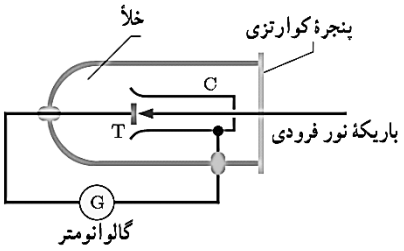
فصل چهارم: آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای

حوزه‌های فیزیک، از جمله مکانیک نیوتونی، ترمودینامیک و نظریهٔ الکترومغناطیس ماکسول امروزه به نام فیزیک کلاسیک شناخته می‌شود. نسبیت خاص(مربوط به مطالعهٔ پدیده‌ها در تندی‌های بسیار زیاد و قابل مقایسه با تندی نور)، نظریهٔ نسبیت عام (مربوط به مطالعهٔ هندسهٔ فضا زمان و گرانش) و نظریهٔ کوانتومی (مربوط به مطالعهٔ پدیده ها در مقیاس های بسیار کوچک، مانند اتم ها و ذره های سازندهٔ آنها) سه نظریه فیزیک جدید هستند.

۵-۱ اثر فوتوالکتریک و فوتون

وقتی نوری با بسامد مناسب مانند نور فرابنفش به سطحی فلزی بتابد الکترون‌هایی از آن گسیل می‌شوند. این پدیدهٔ فیزیکی را، **اثر فوتوالکتریک** و الکترون های جدا شده از سطح فلز را **فوتوالکترون** می‌نامند. در اثر فتوالکتریک الکترون‌ها، انرژی نور فرودی را جذب می‌کنند و از سطح فلز خارج می‌شوند.



برای بررسی اثر فوتوالکتریک از دستگاهی مطابق شکل روبرو استفاده می‌شود:
در اثر فوتوالکتریک، نوری تکفام با بسامدی به قدر کافی بالا، الکترون‌ها را از سطح صفحهٔ فلزی T بیرون می‌آورد. این فوتوالکترون‌ها، به طرف جمع کنندهٔ C می‌روند و جریانی را در مدار به وجود می‌آورند.
با افزایش شدت این نور، گالوانومتر عدد بزرگ‌تری را نشان می‌دهد، حال آنکه آزمایش نشان می‌دهد که اگر بسامد نور فرودی از مقدار معیّنی کمتر باشد، هر چقدر هم که شدت نور فرودی افزایش یابد این پدیده رخ نمی‌دهد و گالوانومتر عبور جریانی را نشان نمی‌دهد.

توجیه فیزیک کلاسیک دربارهٔ فتوالکتریک: هنگام برهم کنش موج الکترومغناطیس (نور فرودی) با سطح فلز، میدان الکتریکی این موج، نیروی $F=-eE$ به الکترون‌های فلز وارد کند و آنها را به نوسان وادارد. به این ترتیب، وقتی دامنهٔ نوسان برخی از الکترون ها به قدر کافی بزرگ شود انرژی جنبشی لازم را برای جدا شدن از سطح فلز پیدا می‌کنند.

مشکل فیزیک کلاسیک در توجیه اثر فتوالکتریک:

۱) بنا به این دیدگاه کلاسیکی، این پدیده باید با هر بسامدی رخ دهد در حالی که این نتیجه با تجربه سازگار نیست.

۲) یکی دیگر از پیامدهای نظریهٔ الکترومغناطیسی ماکسول این است که شدت نور با مربع دامنهٔ میدان الکتریکی موج الکترومغناطیسی متناسب است ($I \propto E^2$). به این ترتیب انتظار می‌رود به ازای یک بسامد معیّن، اگر شدت نور فرودی بر سطح فلز را افزایش دهیم باید الکترون ها با انرژی جنبشی بیشتری از فلز خارج شوند، نتیجه ای که تجربه آن را تأیید نمی کند.

اینشتین در نظریهٔ فوتوالکتریک فرض کرد که نور با بسامد f را می‌توان به صورت مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی در نظر گرفت. هر بستهٔ انرژی، که بعدها **فوتون** نامیده شد، دارای انرژی‌ای است که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$E = hf \quad \overset{\text{یا}}{\Rightarrow} \quad E = \frac{hc}{\lambda}$$

در این رابطه h **ثابت پلانک** نامیده می شود و به طور تجربی معلوم شده است که مقدار آن $h = ۶/۶۳ \times ۱۰^{-۳۴}\ J.s$ است.

در حالت کلی $E = nhf$ که n یک عددِ صحیحِ مثبت است و معرّفِ تعدادِ کوانتوم‌هایِ انرژی (hf) می‌باشد و عددِ کوانتومی نام دارد.

❖ با مقیاسِ بزرگ انرژی را با یکایِ ژول می‌سنجیم. (ژول برابرِ انرژیِ بارِ ۱کولنی، تحتِ ولتاژِ ۱ولت است $U = qV$). در قلمروِ اتمی، ژول یکایِ بزرگی است و معمولاً از یکایِ کوچک تری به نامِ الکترون ولت (eV) استفاده می‌کنیم که با عبارتِ مقدارِ انرژیِ یک الکترون تحتِ ولتاژِ ۱ولت، تعریف می شود.

$$۱eV = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}\ J$$

❖ ثابت پلانک برحسب eV.s برابر است با $h = ۴ \times ۱۰^{-۱۵}\ eV.s$

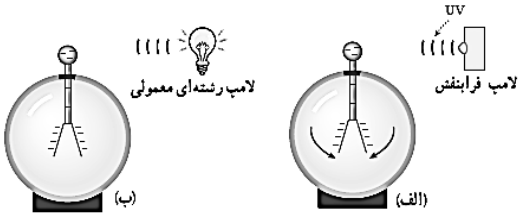
❖ کمیت hc در بسیاری از محاسبه‌های این فصل لازم است. با جاگذاری مقادیر آن داریم:

$$hc = 6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8} = 19.9 \times 10^{-26}\ J.m$$

اگر h را برحسب $eV.s$ و سرعت نور را برحسب nm برثانیه بنویسیم داریم: $hc = 1240\ eV.nm$ *(بهتر است حفظ شود.)*

اگر بسامد نور تابیده شده بر سطح فلز از بسامدی موسوم به بسامد آستانه (که به جنس فلز بستگی دارد) کمتر باشد، فوتون‌ها، حداقل انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از فلز را ندارند و پدیدهٔ فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد. همچنین برای نوری که فوتون‌های آن دارای حداقل انرژی لازم برای وقوع پدیدهٔ فوتوالکتریک هستند، افزایش شدت نور (با ثابت ماندن بسامد) فقط سبب افزایش تعداد فوتون‌ها و در نتیجه افزایش تعداد فوتوالکترون‌ها می‌شود، در حالی که انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها بدون تغییر می‌ماند.

تمرین۱. اگر بر کلاهک برق نمایی با بار منفی، نور فرابنفشی تابیده شود، مشاهده می‌شود که انحراف ورقه‌های آن کاهش می‌یابد در حالی که با تابش نور مرئی، تغییری در انحراف ورقه‌های برق نما رخ نمی‌دهد. علت این پدیده را توضیح دهید.



تمرین۲. یک چشمهٔ نور مرئی با توان ۱۰۰W ، فوتون هایی با طول موج $\lambda=550nm$ گسیل می کند. الف) انرژی هر فوتون را برحسب الکترون ولت محاسبه کنید. ب) چه تعداد فوتون در هر ثانیه از این چشمهٔ نور گسیل می‌شود؟ (مثال ۴-۱)

تمرین۳. 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؟ (**تمرین ۴-۱**)

پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۵ (بخش اول)

۵-۱ اثر فوتوالکتریک و فوتون

تمرین۴. در جای خالی کلمات مناسب بگذارید

A. حوزه‌های فیزیک، از جمله مکانیک نیوتونی، ترمودینامیک و نظریهٔ الکترومغناطیس ماکسول امروزه به نام ..... شناخته می‌شود.

B. نظریه ..... مربوط به مطالعهٔ پدیده‌ها در تندی‌های بسیار زیاد و قابل مقایسه با تندی نور است.

C. نظریه ..... مربوط به مطالعهٔ هندسهٔ فضا زمان و گرانش است.

D. نظریهٔ ..... مربوط به مطالعهٔ پدیده ها در مقیاس های بسیار کوچک، مانند اتم ها و ذره های سازندهٔ آنها است.

E. وقتی نوری با بسامد مناسب مانند نور فرابنفش به سطحی فلزی بتابد الکترون‌هایی از آن گسیل می‌شوند که به آنها ..... می‌گویند.

F. در ..... الکترون‌ها، انرژی نور فرودی را جذب می‌کنند و از سطح فلز خارج می‌شوند.

G. اینشتین در نظریهٔ فوتوالکتریک فرض کرد که نور با بسامد f را می‌توان به صورت مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی به نام ..... در نظر گرفت.

H. انرژی هر فوتون از رابطه‌ی ..... به دست می‌آید.

تمرین۵. یک لامپ حاوی گاز کم فشار سدیم، فوتون‌هایی با طول موج ۵۸۹nm 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 ۰/۵W است. در هردقیقه چند فوتون از این لامپ گسیل می‌شود؟ (۱کتاب)

تمرین۶. توان باریکهٔ نور خروجی یک لیزر گازی هلیم نئون ۵/۰mW است. اگر توان ورودی این لیزر ۵۰/۰W باشد الف) بازده لیزر را حساب کنید. ب) اگر طول موج باریکهٔ نور خروجی ۶۳۳nm باشد، شمارفوتون‌هایی را پیدا کنید که در هر ثانیه از این لیزر گسیل می‌شود. (۲کتاب)

تمرین۷. یک لامپ رشته‌ای با توان ۱۰۰W 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 ۵W تابش مرئی گسیل می‌کند) و فقط ۱ درصد این تابش دارای طول موجی در حدود ۵۵۰nm 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 ۲mm در نظر بگیرید). (۳کتاب)

تمرین۸. شدت تابشی خورشید در خارج جو زمین حدود $۱۳۶۰\ W/m^۲$ است؛ یعنی در هر ثانیه به سطحی برابر $۱m^۲$، مقدار انرژی ۱۳۶۰J می‌رسد. وقتی این تابش به سطح زمین می‌رسد مقداری زیادی ازشدت 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 $۳۰۰W/m^۲$ باشد، در هر ثانیه چند فوتون به هر متر مربع از سطح زمین می‌رسد؟ طول موج متوسط فوتون‌ها را ۵۷۰nm فرض کنید. (۴کتاب)

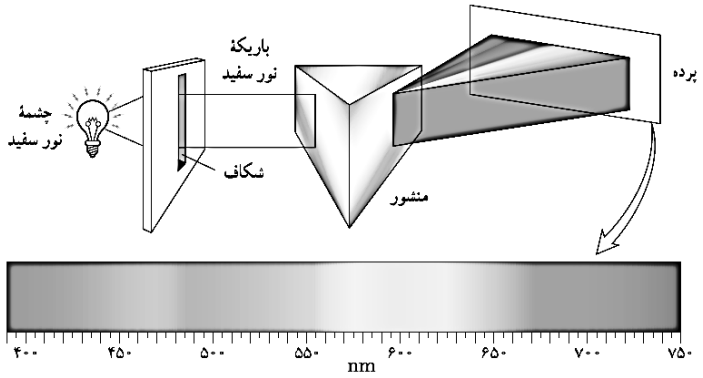
تمرین۹. الف) منظور از اثر فوتوالکتریک چیست؟ب) توضیح دهید نظریهٔ کوانتومی تابش که توسط اینشتین مطرح شد و در آن نور به صورت مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی در نظرگرفته شد چگونه به تبیین اثر فوتوالکتریک کمک کرد؟ (۵کتاب)

تمرین۱۰. توضیح دهید برای یک فلز معیّن، 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 کوچک تر از بسامد آستانه پ) کاهش شدت نور فرودی در بسامدهای بزرگ تر از بسامدآستانه(۶کتاب)

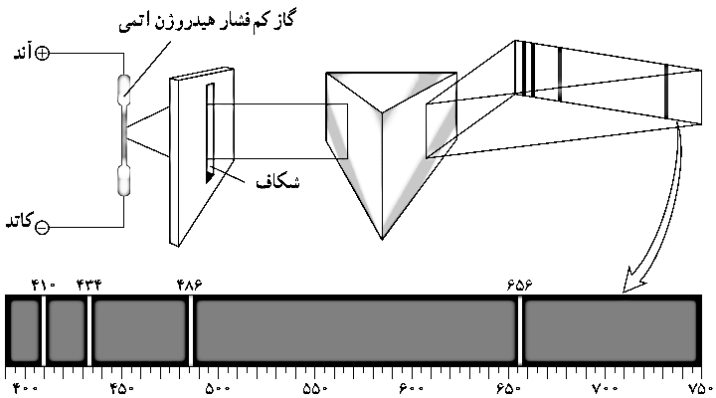
۴-۲ طیف خطی

همهٔ اجسام در هر دمایی که باشند، از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل (نشر) می‌کنند که به آن **تابش گرمایی** گفته می‌شود. اجسام در دماهای بالا از سطح خود نور مرئی گسیل می‌کنند. در دماهای معمولی، بیشتر تابش گسیل شده از سطح اجسام در ناحیهٔ فروسرخ طیف قرار دارد.

برای یک جسم جامد، نظیر رشتهٔ داغ یک لامپ روشن، این امواج شامل گستره پیوسته‌ای از طول موج‌هاست که آن را **طیف گسیلی پیوسته** یا به اختصار **طیف پیوسته** می‌نامند. تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از برهم کنش قوی بین اتم های سازنده آن است.



گازهای کم فشار و رقیق، که اتم های منفرد آنها از برهم کنش‌های قوی موجود در جسم جامد آزادند به جای طیف پیوسته، طیفی گسسته را گسیل می‌کنند که شامل طول موج های معیّنی است. این طیف گسسته را، معمولاً **طیف گسیلی خطی** یا به **اختصار طیف خطی** می‌نامند و طول موج های ایجادشده در آن، برای اتم های هر گاز منحصر به فرد هستند و سرنخ های مهمی را درباره نوع و ساختار اتم های آن گاز به دست می‌دهند.



❖ طیف خطی ایجاد شده و همچنین رنگ نور گسیل شده، به نوع گاز درون لامپ بستگی دارد.

- طیفِ خطیِ هر عنصر، مانندِ اثرِ انگشتِ انسان‌ها، از ویژگی‌هایِ منحصر به فردِ هر اتم است. لذا به کمکِ طیف‌نمایی میتوان عناصر را از هم تشخیص داد.
- طیفِ گسیلیِ اجسامِ جامدِ ملتهب، پیوسته و مانندِ هم می‌باشند. لذا به کمکِ این طیف نمی‌توان عناصر را از یکدیگر تشخیص داد.
- این که چرا هر عنصر طول موج‌های خاص خود را تابش می‌کند و این که چرا هر عنصر تنها طول موج‌های خاصی را جذب می‌کند و بقیه‌ی طول موج‌ها را جذب نمی‌کند از دیدگاه فیزیک کلاسیک قابل توجیه نیست.

رابطه‌ی ریدبرگ: طولِ موجِ تمامیِ خطوطِ طیفِ اتمِ ئیدروژن را با استفاده از رابطه‌ی زیر که به رابطه‌ی ریدبرگ مشهور است، به دست آورد:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad , \quad R_H = 0/011(nm)^{-1}, \quad n' < n$$

که در آن R_H ثابتِ ریدبرگ برایِ اتمِ ئیدروژن نامیده می‌شود. n شماره‌ی تراز بالاتر است که الکترون ابتدا رویِ آن قرار داشته و n' شماره‌ی تراز پایین‌تر است که الکترون رویِ آن فرود می‌آید. دقّت کنید که طولِ موج در این رابطه، برحسبِ نانومتر است.

- به ازای هر مقدار معین n'، مجموعه‌ی طول موج‌های به دست آمده از رابطه‌ی ریدبرگ- بالمر را یک رشته می‌نامند.
- به ازایِ کوچک‌ترین مقدارِ ممکنِ n (یعنی n'+۱) در هر رشته، بلندترین طولِ موجِ خطوطِ آن رشته یا حدّ بالایِ رشته به دست می‌آید.
- هر چه n بزرگتر باشد، طولِ موج‌هایِ کوتاهتری می‌شوند پس، به ازایِ $n \to \infty$، کوتاهترین طولِ موجِ خطوطِ هر رشته یا حدّ پایینِ رشته پیدا می‌شود.

$$n = n' + 1 \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{\lambda_{max}} = R_H\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{(n'+1)^2}\right) \qquad n = \infty \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{\lambda_{min}} = R_H\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{\infty}\right) \Rightarrow \lambda_{min} = \frac{n'^2}{R_H}$$

به ازای n'=۲ رشتهٔ بالمر به دست می آید که در ناحیهٔ مرئی طیف قرار دارد.

نام رشته	مقدار n'	رابطه‌ی ریدبرگ	مقدارهای n	گستره‌ی طول موج
لیمان	n' =۱	$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{1} - \frac{1}{n^2}\right)$	n =۲,۳,۴ ...	فرابنفش
بالمر	n' =۲	$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$	n =۳,۴,۵ ...	فرابنفش و مرئی
پاشن	n' =۳	$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right)$	n =۴,۵,۶ ...	فرو سرخ
براکت	n' =۴	$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right)$	n =۵,۶,۷ ...	فرو سرخ
پفوند	n' =۵	$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2}\right)$	n =۶,۷,۸ ...	فرو سرخ

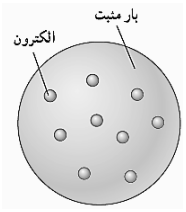
تمرین۱۱. طول موج های اولین و دومین خط های طیفی اتم هیدروژن در رشتهٔ براکت را به دست آورید و تعیین کنید که این خط ها در کدام گسترهٔ طول موج های الکترومغناطیسی واقع‌اند. (مثال ۴-۲)

تمرین۱۲. کوتاه‌ترین و بلندترین طول موج در رشتهٔ پفوند (n'=۵) هیدروژن اتمی را به دست آورید. (مثال۴-۳)

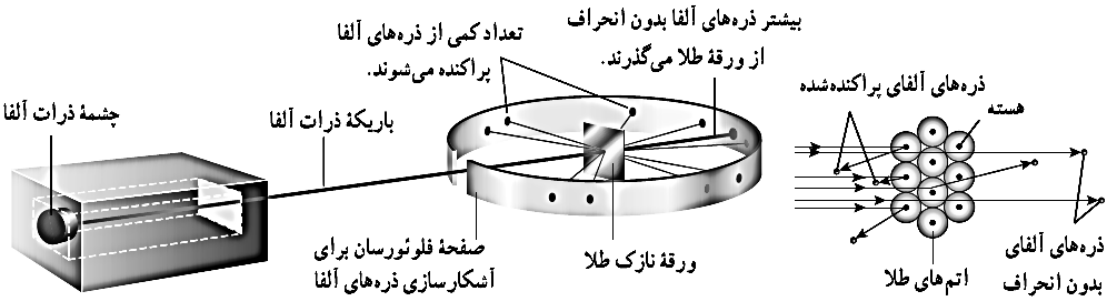
تمرین ۱۳. طول موج‌های اولین و دومین خط‌های طیفی اتم هیدروژن در رشتهٔ پاشن را به دست آورید و تعیین کنید که این خط‌ها در کدام گسترهٔ طول موج های الکترومغناطیسی واقع‌اند. (تمرین ۴-۳)

۴-۳ مدل اتم رادرفورد- بور

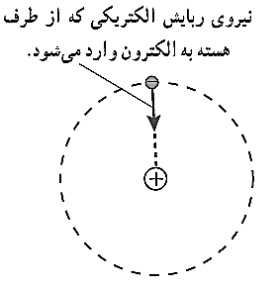
مدل اتمی تامسون (مدل کیک کشمشی): جوزف تامسون موفق به کشف الکترون و اندازه گیری نسبت بار به جرم (e/m) آن شد. در مدل تامسون، اتم همچون کره‌ای است که بار مثبت به طور همگن در سرتاسر آن گسترده شده‌است و الکترون‌ها که سهم ناچیزی در جرم اتم دارند در جاهای مختلف آن پراکنده شده‌اند. این مدل را گاهی مدل کیک کشمشی هم می‌گویند. در مدل اتمی تامسون، وقتی الکترون ها با بسامدهای معیّنی حول وضع تعادلشان نوسان می‌کنند این نوسان سبب تابش امواج الکترومغناطیسی از اتم می‌شود. بسامدهای تابش گسیل شده از اتم، که مدل اتمی تامسون پیش بینی می‌کرد، با نتایج تجربی سازگار نبود.



نتیجه آزمایش رادرفورد: ارنست رادرفورد باریکه‌ای ازذره‌های دارای بار مثبت (هستهٔ اتم هلیم یا ذرهٔ آلفا) بر سطح ورقه‌ای نازک از جنس طلا فرو تاباند و نتیجه گرفت باید هسته‌ای چگال و دارای بار مثبت در مرکز هراتم باشد.



بنا بر مدل رادرفورد (**مدل هسته‌ای اتم**)، اتم دارای یک هستهٔ بسیار چگال و کوچک ($۱۰^{-۱۵}$= شعاع هسته) و با بار مثبت است که با تعدادی الکترون در فاصله هایی به نسبت دور احاطه شده است.

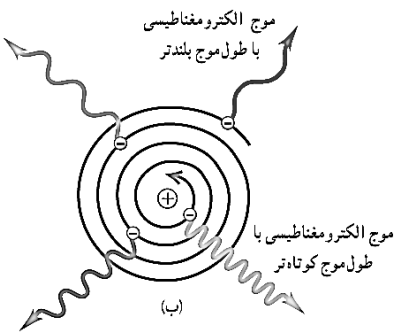


مدلِ اتمیِ رادرفورد: در این مدل، همه‌ی بارِ مثبتِ اتم، در یک ناحیه‌ی مرکزی با حجمِ بسیار کوچکی به نامِ هسته، متمرکز شده و اطرافِ آن را الکترون‌ها با بارِ منفی در فاصله‌ای زیاد احاطه کرده‌اند، به گونه‌ای که می‌توان گفت: فضایِ بینِ الکترون ها خلأ می‌باشد.

اشکالاتِ مدلِ اتمیِ رادرفورد:

۱) اگر الکترون‌ها در اطرافِ هسته، ساکن باشند، نیرویِ جاذبه‌ی الکتریکیِ بینِ هسته و الکترون‌ها، باعث می‌شود الکترون رویِ هسته سقوط کند. یعنی ساختارِ داخلیِ اتم، فرو می‌ریزد، در صورتی که اتم پایدار است.

۲) اگر الکترون‌ها، مانندِ سیّاره‌هایِ منظومه‌ی خورشیدی،که به دورِ خورشید در حرکتند، به دورِ هسته در گردش باشند، طبقِ نظریه‌ی فیزیکِ کلاسیک که هر ذرّه‌ی باردارِ شتاب دار، نور گسیل می‌کند، چون الکترون به طورِ پیوسته شتاب دارد و طبقِ مبانیِ کلاسیکی، بسامدِ موجِ گسیل شده با بسامدِ دورانِ الکترون برابر است، لذا بایستی به طورِ پیوسته نور گسیل کند و چون انرژی از دست می‌دهد، شعاعِ مداریِ آن به طورِ پیوسته کاهش یافته و در نتیجه بسامدِ آن به طورِ پیوسته زیاد شده و درنهایت، مارپیچ وار به داخلِ هسته سقوط می‌کند، یعنی طیفِ اتمی بایستی پیوسته بوده و اتم پایدار نباشد، در صورتی که طیفِ اتمی، گسسته است و اتم پایدار می‌باشد.



نتیجه: الگویِ اتمیِ رادرفورد از دو ایرادِ عمده رنج می‌برد:

۱) نمی‌تواند پایداریِ حرکتِ الکترون‌ها در مدارهایِ اتمی و در نتیجه پایداریِ اتم‌ها را توضیح دهد.

۲) قادر به توجیهِ طیفِ گسسته‌ی اتمی نیست.

موفقیت‌های مدل اتمی بور چیست؟

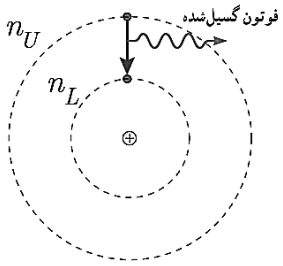
۱) بور مدلی را برای اتم هیدروژن ارائه کرد که مسئلهٔ ناپایداری اتم را در مدل رادرفورد حل می‌کرد. ۲) معادلهٔ ریدبرگ برای طیف خطی اتم هیدروژن را به دست می‌آورد.

اصول مدل اتمی بور به صورت زیر است:

۱- مدارها و انرژی‌های الکترون‌ها در هر اتم کوانتیده‌اند؛ یعنی فقط مدارها و انرژی های گسستهٔ معیّنی مجاز هستند.

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

۳- الکترون می‌تواند از یک حالت مانا به حالت مانای دیگر برود. هنگام گذار الکترون از یک حالت مانا با انرژی بیشتر E_U به یک حالت مانا با انرژی کمتر E_L ک فوتون تابش می‌شود.



(شعاع مدارهای الکترون برای اتم هیدروژن) $(r_n = a_o n^2 \quad n = 1,2,3,... \quad , \quad a_o = 0/5A)$

(ترازهای انرژی الکترون در اتم هیدروژن)

$$E_n = \frac{E_1}{n^2} = -\frac{E_R}{n^2} \qquad E_R = 2/17 \times 10^{-18} J = 13/6 eV$$

در این روابط n **عدد کوانتومی** نامیده می‌شود. a_o شعاع کوچک ترین مدار در اتم هیدروژن که **شعاع بور** برای اتم هیدروژن نامیده می‌شود.

انرژی الکترون در n=۱ برابر $E_1 = -13/6 eV$ است که اندازهٔ آن رامعمولاً **یک ریدبرگ** می‌نامند و با نماد E_R نشان می‌دهند.

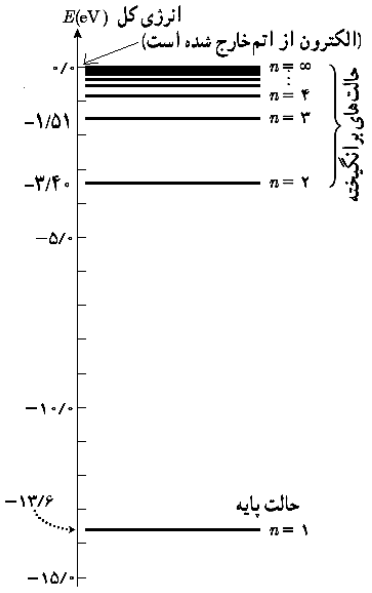
در این صورت انرژی فوتون تابش شده برابر اختلاف انرژی بین دو مدار اولیه و مدار نهایی است، یعنی:

$$E_U - E_L = hf \qquad \text{(معادلهٔ گسیل فوتون از اتم)}$$

$$E_U - E_L = \frac{hc}{\lambda}$$

بنا به مدل بور، وقتی الکترونی از مداری با انرژی بیشتر به مداری با انرژی کمتر جهش می‌کند یک فوتون گسیل می شود.

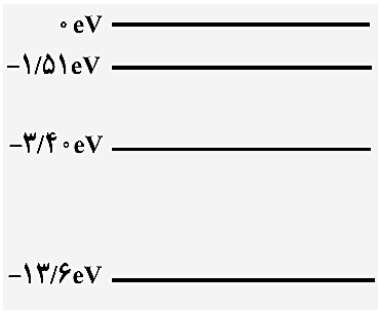
پایین‌ترین تراز انرژی، **حالت پایه** نامیده می‌شود تا از ترازهای بالاتر که **حالت‌های برانگیخته** نامیده می‌شوند متمایز باشد. در اتم هیدروژن و در دمای اتاق، الکترون اغلب در حالت پایه قرار دارد. کمترین انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از حالت پایه، **انرژی یونش الکترون** نامیده می‌شود. انرژی یونش اتم هیدروژن ۱۳/۶eV است.



نمودار ترازهای انرژی برای الکترون اتم هیدروژن

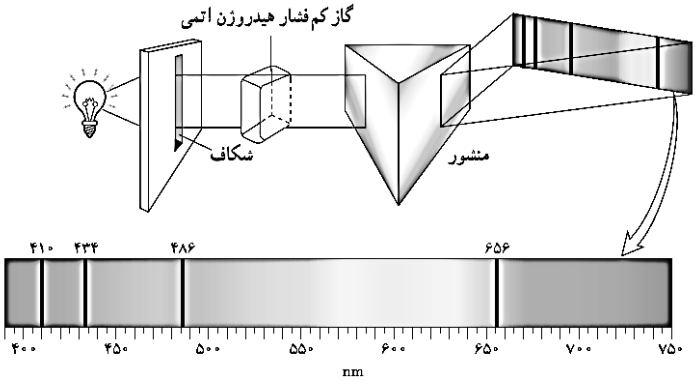
تمرین۱۴. الکترونی در دومین حالت برانگیختهٔ اتم هیدروژن قرار دارد. الف) انرژی الکترون را در این حالت پیدا کنید. ب) وقتی الکترون از این حالت برانگیخته به حالت پایه جهش می کند نمودار تراز انرژی آن را رسم کنید. پ) طول موج فوتون گسیل شده را حساب کنید. (مثال ۴-۴)

تمرین۱۵. 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 $-1/51eV$ 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 $660nm$ منجر شود؟ توجه کنید که این طول موج ها در گستره مرئی است. (تمرین ۴-۳)



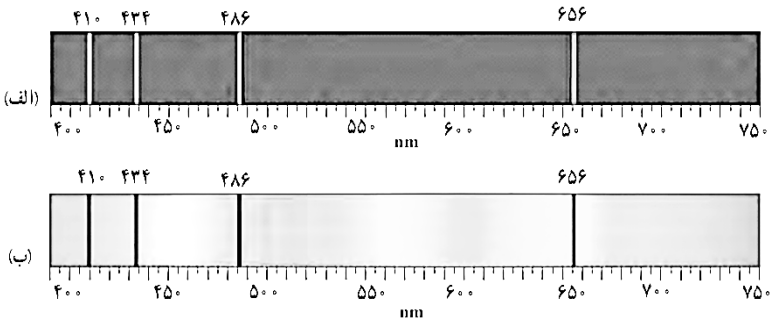
تمرین۱۶. به کمک مدل بور رابطهٔ تجربی ریدبرگ را به دست آورید و طیف خطی هیدروژن اتمی را توجیه کنید.

فرانهوفر، با مشاهدهٔ دقیق طیف خورشید، خطهای تاریک نازکی را در آن کشف کرد. خطهای تاریکی که فرانهوفر در طیف خورشید کشف کرد، ناشی از جذب طول موج‌های مربوط به این خطها توسط گازهای جو خورشید و جو زمین پدید می آیند.



طیف جذبی خطی: برای مشاهدهٔ طیف‌های جذبی، نور یک چشمهٔ نور سفید را از ظرفی حاوی گاز کم فشار هیدروژن اتمی (یا گاز عنصر دیگری) عبور داده و توسط منشور پاشیده می‌شود و طیف آن روی پرده تشکیل می‌شود. خطهای تاریک روی طیف، به طول موج‌هایی از نور سفید مربوط است که توسط اتم‌های گاز جذب شده‌اند.

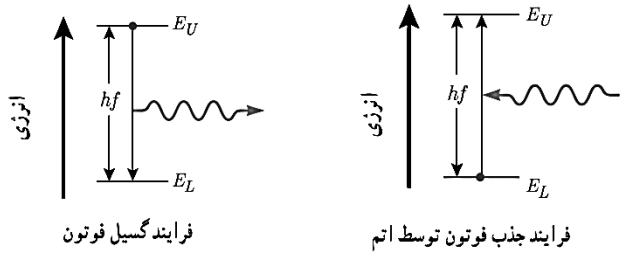
مطالعه و مقایسهٔ همچنین طیف های گسیلی و جذبی عنصرهای مختلف نشان می‌دهد که:



۱) در طیف گسیلی و در طیف جذبی اتم های گاز هر عنصر، طول موج های معیّنی وجود دارد که از مشخصه های آن عنصر است. یعنی طیف گسیلی و طیف جذبی هیچ دو گازی همانند یکدیگر نیست.

۲) اتم های هر گاز دقیقاً همان طول موج هایی را از نور سفید جذب می کنند که اگر دمای آنها به اندازهٔ کافی بالا رود و یا به هر صورت دیگر برانگیخته شوند، آنها را تابش می کنند.

بر اساس مدل بور می‌دانیم که خطهای گوناگون در طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی وقتی به وجود می‌آیند که الکترون های اتم‌های هیدروژن، که



به هر دلیلی برانگیخته شده‌اند، از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین‌تر جهش کنند و فوتون‌هایی را گسیل کنند.

الکترون‌ها می‌توانند در جهت عکس گذارکنند، یعنی در فرایندی که **جذب فوتون** خوانده می شود از ترازهای انرژی پایین تر به ترازهای انرژی بالاتر بروند در این حالت، اتم، فوتونی را که دقیقاً انرژی لازم برای گذار را دارد جذب می کند.

تمرین ۱۷. آیا معادلهٔ $E_U - E_L = hf$ برای فرایند جذب فوتون نیز برقرار است؟ (پرسش ۴-۱)

موفقیت های مدل بور: مدل بور تصویری از چگونگی حرکت الکترون‌ها به دور هسته ارائه می‌کند. این مدل در تبیین پایداری اتم، طیف گسیلی و جذبی گاز هیدروژن اتمی ومحاسبهٔ انرژی یونش اتم هیدروژن با موفقیت همراه است.

نارسایی‌های مدل بور:

۱) این مدل برای وقتی که بیش از یک الکترون به دور هسته می گردد به کار نمی‌رود، زیرا درمدل بور، نیروی الکتریکی که یک الکترون بر الکترون دیگر وارد می‌کند به حساب نیامده‌است.

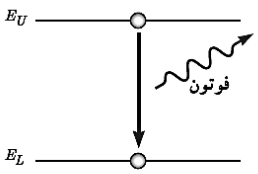
۲) این مدل نمی‌تواند متفاوت بودن شدت خط‌های طیف گسیلی را توضیح دهد. برای مثال مدل بور نمی تواند توضیح دهد که چرا شدت خط قرمز با شدت خط آبی در طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی با یکدیگر متفاوت است.

اتم هیدروژن گونه به اتم هایی گفته می شود که تنها یک الکترون دارند.

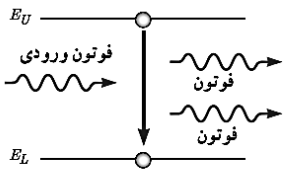
۴-۵ لیزر

وقتی یک الکترون از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین تر جهش می‌کند یک فوتون گسیل می‌شود. فرایند گسیل می‌تواند به صورت **گسیل** خود به خود و یا **گسیل القایی** باشد.

در گسیل خود به خود فوتون در جهتی کاتوره‌ای گسیل می‌شود. درحالی که در گسیل القایی یک فوتون ورودی، الکترون برانگیخته را تحریک (یا القا) می‌کند تا تراز انرژی خود را تغییر دهد و به تراز پایین‌تر برود. برای گسیل القایی، انرژی فوتون ورودی باید دقیقاً با اختلاف انرژی های دو تراز یعنی E_U-E_L یکسان باشد.



گسیل خودبه‌خود



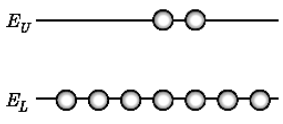
گسیل القایی

گسیل القایی سه ویژگی عمده دارد. اول اینکه یک فوتون وارد و دو فوتون خارج می‌شود. به این ترتیب این فرایند تعداد فوتون ها را افزایش می‌دهد و نور را تقویت می‌کند. دوم اینکه فوتون گسیل شده، در همان جهت فوتون ورودی حرکت می‌کند. سوم اینکه فوتون گسیل شده با فوتون ورودی همگام یا دارای همان فاز است. به این ترتیب فوتون هایی که باریکهٔ لیزری را ایجاد می‌کنند هم بسامد، هم جهت و هم فاز هستند.

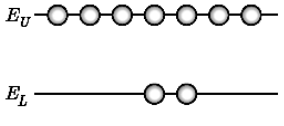
در گسیل القایی یک چشمهٔ انرژی خارجی مناسب باید وجود داشته باشد تا الکترون‌ها را به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته کند. این انرژی می‌تواند به روش‌های متعددی از جمله درخش‌های شدید نور معمولی و یا تخلیه‌های ولتاژ بالا فراهم شود. اگر انرژی کافی به اتم‌ها داده شود، الکترون‌های بیشتری به تراز انرژی بالاتر برانگیخته خواهند شد، شرطی که به **وارونی جمعیت** معروف است.

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

در این ترازها، الکترون‌ها مدت زمان بسیار طولانی‌تری (10^{-3}s) نسبت به حالت برانگیختهٔ معمولی (10^{-8}s) باقی می‌مانند. این زمان طولانی‌تر، فرصت بیشتری برای افزایش وارونی جمعیت و در نتیجه تقویت نورلیزر فراهم می‌کند.



به طور معمول و در دمای اتاق، بیشتر الکترون‌ها در تراز انرژی پایین‌تر قرار دارند



در وضعیتی که وارونی جمعیت به وجود آید بیشتر الکترون‌ها در تراز بالاتری قرار دارند.

پرسش‌ها و مسئله‌های فصل۴ (بخش دوم) **۴-۲ ، ۴-۳ و ۴-۴ طیف خطی ، مدل اتم رادرفورد بور و لیزر**

تمرین۱۸. در جای خالی کلمات مناسب بگذارید

A. همهٔ اجسام در هر دمایی که باشند، از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل (نشر) می‌کنند که به آن ..... گفته می‌شود.

B. در دماهای معمولی، بیشتر تابش گسیل شده از سطح اجسام در ناحیهٔ ..... طیف قرار دارد.

C. یک جسم جامد، نظیر رشتهٔ داغ یک لامپ روشن، گستره پیوسته‌ای از طول موج‌ها را نشر می‌کند که آن را ..... می‌نامند.

D. تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از ..... بین اتم های سازنده آن است.

E. گازهای کم فشار و رقیق، که اتم‌های منفرد آنها از برهم کنش‌های قوی موجود در جسم جامد آزادند، ..... نشر (گسیل) می‌کنند.

F. طول موج های ایجادشده در ..... ، برای اتم های هر گاز منحصر به فرد هستند.

G. در ..... ، اتم همچون کره‌ای است که بار مثبت به طور همگن در سرتاسر آن گسترده شده‌است و الکترونها در جاهای مختلف آن پراکنده شده‌اند.

H. بسامدهای تابش گسیل شده از اتم، که مدل اتمی تامسون پیش بینی می‌کرد، با نتایج تجربی سازگار .....

I. ارنست رادرفورد باریکه‌ای از ..... بر سطح ورقه‌ای نازک از جنس طلا فرو تاباند و نتیجه گرفت باید هسته‌ای چگال و دارای بار مثبت در مرکز هراتم باشد.

J. طبق ..... در هر اتم فقط مدارها و انرژی های گسستهٔ معیّنی مجاز هستند.

K. طبق مدل اتمی بور، وقتی یک الکترون در یکی از ..... است، هیچ نوع تابش الکترومغناطیسی گسیل نمی‌شود.

L. بنا به مدل بور، وقتی الکترونی از مداری با انرژی ..... به مداری با انرژی ..... جهش می‌کند یک فوتون گسیل می شود.

M. پایین‌ترین تراز انرژی، ..... نامیده می‌شود تا از ترازهای بالاتر ..... نامیده می‌شوند متمایز باشد.

N. در اتم هیدروژن و در دمای اتاق، الکترون اغلب در ..... قرار دارد.

O. کمترین انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از حالت پایه، ..... نامیده می‌شود.

P. انرژی یونش اتم هیدروژن ..... است.

Q. اگر نور نور سفید را از ظرفی حاوی گاز کم فشار هیدروژن اتمی عبور داده و توسط منشور پاشیده شود، ..... آن روی پرده تشکیل می‌شود.

R. در گسیل خود به خود فوتون در ..... گسیل می‌شود.

S. اساس کار لیز ..... است.

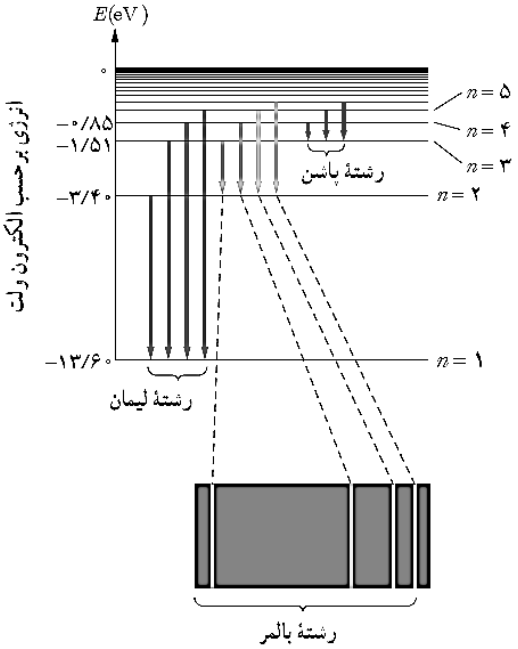
T. فوتون هایی که باریکهٔ لیزری را ایجاد می‌کنند ..... ، ..... و ..... هستند.

U. . در لیزر، اگر انرژی کافی به اتم‌ها داده شود، الکترون‌های بیشتری به تراز انرژی شبه پایدار برانگیخته خواهند شد، این حالت به ..... معروف است.

تمرین۱۹. الف) طیف گسیلی یک جسم در چه مواردی پیوسته و درچه مواردی گسسته یا خطی است؟ منشأ فیزیکی این تفاوت را توضیح دهید. (تمرین۷کتاب)

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

تمرین۲۰. 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 ۱۳/۶۰eV- چیست؟ (تمرین۸کتاب)



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

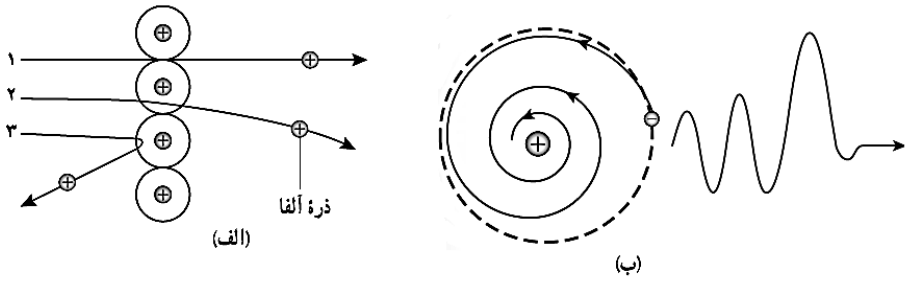
پ) اختلاف کوتاه‌ترین و بلندترین طول موج در هر رشته را، گسترهٔ طول موج‌های آن رشته می‌نامند. گسترهٔ طول موج های رشتهٔ لیمان (n'=۱) را پیدا کنید.

تمرین۲۱. الف) فرایند جذب فوتون توسط اتم را توضیح دهید. (تمرین۹کتاب)

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؟

تمرین۲۲. مبنای مدل رادرفورد، نتایج آزمایش‌هایی بود که از پراکندگی ذره‌های آلفا توسط یک ورقهٔ نازک طلا به دست آمده بود (شکل الف) (تمرین۱۰کتاب)



الف) توضیح دهید چرا بیشتر ذره‌های آلفا مانند ذره‌های ۱ و۲ 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؟

تمرین۲۳. با استفاده از رابطهٔ بور برای انرژی الکترون در اتم هیدروژن، الف) اختلاف انرژی $\Delta E\ (n_U \rightarrow n_L)= E_U - E_L$ را حساب کنید. (تمرین ۱۱کتاب)

ب) نشان دهید که:

$$\Delta E(۴ \rightarrow ۲) = \Delta E(۴ \rightarrow ۳) + \Delta E(۳ \rightarrow ۲)$$

$$\Delta E(۴ \rightarrow ۱) = \Delta E(۴ \rightarrow ۲) + \Delta E(۲ \rightarrow ۱)$$

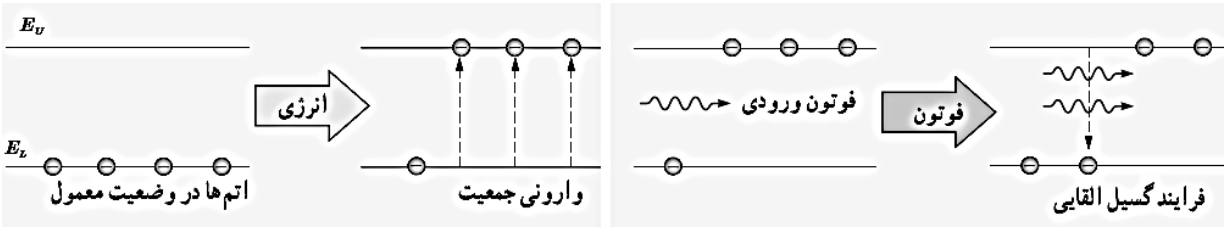
تمرین۲۴. الکترون اتم هیدروژنی در تراز $n=۵$ قرار دارد. (تمرین ۱۲کتاب)

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

۵-۴ لیزر

تمرین۲۵. شکل زیر فرایند ایجاد باریکهٔ لیزر را به طور طرح وار در۴ مرحله نشان می‌دهد. (تمرین ۱۶)



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

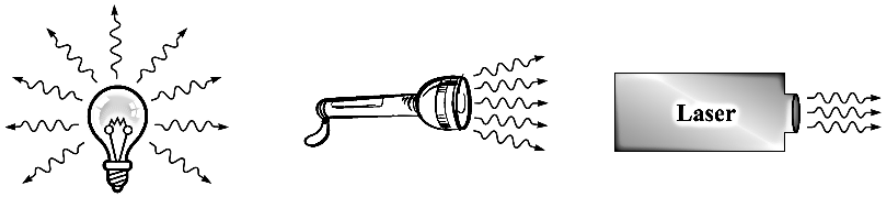
ب) نقش انرژی داده شده چیست و معمولاً این انرژی چگونه تأمین می‌شود؟

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؟

تمرین۲۶. در شکل زیر نحوهٔ گسیل فوتون‌ها از سه چشمهٔ نور شامل لامپ رشته‌ای، چراغ قوه با لامپ رشته‌ای و لیزر با یکدیگرمقایسه شده است. (تمرین ۱۴کتاب)



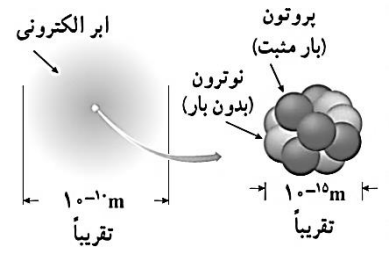
الف) با توجه به آنچه در این فصل فرا گرفتید تفاوت فوتون‌های گسیل شده از هر چشمه را با یکدیگر بیان کنید.

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

فیزیک هسته ای، شاخه‌ای از فیزیک است که در آن با ساختار، برهم کنش‌ها و واپاشیِ هسته‌های اتمی سروکار داریم.

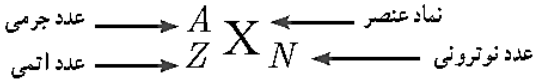
۴-۵ ساختار هسته

با کاوش درون اتم، در مرکز آن، هسته را می‌یابیم که شعاع آن تقریباً $\frac{1}{100000}$ شعاع اتم است.



مقایسهٔ ابعاد اتم و هسته به‌طور تقریبی

هستهٔ اتم از نوترون‌ها و پروتون‌ها تشکیل شده‌است که به طور کلی **نوکلئون** نامیده می‌شوند.
نوترون بار الکتریکی ندارد، و جرمش اندکی بیشتر از پروتون است.
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 جرمی (A) می‌نامند. پس: $A=Z+N$



برای یک عنصر با نماد شیمیایی X نماد هسته به صورت ${}^{A}_{Z}X_{N}$ نشان داده می‌شود.

ایزوتوپ ها: ویژگی‌های هسته را تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های آن تعیین می‌کند.
خواص شیمیایی هر اتم را تعداد پروتون‌های هسته (عدد اتمیZ) تعیین می‌کند. به همین سبب هسته‌هایی که تعداد پروتون مساوی ولی تعداد نوترون متفاوت دارند خواص شیمیایی یکسانی دارند، در نتیجه این هسته‌ها در جدول تناوبی عناصر هم مکان هستند و بنابراین **ایزوتوپ (هم مکان)** نامیده می‌شوند.

تمرین۱. 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. (تمرین ۴-۴)
الف) ایزوتوپ فلوئور(F) با عدد نوترونی ۱۰ (۹پروتون)

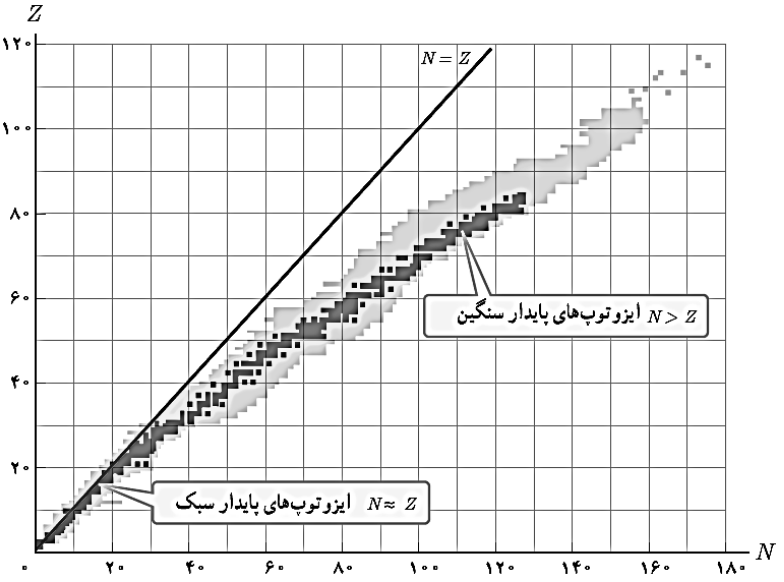
ب) ایزوتوپ قلع (Sn) با عدد نوترونی ۶۶ (۵۰پروتون)

پایداری هسته:
ابعاد هسته در مقایسه با ابعاد اتم بسیار کوچک‌تر است. با وجود این، بیشتر جرم اتم (بیش از ۹۹/۹درصد آن) در هسته متمرکز شده است. با توجه به اینکه نیروی الکتروستاتیکی رانشی خیلی قوی بین پروتون‌های درون هسته، که بسیار به یکدیگر نزدیک‌اند، وارد می‌شود، تنها چیزی که مانع از هم پاشیدن هسته می‌شود نیروی هسته‌ای است. این نیرو نمی‌تواند گرانشی باشد، زیرا جاذبهٔ حاصل از نیروی گرانشی بین نوکلئون‌ها، چنان ضعیف است که نمی تواند با نیروی الکتروستاتیکی رانشی مقابله کند.

ویژگی‌های نیروی هسته‌ای: ۱) نیروی هسته‌ای رباینده است ۲) نیروی هسته‌ای قوی‌تر از گرانشی و الکترو استاتیکی است ۳) نیروی هسته‌ای، کوتاه بُرد است و تنها در فاصله‌ای کوچک‌تر از ابعاد هسته اثر می‌کند. ۴) نیروی هسته‌ای مستقل از بار الکتریکی است، یعنی نیروی رباینده هسته‌ای یکسانی بین دو پروتون، دو نوترون، یا یک پروتون و یک نوترون وجود دارد. به همین دلیل از منظر نیروی هسته‌ای، تفاوتی بین پروتون و نوترون وجود ندارد و دلیل نام گذاری آنها با نام عام نوکلئون نیز همین است.

چرا با افزایش تعداد پرتونها در عناصر سنگین تعداد نوترونها بیشتر از پرتونها افزایش می‌یابد؟ برای پایداری هسته، باید نیروی دافعهٔ الکتروستاتیکی بین پروتون‌ها با نیروی جاذبهٔ بین نوکلئون‌ها، که ناشی از نیروی هسته‌ای است، موازنه شده‌باشد. ولی به دلیل بلند بُرد بودن نیروی الکتروستاتیکی، یک پروتون تمام پروتون‌های دیگر درون هسته را دفع می‌کند، در حالی که یک پروتون یا یک نوترون، فقط نزدیک‌ترین نوکلئون‌های مجاور خود را با نیروی هسته‌ای جذب می‌کند. به همین دلیل وقتی تعداد پروتون‌های درون هسته افزایش یابد، اگر هسته بخواهد پایدار باقی بماند، باید تعداد نوترون‌های درون هسته نیز افزایش یابد.
تمرین۲. هر نقطه تیره رنگ در نمودار شکل روبرو نشان دهندهٔ یک هستهٔ پایدار است. با توجه به این نمودار به پرسش‌های زیر پاسخ دهید. (پرسش ۴-۲)

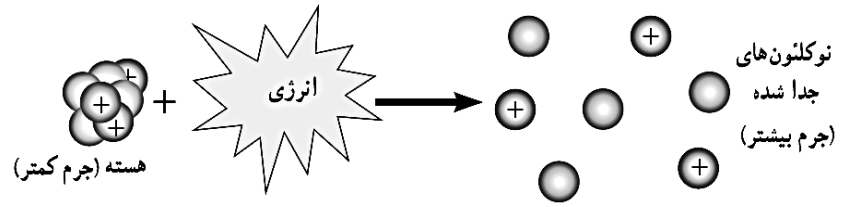
الف) نسبت تعداد نوترون به تعداد پروتون (N/Z) برای هسته‌های پایدار مختلف ثابت است یا متفاوت؟ توضیح دهید.



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

انرژی بستگی هسته‌ای و ترازهای انرژی هسته: برای جدا کردن نوکلئون‌های یک هسته، انرژی لازم است. انرژی لازم برای این منظور، **انرژی بستگی هسته‌ای** نامیده می‌شود.

جرم هسته از مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل دهنده‌اش اندکی کمتر است. اگر این اختلاف جرم را که به آن **کاستی جرم هسته** گفته می‌شود، مطابق رابطهٔ معروف اینشتین ($E=mc^2$)، در مربع تندی نور(c^2) ضرب کنیم **انرژی بستگی هسته‌ای** به دست می‌آید. (c برحسب متر برثانیه و m برحسب کیلوگرم باشد، E برحسب J خواهد بود.)



انرژی نوکلئون‌های وابسته به هسته نیز مانند انرژی الکترون‌های وابسته به اتم، کوانتیده‌اند و نوکلئون‌های درون هسته نمی‌توانند هر انرژی دلخواهی را اختیار کنند. همچنین، همان طور که الکترون‌های اتم می‌توانند با جذب انرژی از تراز پایه به تراز برانگیخته بروند، نوکلئون‌ها نیز می‌توانند با جذب انرژی به ترازهای انرژی بالاتر بروند و در نتیجه هسته برانگیخته شود. هستهٔ برانگیخته با گسیل فوتون به تراز پایه بر می‌گردد. انرژی فوتون گسیل شده، با اختلاف انرژی بین تراز برانگیخته و تراز پایه برابر است.

اختلاف بین ترازهای انرژی نوکلئون‌ها در هسته از مرتبهٔ keV تا مرتبهٔ MeV است، در حالی که اختلاف بین ترازهای انرژی الکترون‌ها در اتم از مرتبهٔ eV است. از این رو، هسته‌ها در واکنش‌های شیمیایی برانگیخته نمی‌شوند.

۶-۴ پرتوزایی طبیعی و نیمه عمر

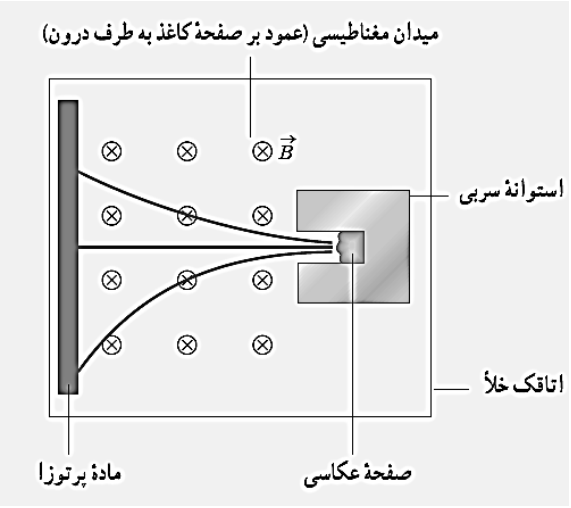
وقتی یک هستهٔ ناپایدار یا پرتوزا خودبه خود واپاشی می‌کند، نوع معیّنی از ذرات یا فوتون‌های پر انرژی آزاد می‌شوند. این فرایند واپاشی، **پرتوزایی طبیعی** نامیده می‌شود.

در پرتوزایی طبیعی سه نوع پرتو ایجاد می‌شود: پرتوهای آلفا (α) پرتوهای بتا (β) و پرتوهای گاما (γ)

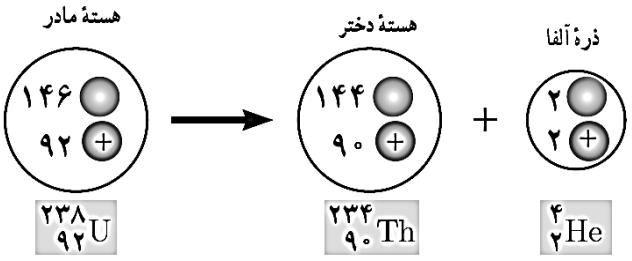
پرتوهای α کمترین نفوذ را دارند و با ورقهٔ نازک سربی با ضخامت ناچیز (≈۰/۰۱mm) متوقف می شوند، در حالی که پرتوهای β مسافت خیلی بیشتری را (≈۰/۱mm) در سرب نفوذ می کنند. پرتوهای γ بیشترین نفوذ را دارند و می توانند از ورقه ای سربی به ضخامت قابل ملاحظه‌ای (≈۱۰۰mm) گذرند.

در تمام فرایندهای واپاشی پرتوزا مشاهده شده‌است که تعداد نوکلئون‌ها در طی فرایند واپاشی هسته‌ای پایسته است؛ یعنی تعداد نوکلئون‌ها، پیش از فرایند با تعداد نوکلئون‌ها پس از فرایند مساوی است.

تمرین ۳. شکل زیر 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. (پرسش ۳-۳)



واپاشی α: در این نوع واپاشی که در هسته‌های سنگین صورت می‌گیرد، ذرات باردار مثبت از جنس هستهٔ اتم هلیم ($_{2}^{4}He$) از هسته‌ی اتم خارج می‌شود. معادله‌ی واکنش به صورت زیر است.



$$_{Z}^{A}X \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4}Y + {}_{2}^{4}\alpha$$

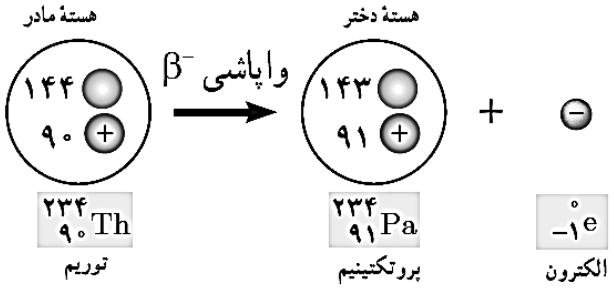
در این واکنش، X و Y دو عنصرِ متفاوت هستند، چون عددِ اتمیِ متفاوت دارند.

واپاشی همراه با گسیلِ ذرّه‌ی بتا (β): این متداول‌ترین نوعِ واپاشی در هسته‌ها است. در این واپاشی هسته‌ی ناپایدار با گسیلِ الکترون یا پوزیترون (ذرّه‌ای دارایِ جرمِ برابرِ جرمِ الکترون و بارِ مخالفِ آن) به هسته‌ی جدیدی تبدیل می‌شود. ذرّه‌یβ، از جنسِ الکترون $(_{-1}^{0}e)$ یا پوزیترون $(_{+1}^{0}e)$است. امّا هسته، الکترون یا پوزیترون ندارد. پس ذرّه ی β،از کجا می آید؟ پاسخ آن است:

الف) (واپاشیβ منفی) اگر در واپاشی،گسیلِ الکترون را داشته باشیم، یک نوترون در هسته، متلاشی شده و تبدیل به یک پروتون و یک الکترون می‌شود:

$$_{0}^{1}n \rightarrow {}_{1}^{1}p + {}_{-1}^{0}e,$$

به این ترتیب یک نوترون از هسته کم می‌شود و یک پروتون به آن اضافه می‌شود. بنابراین جرمِ هسته، تغییرِ چندانی نمی‌کند، ولی عددِ اتمی یک واحد زیاد می‌شود:

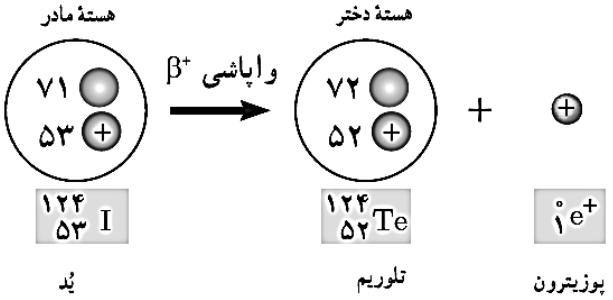


$$_{Z}^{A}X \rightarrow {}_{Z+1}^{A}Y + {}_{-1}^{0}e$$

ب) (واپاشیβ مثبت) اگر در واپاشی گسیلِ پوزیترون را داشته باشیم، یک پروتونِ هسته به نوترون و پوزیترون تبدیل می‌شود:

$$_{1}^{1}p \rightarrow {}_{0}^{1}n + {}_{+1}^{0}e,$$

محصولِ این واپاشی، هسته‌ی عنصرِ جدیدی است که در جدولِ تناوبی قبل از X قرار دارد.



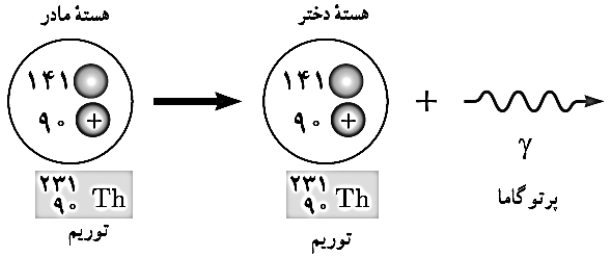
$$_{Z}^{A}X \rightarrow {}_{Z-1}^{A}Y + {}_{+1}^{0}e$$

تمرین ۴. 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. (تمرین ۴-۵)

تمرین۵. ایزوتوپ $O\ {}^{15}_{8}$ با گسیل پوزیترون، واپاشی می کند. معادلهٔ این واکنش را بنویسید و با استفاده از جدول تناوبی عنصرها، عنصر جدیدی را که تولید می شود تعیین کنید. (تمرین ۴-۶)

واپاشی γ: رفتنِ هسته از حالتِ برانگیخته به حالتِ پایه، همراه با گسیلِ ذرّه‌ی گاما (γ) : پرتوِ γ ،از جنسِ امواجِ الکترومغناطیسی است. جرم و بارِ پرتوِ γ ،صفر است. بنابراین با گسیلِ پرتوِ γ، نَه عددِ جرمی تغییر می‌کند و نَه عددِ اتمی. امّا هسته مقداری انرژی از دست می‌دهد و به حالتِ پایدارتری می‌رسد:



$$ {}^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{0}\gamma $$

❖ اگر یک هسته پرتوزا چند نوع تابش انجام دهد برای موازنه‌ی آن و به دست آوردن مجهول (X) باید نکات زیر را در نظر گرفت:

۱) مجموع اعداد اتمی در دو سمت واکنش هسته‌ای باید یکسان باشد.

۲) مجموع اعداد جرمی در دو سمت واکنش هسته‌ای باید یکسان باشد.

❖ در تمامِ واکنش هایِ فوق، به X هسته‌ی مادر وبه Y هسته‌ی دختر گویند.

نیمه عمر، مدت زمانی است که طول می‌کشد تا تعداد هسته های مادر موجود در یک نمونه، به نصف برسند.

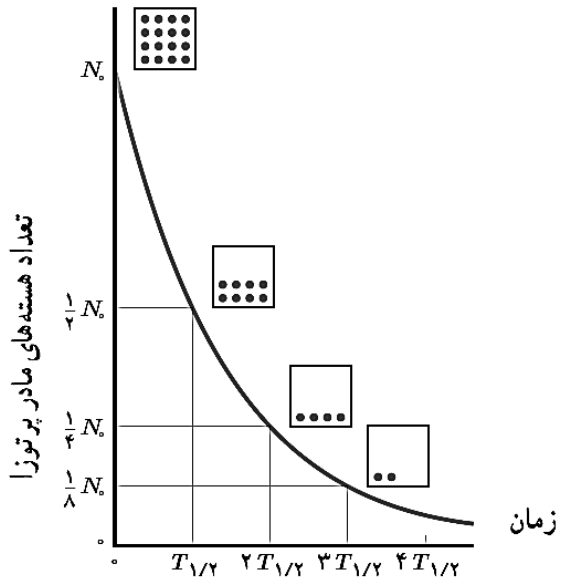
نیمه عمرِ مادّه ی پرتوزا : نیمه عمرِ یک مادّه‌ی پرتوزا، مدّت زمانی است که طول می‌کشد تا طِیِ آن نیمی از هسته‌هایِ پرتوزایِ موجود در آن واپاشیده شوند و آن را با $T_{\frac{1}{2}}$ نشان می‌دهند. در واقع نیمه عمر، به نوعی سرعتِ واپاشیِ یک ایزوتوپ را نشان می‌دهد.

پس از گذشتِ هر نیمه عمر، تعدادِ هسته‌هایِ ایزوتوپِ پرتوزایِ اوّلیه، نصف می‌شود. بنابراین پس از گذشتِ n نیمه عمر،تعدادِ این هسته ها $\frac{1}{2^n}$ برابر می‌شوند

بنابراین اگر پس از مدّت زمانِ t، تعدادِ هسته‌هایِ مادّه‌ی رادیواکتیو از N_0 به N کاهش یابد، داریم:

$$N = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow N' = N_0 - N, n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}$$

(تعدادِ نیمه عمرها، تعداد هسته‌هایِ باقی مانده و تعداد هسته‌هایِ متلاشی شده است).



تمرین۶. در حادثهٔ انفجار نیروگاه هسته‌ای چرنوبیل، یدُ ۱۳۱ ($_{53}^{131}I$) یکی از ایزوتوپ‌هایی بود که وارد محیط زیست شد. این ایزوتوپ، فرّار است و همراه با جریان های جوّی، تا کشورهای دوردست از محل نیروگاه حرکت کرد و با نشستن روی برگ گیاهان، سبب آلودگی گوشت و شیر دام‌هایی شد که این گیاهان را می‌خوردند. نیمه عمر این ایزوتوپ پرتوزا تقریباً ۸ روز است. پس از گذشت ۴۰ روز از حادثهٔ چرنوبیل، چه کسری از هسته‌های مادر اولیه در محیط زیست باقی مانده بود؟ (مثال ۴-۵)

تمرین۷. پس از گذشت ۹ روز، تعداد هسته های پرتوزای یک نمونه، به $\frac{1}{8}$ تعداد موجود در آغاز کاهش یافته است .نیمه عمر(برحسب روز) ماده چقدر است؟ (تمرین ۴-۷)

پرسش ها و مسئله های فصل ۴(بخش سوم)

تمرین۸. در جای خالی کلمات مناسب بگذارید.

I. ..... ، شاخه‌ای از فیزیک است که در آن با ساختار، برهم کنش‌ها و واپاشیِ هسته‌های اتمی سروکار داریم.

J. که شعاع آن تقریباً ..... شعاع اتم است.

K. هستهٔ اتم از نوترون‌ها و پروتون‌ها تشکیل شده‌است که به طور کلی ..... نامیده می‌شوند.

L. نوترون بار الکتریکی ندارد، و جرمش اندکی ..... از پروتون است.

M. در یک اتم خنثی، تعداد ..... هسته با تعداد الکترون‌های دور هسته برابر است.

N. هسته‌هایی که تعداد پروتون مساوی ولی تعداد نوترون متفاوت دارند خواص ..... یکسانی دارند.

O. بیش از ..... درصد جرم یک اتم در هسته متمرکز شده است.

P. نیرویی که عامل پایداری هسته است و پرتونها و نوترونها را در کنار هم نگه داشته‌است، .... است.

Q. انرژی لازم برای برای جدا کردن نوکلئون‌های یک هسته، .... نامیده می‌شود.

R. جرم هسته از مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل دهنده‌اش اندکی ..... است.

S. به اختلاف جرم هسته و مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل دهنده هسته، ....گفته می‌شود،

T. نوکلئون‌ها می‌توانند با جذب انرژی به ترازهای انرژی بالاتر بروند و در نتیجه .... شود.

U. اختلاف بین ترازهای انرژی نوکلئون‌ها در هسته از مرتبهٔ .... است.

V. واپاشیα که در هسته‌های..... صورت می‌گیرد، ذرات باردار مثبت از جنس ..... از هسته‌ی اتم خارج می‌شود.

W. واپاشی همراه با گسیلِ ..... متداول‌ترین نوعِ واپاشی در هسته‌ها است.

X. اگر در واپاشیβ، الکترون گسیلِ شود، یک ..... در هسته، متلاشی شده و تبدیل به یک پروتون و یک الکترون شده‌است.

Y. اگر در واپاشیβ گسیلِ پوزیترون را داشته باشیم، یک ..... هسته به نوترون و پوزیترون تبدیل می‌شود.

Z. ..... ، مدت زمانی است که طول می‌کشد تا تعداد هسته های مادر موجود در یک نمونه، به نصف برسند.

۴-۵ ساختار هسته

تمرین۹. مرتبهٔ بزرگی تعداد نوترون‌هایی را که می‌توان تنگ‌هم در یک توپ تنیس به شعاع ۳/۲cm جای داد، تخمین بزنید. در این صورت مرتبهٔ بزرگی جرم این توپ چقدراست؟ (مرتبهٔ بزرگی شعاع و جرم نوترون را به ترتیب 10^{-15}m و10^{-27}kg در نظر بگیرید). (تمرین ۱۵ کتاب)

تمرین۱۰. برای ${}^{۲۰۸}_{۸۲}\mathrm{pb}$ مطلوب است: الف) تعداد نوکلئون‌ها ب) تعداد نوترون‌ها پ) بار الکتریکی خالص هسته (تمرین ۱۶ کتاب)

تمرین۱۱. در هر یک از موارد زیر نماد X چه عنصری را نشان می‌دهد و در هستهٔ هر یک چند نوترون وجود دارد؟ در صورت لزوم ازجدول تناوبی استفاده کنید. (تمرین ۱۷ کتاب)

الف) ${}^{195}_{78}X$ ب) ${}^{32}_{16}X$ پ) ${}^{61}_{29}X$

تمرین۱۲. آیا می‌توان ایزوتوپ ${}^{61}_{25}X$ را با روش شیمیایی از ایزوتوپ ${}^{59}_{25}X$ جدا کرد؟ از ایزوتوپ ${}^{61}_{26}X$ پاسخ خود را توضیح دهید. (تمرین ۱۸ کتاب)

۶-۲ پرتوزایی طبیعی و نیمه عمر

تمرین۱۳. جاهای خالی در فرایندهای واپاشی زیر نشان دهندهٔ یک یا چند ذره‌ی α، β^+ یا β^- است. در هر واکنش، جای خالی را کامل کنید. (تمرین ۱۹ کتاب)

$${}^{211}_{82}Pb \rightarrow {}^{211}_{83}Bi + \cdots$$

$${}^{11}_{6}C \rightarrow {}^{11}_{3}B + \cdots$$

$${}^{231}_{90}Th^{*} \rightarrow {}^{231}_{90}Th + \cdots$$

$${}^{18}_{9}F \rightarrow {}^{18}_{8}O + \cdots$$

تمرین۱۴. هستهٔ دختر به دست آمده از هر یک از واپاشی‌های زیر را به صورت ${}^{A}_{Z}X$ مشخص کنید. (تمرین ۲۰ کتاب)

الف) ${}^{242}_{94}Pu$ واپاشی α انجام دهد.

ب) سدیم ${}^{23}_{11}Na$ واپاشی β^- انجام‌دهد.

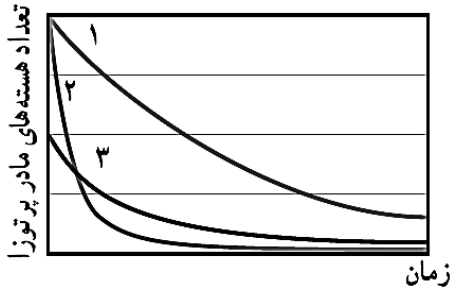
پ) نیتروژن ${}^{13}_{7}N$ واپاشی β^- انجام‌دهد.

ت) اکسیژن ${}^{15}_{8}O$ واپاشی β^+ انجام‌دهد.

تمرین۱۵. سرب ${}^{208}_{82}Pb$ هستهٔ دختر پایداری است که می‌تواند از واپاشی α یا β^- حاصل شود. فرایندهای مربوط به هر یک از این واپاشی‌ها را بنویسید. در هر مورد هستهٔ مادر را به صورت ${}^{A}_{Z}X$ مشخص کنید. (تمرین ۲۱ کتاب)

تمرین۱۶. نپتونیم $^{237}_{93}Np$ 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؟(تمرین ۲۲ کتاب)

تمرین۱۷. 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. (تمرین ۲۳ کتاب)



تمرین۱۸. .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؟ (تمرین ۲۴ کتاب)

تمرین۱۹. 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؟(تمرین ۲۵ کتاب)

مجموعه تستهای فصل ۴

تمرین۲۷. انرژیِ وابسته به یک فوتونِ نوری به طولِ موجِ $۴۵۰nm$ چند ژول است؟($h=۶/۶\times۱۰^{-۳۴}J.s$ و $c=۳\times۱۰^{۸}\frac{m}{s}$)

۱) $۹/۹\times۱۰^{-۴۹}$ ۲) $۸/۹۱\times۱۰^{-۳۲}$ ۳) $۴/۴\times۱۰^{-۱۹}$ ۴) $۹/۹\times۱۰^{-۱۹}$

تمرین۲۸. اگر کوانتومِ انرژیِ یک موجِ الکترومغناطیسی۲/۰۷ الکترون ولت باشد، این موج به کدام گروه از امواجِ الکترومغناطیسی تعلّق دارد؟ $(h=۴/۱۴\times۱۰^{-۱۵}eV.s)$

۱)فروسرخ ۲)مرئی ۳)ماوراء بنفش ۴)گاما

تمرین۲۹. طولِ موجِ اشعه‌ی فرابنفشی در خلأ، ۰/۱۱میکرون است. انرژیِ وابسته به فوتونِ آن در آب چند الکترون ولت است؟ ($n=\frac{۴}{۳}$ آب ، $h=۶/۶\times۱۰^{-۳۴}J.s$ و $c=۳\times۱۰^{۸}\frac{m}{s}$)

۱) ۱/۶۵ ۲) ۸/۴ ۳) ۱۱/۲۵ ۴) ۱۵

تمرین۳۰. در پدیده‌ی فوتوالکتریک در کدام حالت، بیشینه‌ی انرژیِ جنبشیِ فوتوالکترون ها افزایش می‌یابد؟

۱)شدّتِ نورِ فرودی، افزایش یابد. ۲) طولِ موجِ نورِ فرودی، کاهش یابد. ۳) شدّتِ نورِ فرودی، کاهش یابد. ۴) طولِ موجِ نورِ فرودی، افزایش یابد.

تمرین۳۱. ولتاژِ متوقّف کننده‌ی جریانِ فوتوالکتریک از سطحِ فلزی که در معرضِ تابشِ اشعه‌ی ماوراءِ بنفش قرار دارد، $۱/۸۲V$است. حداکثر سرعتِ الکترون‌هایِ گسیل شده از سطحِ این فلز چند متر بر ثانیه است؟ (بارِ الکترون c $۱/۶\times۱۰^{-۱۹}$و جرمِ آن Kg $۹/۱\times۱۰^{-۳۱}$است).

۱) ۴×۱۰^{۵} ۲) ۸×۱۰^{۵} ۳) ۴×۱۰^{۷} ۴) ۸×۱۰^{۷}

تمرین۳۲. تابعِ کارِ فلزِ باریم، $۲/۵eV$است. حدّاکثر طولِ موجِ نوری که می‌تواند، موجبِ گسیلِ فوتوالکترون‌ها از سطحِ باریم شود، چند نانو متر است؟ ($h=۶/۶\times۱۰^{-۳۴}J.s$ و $c=۳\times۱۰^{۸}\frac{m}{s}$).

۱) $۵/۵\times۱۰^{-۳۳}$ ۲) $۷/۹۲\times۱۰^{-۱۷}$ ۳) ۲۴۲ ۴) ۴۹۵

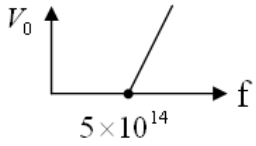
تمرین۳۳. نورِ بنفشی به طولِ موجِ $۴۰۰nm$ بر سطحِ فلزی با تابعِ کارِ $۲/۵eV$می‌تابد و موجبِ گسیلِ جریانِ فوتوالکتریکی می‌شود. ولتاژِ متوقّف کننده در این حالت چند ولت است؟ $(hc=۱۲۴\,eV.nm)$

۱) ۰/۶ ۲) ۱/۵ ۳) ۳/۱ ۴) ۵/۶

تمرین۳۴. بر سطحِ یک ورقه‌ی فلزی از جنسِ سرب، نوری با بسامدِ۳ برابرِ بسامدِ قطعِ آن می‌تابد. اگر انرژیِ جنبشیِ سریع‌ترین فوتوالکترون‌هایِ خارج شده از سطحِ فلز $۸eV$باشد، تابعِ کارِ سرب، چند الکترون ولت است؟

۱) ۱ ۲) $\frac{۸}{۳}$ ۳) ۴ ۴) ۸

تمرین۳۵. منحنیِ تغییراتِ ولتاژِ قطع بر حسبِ بسامدِ فلزِ معیّنی که در آزمایشِ مربوط به اثرِ فوتوالکتریک به کار رفته است، مطابقِ شکلِ زیر است. ولتاژِ متوقّف کننده در بسامدِ $۱۰^{۱۵}Hz$چند ولت است؟ $(h=۴/۱۴\times۱۰^{-۱۵}eV.s)$



۱) ۱/۵ ۲) ۲/۰۷ ۳) ۴/۱۴ ۴) ۸/۲۸

تمرین۳۶. تابعِ کارِ سه فلزِ A ، B و C ، به ترتیب، ۲/۲۶ ،۴/۲۴ و ۴/۳۷ الکترون-ولت است. کدام یک از این فلزها وقتی با نوری به طولِ موجِ $\lambda=۶۰۰nm$ روشن شود، فوتوالکترون گسیل خواهد کرد؟($c=۳\times۱۰^{۸}\frac{m}{s}$ و $h=۴/۱۴\times۱۰^{-۱۵}eV.s$).

۱) A ۲) B ۳) هر سه فلز ۴) هیچ یک از سه فلز

تمرین۳۷. کدام طیفِ اتمی در شناساییِ عناصر از یکدیگر به کار می رود؟

۱)فقط گسیلیِ خطّی ۲)فقط گسیلیِ پیوسته ۳)جذبیِ پیوسته یا گسیلیِ پیوسته ۴)جذبیِ خطّی یا گسیلیِ خطّی

تمرین۳۸. در اتمِ ئیدروژن، الکترون از تراز n=۳ به تراز n=۱ می‌آید. فوتونِ گسیلی مربوط به کدام رشته و کدام منطقه از طیفِ موج هایِ الکترومغناطیسی است؟

۱)بالمر-فرابنفش ۲)لیمان-مرئی ۳)لیمان-فرابنفش ۴)بالمر-فروسرخ

تمرین۳۹. کوتاه‌ترین طولِ موجِ خط‌هایِ طیفیِ اتمِ ئیدروژن، تقریباً چند نانومتر است؟($R_H=۰/۰۱۱(nm)^{-۱}$)

۱) ۶۸ ۲) ۹۱ ۳) ۱۲۱ ۴) ۳۶۴

تمرین۴۰. کوتاه‌ترین طولِ موجِ رشته‌ی پاشنِ مربوط به اتمِ ئیدروژن چند برابرِ بلندترین طولِ موجِ رشته‌ی بالمرِ آن است؟

۱) ۰/۲۵ ۲) ۰/۸ ۳) ۱/۲۵ ۴) ۴

تمرین۴۱. انرژیِ بستگیِ اتمِ ئیدروژن در حالتِ پایه، چند برابرِ انرژیِ بستگیِ آن، در ترازِ سوّم (n=۳) است؟

۱) ۹ ۲) ۳ ۳) $\frac{۱}{۳}$ ۴) $\frac{۱}{۹}$

تمرین۴۲. هر گاه به یک یونِ تک الکترونی که در مدارِ مانایِ شماره ی۲، دارایِ۲الکترون ولت انرژی است. فوتونی با طولِ موجِ۸۰۰نانومتر بتابانیم، چه اتّفاقی رخ می دهد؟(hc=1200ev.nm)

۱)هیچ اتّفاقِ خاصّی رخ نخواهد داد. ۲)الکترون به حالتِ برانگیخته‌ی$n=16$می رود.

۳)الکترون به حالتِ برانگیخته‌ی $n=4$می رود. ۴)الکترون با گسیلِ القائی به حالتِ پایه می رود.

تمرین۴۳. (ریاضی ۹۳) اگر ضریب ثابت پلانک $۶/۶\times۱۰^{-۳۴} J.s$ باشد، این ضریب چند الکترون ولت ثانیه است؟ ($e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$)

۱) $\frac{۳۳}{۸}\times۱۰^{۱۵}$ ۲) $\frac{۸}{۳۳}\times۱۰^{-۱۵}$ ۳) $\frac{۳۳}{۸}\times۱۰^{-۱۵}$ ۴) $\frac{۸}{۳۳}\times۱۰^{۱۵}$

تمرین۴۴. (ریاضی ۹۳) در اتم هیدروژن، الکترون از تراز $n=۱$ به تراز $n=۳$ می‌رود. در این انتقال، شعاع مدار و انرژی الکترون، نسبت به حالت قبل، به ترتیب چند برابر می‌شوند؟

۱) ۳ و $\frac{۱}{۳}$ ۲) ۹ و $\frac{۱}{۹}$ ۳) ۳ و ۳ ۴) ۹ و ۹

تمرین۴۵. (تجربی ۹۳) به سطح فلزی که تابع کار آن ۴ev است. نوری با طول موج λ می‌تابانیم و فوتو الکترون‌ها از سطح آن گسیل می‌شوند. بلندترین طول موج الکترو مغناطیسی که می‌تواند سبب گسیل فوتو الکترون‌ها از این فلز شود چند نانومتر است؟ ($c=۳\times۱۰^{۸}\frac{m}{s}$ و $h=۴\times۱۰^{-۱۵}eV.s$).

۱) ۵۰۰ ۲) ۳۵۰ ۳) ۳۰۰ ۴) ۲۵۰

تمرین۴۶. (تجربی ۹۳) در اتم هیدروژن، در کدام یک از رشته‌های زیر فقط پرتوهای فروسرخ تابش می‌شود؟

۱) پاشن – براکت – پفوند ۲) بالمر – پاشن – براکت ۳) لیمان- پاشن – براکت ۴) بالمر – براکت - پفوند

تمرین۲۰. نیرویِ هسته ای،بینِ کدام یک از ذرّاتِ زیر پدید می آید؟

۱)پروتون و پروتون ۲)پروتون و نوترون ۳)نوترون و نوترون ۴)هر سه مورد

تمرین۲۱. در اندر کنشِ نوکلئون ها،نیروی هسته ای در مقایسه با نیروی کولنی چگونه است؟

۱)ضعیف، بلند بُرد ۲) قوی،بلند بُرد ۳) ضعیف،کوتاه بُرد ۴) قوی،کوتاه بُرد

تمرین۲۲. عنصر هایی که عددِ اتمیِ آن ها بزرگ تر از۸۳است،.....

۱)همگی پایدارند. ۲)همگی ناپایدارند. ۳)برخی پایدار و برخی ناپایدارند. ۴)همگی پایدارند به جز اورانیوم که ناپایدار است.

تمرین۲۳. سنگین ترین عنصر در طبیعت دارایِ عددِ اتمیِ.....و عددِ نوترونیِ .....است.

۱)۹۰،۱۵۴ ۲)۱۵۴،۹۰ ۳)۹۲،۱۴۶ ۴)۱۴۶،۹۲

تمرین۲۴. فراوان ترین مادّه ی رادیواکتیوِ رویِ زمین،اورانیومِ۲۳۸ است، که پس از واپاشی هایِ متعدّد، به هسته ی پایدارِ سربِ۲۰۶ ،تبدیل می شود. در این واپاشی ها،به ترتیب چند ذرّه ی و چند ذرّه ی (الکترون)،گسیل می شود؟

۱)۵و۸ ۲)۵و۶ ۳)۸و۶ ۴)۸و۱۲

تمرین۲۵. $^{۲۳۲}_{۹۰}Th$ در چند مرحله وامی پاشد، که در آن ۶ذرّه ی آلفا و۴ذرّه ی بتا(الکترون) گسیل می شوند.ایزوتوپِ حاصل کدام است؟

۱) $^{۲۰۶}_{۸۲}Pb$ ۲) $^{۲۰۸}_{۸۲}Pb$ ۳) $^{۲۳۸}_{۹۲}U$ ۴) $^{۲۳۴}_{۹۱}Pa$

تمرین۲۶. نیمه عمرِ یک مادّه ی رادیواکتیو۱۰روز است.اگر۸۰گرم از این مادّه موجود باشد،پس از گذشتِ یک ماه(۳۰روز)چند گرم از آن متلاشی می شود؟

۱)۱۰ ۲)۲۰ ۳)۶۰ ۴)۷۰

تمرین۲۷. نیمه عمرِ ^{۲۱۵}At، ۱۰۰میکروثانیه است.پس از چند ثانیه $\frac{۱۵}{۱۶}$ هسته هایِ آن واپاشیده می شوند؟

۱)۴۰۰ ۲) 2×10^{-4} ۳) 4×10^{-4} ۴) 8×10^{-4}

تمرین۲۸. چند درصد از هسته های مادّه ی رادیواکتیوی پس از واپاشی در مدّتِ ۴ نیمه عمر،به صورتِ فعّال باقی می ماند؟

۱) ۲/۵ ۲) ۳ ۳) ۶/۲۵ ۴) ۱۲/۵

تمرین۲۹. پلوتونیمِ ۲۳۹ $(^{239}_{94}Pu)$ در اثرِ برخورد به یک نوترونِ کُند،شکافته می شود.در این فرآیند۴نوترون و یک هسته ی زنونِ۱۴۲ $(^{142}_{54}Xe)$ تولید می‌شود.محصولِ دیگرِ این شکافت کدام است؟

۱) $^{85}_{37}Rb$ ۲) $^{94}_{38}Sr$ ۳) $^{94}_{40}Zr$ ۴) $^{98}_{43}Tc$

تمرین۳۰. در عملِ غنی سازی،درصدِ فراوانیِ کدام ایزوتوپِ اورانیوم را افزایش می دهند؟

۱) ^{235}U ۲) ^{236}U ۳) ^{237}U ۴) ^{238}U

تمرین۳۱. (۹۷ ریاضی) کدام گزینه در مورد ^{235}U و ^{238}U درست نیست؟

۱) تعداد نوترون ^{235}U بیشتر است. ۲) هر دو تعداد پرتون یکسانی دارند.

۳) هردو خواص شیمیایی یکسانی دارند ۴) ^{238}U ، ۰/۷۲ درصد اورانیوم طبیعی را تشکیل می‌دهند.

تمرین۳۲. (۹۷ تجربی) در واپاشی هسته‌های ناپایدار، کدام مورد درست است؟ ($e = ۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}C$)

۱) هنگام گسیل پوزیترون بار هسته به اندازه $e = ۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}C$ افزایش می‌یابد.

۲) هنگام گسیل الکترون بار هسته به اندازه $e = ۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}C$ کاهش می‌یابد.

۳) هنگام گسیل α بار هسته به اندازه $۳/۲\times ۱۰^{-۱۹}C$ کاهش می‌یابد.

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

تمرین۳۳. (۹۶ریاضی) از تعداد هسته‌های اولیه مساوی دو عنصر رادیو اکتیو A و B بعد از گذشت زمان Δt، تعداد هسته‌های باقی مانده عنصر A چهار برابر تعداد هسته‌های باقی مانده عنصر B است. اگر تعداد نیمه عمرهای عنصر A و B در مدت زمان Δt به ترتیب nA و nB باشد، کدام یک از موارد زیر درست است؟

۱) $n_A - n_B = ۴$ ۲) $n_B - n_A = ۴$ ۳) $n_A - n_B = ۲$ ۴) $n_B - n_A = ۲$

تمرین۳۴. بارِ کلّ هسته ی زیرکونیمِ ۹۰،برابرِ است.تعداد نوترون هایِ این هسته،کدام است؟

۱) ۴۰ ۲) ۴۵ ۳) ۵۰ ۴) ۱۳۰

تمرین۳۵. دو ایزوتوپِ یک عنصرِ مجهول به ترتیب و می باشند. در این صورت کدام یک از پاسخ هایِ زیر می تواند درست باشد؟

۱)تعدادِ نوترون ها به ترتیب۱۲و۱۴است. ۲) تعدادِ نوترون ها به ترتیب۶و۸است.

۳) تعدادِ پروتون ها به ترتیب۱۲و۱۴است. ۴) تعدادِ پروتون ها به ترتیب۶و۸است.

پاسخ بخش اول جای خالی کلمات

فیزیک کلاسیک - نسبیت خاص- نسبیت عام – کوانتومی – فتوالکترون - اثر فتوالکتریک – فوتون – $E=hf$

پاسخ بخش دوم جای خالی کلمات

تابش گرمایی – فروسرخ - طیف پیوسته - برهم کنش قوی - طیف خطی - طیف خطی - طیف پیوسته - مدل تامسون - نبود. - ذرات آلفا- مدل اتمی بور - از مدارهای مانا (مجاز) – بیشتر – کمتر - حالت پایه - که حالت‌های برانگیخته - حالت پایه- انرژی یونش الکترون - ۱۳/۶eV - طیف جذبی - جهتی کاتوره‌ای – گسیل القایی- هم بسامد - هم جهت - هم فاز- وارونی جمعیت

پاسخ بخش سوم جای خالی کلمات

فیزیک هسته‌ای - $\frac{1}{100000}$ – نوکلئون- بیشتر- پروتون‌های- شیمیایی - ۹۹/۹ – نیروی هسته‌ای- انرژی بستگی هسته‌ای- کمتر- کاستی جرم هسته- هسته برانگیخته - keV تا مرتبهٔ MeV- سنگین - هستهٔ اتم هلیم ($^{۴}_{۲}He$)- ذرّه‌ی بتا (β) - نوترون – پروتونِ - نیمه عمر