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

فصل ۴

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 روانپزشکی نیز برای درمان وسواس، افسردگی اساسی و اختلالات شدید اضطرابی استفاده می‌شود. این کار چگونه انجام می‌شود؟

بخش‌ها

۴ـ۱ اثر فوتوالکتریک و فوتون
۴ـ۲ طیف خطی
۴ـ۳ مدل اتم رادرفورد ـ بور
۴ـ۴ لیزر
۴ـ۵ ساختار هسته
۴ـ۶ پرتوزایی طبیعی و نیمه‌عمر

تهیه و تنظیم:
علی قرغانی
دبیر فیزیک استان اصفهان
@GhareghaniPhysics

msbook.info

به نام خدا

تمرین ۴ – ۱

نوری با طول موج $۲۴۰nm$ به سطحی از جنس فلز تنگستن می‌تابد و سبب گسیل فوتوالکترون‌ها از آن می‌شود.

الف) بسامد نور فرودی را پیدا کنید.

ب) اگر توان چشمهٔ نور فرودی $۵۰W$ باشد، در هر دقیقه چه تعداد فوتون از این چشمه گسیل می‌شود؟

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

الف)

$$f=\frac{c}{\lambda}=\frac{۳\times۱۰^{۸}}{۲۴۰\times۱۰^{-۹}}=۱۲/۵\times۱۰^{۱۴}\,Hz$$

ب)

$$\left.\begin{array}{l}E=Pt\\E=hf\end{array}\right\}\rightarrow n=\frac{Pt}{hf}=\frac{۵۰}{۶/۶۳\times۱۰^{-۳۴}\times۱۲/۵\times۱۰^{۱۴}}\approx۶\times۱۰^{۱۹}$$

پ) نصف می‌شود.

تمرین ۴ – ۲

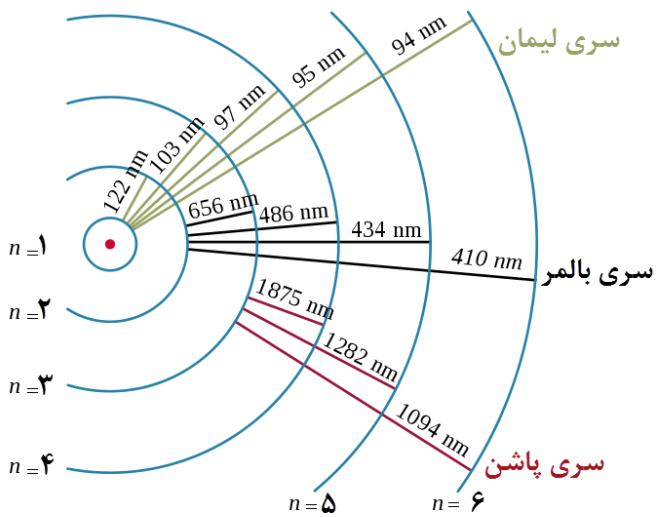
طول موج‌های اولین و دومین خط‌های طیفی اتم هیدروژن در رشتهٔ پاشن ($n=۳$) را به دست آورید و تعیین کنید که این خط‌ها در کدام گسترهٔ طول موج های الکترومغناطیسی واقع‌اند.

در رشتهٔ پاشن $n'=۳$ است، بنابراین اولین و دومین خط آن به ترتیب $n=۴$ و $n=۵$ است، از این رو داریم:

$$\frac{۱}{\lambda}=R_H\left(\frac{۱}{n'^{۲}}-\frac{۱}{n^{۲}}\right)=۰/۰۱۱\times\left(\frac{۱}{۳^{۲}}-\frac{۱}{۴^{۲}}\right)=\frac{۱۱}{۱۰۰۰}\times\left(\frac{۱۶-۹}{۱۴۴}\right)=\frac{۷۷}{۱۴۴۰۰۰}\rightarrow\lambda=\frac{۱۴۴۰۰۰}{۷۷}nm\approx۱۸۷۰nm\rightarrow Infrared$$

$$\frac{۱}{\lambda}=R_H\left(\frac{۱}{n'^{۲}}-\frac{۱}{n^{۲}}\right)=۰/۰۱۱\times\left(\frac{۱}{۳^{۲}}-\frac{۱}{۵^{۲}}\right)=\frac{۱۱}{۱۰۰۰}\times\left(\frac{۲۵-۹}{۲۲۵}\right)=\frac{۱۷۶}{۲۲۵۰۰۰}\rightarrow\lambda=\frac{۲۲۵۰۰۰}{۱۷۶}nm\approx۱۲۷۶nm\rightarrow Infrared$$

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



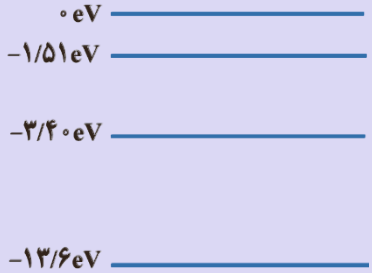
تمرین ۴ – ۳

شکل مقابل تعدادی 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 $-۱/۵۱eV$ به تراز پایه جهش کند طول موج فوتون گسیلی را پیدا کنید.

پ) کدام گذار بین دو تراز می تواند به گسیل فوتونی با طول موج $۶۶۰nm$ منجر شود؟ توجه کنید که این طول موج‌ها در گستره مرئی است.



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

$$\Delta E = ۰-(-۱۳/۶) = \frac{hc}{\lambda} = \frac{۱۲۴۰}{\lambda} \to \lambda = \frac{۱۲۴۰}{۱۳/۶} \approx \frac{۱۲۴۲}{۱۳/۵} = ۹۲\,nm \to (exact = ۹۱/۱۸)$$

ب)

$$\Delta E = -۱/۵۱-(-۱۳/۶) = \frac{hc}{\lambda} = \frac{۱۲۴۰}{\lambda} \to \lambda = \frac{۱۲۴۰}{۱۲/۰۹} \approx \frac{۱۲۴۲}{۱۲/۰۹} = ۱۰۲\,nm$$

پ) گذار از تراز ۳ به ۲

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{۱۲۴۰}{۶۶۰} \approx ۱/۹ \to (n=۳ \to n=۲)$$

پرسش ۴ – ۱

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

معادلهٔ گسیل فوتون از اتم

$$E_U - E_L = h\,f$$

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

تمرین ۴ – ۴

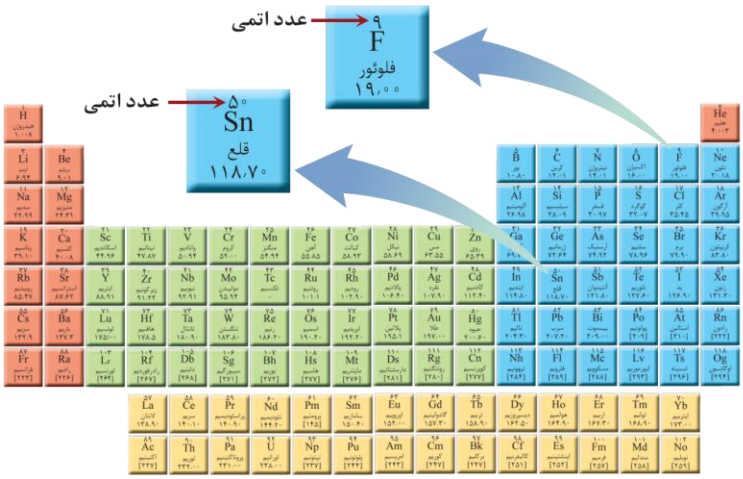
با توجه به آنچه تاکنون دیدید و همچنین با استفاده از جدول تناوبی عناصر، که در پیوست کتاب آمده‌است، نماد هسته را در هریک از موارد زیر تعیین کنید.

الف) ایزوتوپ فلوئور (F) با عدد نوترونی ۱۰

ب) ایزوتوپ قلع (Sn) با عدد نوترونی ۶۶

$^{۱۹}_{۹}F_{۱۰}$

$^{۱۱۶}_{۵۰}Sn_{۶۶}$



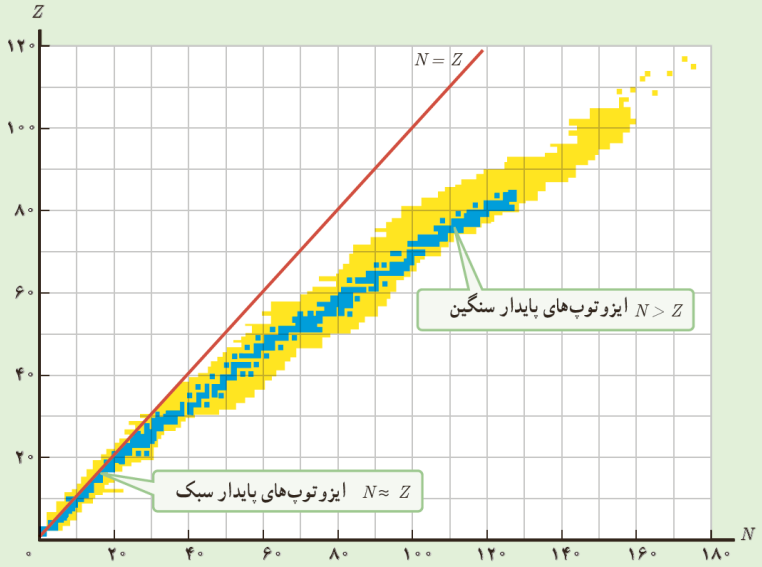
msbook.info

پرسش ۴ – ۲

هر نقطه تیره رنگ در نمودار شکل زیر نشان دهندهٔ یک هستهٔ 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.

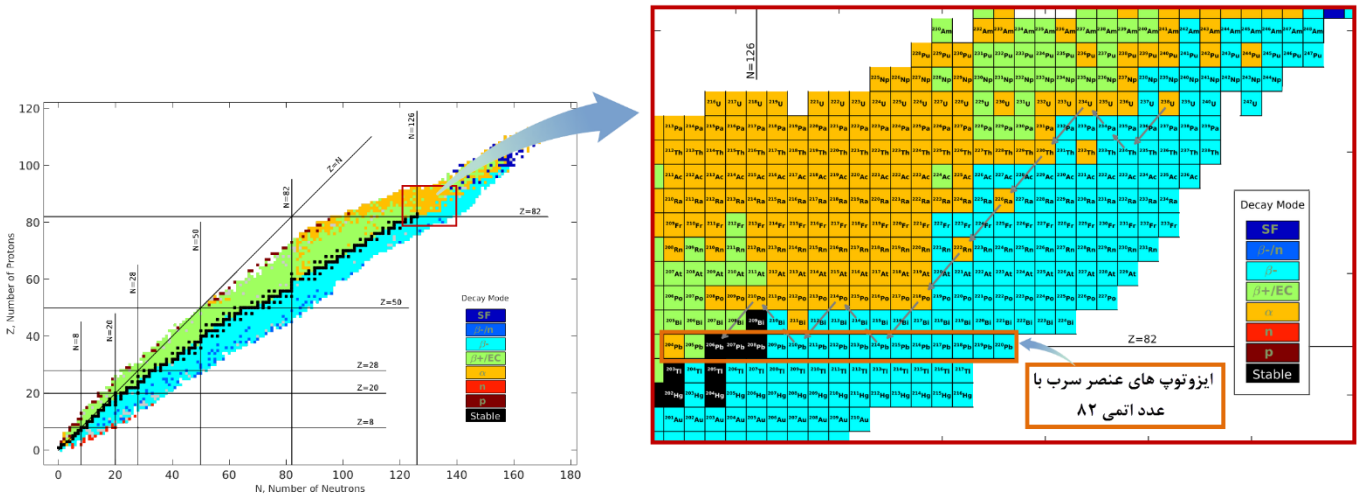
ب) ایزوتوپ‌های مختلف یک عنصر را چگونه می‌توان با استفاده از این نمودار تشخیص داد؟



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.

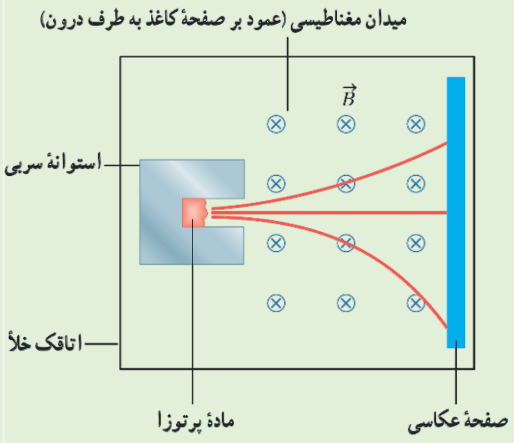
برای هسته‌های سبک $\frac{N}{Z} \approx ۱$، هسته‌های متوسط $\frac{N}{Z} \approx ۱٫۲$ و برای هسته‌های سنگین $\frac{N}{Z} \approx ۱٫۵$

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 نیمه‌عمر ایزوتوپ‌ها و نوع پرتوزایی آنها رنگ‌بندی‌های مختلفی وجود دارد.



پرسش ۴ – ۳

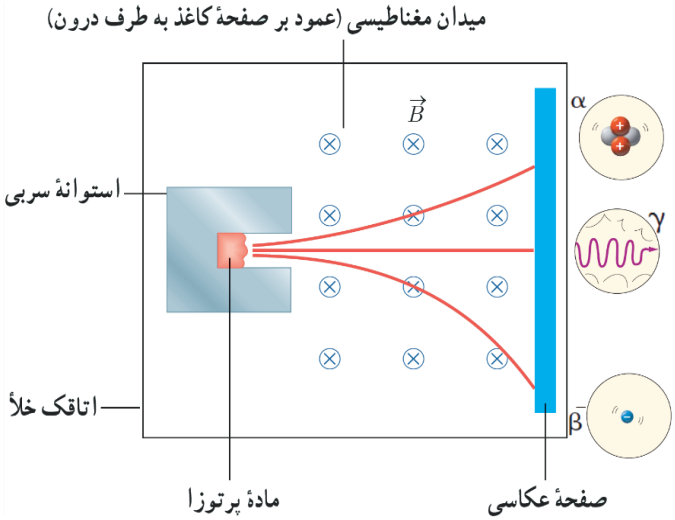
شکل روبرو طرح آزمایش ساده‌ای را نشان می‌دهد که به کمک آن می‌توان سه نوع پرتوزایی طبیعی را مشاهده کرد و به تفاوت بار و جرم پرتوها از یکدیگر پی برد. قطعه‌ای از مادهٔ پرتوزا را در ته حفرهٔ باریکی در یک استوانهٔ سربی قرار می‌دهند. استوانه را درون اتاقکی می‌گذارند و هوای درون آن را تخلیه می‌کنند. سپس یک صفحهٔ 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.



ذرهٔ آلفا دارای بار مثبت است بنابراین بر اساس جهت میدان مغناطیسی به سمت بالا خم می‌شود، از طرفی این ذره به دلیل سنگین تر بودن نسبت به پوزیترون خمیدگی کمتری دارد.

پرتویی که در میدان خم نمی‌شود پرتوی گاما است. این پرتو از دستهٔ امواج الکترومغناطیس 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 قاعدهٔ دست راست، باید دارای بار منفی باشد، بنابراین الکترون بوده و پرتوی بتای منفی است.



تمرین ۴ – ۵

لوتتیم $^{۱۷۶}_{۷۱}Lu$ عنصر پرتوزایی است که با گسیل بتای منفی، واپاشی می‌کند. معادلهٔ این واکنش را بنویسید و با استفاده از جدول تناوبی عنصرها، عنصر جدیدی را که تولید می شود تعیین کنید.

لوتتیم هستهٔ مادر و هافنیم هستهٔ دختر است.

$$^{۱۷۶}_{۷۱}Lu \xrightarrow{\beta^-} {}^{۱۷۶}_{۷۲}Hf + {}^{۰}_{-۱}e^-$$

تمرین ۴ – ۶

ایزوتوپ $^{۱۵}_{۸}O$ با گسیل پوزیترون واپاشی می‌کند. معادلهٔ 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 هستهٔ مادر و نیتروژن هستهٔ دختر است.

$$^{۱۵}_{۸}O \xrightarrow{\beta^+} {}^{۱۵}_{۷}Hf + {}^{۰}_{+۱}e^+$$

msbook.info

تمرین ۴ – ۷

پس از گذشت ۹ روز، تعداد هسته‌های پرتوزای یک نمونه، به $\frac{۱}{۸}$ تعداد موجود در آغاز کاهش یافته است. نیمه‌عمر (برحسب روز) ماده چقدر است؟

$$N = N_{\circ}\left(\frac{۱}{۲}\right)^{n} \rightarrow \frac{N}{N_{\circ}} = \left(\frac{۱}{۲}\right)^{n} \xrightarrow{\frac{N}{N_{\circ}}=\frac{۱}{۸}} n = ۳$$

$$n = \frac{\Delta t}{T_{۱/۲}} \xrightarrow{n=۳,\Delta t=۹} T_{۱/۲} = ۳\,Days$$

برای ورود به کانال بر روی لینک کلیک کنید.

msbook.info

پرسش ها و مسئله های فصل ۴

۴ – ۱ – اثر فوتوالکتریک و فوتون

۱. یک لامپ حاوی گاز کم فشار سدیم، فوتون‌هایی با طول موج $589\,nm$ 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 $0.5W$ است. در هردقیقه چند فوتون از این لامپ گسیل می‌شود؟

الف)

$$f=\frac{c}{\lambda}=\frac{3\times10^{8}}{589\times10^{-9}}=5.09\times10^{14}\ Hz$$

$$E=hf=6.63\times10^{-34}\times5.09\times10^{14}=33.77\times10^{-20}\ J$$

$$E=\frac{hc}{\lambda}=\frac{1240}{589}=2.1eV \quad or \quad E=hf=4.14\times10^{-15}\times5.09\times10^{14}=2.1eV \quad or \quad E=\frac{33.77\times10^{-20}}{1.6\times10^{-19}}=2.1eV$$

ب)

$$\left.\begin{array}{l}E=Pt\\E=nhf\end{array}\right\}\rightarrow n=\frac{Pt}{hf}=\frac{0.5\times60}{33.77\times10^{-20}}\approx8.9\times10^{18}$$

۲. توان باریکهٔ نور خروجی یک لیزر گازی هلیم نئون $5mW$ است. اگر توان ورودی این لیزر $50W$ باشد،

الف) بازده لیزر را حساب کنید.

ب) اگر طول موج باریکهٔ نور خروجی $633nm$ باشد، شمارفوتون‌هایی را پیدا کنید که در هر ثانیه از این لیزر گسیل می‌شود.

الف)

$$\eta=\frac{5\times10^{-3}}{50}\times100=\%0.01$$

ب)

$$\left.\begin{array}{l}E=Pt\\E=\frac{nhc}{\lambda}\end{array}\right\}\rightarrow n=\frac{Pt}{hc}\times\lambda=\frac{5\times10^{-3}}{6.63\times10^{-34}\times3\times10^{8}}\times633\times10^{-9}\approx1.6\times10^{16}$$

۳. یک لامپ رشته‌ای با توان $100W$ از فاصلهٔ یک کیلومتری دیده می شود. فرض کنید نور لامپ به طور یکنواخت در فضای اطراف آن منتشر می‌شود و بازدهٔ لامپ ۵ درصد است (یعنی $5W$ تابش مرئی گسیل می‌کند) و فقط ۱ درصد این تابش دارای طول موجی در حدود $550\,nm$ 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 $2mm$ در نظر بگیرید).

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

$$P_{out}=\frac{1}{100}\times5=5\times10^{-2}\ J$$

$$I=\frac{P_{out}}{A_{Total}}$$

$$E=ItA_{Pupil}=P_{out}\times(1s)\times\frac{A_{Pupil}}{A_{Total}}=5\times10^{-2}\times\frac{\pi\times10^{-6}}{4\times\pi\times10^{6}}=\frac{5}{4}\times10^{-14}\ J$$

$$E=\frac{nhc}{\lambda}\rightarrow n=\frac{\lambda E}{hc}=\frac{550\times10^{-9}\times\frac{5}{4}\times10^{-14}}{6.63\times10^{-34}\times3\times10^{8}}=34.5\times10^{3}$$

۴. شدت تابشی خورشید در خارج جو زمین حدود $1360W/m^2$ است؛ یعنی در هر ثانیه به سطحی برابر $1m^2$، مقدار انرژی $1360J$ 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 $300W/m^2$ باشد، در هر ثانیه چند فوتون به هر متر مربع از سطح زمین می‌رسد؟ طول موج متوسط فوتون‌ها را $570nm$ فرض کنید.

$$n=\frac{Pt\lambda}{hc}=\frac{IAt\lambda}{hc}=\frac{300\times1\times1\times570\times10^{-9}}{6.63\times10^{-34}\times3\times10^{8}}=\frac{570}{6.63}\times10^{19}\approx86\times10^{19}$$

msbook.info

۵. الف) منظور از اثر فوتوالکتریک چیست؟

ب) توضیح دهید نظریهٔ کوانتومی تابش که توسط اینشتین مطح شد و در آن نور به صورت مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی در نظر گرفته شد، چگونه به تبیین اثر فوتوالکتریک کمک کرد؟

پ) معادلهٔ مربوط به اثر فوتوالکتریک به صورت $K_{Max} = h f - W_\circ$ بیان می‌شود. سه بخش این معادله را به طور جداگانه توضیح دهید.

الف) جدا کردن الکترون از سطح یک فلز بوسیلهٔ تاباندن نور به آن را پدیدهٔ فوتو الکتریک نامیده می‌شود.

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

پ) $W_\circ$ عبارت است از حداقل کار لازم برای جداکردن یک الکترون از سطح فلزی معین. $W_\circ$ تابع کار فلز نامیده می‌شود و برای هر فلز مقدار معینی دارد.

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

K_{max} انرژی جنبشی سریعترین فوتوالکترون‌هایی است که از سطح فلز جدا می‌شوند، یا به عبارت دیگر بیشینهٔ 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 نتیجهٔ اثر فوتوالکتریک دارد.

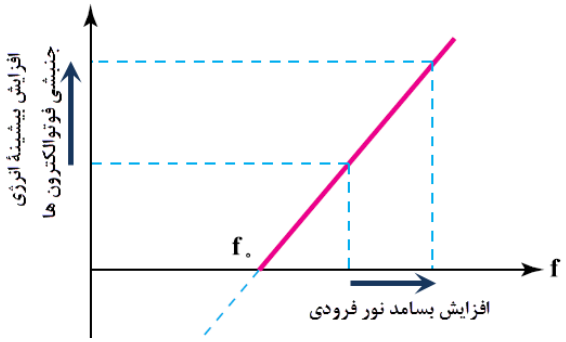
الف) افزایش یا کاهش بسامد نور فرودی نسبت به بسامد آستانه

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 رابطهٔ $K_{Max} = h f - W_\circ$ موجب افزایش انرژی جنبشی بیشینهٔ فوتوالکترون‌های جدا شده از سطح می‌شود.

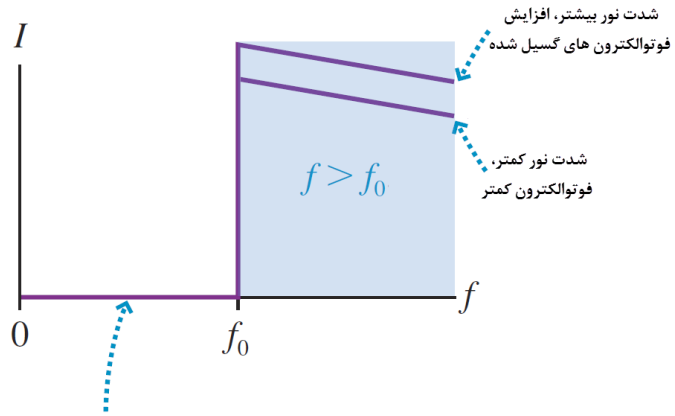
کاهش بسامد نور فرودی نسبت به بسامد آستانه، موجب قطع گسیل فوتوالکتریک می‌شود. همانطور که گفته شد، اثر فوتوالکتریک برای بسامدهایی پایین‌تر از بسامد آستانه رخ نمی‌دهد.



نمودار بالا، انرژی جنبشی بیشینه 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، پدیدهٔ فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد.

ب) در بسامدهای پایین‌تر از بسامد آستانه اثر فوتوالکتریک 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 فوتوالکترون‌های گسیل شده تأثیر گذار است، به این ترتیب که با کاهش شدت نور فرودی، تعداد فوتوالکترون‌ها کاهش و با افزایش شدت نور فرودی تعداد فوتوالکترون‌های گسیل شده افزایش می‌یابد.



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

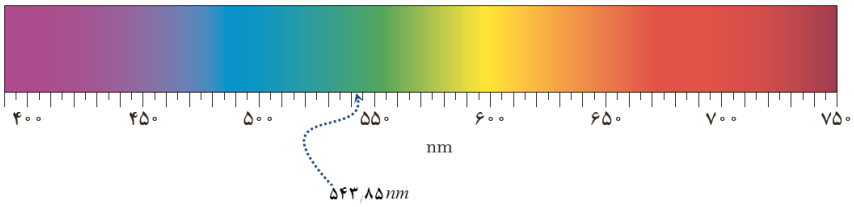
۷. حداقل انرژی لازم برای جدا کردن یک الکترون از سطح فلز سدیم برابر $۲٫۲۸eV$ است.

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 فوتون‌هایی با طول موج $۶۸۰nm$ قادر به جدا کردن الکترون از سطح این فلز هستند؟

الف)

$$\left.\begin{array}{l} f_\circ = \dfrac{W_\circ}{h} \\ \lambda = \dfrac{c}{f} \end{array}\right\} \rightarrow \lambda_\circ = \frac{hc}{W_\circ} = \frac{۱۲۴۰}{۲٫۲۸} = ۵۴۳٫۸۵nm$$



ب) خیر - طول موج آستانه حداکثر طول موجی است که می‌تواند موجب کنده شدن الکترون از سطح فلز شود، بنابراین برای طول موج‌های بالاتر از آن پدیدهٔ فوتوالکتریک مشاهده نمی‌شود.

۸. تابش فرابنفشی با طول موج $۲۰۰nm$ بر سطح تیغه‌ای از جنس نیکل با تابع کار $۴٫۹eV$ تابیده می‌شود. بیشینهٔ تندی فوتوالکترون‌های جدا شده از سطح نیکل را حساب کنید.

$$K_{max} = hf - W_\circ = \frac{hc}{\lambda} - W_\circ = \frac{۱۲۴۰}{۲۰۰} - ۴٫۹ = ۶٫۲ - ۴٫۹ = ۱٫۳eV \xrightarrow{\times ۱٫۶\times ۱۰^{-۱۹}} K_{max} = ۲٫۰۸\times ۱۰^{-۱۹}\ J$$

$$K = \frac{۱}{۲}mv^۲ \xrightarrow{m=۹٫۱\times ۱۰^{-۳۱}kg} v_{max} = ۶٫۷۶\times ۱۰^۵\ m/s$$

۹. هر گاه بر سطح فلزی نوری با طول موج $۴۲۰nm$ بتابد بیشینهٔ انرژی جنبشی فوتوالکترون‌های گسیل شده حدود $۰٫۵eV$ است. بسامد آستانه برای گسیل فوتوالکترون‌ها از سطح این فلزچقدر است؟

$$K_{max} = hf - W_\circ = \frac{hc}{\lambda} - W_\circ \rightarrow ۰٫۵ = \frac{۱۲۴۰}{۴۲۰} - W_\circ \rightarrow W_\circ = ۲٫۹۵ - ۰٫۵ = ۲٫۴۵eV$$

$$f_\circ = \frac{W_\circ}{h} = \frac{۲٫۴۵}{۴\times ۱۰^{-۱۵}} = ۶٫۱۲۵\times ۱۰^{۱۴}\ Hz$$

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

۱۰. الف) طیف گسیلی یک جسم در چه مواردی پیوسته و درچه مواردی گسسته یا خطی است؟ منشأ فیزیکی این تفاوت را توضیح دهید.

ب) توضیح دهید چگونه می‌توان طیف‌های گسیلی پیوسته و خطی را ایجاد کرد.

الف) طیفی که در یک گسترهٔ طول موج معین، شامل تمامی طول‌موج‌ها باشد، در آن ناحیه پیوسته است. طیف گسیلی حاصل از تابش گرمایی جسم جامد مانند، سطح داغ اتو، ذغال روشن، لامپ رشته‌ای روشن و ... نمونه‌هایی از طیف‌های گسیلی پیوسته هستند.

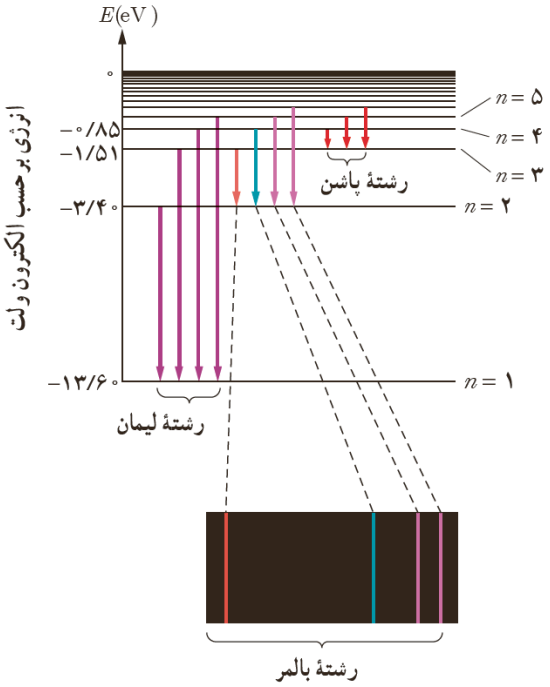
طیفی که در یک گسترهٔ طول موج معین، تنها شامل برخی از طول موج‌ها باشد، طیف گسیلی خطی است. طیف گسیلی گازهای رقیق عناصر طیف خطی هستند.

طیف پیوسته در اثر برهم‌کنش قوی بین اتم‌های جسم جامد ایجاد می‌شود، در صورتی که در گازهای رقیق و کم فشار، به دلیل عدم وجود برهمکنش بین اتم‌ها، طیف گسسته از آنها گسیل می‌شود.

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 شیشه‌ای قرار داده و دو سر آن را به اختلاف پتانسیل بالا متصل می‌کنیم. نور تابش شده از این لامپ شیشه‌ای را از منشور عبور می‌دهیم، تا طیف گسسته بر روی نوار طیف سنجی تشکیل شود.

msbook.info



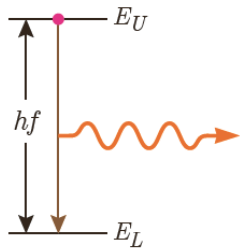
۱۱. شکل روبرو سه رشتهٔ طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی را روی نمودار تراز انرژی نشان می‌دهد که بر اساس مدل اتمی بور رسم شده است.

الف) منظور از $n=۱$ و انرژی $-۱۳/۶eV$ چیست؟

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

پ) اختلاف کوتاه‌ترین و بلندترین طول موج در هر رشته را، گسترهٔ طول موج‌های آن رشته می‌نامند. گسترهٔ طول موج های رشتهٔ لیمان ($n'=۱$) را پیدا کنید.

الف) $n=۱$ مربوط به پایین ترین تراز انرژی در اتم است که آن را تراز پایه می‌نامند. $-۱۳/۶eV$ انرژی مربوط به تراز پایه است، به عبارت دیگر برای اینکه الکترون را کاملا از قید هسته جدا کنیم باید به این اندازه به آن انرژی بدهیم.



فرایند گسیل فوتون

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

پ)

$$\left.\begin{aligned}\frac{۱}{\lambda_L} &= ۰/۰۱۱\times\left(\frac{۱}{۱^۲}-\frac{۱}{۲^۲}\right)=\frac{۰/۰۳۳}{۴}\rightarrow \lambda_L=\frac{۴۰۰۰}{۳۳}\approx\frac{۴۰۰۰}{۳۲}=۱۲۵nm\\ \frac{۱}{\lambda_S} &= ۰/۰۱۱\times\left(\frac{۱}{۱^۲}-\frac{۱}{\infty}\right)=۰/۰۱۱\rightarrow \lambda_S=\frac{۱۰۰۰}{۱۱}\approx ۹۱nm\end{aligned}\right\}\rightarrow \Delta\lambda = ۱۲۵-۹۱=۳۴nm$$

---

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

ب) با استفاده از مدل بور، چگونه می‌توانید خط‌های تاریک درطیف 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 پدیدهٔ فیزیکی نمونه‌ای ازفلوئورسانی است. آزمایش نشان می‌دهد در پدیدهٔ فلوئورسانی طول موج‌های گسیل یافته معمولاً برابر همان طول موج نورفرودی 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 فرودی (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) هنگامی‌که 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 موج های بیشتر، گسیل می‌کنند که برخی از آنها در ناحیهٔ نور مرئی قرار دارند.

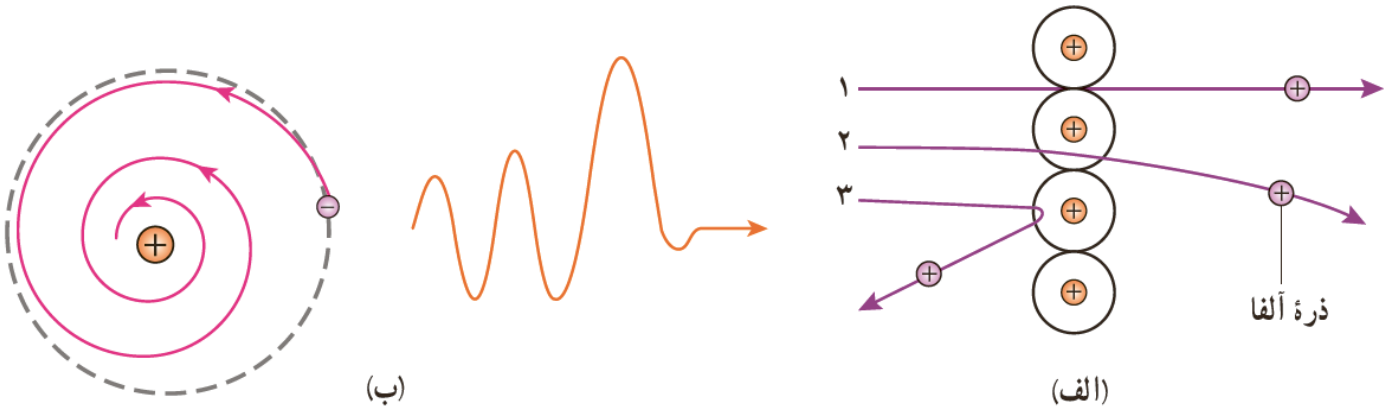
۱۳. مبنای مدل رادرفورد، نتایج آزمایش‌هایی بود که از پراکندگی ذره‌های آلفا توسط یک ورقهٔ نازک طلا به دست آمده بود (شکل الف)

الف) توضیح دهید 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 دربارهٔ ساختار اتم طلا نشان می‌دهد؟

پ) چرا رادرفورد در آزمایش خود از صفحهٔ 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 صفحهٔ فلوئورسان می‌رسند و 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 ذرهٔ **۳** به هستهٔ اتم طلا با حجم کم ولی چگال و با بار مثبت برخورد کرده و تحت تأثیر نیروی دافعهٔ بین ذرهٔ مثبت آلفا و بار مثبت هسته، با انحراف زیاد به عقب برمی‌گردند.

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 منظومهٔ خورشیدی به دور هسته در گردش باشند، حرکت آنها شتابدار است، و بنابر نظریهٔ 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 گسسته اشاره دارد).**

در مدل بور فرض بر این است که الکترون‌ها بر روی مدارهای با شعاع گسسته و معین گردش می‌کنند و مادامی که روی این مدار قرار دارند موجی گسیل نمی‌کنند.

---

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

الف) اختلاف انرژی $\Delta E(n_U \to n_L) = E_U - E_L$ را حساب کنید.

ب) نشان دهید که :

$$\Delta E(۴ \to ۱) = \Delta E(۴ \to ۲) + \Delta E(۲ \to ۱) \qquad \Delta E(۴ \to ۲) = \Delta E(۴ \to ۳) + \Delta E(۳ \to ۲)$$

الف)

$$\Delta E(n_U \to n_L) = E_U - E_L = \frac{-E_R}{n_U^۲} - \left(\frac{-E_R}{n_L^۲}\right) = -E_R\left(\frac{۱}{n_U^۲} - \frac{۱}{n_L^۲}\right)$$

ب)

$$\Delta E(۴\to ۳)+\Delta E(۳\to ۲)=-E_R\left(\frac{۱}{n_۴^۲}-\frac{۱}{n_۳^۲}\right)-E_R\left(\frac{۱}{n_۳^۲}-\frac{۱}{n_۲^۲}\right)=-E_R\left(\frac{۱}{n_۴^۲}-\frac{۱}{n_۳^۲}+\frac{۱}{n_۳^۲}-\frac{۱}{n_۲^۲}\right)=-E_R\left(\frac{۱}{n_۴^۲}-\frac{۱}{n_۲^۲}\right)$$

$$\Delta E(۴\to ۲)+\Delta E(۲\to ۱)=-E_R\left(\frac{۱}{n_۴^۲}-\frac{۱}{n_۲^۲}\right)-E_R\left(\frac{۱}{n_۲^۲}-\frac{۱}{n_۱^۲}\right)=-E_R\left(\frac{۱}{n_۴^۲}-\frac{۱}{n_۲^۲}+\frac{۱}{n_۲^۲}-\frac{۱}{n_۱^۲}\right)=-E_R\left(\frac{۱}{n_۴^۲}-\frac{۱}{n_۱^۲}\right)$$

---

۱۵. الکترون اتم هیدروژنی در تراز $n=۵$ 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 $\Delta n=۱$ مجاز باشند، در این صورت امکان گسیل چند نوع فوتون با انرژی متفاوت وجود دارد؟

الف)

$$\frac{n(n-۱)}{۲}=\frac{۵\times ۴}{۲}=۱۰$$

$۵\to ۴$

$۵\to ۳$ $\quad ۴\to ۳$

$۵\to ۲$ $\quad ۴\to ۲$ $\quad ۳\to ۲$

$۵\to ۱$ $\quad ۴\to ۱$ $\quad ۳\to ۱$ $\quad ۲\to ۱$

ب)

$$(n-۱)=۵-۱=۴$$

$۵\to ۴$

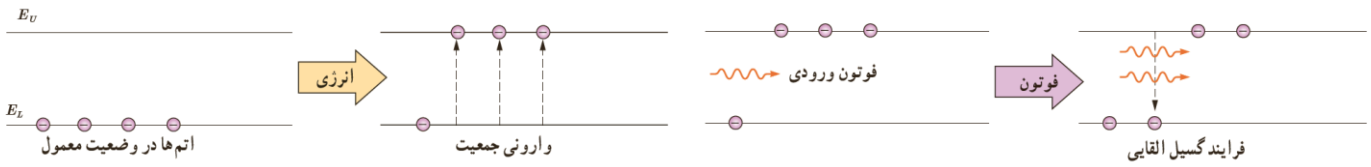
$۴\to ۳$

$۳\to ۲$

$۲\to ۱$

۵ – ۴ - لیزر

۱۶. شکل زیر فرایند ایجاد باریکهٔ 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 پایین تر 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) چشمهٔ انرژی خارجی مناسب، سبب برانگیخته شدن الکترون‌ها به ترازهای انرژی بالاتر می‌شود.

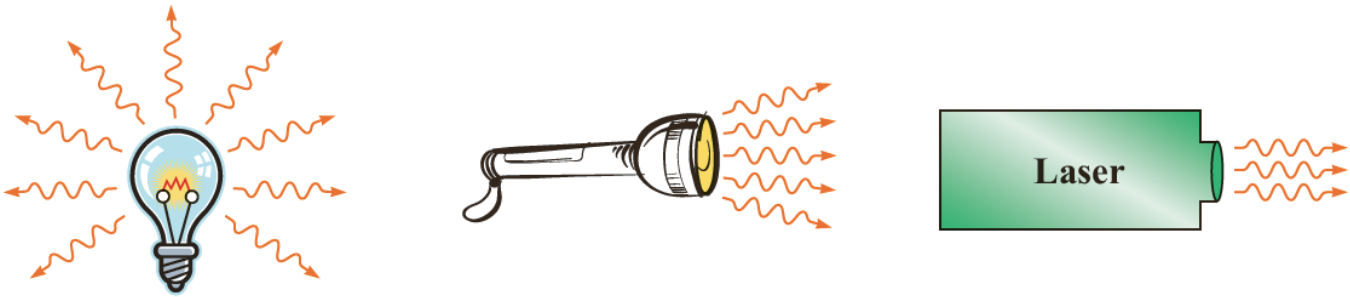
این انرژی به روش‌های متعددی از جمله درخش‌های شدید نور معمولی و یا تخلیه‌های ولتاژ بالا صورت می‌گیرد.

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 فرآیند گسیل القایی، انرژی فوتون القایی باید برابر با اختلاف انرژی دو تراز باشد.

ث) فوتون‌های باریکهٔ لیزر، **هم‌بسامد**، **هم‌جهت** و **همفاز** هستند.

IV. در شکل زیر نحوهٔ گسیل فوتون‌ها از سه چشمهٔ نور شامل لامپ رشته‌ای، چراغ قوه با لامپ رشته‌ای و لیزر با یکدیگرمقایسه شده است.



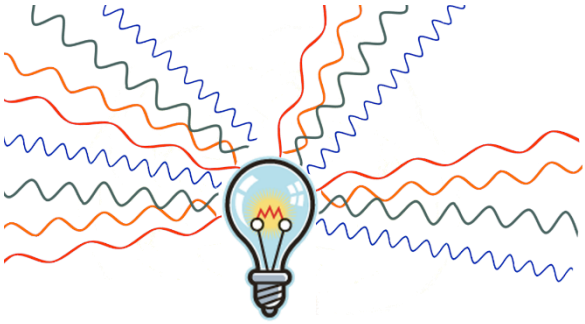
الف) با توجه به آنچه در این فصل فرا گرفتید تفاوت فوتون‌های گسیل شده از هر چشمه را با یکدیگر بیان کنید.

ب) چرا توصیهٔ جدی می‌شود که هیچ گاه به طور مستقیم به باریکهٔ نور ایجادشده توسط لیزر نگاه نکنید ؟

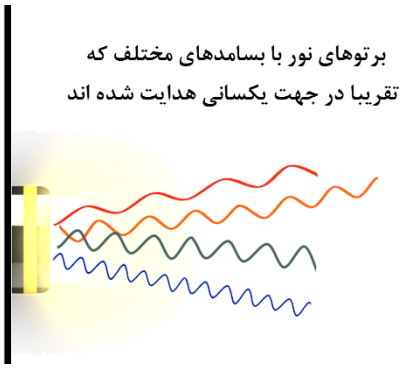
الف) در لامپ رشته‌ای، فوتون‌های گسیل شده طیف پیوسته‌ای را تشکیل می‌دهند که شامل گسترهٔ طول موج‌های نور مرئی است. این فوتون‌ها در تمامی جهات گسیل می‌شوند.

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

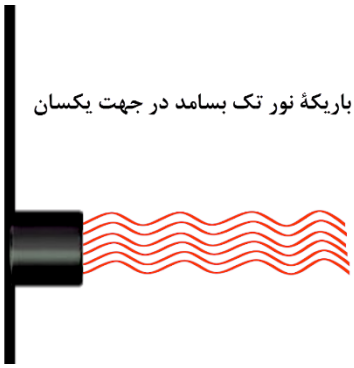
در لیزر، بسامد و جهت گسیل فوتون‌های گسیل شده با یکدیگر یکسان است، بدین ترتیب یک باریکهٔ پرانرژی از فوتون‌هایی با بسامد یکسان خواهسم داشت که همگی در یک جهت حرکت می‌کنند.



پرتوهای نور با بسامدهای مختلف که در تمامی جهات گسیل شده اند

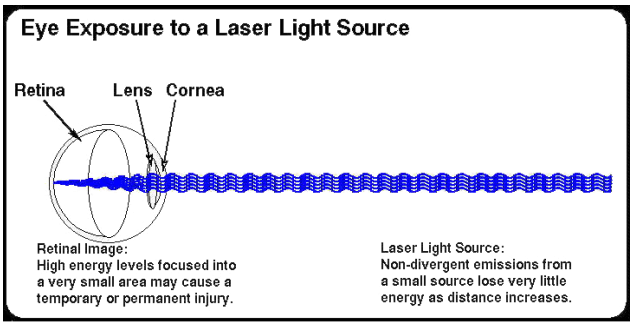


پرتوهای نور با بسامدهای مختلف که تقریبا در جهت یکسانی هدایت شده اند



باریکهٔ نور تک بسامد در جهت یکسان

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 باریکهٔ پر انرژی بر بخشی از چشم تابیده شود، با توجه به وارد شدن مقدار زیادی از انرژی بر سطح کوچکی از چشم، می‌تواند به بخش-های مختلف چشم آسیب‌های موقتی یا دائمی برساند.



۴ – ۵ – ساختار هسته

۱۵. مرتبهٔ بزرگی تعداد نوترون‌هایی را که می‌توان تنگ هم در یک توپ تنیس به شعاع $۳/۲\,cm$ جای داد، تخمین بزنید. در این صورت مرتبهٔ بزرگی جرم این توپ چقدر است؟ (مرتبهٔ بزرگی شعاع و جرم نوترون را به ترتیب $۱۰^{-۱۵}\,m$ و $۱۰^{-۲۷}\,kg$ در نظر بگیرید)

$$V=\frac{۴}{۳}\pi R^{۳}$$

$$n=\frac{V_{ball}}{V_N}=\left(\frac{\overbrace{۳/۲\times۱۰^{-۲}}^{\sim۱۰^{-۲}}\,m}{۱۰^{-۱۵}\,m}\right)^{۳}\sim\left(۱۰^{۱۳}\right)^{۳}=۱۰^{۳۹}\qquad m=۱۰^{۳۹}\times۱۰^{-۲۷}=۱۰^{۱۲}\,kg$$

۱۶. برای $^{۲۰۸}_{۸۲}Pb$ مطلوب است:

الف) تعداد نوکلئون‌ها ب) تعداد نوترون‌ها پ) بار الکتریکی خالص هسته

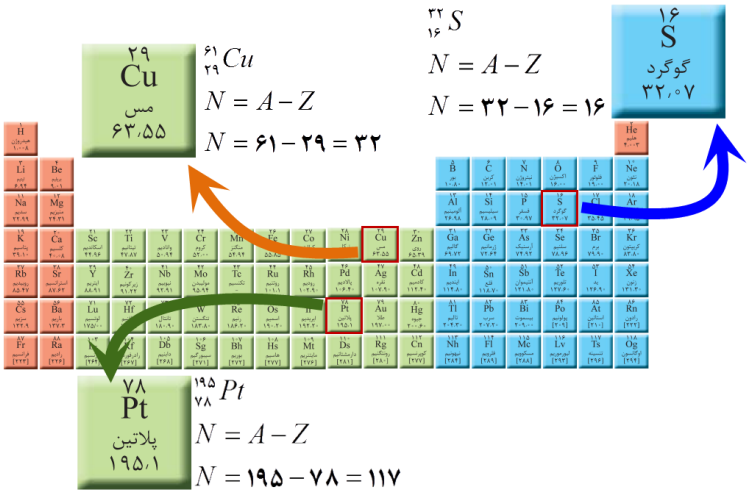
الف) ۲۰۸

ب) $N=A-Z=۲۰۸-۸۲=۱۲۶$

ج) $q=+ne=۸۲\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C=۱۳۱/۲\times۱۰^{-۱۹}C=۱/۳۱۲\times۱۰^{-۱۷}C$

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

الف) $^{۱۹۵}_{۷۸}X$ ب) $^{۳۲}_{۱۶}X$ ج) $^{۶۱}_{۲۹}X$



۱۸. آیا می‌توان ایزوتوپ $^{۶۱}_{۲۵}X$ را با روش شیمیایی از ایزوتوپ $^{۵۹}_{۲۵}X$ جدا کرد؟ از ایزوتوپ $^{۶۱}_{۲۶}Y$ چطور؟ پاسخ خود را توضیح دهید.

خیر – ایزوتوپ‌ها دارای خواص شیمیایی یکسانی هستند (عدد اتمی، یعنی تعداد پروتون‌ها 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 $^{۶۱}_{۲۵}X$ و $^{۶۱}_{۲۶}Y$ مربوط به دو عنصر متفاوت‌اند، بنابراین خواص شیمیایی متفاوتی داشته و می‌توان آن‌ها را با استفاده از روش‌های شیمیایی از یکدیگر تفکیک کرد.

msbook.info

۴ – ٦ – پرتوزایی طبیعی و نیمه عمر

۱۹. جاهای خالی در فرایندهای واپاشی زیر نشان‌دهندهٔ یک یا چند ذرهٔ α ، β^+ یا β^- است. در هر واکنش، جای خالی را کامل کنید.

$$^{۲۱۱}_{۸۲}Pb \rightarrow ^{۲۱۱}_{۸۳}Bi + ...$$
$$^{۱۱}_{۶}C \rightarrow ^{۱۱}_{۳}B + ...$$
$$^{۲۳۱}_{۹۰}Th^* \rightarrow ^{۲۳۱}_{۹۰}Th + ...$$
$$^{۱۸}_{۹}F \rightarrow ^{۱۸}_{۸}O + ...$$

پاسخ

$$^{۲۱۱}_{۸۲}Pb \xrightarrow{\beta^-} ^{۲۱۱}_{۸۳}Bi + ^{۰}_{-۱}e^-$$
$$^{۱۱}_{۶}C \xrightarrow{\beta^+} ^{۱۱}_{۳}B + ۳\left(^{۰}_{۱}e^+\right)$$
$$^{۲۳۱}_{۹۰}Th^* \xrightarrow{\gamma} ^{۲۳۱}_{۹۰}Th + \gamma$$
$$^{۱۸}_{۹}F \xrightarrow{\beta^+} ^{۱۸}_{۸}O + ^{۰}_{۱}e^+$$

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

الف) $^{۲۴۲}_{۹۴}Pu$ واپاشی α انجام دهد.

ب) سدیم $^{۲۴}_{۱۱}Na$ واپاشی β^- انجام دهد.

پ) نیتروژن $^{۱۳}_{۷}N$ واپاشی β^- انجام دهد.

ت) $^{۱۵}_{۸}O$ واپاشی β^+ انجام دهد.

الف) $^{۲۴۲}_{۹۴}Pu \xrightarrow{\alpha} \underline{^{۲۳۸}_{۹۲}X} + ^{۴}_{۲}He$

ب) $^{۲۴}_{۱۱}Na \xrightarrow{\beta^-} \underline{^{۲۴}_{۱۲}X} + ^{۰}_{-۱}e^-$

پ) $^{۱۳}_{۷}N \xrightarrow{\beta^-} \underline{^{۱۳}_{۸}X} + ^{۰}_{-۱}e^-$

ت) $^{۱۵}_{۸}O \xrightarrow{\beta^+} \underline{^{۱۵}_{۷}X} + ^{۰}_{+۱}e^+$

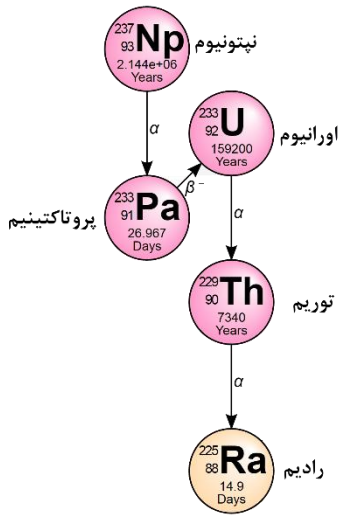
۲۱. سرب $^{۲۰۷}_{۸۲}Pb$ هستهٔ دختر پایداری است که می‌تواند از واپاشی α یا واپاشی β^- حاصل شود. فرایندهای مربوط به هر یکی از این واپاشی‌ها را بنویسید. در هر مورد هستهٔ مادر را به صورت $^{A}_{Z}X$ مشخص کنید.

تولید هستهٔ دختر سرب در واپاشی α: $\underline{^{۲۱۱}_{۸۴}X} \xrightarrow{\alpha} ^{۲۰۷}_{۸۲}Pb + ^{۴}_{۲}He$

تولید هستهٔ دختر سرب در واپاشی β^-: $\underline{^{۲۰۷}_{۸۱}X} \xrightarrow{\beta^-} ^{۲۰۷}_{۸۲}Pb + ^{۰}_{-۱}e^-$

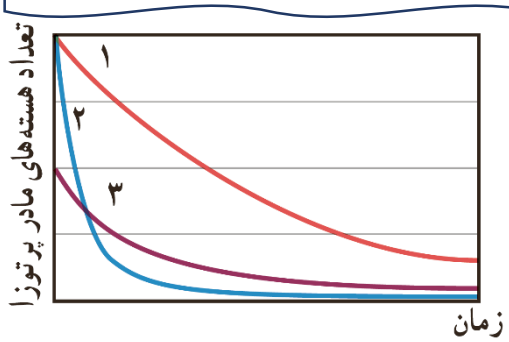
۲۲. نپتونیم $^{۲۳۷}_{۹۳}Np$ ایزوتوپی است که در راکتورهای هسته‌ای تولید می‌شود. این ایزوتوپ ناپایدار است و واپاشی آن از طریق گسیل ذرات α، β، α و α صورت می‌گیرد. پس از وقوع تمام این واپاشی‌ها، عدد اتمی و عدد جرمی هستهٔ نهایی چقدر است؟

$$^{۲۳۷}_{۹۳}Np \xrightarrow{\alpha} \underline{^{۲۳۳}_{۹۱}Pa} + ^{۴}_{۲}He$$
$$^{۲۳۳}_{۹۱}Pa \xrightarrow{\beta^-} \underline{^{۲۳۳}_{۹۲}Np} + ^{۰}_{-۱}e^-$$
$$^{۲۳۳}_{۹۲}U \xrightarrow{\alpha} \underline{^{۲۲۹}_{۹۰}Th} + ^{۴}_{۲}He$$
$$^{۲۲۹}_{۹۰}Th \xrightarrow{\alpha} \underline{^{۲۲۵}_{۸۸}Ra} + ^{۴}_{۲}He$$



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

۲۳. شکل روبرو نمودار تغییرات تعداد هسته‌های مادر پرتوزای سه نمونه را بر حسب زمان نشان می‌دهد. نیمه‌عمر این سه نمونه را با هم مقایسه کنید.



هر چه اندازهٔ شیب متوسط نمودار بیشتر باشد نشان از واپاشی سریعتر و یا به عبارت دیگر نیمه‌عمر کوتاهتر مادهٔ پرتوزا دارد. بنابراین :

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

---

۲۴. هنگامی که نیتروژن جوّ زمین توسط پرتوهای کیهانی (که معمولاً از جنس پروتون، ذره های α و الکترون هستند) بمباران می‌شود، ایزوتوپ پرتوزای کربن ۱۴ با آهنگ ثابتی در لایه های فوقانی جو تولید می‌شود. این کربن پرتوزا، با کربن ۱۲ که به طورطبیعی در جو وجود دارد درهم می‌آمیزد. بررسی‌ها نشان داده‌است که به ازای هر ۱۰۰۰۰میلیارد اتم پایدار کربن۱۲، تقریباً یک اتم پرتوزای کربن ۱۴ از این طریق وارد جوّ می‌شود. اتم‌های کربن جوّی از طریق فعالیت‌های بیولوژیکی از قبیل فتوسنتز و تنفس، به نحو کاتوره‌ای مکان خود را عوض می‌کنند و به بدن جانداران منتقل می‌شوند. به طوری که اتم های کربن هرموجود زنده شامل کسر کوچک و ثابتی از ایزوتوپ پرتوزای کربن ۱۴ است. وقتی موجود زنده ای می‌میرد، مقدار کربن پرتوزای به تله افتاده در موجود غیر زنده، با نیمه عمر ۵۷۳۰ سال رو به کاهش می‌گذارد. کربن ۱۴ موجود در یک نمونهٔ زغال قدیمی، ۱/۵۶ درصد (معادل $\frac{1}{64}$) مقدارعادی 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:

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

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

---

۲۵. نیمه عمر بیسموت ۲۱۲ حدود ۶۰ دقیقه است. پس از گذشت چهار ساعت، چه کسری از مادهٔ اولیه، در نمونه‌ای از این بیسموت، باقی می‌ماند؟

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

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

برای ورود به کانال بر روی لینک کلیک کنید.

msbook.info