})}{T(\text{نیم عمر})} = \frac{32}{8} = 4 \quad M_{\text{مانده باقی}} = \frac{2000}{2^4} = 125$$

$$T = 8 \quad M_{\text{مانده باقی}} = \frac{M_{\text{اولیه}}}{2^n} \rightarrow 500 = \frac{2000}{2^n} \rightarrow n = 2 \rightarrow 2 = \frac{t'}{8} \rightarrow t' = 16$$

**تست:** نمودار جرم واپاشیده شده یک ماده رادیواکتیویته مطابق شکل زیر است، به ترتیب از راست به

چپ نیم عمر این ماده چند ساعت است و پس از چند ساعت،  $\frac{63}{64}$  از آن، واپاشیده می شود؟

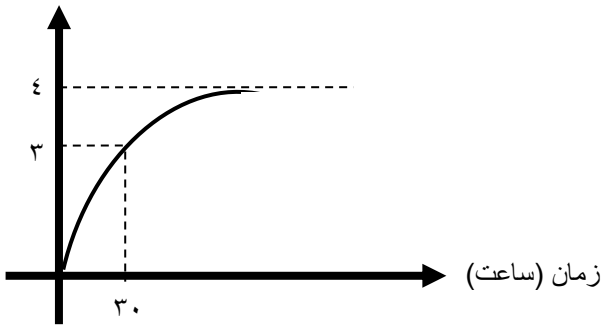
تعداد هسته واپاشی

۱۵-۷۵

۹۰-۱۵

۳۰-۹۰

هیچکدام

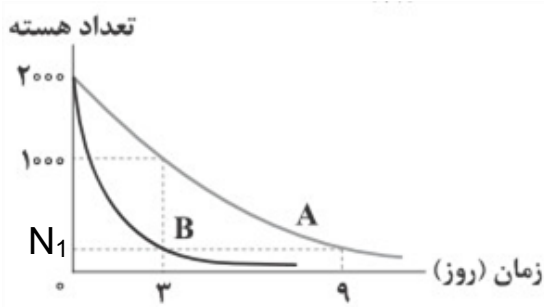


$$T = 8 \quad M_{\text{مانده باقی}} = \frac{M_{\text{اولیه}}}{2^n} \rightarrow \frac{M}{4} = \frac{M}{2^n} \rightarrow n = 2 \rightarrow 2 = \frac{30}{T} \rightarrow T = 15$$

$$T = 8 \quad M_{\text{مانده باقی}} = \frac{M_{\text{اولیه}}}{2^n} \rightarrow \frac{M}{64} = \frac{M}{2^n} \rightarrow n = 6 \rightarrow 6 = \frac{t}{15} \rightarrow T = 90$$



**تست:** نمودار تعداد هسته‌های دو ماده‌ی پرتوزای A و B بر حسب زمان، مطابق شکل زیر است. پس از چند روز،  $\frac{1}{128}$  هسته‌های B فعال باقی می‌مانند؟



۷(۴)

۶(۳)

۴(۲)

۲(۱)

حل: ابتدا از روی نمودار A می‌فهمیم که

نیم عمر آن سه روز است حالا بریم و  $N_1$  را پیدا کنیم

$$N_1 = \frac{N_0}{2^n} \quad N_1 = \frac{2000}{(2)^{\frac{9}{3}}} = 250$$

حالا میریم مختصات  $N_1$  را برای نمودار B مینویسیم تا نیمه عمرش دربیاد

$$N_1 = \frac{N_0}{2^n} \quad 250 = \frac{2000}{2^n} \quad n = 3$$

$$n = \frac{t}{T} \quad 3 = \frac{3}{T_B} \quad T_B = 1$$

حالا میریم مختصات  $\frac{1}{128}$  را برای نمودار B بررسی کنیم

$$N_2 = \frac{N_0}{2^n} \quad \frac{1}{128} = \frac{1}{2^n} \quad n = 7$$

$$n = \frac{t}{T} \quad 7 = \frac{t}{1} \quad t = 7$$



## Homework 3

۱ نیروی هسته‌ای بین نوکلئون‌ها .....

۱ با مربع فاصله بین دو نوکلئون نسبت عکس دارد.

۲ متناسب با تعداد نوکلئون‌های هسته، افزایش می‌یابد.

۳ کوتاه‌برد است و تنها در فاصله‌ای کوچک‌تر از ابعاد هسته اثر می‌کند.

۴ بین دو پروتون از نوع دافعه و بین پروتون و نوترون از نوع جاذبه است.

۲ در یک اتم، تفاوت عدد جرمی و عدد نوترونی، الزاماً برابر کدامیک از موارد زیر است؟

۱ تعداد پروتون‌های هسته

۲ تعداد نوکلئون‌های هسته

۳ تعداد الکترون‌های دور هسته

۴ تعداد نوترون‌های هسته

۳ چه تعداد از عبارتهای زیر نادرست است؟

الف) انرژی نوکلئون‌های وابسته به هسته نیز مانند انرژی الکترون‌های وابسته به اتم، کوانتیده هستند.

ب) انرژی لازم برای جدا کردن تنها پروتون‌های یک هسته، انرژی بستگی هسته‌ای نام دارد.

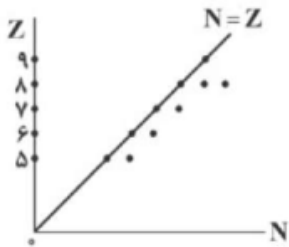
ج) دلیل پایداری هسته، موازنه‌ی نیروی دافعه‌ی الکتروستاتیکی بین پروتون‌ها با نیروی جاذبه‌ی بین نوکلئون‌ها ناشی از نیروی هسته‌ای است.

د) نیروی هسته‌ای مستقل از بار الکتریکی است.

ه) نیروی هسته‌ای، کوتاه‌برد است و تنها در فاصله‌ای کوچک‌تر از ابعاد هسته اثر می‌کند.

۱ ۴      ۲ ۳      ۳ ۲      ۴ ۱

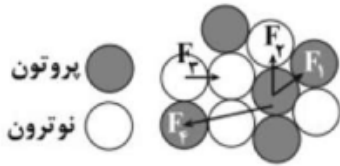
۴ نمودار تغییرات عددی اتمی برحسب تعداد نوترون‌ها برای چند عنصر رسم شده است. تعداد ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن چه تعداد از ایزوتوپ‌های پایدار کربن بیشتر است؟



۱ صفر      ۲ ۱      ۳ ۲      ۴ اطلاعات کافی نیست.



۵ در شکل زیر، قسمتی از هسته و نوکلئون‌های آن به صورت طرحواره نشان داده شده است. کدام یک از نیروهای نشان داده شده، نیروی هسته‌ای است؟



- ۱  $F_1, F_2$       ۲  $F_7, F_8$       ۳  $F_7, F_8, F_9, F_{10}$       ۴  $F_7, F_8$

۶ عنصر روبیدیم (Rb) دارای دو ایزوتوپ با عددهای جرمی ۸۵ و ۸۷ است. به ترتیب از راست به چپ، ایزوتوپ سنگین‌تر چند نوترون و چند پروتون بیشتر از ایزوتوپ سبک‌تر است؟

- ۱ صفر - ۲      ۲ ۲ - ۲      ۳ صفر - صفر      ۴ ۲ - صفر

۷ چه تعداد از عبارات زیر درست است؟

الف) جرم هر هسته برابر با مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل‌دهنده آن است.  
 ب) هسته‌های سنگین با عدد اتمی بزرگ‌تر از ۸۳ به سرعت بر اثر واپاشی به هسته‌های سبک‌تر تبدیل می‌شوند.  
 پ) هسته‌ها نیز مانند اتم‌ها می‌توانند در واکنش‌های شیمیایی برانگیخته شوند.  
 ت) نسبت تعداد نوترون به تعداد پروتون ( $N/Z$ ) برای هسته‌های پایدار مختلف، متفاوت است.

- ۱ ۱      ۲ ۳      ۳ ۲      ۴ ۴

۸ اگر  $N$  تعداد نوترون‌ها و  $Z$  تعداد پروتون‌های هسته یک اتم باشد، کدام مورد صحیح است؟

۱ در تمام هسته‌های پایدار  $N = Z$  است.      ۲ نسبت  $\frac{N}{Z}$  برای تمام عناصر یکسان است.

۳ هسته‌های ناپایدار است که در آن  $Z > N$  باشد.      ۴ در هسته‌های پایدار سنگین‌تر، نسبت  $\frac{N}{Z}$  بزرگ‌تر است.

۹ اگر  $0.3$  گرم جرم به طور کامل به انرژی تبدیل شود، انرژی تولید شده چند میلیون لامپ  $50\text{ W}$  را به مدت یک شبانه‌روز روشن می‌کند؟ ( $c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ )

- ۱  $6/25$       ۲  $6/25 \times 10^6$       ۳  $12/5$       ۴  $12/5 \times 10^6$

۱۰ انرژی آزاد شده توسط بمب اتمی هیروشیما  $6/3 \times 10^{13} \text{ J}$  بود. اورانیوم موجود در این بمب به شکل کره‌ای به قطر  $18 \text{ cm}$  بود. تقریباً چند درصد حجم اورانیوم موجود در بمب به انرژی تبدیل شده است؟

(چگالی اورانیوم  $= 19 \frac{g}{\text{cm}^3}$  و  $C = 3 \times 10^8 \frac{\text{km}}{s}$ )

- ۱ ۱۰%      ۲ ۱%      ۳ ۰/۱%      ۴ ۰/۰۰۱%

۱۱ جرم یک هسته‌ی اتم به اندازه  $2/5 \times 10^{-28}$  کیلوگرم از مجموع جرم نوکلئون‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن کمتر است. انرژی بستگی هسته‌ی اتم چند  $\text{eV}$  است؟

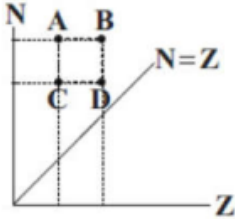
- ۱  $1/14 \times 10^8$       ۲  $4/11 \times 10^8$       ۳  $1/41 \times 10^8$       ۴  $4/81 \times 10^8$



۱۲) بین اجزای سازنده هسته‌ی یک اتم، سه نیروی  $F_1$ ،  $F_2$  و  $F_3$  وجود دارد. نیروی  $F_1$  از نوع دافعه و  $F_2$  و  $F_3$  از نوع جاذبه بوده و نیروی  $F_2$  خیلی قوی‌تر از نیروی  $F_3$  است. در رابطه با این نیروها کدام‌یک از عبارات‌های زیر نادرست است؟

- ۱) نیروی  $F_2$ ، نیرویی است که هر نوکلئون به نوکلئون‌های مجاور خود وارد می‌کند.
- ۲) نیروی  $F_1$  در مقایسه با نیروی  $F_2$ ، بلندتر و اغلب ضعیف‌تر است.
- ۳) با افزایش تعداد نوترون‌های هسته، نیروهای  $F_1$  و  $F_2$  افزایش می‌یابد.
- ۴) نیروی  $F_3$  بین تمام نوکلئون‌های هسته برقرار است.

۱۳) با توجه به نمودار زیر که مربوط به تغییرات N برحسب Z برای هسته‌های پایدار در طبیعت است کدام گزینه صحیح است؟



- ۱) A و B عدد جرمی یکسان دارند.
  - ۲) C و D ایزوتوپ هستند.
  - ۳) A و C دارای مشخصات شیمیایی یکسان هستند.
  - ۴) B و C عدد جرمی یکسان دارند.
- ۱۴) اگر جرم اتم X را  $M_x$  و جرم نوترون و پروتون آزاد را  $M_n$  و  $M_p$  بنامیم،  $ZM_p + NM_n$  در مقایسه با  $M_x$  ..... است و هر چه این کاستی جرم بیش‌تر باشد، نشان‌دهنده‌ی بزرگی ..... هسته است. (N و Z به ترتیب تعداد نوترون‌ها و پروتون‌های هسته است.)

- ۱) بزرگ‌تر - انرژی بستگی
- ۲) کوچک‌تر - انرژی بستگی
- ۳) بزرگ‌تر - شدت پرتوزایی
- ۴) کوچک‌تر - شدت پرتوزایی

۱۵) انرژی بستگی هسته، انرژی است که .....

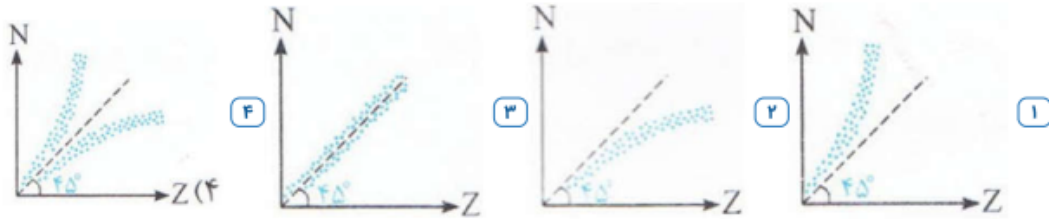
- ۱) یک الکترون می‌گیرد تا از یک تراز به تراز دیگر برود.
- ۲) یک الکترون می‌گیرد تا یک فوتون تابش کند.
- ۳) برای جدا کردن نوکلئون‌های یک هسته‌ی پایدار به پروتون‌ها و نوترون‌های سازنده‌اش نیاز است.
- ۴) لازم است به الکترون داده شود تا کاملاً از اتم جدا شود.

۱۶) در هسته‌ی اتم عنصر طبیعی، تعداد پروتون‌های هسته را با Z و تعداد نوترون‌ها را با N نشان می‌دهیم. اگر از سبک‌ترین اتم به سمت سنگین‌ترین آن‌ها برویم، نسبت  $\frac{N}{Z}$  چگونه تغییر می‌کند؟

- ۱) ثابت می‌ماند.
- ۲) افزایش می‌یابد.
- ۳) کاهش می‌یابد.
- ۴) با نظم معینی کم و زیاد می‌شود.



۱۷) نمودار تعداد نوترون بر حسب عدد اتمی، مطابق کدام گزینه است؟ (هریک از نقاط روی شکل، نماینده‌ی یکی از عناصر است.)



۱۸) کدامیک از عبارتهای زیر نادرست است؟

- ۱) عدد اتمی بیش‌تر عناصر پایدار موجود در طبیعت در بازه‌ی  $1 \leq Z \leq 83$  است.
- ۲) از عناصر سنگین با عدد اتمی بزرگ‌تر از ۸۳، فقط توریم ( $Z = 90$ ) و اورانیوم ( $Z = 92$ ) در طبیعت یافت می‌شود.
- ۳) نیروی قوی هسته‌ای بین نوترون و پروتون و یا پروتون و پروتون وجود ندارد.
- ۴) با اضافه شدن نوترون به هسته، بدون آن‌که رانش کولنی ایجاد شود، رایش هسته‌ای افزایش یافته و هسته پایدارتر می‌شود.

۱۹) ایزوتوپ ناپایدار توریم  ${}_{90}^{229}\text{Th}$  در طی واپاشی به ایزوتوپ فرانسیم  ${}_{87}^{221}\text{Fr}$  تبدیل می‌شود. در این واپاشی

مجموع ذرات گسیلی  $\alpha$  و  $\beta^-$  چه تعداد است؟

- ۱) ۲      ۲) ۳      ۳) ۴      ۴) ۵

۲۰) ایزوتوپ ناپایدار نپتونیم  $({}_{93}^{237}\text{Np})$  در واپاشی به ایزوتوپ رادون  $({}_{88}^{225}\text{Ra})$  تعداد  $n_1$  ذره‌ی  $\alpha$  و  $n_2$  ذره‌ی  $\beta$  گسیل می‌کند.  $n_2$  و  $n_1$  به ترتیب کدام است؟

- ۱) ۱، ۳      ۲) ۱، ۳      ۳) ۱، ۲      ۴) ۱، ۲

۲۱) در واپاشی یک هسته، کدامیک از موارد زیر درست است؟

- ۱) در واپاشی  $\beta^+$  یک نوترون به یک الکترون و یک پروتون تبدیل می‌شود.
- ۲) در واپاشی  $\beta^-$  یک نوترون به یک الکترون و یک پروتون تبدیل می‌شود.
- ۳) قدرت نفوذ ذرات  $\alpha$  بیشتر از سایر ذرات است.
- ۴) واپاشی  $\beta^+$  متداول‌ترین نوع واپاشی است.



۲۲ هسته فرضی  ${}_{75}^{140}X$  واپاشی می‌کند و یک ذره آلفا و دو ذره پوزیترون و سه فوتون گاما تابش می‌کند. عدد نوترونی هسته دختر کدام است؟

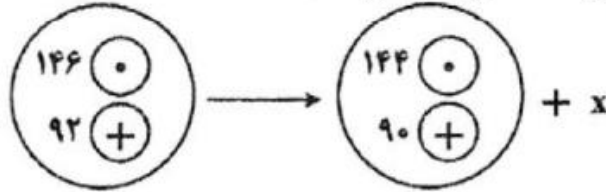
۳۲ (۴)

۳۳ (۳)

۳۴ (۲)

۳۵ (۱)

۲۳ در معادله مقابل  $X$  معرف چیست؟



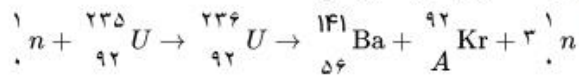
$\alpha + \beta$  (۴)

$\gamma$  (۳)

$\beta$  (۲)

$\alpha$  (۱)

۲۴ در معادله واپاشی مقابل A چند است؟



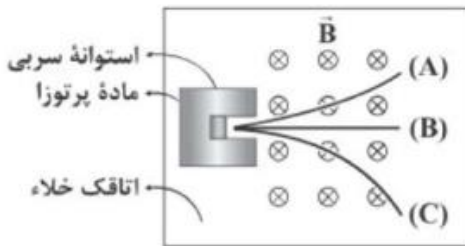
۲۸ (۴)

۱۸ (۳)

۳۶ (۲)

۱۲ (۱)

۲۵ مطابق شکل زیر، یک مادهی پرتوزا را درون اتاقک خلأ و در حضور یک میدان مغناطیسی قرار داده‌ایم. این ماده سه پرتوی آلفا ( $\alpha$ )، بتا ( $\beta$ ) و گاما ( $\gamma$ ) را تابش می‌کند. با توجه به امتداد حرکت پرتوها در میدان مغناطیسی یکنواخت، به ترتیب (از راست به چپ)  $A$ ،  $B$  و  $C$  در کدام گزینه به درستی آمده‌اند؟



۲ پرتو بتا - پرتو آلفا - پرتو گاما

۱ پرتو بتا - پرتو گاما - پرتو آلفا

۴ پرتو آلفا - پرتو گاما - پرتو بتا

۳ پرتو آلفا - پرتو بتا - پرتو گاما

۲۶ اگر مقدار نفوذ پرتوهای گاما در ورقه‌ی سربی،  $m$  برابر مقدار نفوذ پرتوهای  $\beta$  در ورقه‌ی سربی باشد و مقدار نفوذ پرتوهای  $\beta$  در ورقه‌ی سربی،  $n$  برابر مقدار نفوذ پرتوهای  $\alpha$  در ورقه‌ی سربی باشد، نسبت  $\frac{m}{n}$  به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟

۱۰ (۴)

۱۰ (۳)

۱۰۰ (۲)

۱ (۱)

۲۷ اگر هسته‌ی عنصر  ${}_{92}^{235}U$  یک نوترون جذب کند، هسته شکافته شده و به هسته‌های  ${}_{36}^{92}Kr$  و  ${}_{56}^{141}Ba$  و

تعدادی نوترون تقسیم می‌شود. در اثر این شکافت، چند نوترون آزاد می‌گردد؟

۲ (۴)

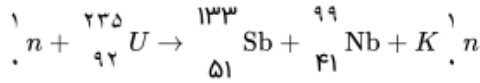
۳ (۳)

۴ (۲)

۵ (۱)



۲۸ در فعل و انفعال هسته‌ای زیر، تعداد ..... نوترون سریع آزاد شده و از ..... به عنوان کندساز نوترون‌ها استفاده می‌شود.



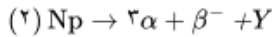
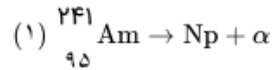
- ۱ - ۴ - گرافیت      ۲ - ۳ - گرافیت      ۳ - ۳ - کادمیم      ۴ - ۴ - کادمیم

۲۹ چه تعداد از عبارتهای زیر نادرست هستند؟

- الف) در واپاشی  $\beta$ ، الکترون گسیل‌شده در هسته‌ی مادر وجود ندارد، ولی یکی از الکترون‌های مدارهای اتم است.  
 ب) واپاشی  $\alpha$  در هسته‌های سبک صورت می‌گیرد و برد این ذره‌ها کوتاه است.  
 ج) تنها در برخی از فرایندهای واپاشی پرتوزا مشاهده شده است که تعداد نوکلئون‌ها در طی فرایند واپاشی هسته‌ای، پایسته می‌ماند.  
 د) پرتوهای  $\alpha$ ، بیشترین نفوذ و پرتوهای  $\gamma$ ، کم‌ترین نفوذ را دارند.  
 ه) در پرتوزایی طبیعی، سه نوع پرتوی  $\alpha$ ،  $\beta$  و  $\gamma$  ایجاد می‌شود.

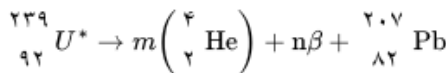
- ۱ - ۲      ۲ - ۳      ۳ - ۴      ۴ - ۵

۳۰ هسته آمرسیم  $({}_{95}^{241}\text{Am})$  با تابش یک ذره آلفا واپاشیده شده و طبق رابطه ۱ به یک ایزوتوپ نپتونیم تبدیل می‌شود. سپس هسته نپتونیم، طبق رابطه ۲، از طریق گسیل یک ذره بتای منفی و ۳ ذره آلفا به هسته دختر  $\gamma$  تبدیل می‌شود. عدد نوترونی هسته دختر  $\gamma$  چقدر است؟



- ۱ - ۱۳۱      ۲ - ۱۳۳      ۳ - ۱۳۷      ۴ - ۱۳۴

۳۱ در واکنش هسته‌ای مقابل،  $m$ ،  $n$  و نوع ذره  $\beta$ ، مطابق کدام گزینه است؟



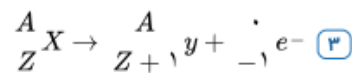
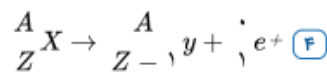
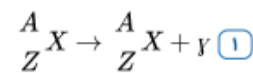
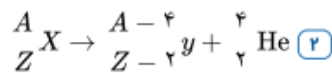
- ۱ -  $m = 8$ ،  $n = 6$  و ذره  $\beta$  الکترون است.      ۲ -  $m = 4$ ،  $n = 8$  و ذره  $\beta$  پوزیترون است.  
 ۳ -  $m = 6$ ،  $n = 8$  و ذره  $\beta$  الکترون است.      ۴ -  $m = 8$ ،  $n = 6$  و ذره  $\beta$  پوزیترون است.

۳۲ دو عنصر A و B ایزوتوپ هستند و عدد جرمی عنصر B، ۲۵ درصد بیشتر از عدد جرمی عنصر A است. اگر عنصر A با

تابش دو ذره  $\alpha$  به عنصر  ${}_{86}^{216}\text{X}$  تبدیل شود، اختلاف تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های عنصر B کدام است؟

- ۱ - ۸۶      ۲ - ۱۰۰      ۳ - ۷۸      ۴ - ۹۰

۳۳ کدامیک از معادلات زیر واپاشی  $B^+$  را نشان می‌دهد؟



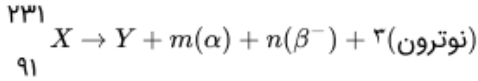


۳۴ هسته‌ی مادر  $X$  با  $230$  تا تابش تعدادی آلفا و تعدادی ذره  $\beta^+$  به هسته‌ی دختر  $Y$  تبدیل شده و تعداد نوکلئون‌های

آن ۱۶ عدد کاهش می‌یابد. اگر تعداد نوترون‌های هسته‌ی دختر از پروتون‌های هسته‌ی دختر از پروتون‌های آن ۵۴ تا بیشتر باشد، چند ذره  $\beta^+$  در این واپاشی گسیل شده است؟

- ۱) ۵      ۲) ۴      ۳) ۳      ۴) ۲

۳۵ در واکنش هسته‌ای زیر مجموع  $m + n$  برابر چند است؟



- ۱) ۲۶      ۲) ۶      ۳) ۸      ۴) ۱۰

۳۶ در واپاشی هسته‌های ناپایدار، کدام مورد درست است؟ ( $e = 1.6 \times 10^{-19} C$ )

۱) هنگام گسیل پوزیترون بار هسته به اندازه‌ی  $1.6 \times 10^{-19} C$  افزایش می‌یابد.

۲) هنگام گسیل الکترون بار هسته به اندازه‌ی  $1.6 \times 10^{-19} C$  کاهش می‌یابد.

۳) هنگام گسیل  $\alpha$  بار هسته به اندازه‌ی  $3/2 \times 10^{-19}$  کاهش می‌یابد.

۴) هنگام گسیل گاما یا پوزیترون یا الکترون، بار هسته ثابت می‌ماند.

۳۷ در واپاشی گاما، کدام تغییر در هسته ایجاد می‌شود؟

۱) هسته‌ی برانگیخته به حالت پایه می‌رسد.

۲) هسته از حالت پایه به حالت برانگیخته می‌رسد.

۳) تعداد نوکلئون‌ها ثابت می‌ماند و عدد اتمی یک واحد افزایش می‌یابد.

۴) تعداد نوکلئون‌ها ۴ واحد کاهش می‌یابد و عدد اتمی ۲ واحد کاهش می‌یابد.

۳۸ یک هسته‌ی رادیواکتیو ۲ پرتو  $\gamma$ ، ۲ ذره بتای منفی و ۱ ذره آلفا گسیل می‌کند، عدد اتمی و عدد جرمی هسته‌ی مادر به ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می‌کند؟

۱) ثابت می‌ماند - ۴ واحد کاهش می‌یابد.

۲) ثابت می‌ماند - ۲ واحد کاهش می‌یابد.

۳) ثابت می‌ماند - ۴ واحد کاهش می‌یابد.

۴) ثابت می‌ماند - ۲ واحد کاهش می‌یابد.

۳۹ هسته‌ای در تابش‌های پی‌درپی به ایزوتوپ دیگر خود با ۸ نوترون کمتر تبدیل شده است. در این واکنش به ترتیب از راست به چپ چند ذره  $\alpha$  و چند ذره  $\beta^-$  تابش شده است؟

- ۱) ۴ و ۴      ۲) ۲ و ۴      ۳) ۲ و ۴      ۴) ۲ و ۸

۴۰ هسته‌ی فرضی  $X$ ،  $m$  پرتو  $\alpha$  و  $n$  پرتو پوزیترون تابش می‌کند. عدد اتمی و عدد نوترونی آن به ترتیب ۱۰ و ۶ واحد کاهش می‌یابد  $m + n$  کدام است؟

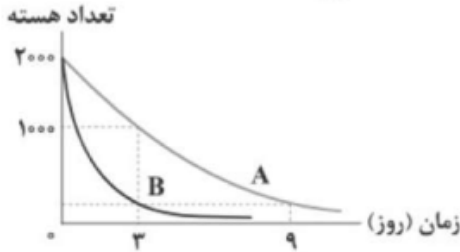
- ۱) ۴      ۲) ۵      ۳) ۶      ۴) ۷



۴۱) نیمه عمر یک ماده‌ی رادیواکتیو، ۵ شبانه روز است. اگر پس از ۲۰ شبانه روز، مقدار ۴۵ گرم از جرم هسته‌های پرتوزای این ماده متلاشی شود، پس از چند شبانه روز از نقطه‌ی شروع واپاشی تنها  $0/75$  گرم از آن باقی می‌ماند؟

- ۱) ۱۰      ۲) ۱۵      ۳) ۲۰      ۴) ۳۰

۴۲) نمودار تعداد هسته‌های دو ماده‌ی پرتوزای  $A$  و  $B$  برحسب زمان، مطابق شکل زیر است. پس از چند روز،  $\frac{1}{128}$  هسته‌های  $B$  فعال باقی می‌مانند؟

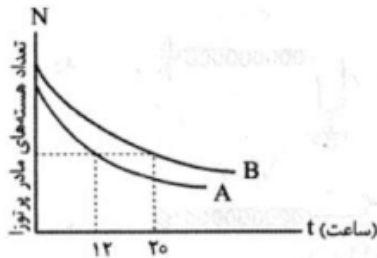


- ۱) ۲      ۲) ۴      ۳) ۶      ۴) ۷

۴۳) جرم باقی‌مانده از  $24g$  ماده‌ی رادیواکتیو با نیمه‌عمر ۱۳ سال، بعد از گذشت ۳ نیمه‌عمر، معادل با چند کیلووات ساعت انرژی است؟  $(c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s})$

- ۱)  $6 \times 10^7$       ۲)  $7/5 \times 10^7$       ۳)  $6 \times 10^8$       ۴)  $7/5 \times 10^8$

۴۴) در شکل مقابل، نمودار تعداد هسته‌های مادر پرتوزا برحسب زمان نشان داده شده است. اگر اختلاف نیمه‌عمر این دو ماده  $1/6$  ساعت باشد، نیمه‌عمر هسته‌ی  $A$  چند ساعت است؟



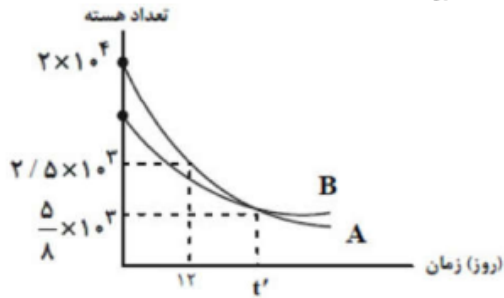
- ۱) ۲      ۲)  $2/4$       ۳) ۴      ۴)  $5/6$

۴۵) نیمه‌عمر  $^{131}_{53}I$  هشت روز است. در حادثه‌ی چرنوبیل، این ایزوتوپ وارد محیط زیست شد. اگر تعداد هسته‌های مادر اولیه ۴۰۰۰ فرض شود، پس از چند روز  $3875$  هسته در اثر واپاشی به هسته‌های سبک‌تر تبدیل می‌شود؟

- ۱) ۴۰      ۲) ۳۲      ۳) ۲۸      ۴) ۱۶

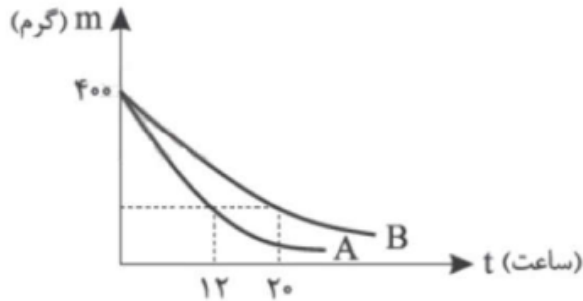


۴۶) نمودار تغییرات تعداد هسته‌ها برحسب زمان برای دو ماده پرتوزای A و B به صورت شکل مقابل است. اگر نیمه‌عمر ماده B برابر ۵ روز باشد، تعداد هسته‌های اولیه این ماده چه تعداد بوده است؟



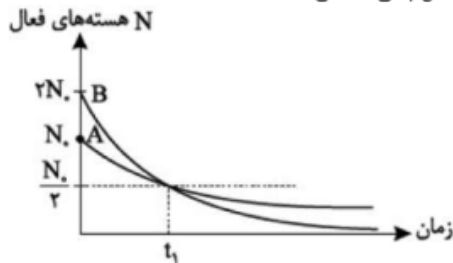
- ۱)  $3 \times 10^3$       ۲)  $5 \times 10^3$       ۳)  $10^4$       ۴)  $1/5 \times 10^4$

۴۷) نمودار زیر، جرم فعال دو ماده‌ی رادیواکتیو A و B را برحسب زمان نمایش می‌دهد. اگر اختلاف زمان بین نیمه عمر این دو ماده،  $1/6$  ساعت باشد، جرم فعال ماده‌ی B پس از گذشت ۱۲ ساعت چند گرم است؟



- ۱) ۱۰۰      ۲) ۵۰      ۳) ۲۵      ۴)  $12/5$

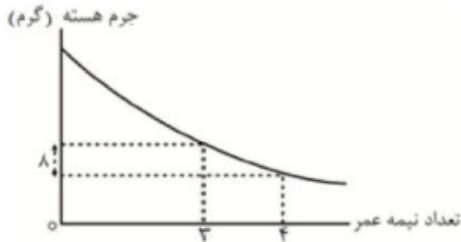
۴۸) شکل مقابل نمودار تعداد هسته‌های فعال باقی‌مانده‌ی دو ماده‌ی رادیواکتیو A و B را نشان می‌دهد. در لحظه‌ی  $t_1$ ، تعداد هسته‌های فعال باقی‌مانده‌ی A، چند برابر تعداد هسته‌های فعال باقی‌مانده‌ی B است؟



- ۱) ۲      ۲) ۴      ۳) ۸      ۴) ۱۶



۴۹) نمودار تغییرات جرم هسته‌های فروپاشی نشده برحسب گرم در یک نمونه هسته پرتوزا برحسب زمان به صورت مقابل است. جرم هسته اولیه چند گرم است؟



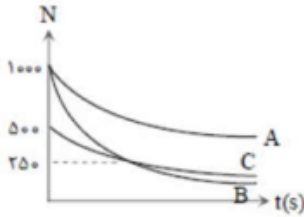
۲۵۶ (۴)

۱۲۸ (۳)

۶۴ (۲)

۳۲ (۱)

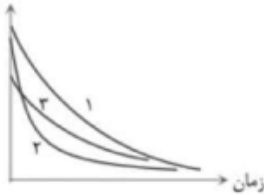
۵۰) نمودار تعداد هسته‌های سه عنصر پرتوزا برحسب زمان، مطابق شکل زیر است. اگر نیمه عمر این سه عنصر  $T_A$ ،  $T_B$  و  $T_C$  باشد، کدام مورد درست است؟



$T_A > T_C > T_B$  (۴)     $T_A > T_B > T_C$  (۳)     $T_A > T_B = T_C$  (۲)     $T_A = T_C > T_B$  (۱)

۵۱) شکل زیر نمودار تغییرات تعداد هسته‌های مادر پرتوزای سه نمونه را برحسب زمان نشان می‌دهد. نیمه عمر این سه نمونه را با هم مقایسه کنید.

تعداد هسته‌های مادر پرتوزا



$T_1 > T_2 > T_3$  (۴)     $T_1 > T_2 > T_3$  (۳)     $T_2 > T_1 > T_3$  (۲)     $T_2 > T_3 > T_1$  (۱)

۵۲) نیمه عمر یک ماده پرتوزا  $\frac{T}{2}$  است. پس از گذشت  $\frac{4T}{3}$  چند درصد هسته‌های ماده‌ی اولیه باقی می‌ماند؟

۱۲/۵ (۴)

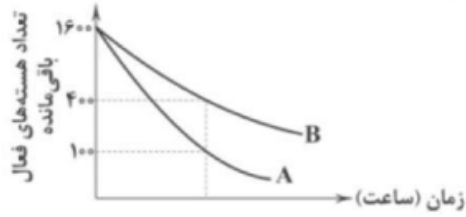
۴/۲۵ (۳)

۳ (۲)

۲/۵ (۱)



۵۳) نمودار تعداد هسته‌های دو ماده‌ی پرتوزای  $A$  و  $B$  به صورت نشان داده شده است. اگر بعد از گذشت ۱۸ ساعت،  $\frac{۸۷}{۵}$  درصد از هسته‌های اولیه‌ی ماده‌ی  $B$  در لحظه‌ی  $t_0 = 0$  واپاشیده شده باشد، نیمه‌عمر ماده‌ی  $A$  چند ساعت است؟



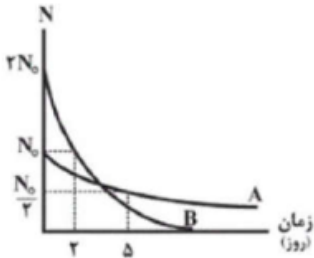
۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۵۴) نمودار زیر، تعداد هسته‌های مادر پرتوزا برحسب زمان را برای دو عنصر پرتوزای  $A$  و  $B$  نشان می‌دهد. پس از گذشت ۳ روز، نسبت هسته‌های باقی‌مانده‌ی عنصر  $A$  به عنصر  $B$  کدام است؟



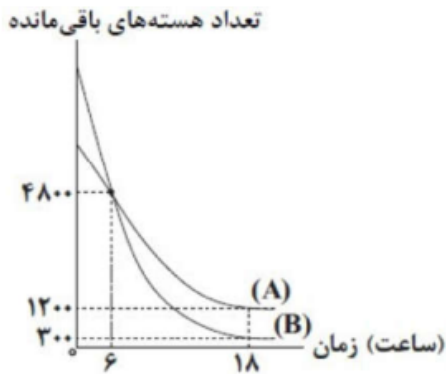
۶۴ (۴)

۲۵۶ (۳)

۵۱۲ (۲)

۱۲۸ (۱)

۵۵) نمودار تعداد هسته‌های فعال باقی مانده برای دو ماده‌ی پرتوزای  $A$  و  $B$  برحسب زمان به صورت شکل زیر است. نیمه‌عمر ماده‌ی  $A$  چند برابر نیمه‌عمر ماده‌ی  $B$  است؟



$\frac{1}{2}$  (۴)

$\frac{3}{4}$  (۳)

$\frac{4}{3}$  (۲)

۲ (۱)

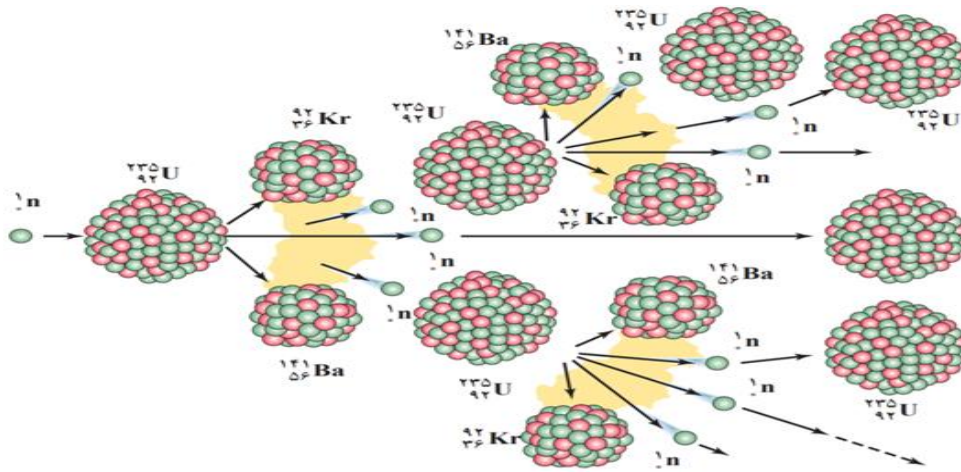


## شکافت هسته ای

(ویژه دانش آموزان ریاضی)

### شکافت هسته ای

فرایند **تقسیم شدن** یک هسته‌ی سنگین به دو هسته با **جرم کمتر**، **شکافت هسته ای** نامیده می‌شود و **واکنش زنجیری** : فرایند شکافت اورانیوم با جذب یک نوترون  $n$  گند آغاز می‌شود نوترونها پس از گند شدن، توسط هسته های دیگر جذب می‌شوند و باعث شکافت در تعدادی هسته اورانیم دیگر می‌شوند و نوترون آزاد می‌کنند. اگر هر یک از این نوترون ها نیز موفق به شکافت یک هسته‌ی اورانیم شود باز هم تعدادی یگر نوترون آزاد می‌شود و به همین ترتیب تا آخر این داستان ادامه پیدا میکند که این رشته واکنش را، واکنش زنجیری می‌نامند



### غنی سازی اورانیم:

به فرایند افزایش درصد یا غلظت ایزوتوپ **235** در یک نمونه، **غنی سازی** گفته می‌شود. بیشتر راکتور های تجاری تولید برق، مانند راکتور نیروگاه هسته ای بوشهر، از اورانیمی استفاده می‌کنند که در آنها ایزوتوپ اورانیموم که تا ۳ درصد غنی سازی شده استفاده میکنند همچنین در بیشتر راکتور های پژوهشی، مانند راکتور پژوهشی دانشگاه تهران، از سوختی استفاده می‌شود که ایزوتوپ اورانیموم آن تا ۲۰ درصد غنی سازی شده است.

**تست :** غنی‌سازی در یک نمونه اورانیم، در کدام گزینه صحیح بیان است؟

- (۱) تبدیل هرچه بیشتر اورانیم ۲۳۵ به اورانیم ۲۳۸
- (۲) تبدیل هرچه بیشتر اورانیم ۲۳۸ به اورانیم ۲۳۵
- (۳) افزایش درصد ایزوتوپ‌های اورانیموم ۲۳۸
- (۴) افزایش درصد ایزوتوپ‌های اورانیم ۲۳۵

۴۵

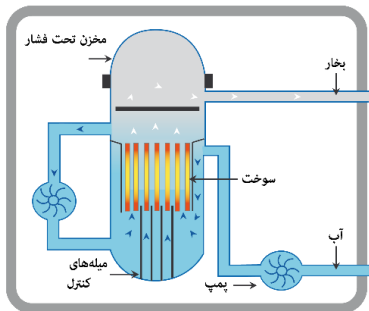


## راکتور هسته ای

راکتور هسته ای، جایی است که در آن واکنش زنجیری شکافت به شکل کنترل شده رخ می دهد

### اجزای یک راکتور هسته ای را نام ببرید و توضیح دهید؟

راکتورهای هسته ای افزون بر سوخت هسته ای و ماده کندساز (آب سنگین آب معمولی و گرافیت (کربن) دارای، میله های کنترل و شاره ای (معمولاً آب) هستند که گرما را به خارج راکتور انتقال می دهد میله های کنترل معمولاً از مواد جذب کنندهی نوترون، مانند کادمیم یا بور، ساخته می شوند



### گداخت (همجوشی) هسته ای

یک نوع دیگر واکنش هسته ای که منشأ تولید انرژی در ستارگان و از جمله خورشید است، گداخت یا همجوشی هسته ای نام دارد. در فرایند گداخت هسته ای، دو هسته سبک با یکدیگر ترکیب می شوند و هسته ی سنگین تری به وجود می آورند



**تست:** از اتم ها یا مولکول های کدام ماده در راکتورهای شکافت هسته ای به عنوان کندساز نوترون ها استفاده نمی شود؟

- |          |              |               |          |
|----------|--------------|---------------|----------|
| (۱) کربن | (۲) آب سنگین | (۳) آب معمولی | (۴) جیوه |
|----------|--------------|---------------|----------|
- گ ۴

**تست:** میله های کنترل معمولاً از مواد جذب کننده نوترون، مانند ..... و ..... ساخته می شوند

- |                   |                    |                 |                      |
|-------------------|--------------------|-----------------|----------------------|
| (۱) کادیوم یا بور | (۲) کادیوم یا جیوه | (۳) بور یا جیوه | (۴) پلاتینیوم یا بور |
|-------------------|--------------------|-----------------|----------------------|

گ ۱



## Final homework

**تست ۱:** چند مورد از موارد زیر صحیح است؟

یک مورد      دو مورد      سه مورد      چهار مورد

الف: اساس و چکیده فیزیک جدید را نظریه های نسبیت و کوانتومی می سازد

ب: بعضی کمیت ها هستند که گسسته هستند و به این کمیت های گسسته (نا پیوسته) (همانند بار الکتریکی یا تعداد انسانها) کمیت های کوانتومی گفته میشود، یعنی این کمیت ها هر مقداری را نمیتوانند دارا باشند، و تنها میتوانند مضرب درستی از یک مقدار پایه باشند.

ج: مقدار انرژی که یک جسم به صورت امواج الکترومغناطیسی تابش میکند نمیتواند هر مقداری داشته باشد و کوانتومی است

د: وقتی نوری با بسامد و انرژی کافی به سطح یک فلز بتابد الکترونهاى آن برانگیخته و از سطح فلز جدا می-شوند که به این پدیده فتوالکتریک میگویند

**تست ۲:** یک لامپ ۱۰۰ واتى نوری با طول موج  $600 \mu m$  تولید می کند. اگر بازده لامپ ۲۰ درصد باشد، در هر دقیقه چند فوتون از این لامپ گسیل می شود؟ ( $h = 4 \times 10^{-15} eV.s, c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ )

(۱)  $4/25 \times 10^{23}$       (۲)  $3/75 \times 10^{23}$

(۳)  $4/25 \times 10^{24}$       (۴)  $3/75 \times 10^{24}$

**تست ۳:** لامپ A با توان ورودی  $200W$  و بازده ۵۰٪ امواجی با طول موج  $500nm$  تولید می کند و لامپ B با توان ورودی  $50W$  و بازده ۲۵٪ امواجی با طول موج  $400nm$  تولید می کند. در یک مدت زمان معین تعداد فوتون های تابش شده توسط لامپ A چند برابر لامپ B است؟

(۱) 10      (۲)  $\frac{1}{10}$       (۳) 5      (۴)  $\frac{1}{5}$



**تست ۴:** یک لامپ رشته ای با توان 25W در یک محیط، نور تولید می کند و یک ناظر در فاصله ی  $100m$  از آن ایستاده است. لامپ ۲۰ درصد از انرژی دریافتی را به نور مرئی تبدیل می کند. اگر ۲٪ از این تابش مرئی دارای طول موج  $660nm$  باشد، در هر ثانیه چه تعداد فوتون با این طول موج وارد هر مردمک چشم ناظر می شود؟ (قطر مردمک  $4mm$  است و  $hc = 1320eV \cdot nm$  ,  $e = 1/6 \times 10^{-19}C$ )

(۱)  $6/25 \times 10^9$  (۲)  $3/125 \times 10^9$

(۳)  $6/25 \times 10^7$  (۴)  $3/125 \times 10^7$

**تست ۵:** در ارتباط با پدیده ی فوتوالکتریک چه تعداد از عبارت های زیر صحیح هستند؟

(الف) هنگامی که پدیده ی فوتوالکتریک رخ می دهد، افزایش تعداد فوتون های فرودی، می تواند شدت جریان و بیشینه ی انرژی جنبشی فوتوالکترون ها را افزایش دهد.

(ب) بنابر نظر ماکسول، شدت نور با مربع دامنه ی میدان الکتریکی موج الکترومغناطیسی متناسب است. ( $I \propto E^2$ )

(ج) برای افزایش بیشینه ی انرژی جنبشی فوتوالکترون ها می توان از فلزی با تابع کار کمتر استفاده کرد.

(د) اگر بسامد نور فرودی در پدیده ی فوتوالکتریک از حد معینی کمتر باشد، با افزایش تعداد فوتون های تابیده شده نمی توان پدیده ی فوتوالکتریک را انجام داد.

(۱) 4 (۲) 3 (۳) 2 (۴) 1

**تست ۶:**

تابش الکترومغناطیسی با بسامد  $8/5 \times 10^{14}$  هرتز به سطح فلزی که تابع کار آن  $2/5$  الکترون ولت است، می تابد. اگر ثابت پلانک  $4 \times 10^{-15} eV \cdot s$  باشد، بیشینه تندی فوتوالکترون ها چند متر بر ثانیه است؟ (جرم هر الکترون  $9 \times 10^{-31} kg$  فرض شود).

(۱)  $4\sqrt{2} \times 10^5$  (۲)  $4 \times 10^5$  (۳)  $0/9$  (۴) 4





**تست ۱۰:** در پدیده فوتوالکتریک، برای این که بیشینه سرعت خروج الکترون ها از سطح فلز افزایش یابد، باید

.....

(۱) بسامد نور تابشی کاهش یابد.

(۲) در بسامد ثابت، شدت نور فرودی افزایش یابد.

(۳) از فلزهایی که از نظر الکتریکی رساناتر هستند، استفاده شود.

(۴) از نوری با طول موج بلندتر استفاده شود.

## تست ۱۱:

تابع کار فلزی  $4/5 eV$  است. اگر نوری به طول موج  $150$  نانومتر به آن فلز بتابانیم، بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترن های جدا شده از سطح فلز چند الکترون ولت است؟ ( $h = 4 \times 10^{-31} J.s$  و  $c = 3 \times 10^8 m/s$ )

- (۱) ۲      (۲) ۲/۵      (۳) ۳/۵      (۴) ۴

## تست ۱۲:

در آزمایش فوتوالکتریک که با نوری با طول موج  $\lambda$  انجام شده است، بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترن ها  $6/4 \times 10^{-19} J$  است. اگر از نوری با طول موج  $2\lambda$  استفاده شود، بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترن ها ۷۵ درصد کاهش می یابد. بسامد آستانه ی این فلز چند تراهرتز است؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} C$ ,  $hc = 1200 eV.nm$ )

- (۱) ۵      (۲) ۶      (۳) ۵۰۰      (۴) ۶۰۰

## تست ۱۳:

در آزمایش فوتوالکتریک، بسامد آستانه ی فلز  $5/8 \times 10^{15} Hz$  است اگر انرژی هر یک از فوتون های فرودی به فلز  $4/125 \times 10^{-19} J$  باشد، بیشینه ی تندی فوتوالکترن های تولید شده چند متر بر ثانیه است؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} C$ ,  $m_e = 9 \times 10^{-31} kg$ ,  $h = 4 \times 10^{-31} eV.s$ )

(۱)  $\frac{1}{6} \times 10^5$       (۲)  $\frac{1}{6} \times 10^6$

(۳)  $\frac{5}{7} \times 10^4$       (۴)  $\frac{5}{7} \times 10^5$



## تست ۱۴:

در یک آزمایش فوتوالکتریک، تابع کار فلز  $2/5 \text{ eV}$  است. بلند ترین طول موجی که سبب گسیل فوتوالکتریک ها می شود، در کدام ناحیه از طیف امواج الکترومغناطیسی قرار دارد؟

$$(e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C} , h = 6/6 \times 10^{-34} \text{ J.s} , c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}})$$

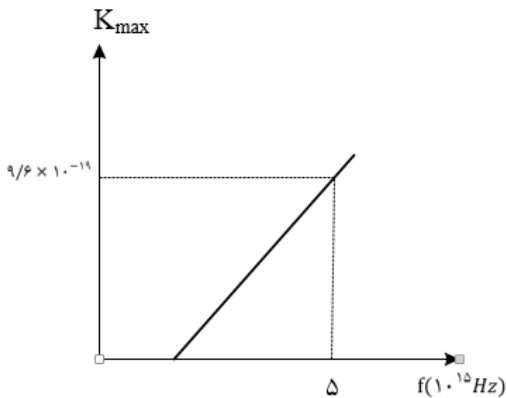
- (۱) اشعه ی x      (۲) مرئی      (۳) مرئی      (۴) فرسرخ

## تست ۱۵:

نمودار بیشینه ی انرژی جنبشی فوتوالکتریک های گسیل شده از سطح یک فلز بر حسب بسامد نور فرودی بر آن در یک آزمایش فوتوالکتریک مطابق شکل زیر است. اگر نوری با بسامد  $7/5 \times 10^{15} \text{ Hz}$  بر سطح این فلز تابش کنیم، بیشینه ی انرژی جنبشی فوتوالکتریک های گسیل شده چند الکترون ولت می شود؟

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

- (۱) ۱۴      (۲) ۱۶      (۳) ۸      (۴) ۳۰







## تست ۱۸:

در یک آزمایش فوتوالکتریک، تابع کار فلز  $3\text{eV}$  است. اگر نوری با طول موج  $200\text{nm}$  بر سطح فلز بتابد، بیشینه سرعت فوتوالکترون ها برابر  $V$  است و اگر نوری با طول موج  $300\text{nm}$  بر فلز بتابد، بیشینه سرعت فوتوالکترون ها  $V'$  است.  $\frac{V'}{V}$  کدام است؟ ( $hc = 1200\text{ eV}\cdot\text{nm}$ )

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

## تست ۱۹:

در یک آزمایش فوتوالکتریک، نوری با بسامد  $150\cdot\text{THz}$  به یک فلز معین می تابد و بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون های گسیل شده برابر  $5/1 \times 10^{-19}\text{J}$  است. در آزمایش دیگری از نوری با بسامد  $300\cdot\text{THz}$  برای همان فلز استفاده می شود. بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون ها برابر چند ژول می شود؟ ( $h = 6/6 \times 10^{-34}\text{Js}$ )

- (۱)  $4 \times 10^{-19}$       (۲)  $6 \times 10^{-19}$   
(۳)  $1/02 \times 10^{-18}$       (۴)  $1/5 \times 10^{-18}$

## تست ۲۰:

تابع کار دو فلز A و B، به ترتیب  $4/5\text{eV}$  و  $3\text{eV}$  است. اگر نوری با طول موج  $150\text{nm}$  به هر دو فلز بتابد بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون های فلز A چند درصد کمتر از بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون های

B است؟ ( $e = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  ,  $h = 4 \times 10^{-15}\text{eV}\cdot\text{s}$ )

- (۱) 30      (۲) 40      (۳) 60      (۴) 70



## تست ۲۱:

طیف نشری عناصر در حالت جامد، دارای طیف ..... و در حالت گاز با غلظت بسیار کم دارای طیف ..... است.

- (1) پیوسته - گسسته  
 (2) گسسته - پیوسته  
 (3) پیوسته - پیوسته  
 (4) گسسته - گسسته

## تست ۲۲:

طیف حاصل از کدام موارد زیر، یک طیف گسیلی پیوسته است؟

- (1) طیف نور سفیدی که از یک شیشه قرمز عبور می کند  
 (2) طیف حاصل از تخلیه الکتریکی گازها  
 (3) طیف حاصل از گازهای کم فشار و رقیق جیوه‌ای  
 (4) طیف حاصل از یک جسم جامد در حالت التهاب

## تست ۲۳:

در اتم هیدروژن بسامد چندمین خط طیفی در رشته لیمان برابر  $10^{15} \text{ Hz} \times \frac{8}{3}$  است؟

$$(c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}, R = 0/011(nm)^{-1})$$

- (1) اولین (2) دومین (3) سومین (4) چهارمین

## تست ۲۴:

طول موج پنجمین خط طیف اتم هیدروژن در رشته ی بالمر ( $n' = 2$ ) تقریباً چند نانومتر است و این خط در کدام گستره‌ی طیف موج های الکترومغناطیسی قرار دارد؟ ( $R = 0/011(nm)^{-1}$ )

- (1) ۳۹۶ فرابنفش (2) ۴۶۰ مرئی (3) ۶۳۶ مرئی (4) ۳۶۰ فرابنفش



## تست ۲۵:

اختلاف طول موج دومین و سومین خط طیفی اتم هیدروژن در رشته ی پاشن ( $n' = 3$ ) چند نانومتر است؟  
 $(R = 0/011(mm)^{-1})$

- (۱)  $\frac{825}{8}$  (۲) 150 (۳)  $\frac{825}{4}$  (۴) 300

## تست ۲۶:

در طیف اتم هیدروژن کوتاه ترین طول موج مرئی چند برابر کوتاه ترین طول موج فرابنفش است؟

- (۱)  $\frac{9}{8}$  (۲)  $\frac{1}{8}$  (۳)  $\frac{4}{3}$  (۴) 4

## تست ۲۷:

در طیف گسیلی هیدروژن، کوتاه ترین طول موج گسیلی چند نانومتر است و این گسیل مربوط به کدام رشته است؟  $R = 0/01(nm)^{-1}$

- (۱) 100 و بالمر (۲) ۱۰۰ و لیمان  
 (۳)  $\frac{400}{3}$  و بالمر (۴)  $\frac{400}{3}$  و لیمان

## تست ۲۸:

بسامد سومین خط طیف اتم هیدروژن در کدام رشته  $2/5 \times 10^{14} Hz$  است؟

$$(c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}, R = \frac{1}{100}(nm)^{-1})$$

- (۱) پاشن ( $n' = 3$ ) (۲) براکت ( $n' = 4$ )  
 (۳) پفوند ( $n' = 5$ ) (۴) بالمر ( $n' = 2$ )

## تست ۲۹:

در اتم هیدروژن، الکترون از مدار  $n$  به مدار  $n'$  می رود و فوتونی با طول موج  $112/5$  نانومتر گسیل می کند.  $n$  و  $n'$  به ترتیب کدام هستند؟  $(R = \frac{1}{100}(nm)^{-1})$

- (۱) ۳ و ۱ (۲) ۴ و ۱ (۳) ۳ و ۲ (۴) ۴ و ۲



## تست ۳۰:

طول موج خط دوم سری بالمر ( $n' = 2$ ) در اتم هیدروژن چند برابر بلند ترین طول موج سری بالمر آن است؟

- (۱)  $\frac{16}{25}$       (۲)  $\frac{20}{27}$       (۳)  $\frac{8}{27}$       (۴)  $\frac{5}{192}$

## تست ۳۱:

در رشته بالمر ( $n' = 2$ ) بلند ترین طول موج غیر مرئی چند برابر کوتاه ترین طول موج غیر مرئی این رشته است؟

- (۱)  $\frac{9}{5}$       (۲)  $\frac{49}{5}$       (۳)  $\frac{49}{45}$       (۴)  $\frac{18}{5}$

## تست ۳۲:

در اتم هیدروژن در رشته ی بالمر ( $n' = 2$ )، بلندترین طول موج گسیل شده، چند نانومتر بیشتر از کوتاه ترین موج این رشته است؟ ( $R = 0/011(mm)^{-1}$ )

- (۱) 240      (۲) 320      (3) 400      (۴) 500

## تست ۳۳:

در طیف اتمی هیدروژن، کم ترین بسامد فوتون فرابنفش تابشی در سری بالمر ( $n' = 2$ )، چند برابر بیش ترین بسامد فوتون تابشی در سری لیمان ( $n' = 1$ ) است؟

- (۱)  $\frac{2}{9}$       (۲)  $\frac{36}{5}$       (۳)  $\frac{1}{4}$       (۴)  $\frac{45}{196}$

## تست ۳۴:

کدام یک از موارد زیر را نمی توان برای اتم های هیدروژن گونه، با استفاده از مدل اتمی بور توجیه کرد؟

- (۱) تبیین پایداری اتم      (۲) طول موج های گسیلی طیف اتم  
 (۳) گسسته بودن تراز های انرژی الکترون در اتم      (۴) متفاوت بودن شدت خط های طیف گسیلی اتم



## تست ۳۵:

کدام یک از موارد زیر بر طبق الگوی اتمی بور صحیح نیست؟

- (۱) این مدل را می توان برای اتم های هیدروژن گونه مثل  $Li^{2+}$  به کار برد.
- (۲) این الگو در محاسبه انرژی یونش اتم هیدروژن کاملا موفق است.
- (۳) این الگو می تواند پایداری حرکت الکترون به دور هسته در اتم هیدروژن را توجیه کند.
- (۴) این الگو می تواند متفاوت بودن شدت خط های طیف گسیلی از اتم هیدروژن را توضیح دهد.

## تست ۳۶:

الکترون در اتم هیدروژن در حالت پایه قرار دارد. انرژی لازم برای این که الکترون از حالت پایه به اولین حالت برانگیخته جهش کند، چند ژول است؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19}C, E_R = 13/6eV$ )

- |                             |                       |
|-----------------------------|-----------------------|
| (۱) $1.632 \times 10^{-18}$ | (۲) $1.6 \times 10^6$ |
| (۳) $5.5 \times 10^4$       | (۴) $5.7 \times 10^5$ |

## تست ۳۷:

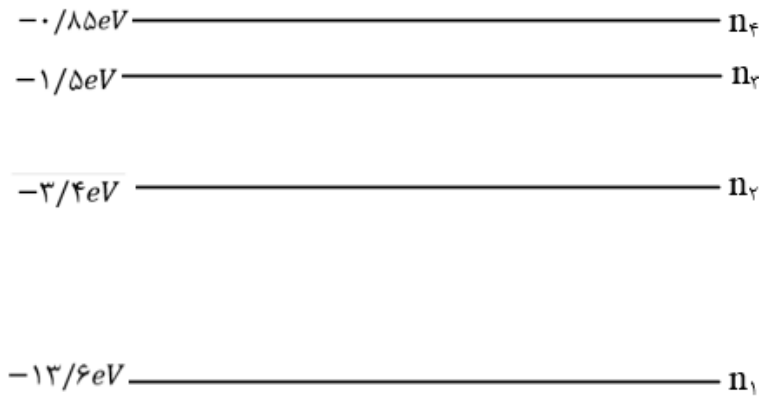
الکترون اتم هیدروژنی در تراز  $n = 5$  قرار دارد. با در نظر گرفتن تمام گذارهای ممکن، کم انرژی ترین فوتونی که می تواند گسیل کند، بسامدش چند تراهنز تر است؟ ( $E_R = 13/6eV, h = 4 \times 10^{-15}eV.s$ )

- |            |            |           |            |
|------------|------------|-----------|------------|
| (۱) $25/5$ | (۲) $76/5$ | (۳) $170$ | (۴) $3264$ |
|------------|------------|-----------|------------|



## تست ۳۸:

شکل زیر، تعدادی از ترازهای انرژی اتم هیدروژن را نشان می دهد. کدام گذار بین دو تراز می تواند به گسیل فوتونی با بسامد  $4/75 \times 10^{14} \text{ Hz}$  منجر شود؟ ( $h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$ )



- (۱)  $n_2$  به  $n_3$       (۲)  $n_1$  به  $n_2$       (۳)  $n_2$  به  $n_4$       (۴)  $n_1$  به  $n_4$

## تست ۳۹:

کدام یک از موارد زیر، با فیزیک کلاسیک قابل توجیه نیستند؟

- (۱) مکانیت نیوتونی و پدیده ی فوتوالکتریک      (۲) پدیده ی فوتوالکتریک و طیف خطی  
 (۳) لیزر و نظریه ی الکترومغناطیسی ماکسول      (۴) نظریه ی الکترومغناطیسی ماکسول و طیف خطی

## تست ۴۰:

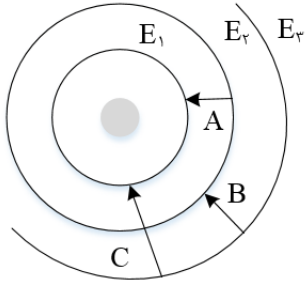
در اتم هیدروژن اگر اختلاف انرژی الکترون بین ترازهای ۱ و ۳ برابر  $\Delta E$  و بین ترازهای ۴ و ۶ برابر  $E\Delta'$  باشد، نسبت  $\frac{\Delta E}{E\Delta'}$  کدام است؟

- (۱)  $35/8$       (۲)  $25/6$       (۳)  $3/98$       (۴)  $1$



## تست ۴۱:

در شکل زیر، مدارهای الکترون در الگوی بور برای اتم هیدروژن نشان داده شده است. کدام یک از گزینه های زیر، در مورد فوتون های تابش شده در هر گذار نادرست است؟



(1) بسامد فوتون C بیشتر از بسامد فوتون B است.

(۲) طول موج فوتون A کوتاه تر از طول موج فوتون B است.

(۳) طول موج فوتون C کم تر از طول موج فوتون B است.

(۴) انرژی فوتون B بیشتر از انرژی فوتون A است.

## تست ۴۲:

در الگوی اتمی بور، الکترون از یک مدار مانا به مدار مانای یک شماره بالاتر می رود. تغییر شعاع مدار الکترون،  $\frac{7}{16}$  شعاع مدار مانای بالاتر است. شماره ای مدار مانای پایین تر کدام است؟

(۴) 3

(۳) 2

(۲) 4

(۱) 5

## تست ۴۳:

بر اساس مدل اتمی بور، برای اتم هیدروژن کدام گزینه درست است؟

$$(۱) \Delta E (2 \rightarrow 4) = \Delta E (4 \rightarrow 2) - \Delta E (2 \rightarrow 1)$$

$$(۲) \Delta E (5 \rightarrow 4) = \Delta E (4 \rightarrow 3) - \Delta E (5 \rightarrow 4)$$

$$(۳) \Delta E (3 \rightarrow 5) = \Delta E (3 \rightarrow 2) - \Delta E (5 \rightarrow 2)$$

$$(۴) \Delta E (4 \rightarrow 1) = \Delta E (4 \rightarrow 3) - \Delta E (3 \rightarrow 1)$$



## تست ۴۴:

اگر الکترون در اتم هیدروژن از تراز  $n = 5$  به تراز  $n' = 2$  انتقال یابد، چند نوع فوتون مختلف در محدودهی فرسرخ می تواند گسیل کند؟

- (۱) 7      (۲) 6      (۳) 5      (۴) 3

## تست ۴۵:

در اتم هیدروژن انرژی الکترون در یک مدار  $0.85eV$  - است. اگر الکترون از این مدار به مداری که انرژی الکترون در آن  $3/4eV$  - است برود، شعاع مداری که در آن حرکت می کند چند برابر می شود؟ ( $E_R = 13/6eV$ )

- (۱)  $\frac{1}{4}$       (۲)  $\frac{1}{2}$       (۳) 2      (۴) 4

## تست ۴۶:

کدام جمله در رابطه با لیزر صحیح است؟

- (۱) اگر انرژی کافی به اتم ها داده شود، الکترون های بیشتری به تراز انرژی بالاتر برانگیخته خواهند شد.
- (۲) در ترازهای شبه پایدار، الکترون ها مدت زمان بسیار طولانی تری نسبت به حالت برانگیخته معمولی باقی می مانند.
- (۳) زمان طولانی، فرصت بیشتری برای افزایش وارونی جمعیت و در نتیجه تقویت نور لیزر فراهم می کند.
- (۴) هر سه گزینه صحیح است.

## تست ۴۷:

کدام یک از جملات زیر صحیح است؟

- (۱) مدل اتمی بور، طیف گسیلی بخار عناصر را به خوبی پیش بینی می کند.
- (۲) بر اساس مدل اتمی رادرفورد، پایداری اتم به خوبی توجیه گردید.
- (۳) بر اساس مدل اتمی رادرفورد، طیف گسسته اتم ها پیش بینی گردید.
- (۴) وارونی جمعیت الکترون ها در یک محیط لیزری مربوط به وضعیتی است که تعداد الکترون ها در ترازهای شبه پایدار نسبت به ترازهای پایین تر بسیار بیشتر باشند.



## تست ۴۸:

کدام گزینه نادرست است؟

- (۱) در گسیل القایی نور تقویت می شود.
- (۲) در گسیل خود به خودی فوتون در جهت کاتوره‌های گسیل می شود.
- (۳) در گسیل القایی انرژی فوتون ورودی باید بزرگتر یا مساوی اختلاف انرژی در تراز باشد.
- (۴) در گسیل القایی باید یک چشمه انرژی خارجی مناسب برای برانگیخته کردن الکترون ها وجود داشته باشد.

## تست ۴۹:

کدام گزینه نادرست است؟

- (۱) فوتون‌هایی که باریکه لیزری را ایجاد می کنند، هم بسامد و هم جهت و هم فاز هستند.
- (۲) وقتی وارونی جمعیت الکترون ها رخ می دهد که تعداد الکترون های ترازهای شبه پایدار نسبت به الکترون های تراز پایین تر بسیار کمتر باشد.
- (۳) در ترازهای شبه پایدار، الکترون ها مدت زمان بسیار طولانی تری را نسبت بر حالت برانگیخته معمولی، باقی می مانند
- (۴) گستره طول موج لیمان  $\frac{1}{30} \mu m$  است



## تستهای فیزیک هسته ای

### تست ۵۰:

چند مورد از عبارت های زیر نادرست است؟

یک مورد      دومورد      سه مورد      چهار مورد

الف) تمام هسته هایی که  $Z > 83$  است، ناپایدارند.

ب) زمان فروپاشی توریوم بسیار کند است.

پ) برای پایداری هسته باید نیروی دافعه الکترواستاتیکی بین پروتون ها از نیروی جاذبه بین نوکلئون ها بسیار کمتر باشد.

ت) با افزایش  $Z$ ، نسبت  $\frac{N}{Z}$  برای هر هسته افزایش می یابد.

### تست ۵۱:

در هسته ی اتم یک عنصر، اگر نیروی ربایشی هسته ای بین دو پروتون مجاور  $F$  و بین دو نوترون مجاور برابر  $F'$  و بین یک پروتون و یک نوترون مجاور برابر  $F''$  باشد، کدام یک از موارد زیر درست است؟

$$F'' > F' > F \quad (۲) \qquad F = F' = F'' \quad (۱)$$

$$F > F' > F'' \quad (۴) \qquad F' > F'' > F \quad (۳)$$

### تست ۵۲:

کدام موارد زیر، درست است؟

الف) ویژگی های هسته را تعداد پروتون ها و نوترون های آن تعیین می کند.

ب) خواص شیمیایی هر اتم را تعداد پروتون های هسته تعیین می کند.

پ) نوکلئون های درون هسته می توانند هر انرژی دلخواهی را اختیار کنند.

ت) هسته ها در واکنش های شیمیایی برانگیخته می شوند.

۱) الف و ب      ۲) الف و ت

۳) ب و پ      ۴) ب و ت



## تست ۵۳:

در هسته های سنگین، یک پروتون با نیروی الکتروستاتیکی، ..... و با نیروی هسته ای ..... .

- (۱) فقط پروتون های نزدیک خود را دفع می کند - تمام نوکلئون های درون هسته را جذب می کند.
- (۲) تمام نوکلئون های درون هسته را دفع می کند - فقط نوکلئون های نزدیک خود را جذب می کند.
- (۳) فقط نوکلئون های مجاور خود را دفع می کند - تمام نوترون و پروتون های هسته را جذب می کند.
- (۴) تمام پروتون های درون هسته را دفع می کند - فقط نوکلئون های مجاور خود را جذب می کند.

## تست ۵۴:

۸ عدد لامپ ۲۰۰ واتی به مدت ۲۰ شبانه روز روشن هستند. چند گرم از جرم عنصری در یک واکنش هسته

ای به انرژی تبدیل شود تا بتواند انرژی معادل آن را تأمین کند؟ ( $c = 3 \times 10^5 \frac{km}{s}$ )

- |                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| (۱) $16 \times 10^{-11}$     | (۲) $8 \times 10^{-11}$      |
| (۳) $3/07216 \times 10^{-5}$ | (۴) $3/07216 \times 10^{-5}$ |

## تست ۵۵:

اگر در یک واکنش هسته ای ۴ گرم جرم به طور کامل به انرژی تبدیل شود، انرژی حاصل معادل با انرژی مصرف شده در چند لامپ ۱۰۰ واتی است که به مدت ۲۰ ساعت روشن باشند؟

- |              |               |
|--------------|---------------|
| (۱) ۵ هزار   | (۲) ۵۰ هزار   |
| (۳) ۵ میلیون | (۴) ۵۰ میلیون |

## تست ۵۶:

اگر در یک واکنش هسته ای، اختلاف جرم طرفین واکنش  $0.002u$  (u واحد جرم اتمی) باشد و هر واحد جرم اتمی  $1/7 \times 10^{-27} kg$  فرض شود در این واکنش مقدار ..... انرژی ..... می شود.

- |                                   |                                  |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| (۱) آزاد - $30/6 \times 10^{-14}$ | (۲) جذب - $3/6 \times 10^{-22}$  |
| (۳) آزاد - $10/2 \times 10^{-14}$ | (۴) جذب - $10/2 \times 10^{-22}$ |



## تست ۵۷:

در واکنش  ${}_{92}^{237}X \rightarrow Y + 3\alpha + {}_{-1}^0\beta$  تعداد نوکلئون های Y چه قدر است؟

- (۱) 224      (۲) 225      (۳) 226      (۴) 228

## تست ۵۸:

در واکنش هسته ای  ${}^A_ZX \Rightarrow {}^{A-8}_ZY + \dots + \dots$  به جای نقطه چین ها چند آلفا و چند بتای منفی باید قرار داد؟

- (۱) یک آلفا و ۳ بتا      (۲) ۲ آلفا و ۴ بتا  
(۳) ۲ آلفا و ۲ بتا      (۴) ۲ آلفا و ۳ بتا

## تست ۵۹:

در واکنش هسته ای (نوترون)  ${}_{82}^{207}X \rightarrow {}_{79}^{197}Y + N(\alpha) + M(\beta^-) + 2$  و M و N به ترتیب کدام اند؟

- (۱) ۱ و ۱      (۲) ۱ و ۲      (۳) ۲ و ۲      (۴) ۲ و ۳

## تست ۶۰:

کدام موارد درست است؟

الف) در واپاشی  $\beta^-$ ، الکترون گسیل شده در هسته ی مادر وجود ندارد و همچنین یکی از الکترون های مداری اتم نیست.

ب) در واپاشی  $\beta^+$ ، ذره ی گسیل شده توسط هسته، جرم یکسان با الکترون دارد.

پ) اغلب هسته ها پس از واپاشی بتا، در حالت پایدار قرار می گیرند.

ت) در واپاشی  $\beta^+$ ، یکی از نوترون های درون هسته به یک پروتون و یک پوزیترون تبدیل می شود.

- (۱) الف و ب      (۲) الف و پ  
(۳) ب و ت      (۴) ب و پ



## تست ۶۱:

نپتونیم  ${}^{237}_{93}\text{Np}$  ایزوتوپ ناپایداری است که واپاشی آن از طریق گسیل  $\alpha$  ذره  $\alpha$  و یک ذره  $\beta$  الکترونی می گیرد. در این واپاشی، هسته ی نهایی به ترتیب چند نوترون و چند پروتون دارد؟

(۱) ۱۳۶ و ۸۷

(۲) ۱۳۶ و ۸۸

(۳) ۱۳۷ و ۸۷

(۴) ۱۳۷ و ۸۸

## تست ۶۲:

کدام موارد درست است؟

الف) پرتوهای  $\alpha$ ، سنگین اند و برد بلندی دارند.

ب) تعداد نوکلئون ها در طی فرایند واپاشی هسته پایسته است.

پ) یکی از کاربردهای گسترده ی واپاشی  $\alpha$ ، در آشکارسازی های دود است.

ت) واپاشی  $\alpha$  در هسته های سبک صورت می گیرد.

(۱) الف و ب

(۲) الف و پ

(۳) ب و ت

(۴) ب و پ

## تست ۶۳:

هسته ی  ${}^{234}_{90}\text{Th}$  و واپاشی B انجام می دهد. عدد اتمی هسته ی دختر چند برابر عدد نوترونی آن است؟

(۱)  $\frac{91}{144}$

(۲)  $\frac{89}{145}$

(۳)  $\frac{89}{144}$

(۴)  $\frac{91}{143}$

## تست ۶۴:

هسته ای در تابش های پی در پی به ایزوتوپ دیگر خود با ۸ نوترون کم تر تبدیل شده است. در این واکنش به ترتیب چند ذره  $\alpha$  و چند ذره  $\beta^-$  تابش شده است؟

(۱) ۲ و ۴

(۲) ۴ و ۲

(۳) ۴ و ۸

(۴) ۴ و ۸





## تست ۶۹:

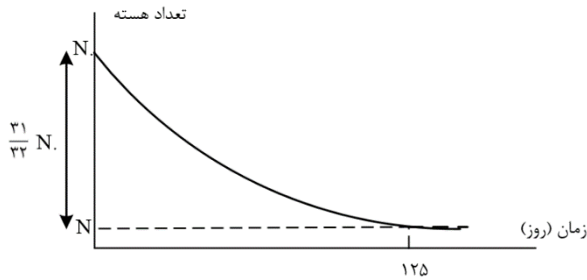
نمودار واپاشی هسته های یک ماده ی پرتوزا بر حسب زمان به صورت شکل زیر است. نیمه عمر این ماده چند روز است؟

62/5 (۴)

50 (۳)

25 (۲)

5 (۱)



## تست ۷۰:

دانشمندی به یک نمونه از زغال قدیمی اشاره می کند و ادعا می کند که عمر این زغال حدود ۲۲۹۲۰ سال است. برای اثبات این ادعا، کربن ۱۴ این زغال، چند درصد مقدار عادی کربن ۱۴ موجود در زغالی باید باشد که تازه تولید شده است؟ (نیمه عمر کربن ۵۷۳۰ سال است.)

12/50 (۴)

6/25 (۳)

3/13 (۲)

1/56 (۱)

## تست ۷۱:

نمودار تغییرات تعداد هسته های یک عنصر رادیواکتیو نسبت به زمان مطابق شکل زیر است. حاصل  $\frac{t_1}{t_2+t_3}$

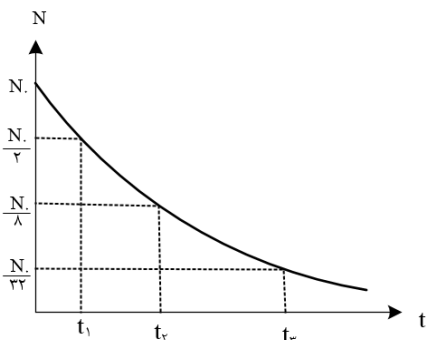
کدام است؟

$\frac{3}{5}$  (۴)

$\frac{1}{8}$  (۳)

$\frac{1}{5}$  (۲)

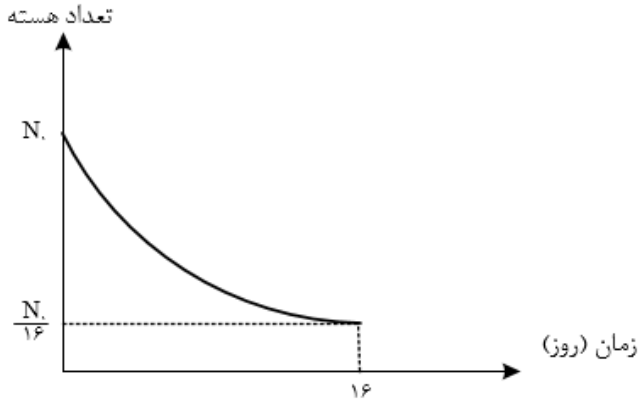
$\frac{1}{3}$  (۱)





## تست ۷۲:

نمودار تغییرات تعداد هسته های فعال باقی مانده ی یک ماده ی پرتوزا بر حسب زمان مطابق شکل زیر است. پس از گذشت هشت روز چند درصد از هسته های آن فعال باقی می ماند؟



10 (۴)

25 (۳)

50 (۲)

75 (۱)

## تست ۷۳:

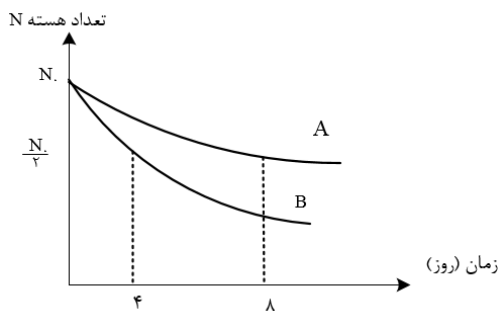
نمودار تعداد هسته های فعال باقی مانده ی بر حسب زمان دو ماده ی پرتوزای A و B مطابق شکل مقابل است. پس از ۳۲ روز، اگر تعداد هسته های پرتوزای باقی مانده را به ترتیب با  $N_A$  و  $N_B$  نشان دهیم، کدام  $\frac{N_B}{N_A}$  کدام گزینه است؟

$\frac{1}{16}$  (۴)

$\frac{1}{8}$  (۳)

$\frac{1}{4}$  (۲)

$\frac{1}{2}$  (۱)





## تست ۷۴:

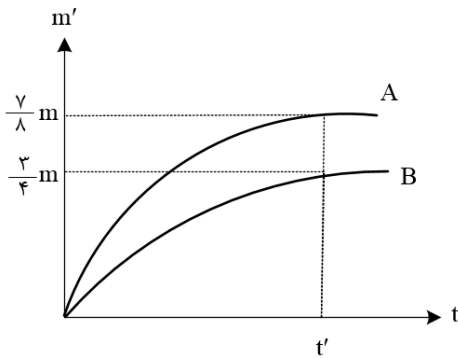
نیمه عمر هسته ی رادیواکتیو A، ۳ برابر نیمه عمر هسته ی رادیواکتیو B است. اگر پس از گذشت مدت زمان  $t$ ، ۲۵ درصد از هسته های ناپایدار A باقی مانده باشند، در این مدت زمان حدود چند درصد از هسته های ماده ی B واپاشیده شده است؟

- (۱)  $1/5$       (۲) ۲۵      (۳) ۷۵      (۴)  $98/4$

## تست ۷۵:

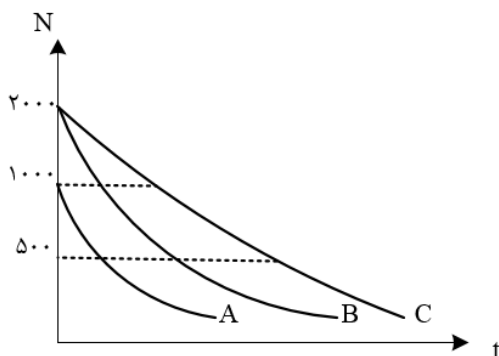
نمودار جرم متلاشی شده بر حسب زمان برای دو ماده رادیواکتیو A و B مطابق شکل مقابل است. نیمه عمر A چند برابر B است؟ (جرم اولیه دو ماده برابر است)

- (۱)  $\frac{3}{2}$       (۲)  $\frac{2}{3}$       (۳)  $\frac{7}{6}$       (۴)  $\frac{6}{7}$



## تست ۷۶:

نمودار تغییرات تعداد هسته های سه عنصر رادیواکتیو بر حسب زمان مطابق شکل زیر است، اگر نیمه عمر این عناصر به ترتیب  $T_A$  و  $T_B$  و  $T_C$  باشد، کدام رابطه صحیح است؟



(۱)  $T_A > T_B > T_C$

(۲)  $T_A < T_B < T_C$

(۳)  $T_B = T_A < T_C$

(۴)  $T_B = T_C > T_A$



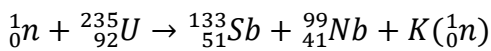
## تست ۷۷:

کدام گزینه درباره ی واکنش گداخت هسته ای درست است؟

- (۱) نوترون های تولید شده کند هستند.
- (۲) مشکل اصلی آن بالا بردن غلظت  $^{235}U$  است.
- (۳) این فرایند در راکتورهای تجاری موجود، استفاده می شود.
- (۴) برای تولید آن به دمای در حدود ده میلیون درجه سلسیوس نیاز است.

## تست ۷۸:

در فعل و انفعال هسته ای زیر، تعداد ..... نوترون سریع آزاد شده و از ..... به عنوان کندساز نوترون ها استفاده می شود.



- |               |               |
|---------------|---------------|
| (۱) ۴- کادمیم | (۲) ۴- گرافیت |
| (۳) ۳- کادمیم | (۴) ۳- گرافیت |

## تست ۷۹:

در واکنش های شکافت هسته ای از میله هایی از جنس کادمیم یا ..... برای ..... استفاده می شود.

- (۱) گرافیت - هدایت گرما به بیرون راکتور
- (۲) بور - هدایت گرما به بیرون راکتور
- (۳) گرافیت - تنظیم آهنگ واکنش شکافت
- (۴) بور - تنظیم آهنگ واکنش شکافت



## تست ۸۰:

در واکنش گداخت هسته ای، مجموع جرم محصولات فرایند ..... از مجموع جرم هسته های اولیه است. حاصل همجوشی هسته های دوتریم و تریتم، هسته ی هلیوم و ..... نوترون پرنرزی است.

(۱) کم تر - یک (۲) بیشتر - سه

(۳) کم تر - سه (۴) بیشتر - یک

## تست ۸۱:

چه تعداد از جملات زیر صحیح است؟

الف) افزایش درصد فراوانی  $^{238}_{92}U$  را غنی سازی می گوئیم.

ب) میله های کنترل کننده از مواد جذب کننده ی نوترون مثل سرب ساخته می شوند.

ج) آب معمولی یک کند کننده ی نوترون در واکنش شکافت هسته ای است.

د) واکنش  $D + T \rightarrow ^4_2He + ^1_0n$  یک واکنش شکافت هسته ای است.

(۱) 1 (۲) 2 (۳) 3 (۴) 4



## پاسخ فاینال هومورک

### تست ۱:

هر چهار مورد صحیح است

### تست ۲: گزینه ۴

گام اول: ابتدا انرژی نورانی گسیل شده از لامپ را در هر دقیقه به دست می آوریم:

$$R_a \times P = \frac{E}{t} \rightarrow \frac{20}{100} \times 100 = \frac{E}{60} \rightarrow$$

$$\rightarrow E = 1200J = \frac{1200}{1/6 \times 10^{-19}} eV = 75 \times 10^{20} eV$$

گام دوم: تعداد فوتون های گسیل شده از لامپ را در بازه زمانی موردنظر محاسبه می کنیم:

$$E = nhf = \frac{nhc}{\lambda} \rightarrow n = \frac{E\lambda}{hc}$$

$$\rightarrow n = \frac{75 \times 10^{20} \times 600 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8} = \frac{75 \times 6}{4 \times 3} \times 10^{23} = 3/75 \times 10^{24}$$

**تست ۳:** گزینه ۱ پاسخ صحیح است. ابتدا تعداد فوتون های تابش شده را بر حسب توان، بازده بر حسب

درصد ( $R_a$ ) و طول موج به دست می آوریم:

$$\left\{ \begin{array}{l} E = nhf = nh \frac{c}{\lambda} \\ E = P_{\text{خروجی}} \times \Delta t = R_a \times P_{\text{ورودی}} \times \Delta t \end{array} \rightarrow nh \frac{c}{\lambda} = R_a P_{\text{ورودی}} \Delta t$$

برای مقایسه ی دو حالت با توجه به یکسان بودن زمان خواهیم داشت:

$$\frac{n_A}{n_B} = \frac{R_{aA}}{R_{aB}} \times \frac{P_A}{P_B} \times \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{50}{25} \times \frac{200}{50} \times \frac{500}{400} = 10$$

**تست ۴:** گزینه ۴ پاسخ صحیح است. ابتدا محاسبه می کنیم که انرژی کل نور مرئی با طول موج داده شده

چند ژول است:

$$E_{\text{مربوط به طول موج}} = P_{\text{نور مرئی}} \times t \times \frac{2}{100} = \left( 25 \times \frac{20}{100} \right) \times 1 \times \frac{2}{100} = 0/1J$$



چون نور به طور یکسان در تمام جهات پراکنده می شود، نسبت انرژی عبور کرده از مردمک به کل انرژی برابر با نسبت مساحت کره ای به شعاع  $R = 100m$  به مساحت مردمک ناظر است

$$\frac{E_{\text{مردمک}}}{E_{\text{کل}}} = \frac{S_{\text{مردمک}}}{S_{\text{کل}}} \rightarrow \frac{E_{\text{مردمک}}}{0/1} = \frac{\pi r^2}{4\pi R^2} = \frac{r^2}{4R^2} \rightarrow \frac{E_{\text{مردمک}}}{0/1} = \frac{(2 \times 10^{-3})^2}{4 \times 100 \times 100} \rightarrow E_{\text{مردمک}} = 10^{-11}J$$

برای محاسبه ی تعداد فوتون ها خواهیم داشت:

$$E = n \frac{hc}{\lambda} \rightarrow n = \frac{E\lambda}{hc} \rightarrow n = \frac{10^{-11} \times 660}{1320 \times 1/6 \times 10^{-19}} = 3/125 \times 10^7$$

**تست ۵:** گزینه ۲ پاسخ صحیح است. فقط عبارت «الف» نادرست است. افزایش تعداد فوتون های فرودی نمی تواند بیشینه ی انرژی جنبشی فوتوالکترون ها را افزایش دهد.

## تست ۶:

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$$K_{max} = hf - W_0 \rightarrow K_{max} = 4 \times 10^{-15} \times 8/5 \times 10^{14} - 2/5 = 0/9eV$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow 0/9 \times 1/6 \times 10^{-19} = \frac{1}{2} \times 9 \times 10^{-31}v^2$$

$$\rightarrow v^2 = 2 \times 1/6 \times 10^{-11} \rightarrow v = 4\sqrt{2} \times 10^5 m/s$$

**تست ۷:** گزینه ۲ پاسخ صحیح است. بررسی عبارت های نادرست:

(ب) افزایش شدت نور اگر بسامد از بسامد آستانه کمتر باشد تأثیری در رخ دادن فوتوالکترونیک ندارد.

(پ) انرژی هر فوتون برای فوتوالکترونیک مهم است نه انرژی نور فرودی

**تست ۸:** گزینه ۲ پاسخ صحیح است. بیشینه ی انرژی جنبشی فوتوالکترون ها به بسامد و تابع کار وابسته است.

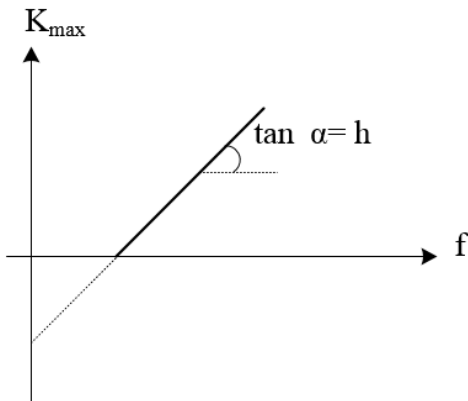
$$K_{max} = hf - W_0 \text{ و شدت جریان عبوری متناسب با شدت نور فرودی است.}$$

**تست ۹:** گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

نادرستی گزینه ی ۱: انرژی فوتون ها رشته لیمان بیشتر از فوتون های رشته ی پاشن هستند.



نادرستی گزینه ی ۲: اگر فوتون های نور مرئی بتوانند بر تابع کار غلبه کنند، فوتون های فرابنفش که پر انرژی تر از مرئی هستند، نیز می توانند.



نادرستی گزینه ی ۳: در نمودار  $K_{max} - f$  شیب نمودار  $h$  را معلوم می کند.

$$\frac{K'_{max}}{K_{max}} = \frac{h(2f) - W_0}{h(h) - W_0} = \frac{hf + hf - W_0}{hf - W_0} = \frac{hf}{hf - W_0} + 1 > 2 \quad \text{درستی گزینه ی ۴:}$$

**تست ۱۰:** گزینه ۳ پاسخ صحیح است. برای افزایش سرعت خروج الکترون ها دو راه وجود دارد:

- ۱- افزایش بسامد با کاهش طول موج
- ۲- استفاده از فلزاتی که رساناتر هستند.

**تست ۱۱:** گزینه ۳ پاسخ صحیح است

$$\begin{cases} hf - w_0 = K_{max} \\ f = \frac{c}{\lambda} \end{cases} \rightarrow \frac{hc}{\lambda} - w_0 = K_{max}$$

$$K_{max} = \frac{4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{150 \times 10^{-9}} - 4/5 = 3/5 eV$$

**تست ۱۲:**

گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

$$K_{max} = hc \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right) \rightarrow \frac{6/4 \times 10^{-19}}{\underbrace{1/6 \times 10^{-19}}_4} = 1200 \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right) \rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_0} + \frac{1}{300} (*)$$



$$\text{حالت دوم: } \frac{25}{100} \times 4 = 1200 \left( \frac{1}{2\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right) \xrightarrow{(*)} \frac{1}{1200} = \frac{1}{2\lambda_0} \rightarrow \lambda_0 = 600nm$$

$$f_0 = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{3 \times 10^8}{6 \times 10^{-7}} = 500 \times 10^{12} Hz = 500THz$$

## تست ۱۳:

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

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

$$W_0 = hf_0 = 4 \times 10^{-15} \times \frac{5}{8} \times 10^{15} = 2/5 eV \rightarrow 2/5 \times 1/6 \times 10^{-19} J$$

$$hf = 4/125 \times 10^{-19} \rightarrow k_{max} = 4/125 \times 10^{-19} - 2/5 \times 1/6 \times 10^{-19} = 0/125 \times 10^{-19} J$$

$$k_{max} = \frac{1}{2} m V_{max}^2 \rightarrow 0/125 \times 10^{-19} = \frac{1}{2} \times 9 \times 10^{-31} \times V_m^2 \rightarrow V = \frac{1}{6} \times 10^6 m/s$$

## تست ۱۴:

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

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

$$E_{min} = W_0 \rightarrow \frac{hc}{\lambda} = W_0$$

$$\rightarrow \frac{6/6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{\lambda} = 2/5 \times 1/6 \times 10^{-19} \rightarrow \lambda = 495nm$$

در طیف امواج مرئی قرار دارد

## تست ۱۵:

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. ابتدا تابع کار را محاسبه می کنیم:

$$K_{max} = hf - W_0 = \frac{9/6 \times 10^{-9}}{1/6 \times 10^{-19}} = 4 \times 10^{-15} \times 5 \times 10^{15} - W_0$$

$$6 = 20 - W_0 \rightarrow W_0 = 14eV$$

در حالت دوم برای محاسبه ی بیشینه ی انرژی جنبشی فوتوالکترون ها خواهیم داشت:

$$K_{max} = hf - W_0 = 4 \times 10^{-15} \times 7/5 \times 10^{15} - 14 = 16eV$$



## تست ۱۶:

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با توجه به شکل:

با توجه به برابر بودن سرعت ها داریم:

$$f_{0B} = 2f_{0A}$$

$$K_B = hf - hf_0$$

$$K_{mA} = K_{mB} \rightarrow hf_A - hf_{0A} = hf_B - hf_{0B}$$

$$\frac{f_A}{f_B} - \frac{f_{0A}}{f_{0B}} = \frac{f_B}{f_A} - \frac{f_{0B}}{f_{0A}}$$

طرفین را به  $f_A$  تقسیم می کنیم

$$\rightarrow \frac{f_B}{f_A} = 1 + \frac{f_{0B} - f_{0A}}{f_A} = 1 + \frac{f_{0A}}{f_A}$$

با توجه به اینکه  $f_A > f_{0A}$  را پس داریم:

$$0 < \frac{f_{0A}}{f_A} < 1 \rightarrow 1 < \frac{f_B}{f_A} < 2$$

## تست ۱۷:

گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

$$K_m = hf - W_0 \rightarrow 8 = 4 \times 10^{-15} \times 6 \times 10^{14} - W_0 = 5/6 eV$$

## تست ۱۸:

گزینه ۱ پاسخ صحیح است

$$\begin{cases} K_{max} = \frac{1}{2} mV_{max}^2 \\ K'_{max} = \frac{1}{2} mV'_{max}{}^2 \end{cases} \rightarrow \left( \frac{V_{max}}{V'_{max}} \right)^2 = \frac{\frac{1200}{200} - 3}{\frac{1200}{300} - 3} = 3$$



$$\Rightarrow \frac{V_{max}}{V'_{max}} = \sqrt{3} \Rightarrow \frac{N'_{max}}{N_{max}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

## تست ۱۹:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است

$$h_f = W + K$$

$$K_{max} = h_f - W_0 \Rightarrow 5.1 \times 10^{-19} = 6.6 \times 10^{-34} \times 1500 \times 10^{12} - W_0$$

$$= 4/8 \times 10^{-19}$$

$$\text{نور دیگر: } K_{max} = h_f - W_0 = 6/6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{15} - 4/8 \times 10^{-19} = 1/5 \times 10^{-18} J$$

## تست ۲۰:

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. بیشینه‌ای انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها، برابر با اختلاف انرژی فوتون تابیده شده با تابع کار فلز است:

$$K_{max} = \frac{hc}{\lambda}, w \Rightarrow \begin{cases} K_A = \frac{4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{150 \times 10^{-9}} - 4/5 = 8 - 4/5 = 3/5 eV \\ K_B = \frac{4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{150 \times 10^{-9}} - 3 = 8 - 3 = 5 eV \end{cases}$$

به دلیل این که  $K_A = 3/5 eV$  و  $K_B = 5 eV$  است، در نتیجه  $K_A$  به اندازه ی ۳۰ درصد از  $K_B$  کمتر است.

## تست ۲۱:

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

طیف جامدات یک طیف پیوسته است و طیف گازها با غلظت کم، یک طیف گسسته یا خطی است.

## تست ۲۲:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. گزینه (۱) طیف جذبی پیوسته است.

## تست ۲۳:

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.



$$V = \lambda f = c \rightarrow \lambda = \frac{3 \times 10^8}{\frac{8}{3} \times 10^{15}} = \frac{900}{8} \text{ nm}$$

$$\frac{1}{\lambda} = R_H = \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right) \rightarrow \frac{8}{900} = 100 \left( \frac{1}{1} - \frac{1}{n^2} \right) \rightarrow n = 3$$

پس دومین خط لیمان است

## تست ۲۴:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. پنجمین خط بالمر، انتقال الکترون از  $n = 7$  به  $n' = 2$  است که فرابنفش تابش می کند.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{11}{1000} \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{49} \right) \rightarrow \lambda \cong 396 \text{ nm}$$

## تست ۲۵:

گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

$$\frac{1}{\lambda} = R_H = \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100} \left( \frac{1}{9} - \frac{1}{25} \right) \rightarrow \lambda = \frac{9 \times 25 \times 10^{25}}{16^4} = \frac{25 \times 25 \times 9}{4}$$

$$= \frac{625 \times 9}{4} = \frac{5625}{4}$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100} \left( \frac{1}{9} - \frac{1}{36} \right) \rightarrow \lambda = \frac{36^{12} \times 9^1 \times 100}{27^3} = 1200$$

$$\frac{5625}{4} - \frac{4800}{4} = \frac{825}{4}$$

## تست ۲۶:

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. در طیف اتم هیدروژن پرتوهای مرئی گسیل شده مربوط به رشته ی بالمر می باشند و کوتاه ترین طول موج مرئی گسیل شده در رشته ی بالمر مربوط به گذار الکترون از لایه ی  $n = 6$  به  $n' = 2$  است و داریم:

$$\frac{1}{\lambda_1} = R \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) = R \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{36} \right) = R \left( \frac{8}{36} \right) = \frac{2R}{9} \rightarrow \lambda_1 = \frac{9}{2R}$$



از طرف دیگر در رشته های ایمن و بالمر می تواند پرتوهای فرابنفش گسیل شود. با توجه به این که کوتاه ترین طول موج فرابنفش گسیل شده خواسته شده است و با توجه به این که فوتون های گسیلی در رشته ی لیمن نسبت به فوتون های گسیلی در رشته ی بالمر انرژی بیشتر و طول موج کوتاه تری دارند، پس برای به دست آوردن کوتاه ترین طول موج فرابنفش گسیلی باید طول موج فوتون های گسیل شده در رشته ی لیمن را بررسی کنیم و در بین آنها کوتاه ترین طول موج مربوط به گسیل الکترون از لایه ی  $n = \infty$  به  $n' = 1$  است و داریم:

$$\frac{1}{\lambda_2} = R \left( \frac{1}{1} - \frac{1}{\infty} \right) = R \rightarrow \lambda_2 = \frac{1}{R}$$

و در نهایت نسبت این دو طول موج برابر است با:

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\frac{9}{2R}}{\frac{1}{R}} = \frac{9}{2}$$

## تست ۲۷:

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. کوتاه ترین طول موج گسیلی متناظر است با بیش ترین انرژی طیف اتم هیدروژن که مربوط به رشته لیمن  $n' = \infty$  و  $n = 1$  است:

$$n = 1, n' = \infty \rightarrow \frac{1}{\lambda} = 0/01 \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \rightarrow \frac{1}{\lambda_{min}} = 0/01 \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{\infty^2} \right)$$

$$\rightarrow \lambda_{min} = 100nm$$

## تست ۲۸:

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$$f = \frac{c}{\lambda} \rightarrow 2/5 \times 10^{14} = \frac{3 \times 10^8}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{3 \times 10^8}{2/5 \times 10^{14}} = \frac{6}{5} \times 10^{-6}$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \rightarrow \frac{6}{5} \times 10^{-6} = 10^{-2} \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{(n+3)^2} \right) \rightarrow n = 3$$



## تست ۲۹:

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \rightarrow \frac{1}{112/5} = 0/01 \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) = \frac{8}{900} = \frac{1}{100} \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$\rightarrow \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} = \frac{8}{9} \rightarrow n' = 1, \quad n = 3$$

## تست ۳۰:

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. خط دوم سری بالمر یعنی گذار الکترون از تراز ۴ به تراز ۲، پس خواهیم داشت:

$$n = 4, n' = 2$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2} \right) = R \left( \frac{4-1}{16} \right) = R \left( \frac{3}{16} \right)$$

بلندترین طول موج سری بالمر یعنی  $n' = 2$  و  $n = 3$ ، زیرا کمترین انرژی قرار است آزاد شود.

$$n = 3, n' = 2$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) = R \left( \frac{5}{36} \right)$$

$$\frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{\frac{1}{\lambda'}}{\frac{1}{\lambda}} = \frac{R \left( \frac{5}{36} \right)}{R \left( \frac{3}{16} \right)} = \frac{5 \times 16}{3 \times 36} = \frac{5 \times 4}{3 \times 9} = \frac{20}{27}$$

## تست ۳۱:

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. بلندترین طول موج مرئی مربوط به گذار از تراز  $n = 7$  به تراز  $n' = 2$  است.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) = \frac{1}{\lambda} = R \times \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{49} \right) \rightarrow \lambda_{max} = \frac{4 \times 49}{45R}$$

این طول موج غیر مرئی مربوط به مدار  $n = \infty$  به  $n' = 2$  است.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{4} - 0 \right) \rightarrow \lambda_{min} = \frac{4}{R}$$

$$\frac{\lambda_{max}}{\lambda_{min}} = \frac{\frac{4 \times 49}{45R}}{\frac{4}{R}} = \frac{49}{45}$$

## تست ۳۲:



گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

$$\frac{1}{\lambda_{max}} = 0/01 \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) \rightarrow \lambda_{max} = 720nm$$

$$\frac{1}{\lambda_{min}} = 0/01 \left( \frac{1}{4} \right) \rightarrow \lambda_{min} = 400nm$$

## تست ۳۳:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. بیشترین بسامد فوتون تابشی در سری لیمان زمانی ایجاد می شود که الکترون از لایه ی  $n = \infty$  به لایه ی اول بیاید. در این صورت داریم:

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

و کمترین بسامد فوتون فرابنفش تابشی در سری بالمر، مربوط به گذار الکترون از لایه ی ۷ به لایه ی ۲ است و داریم:

$$\frac{1}{\lambda_{بالمر}} = R \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) = R \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{49} \right) = R \left( \frac{45}{196} \right) \rightarrow \lambda_{بالمر} = \frac{196}{45R}$$

و در نهایت طبق رابطه ی  $\lambda = \frac{c}{f}$  داریم:

$$\frac{f_{بالمر}}{f_{لیمان}} = \frac{\lambda_{لیمان}}{\lambda_{بالمر}} = \frac{\frac{1}{R}}{\frac{196}{45R}} = \frac{45}{196}$$

## تست ۳۴:

گزینه 4 پاسخ صحیح است.

## تست ۳۵:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

موارد ۱، ۲ و ۳ با الگوی پور قابل توجیه است، ولی الگوی بور نمی تواند متفاوت بودن شدت نور طیف گسیلی بخار هیدروژن را توضیح دهد و گزینه (۴) نادرست است

## تست ۳۶:

گزینه 1 پاسخ صحیح است.



$$\Delta E = E_1 - E_2 = -\frac{E_R}{1^2} - \left(-\frac{E_R}{1^2}\right) = -13/6 - 3/4 = 10/2eV$$

$$\rightarrow 10/2eV \xrightarrow{\times 1/6 \times 10^{-19}} 1/632 \times 10^{-18} J$$

## تست ۳۷:

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. اگر از ۵ به ۴ بیاید کمترین انرژی فوتون گسیلی را داریم

$$E_5 - E_4 = hf \rightarrow -0/544 - (-0/850) = 4 \times 10^{-14} f \rightarrow 0/306 = 4 \times 10^{-14}$$

$$f = \frac{306 \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-15}} = 76/5 THz$$

## تست ۳۸:

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$$\Delta E = hf = 1/9eV \xrightarrow{\text{روی شکل}} E_{n_2} - E_{n_3}$$

## تست ۳۹:

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

## تست ۴۰:

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

$$E = -\frac{E_R}{n^2} \rightarrow \{\Delta E = E_R \left(1 - \frac{1}{9}\right) = \frac{8E_R}{9}, \quad \Delta E' = E_R \left(\frac{1}{16} - \frac{1}{36}\right) = \frac{5E_R}{144} \rightarrow \frac{\Delta E}{\Delta E'} = 25/6$$

## تست ۴۱:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. به طور کلی، با افزایش شماره ی لایه ها تفاوت انرژی لایه های متوالی، کاهش می یابد، بنابر این اختلاف انرژی لایه های ۲ و ۳ ( $E_3 - E_2$ ) کم تر از اختلاف انرژی لایه های ۱ و ۲ ( $E_2 - E_1$ ) است و در نتیجه انرژی فوتون B کم تر از انرژی فوتون A است و عبارت مطرح شده در گزینه ی (۴) نادرست است.

دقت کنید: به طور کلی، طول موج فوتون های رشته ی لیمان کمتر از طول موج فوتون های رشته ی بالمر است، بنابر این طول موج فوتون های A و C کم تر از طول موج فوتون B می باشد



## تست ۴۲:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. در الگوی بور شعاع مدار مانای  $n$  از رابطه  $r_n = n^2 a_0$  به دست می آید. با توجه به اطلاعات داده شده خواهیم داشت:

$$\Delta r = \frac{7}{16} r_2 \rightarrow r_2 - r_1 = \frac{7}{16} r_2$$

$$\xrightarrow{r_1 = r_n = n^2 a_0} (n+1)^2 a_0 - n^2 a_0 = \frac{7}{16} (n+1)^2 a_0$$

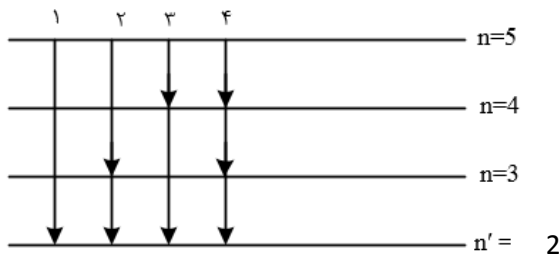
$$\frac{9}{16} (n+1)^2 = n^2 \rightarrow \frac{3}{4} (n+1) = n \rightarrow n = 3$$

## تست ۴۳:

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. برای اختلاف انرژی فوتون گسیل در دو حالت مختلف، چنین رابطه ای وجود دارد که به راحتی هم قابل اثبات است:  $\Delta E(n_1 \rightarrow n_2) = \Delta E(n_1 \rightarrow n_3) - \Delta E(n_2 \rightarrow n_3)$  در واقع تراز مشترک در دو گسیل از رابطه ی نهایی حذف می شود. پس با این حال تنها گزینه ی ۳ قابل محاسبه است.

## تست ۴۴:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. تابش های مربوط به رشته ی بالمر ( $n' = 2$ ) در طیف فرابنفش و مرئی قرار دارند و تابش های پاشن ( $n' = 3$ ) و براکت ( $n' = 4$ ) در محدوده ی فرورسرخ قرار دارند. گذارهای ممکن را رسم می کنیم چهار گذار ممکن است که در گذار ۱، تنها تابش در رشته ی بالمر است که فرورسرخ نیست بقیه ی گذارها می توانند به تابش فرورسرخ منجر شوند.



## تست ۴۵:

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$$E_n = \frac{-E_R}{n^2} \rightarrow n_1^2 = \frac{-13/6}{-0/85} = 16 \rightarrow n_1 = 4$$



$$n_2^2 = \frac{-13/6}{-3/4} = 4 \rightarrow n_2 = 2$$

$$r_n = a_0 n^2 \rightarrow \frac{r_2}{r_1} = \frac{4}{16} = \frac{1}{4}$$

## تست ۴۶:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است

## تست ۴۷:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

گزینه (۱): این طیف فقط طیف هیدروژن را به خوبی پیش بینی می کند.

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. موارد ۲، ۳ و ۴ توسط فیزیک کلاسیک توجیه نمی شود. بر طبق پیش بینی فیزیک کلاسیک با کاهش طول موج انرژی، موج الکترومغناطیس تابش شده زیاد شده و فوتوالکترون ها با انرژی جنبشی بیش تری خارج می شوند.

## تست ۴۸:

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. انرژی فوتون ورودی باید دقیقاً برابر اختلاف انرژی دو تراز باشد

## تست ۴۹:

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. وارونی جمعیت مربوط به حالتی است که الکترون ها مدت زمانی در حدود  $(10^{-3} \text{ s})$  را با تعداد بسیار بیشتری (نسبت به حالت برانگیخته معمولی که مدت زمان الکترون ها با تعداد کم تر در حدود  $(10^{-8} \text{ s})$  است) فرصت تقویت نور لیزر را فراهم می کنند. در واقع تعداد بسیار بالاتر و مدت زمان حضور در این ترازها عامل تقویت نور لیزر می شود.

بررسی درستی گزینه ۴: همان طور که می دانید اختلاف کوتاه ترین و بلندترین طول موج در هر رشته را گستره ی طول موجهای آن رشته می نامند، بنابراین گستره ی طول موج های رشته ی لیمان برابر است با:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \rightarrow \begin{cases} \frac{1}{\lambda_{max}} = R \left( \frac{1}{1} - \frac{1}{4} \right) \rightarrow \lambda_{max} = \frac{400}{3} \text{ nm} \\ \frac{1}{\lambda_{min}} = R \left( \frac{1}{1} - \frac{1}{\infty} \right) \rightarrow \lambda_{min} = 100 \text{ nm} \end{cases}$$

$$\rightarrow \text{گستره طول موج لیمان} = \frac{400}{3} - 100 = \frac{100}{3} \text{ nm} = \frac{1}{30} \mu\text{m}$$



## پاسخ فیزیک هسته ای

### تست ۵۰:

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. بررسی عبارت های نادرست:

الف) توریم ( $Z = 90$ ) و اورانیوم ( $Z = 92$ ) استثناء هستند.

پ) برای پایداری باید نیروهای الکترواستاتیکی و نیروهای بین نوکلئون ها موازنه باشند.



## تست ۵۱:

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. نیروی قوی هسته ای بین نوکلئون ها (پروتون ها و نوترون ها) در فاصله یکسان برابر است.

## تست ۵۲:

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

الف) صحیح است. پروتون ها و نوترون ها به ترتیب عدد اتمی و عدد جرمی (مجموع پروتون و نوترون) را تعیین می کنند که ویژگی های هسته را مشخص می کند.

ب) صحیح است. تعداد پروتون ها، هویت شیمیایی یک اتم و جایگاه در جدول تناوبی و ... را مشخص می کنند.

پ) غلط است. نوکلئون انرژی کوانتومی دارد و بازه های مشخصی است. کمیت پیوسته و دلخواه نیست.

ت) غلط است. الکترونها برانگیخته می شوند، نه هسته ها

## تست ۵۳:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. نیروی الکترواستاتیکی بلند برد و نیروی هسته ای کوتاه برد است.

## تست ۵۴:

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. با توجه به رابطه ی اینشتین  $E = mc^2$  و  $P = \frac{E}{t}$  می توان نوشت:

$$P = \frac{E}{t} \rightarrow P = \frac{mc^2}{t} \rightarrow Pt = mc^2 \rightarrow 8 \times 200 \times 20 \times 24 \times 3600 = m \times 9 \times 10^{16}$$

$$\rightarrow m = \frac{27648 \times 10^5}{9 \times 10^{16}} \times 1000 = 3/072 \times 10^{-5}g$$

## تست ۵۵:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

$$E = mc^2 = 4 \times 10^{-3} \times (3 \times 10^8)^2 = 4 \times 10^{-3} \times 9 \times 10^{16} = 36 \times 10^{13}J$$

$$P = \frac{E_1}{t} \rightarrow \begin{cases} P = 100W \\ t = 20 \times 3600s \end{cases} \rightarrow E_1 = 72 \times 10^5J \rightarrow n = \frac{E}{E_1} = \frac{36 \times 10^{13}}{72 \times 10^5}$$

$$= 5 \times 10^7 = 50 \text{ میلیون لامپ}$$



## تست ۵۶:

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. اختلاف جرم طرفین رابطه (واکنش) به صورت انرژی آزاد می شود.

$$m = 0.002U = 2 \times 10^3 \times 1/7 \times 10^{-27} = 3/4 \times 10^{-30}$$

$$E = mc^2 = 3/4 \times 10^{-30} \times (3 \times 10^8)^2 = 3/4 \times 10^{-30} \times 9 \times 10^{16}$$

$$E = 30/6 \times 10^{-14}$$

## تست ۵۷:

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. جمع جبری عدد جرمی و عدد اتمی دو طرف واکنش باید یکسان باشد. ذره آلفا دارای عدد جرمی ۴ و عدد اتمی ۲ است و ذره بتای منفی عدد جرمی صفر و عددی اتمی ۱- است. با نوشتن معادله تعداد نوکلئون های Y برابر  $A_Y = 237 - 3 \times 4 = 225$  می شود.

## تست ۵۸:

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. با توجه به موازنه بار و جرم در دو طرف معادله و این که  ${}_{-1}^0\beta, {}_2^4\alpha$  داریم:

$$\begin{cases} A = A - 8 + 2(4) + 0 \\ Z = Z + 2(2) + 4(-1) \end{cases}$$

## تست ۵۹:

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

$$207 = 197 + N(4) + M(0) + 2(1)N = 2$$

$$82 = 79 + N(2) + M(-1) + 2(0) = M = 1$$

$${}^4_2\text{He}: \alpha$$

$${}_{-1}^0e^-: \beta^-$$

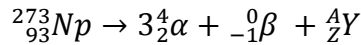
$${}^1_0n: \text{نوترون}$$

## تست ۶۰:

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

## تست ۶۱:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است.



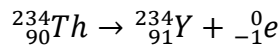
$$\begin{cases} 237 = 12 + A \rightarrow A = 225 \\ 93 = 6 - 1 + Z \rightarrow Z = 88 \end{cases}, A = Z + N \rightarrow N = 137$$

## تست ۶۲:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. پرتوهای  $\alpha$  برد کوتاهی دارند و واپاشی  $\alpha$  در هسته های سنگین صورت می گیرد.

## تست ۶۳:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

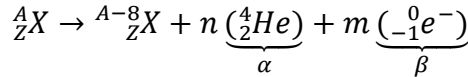


$$Z = p = 91$$

$$n = 234 - 91 = 143 \rightarrow \frac{Z}{n} = \frac{91}{143}$$

## تست ۶۴:

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. چون هسته به ایزوتوپ دیگر تبدیل شده است، عدد اتمی آن تغییر نمی کند، بنابراین:



$$\rightarrow \begin{cases} A = A - 8 + 4n \rightarrow 4n = 8 \rightarrow n = 2 \\ Z = Z + 2n - m \rightarrow m = 4 \end{cases}$$

## تست ۶۵:

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. بررسی گزینه ها:

(۱) نادرست، قدرت نفوذ پرتوهای  $\beta^+$  و پرتوهای  $\beta^-$  یکسان است.

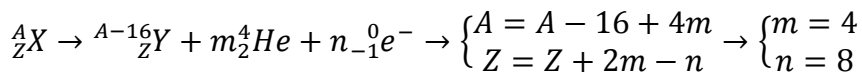
(۲) درست

(۳) نادرست، پرتوهای  $\alpha$  در وسایل آشکارساز دود استفاده می شوند.

(۴) نادرست، متداول ترین نوع واپاشی در هسته ها، واپاشی  $\beta$  است.

## تست ۶۶:

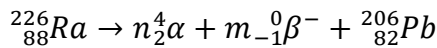
گزینه ۲ پاسخ صحیح است. برای تعیین  $m$  و  $n$  معادله واپاشی را می نویسیم:



برای تعیین خواسته ی مسئله خواهیم داشت:  $3m + 4n = 3 \times 4 + 4 \times 8 = 44$

## تست ۶۷:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است.



$$226 = 4n + (0 \times m) + 206 \rightarrow n = 5$$

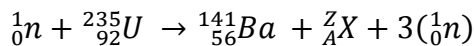
$$88 = 4n - m + 82 \rightarrow 88 = 2 \times 5 - m + 82 \rightarrow m = 4$$

$$5 - 4 = 1$$

${}^4_2\alpha$  از جنس هسته ی اتم هلیم و دارای بار مثبت است.  ${}^0_{-1}\beta^-$  از جنس الکترون و دارای بار منفی است.

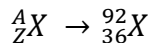
## تست ۶۸:

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.



$$1 + 235 = 141 + A + 3 \rightarrow A = 92$$

$$0 + 92 = 56 + Z + 0 \rightarrow Z = 36$$



A عدد جرمی است که برابر مجموع تعداد پروتون ها و نوترون های هسته (یا مجموع تعداد نوکلئون های هسته) است.

## تست ۶۹:

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. با توجه به شکل تعداد هسته ها پس از ۱۲۵ روز برابر  $N = \frac{N_0}{32}$  است

$$N = \frac{N_0}{2^2} = \frac{N_0}{32} \rightarrow n = \frac{t}{T} = 5 \rightarrow T = \frac{t}{n} = \frac{125}{5} = 25 \text{ days}$$

## تست ۷۰:

گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

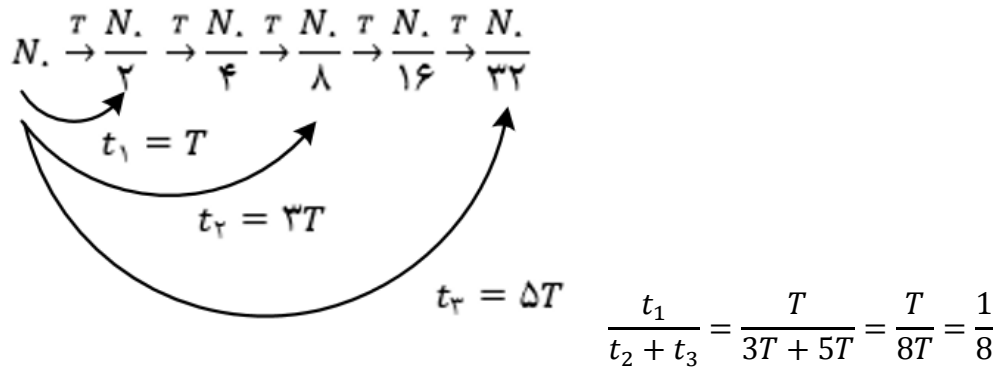
$$n = \frac{t}{T} = \frac{22920}{5730} = 4$$



$$N = \left(\frac{1}{2}\right)^n N_0 \rightarrow N = \frac{1}{16} N_0 \rightarrow \frac{1}{16} \rightarrow 6.25\%$$

### تست ۷۱:

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. اگر نیمه عمر عنصر را با نماد T نشان دهیم:



### تست ۷۲:

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. ابتدا با استفاده از نمودار، نیمه عمر (T) این ماده را محاسبه می کنیم:

$$2^{\left(\frac{t}{T}\right)} = \frac{N_0}{\frac{N_0}{16}} \rightarrow 2^{\frac{16}{T}} = 16 = 2^4 \rightarrow T = 4 \text{ روز}$$

حال بار دیگر رابطه ی نیمه عمر را می نویسیم تا محاسبه کنیم بعد از ۸ روز چند درصد از هسته ها فعال باقی می ماند.

$$2^{\frac{8}{T}} = \frac{N_0}{N} \rightarrow \frac{N}{N_0} = \frac{1}{4} \rightarrow \frac{N}{N_0} \times 100 = \frac{1}{4} \times 100 = 25\%$$

### تست ۷۳:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. نمودار N - t نشان می دهد که تعداد هسته های فعال باقی مانده ی پرتوزای A در مدت ۸ روز ماده ی B در مدت ۴ روز به نصف تعداد اولیه رسیده است. بنابراین نیمه عمر ماده ی A برابر (روز)  $T_A = 8$  و ماده ی B برابر (روز)  $T_B = 4$  است.

$$n_A = \frac{t}{T_A} = \frac{32}{8} = 4 \quad n_B = \frac{t}{T_B} = \frac{32}{4} = 8$$

بنابر این تعداد هسته های فعال باقی مانده ی ماده های A و B برابر است:



$$N = \frac{N_0}{2^n} \rightarrow \begin{cases} N_B = \frac{N_0}{2^8} \\ N_A = \frac{N_0}{2^4} \end{cases} \rightarrow \frac{N_B}{N_A} = \frac{\frac{N_0}{2^8}}{\frac{N_0}{2^4}} = \frac{2^4}{2^8} = \frac{1}{2^4} = \frac{1}{16}$$

توجه: تعداد هسته های فعال اولیه هر دو ماده با توجه به نمودار برابر است. ( $N_{0A} = N_{0B} = N_0$ )

## تست ۷۴:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

$$N_{\text{باقی مانده (A)}} = \frac{1}{2^{n_A}} N_{0(A)} = \left(\frac{25}{100}\right) N_{0(A)} \rightarrow n_A = 2$$

$$n = \frac{t}{T} \rightarrow \frac{n_B}{n_A} = \frac{t_B}{t_A} \times \frac{T_A}{T_B} \rightarrow \frac{n_B}{2} = 1 \times \frac{3}{1} \rightarrow n_B = 6$$

$$N_{\text{باقی مانده (B)}} = \frac{1}{2^{n_B}} N_{0(B)} = \frac{1}{64} N_{0(B)} (*)$$

$$\begin{aligned} N_{\text{واپاشیده (B)}} &= N_{0(B)} - N_{\text{باقی مانده (B)}} = N_{0(B)} - \frac{1}{64} N_{0(B)} \\ &= \frac{63}{64} N_{0(B)} \cong \%98/4 N_{0(B)} \end{aligned}$$

## تست ۷۵:

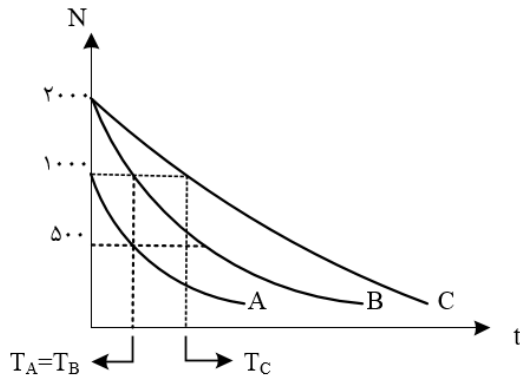
گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

$$m_0 - \frac{7}{8} m_0 = \frac{1}{8} m_0 \quad \text{جرم باقی مانده A} \rightarrow \frac{1}{8} m_0 = \frac{m_0}{2^n}$$

$$m_0 - \frac{3}{4} m_0 = \frac{1}{4} m_0 \quad \text{جرم باقی مانده B} \rightarrow \frac{1}{4} m_0 = \frac{m_0}{2^n}$$

$$n = \frac{t}{T} \rightarrow n_A = 3, n_B = 2$$

$$\rightarrow \frac{t}{T_A} = 3, \quad \frac{t}{T_B} = 2 \rightarrow T_A = \frac{2}{3} T_B$$



## تست ۷۶:

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. نیمه عمر، مدت زمانی است که طول می کشد، تعداد هسته های مادر عنصر رادیواکتیو نصف شود، مطابق شکل صورت سؤال، مدت زمانی که تعداد هسته های عنصر A نصف شده (از ۱۰۰۰ به ۵۰۰ رسیده) با مدت زمان نصف شدن تعداد هسته های B (از ۲۰۰۰ به ۱۰۰۰) برابر است ولی مدت زمان C از این دو بزرگ تر است.

## تست ۷۷:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. در گداخت هسته ای، نوترون های تولید شده بسیار پرانرژی و سریع هستند. مشکل اصلی نیاز به ایجاد دماهای بالا است و هنوز در راکتورهای تجاری موجود قابل استفاده نیستند.

## تست ۷۸:

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. در فرایند شکافت اورانیم، اصل پایستگی عدد جرمی و عدد اتمی برقرار است برای به دست آوردن تعداد نوترونهای حاصل از شکافت از اصل پایستگی عدد جرمی استفاده می کنیم:

$$1 + 335 = 133 + 99 + K$$

$$K = 4 \text{ تعداد نوترونهای تند}$$

هم چنین در واکنش های شکافت هسته ای از گرافیت، آب معمولی و آب سنگین به عنوان کندساز استفاده می شود.

## تست ۷۹:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. میله های کنترل معمولاً از مواد جذب کننده ی نوترون، مانند کادمیم و بور ساخته می شوند، با وارد کردن میله های کنترل به داخل راکتور، آهنگ واکنش شکافت تنظیم می شود.

## تست ۸۰:



گزینه ۱ پاسخ صحیح است. حاصل همجوشی هسته های دو ایزوتوپ هیدروژن، یعنی دوتریم و تریتم، هسته ی هلیوم و یک نوترون پرنرژی تولید می شود. در واکنش گداخت، مجموع جرم محصولات فرایند، کمتر از مجموع جرم هسته های اولیه است.

### تست ۸۱:

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. تنها جمله ی ج صحیح است. بررسی سایر گزینه ها:

الف) افزایش درصد  $^{235}_{92}U$  را غنی سازی می گوئیم.

ب) میله های کنترل کننده از کادمیم و بور ساخته می شوند.

د) واکنش ذکر شده هم جوشی هسته ای است.