

# راهنمای پاسخ دهی به تمرینات، فعالیت ها، پرسش ها و مسائل

۱۲

فصل

## آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای



چاقوی گاما (جراحی مغز بدون چاقو) جایگزینی مناسب برای جراحی‌های سنتی و یا روش‌هایی است که در آن کل مغز در معرض تابش قرار می‌گیرد. از این روش در علم روانپردازی نیز برای درمان وسوس، افسردگی اساسی و اختلالات شدید اضطرابی استفاده می‌شود. این کار چگونه انجام می‌شود؟

### بخش‌ها

- ۱-۴ اثر فوتولکتریک و فوتون
- ۲-۴ طیف خطی
- ۳-۴ مدل اتم رادرفورد - بور
- ۴-۴ لیزر
- ۵-۴ ساختار هسته
- ۶-۴ پرتوژانی طبیعی و نیمه‌عمر

## فصل ۴ - آشنایی با فیزیک اتم و هسته

### پنام خدا

#### تمرین ۱ - ۴

نوری با طول موج  $240\text{ nm}$  به سطحی از جنس فلز تنگستن می‌تابد و سبب گسیل فوتوالکترون‌ها از آن می‌شود.  
الف) بسامد نور فرودی را پیدا کنید.

ب) اگر توان چشمۀ نور فرودی  $50\text{ W}$  باشد، در هر دقیقه چه تعداد فوتون از این چشمۀ گسیل می‌شود؟

پ) اگر توان و در نتیجه شدت چشمۀ نور فرودی به نصف کاهش پیدا کند، شمار فوتون‌های گسیل شده از چشمۀ در هر دقیقه چه تغییری می‌کند؟

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{240 \times 10^{-9}} = 12,5 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

(الف)

$$\left. \begin{array}{l} E = Pt \\ E = hf \end{array} \right\} \rightarrow n = \frac{Pt}{hf} = \frac{50}{6,63 \times 10^{-34} \times 12,5 \times 10^{14}} \approx 6 \times 10^{19}$$

(ب)

پ) نصف می‌شود.

#### تمرین ۲ - ۴

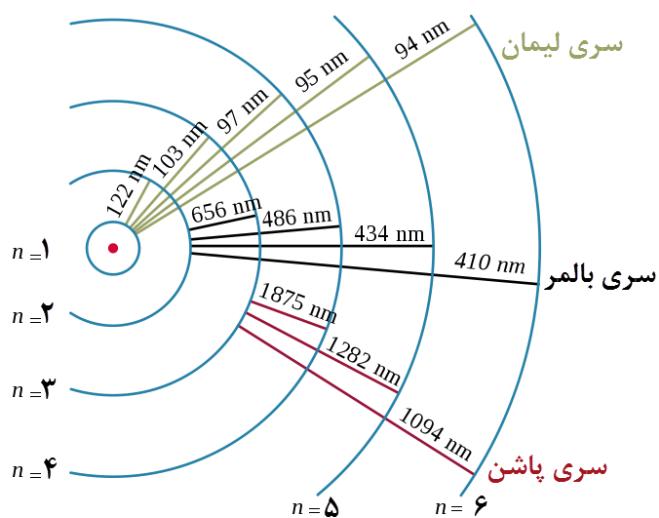
طول موج‌های اولین و دومین خط‌های طیفی اتم هیدروژن در رشتۀ پاشن ( $n = 3$ ) را به دست آورید و تعیین کنید که این خط‌ها در کدام گستره طول موج‌های الکترومغناطیسی واقع‌اند.

در رشتۀ پاشن  $n' = 3$  است، بنابراین اولین و دومین خط آن به ترتیب  $n = 4$  و  $n = 5$  است، از این رو داریم:

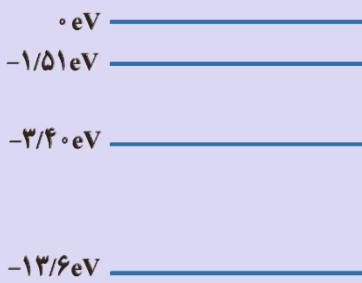
$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) = 0,011 \times \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2} \right) = \frac{11}{1000} \times \left( \frac{16-9}{144} \right) = \frac{77}{144000} \rightarrow \lambda = \frac{144000}{77} \text{ nm} \approx 1870 \text{ nm} \rightarrow \text{Infrared}$$

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) = 0,011 \times \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{5^2} \right) = \frac{11}{1000} \times \left( \frac{25-9}{225} \right) = \frac{176}{225000} \rightarrow \lambda = \frac{225000}{176} \text{ nm} \approx 1276 \text{ nm} \rightarrow \text{Infrared}$$

همانطور که در مثال و شکل دیده می‌شود با افزایش شماره  $n$  طول موج‌ها کاهش می‌یابند، بنابراین بلندترین طول موج مربوط به زمانی است که الکترون به نزدیک ترین مدار بود (کوچکترین  $n$ ) و کوتاهترین طول موج مربوط به زمانی است که  $n = \infty$  می‌شود.



## تمرین ۴ – ۳



شکل مقابله از ترازهای انرژی اتم هیدروژن را نشان می‌دهد.

(الف) کمترین طول موج فوتونی را پیدا کنید که با گذار بین این ترازها به دست می‌آید.

(ب) اگر الکترون از تراز انرژی  $-1.51\text{ eV}$  به تراز پایه جهش کند طول موج فوتون گسیلی را پیدا کنید.

(پ) کدام گذار بین دو تراز می‌تواند به گسیل فوتونی با طول موج  $660\text{ nm}$  منجر شود؟ توجه کنید که این طول موج‌ها در گستره مرئی است.

(الف) کمترین طول موج مربوط به بیشترین تغییر انرژی است، بنابراین:

$$\Delta E = 0 - (-13,6) = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{1240}{13,6} \approx \frac{1242}{13,5} = 92\text{ nm} \rightarrow (\text{exact} = 91,18)$$

$$\Delta E = -1,51 - (-13,6) = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{1240}{12,09} \approx \frac{1242}{12,09} = 102\text{ nm}$$

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240}{660} \approx 1,9 \rightarrow (n = 3 \rightarrow n = 2)$$

(پ) گذار از تراز ۳ به ۲

## پرسش ۱ – ۴

آیا معادله ۵ – ۹ برای جذب فوتون نیز برقرار است؟

$$E_U - E_L = hf$$

معادله گسیل فوتون از اتم

معادله گسیل فوتون از اتم، بر اساس اختلاف انرژی دو تراز، بسامد فوتون گسیل شده را محاسبه می‌کند، از طرف دیگر می‌دانیم در فرآیند جذب فوتون نیز، اتم فوتون‌هایی را جذب می‌کند که انرژی آنها دقیقاً به اندازه اختلاف انرژی دو تراز مبداء (تراز پایین‌تر) و مقصد (تراز بالاتر) باشند.

## تمرین ۴ – ۴

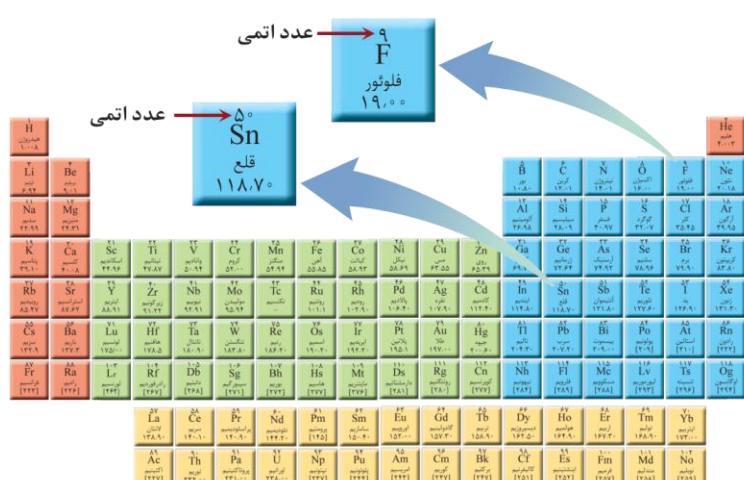
با توجه به آنچه تاکنون دیدید و همچنین با استفاده از جدول تناوبی عناصر، که در پیوست کتاب آمده است، نماد هسته را در هریک از موارد زیر تعیین کنید.

(ب) ایزوتوپ قلع ( $Sn$ ) با عدد نوترنی ۶۶

(الف) ایزوتوپ فلور ( $F$ ) با عدد نوترنی ۱۰

$^{19}_9 F_1$

$^{116}_{50} Sn_{66}$



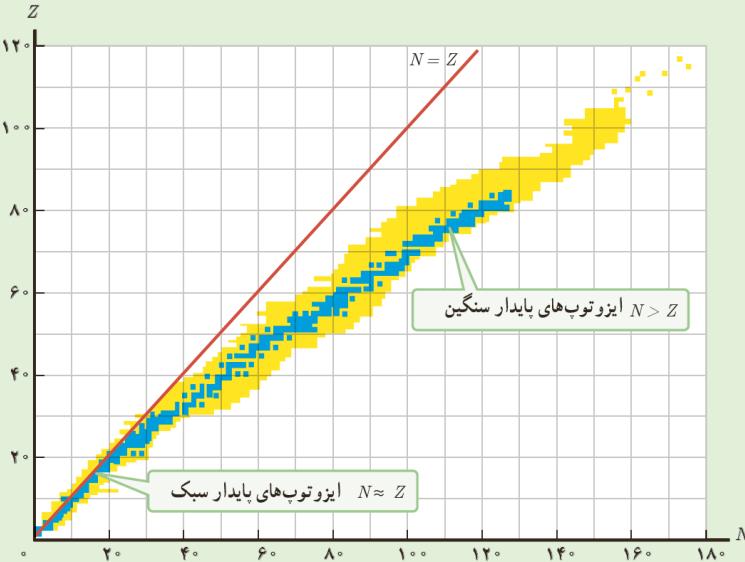
## فصل ۴ - آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای

### پرسش ۴

هر نقطه تیره رنگ در نمودار شکل زیر نشان دهنده یک هسته پایدار است. با توجه به این نمودار به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

(الف) نسبت تعداد نوترون به تعداد پروتون ( $N/Z$ ) برای هسته‌های پایدار مختلف ثابت است یا متفاوت؟ توضیح دهید.

(ب) ایزوتوپ‌های مختلف یک عنصر را چگونه می‌توان با استفاده از این نمودار تشخیص داد؟

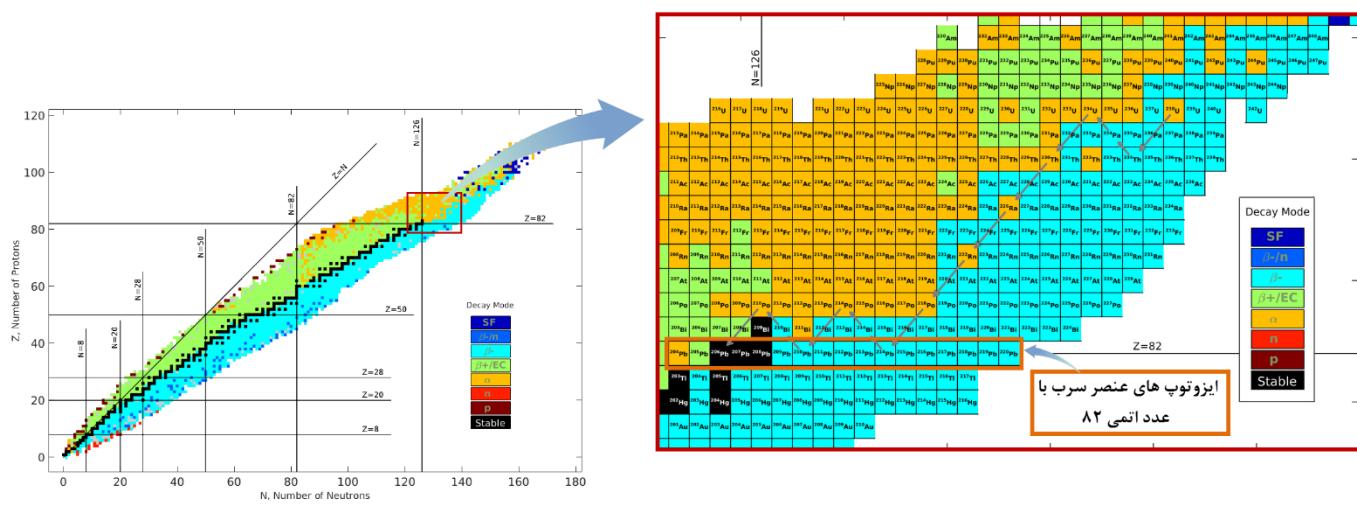


(الف) همانطور که مشاهده می‌شود، خط پایداری ایزوتوپ‌ها ابتدا بر خط  $Z = N$  منطبق است، اما با زیاد شدن  $Z$  به تدریج از آن منحرف می‌شود و ایزوتوپ‌های پایدار سنگین‌تر دارای تعداد نوترون بیش از پروتون‌اند. به عبارت دیگر، برای پایداری هسته با افزایش عدد اتمی ( $Z$ )

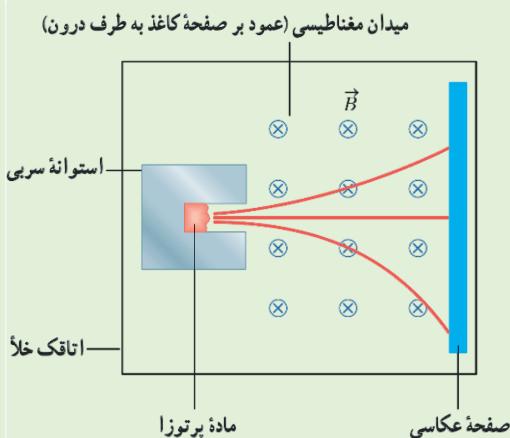
نسبت نوترون به پروتون ( $\frac{N}{Z}$ ) افزایش می‌یابد.

$$\frac{N}{Z} \approx 1,5 \quad \text{برای هسته‌های سبک} \quad \frac{N}{Z} \approx 1/2 \quad \text{برای هسته‌های متوسط} \quad \frac{N}{Z} \approx 1 \quad \text{برای هسته‌های سنگین}$$

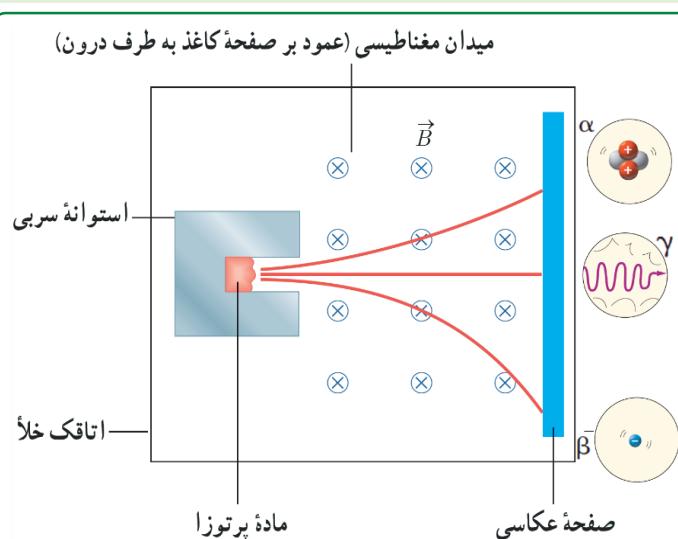
(ب) برای یک عدد اتمی خاص (عنصر مورد نظر) خطی افقی رسم کرده و خانه‌هایی که در محل این خط قرار گرفته‌اند همگی ایزوتوپ‌های عنصر مورد نظر هستند. رنگ بندی این جدول بر اساس نیمه عمر عناصر صورت گرفته است. گرچه در کتاب درسی تنها به عناصر پایدار و ناپایدار اشاره شده است، اما در مراجع دانشگاهی، بر اساس نیمه عمر ایزوتوپ‌ها و نوع پرتوزایی آنها رنگ‌بندی‌های مختلفی وجود دارد.



## پرسش ۴ – ۳



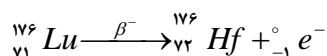
شکل روبرو طرح آزمایش ساده‌ای را نشان می‌دهد که به کمک آن می‌توان سه نوع پرتوزایی طبیعی را مشاهده کرد و به تفاوت بار و جرم پرتوها از یکدیگر پی‌برد. قطعه‌ای از ماده پرتوزا را در ته حفره باریکی در یک استوانه سربی قرار می‌دهند. استوانه را درون اتاقکی می‌گذارند و هوای درون آن را تخلیه می‌کنند. سپس یک صفحه عکاسی مقابل حفره قرار می‌دهند و میدان مغناطیسی یکنواختی درون اتاقک برقرار می‌کنند. خطوط سیاه رنگ، مسیر حرکت پرتوها را نشان می‌دهد. نوع بار پرتوها را با هم مقایسه کنید.



ذرء آلفا دارای بار مثبت است بنابراین بر اساس جهت میدان مغناطیسی به سمت بالا خم می‌شود، از طرفی این ذره به دلیل سنگین‌تر بودن نسبت به پوزیترون خمیدگی کمتری دارد. پرتویی که در میدان خم نمی‌شود پرتوی گاما است. این پرتو از دسته امواج الکترومغناطیسی بوده و فاقد بار است، بنابراین در میدان الکتریکی یا مغناطیسی تغییر جهت نمی‌دهد. پرتویی که بیشترین خمیدگی را دارد، جرم کمی دارد و از آنجا که به سمت پایین خم شده است، طبق قاعده دست راست، باید دارای بار منفی باشد، بنابراین الکترون بوده و پرتوی بتای منفی است.

## تمرین ۴ – ۴

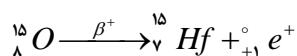
لوتتیم  $^{176}_{71} Lu$  عنصر پرتوزایی است که با گسیل بتای منفی، واپاشی می‌کند. معادله این واکنش را بنویسید و با استفاده از جدول تناوبی عنصرها، عنصر جدیدی را که تولید می‌شود تعیین کنید.



لوتتیم هسته مادر و هافنیم هسته دختر است.

## تمرین ۴ – ۵

ایزوتوپ  $O^{18}$  با گسیل پوزیترون واپاشی می‌کند. معادله این واکنش را بنویسید و با استفاده از جدول تناوبی عنصرها که در پیوست آمده است، عنصر جدیدی را که تولید می‌شود تعیین کنید.



اکسیژن هسته مادر و نیتروژن هسته دختر است.

## فصل ۴ - آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای

تمرین ۷ - ۴

پس از گذشت ۹ روز، تعداد هسته‌های پرتوزای یک نمونه، به  $\frac{1}{8}$  تعداد موجود در آغاز کاهش یافته است. نیمه عمر (بر حسب روز) ماده چقدر است؟

$$N = N_{\circ} \left(\frac{1}{2}\right)^n \rightarrow \frac{N}{N_{\circ}} = \left(\frac{1}{2}\right)^n \xrightarrow{\frac{N}{N_{\circ}} = \frac{1}{8}} n = 3$$

$$n = \frac{\Delta t}{T_{1/2}} \xrightarrow{n=3, \Delta t=9} T_{1/2} = 3 \text{ Days}$$

پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۴

## ۴-۱- اثر فوتوالکتریک و فوتون

**۱.** یک لامپ حاوی گاز کم فشار سدیم، فوتون‌هایی با طول موج  $589\text{ nm}$  گسیل می‌کند.

(الف) بسامد و انرژی فوتون‌های گسیلی را حساب کنید. انرژی را بر حسب ژول و همچنین الکترون ولت بیان کنید.

(ب) فرض کنید توان تابشی مفید لامپ  $5\text{ W}$  است. در هر دقیقه چند فوتون از این لامپ گسیل می‌شود؟

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{589 \times 10^{-9}} = 5,09 \times 10^{14} \text{ Hz} \quad (\text{الف})$$

$$E = hf = 6,63 \times 10^{-34} \times 5,09 \times 10^{14} = 33,77 \times 10^{-20} \text{ J}$$

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240}{589} = 2,1 \text{ eV} \quad \text{or} \quad E = hf = 4,14 \times 10^{-15} \times 5,09 \times 10^{14} = 2,1 \text{ eV} \quad \text{or} \quad E = \frac{33,77 \times 10^{-20}}{1,6 \times 10^{-19}} = 2,1 \text{ eV}$$

$$\left. \begin{array}{l} E = Pt \\ E = nhf \end{array} \right\} \rightarrow n = \frac{Pt}{hf} = \frac{0,5 \times 60}{33,77 \times 10^{-20}} \approx 8,9 \times 10^{16} \quad (\text{ب})$$

**۲.** توان باریکه نور خروجی یک لیزر گازی هلیوم نئون  $5\text{ mW}$  است. اگر توان ورودی این لیزر  $50\text{ W}$  باشد،

(الف) بازده لیزر را حساب کنید.

(ب) اگر طول موج باریکه نور خروجی  $633\text{ nm}$  باشد، شماره فوتون‌هایی را پیدا کنید که در هر ثانیه از این لیزر گسیل می‌شود.

$$\eta = \frac{5 \times 10^{-3}}{50} \times 100 = 0,01 \quad (\text{الف})$$

$$\left. \begin{array}{l} E = Pt \\ E = \frac{nhc}{\lambda} \end{array} \right\} \rightarrow n = \frac{Pt}{hc} \times \lambda = \frac{5 \times 10^{-3}}{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8} \times 633 \times 10^{-9} \approx 1,6 \times 10^{16} \quad (\text{ب})$$

**۳.** یک لامپ رشته‌ای با توان  $100\text{ W}$  از فاصله یک کیلومتری دیده می‌شود. فرض کنید نور لامپ به طور یکنواخت در فضای اطراف آن منتشر می‌شود و بازده لامپ  $5$  درصد است (یعنی  $5\text{ W}$  تابش مرئی گسیل می‌کند) و فقط  $1$  درصد این تابش دارای طول موجی در حدود  $550\text{ nm}$  است. در هر ثانیه چه تعداد فوتون با این طول موج وارد مردمک‌های چشم ناظری می‌شود که در این فاصله قرار دارد؟ (قطر مردمک را  $2\text{ mm}$  در نظر بگیرید).

ابتدا شدت تابش را در فاصله یک کیلومتری پیدا می‌کنیم و سپس میزان انرژی که وارد هر یک از مردمک‌های چشم این شخص می‌شود را به دست آوریم:

$$P_{out} = \frac{1}{100} \times 5 = 5 \times 10^{-2} \text{ J} \quad E = ItA_{Pupil} = P_{out} \times (1s) \times \frac{A_{Pupil}}{A_{Total}} = 5 \times 10^{-2} \times \frac{\pi \times 10^{-6}}{4 \times \pi \times 10^6} = \frac{5}{4} \times 10^{-14} \text{ J}$$

$$I = \frac{P_{out}}{A_{Total}} \quad E = \frac{nhc}{\lambda} \rightarrow n = \frac{\lambda E}{hc} = \frac{550 \times 10^{-9} \times \frac{5}{4} \times 10^{-14}}{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8} = 34,5 \times 10^{13}$$

**۴.** شدت تابشی خورشید در خارج جو زمین حدود  $1360\text{ W/m}^2$  است؛ یعنی در هر ثانیه به سطحی برابر  $1\text{ m}^2$ ، مقدار انرژی  $1360\text{ J}$  می‌رسد. وقتی این تابش به سطح زمین می‌رسد مقداری زیادی از شدت آن، به علت جذب در جو و ابرها از دست می‌رود. اگر شدت تابشی متوسط خورشید در سطح زمین به ازای هر متر مربع حدود  $300\text{ W/m}^2$  باشد، در هر ثانیه چند فوتون به هر متر مربع از سطح زمین می‌رسد؟ طول موج متوسط فوتون‌ها را  $570\text{ nm}$  فرض کنید.

$$n = \frac{Pt\lambda}{hc} = \frac{IAt\lambda}{hc} = \frac{300 \times 1 \times 1 \times 570 \times 10^{-9}}{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8} = \frac{570}{6,63} \times 10^{19} \approx 86 \times 10^{19}$$

## فصل ۴ - آشنایی با فیزیک اتم و هسته

۵. الف) منظور از اثر فتوالکتریک چیست؟

ب) توضیح دهید نظریه کوانتمی تابش که توسط اینشتین مطرح شد و در آن نور به صورت مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی در نظر گرفته شد، چگونه به تبیین اثر فتوالکتریک کمک کرد؟

پ) معادله مربوط به اثر فتوالکتریک به صورت  $K_{Max} = hf - W$  بیان می‌شود. سه بخش این معادله را به طور جداگانه توضیح دهید.

الف) جدا کردن الکترون از سطح یک فلز بوسیله تاباندن نور به آن را پدیده فتوالکتریک نامیده می‌شود.

ب) اینشتین نور را مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی به نام فوتون فرض کرد. وقتی نوری تکفam بر سطح فلزی می‌تابد، هر فوتون صرفاً یا یکی از الکترون‌های فلز برهمنش می‌کند. اگر فوتون انرژی کافی برای جدا کردن الکترون از سطح فلز را داشته باشد، الکترون به صورت آنی خارج می‌شود.

پ) عبارت است از حداقل کار لازم برای جدا کردن یک الکترون از سطح فلزی معین.  $W$  تابع کار فلز نامیده می‌شود و برای هر فلز مقدار معینی دارد.

$hf$  انرژی فوتونی است که به سطح فلز برخورد می‌کند (تابیده می‌شود).

$K_{max}$  انرژی جنبشی سریعترین فتوالکترون‌هایی است که از سطح فلز جدا می‌شوند، یا به عبارت دیگر بیشینه انرژی جنبشی الکترون‌هایی است که از سطح فلز جدا می‌شوند.

۶. توضیح دهید برای یک فلز معین، تغییر هر یک از کمیت‌های زیر چه تأثیری در نتیجه اثر فتوالکتریک دارد.

الف) افزایش یا کاهش بسامد نور فرودی نسبت به بسامد آستانه

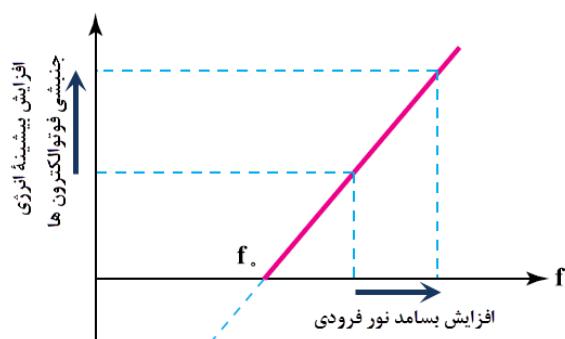
ب) افزایش شدت نور فرودی در بسامدهای کوچکتر از بسامد آستانه

پ) کاهش شدت نور فرودی در بسامدهای بزرگتر از بسامد آستانه

الف) افزایش بسامد نور فرودی، طبق رابطه  $K_{Max} = hf - W$  موجب افزایش

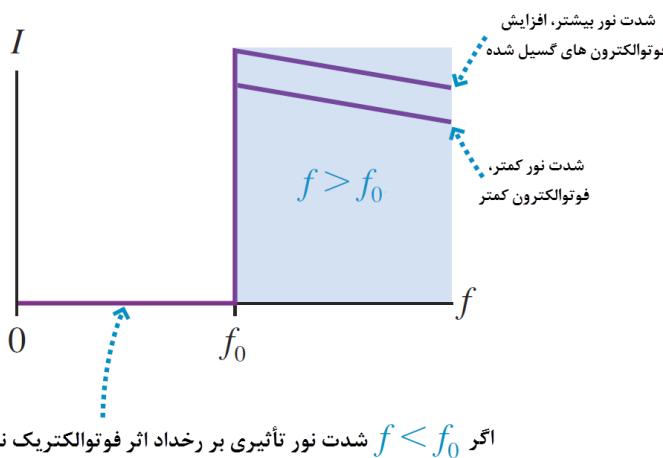
انرژی جنبشی بیشینه فتوالکترون‌های جدا شده از سطح می‌شود.

کاهش بسامد نور فرودی نسبت به بسامد آستانه، موجب قطع گسیل فتوالکتریک می‌شود. همانطور که گفته شد، اثر فتوالکتریک برای بسامدهایی پایین‌تر از بسامد آستانه رخ نمی‌دهد.



نمودار بالا، انرژی جنبشی بیشیته بر حسب بسامد را نشان می‌دهد، محل برخورد نمودار با محور افقی، جایی است که انرژی جنبشی صفر شده است.

این نقطه بساند آستانه را نشان می‌دهد. همانطور که از نمودار مشخص است، با افزایش بسامد، انرژی جنبشی بیشینه افزایش یافته و با کاهش بسامد و عبور از بسامد آستانه، پدیده فتوالکتریک رخ نمی‌دهد.



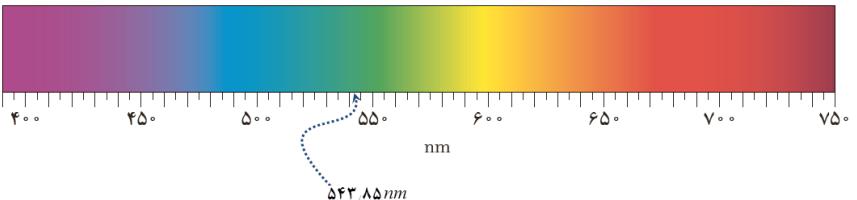
اگر  $f < f_0$  شدت نور تأثیری بر رخداد اثر فتوالکتریک ندارد.

ب) در بسامدهای پایین‌تر از بسامد آستانه اثر فتوالکتریک نخواهیم داشت، بنابراین با تغییر شدت نور فرودی هیچ تغییری در شرایط موجود ایجاد نمی‌شود.

پ) شدت نور فرودی در بسامدهای بالاتر از بسامد آستانه، بر تعداد فتوالکترون‌های گسیل شده تأثیر گذار است، به این ترتیب که با کاهش شدت نور فرودی، تعداد فتوالکترون‌ها کاهش و با افزایش شدت نور فرودی تعداد فتوالکترون‌های گسیل شده افزایش می‌یابد.

**۷.** حداقل انرژی لازم برای جدا کردن یک الکترون از سطح فلز سدیم برابر  $2,28\text{ eV}$  است.  
 الف) طول موج آستانه برای گسیل فوتوالکترون از سطح فلز سدیم چقدر است و با مراجعه به شکل ۵-۶ معلوم کنید این طول موج به چه نگی است؟

ب) آیا فوتون هایی با طول موج  $680\text{ nm}$  قادر به جدا کردن الکترون از سطح این فلز هستند؟

$$\left. \begin{array}{l} f_0 = \frac{W_0}{h} \\ \lambda = \frac{c}{f} \end{array} \right\} \rightarrow \lambda_0 = \frac{hc}{W_0} = \frac{1240}{2,28} = 543,85\text{ nm}$$


ب) خیر - طول موج آستانه حداقل طول موجی است که می تواند موجب کنده شدن الکترون از سطح فلز شود، بنابراین برای طول موج های بالاتر از آن پدیده فوتوالکتریک مشاهده نمی شود.

**۸.** تابش فرابنفشی با طول موج  $200\text{ nm}$  بر سطح تیغه ای از جنس نیکل با تابع کار  $4,9\text{ eV}$  تابیده می شود. بیشینه تندی فوتوالکترون های جدا شده از سطح نیکل را حساب کنید.

$$K_{\max} = hf - W_0 = \frac{hc}{\lambda} - W_0 = \frac{1240}{200} - 4,9 = 6,2 - 4,9 = 1,3\text{ eV} \xrightarrow{\times 1,6 \times 10^{-19}} K_{\max} = 2,08 \times 10^{-19}\text{ J}$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \xrightarrow{m=9,1 \times 10^{-31}\text{ kg}} v_{\max} = 6,76 \times 10^5\text{ m/s}$$

**۹.** هر گاه بر سطح فلزی نوری با طول موج  $420\text{ nm}$  بتابد بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون های گسیل شده حدود  $0,5\text{ eV}$  است. بسامد آستانه برای گسیل فوتوالکترون ها از سطح این فلز چقدر است؟

$$K_{\max} = hf - W_0 = \frac{hc}{\lambda} - W_0 \rightarrow 0,5 = \frac{1240}{420} - W_0 \rightarrow W_0 = 2,95 - 0,5 = 2,45\text{ eV}$$

$$f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{2,45}{4 \times 10^{-15}} = 6,125 \times 10^{14}\text{ Hz}$$

### ۲-۵ و ۳ طیف خطی و مدل اتم رادرفورد - بور

**۱.** الف) طیف گسیلی یک جسم در چه مواردی پیوسته و در چه مواردی گسسته یا خطی است؟ منشأ فیزیکی این تفاوت را توضیح دهید.  
 ب) توضیح دهید چگونه می توان طیف های گسیلی پیوسته و خطی را ایجاد کرد.

الف) طیفی که در یک گستره طول موج معین، شامل تمامی طول موجها باشد، در آن ناحیه پیوسته است. طیف گسیلی حاصل از تابش گرمایی جسم جامد مانند، سطح داغ اتو، ذغال روشن، لامپ رشته ای روشن و ... نمونه هایی از طیف های گسیلی پیوسته هستند.

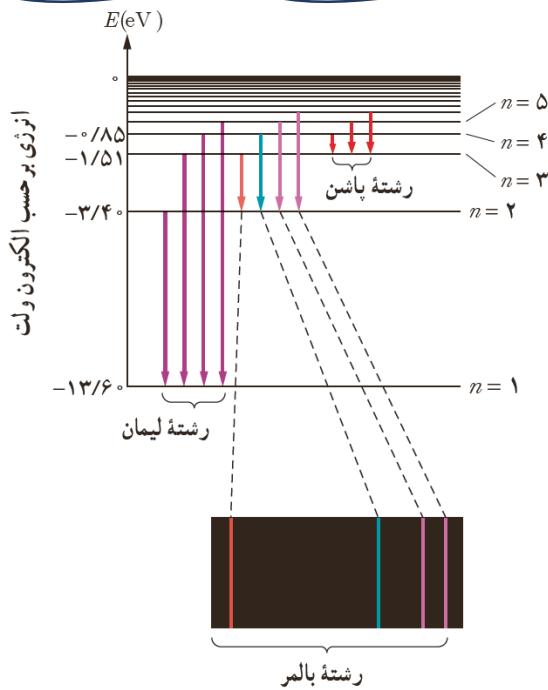
طیفی که در یک گستره طول موج معین، تنها شامل برخی از طول موجها باشد، طیف گسیلی خطی است. طیف گسیلی گازهای رقیق عناصر طیف خطی هستند.

طیف پیوسته در اثر برهمنش قوی بین اتم های جسم جامد ایجاد می شود، در صورتی که در گازهای رقیق و کم فشار، به دلیل عدم وجود برهمنش بین اتم ها، طیف گسسته از آنها گسیل می شود.

ب) اگر یک جسم جامد را گرم کرده تا دمای آن بالا برود تا نور مرئی گسیل کند و نور تولید شده را از یک منشور بگذرانیم، طیفی پیوسته خواهیم داشت.

برای تولید طیف گسسته، بخار رقیق از یک عنصر را درون شیشه ای قرار داده و دو سر آن را به اختلاف پتانسیل بالا متصل می کنیم. نور تابش شده از این لامپ شیشه ای را از منشور عبور می دهیم، تا طیف گسسته بر روی نوار طیف سنجی تشکیل شود.

## فصل ۴ - آشنایی با فیزیک اتم و هسته



۱۱) شکل روبرو سه رشته طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی را روی نمودار تراز انرژی نشان می‌دهد که بر اساس مدل اتمی بور رسم شده است.

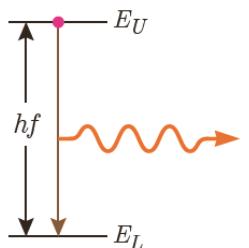
(الف) منظور از  $n = 1$  و انرژی  $-13.6 \text{ eV}$  چیست؟

(ب) بر اساس مدل اتمی بور دلیل خطی بودن طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی را توضیح دهید.

(پ) اختلاف کوتاه‌ترین و بلندترین طول موج در هر رشته را، گستره طول موج‌های آن رشته می‌نامند. گستره طول موج‌های رشته لیمان ( $n' = 1$ ) را پیدا کنید.

(الف)  $n = 1$  مربوط به پایین‌ترین تراز انرژی در اتم است که آن را تراز پایه می‌نامند.  $-13.6 \text{ eV}$  - انرژی مربوط به تراز پایه است، به عبارت دیگر برای اینکه الکترون را کاملاً از قید هسته جدا کنیم باید به این اندازه به آن انرژی بدھیم.

(ب) هنگامی که الکترون‌های اتم‌های هیدروژن که به هر دلیلی برانگیخته شده‌اند، از تراز انرژی بالاتر فرایند گسیل فوتون به تراز انرژی پایین‌تر جهش کنند، طبق رابطه  $\Delta E = h f$  دقیقاً فوتون‌هایی را گسیل می‌کنند که انرژی آنها برابر با اختلاف انرژی دو تراز است. بنابراین طیف گسیلی گسسته‌ای تشکیل می‌دهند.



$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{\lambda_L} &= 0.011 \times \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) = \frac{0.033}{4} \rightarrow \lambda_L = \frac{4000}{33} \approx \frac{4000}{22} = 125 \text{ nm} \\ \frac{1}{\lambda_S} &= 0.011 \times \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{\infty} \right) = 0.011 \rightarrow \lambda_S = \frac{1000}{11} \approx 91 \text{ nm} \end{aligned} \right\} \rightarrow \Delta \lambda = 125 - 91 = 34 \text{ nm} \quad (پ)$$

۱۲) (الف) فرایند جذب فوتون توسط اتم را توضیح دهید.

(ب) با استفاده از مدل بور، چگونه می‌توانید خطهای تاریک در طیف جذبی گاز هیدروژن اتمی را توجیه کنید؟

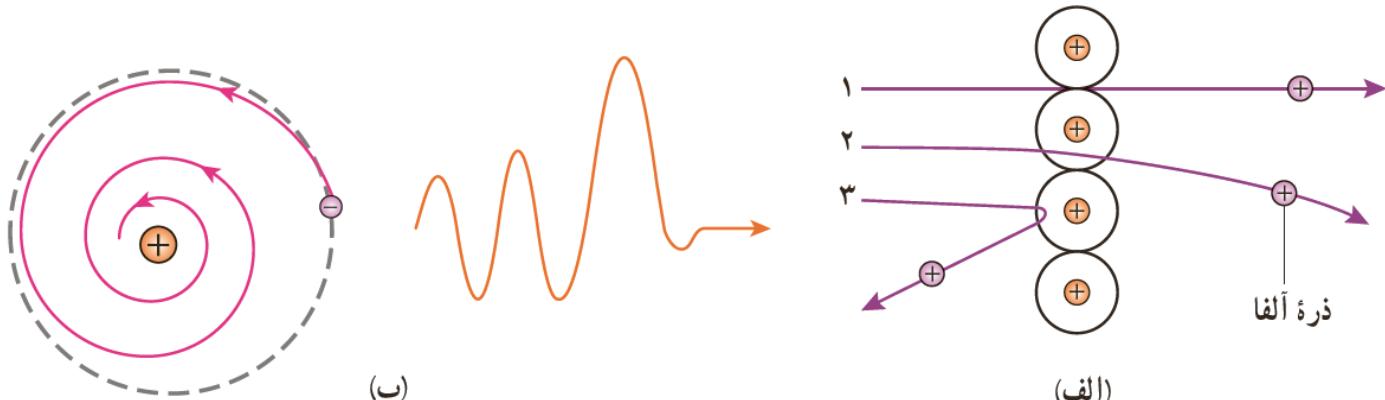
(پ) وقتی که نور فرابنفش به بسیاری از مواد تابیده شود، تابش مرئی از خود گسیل می‌کنند. این پدیده فیزیکی نمونه‌ای از فلئورسانی است. آزمایش نشان می‌دهد در پدیده فلئورسانی طول موج‌های گسیل یافته معمولاً برابر همان طول موج نورفروشی یا بزرگ‌تر از آن است. این پدیده را چگونه به کمک مدل بور می‌توانید تبیین کنید؟

(الف) فرآیندی را که در طی آن الکترونی با جذب انرژی از پرتوی نور تابیده شده، به تراز بالاتر می‌رود، جذب فوتون نامیده می‌شود.

(ب) هنگامی که الکترونی از تراز پایین‌تر به تراز بالاتر می‌رود، باید دقیقاً انرژی معادل با اختلاف انرژی دو تراز را جذب کند، از این رو تنها طول موج‌هایی از نور فروشی (فوتون‌هایی با بسامد و انرژی مشخص) را جذب می‌کند، که انرژی آنها برابر اختلاف انرژی دو تراز باشند، که موجب بوجود آمدن طیف جذبی گسسته می‌شود.

(پ) هنگامی که نور فرابنفش به مواد تابیده می‌شود، تعدادی از الکترون‌های آنها با جذب انرژی به مدارهای بالاتر می‌روند و در اصلاح برانگیخته می‌شوند. اما در برگشت این الکترون‌ها به مدار خود، یکباره به مدار اصلی برنمی‌گردند، بلکه به صورت پلکانی، برگشته و در طی این بازگشت فوتون‌هایی با طول موج‌های بیشتر، گسیل می‌کنند که برخی از آنها در ناحیه نور مرئی قرار دارند.

۱۳. مبنای مدل رادرفورد، نتایج آزمایش‌هایی بود که از پراکندگی ذره‌های آلفا توسط یک ورقه نازک طلا به دست آمده بود (شکل الف) توضیح دهد چرا بیشتر ذره‌های آلفا مانند ذره‌های ۱ و ۲ یا اصلاً منحرف نمی‌شوند یا به مقدار کمی منحرف می‌شوند.  
 ب) تنها تعداد بسیار کمی از ذره‌ها مانند ذره ۳ منحرف می‌شوند. این امر چه نکته‌ای را درباره ساختار اتم طلا نشان می‌دهد؟  
 پ) چرا رادرفورد در آزمایش خود از صفحه بسیار نازک طلا استفاده کرده بود؟  
 ت) شکل ب، به کدام مشکل مدل رادرفورد اشاره دارد؟ در مدل بور چگونه این مشکل رفع شده است؟



- الف) ذره‌های ۱ و ۲ به ترتیب از فضای خالی بین اتم‌ها و فضای اطراف هسته عبور می‌کنند، به همین دلیل بدون انحراف و یا با انحراف کمی به صفحه فلوئورسان می‌رسند و از آنجایی که حجم هسته در مقایسه با فضای خالی بین اتم‌ها و فضای اتم، بسیار کوچکتر است، تعداد زیادی از ذرات آلفا مانند ذرات ۱ و ۲ بدون انحراف و یا با انحراف کمی از آن خارج می‌شوند.  
 ب) این شکل نشان می‌دهد که ذره ۳ به هسته اتم طلا با حجم کم ولی چگال و با بر مثبت برخورد کرده و تحت تأثیر نیروی دافعه بین ذره مثبت آلفا و بر مثبت هسته، با انحراف زیاد به عقب بر می‌گردد.  
 پ) ذرات آلفا نفوذپذیری کمی دارند، از این رو به راحتی جذب می‌شوند. لذا نیاز بود که از ورقه‌های بسیار نازک، در این آزمایش استفاده شود. چکش خواری بسیار بالای طلا این امکان را برای استفاده در این آزمایش فراهم می‌نمود. از طرف دیگر تعداد زیاد الکترون‌های آزاد این فلز در مقایسه با دیگر فلزات و سنگین بودن نسبی این فلز، موجب می‌شود که بتوان میزان پراکندگی ذرا ت آلفا را در آن به خوبی بررسی کرد.  
 ت) اگر الکترون‌ها مانند سیاره‌های منظومه خورشیدی به دور هسته در گردش باشند، حرکت آنها شتابدار است، و بنابر نظریه فیزیک کلاسیک این حرکت شتابدار موجب گسیل امواج الکترومغناطیس شده که بسامد آن با بسامد حرکت مداری الکترون برابر است. با تابش موج الکترومغناطیس از انرژی آن کاسته شده و در نتیجه شعاع حرکت آن کوچکتر و نتیجتاً بسامد آن به تدریج بزرگتر می‌شود. بدین ترتیب بسامد امواج گسیل شده از آن نیز به تدریج افزایش می‌یابد. در نهایت روی هسته سقوط می‌کند، مضاف بر اینکه در این مدت طیف پیوسته‌ای را گسیل کرده است. (به صورت خلاصه این شکل به ناپایداری مدل رادرفورد و گسیل طیف پیوسته به جای طیف گسیسته اشاره دارد).  
 در مدل بور فرض بر این است که الکترون‌ها بر روی مدارهای با شعاع گسیسته و معین گردش می‌کنند و مدامی که روی این مدار قرار دارند موجی گسیل نمی‌کنند.

۱۴. با استفاده از رابطه بور برای انرژی الکترون در اتم هیدروژن،

$$\text{الف) اختلاف انرژی } \Delta E(n_U \rightarrow n_L) = E_U - E_L \text{ را حساب کنید.}$$

ب) نشان دهید که :

$$\Delta E(4 \rightarrow 2) = \Delta E(4 \rightarrow 3) + \Delta E(3 \rightarrow 2)$$

$$\Delta E(4 \rightarrow 1) = \Delta E(4 \rightarrow 2) + \Delta E(2 \rightarrow 1)$$

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

(ب)

## فصل ۴ - آشنایی با فیزیک اتم و هسته

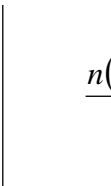
$$\Delta E(4 \rightarrow 2) + \Delta E(3 \rightarrow 2) = -E_R\left(\frac{1}{n_4} - \frac{1}{n_2}\right) - E_R\left(\frac{1}{n_3} - \frac{1}{n_2}\right) = -E_R\left(\frac{1}{n_4} - \frac{1}{n_2} + \frac{1}{n_3} - \frac{1}{n_2}\right) = -E_R\left(\frac{1}{n_4} - \frac{1}{n_3}\right)$$

$$\Delta E(4 \rightarrow 2) + \Delta E(2 \rightarrow 1) = -E_R\left(\frac{1}{n_4} - \frac{1}{n_2}\right) - E_R\left(\frac{1}{n_2} - \frac{1}{n_1}\right) = -E_R\left(\frac{1}{n_4} - \frac{1}{n_2} + \frac{1}{n_2} - \frac{1}{n_1}\right) = -E_R\left(\frac{1}{n_4} - \frac{1}{n_1}\right)$$

۱۴. الکترون اتم هیدروژنی در تراز  $n=5$  قرار دارد.

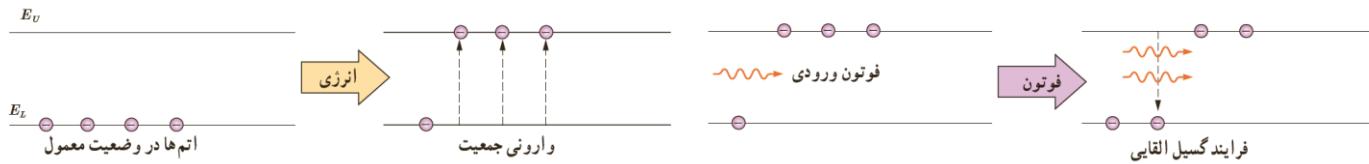
الف) با در نظر گرفتن تمام گذارهای ممکن، اگر این اتم به حالت پایه برود، امکان گسیل چند نوع فوتون با انرژی متفاوت وجود دارد؟

ب) فرض کنید فقط گذارهای  $\Delta n = 1$  مجاز باشند، در این صورت امکان گسیل چند نوع فوتون با انرژی متفاوت وجود دارد؟

$5 \rightarrow 4$ $5 \rightarrow 3 \quad 4 \rightarrow 3$ $5 \rightarrow 2 \quad 4 \rightarrow 2 \quad 3 \rightarrow 2$ $5 \rightarrow 1 \quad 4 \rightarrow 1 \quad 3 \rightarrow 1 \quad 2 \rightarrow 1$		<p style="text-align: right;">الف)</p> $\frac{n(n-1)}{2} = \frac{5 \times 4}{2} = 10$  <p style="text-align: right;">ب)</p> $(n-1) = 5-1 = 4$
--	---	---

## ۱۵ - لیزر

۱۵. شکل زیر فرایند ایجاد باریکه لیزر را به طور طرح وار در ۴ مرحله نشان می‌دهد.



الف) منظور از عبارت "اتم‌ها در وضعیت معمول" چیست؟

ب) نقش انرژی داده شده چیست و معمولاً این انرژی چگونه تأمین می‌شود؟

پ) منظور از "وارونی جمعیت" چیست؟

ت) انرژی فوتون ورودی چقدر باید باشد تا فرایند گسیل القایی انجام شود؟

ث) فوتون‌هایی که بر اثر فرایند گسیل القایی و جهش الکترون‌ها به تراز پایین‌تر ایجاد می‌شوند چه ویژگی‌های مشترکی دارند؟

الف) این وضعیت بیانگر زمانی است که بیشتر الکترون‌ها در ترازهای انرژی پایین‌تر قرار داشته و هنوز برانگیخته نشده‌اند.

ب) چشمۀ انرژی خارجی مناسب، سبب برانگیخته شدن الکترون‌ها به ترازهای انرژی بالاتر می‌شود.

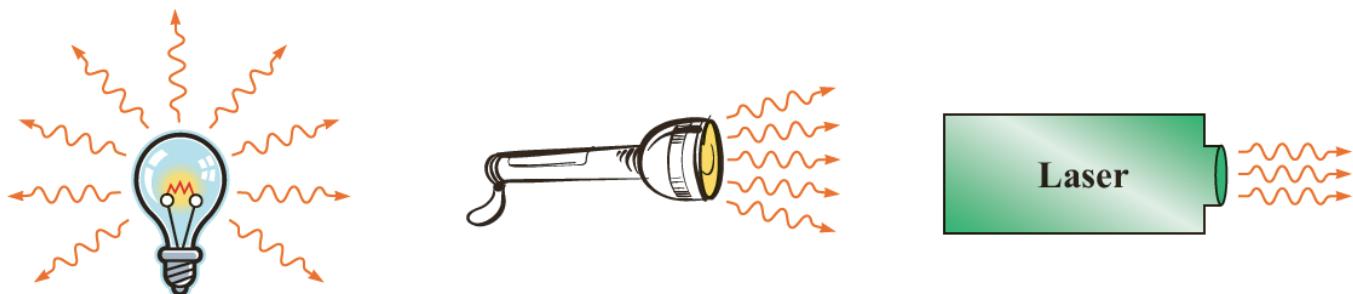
این انرژی به روش‌های متعددی از جمله درخشش‌های شدید نور معمولی و یا تخلیه‌های ولتاژ بالا صورت می‌گیرد.

پ) اگر انرژی کافی به اتم‌ها داده شود، تعداد الکترون‌هایی که به تراز بالاتر می‌روند، از تعداد الکترون‌هایی که در تراز پایین‌تر قرار دارند، بیشتر می‌شود، به چنین شرایطی، وارونی جمعیت گفته می‌شود.

ت) برای ایجاد فرایند گسیل القایی، انرژی فوتون القایی باید برابر با اختلاف انرژی دو تراز باشد.

ث) فوتون‌های باریکه لیزر، هم‌سامد، هم‌جهت و هم‌فاز هستند.

IV. در شکل زیر نحوه گسیل فوتون‌ها از سه چشمۀ نور شامل لامپ رشته‌ای، چراغ قوه با لامپ رشته‌ای و لیزر با یکدیگر مقایسه شده است.



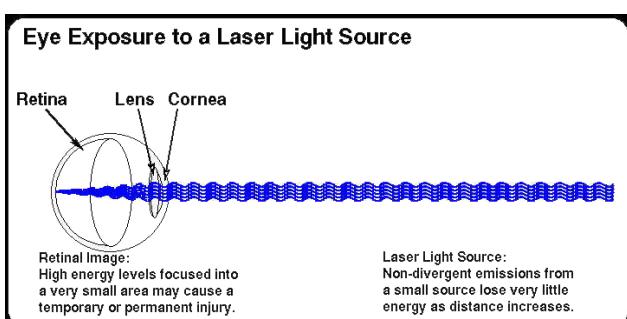
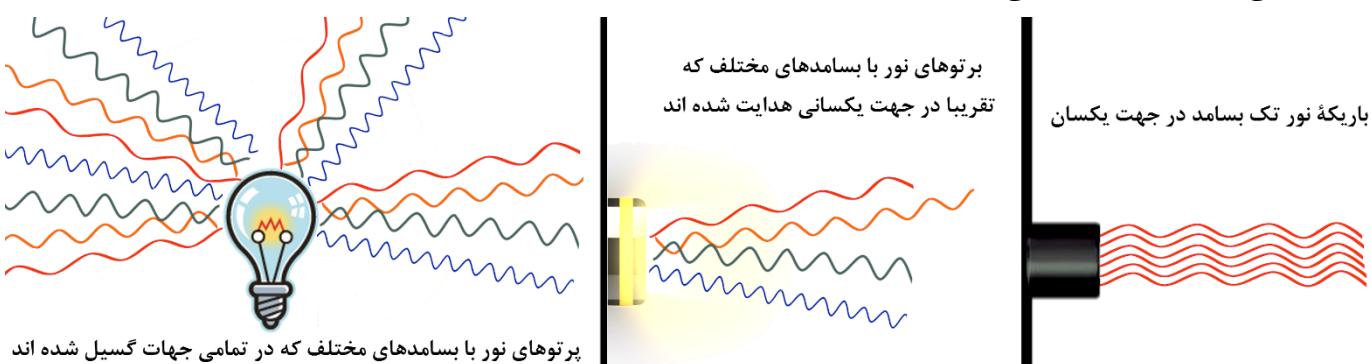
الف) با توجه به آنچه در این فصل فراگرفتید تفاوت فوتون‌های گسیل شده از هر چشمۀ را با یکدیگر بیان کنید.

ب) چرا توصیۀ جدی می‌شود که هیچ گاه به طور مستقیم به باریکۀ نور ایجاد شده توسط لیزر نگاه نکنید؟

الف) در لامپ رشته‌ای، فوتون‌های گسیل شده طیف پیوسته‌ای را تشکیل می‌دهند که شامل گستره طول موج‌های نور مرئی است. این فوتون‌ها در تمامی جهات گسیل می‌شوند.

در چراغ قوه با لامپ رشته‌ای نیز فوتون‌هایی با بسامدهای مختلف گسیل می‌شوند (همانند آنچه بیان شد)، اما سطح بازتابنده پشت لامپ موجب همجهت شدن بخش زیادی از فوتون‌های گسیل شده می‌شود. بدین ترتیب فوتون‌ها بعد از گسیل شدن توسط یک سطح بازتابنده کروی تا حدود زیادی همجهت می‌شوند.

در لیزر، بسامد و جهت گسیل فوتون‌های گسیل شده با یکدیگر یکسان است، بدین ترتیب یک باریکۀ پرانرژی از فوتون‌هایی با بسامد یکسان خواه‌سمند داشت که همگی در یک جهت حرکت می‌کنند.



ب) همانطور که در قسمت الف توضیح داده شد، نور لیزر به دلیل همجهت و همبسامد بودن فوتون‌های آن نور تقویت شده‌ای محسوب می‌شود که انرژی زیادی دارد. حال اگر این باریکۀ پرانرژی بر بخشی از چشم تابیده شود، با توجه به وارد شدن مقدار زیادی از انرژی بر سطح کوچکی از چشم، می‌تواند به بخش‌های مختلف چشم آسیب‌های موقتی یا دائمی برساند.

## فصل ۴ - آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای

### ۴-۵ - ساختار هسته

۱۴. مرتبه بزرگی تعداد نوترون‌هایی را که می‌توان تنگ هم در یک توپ تنیس به شعاع  $3,2\text{ cm}$  جای داد، تخمین بزنید. در این صورت مرتبه بزرگی جرم این توپ چقدر است؟ (مرتبه بزرگی شعاع و جرم نوترون را به ترتیب  $m = 10^{-15}\text{ kg}$  و  $10^{-27}\text{ kg}$  در نظر بگیرید)

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$n = \frac{V_{ball}}{V_N} = \left( \frac{\overbrace{3/2 \times 10^{-2}\text{ m}}^{\sim 10^{-2}\text{ m}}}{10^{-15}\text{ m}} \right)^3 \sim (10^{19})^3 = 10^{57} \quad m = 10^{19} \times 10^{-27} = 10^{-8}\text{ kg}$$

۱۵. برای  $Pb_{82}^{208}$  مطلوب است:

پ) بار الکتریکی خالص هسته

الف) تعداد نوکلئون‌ها

$$N = A - Z = 208 - 82 = 126$$

۲۰۸

$$q = +ne = 82 \times 1.6 \times 10^{-19} C = 131.2 \times 10^{-19} C = 1,312 \times 10^{-19} C \quad (ج)$$

۱۶. در هریک از موارد زیر نماد  $X$  چه عنصری را نشان می‌دهد و در هسته هر یک چند نوترون وجود دارد؟ در صورت لزوم از جدول تناوبی استفاده کنید.

۶۱  $X$  (ج)

۳۲  $X$  (ب)

۱۹۵  $X$  (الف)

${}^{61}X$	${}^{32}S$	${}^{195}X$
${}^{63}Cu$ مس $63.55$	${}^{32}Cu$ $N = A - Z$ $N = 32 - 16 = 16$	${}^{195}S$ گوگرد ${}^{32}_{16}S$
${}^{61}X$	$N = A - Z$	$N = 195 - 78 = 117$
${}^{61}X$	${}^{32}S$	${}^{195}Pt$ پلاتین $195.1$

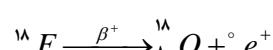
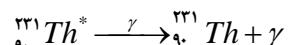
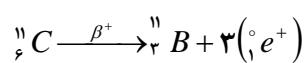
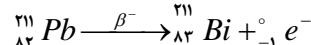
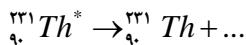
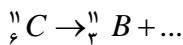
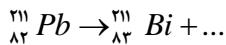
۱۷. آیا می‌توان ایزوتوپ  ${}^{61}_{25}X$  را با روش شیمیایی از ایزوتوپ  ${}^{59}_{25}Y$  چطور؟ پاسخ خود را توضیح دهید.

خیر - ایزوتوپ‌ها دارای خواص شیمیایی یکسانی هستند (عدد اتمی، یعنی تعداد بروتون‌ها و الکترون‌های آنها یکسان است) بنابراین از روش‌های شیمیایی نمی‌توان آنها را از یکدیگر جدا کرد. برای جداسازی ایزوتوپ‌های یک عنصر از تفاوت جرمی آنها (روش‌های فیزیکی) استفاده می‌کنند.

ایزوتوپ‌های  ${}^{61}_{25}X$  و  ${}^{59}_{25}Y$  مربوط به دو عنصر متفاوت‌اند، بنابراین خواص شیمیایی متفاوتی داشته و می‌توان آنها را با استفاده از روش‌های شیمیایی از یکدیگر تفکیک کرد.

## ۴-۶- پرتوزایی طبیعی و نیمه عمر

۱۹. جاهای خالی در فرایندهای واپاشی زیر نشان دهنده یک یا چند ذره  $\alpha$ ،  $\beta^-$  یا  $\beta^+$  است. در هر واکنش، جای خالی را کامل کنید.



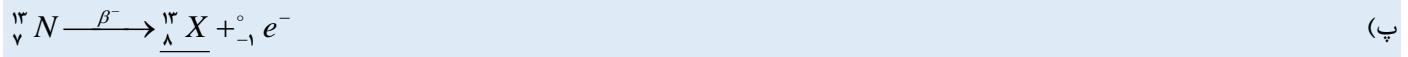
۲۰. هسته دختر بدست آمده از هر یک از واپاشی‌های زیر را به صورت  ${}_{Z}^AX$  مشخص کنید.

(الف)  $^{242}_{94} Pu$  واپاشی  $\alpha$  انجام دهد.

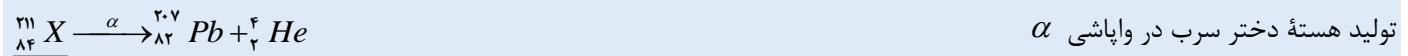
(ب) سدیم  $^{24}_11 Na$  واپاشی  $\beta^-$  انجام دهد.

(پ) نیتروژن  $^{14}_7 N$  واپاشی  $\beta^-$  انجام دهد.

(ت)  $^{16}_8 O$  واپاشی  $\beta^+$  انجام دهد.



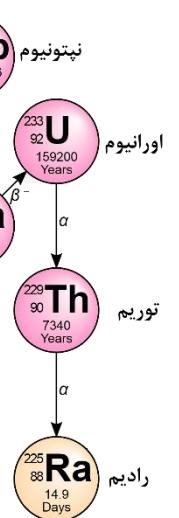
۲۱. سرب  $^{207}_{82} Pb$  هسته دختر پایداری است که می‌تواند از واپاشی  $\alpha$  یا واپاشی  $\beta^-$  حاصل شود. فرایندهای مربوط به هر یکی از این واپاشی‌ها را بنویسید. در هر مورد هسته مادر را به صورت  ${}_{Z}^AX$  مشخص کنید.



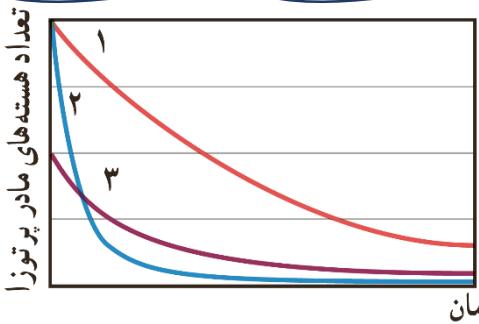
۲۲. نپتونیم  $^{237}_{93} Np$  ایزوتوپی است که در راکتورهای هسته‌ای تولید می‌شود. این ایزوتوپ ناپایدار است و واپاشی آن از طریق گسیل ذرات  $\alpha$ ،  $\beta^-$  و  $\alpha$  صورت می‌گیرد. پس از وقوع تمام این واپاشی‌ها، عدد اتمی و عدد جرمی هسته نهایی چقدر است؟



هسته نهایی رادیم با عدد اتمی ۸۸ و عدد جرمی ۲۲۵ است.



## فصل ۴ - آشنایی با فیزیک اتم و هسته ای



.۳۳. شکل روبرو نمودار تغییرات تعداد هسته های مادر پرتوزای سه نمونه را بر حسب زمان نشان می دهد. نیمه عمر این سه نمونه را با هم مقایسه کنید.

هر چه اندازه شیب متوسط نمودار بیشتر باشد نشان از واپاشی سریعتر و یا به عبارت دیگر نیمه عمر کوتاهتر ماده پرتوزا دارد. بنابراین :

$$(T_{1/2})_2 < (T_{1/2})_1 < (T_{1/2})_3$$

.۳۴. هنگامی که نیتروژن جو زمین توسط پرتوهای کیهانی (که معمولاً از جنس پروتون، ذره های  $\alpha$  و الکترون هستند) بمباران می شود، ایزوتوپ پرتوزای کربن ۱۴ با آهنگ ثابتی در لایه های فوقانی جو تولید می شود. این کربن پرتوزا، با کربن ۱۲ که به طور طبیعی در جو وجود دارد درهم می آمیزد. بررسی ها نشان داده است که به ازای هر ۱۰۰۰۰ میلیارد اتم پایدار کربن ۱۲، تقریباً یک اتم پرتوزای کربن ۱۴ از این طریق وارد جو می شود. اتم های کربن جوی از طریق فعالیت های بیولوژیکی از قبیل فتوسنتز و تنفس، به نحو کاتورهای مکان خود را عوض می کنند و به بدن جانداران منتقل می شوند. به طوری که اتم های کربن هر موجود زنده شامل کسر کوچک و ثابتی از ایزوتوپ پرتوزا کربن ۱۴ است. وقتی موجود زنده ای می میرد، مقدار کربن پرتوزا به تله افتاده در موجود غیر زنده، با نیمه عمر ۵۷۳۰ سال رو به کاهش می گذارد. کربن ۱۴ موجود در یک

نمونه زغال قدیمی،  $1/56$  درصد (معادل  $\frac{1}{64}$ ) مقدار عادی کربن ۱۴ موجود در زغالی است که تازه تولید شده است. سن تقریبی این زغال

قدیمی چقدر است؟

برای پاسخگویی به سوال به اطلاعات بخش مشخص شده نیازمندیم، با توجه به اطلاعات داده شده و همچنین روابط نیمه عمر داریم:

$$N = N_0 \left( \frac{1}{2} \right)^n \rightarrow \frac{N}{N_0} = \left( \frac{1}{2} \right)^n \rightarrow \frac{1}{64} = \left( \frac{1}{2} \right)^6 \rightarrow n = 6$$

$$n = \frac{\Delta t}{T_{1/2}} \xrightarrow{n=6} \Delta t = n \times T_{1/2} = 6 \times 5730 = 34380 \text{ years}$$

.۳۵. نیمه عمر بیسموت ۲۱۲ حدود ۶۰ دقیقه است. پس از گذشت چهار ساعت، چه کسری از ماده اولیه، در نمونه ای از این بیسموت، باقی می ماند؟

ابتدا با توجه به زمان سپری شده، تعداد نیمه عمرهای که از این ماده گذشته است را محاسبه می کنیم:

$$n = \frac{\Delta t}{T_{1/2}} = \frac{4}{1} = 4 \xrightarrow{\frac{N}{N_0} = \left( \frac{1}{2} \right)^n} \frac{N}{N_0} = \frac{1}{2^4} = \frac{1}{16}$$

برای ورود به کanal بر روی [لینک](#) کلیک کنید.

# Biamoz.com | بیاموز

بزرگترین مرجع آموزشی و نمونه سوالات درسی تمامی مقاطع

شامل انواع | نمونه سوالات | فصل به فصل | پایان ترم | جزوه |  
ویدئوهای آموزشی | گام به گام | طرح درس | طرح جابر | و ...

اینستاگرام

گروه تلگرام

کanal تلگرام

برای ورود به هر پایه در سایت ما روی اسم آن کلیک کنید

دبستان

ششم

پنجم

چهارم

سوم

دوم

اول

متوسطه اول

نهم

هشتم

هفتم

متوسطه دوم

دوازدهم

یازدهم

دهم