آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای

Dr:B.Barati
09163014685

عناوین مطالب مورد بررسی در این فصل:

اثر فوتوالکتریک و فوتون

طیف اتمی

مدل اتمی رادرفورد-بور

لیزر

سوال:

چرا وقتی به الکترودهای دو سر لامپ‌های تبلیغاتی گاز رقیق و کم‌فشار عناصری مانند هیدروژن، هلیم، جیوه یا نئون، ولتاژ بالایی را اعمال می کنیم شروع به گسیل نور به رنگ‌های مختلف می کنند؟

Dr.B.Barati

فیزیک مدرن بر چه نظریه هایی استوار است؟ نظریهٔ نسبیت خاص (مربوط به مطالعهٔ پدیده‌ها در تندی‌های بسیار زیاد و قابل مقایسه با تندی نور)، نظریهٔ نسبیت عام (مربوط به مطالعهٔ هندسهٔ فضا ـ زمان و گرانش) و نظریهٔ کوانتومی (مربوط به مطالعهٔ پدیده‌ها در مقیاس‌های بسیار کوچک، مانند اتم‌ها و ذره‌های سازندهٔ آنها)

مدتی شد که امروزه به آن فیزیک جدید می گویند.

مقدمه: اگر بر کلاهک برق‌نمایی با بار منفی، نور فرابنفش تابیده شود، مشاهده می‌شود که انحراف ورقه‌های آن کاهش می‌یابد (**شکل (الف)**) در حالی که با تابش نور مرئی، تغییری در انحراف ورقه‌های برق‌نما رخ نمی‌دهد **شکل (ب)** **این سوال مطرح می شود: چرا این اتفاق می افتد؟**

شکل ها: الف) برهم‌کنش نور فرودی فرابنفش با کلاهک برق‌نما سبب می‌شود تا ورقه‌های آن به‌سرعت به هم نزدیک شوند. ب) در حالی که برهم‌کنش نور مرئی گسیل‌شده از یک لامپ رشته‌ای تغییری در انحراف ورقه‌های برق‌نما به وجود نمی‌آورد.

Dr.B.Borati

انرژی امواج E-M

انیشتین در نظریه فوتوالکتریک خود، بر اساس کارپلانک ، نور با بسامد f را بصورت مجموعه ای از بسته های انرژی به نام فوتون معرفی نمود که انرژی هر بسته برابر با:

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

$C = 3 \times 10^{8}\,{}^{m}/_{s}$ سرعت نور

$h = 6.63 \times 10^{-34} J.S$ ثابت پلانک

Dr.B.Barati

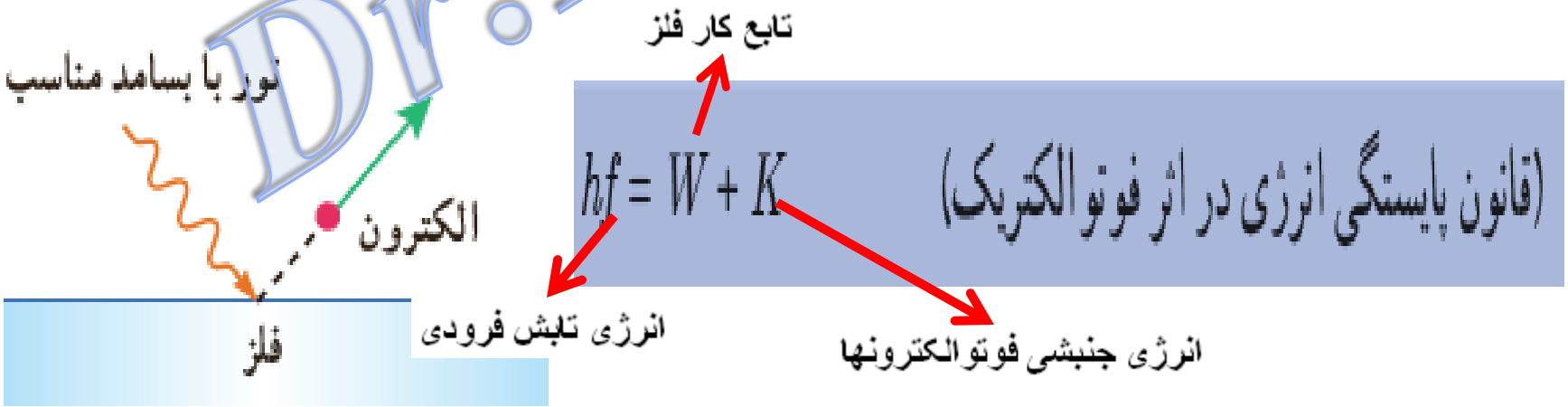
مثال: تعداد فوتون هایی را که در یک ثانیه از یک لامپ قرمز ۶۰ واتی تسیل می شود را محاسبه کنید.

$E = pt = 60 \times 1 = 60J \qquad \lambda = 6600A^{\circ}, \qquad h = 6.63 \times 10^{-34} J.S$

$$E = \frac{nhc}{\lambda} \Rightarrow 60 = \frac{n \times 6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{6600 \times 10^{-10}} \Rightarrow n = 2 \times 10^{20}$$ فوتون

بیان اثر فوتوالکتریک: آزمایش نشان می‌دهد وقتی نوری با بسامد مناسب مانند نور فرابنفش به سطحی فلزی بتابد الکترون‌هایی از آن گسیل می‌شوند (شکل زیر). این پدیدهٔ فیزیکی را، اثر فوتوالکتریک و الکترون‌های جدا شده از سطح فلز را فوتوالکترون می‌نامند.

بنا بر نظر اینشتین، وقتی نوری تکفام بر سطح فلزی می‌تابد، هر فوتون صرفاً با یکی از الکترون‌های فلز برهم‌کنش می‌کند. اگر فوتون انرژی کافی داشته باشد تا فرایند خارج کردن الکترون از فلز را انجام دهد، الکترون به طور آنی از آن گسیل می‌شود. در این صورت بخشی از انرژی فوتون صرف جدا کردن الکترون از فلز می‌شود و مابقی آن به انرژی جنبشی الکترون خارج‌شده تبدیل می‌شود.



Dr.B.Barati

چند تعریف کاربردی

تعریف الکترون ـ ولت(ev): برابر مقدار انرژی است که وقتی یک الکترون بین دو نقطه با اختلاف پتانسیل یک ولت، جابجا شود، آزاد یا مصرف می کنند.

$$ev = 1.6 \times 10^{-19} J \Rightarrow 1\,J = 6.25 \times 10^{18} ev$$

مثال: انرژی فوتونی ۲Kev است طول موج وابسته به این فوتون چند nm است؟

الف: ۵۰ ب: ۶ ج: ۰/۵ د: ۰/۶

$$h = 4 \times 10^{-15} ev.s \quad , C = 3 \times 10^{8}\, m/s$$

$$E = \frac{nhc}{\lambda} \Rightarrow 2000ev = \frac{1 \times 4 \times 10^{-15} ev.s \times 3 \times 10^{8}\, m/s}{\lambda} \Rightarrow \lambda$$

$$= 6 \times 10^{-10} m \lambda = 0.6 nm$$

تعریف بسامد قطع(fo): در پدیده فوتوالکتریک اگر بسامد نور فرودی بر سطح فلز از حد معینی کمتر شود، دیگر هیچ فوتوالکترونی از سطح فلز خارج نمی شود این بسامد را که در واقع کوچک ترین بسامد برای انجام پدیده فوتوالکترونیک است را بسامد قطع گویند.

طول موج قطع (λ_o):بلندترین طول موجی است که بسبب گسیل فوتوالکترونها می شود.

$$\left(\lambda_o = \frac{c}{f_o}\right)$$

تابع کار (W_0): حداقل انرژی لازم برای کندالکترونها از سطح یک فلز را تابع کار آن فلز گویند.

$$W_0 = hf_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$$

Dr.B.Barati

فیزیک کلاسیک در تفسیر نتایج پدیده فوتوالکتریک

۱)انتظار می رفت هنگام برهم کنش نور فرودی با سطح فلز، میدان الکتریکی این موج نیروی $F=-eE$ را به الکترون های فرودی وارد کند و در اثر نوسان، دامنه برخی از الکترونها به قدر کافی بزرگ شود و انرژی لازم برای جدا شدن از سطح فلز را پیدا کنند و بنابر نظریه فیزیک کلاسیک باید پدیده فوتوالکتریک در هر بسامدی رخ دهد در حالی که این نتیجه با تجربه سازگار نیست.

۲) بر اساس نظریه ماکسول، شدت نور فرودی با مربع دامنه میدان الکتریکی موج E - M متناسب است($I\alpha E^2$)، پس انتظار می رود به ازای یک بسامد معین، اگر شدت نور فرودی بر سطح فلز را افزایش دهیم باید الکترونها با انرژی جنبشی بیشتری از فلز خارج شوند، نتیجه ای که تجربه آن را تایید نمی کند.

Dr.B.Barati

۱) اگر شدت نور فرودی کافی باشد اثر فوتوالکتریک در هر بسامدی باید رخ دهد. در حالی که اگر بسامد نور فرودی کمتر از بسامد قطع(f_0) باشد اثر فوتوالکتریک رخ نمی دهد.

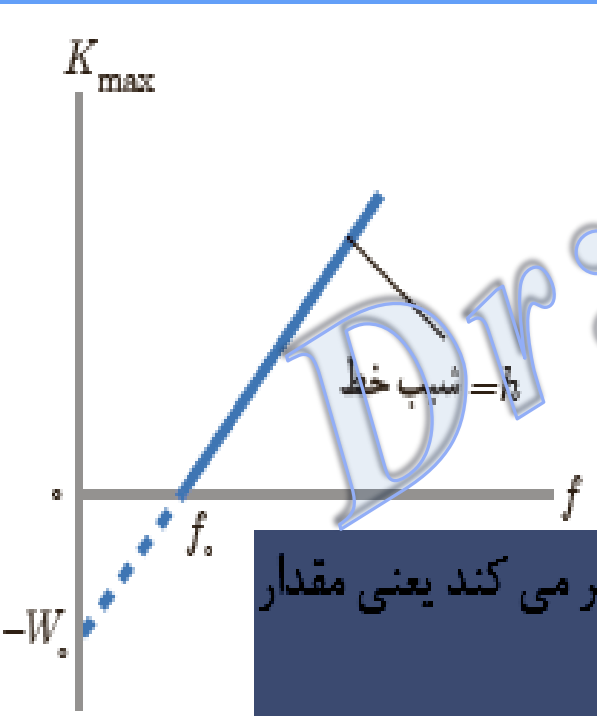
۲)بنابرقانون های فیزیک کلاسیک، K_{max} فوتوالکترون باید به شدت نور فوردی (انرژی نور) بستگی داشته باشد در حالی که K_{max} مستقل از شدت نور فرودی است.

بررسی عوامل تأثیرگذار بر انرژی جنبشی فوتوالکترون ها:

الف)بسامد ثابت و افزایش شدت نور:با افزایش توان منبع نور، شدت نور فرودی بر الکترود A را افزایش می دهیم مقدار K_{max} تغییر نمی کند بلکه فقط باعث افزایش تعداد فوتوالکترون های گسیلی از الکترود A خواهد شد که افزایش جریان مدار را در پی دارد.

نتیجه: مقدار K_{max} به شدت نور فرود بستگی ندارد.

ب)اثر بسامد نور فرودی:هرچه بسامد نور فرودی بر الکترود A بیش تر باشد مقدار K_{max} نیز بیش تر خواهد بود. یعنی K_{max} به بسامد نور فرودی بستگی دارد.



(معادلهٔ فوتوالکتریک) $K_{max} = hf - W_0$

$$k_{max} = h(f - f_0) = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right)$$

ج) اثر جنس الکترود فلزی A: با تغییر جنس الکترود فلزی A، مقدار K_{max} تغییر می کند یعنی مقدار K_{max} به جنس الکترود A بستگی دارد.

Dr.B.Barati

پرسش: تابشی با بسامد معیّن باعث می‌شود تا فوتوالکترون‌هایی سطح فلز ۱ را ترک کنند، ولی از سطح فلز ۲ خارج نشوند. انرژی فوتون‌های فرودی را با تابع کار فلزها مقایسه کنید.

Dr:B.Barati

مثال: پدیده ی فوتوالکتریک کدام مورد راتایید می کند؟

الف) تداخل موج های E-M

ب) ماهیت موجی نور

ج) ماهیت ذره ای

د) ماهیت الکتریکی نور

گزینه (ج)

یک چشمهٔ نور مرئی با توان ۱۰۰W، فوتون‌هایی با طول‌موج $\lambda = 550\,nm$ گسیل می‌کند.

الف) انرژی هر فوتون را برحسب الکترون ولت محاسبه کنید.

ب) چه تعداد فوتون در هر ثانیه از این چشمهٔ نور گسیل می‌شود؟

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

$$hc = (6/63\times10^{-34}\,J.s)(3/00\times10^{8}\,m/s) = 19/9\times10^{-26}\,J.m$$

$$hc = (19/9\times10^{-26}\,J.m)\left(\frac{1eV}{1/60\times10^{-19}\,J}\right)\left(\frac{1nm}{10^{-9}\,m}\right) = 1/24\times10^{3}\,eV.nm$$

$$E = \frac{1/24\times10^{3}\,eV.nm}{550\,nm} = 2/25\,eV$$

ب) ابتدا انرژی تابش‌شده توسط لامپ را در هر ثانیه به‌دست می‌آوریم :

$$E = pt = (100W)(1s) = 100J = (100J)\left(\frac{1eV}{1/60\times10^{-19}J}\right) = 6/25\times10^{20}\,eV$$

$$n = \frac{6/25\times10^{20}\,eV}{2/25eV} = 2/77\times10^{20}$$

Dr.B.Barati

الف) تابع کار طلا برابر ۵/۲۰eV است. بسامد کمینهٔ نور برای خارج کردن الکترون‌ها از سطح این فلز را پیدا کنید.

ب) طول موج آستانه (طول موج متناظر با بسامد آستانه f_0) را به‌دست آورید.

پاسخ : الف) بسامد کمینهٔ نور برای خارج کردن الکترون‌ها از سطح طلا برابر بسامد آستانه است. بنابر این خواهیم داشت.

$$f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{۵/۲۰\text{eV}}{۴/۱۴\times۱۰^{-۱۵}\text{eV.s}} = ۱/۲۶\times۱۰^{۱۵}\text{Hz}$$

فوتون‌های نوری که بسامد آنها بیشتر از $f_0 = ۱/۲۶\times۱۰^{۱۵}\text{Hz}$ است، انرژی کافی برای خارج کردن الکترون‌ها از سطح طلا را دارند.

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{3\times10^8}{1.26\times10^{15}} = 2.38\times10^{-7}\text{m} = 238(\text{nm})$$

در ناحیه فرابنفش قرار دارد

Dr.B.Barati

نوری با طول موج ۲۴۰nm به سطحی از جنس تنگستن با تابع کار ۴/۵۲eV می‌تابد.

الف) بسامد نور فرودی و بسامد آستانه را برای تنگستن پیدا کنید.

ب) پیشینهٔ تندی فوتوالکترون‌های خارج‌شده از تنگستن را حساب کنید. (جرم الکترون را $9/11\times10^{-31}kg$ بگیرید.)

الف) از رابطهٔ $f=c/\lambda$، بسامد متناظر با طول موج نور فرودی را به‌دست می‌آوریم:

$$f=\frac{c}{\lambda}=\frac{3/00\times10^{8}m/s}{240\times10^{-9}m}=1/25\times10^{15}Hz$$

بسامد آستانه برای سطحی از جنس تنگستن برابر است با:

$$f_0=\frac{W_0}{h}=\frac{4/52eV}{4/14\times10^{-15}eV.s}=1/09\times10^{15}Hz$$

چون بسامد نور فرودی بیشتر از بسامد آستانه است ($f>f_0$)، برهم‌کنش فوتون‌های نور فرودی با الکترون‌های سطح تنگستن، سبب خارج شدن و ترک فوتوالکترون‌هایی از سطح آن می‌شود.

Dr:B.Barati

دنباله حل سوال

ب) ابتدا بیشینهٔ انرژی جنبشی فوتوالکترون‌های گسیل‌شده را بدست می آوریم

$$K_{max} = hf - W_0 = \frac{hc}{\lambda} - W_0 = \frac{۱/۲۴\times۱۰^{۳}\,eV.nm}{۲۴۰nm} - ۴/۵۲eV = ۰/۶۴۶eV$$

با تبدیل یکای مقدار به‌دست آمده بر حسب ژول داریم:

$$K_{max} = (۰/۶۴۶eV)\left(\frac{۱/۶۰\times۱۰^{-۱۹}J}{۱eV}\right) = ۱/۰۳\times۱۰^{-۱۹}J$$

به این ترتیب از رابطهٔ $K_{max} = \frac{۱}{۲}mv_{max}^{۲}$ بیشینهٔ تندی فوتوالکترون‌های خارج‌شده برابر است با:

$$v_{max} = \sqrt{\frac{۲K_{max}}{m}} = \sqrt{\frac{۲\times۱/۰۳\times۱۰^{-۱۹}J}{۹/۱۱\times۱۰^{-۳۱}kg}} = ۶/۱۵\times۱۰^{۵}m/s$$

Dr:B.Barati
09163014685

طول‌موج آستانه برای اثر فوتوالکتریک در یک فلز معیّن برابر ۲۵۴nm است.

الف) تابع کار این فلز برحسب الکترون ولت چقدر است؟

ب) توضیح دهید که آیا اثر فوتوالکتریک به‌ازای طول‌موج‌های کوچک‌تر، مساوی یا بزرگ‌تر از ۲۵۴nm مشاهده خواهد شد.

Dr:B.Barati

در پدیدهٔ فوتوالکتریک برای فلز روی،

الف) بلندترین طول‌موجی را پیدا کنید که سبب گسیل فوتوالکترون‌ها می‌شود.

ب) وقتی نوری با طول موج ۲۲۰ nm با سطح این فلز برهم‌کنش کند، بیشینهٔ تندی فوتوالکترون‌ها چقدر است؟

Dr:B.Barati

بررسی اثر فرکانس روی انرژی جنبشی فوتوالکترونها

مثال:اگر فرکانس را نصف کنیم K_m چگونه تغییر می کند؟

$$K_{m2} = hf - W_0 = \frac{hf}{2} - W_0 = (\frac{hf}{2} - \frac{W_0}{2}) - \frac{W_0}{2} \Rightarrow K_{m2} = \frac{K_{m1}}{2} - \frac{W_0}{2} \Rightarrow K_{m2} < \frac{K_{m1}}{2}$$

مثال:اگر فرکانس دوبرابر شود K_m چگونه تغییر می کند؟

$$K_{m2} = hf - W_0 = h(2f) - W_0 = (2hf - 2W_0) + W_0 \Rightarrow K_{m2} = 2K_{m1} + W_0 \Rightarrow K_{m2} > 2K_{m1}$$

Dr:B.Barati

مثال:در یک آزمایش فوتوالکتریک، تابع کار فلز مورد آزمایش 1.2ev است با استفاده از نور مرئی و انتخاب رنگ مناسب، بیشترین مقدار ممکن انرژی جنبشی هر فوتوالکترون چند الکترون ولت است؟

$$h = 4 \times 10^{-15} ev.s$$

$$0/4\mu m \leq \text{نور مری } \lambda \leq 0/7\mu m \qquad c = 3 \times 10^{8}\ m/s$$

الف: ۳ ب: ۱/۸ ج: ۲/۸ د: ۰/۸

حل:در محدوده نور مریی، بیشترین انرژی مربوط به نور بنفش با طول موج $0/4\mu$ است. بنابراین با استفاده از طول موج نور بنفش انرژی حاصل از یک فوتون آن را بصورت زیر حساب می کنیم.

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^{8}}{4 \times 10^{-7}} = 3ev$$

$$K_{max} = E - W_0 = 3 - 1.2 = 1.8ev$$

Dr.B.Barati

مثال:در پدیده فوتوالکتریک، تعداد فوتوالکترونهایی که در یک بازه زمانی مشخص، از سطح فلز خارج می شوند با کدام متناسب است؟

الف)شدت نور فرودی ب)بسامد نور فرودی ج)طول موج نور فرودی د)تابع کار فلز

حل:با تغییرات شدت نور، تعداد فوتون های نور تغییر می کرده و باعث تغییر در تعداد فوتوالکترونهای گسیلی خواهد شد زیرا هر الکترون، یک فوتون جذب می کند.

مثال:اگر در پدیده فوتوالکریک به جای لامپ فرابنفش 20W از لامپ فرابنفش 40W استفاده می شود کدام یک دو برابر می شود.

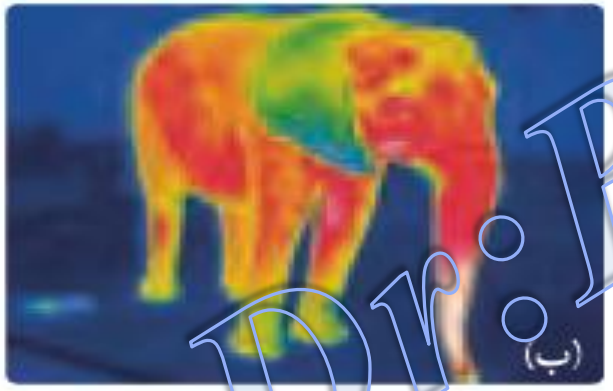
الف)شدت جریان مدار ب)ولتاژ متوق کننده K_{max}ج) د)ب و ج

$$N_2 = 2N_1 \Rightarrow A_2 = 2A_1 \quad \text{تعدادفوتون}$$

$$I_2 = 2I_1 \Rightarrow \quad \text{شدت نور}$$

Dr:B.Barati

تابش گرمایی: همه‌ی اجسام در هر دمایی از خود امواج E-M تابش می کنند که گسیل تابش های E-M از سطح اجسام را تابش گرمایی می گویند.

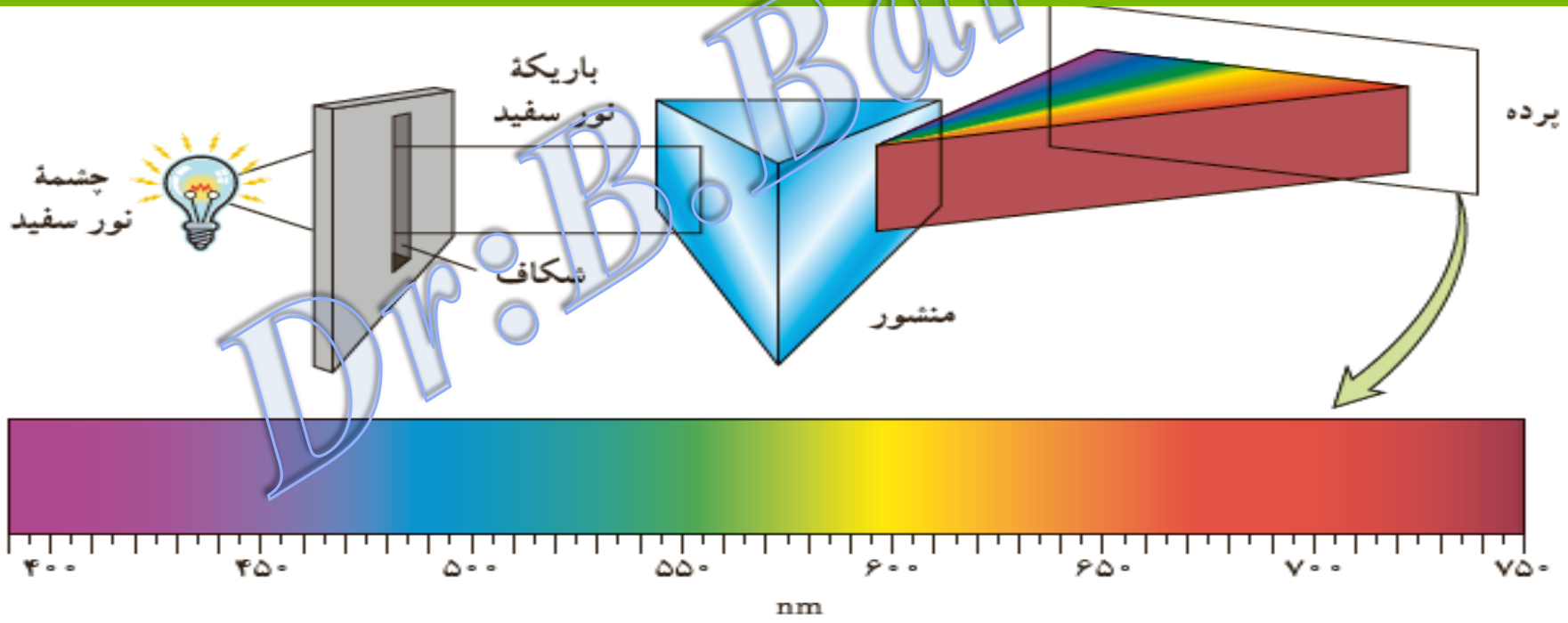


شکل ها : الف) اجسام در دماهای بالا از سطح خود نور مرئی گسیل می‌کنند. ب) در دماهای معمولی، بیشتر تابش گسیل‌شده از سطح اجسام در ناحیهٔ فروسرخ طیف قرار دارد.

نکته: در تابش گسیل شده از سطح اجسام همه‌ی طول موج های فروسرخ، مرئی و فرابنفش به صورت یک طیف پیوسته وجود دارد.

Dr.B.Barati

تعریف طیف تابشی(گسیلی) پیوسته و نحوه تولید آن: برای یک جسم جامد، نظیر رشتهٔ داغ یک لامپ روشن، این امواج شامل گسترهٔ پیوسته‌ای از طول‌موج‌هاست. به همین دلیل طیف ایجادشده در این شرایط را طیف گسیلی پیوسته یا به‌اختصار طیف پیوسته می‌نامند. بخشی از این طیف که در گسترهٔ مرئی طول‌موج‌ها واقع است در شکل زیر نشان داده شده است. تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از برهم‌کنش قوی بین اتم‌های سازندهٔ آن است.



Dr.B.Barati

شکل نمایشی: طیف گسیلی پیوستهٔ نور سفید از رشتهٔ داغ یک لامپ روشن. در این شکل تنها بخش مرئی طیف نشان داده شده است که گسترهٔ طول‌موج آن از حدود ۴۰۰ nm (نور بنفش) تا حدود ۷۵۰ nm (نور قرمز) است.

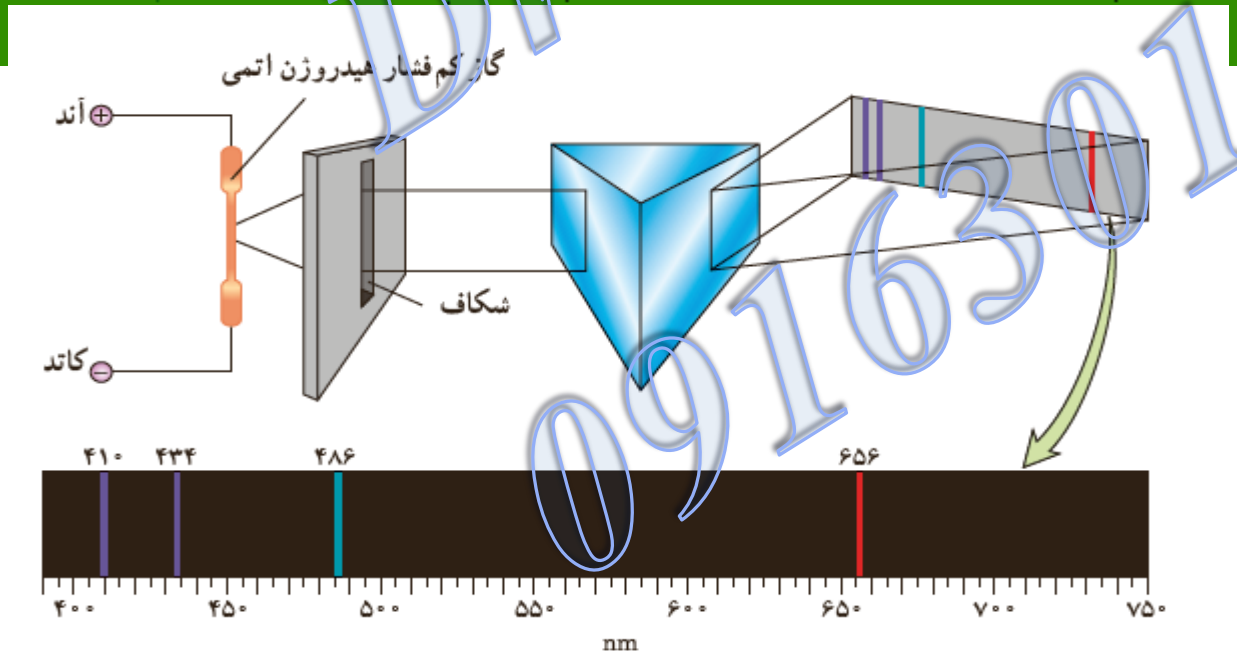
تعریف طیف تابشی(گسیلی) خطی و ویژگی های آن: تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از برهم‌کنش قوی بین اتم‌های سازندهٔ آن است. حال آنکه گازهای کم‌فشار و رقیق، که اتم‌های منفرد آنها از برهم‌کنش‌های قوی موجود در جسم جامد آزادند به جای طیف پیوسته، طیفی گسسته را گسیل می‌کنند که شامل طول‌موج‌های معیّنی است. این طیف گسسته را، معمولاً طیف گسیلی خطی یا به‌اختصار طیف خطی می‌نامند و طول‌موج‌های ایجادشده در آن، برای اتم‌های هر گاز منحصر به‌فرد هستند و سرنخ‌های مهمی را دربارهٔ نوع و ساختار اتم‌های آن گاز به‌دست می‌دهند. دو نمونهٔ آشنا از گازهای کم‌فشار و رقیق، در لامپ‌های نئونی و لامپ‌های جیوه‌ای وجود دارد. شکل زیر قسمت‌های مرئی طیف‌های خطی این دو گاز را نشان می‌دهد. طول‌موج‌های مرئی خاصی که اتم‌های این گازها گسیل می‌کنند به تابلوهای نئونی و لامپ‌های جیوه‌ای رنگ‌های مشخصی می‌دهند.

Dr.B.Barati

نمایش طیف‌های گسیلی خطی برای نئون و جیوه

نحوه تولید طیف تابشی(گسیلی) خطی:

برای تشکیل طیف گسیلی خطی اتم‌های هر گاز نظیر هیدروژن، هلیم، جیوه، سدیم و نئون معمولاً از یک لامپ باریک و بلند شیشه‌ای که حاوی مقداری گاز رقیق و کم‌فشار است استفاده می‌شود. دو الکترود به نام‌های آند و کاتد در دو طرف این لامپ قرار دارد که به‌ترتیب به پایانه‌های مثبت و منفی یک منبع تغذیه با ولتاژ بالا وصل‌اند. این ولتاژ بالا، سبب تخلیهٔ الکتریکی در گاز می‌شود و اتم‌های گاز درون لامپ شروع به گسیل نور می‌کنند. آزمایش نشان می‌دهد که طیف خطی ایجادشده و همچنین رنگ نور گسیل‌شده، به نوع گاز درون لامپ بستگی دارد. در میان طیف گسیلی گازهای مختلف، طیف خطی هیدروژن اتمی هم از جنبهٔ تاریخی و هم از جنبهٔ نظری اهمیت خاصی دارد. طیف خطی این گاز در ناحیهٔ مرئی، شامل یک رشتهٔ منظم از خط‌هایی است که محل آنها در طیف زیر نشان داده شده است.



Dr:B.Barati
09163014685

رابطه‌ی بالمر: برای اولین بار طیف اتمی هیدروژن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت بالمر نشان داد که می توان طول موج چهار خط از طیف مریی اتم هیدروژن را با دقت بسیار زیادی از رابطه مقابل بدست آورد.

$$\lambda_{nm} = 364.5 \frac{n^2}{n^2 - 4}$$

که در آن $n \geq 3$ و همواره عددی صحیح است. با قرار دادن $n = 3,4,5,6$ در معادلهٔ بالمر، طول‌موج خط‌های طیف گسیلی اتم هیدروژن در ناحیهٔ مرئی به‌صورت زیر به‌دست می‌آید :

$n = 3 \rightarrow \lambda_1 = 656/20 nm$ (خط قرمز)

$n = 4 \rightarrow \lambda_2 = 486/08 nm$ (خط آبی)

$n = 5 \rightarrow \lambda_3 = 434/00 nm$ (خط نیلی)

$n = 6 \rightarrow \lambda_4 = 410/13 nm$ (خط بنفش)

Dr.B.Barati

رابطه ریدبرگ:

ریدبرگ برای یافتن خطوط بیشتر و کامل تر کردن طیف گسیلی خطی هیدروژن رابطه زیر را پیشنهاد داد

$$\frac{1}{\lambda_{nm}} = R_H\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

$n' < n \qquad n' = 1 \qquad n = 2,3,4,....$

$n' = 1 \rightarrow$ لیمان , $n' = 2 \rightarrow$ بالمر, $n' = 3 \rightarrow$ پاشن

$n' = 4 \rightarrow$ براکت $\qquad n' = 5 \rightarrow$ پفوند

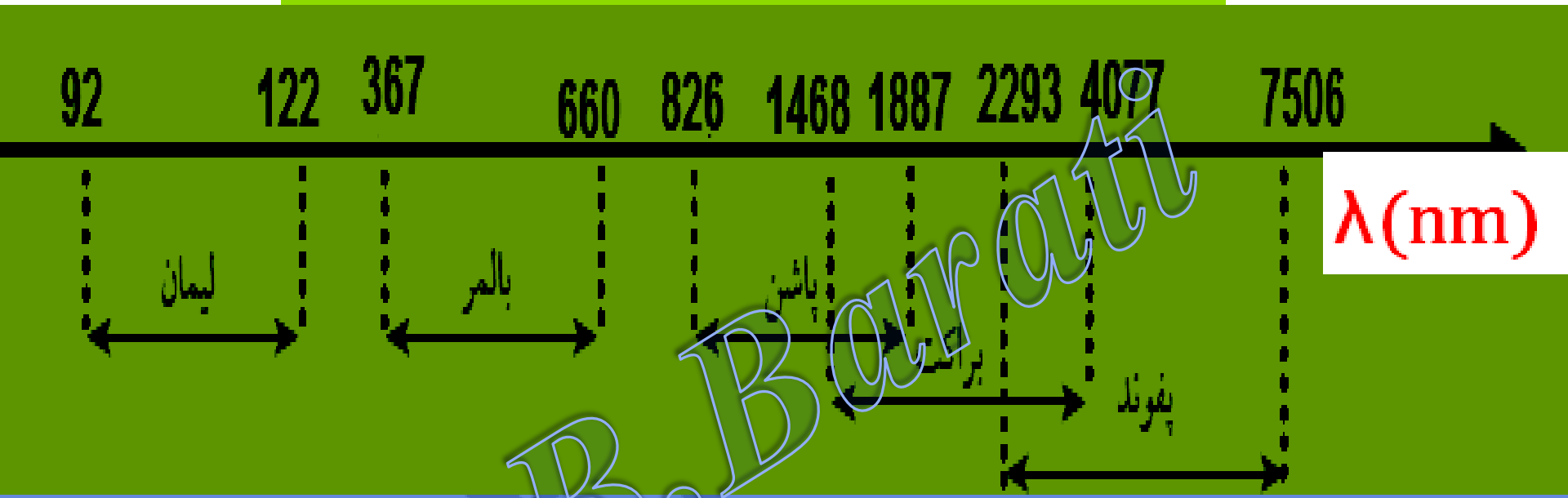
Dr.B.Barati

نکته مهم:رشته های تشکیل دهنده طیف اتمی

نام رشته	مقدار n'	رابطه‌ی ریدبرگ	مقدارهای n	گستره‌ی طول موج
لیمان	$n'=1$	$\frac{1}{\lambda}=R_H(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{n^2})$	$n=2,3,4,...$	فرابنفش
بالمر	$n'=2$	$\frac{1}{\lambda}=R_H(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{n^2})$	$n=3,4,5,...$	فرابنفش و مرئی
پاشن	$n'=3$	$\frac{1}{\lambda}=R_H(\frac{1}{3^2}-\frac{1}{n^2})$	$n=4,5,6,...$	فروسرخ
براکت	$n'=4$	$\frac{1}{\lambda}=R_H(\frac{1}{4^2}-\frac{1}{n^2})$	$n=5,6,7,...$	فروسرخ
پفوند	$n'=5$	$\frac{1}{\lambda}=R_H(\frac{1}{5^2}-\frac{1}{n^2})$	$n=6,7,8,...$	فروسرخ

Dr.B.Barati

محدوده طول موج های رشتهٔ خط‌های طیف گسیلی هیدروژن اتمی



Dr.B.Barati

مثال: در اتم هیدروژن کوتاه ترین طول موج مربوط به رشته ی ..... از بلندترین طول موج مربوط به رشته ی ..... بزرگتر است؟

الف) پاشن – براکت

ب) بالمر – پاشن

ج) لیمان - براکت

د) بالمر - لیمان

حل: گزینه ۴ : رشته ی لیمان، در پایین طیف هیدروژن است یعنی λ_{min} (بالمر) $< \lambda_{max}$ (لیمان)

مثال: با گرم کردن تدریجی گاز هیدروژن از دماهای پایین تا دماهای بالا، ابتدا خط های رشته ی ..... و در نهایت خط های رشته ی ..... ظاهر می شود.

الف) پفوند-بالمر

ب) پفوند-لیمان

ج) لیمان- پفوند

د) بالمر- پفوند

گزینه ب:با گرم شدن گاز، الکترون برانگیخته شده از طول موج های بلندتر (پفوند) به طرف طول موج های کوتاه تر (لیمان) می رود.

مثال:در اتم هیدروژن در کدام یک از رشته های زیر فقط پرتوهای فرو سرخ تابش می شود.

الف) پاشن – براکت – پفوند

ب) بالمر- پاشن – براکت

ج) لیمان – پاشن – براکت

د) بالمر- براکت- پفوند

فقط فروسرخ ⇒ پاشن، براکت، پفوند

فرابنفش → لیمان

فرابنفش ومریی → بالمر

Dr.B.Barati

طول موج‌های اولین و دومین خط‌های طیفی اتم هیدروژن در رشتهٔ براکت ($n'=4$) را به‌دست آورید و تعیین کنید که این خط‌ها در کدام گسترهٔ طول موج‌های الکترومغناطیسی واقع‌اند[1].

پاسخ: در رشتهٔ براکت ($n'=4$) و برای اولین و دومین خط طیفی به‌ترتیب $n=5$ و $n=6$ است. در این صورت با استفاده از رابطهٔ ریدبرگ داریم:

$$\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{4^2}-\frac{1}{5^2}\right)=R(2/28\times10^{-2})\Rightarrow\lambda=4077\text{nm}$$

بر اساس طیف امواج E-M در ناحیه فروسرخ قرار دارند.

$$\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{4^2}-\frac{1}{6^2}\right)=R(3/472\times10^{-2})\Rightarrow\lambda=2642\text{nm}$$

Dr: B. Barati

کوتاه‌ترین و بلندترین طول موج در رشتهٔ پفوند ($n'=5$) هیدروژن اتمی را به‌دست آورید.

پاسخ : کوتاه‌ترین طول موج، با $n=\infty$ متناظر است. در این صورت با استفاده از رابطهٔ ریدبرگ خواهیم داشت.

$$\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{5^2}-\frac{1}{\infty}\right)=\frac{R}{25}\Rightarrow\lambda=2273\,nm$$

همچنین بلندترین طول موج این رشته، متناظر با $n=6$ است. در این صورت داریم :

$$\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{5^2}-\frac{1}{6^2}\right)=\frac{11R}{900}\Rightarrow\lambda=7438\,nm$$

Dr.B.Barati

مثال: اختلاف بسامد دومین و سومین خط رشته ی بالمر چند هرتز است؟ $C(\frac{m}{s}) = 3 \times 10^8$

$R_H = 0.01(1/nm)$

الف) 3.8×10^{14} ب) 5×10^{14} ج) 6.3×10^{14} د) 6.7×10^{13}

$$\Delta f = CR_H\left(\frac{1}{{n_1}^2} - \frac{1}{{n_2}^2}\right)$$

بالمر $n' = 2$

دومین خط $n_1 = ?$

سومین خط $n_2 = 5$

$$\Delta f = 3 \times 10^8 \times 10^{-2} \times 10^9\left(\frac{1}{16} - \frac{1}{25}\right) \Rightarrow \Delta f = 6.75 \times 10^{13}Hz$$

Dr.B.Barati

مثال: در طیف اتم هیدروژن، اختلاف کوتاهترین طول موج دو رشته متوالی الف(n') و ب ($n'+1$) تقریبا برابر 500nm است الف و ب به ترتیب کدام هستند؟

الف) لیمان– بالمر

ب) بالمر – پاشن

ج) پاشن- براکت

د)براکت- پفوند

$$\lambda_{min} = \frac{n^2}{R_H} = 100n^2$$

$$\lambda_{2min} - \lambda_{1min} = 100(n_2^2 - n_1^2) \Rightarrow$$

$$500nm = 100nm((n'+1)^2 - n'^2) \Rightarrow 5 = 1 + 2n' \Rightarrow n' = 2$$ بالمر

$2+1=3$ پاشن

با استفاده از محور طول موج اسلاید های قبل ، قابل حدس می باشد

Dr:B.Barati

مثال: اختلاف بیشترین بسامد رشته لیمان با بسامد چندمین خط این رشته در طیف هیدروژن برابر $1.2 \times 10^{14}Hz$ است؟ $C(\frac{m}{s}) = 3 \times 10^8$ ، $R_H = 0.01(1/nm)$

الف) دومین　　ب) چهارمین　　ج) پنجمین　　د) ششمین

$$\Delta f = CR_H\left(\frac{1}{{n_1}^2} - \frac{1}{{n_2}^2}\right) \Longrightarrow {n_1}^2 = \frac{CR_H}{\Delta f}$$

صفر

$n_2 =$ بینهایت

$$= \frac{3 \times 10^8 \times 10^{-2} \times 10^9}{12 \times 10^{13}} = 25$$

$$\Longrightarrow n_1 = 5$$

لیمان $n' = 1$ $\Longrightarrow$ n=2　3　4　5

خط اول　خط دوم　خط سوم　خط چهارم

Dr. B. Barati

طول موج‌های اولین و دومین خط‌های طیفی اتم هیدروژن در رشتهٔ پاشن ($n' = 3$) را به‌دست آورید و تعیین کنید که این خط‌ها در کدام گسترهٔ طول موج‌های الکترومغناطیسی واقع‌اند.

Dr.B.Barati

مثال: در یک اتم هیدروژن برانگیخته، الکترون در تراز $n=5$ قرار دارد. چند طول موج توسط این اتم می تواند تابش شود؟

$5 \rightarrow 4 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$

$4 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$

$3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$

$2 \rightarrow 1$

۱۰ تا طول موج تابش می کند

مثال: کدام جسم دردمای بالا طیف پیوسته دارد؟

الف) جامد　　ب) مایع　　ج)گازبسیارمتراکم　　د) هر سه

حل: گزینه۴: طیف حاصل از جامد و مایع ملتهب و هم چنین گاز داغ و متراکم پیوسته است.

مثال: فوتون مربوط به کدام رشته، پر انرژی تر است؟

الف) براکت　　ب) بالمر　　ج) پاشن　　د) پفوند

حل: طول موج های مربوط به رشته بالمر کوتاه تر و در نتیجه بسامدآن ها بیشتر است و بنا به رابطه ی $E = hf$ فوتون های آن انرژی بیش تری دارند.

Dr.B.Barati

ایراد وارد بر معادله ریدبرگ

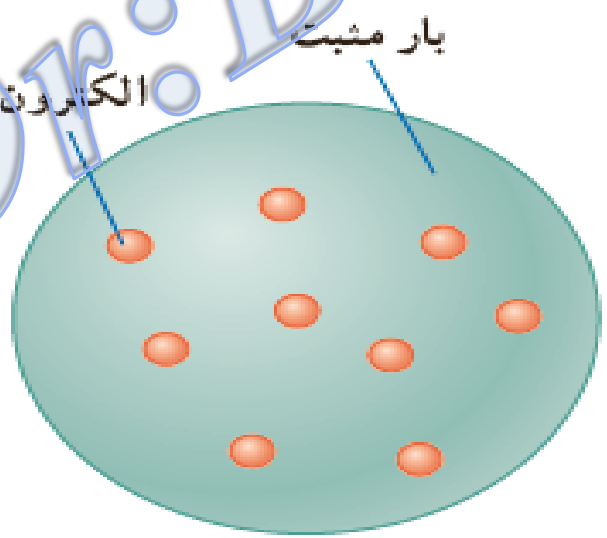
معادلهٔ ریدبرگ که برگرفته از داده‌های تجربی است، طول‌موج‌هایی را به‌دست می‌دهد که هیدروژن اتمی در طیف الکترومغناطیسی گسیل می‌کند. ولی مدل‌های اتمی رایج آن زمان در خصوص اینکه چرا تنها طول‌موج‌های معینی توسط هیدروژن اتمی تابش می‌شود، پاسخی نداشتند.

Dr.B.Barati

توجه: نیلز بور فیزیکدان دانمارکی با اصلاح مدل اتمی رادرفورد، برای نخستین بار توانست توضیح مناسبی برای طول‌موج‌های گسستهٔ تابش‌شده توسط گاز هیدروژن اتمی ارائه دهد. در واقع مدل بور، آغاز راهی برای درک این موضوع بود که چگونه ساختار اتم، طول‌موج‌های تابش‌شده را به مقدارهای معیّنی محدود می‌کند.

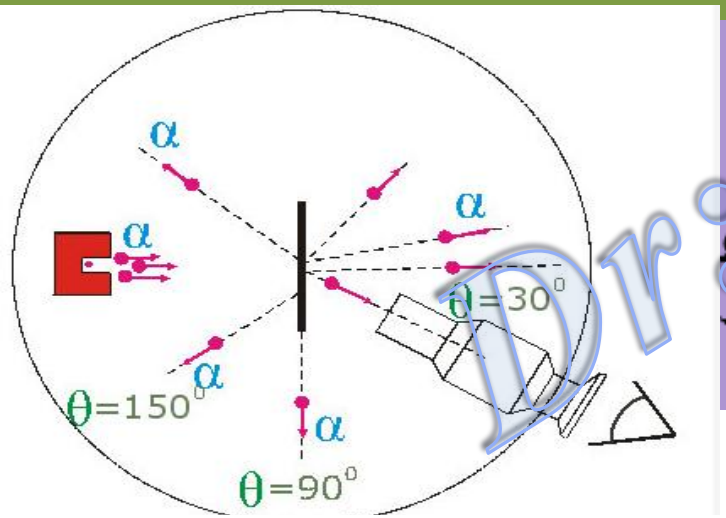
مدل تامسون: در این مدل اتم بصورت کره ای فرض شد که بار مثبت بطور همگن در سرتاسر آن گسترده شده است والکترون ها که سهم ناچیزی در جرم اتمی دارند در جاهای مختلف آن پراکنده شده اند و به آن مدل کیک کشمشی گویند.

ایراد وارد بر مدل تامسون این است که الکترون‌ها با بسامدهای معینی حول وضع تعادلشان نوسان می‌کنند این نوسان سبب تابش امواج الکترومغناطیسی از اتم می‌شود. یکی از ناکامی‌های مدل تامسون این بود که بسامدهای تابش گسیل‌شده از اتم، که این مدل پیش‌بینی می‌کرد، با نتایج تجربی سازگار نبود.



Dr: B.Borouti

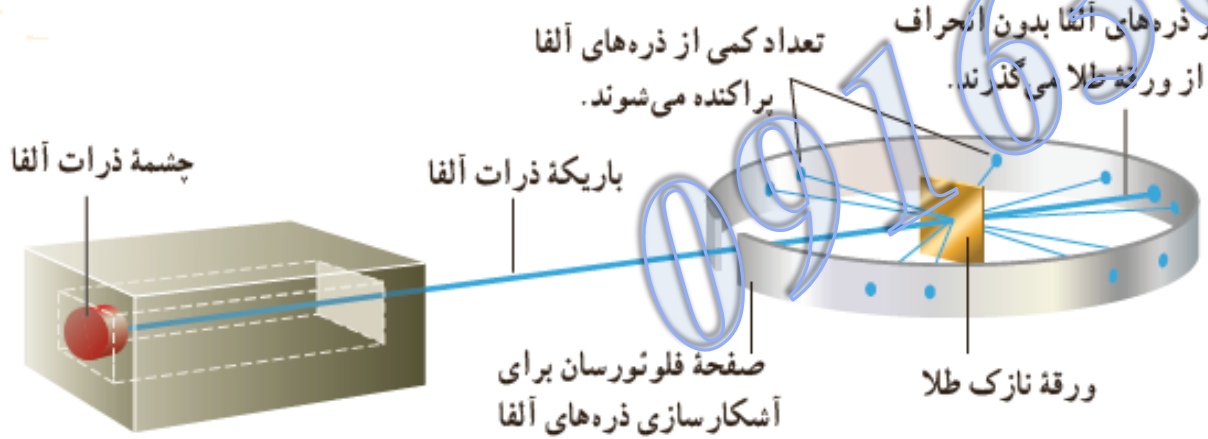
آزمایش رادرفورد برای اندازه‌گیری انحراف ذره‌های آلفا بر اثر برخورد با ورقه طلا، بیشتر ذره‌های آلفا بدون انحراف عبور می‌کنند و تعداد کمی با زاویه زیاد منحرف می‌شوند و برخی ذره‌ها به سمت چشمه برمی‌گردند .

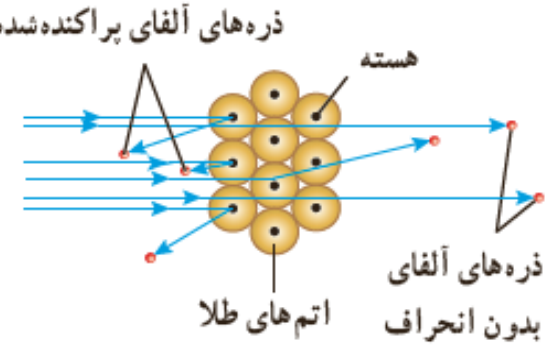


همکاران رادرفورد نتایج آزمایشهای خود را بدین شرح منتشر کردند:

1) بیشتر ذرات آلفا بدون انحراف قابل ملاحظه‌ای از برگ فلزی عبور می‌کنند.

2) عده کمی از ذرات آلفا انحرافهای زیادی در حدود ۳۰ تا ۹۰ درجه نشان می‌دهند و عده بسیار کمی تقریبا منعکس می‌شوند و با زاویه‌هایی در حدود ۱۵۰ درجه یا بیشتر بازگشت می‌یابند. که دلیل این امر ساختمان غیر یکنواخت اتم را مشخص می‌نماید.





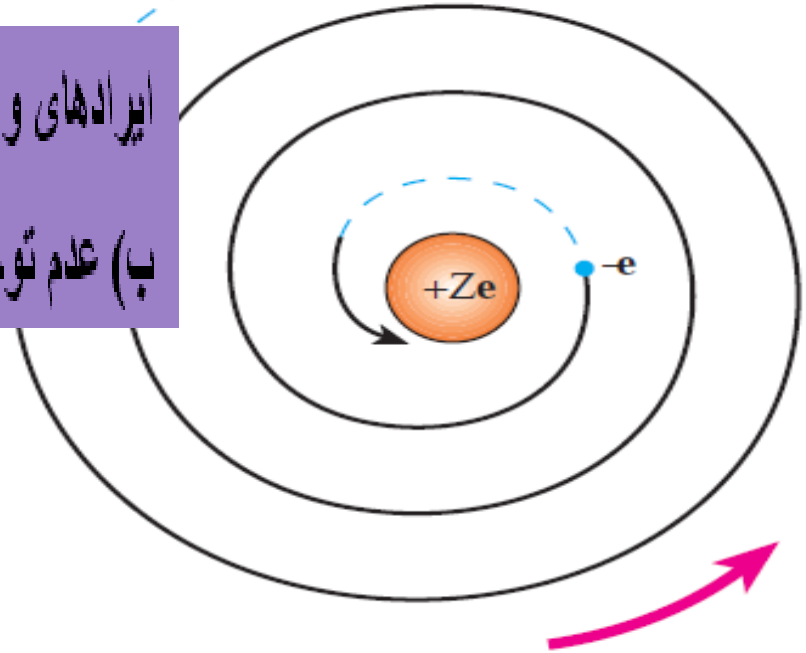
Dr:B.Barati
09163014685

مدل رادرفورد

بنا بر مدل رادرفورد، اتم دارای یک هستهٔ بسیار چگال و کوچک ($10^{-15}m \approx$ شعاع) و با بار مثبت است که با تعدادی الکترون در فاصله‌هایی به‌نسبت دور احاطه شده است. در حالت طبیعی، اتم از نظر الکتریکی خنثاست؛ زیرا بار مثبت هسته، درست مساوی مجموع بار منفی الکترون‌هایی است که هسته را دربرگرفته‌اند. مدل اتمی رادرفورد که آن را مدل اتم هسته‌ای یا مدل هسته‌ای اتم می‌نامند، در مواردی با موفقیت همراه بود، ولی با چالش‌های تازه‌ای نیز مواجه شد.

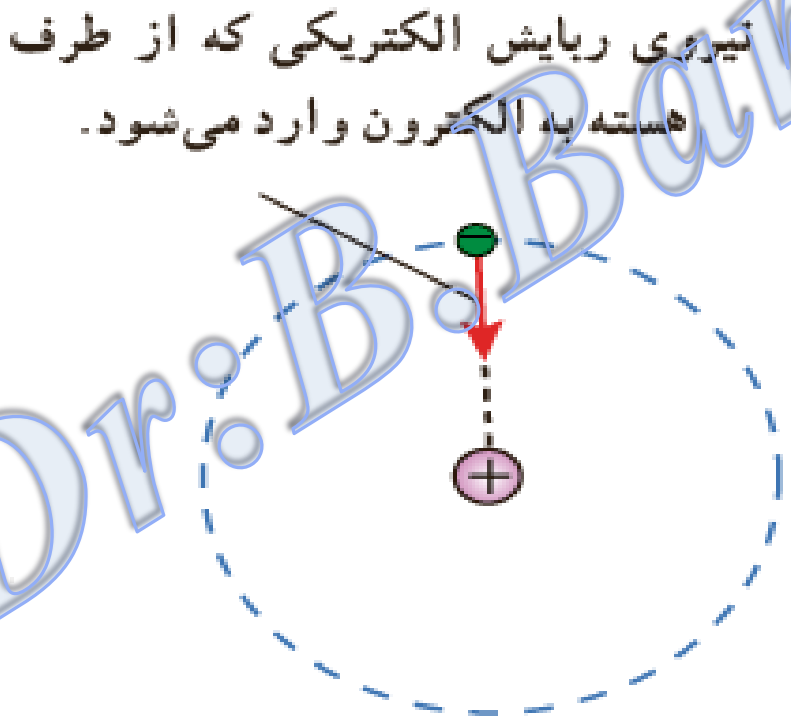
ایرادهای وارد بر مدل رادرفورد عبارتند از: الف) عدم توجیه پایداری الکترون در اطراف آن.

ب) عدم توجیه طیف اتمی عناصر



Dr:B Barati

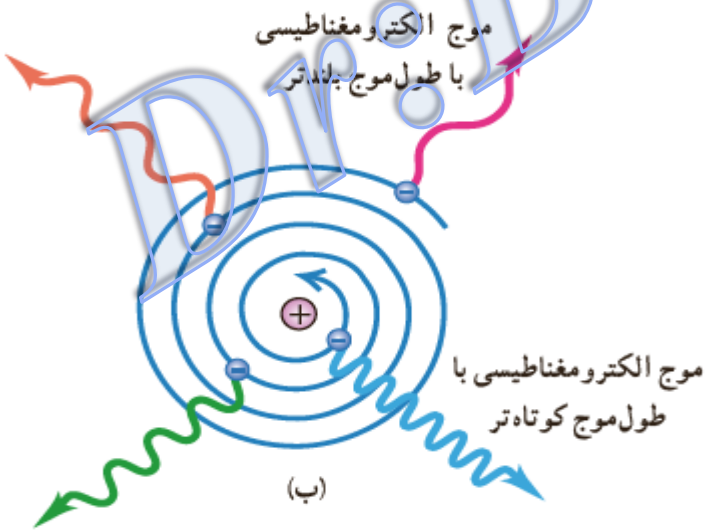
1) اگر الکترون‌ها را نسبت به هسته ساکن فرض کنیم، مطابق شکل **الف** ، باید تحت تأثیر نیروی ربایشی الکتریکی بین هسته و الکترون، روی هسته سقوط کنند و در نتیجه اتم باید ناپایدار باشد؛ چیزی که با واقعیت تجربی درنمی‌آید.



(الف)

Dr:B.Barati

بررسی ایراد دوم وارد بر مدل اتمی رادرفورد: اگر الکترون‌ها، مانند سیاره‌های منظومهٔ خورشیدی که دور خورشید می‌چرخند، به دور هسته در گردش باشند، باز هم این حرکت پایدار نمی‌ماند. زیرا حرکت مداری الکترون به دور هسته، شتابدار است. بنا بر فیزیک کلاسیک، این حرکت شتابدار الکترون سبب تابش امواج الکترومغناطیسی می‌شود که بسامد آن، با بسامد حرکت مداری الکترون برابر است. با تابش موج الکترومغناطیسی توسط الکترون، از انرژی آن کاسته می‌شود. این کاهش انرژی باعث می شود که شعاع مدار الکترون به دور هسته به‌تدریج کوچک‌تر و بسامد حرکت آن به‌تدریج بیشتر شود. این افزایش تدریجی بسامد حرکت مداری الکترون‌ها، سبب می‌شود تا بسامد موج الکترومغناطیسی گسیل شده نیز به‌تدریج زیاد شود. به این ترتیب باید طیف امواج الکترومغناطیسی گسیل‌شده از اتم، پیوسته باشد و الکترون پس از گسیل پی‌درپی امواج الکترومغناطیسی روی هسته فرو افتد ([illegible]) . این نتیجه افزون بر اینکه با واقعیت ناسازگار است با طیف خطی گسیل‌شده توسط اتم‌ها نیز جور درنمی‌آید.

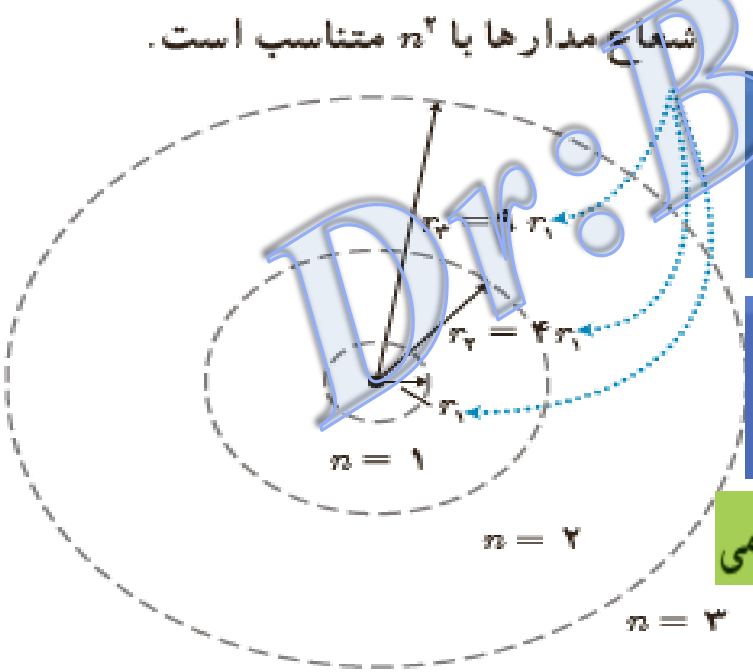


Dr.B.Barati

مدل بور:

این مدل علاوه بر آنکه مسئله ناپایداری (مدل رادرفورد) را حل کرد معادله ریدبرگ برای طیف خطی اتم هیدروژن را نیز نتیجه داد و دارای اصول زیر می باشد.

۱ــ مدارها و انرژی‌های الکترون‌ها در اتم کوانتیده‌اند؛ یعنی فقط مدارها و انرژی‌های گسستهٔ معیّنی مجاز هستند.



(شعاع مدارهای الکترون برای اتم هیدروژن) $r_n = a_0 n^2$

(ترازهای انرژی الکترون در اتم هیدروژن) $E_n = \frac{-13/6\text{eV}}{n^2}$

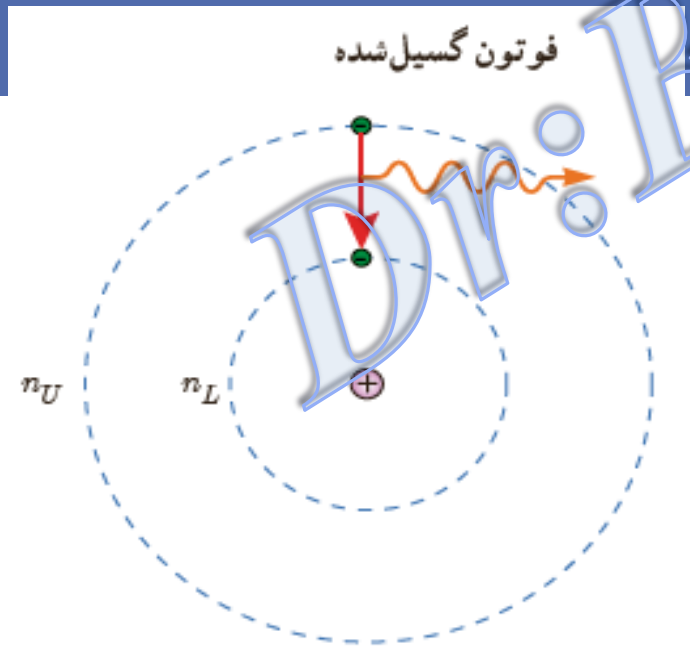
n عدد کوانتومی: ۱,۲,۳,...

انرژی ریدبرگ $E_R = 13/6\text{eV}$

Dr:B.Barati

۲ـ وقتی یک الکترون در یکی از مدارهای مجاز است، هیچ نوع تابش الکترومغناطیسی گسیل نمی‌شود. از این‌رو گفته می‌شود الکترون در مدار مانا با حالت مانا قرار دارد.

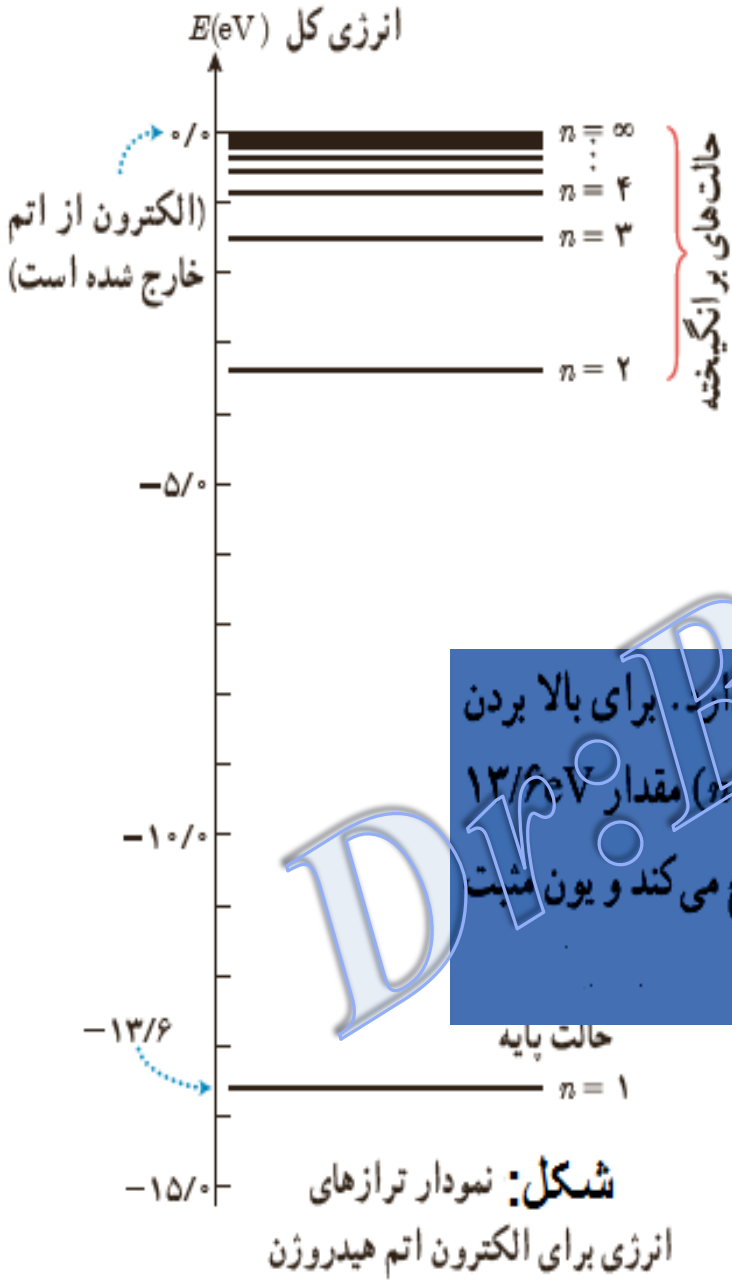
۳ـ الکترون می‌تواند از یک حالت مانا به حالت مانای دیگر برود. هنگام گذار الکترون از یک حالت مانا با انرژی بیشتر E_U به یک حالت مانا با انرژی کمتر E_L، یک فوتون تابش می‌شود (شکل زیر). در این صورت انرژی فوتون تابش شده برابر اختلاف انرژی بین دو مدار اولیه و مدار نهایی است.



$$E_U - E_L = hf$$ (معادلهٔ گسیل فوتون از اتم)

Dr. B. Barati

نمودار ترازهای انرژی الکترون برای اتم هیدروژن:



شکل: نمودار ترازهای انرژی برای الکترون اتم هیدروژن

مشخصه اول: در این نمودار، که برای اتم هیدروژن رسم شده است بالاترین تراز انرژی به $n = \infty$ در $E=\frac{-13.6eV}{n^2}$ دارای انرژی ۰eV است. برعکس، پایین‌ترین تراز انرژی مربوط به $n = ۱$ است و دارای مقدار ۱۳/۶eV− است. پایین‌ترین تراز انرژی، حالت پایه نامیده می‌شود. از ترازهای بالاتر که حالت‌های برانگیخته نامیده می‌شوند متمایز باشد. توجه کنید که با افزایش n چگونه انرژی‌های حالت‌های برانگیخته به هم نزدیک و نزدیک‌تر می‌شوند.

مشخصه دوم: در اتم هیدروژن و در دمای اتاق، الکترون اغلب در حالت پایه قرار دارد. برای بالا بردن الکترون از حالت پایه ($n = ۱$) به بالاترین حالت برانگیختهٔ ممکن ($n = \infty$) مقدار ۱۳/۶eV انرژی باید صرف شود. صرف این مقدار انرژی، الکترون را از اتم خارج می‌کند و یون مثبت هیدروژن H^+ ایجاد می‌شود

Dr.B.Barati

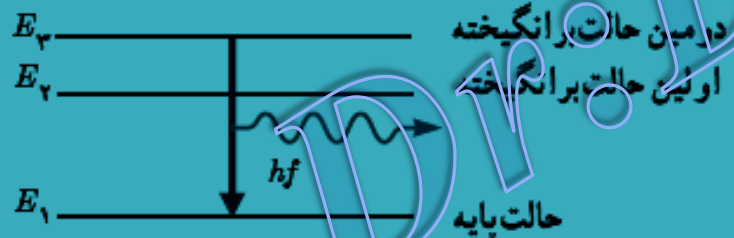
انرژی یونش الکترون: کمترین انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از حالت پایه، $n=1$ را انرژی یونش الکترون می گویند و برابر $+13.6ev$ است.

الکترونی در دومین حالت برانگیخته اتم هیدروژن قرار دارد. الف) انرژی الکترون را در این حالت پیدا کنید. ب) وقتی الکترون از این حالت برانگیخته به حالت پایه جهش می‌کند نمودار ترازهای انرژی آن را رسم کنید. پ) طول موج فوتون گسیل‌شده را حساب کنید.

الف) در دومین حالت برانگیخته، عدد کوانتومی $n=3$ است. و خواهیم داشت

$$E_3 = \frac{-13/6eV}{3^2} = -1/51eV$$

ب) شکل مقابل نمودار ترازهای انرژی را برای الکترون اتم هیدروژن نشان می‌دهد که با گسیل فوتون، از دومین حالت برانگیخته به حالت پایه جهش کرده است.



پ) انرژی الکترون در حالت پایه $E_1 = -13/6eV$ است. به این ترتیب انرژی فوتون گسیل‌شده برابر $E_2 - E_1$ است.

$$E_3 - E_1 = hf = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E_3 - E_1} = \frac{1240eV.nm}{-1/5eV - (-13/6eV)} = 102nm$$

Dr.B.Barati

۰eV

-۱/۵۱eV

-۳/۴۰eV

-۱۳/۶eV

شکل مقابل تعدادی از ترازهای انرژی اتم هیدروژن را نشان می‌دهد.

الف) کمترین طول‌موج فوتونی را پیدا کنید که با گذار بین این ترازها به‌دست می‌آید.

ب) اگر الکترون از تراز انرژی $-1/51\,eV$ به تراز پایه جهش کند طول‌موج فوتون گسیلی را پیدا کنید.

پ) کدام گذار بین دو تراز می‌تواند به گسیل فوتونی با طول‌موج $660\,nm$ منجر شود؟ توجه کنید که این طول‌موج‌ها در گستره مرئی است.

Dr:B.Barati

استخراج معادلهٔ ریدبرگ برای اتم هیدروژن از مدل بور :

$$f=\frac{1}{h}(E_U-E_L)=\frac{E_R}{h}\left(\frac{1}{n_L^2}-\frac{1}{n_U^2}\right)$$

$$\frac{c}{\lambda}=\frac{E_R}{h}\left(\frac{1}{n_L^2}-\frac{1}{n_U^2}\right)\Rightarrow\frac{1}{\lambda}=\frac{E_R}{hc}\left(\frac{1}{n_L^2}-\frac{1}{n_U^2}\right)$$

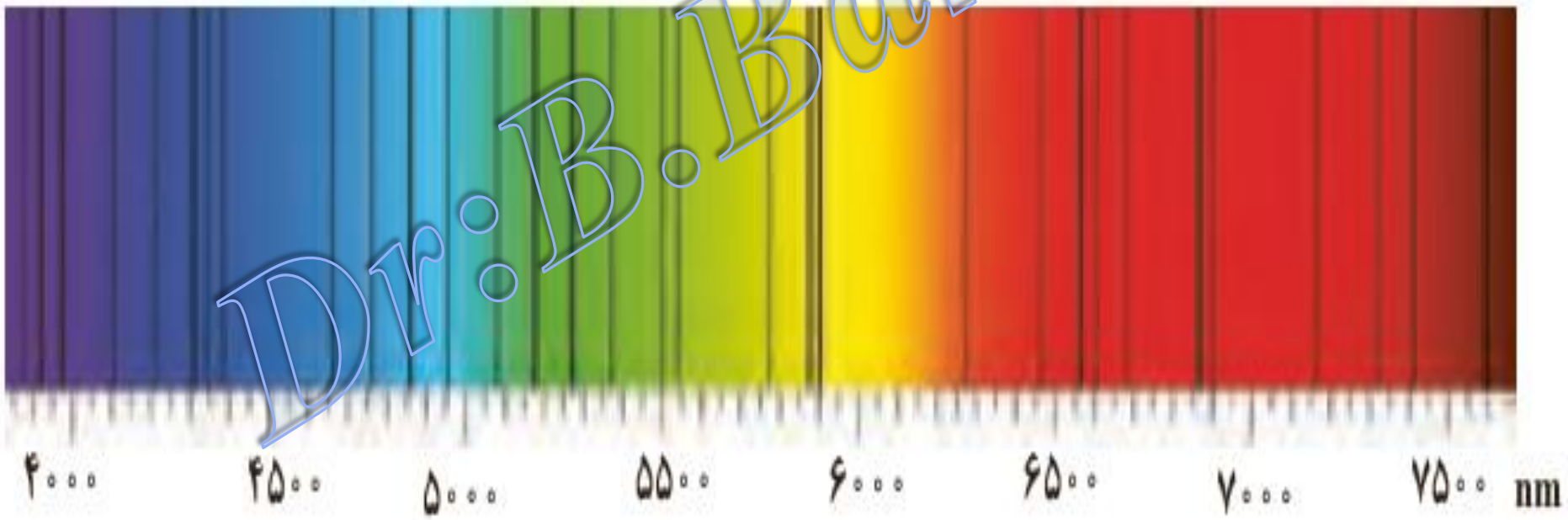
$$\frac{E_R}{hc}=\frac{13.6\,eV}{1240\,eV.nm}=0.0109(nm)^{-1}$$

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

Dr.B.Barati
09163014685

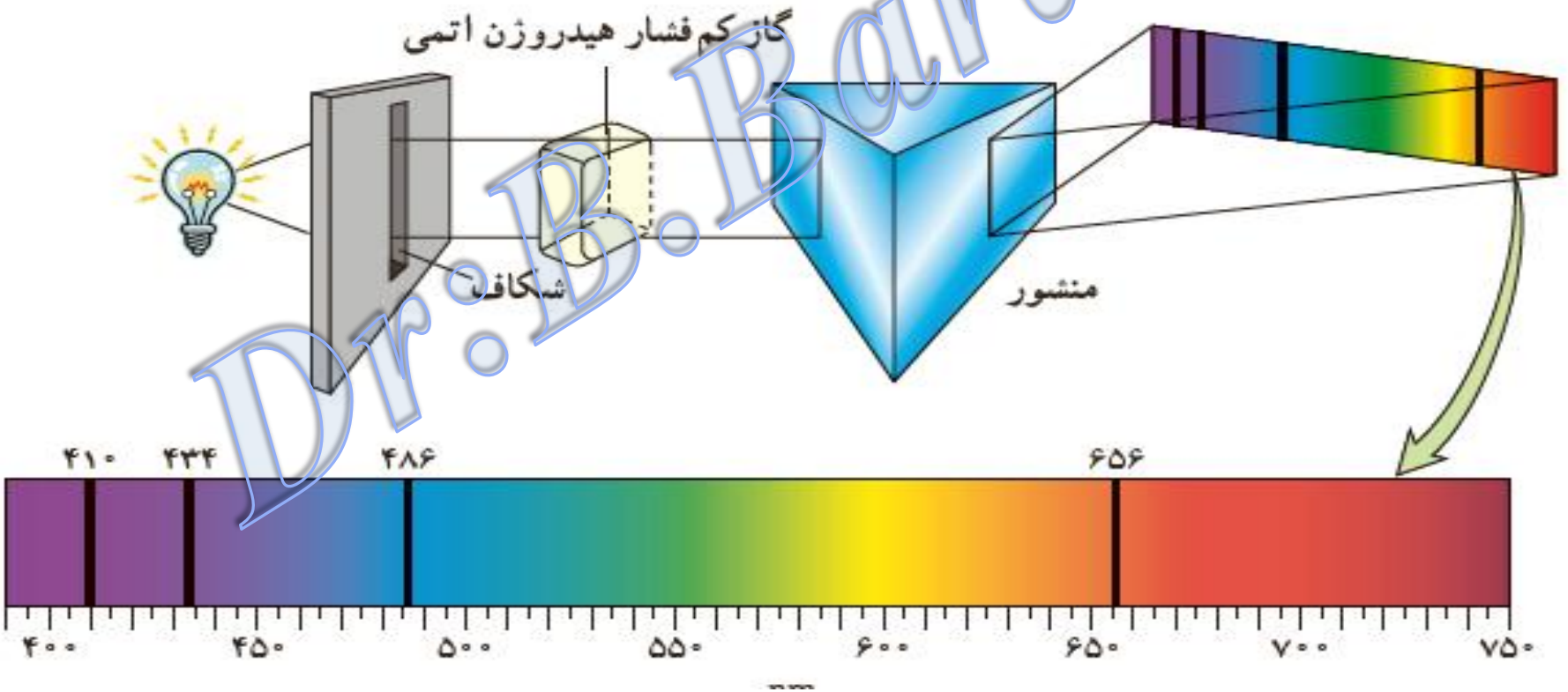
طیف نور خورشید:

هرگاه نور خورشید از جو خورشید عبور کند وجود عناصری در جو خورشید باعث جذب بعضی طول موج ها می شود و هم چنین بعضی از طول موج های آن در گذرهای جو زمین جذب می شوند و به جای آنها خطوط تاریکی به نام خطوط فرانهوفر دیده می شوند



Dr:B.Barati

روشی برای نمایش طیف جذبی خطی: یک چشمهٔ نور سفید که گستره‌ای پیوسته از طول‌موج‌ها را تولید می‌کند، از ظرفی حاوی گاز کم‌فشار هیدروژن اتمی می‌گذرد و توسط منشور پاشیده می‌شود و طیف آن روی پرده تشکیل می‌شود. خط‌های تاریک روی طیف، به طول‌موج‌هایی از نور سفید مربوط است که توسط اتم‌های گاز جذب شده‌اند.



Dr.B.Barati

نکته۱: طیف جذبی نور هنگامی تشکیل می شود که نور سفید از بخار یک عنصر عبور کرده و برخی از طول موج های آن توسط بخار عنصر جذب می شود. اما طیف گسیلی با گرم کردن جسم یا تحریک اتم ها توسط یک میدان E یا B تولید می شود.

طیف پیوسته: طیفی که در آن تمام طول موج ها وجود داشته باشد.

طیف گسسته: طیف نوری است که بعضی از طول موج های آن حذف شده باشند.

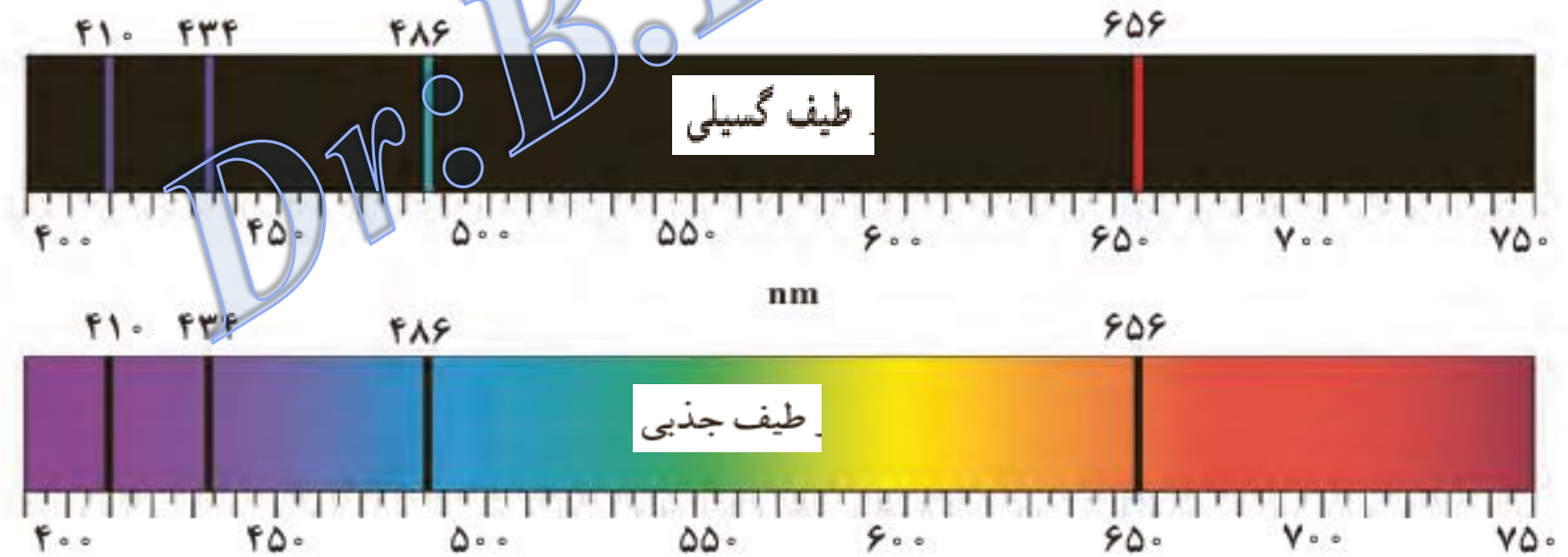
نکته۲: طیف نور گسیل شده از جسم های جامد و مایع طیفی پیوسته و طیف بخار عناصر طیفی گسسته است.

نکته ۳: طیف گسیلی بخار عنصرها به صورت چند خط رنگی در یک زمینه سیاه بوده،اما طیف جذبی عناصر به صورت چند خط سیاه در یک زمینه رنگی مشاهده می شود.

Dr:B.Barati

مطالعه طیف های تابشی و جذبی عنصر چه واقعیت هایی را نشان می دهند

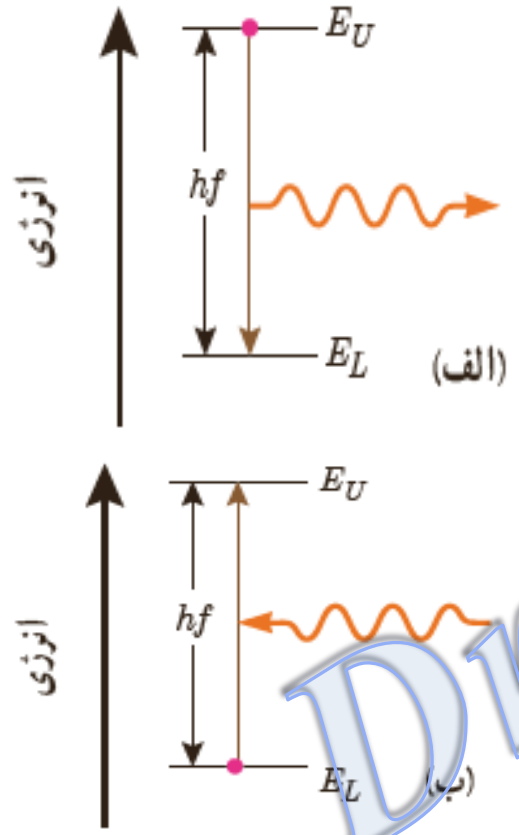
- هم در طیف گسیلی و هم در طیف جذبی اتم‌های گاز هر عنصر، طول‌موج‌های معیّنی وجود دارد که از مشخصه‌های آن عنصر است، یعنی طیف گسیلی و طیف جذبی هیچ دو گازی همانند یکدیگر نیست.
- اتم‌های هر گاز دقیقاً همان طول‌موج‌هایی را از نور سفید جذب می‌کنند که اگر دمای آنها به اندازهٔ کافی بالا رود و یا به هر صورت دیگر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



Dr.B.Barati

گسیل و جذب فوتون بر اساس مدل اتمی بور

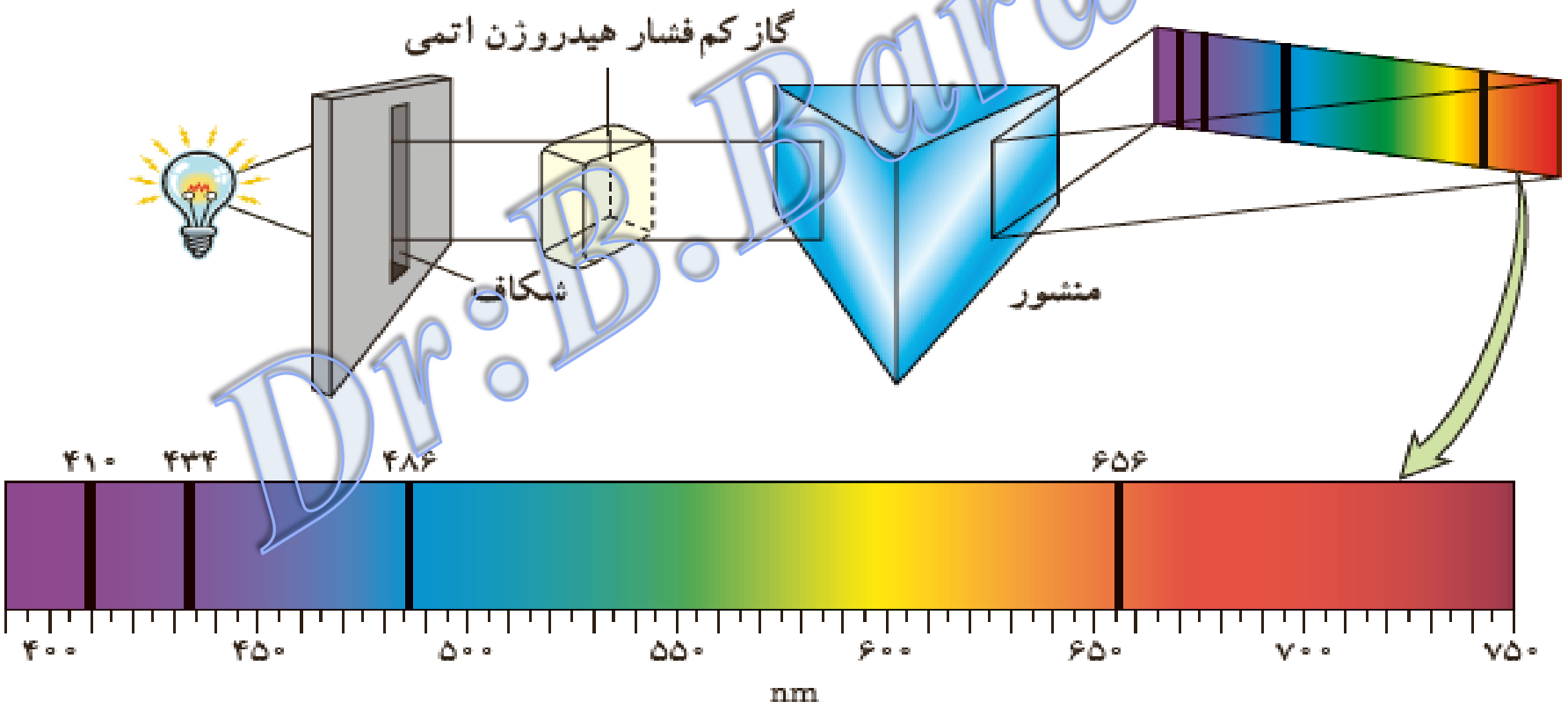
۱) خط‌های گوناگون در طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی وقتی به‌وجود می‌آیند که الکترون‌های اتم‌های هیدروژن، که به هر دلیلی برانگیخته شده‌اند، از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین‌تر جهش کنند فوتون‌هایی را گسیل کنند (شکل الف)



۲) همچنین الکترونها می توانند درجهت عکس عمل کنند یعنی در فرایندی که جذب فوتون خوانده می شود از ترازهای‌انرژی پایین تر به ترازهای انرژی بالاتر بروند (شکل ب) در این حالت اتم، فوتونی را که دقیقا انرژی لازم برای گذار دارد جذب می کند.

Dr.B.Barati

نتیجه گیری: به این ترتیب اگر فوتون‌هایی با گسترهٔ پیوسته‌ای از طول‌موج‌ها مطابق آزمایش شکل زیر از گاز بگذرند و سپس طیف آنها تشکیل شود، یک دسته خط‌های جذبی تاریک در طیف پیوسته مشاهده خواهد شد. خط‌های تاریک، طول‌موج‌هایی را مشخص می‌کنند که با فرایند جذب فوتون برداشته شده‌اند.



Dr.B.Barati

موفقیت های مدل اتمی 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 و محاسبهٔ انرژی یونش اتم هیدروژن با موفقیت همراه است. افزون بر این، مدل بور را برای اتم‌های هیدروژن‌گونه نیز می‌توان به کار برد. اتم هیدروژن‌گونه به اتم‌هایی گفته می‌شود که تنها یک الکترون دارند. برای مثال، اتم لیتیم که در حالت خنثی سه الکترون دارد اگر دو الکترون خود را از دست داده باشد، یک اتم هیدروژن‌گونه است. مدل بور می‌تواند انرژی یونش و همچنین طول‌موج‌های طیف خطی اتم‌های هیدروژن‌گونه مانند لیتیم دو بار یونیده (Li^{2+}) را پیش‌بینی کند که با تجربه سازگاری خوبی دارد.

دو مورد از نارسایی های مدل اتمی بور

مورد اول: این مدل برای وقتی که بیش از یک الکترون به دور هسته می‌گردد به کار نمی‌رود، زیرا در مدل بور، نیروی الکتریکی که یک الکترون بر الکترون دیگر وارد می‌کند به حساب نیامده است.

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

Dr:B Barati

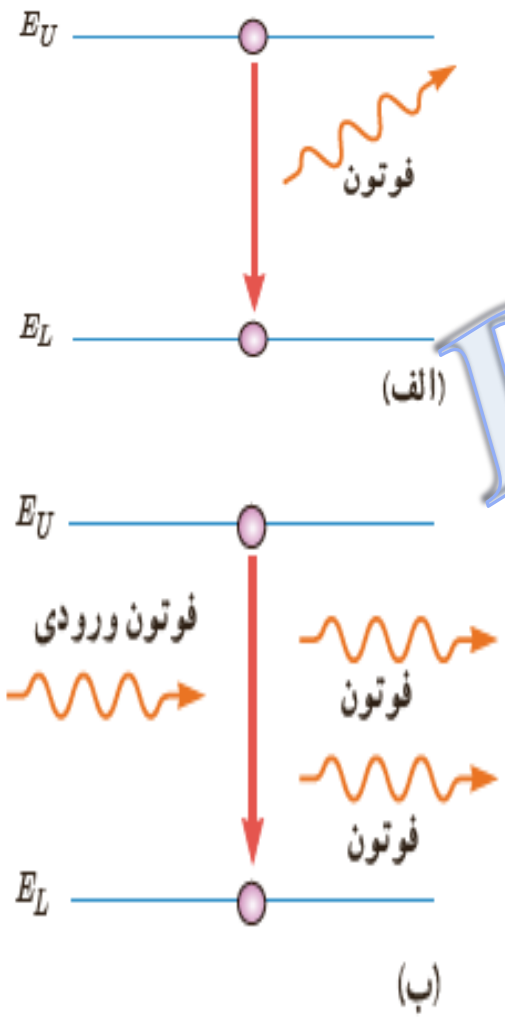
کاربرد لیزر

لیزر یکی از مفیدترین اختراع‌های قرن بیستم است که کاربرد زیادی در زندگی، فنّاوری و صنعت دارد. لیزر امروزه در چاپگرها، در نگاشتن اطلاعات روی CD و DVDها و خواندن آنها، شبکه‌های کابل نوری، اندازه‌گیری دقیق طول، دستگاه‌های جوشکاری و برش فلزات، پژوهش‌های علمی، سرگرمی و ... به کار می‌رود. همچنین در حرفهٔ پزشکی برای جراحی، برداشتن لکه‌های پوستی، اصلاح دید چشم و دندانپزشکی و... از لیزر استفاده می‌شود

Dr.B.Barati

مراحل تولید نور لیزری

مطابق مدل اتمی بور وقتی یک الکترون از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین‌تر جهش می‌کند یک فوتون گسیل می‌شود. فرایند گسیل می‌تواند به‌صورت گسیل خودبخودی یا گسیل القایی باشد

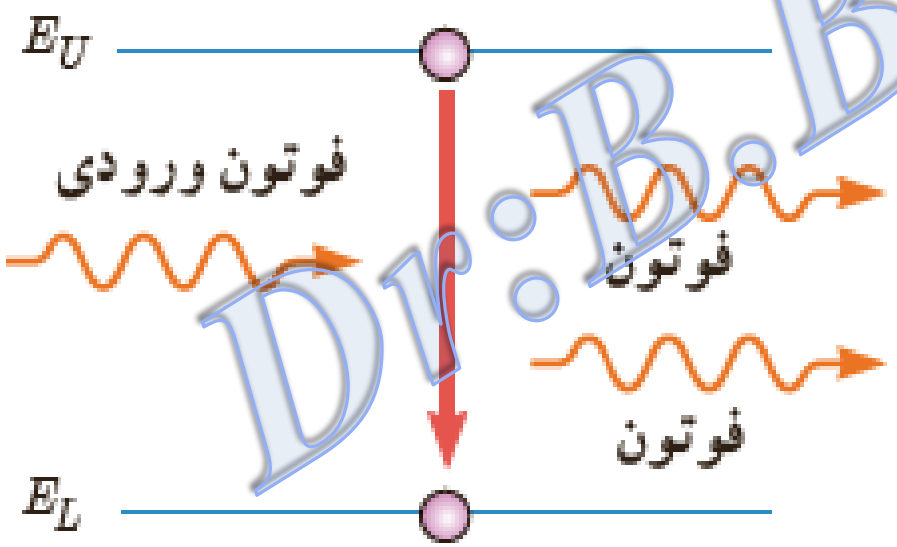


در گسیل خودبخودی (مطابق شکل الف) فوتون در جهتی کاتوره‌ای گسیل می‌شود

گسیل القایی (مطابق شکل ب): 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

Dr. B Barati
09163014685

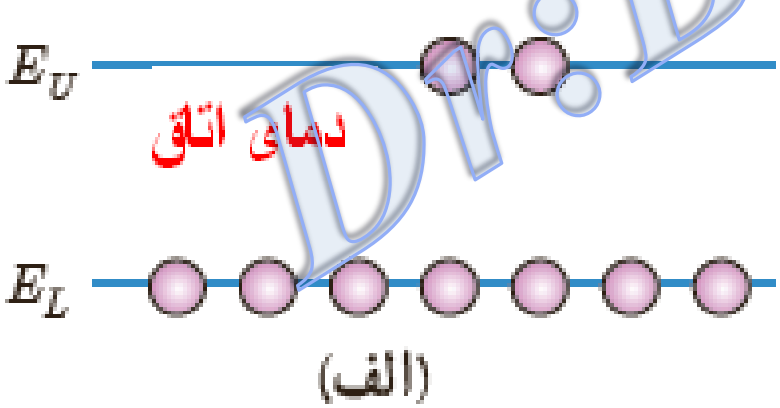
ویژگی های گسیل القایی درتولید لیزر: اول اینکه یک فوتون وارد و دو فوتون خارج می‌شود (مطابق شکل زیر). به این ترتیب این فرایند تعداد فوتون‌ها را افزایش می‌دهد و نور را تقویت می‌کند[1]. دوم اینکه فوتون گسیل‌شده، در همان جهت فوتون ورودی حرکت می‌کند. سوم اینکه فوتون گسیل‌شده با فوتون ورودی همگام یا دارای همان فاز است. به این ترتیب فوتون‌هایی که باریکهٔ لیزری را ایجاد می‌کنند هم‌بسامد، هم‌جهت و هم‌فاز هستند.



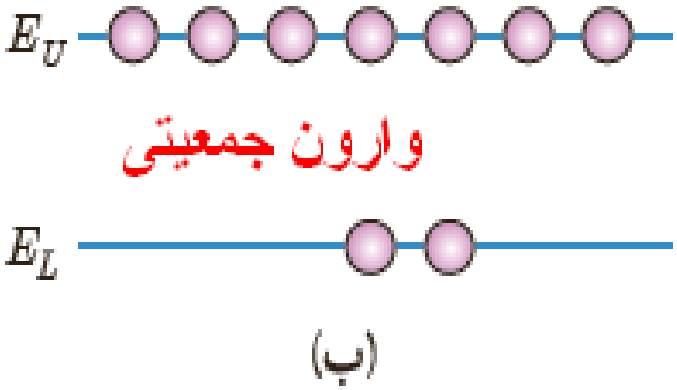
Dr.B.Barati

شرایط لازم برای ایجاد وارون جمعیتی جهت تقویت نور لیزر

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 تابش‌های پرتاب 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(مطابق شکل)



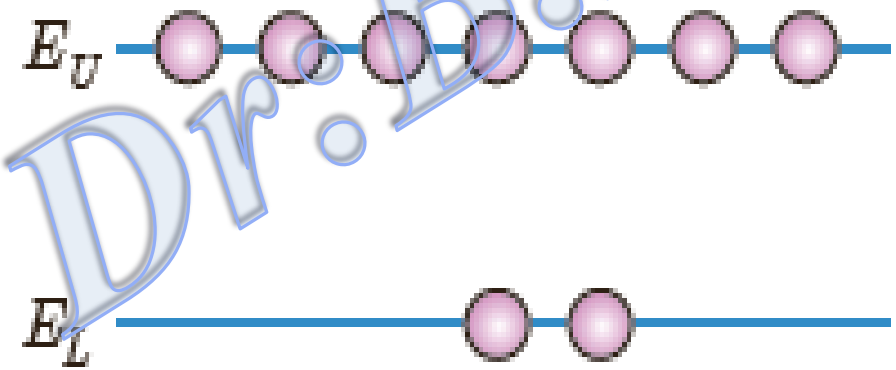
(الف)



(ب)

Dr.B.Barati

وارونی جمعیت الکترون‌ها در یک محیط لیزری، مربوط به وضعیتی است که تعداد الکترون‌ها در ترازهایی موسوم به ترازهای شبه‌پایدار[1] 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 نور لیزر فراهم می‌کند.

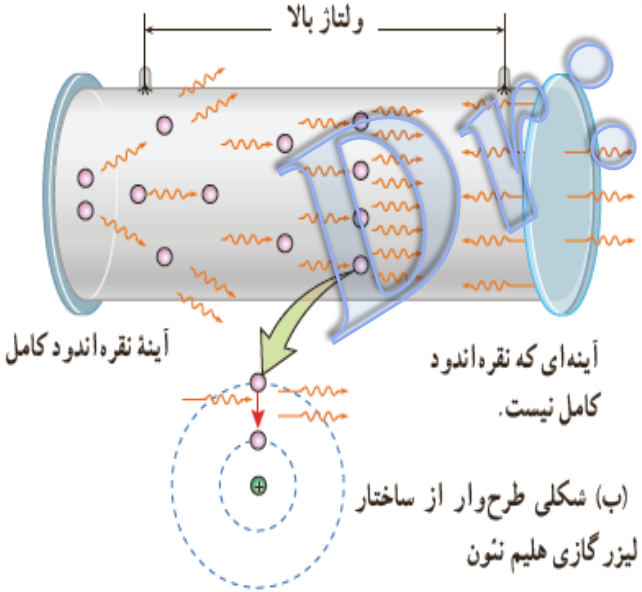


(ب)

Dr.B.Barati

لیزر گازی هلیم نئون (He ــ Ne)

گاز کم‌فشاری شامل ۱۵٪ هلیم و ۸۵٪ نئون درون لولهٔ شیشه‌ای قرار دارد. برای ایجاد وارونی جمعیت، از تخلیهٔ الکتریکی با ولتاژ بالا درون مخلوط گازی استفاده می‌شود. وقتی یک اتم با گسیل خودبه‌خود، فوتونی موازی با محور لوله گسیل کند، فرایند ایجاد باریکهٔ لیزر شروع می‌شود. این فوتون با گسیل القایی باعث می‌شود تا اتم دیگری دو فوتون موازی با محور لوله گسیل کند. این دو فوتون با گسیل القایی، چهار فوتون ایجاد می‌کنند. از چهار فوتون، هشت فوتون حاصل می‌شود و به همین ترتیب نوعی بهمن فوتونی به‌وجود می‌آید. برای اینکه فوتون‌های بیشتر و بیشتری با گسیل القایی به‌وجود آیند دو انتهای لوله آینه‌هایی قرار می‌دهند تا فوتون‌ها را در داخل مخلوطی از گازهای هلیم و نئون به جلو و عقب بازتاب دهند. از آنجا که یکی از آینه‌ها بازتاب‌دهندهٔ کامل نیست، بخشی از فوتون‌ها از لوله خارج می‌شوند و باریکهٔ لیزر را تشکیل می‌دهند. بازده لیزرهای هلیم نئون بسیار کم و در حدود ۰٫۰۱ تا ۰٫۱ درصد است، ولی به دلیل کیفیت خوب باریکهٔ لیزر ایجادشده، کاربرد زیادی در صنعت و فعالیت‌های علمی و آزمایشگاهی دارند.



(ب) شکلی طرح‌وار از ساختار لیزر گازی هلیم نئون

(الف) تصویری از لیزر گازی هلیم نئون

Dr. B. Barati

مثال: بازده یک لیزر برابر ۰/۰۲% و توان ورودی آن ۱۵۰w است اگر طول موج باریکه لیزری ۶۶۳nm باشد در هر ثانیه چند فوتون از لیزر گسیل می شود؟ $h = 6/63 \times 10^{-34}$

الف) 10^{14} ب) 10^{17} ج) 10^{19} د) 10^{26}

$$Ra = \frac{Pout}{Pin} \times 100 \Rightarrow \frac{2}{10000} = \frac{Pout}{150} \Rightarrow Pout = 0.03(w)$$

$$E = Pt_{out} \Rightarrow nh\frac{C}{\lambda} = Pt \Rightarrow n = \frac{Pout\, t\lambda}{hc}$$

$$n = \frac{0.03 \times 1 \times 663 \times 10^{-9}}{6/63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}} \Rightarrow n = 10^{17}$$

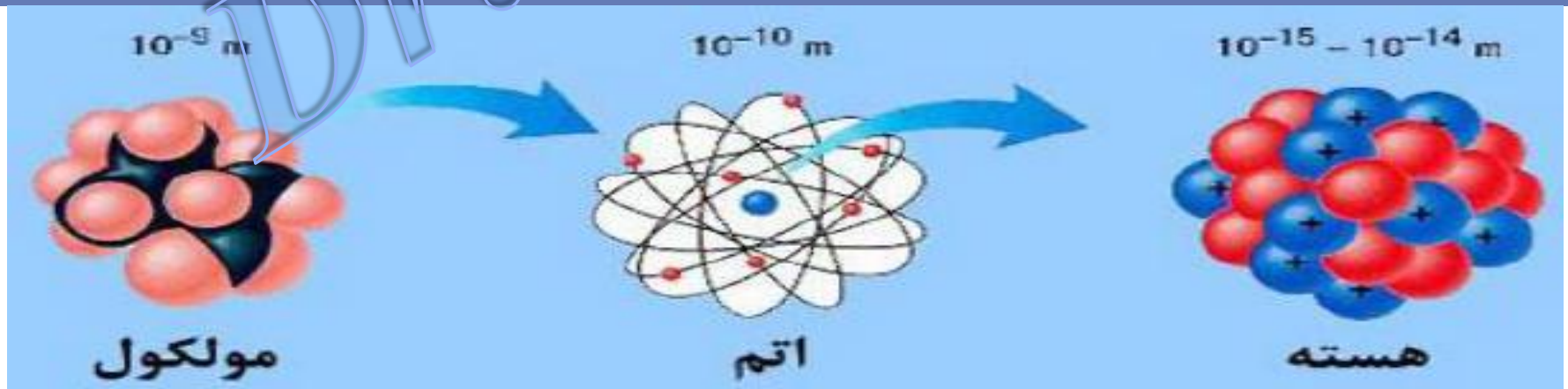
Dr.B.Barati 09163014685

فیزیک هسته‌ای، شاخه‌ای از فیزیک است که در آن با ساختار، برهم‌کنش‌ها و واپاشیِ هسته‌های اتمی سروکار داریم. بخش عمده‌ای از پیشرفت فیزیک هسته‌ای، مدیون تحلیل نتایج آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌هایی است که طی قرن گذشته توسط دانشمندانی از حوزه‌های فیزیک و شیمی انجام شده است.

ساختار هسته:

ابعاد اتم در حدود $10^{-10}\,m$ (آنگستروم A^0) و ابعاد هسته در حدود $10^{-15}\,m$ است.

هسته ی اتم بسیار چگال (در حدود $10^{14}\,\frac{g}{cm^3}$) و از مجموعه نوکلئون ها (پروتون و نوترون) تشکیل شده است.



Dr:B.Barati

مقایسه ذرات تشکیل دهنده اتم

نوترونها بارالکتریکی ندارد، و جرمش اندکی بیشتر از پروتون است (جدول زیر). جرم اتم‌ها و همچنین اجزای تشکیل‌دهندهٔ اتم، یا افزون بر یکای کیلوگرم با یکای جرم اتمی نیز بیان می‌کنند.

ذره	بار الکتریکی (C)	جرم	
		کیلوگرم (kg)	یکای جرم اتمی (u)*
الکترون	$-1/6 \times 10^{-19}$	$9/10938188 \times 10^{-31}$	$5/4858 \times 10^{-4}$
پروتون	$+1/6 \times 10^{-19}$	$1/6726220 \times 10^{-27}$	$1/007276$
نوترون	۰	$1/6749286 \times 10^{-27}$	$1/008664$

Dr.B.Barati

نماد شیمیایی یک عنصر

$$ {}^{A}_{Z}X_{N} $$

نماد عنصر ← X

عدد جرمی → A

عدد اتمی → Z

عدد نوترونی ← N

به مجموع پروتون ها و نوترون ها عدد جرمی گفته می شود $A = N + Z$

بار هر پروتون $+e$ است و بار کل هسته $+ze$ است.

ایزوتوپ: هسته هایی را که دارای عدد اتمی یکسان (تعداد پروتون مساوی) ولی عدد نوترونی و در نتیجه عدد جرمی متفاوت دارند را ایزوتوپ گویند.

نکته ۱: ایزوتوپ ها دارای خواص شیمیایی یکسان و خواص هسته ای کاملاً متفاوت اند.

نکته ۲: ایزوتوپ های مختلف یک هسته را با نام همان هسته مشخص می کنند به جز هیدروژن.

Dr:B.Barati

ایزوتوپ‌های مختلف چند عنصر و درصد فراوانی آنها در طبیعت

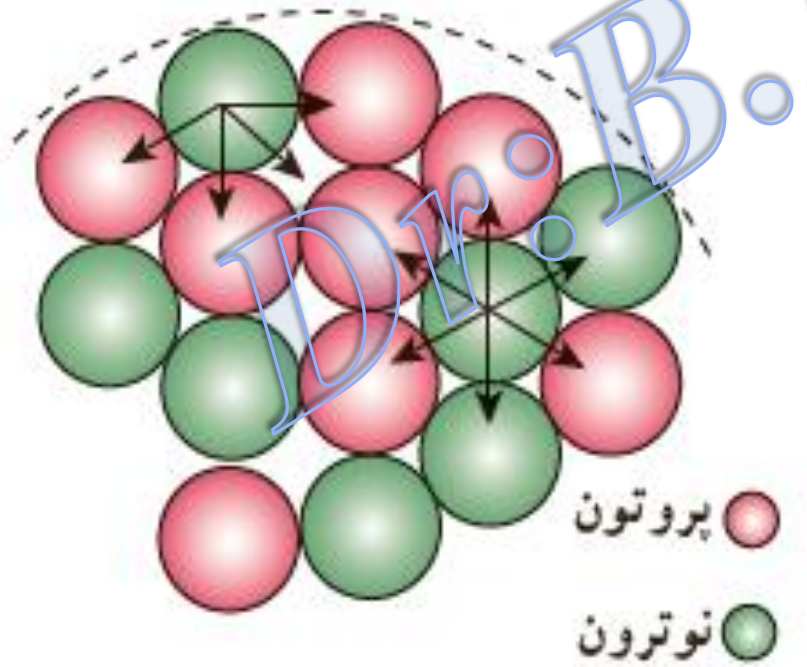
نام عنصر	نماد	Z	N	درصد فراوانی در طبیعت	نام عنصر	نماد	Z	N	درصد فراوانی در طبیعت
هیدروژن ۱	H	۱	۰	۹۹/۹۸۸۵	کربن ۱۳	^{13}C	۶	۷	۱/۰۷
دوتریم (هیدروژن ۲، ^{2}H)	D	۱	۱	۰/۰۱۱۵	کربن ۱۴	^{14}C	۶	۸	یافت نمی‌شود
تریتیم (هیدروژن ۳، ^{3}H)	T	۱	۲	بسیار نادر	اورانیم ۲۳۵	^{235}U	۹۲	۱۴۳	۰/۷۱۶
کربن ۱۲	^{12}C	۶	۶	۹۸/۹۳	اورانیم ۲۳۸	^{238}U	۹۲	۱۴۶	۹۹/۲۸۴

نکته:ایزوتوپ های یک عنصر را نمی توان با روش های شیمیایی از یکدیگر جدا کرد بلکه با روش های فیزیکی (اختلاف جرم) می توان آن ها را از هم تفکیک کرد.

Dr.B.Barati

نیروهای هسته ای

در داخل هسته نیروی دافعه کولنی بین پروتون ها و نیروی جاذبه گرانشی بین نوکلئون ها وجود دارد.از آنجایی که نیروی جاذبه گرانشی بسیار ضعیف تر از نیروی دافعه الکتریکی است بنابراین نیروی سومی باید وجود داشته باشد که نوکلئون ها را در کنار یکدیگر نگه دارد. و به آن نیروی هسته ای می گوییم و دارای این ویژگی است:



Dr.B.Barati

الف) از آنجایی که نیروی هسته ای ربایشی بسیار قوی تر از نیروی رانشی الکتریکی و نیروی گرانشی است به آن نیروی قوی می گویند.

ب) بر خلاف نیروی الکتریکی که بلندبرد است (هر پروتون به تمام پروتون های موجود در هسته نیروی رانشی وارد می سازد) نیروی هسته ای کوتاه برد است بطوری که هر نوکلئون فقط به نوکلئون های مجاور خود نیروی هسته ای وارد می کند و اگر این برد از حدی بیشتر شود با سرعت بسیار زیادی به صفر می رسد.

ج:نیروی هسته ای بین دو نوکلئون ازنوع بار مستقل است یعنی بین دو پروتون،دو نوترون و یک پروتون و یک نوترون اندازه ی نیرویکی است.

مقایسه: | نیروی هسته‌ای ← قوی و کوتاه برد
نیروی دافعه الکتریکی ← ضعیف و بلند برد

Dr:B.Barati

عناصر طبیعی سبک ترین عنصر موجود در طبیعت $\left({}_{1}^{1}H\right)$ و سنگین ترین عنصر موجود در طبیعت اورانیم ۲۳۸ $\left({}_{92}^{238}U\right)$ می باشد پس عدد اتمی عناصر موجود در طبیعت $1 \leq Z \leq 92$ ، عدد نوترونی عناصر موجود در طبیعت $0 \leq N \leq 146$ و عدد جرمی عناصرموجود در طبیعت $1 \leq A \leq 238$ می باشد

پایداری هسته ها:با افزایش عدد اتمی و زیاد شدن تعداد پروتونها،نیروی رانشی کولنی اهمیت بیشتری پیدا کرده و باعث ناپایداری هسته می گردد اگر هسته بخواهد پایدار بماند باید تعداد نوترون های درون هسته افزایش یابد

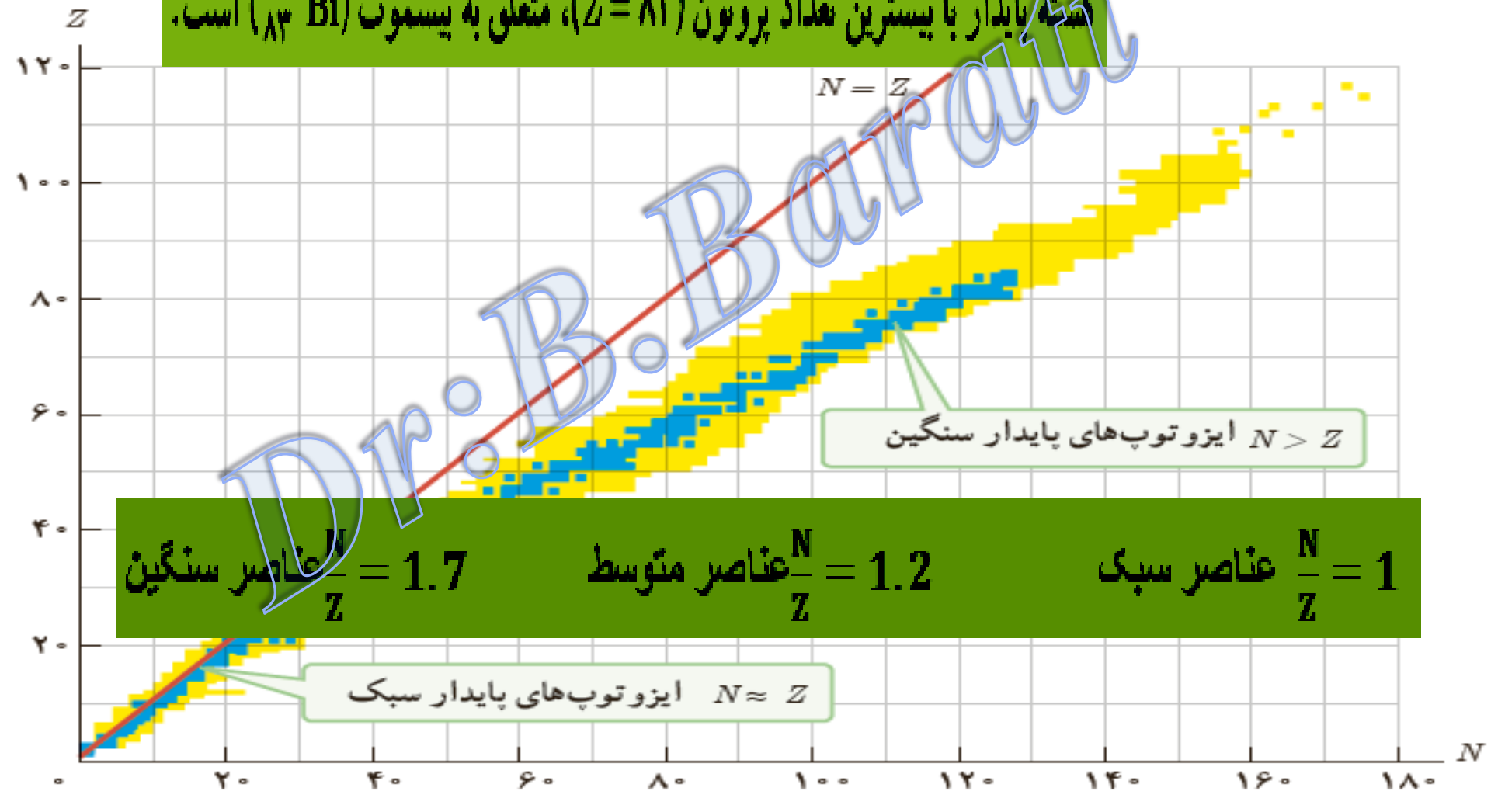
نکته: ایزوتوپ های ناپایدار با گذشت زمان واپاشیده شده و سرانجام به ایزوتوپ های پایدار تبدیل می شوند.

Dr:B.Barati

نسبت $\left(\frac{N}{Z}\right)$ درعناصر مختلف:

در عناصر سبک تعداد پروتون ها و نوترون ها تقریباً برابر است مثلا $^{12}_{6}C$، اما با زیاد شدن عدد اتمی و افزایش تعداد پروتون ها و ناپدار شدن هسته، تعداد نوترون ها نسبت به پروتون ها افزایش می یابد چرا که افزایش نوترون بدون آنکه به نیروی رانشی کولنی اضافه شود نیروی ربایشی هسته ای را اضافه می کند

هسته پایدار با بیشترین تعداد پروتون ($Z=83$)، متعلق به بیسموت ($^{209}_{83}Bi$) است.



$\frac{N}{Z}=1$ عناصر سبک $\frac{N}{Z}=1.2$ عناصر متوسط $\frac{N}{Z}=1.7$ عناصر سنگین

Dr.B.Barati

توجه

عناصر با عدد اتمی بزرگتر از Z=83 را ناپایدارمی نامند و به تدریج این عناصر از کره زمین ناپدید می شوند. در بین عناصر با عدد اتمی بالاتر از 83 تنها توریم(Z=90) و اورانیم (Z=92) ، به علت کند بودن پرتوزایی آنها، در طبیعت یافت شده و به عناصر سبک تر تبدیل می شوند.

پرسش: هر نقطه آبی رنگ در نمودار شکل 2-N نشان دهندهٔ یک هستهٔ پایدار است. با توجه به این نمودار به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

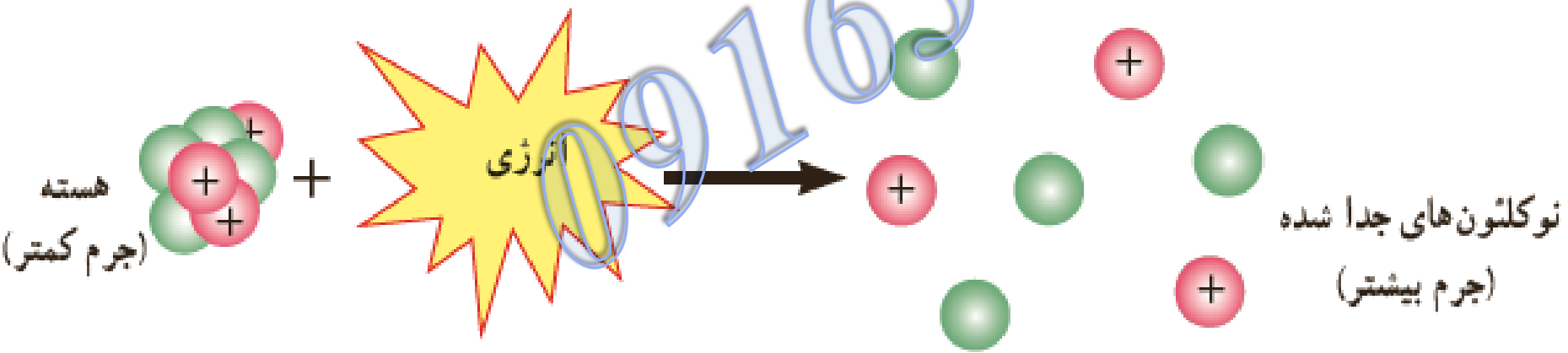
الف) نسبت تعداد نوترون به تعداد پروتون (N/Z) برای هسته‌های پایدار مختلف ثابت است یا متفاوت؟ توضیح دهید.

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

Dr.B Borati

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 شکل(زیر)

توضیحات بیشتر: اندازه‌گیری‌های دقیق نشان داده است که جرم هسته از مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل‌دهنده‌اش 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 به‌دست می‌آید . توجه کنید که هرچند اختلاف جرم هسته با مجموع جرم نوکلئون‌های تشکیل‌دهندهٔ آن بسیار ناچیز است، چون در c^2 که عدد بسیار بزرگی است ضرب می‌شود، این کاستی جرم اندک، معادل انرژی قابل ملاحظه‌ای است



Dr:B.Barati
09163014685

مثال: در یک واکنش هسته ای، ۲mgr جرم تبدیل به انرژیِ شده است. انرژی حاصل، معادل با چندکیلووات ساعت است.

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

الف) $2/5 \times 10^{4}$ ب) $2/5 \times 10^{9}$ ج) 5×10^{4} د) 5×10^{9}

$$E = mc^2 \rightarrow E = 2 \times 10^{-6} (3 \times 10^{8} \times 3 \times 10^{8}) = 18 \times 10^{+10} j$$

$$1kwh = 3.6 \times 10^{6} J \qquad E = 18 \times 10^{10} j \frac{1kwh}{3.6 \times 10^{6} j} = 5 \times 10^{4} kwh$$

Dr.B.Barati

مقایسه انرژی ترازهای هسته ای و ترازهای الکترونی

1) انرژی نوکلئون‌های وابسته به هسته نیز مانند انرژی الکترون‌های وابسته به اتم، کوانتیده‌اند و نوکلئون‌های درون هسته نمی‌توانند هر انرژی دلخواهی را اختیار کنند.

2) همانطوری که الکترون‌های اتم می‌توانند با جذب انرژی از تراز پایه به تراز برانگیخته بروند، نوکلئون‌ها نیز می‌توانند با جذب انرژی به ترازهای بالاتر بروند و در نتیجه هسته برانگیخته شود. هسته برانگیخته با گسیل فوتون به تراز پایه بر می گردد.

3): نکتهٔ قابل توجه آن است که 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 واکنش های شیمیایی برانگیخته نمی‌شوند.

Dr.B.Barati

پرتوزایی مواد رادیواکتیو:

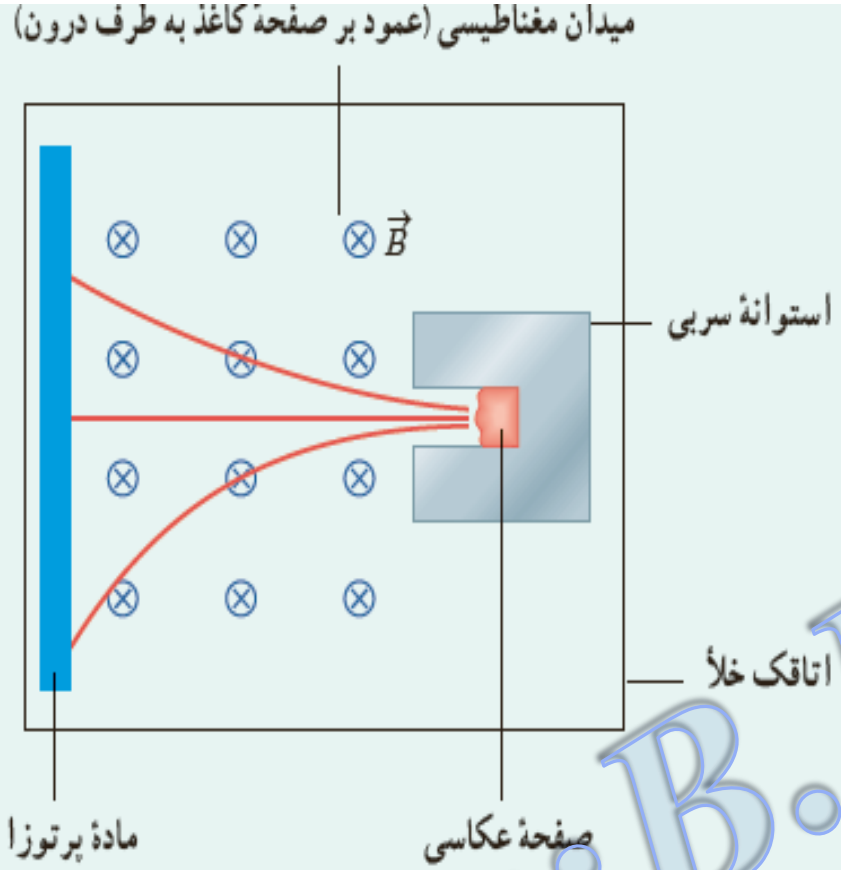
هسته های ناپایدار با گذشت زمان با گسیل پرتوهایی واپاشیده و به هسته های سبک تر تبدیل می شوند این خاصیت هسته ها را پرتوزایی و هسته های ناپایدار و برانگیخته را که توانایی گسیل پرتوها را دارند هسته های پرتوزا گویند.

توجه: 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 ($\approx 0/01mm$) متوقف می‌شوند در حالی که پرتوهای β مسافت خیلی بیشتری را ($\approx 0/1mm$) در سرب نفوذ می‌کنند. پرتوهای γ بیشترین نفوذ را دارند و می‌توانند از ورقه‌ای سربی به ضخامت قابل ملاحظه‌ای ($\approx 100mm$) بگذرند.

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

Dr.B.Barati

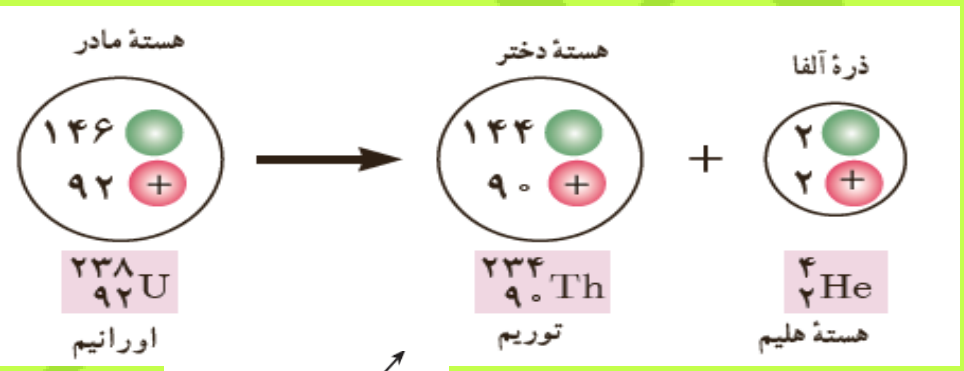
پرسش: شکل روبه‌رو طرح آزمایش ساده‌ای را نشان می‌دهد که به کمک آن می‌توان سه نوع پرتوزایی طبیعی را مشاهده کرد و به تفاوت بار و جرم پرتوها از یکدیگر پی برد. قطعه‌ای از مادهٔ پرتوزا را در ته حفرهٔ باریکی در یک استوانهٔ سربی قرار می‌دهند. استوانه را درون اتاقکی می‌گذارند و هوای درون آن را تخلیه می‌کنند. سپس یک صفحهٔ عکاسی مقابل حفره قرار می‌دهند و میدان مغناطیسی یکنواختی درون اتاقک برقرار می‌کنند. خطوط قرمزرنگ، مسیر حرکت پرتوها را نشان می‌دهد. نوع بار پرتوها را با هم مقایسه کنید.

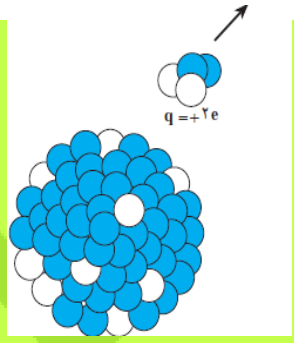


Dr.B.Barati

مراحل پرتوزایی

الف) آلفا زایی $\left(^{4}_{2}\alpha\right)$





۱ـ از جنس هسته هلیم است $^{4}_{2}\alpha = {}^{4}_{2}He^{++}$

۲ـ $q_\alpha = 2\alpha$

۳ـ در میدان های الکتریکی و مغناطیسی و گرانشی منحرف می شود.

۴ـ معادله واپاشی $^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}\alpha$

۵ـ با تابش آلفا ۲ واحد از عدد اتمی کم می شود و عنصر دو ستون در جدول تناوبی عقب می رود.

۶ـ ذره‌های آلفا، سنگین‌اند و بار مثبت دارند. بُرد این ذره‌ها کوتاه است. این ذرات پس از طی مسافت کوتاهی در هوا (۱ تا ۲ سانتی‌متر) و یا با عبور از لایه‌ای نازک از مواد جذب می‌شوند. اگر این ذره‌ها از راه تنفس یا دستگاه گوارش وارد بدن شوند، باعث آسیب شدید به بافت‌های بدن می‌شوند. بنابراین، باید مراقب بود که مواد آلفازا هرگز وارد بدن نشوند.

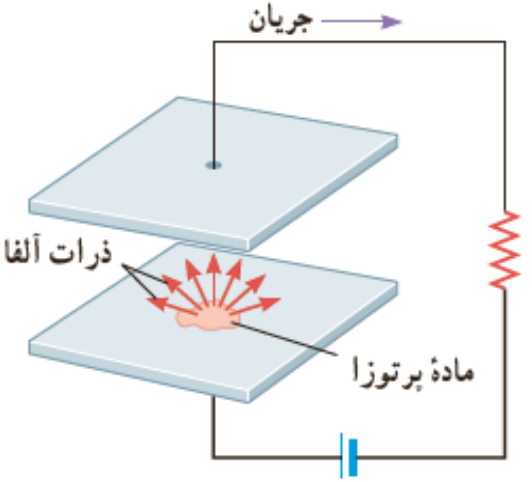
Dr.B.Barati

فنّاوری و کاربرد: واپاشی آلفا و آشکارسازهای دود

یکی از کاربردهای گستردهٔ واپاشی α در آشکارسازهای دود است (شکل الف). شکل ب، مدار و بخش اصلی یک آشکارساز دود را نشان می‌دهد. دو صفحهٔ کوچک و موازی فلزی در فاصلهٔ حدود یک سانتی‌متر از یکدیگر قرار داده می‌شوند. مقدار اندکی مادهٔ پرتوزا را که ذرات α گسیل می‌کند در وسط یکی از صفحه‌ها می‌گذارند. ذرات α با مولکول‌های هوای بین دو صفحه برخورد می‌کنند، مولکول‌های هوا یونیده می‌شوند و یون‌های مثبت و منفی به‌وجود می‌آیند. ولتاژ باتری باعث می‌شود یک صفحه مثبت و صفحهٔ دیگر منفی باشد، به طوری که هر صفحه یون‌های با بار مخالف را جذب می‌کند. در نتیجه در مدار متصل به صفحه‌ها جریانی به‌وجود می‌آید. وجود ذرات دود میان صفحه‌ها جریان را کاهش می‌دهد؛ زیرا یون‌هایی که به ذرات دود برخورد می‌کنند معمولاً خنثی می‌شوند. اُفت جریان که ذرات دود باعث آن می‌شود هشدار دهنده‌ای را به کار می‌اندازد.

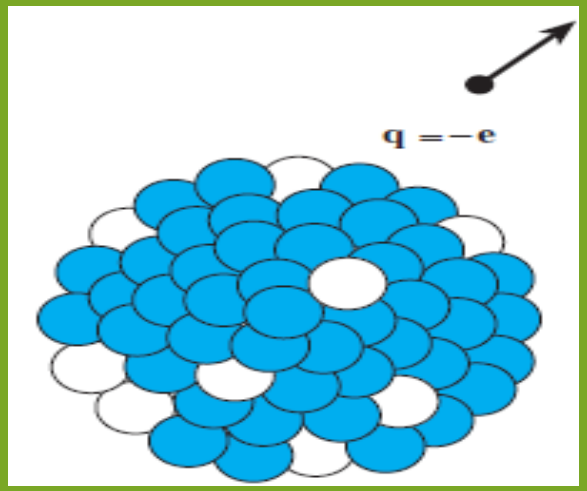
Dr:B.Barati

(الف)



(ب)

ب) واپاشی بتا $\left({}^{0}_{-1}\beta\right)$:



۱- از جنس الکترون

۲- در میدان الکتریکی، مغناطیسی منحرف می شود

۳- $q_\beta = -e$

۴- معادله واپاشی $_{Z}^{A}X \rightarrow {}_{Z+1}^{A}Y + {}_{-1}^{0}\beta$

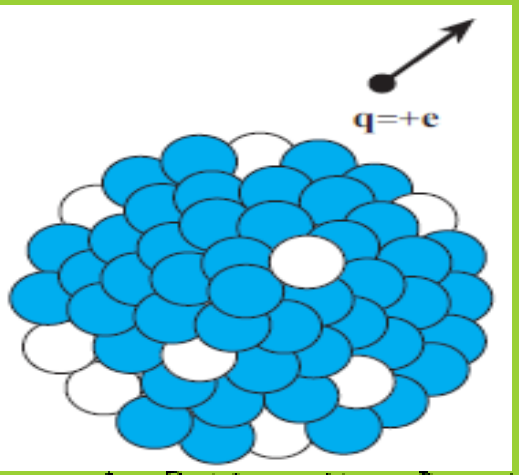
۵- این الکترون وقتی بوجود می اید که: $n \rightarrow {}_{1}^{1}P + {}_{-1}^{0}e$ و e بصورت بتای منفی از هسته گسیل می شود

۶- متداولترین نوع واپاشی است.

Dr.B.Barati

example

واپاشی پوزیترون زا ($_{+1}^{0}B$):



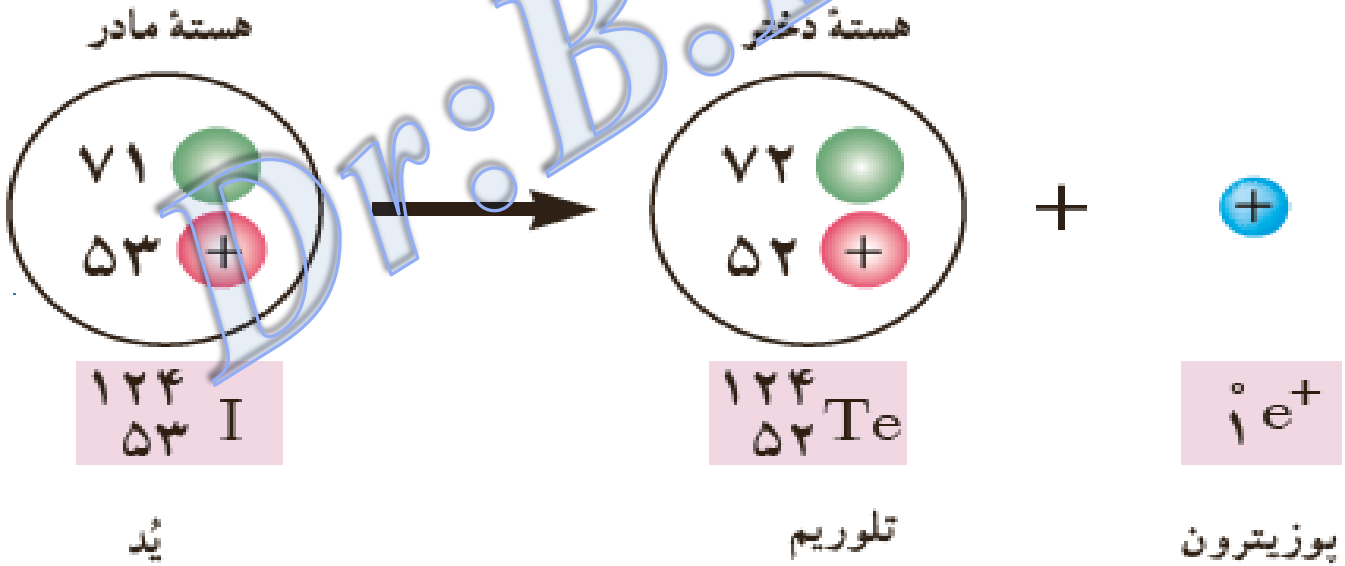
۱ـ پوزیترون ذره ای هم مرتبه با جرم الکترون ولی بار آن مثبت است.

۲ـ $q_{B^+} = +e$

۳ـ در میدان های E و B منحرف می شود.

۴ـ معادله واپاشی $_{+1}^{0}B$: $_{Z}^{A}X \rightarrow {}_{Z-1}^{A}Y + {}_{+1}^{0}B$

۵ـ این ذره وقتی بوجود می آید که: $_{1}^{1}P \rightarrow {}_{0}^{1}n + {}_{+1}^{0}e$ و e بصورت بتای مثبت از هسته گسیل می شود.



Dr.B.Barati

تمرین: لوتتیم ($^{176}_{71}Lu$) عنصر پرتوزایی است که با گسیل بتای منفی، 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.

Dr.B.Barati

تمرین: ایزوتوپ ($^{15}_{8}O$) 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.

ج) واپاشی گامازایی $\left({}^{0}_{0}\gamma\right)$:

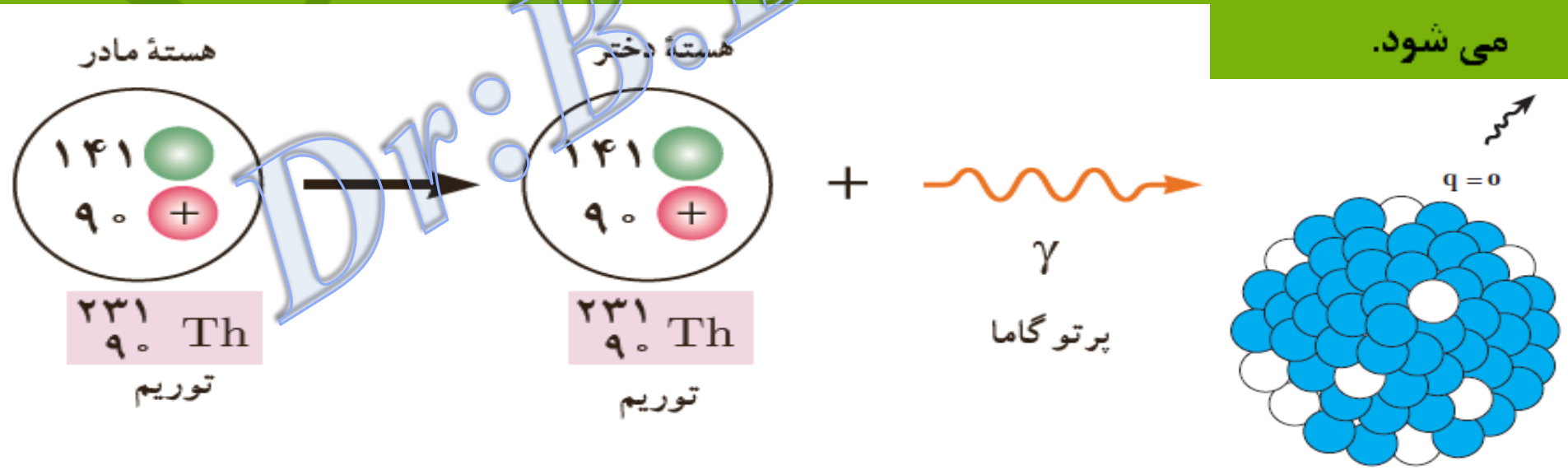
۱- از جنس امواج $E - M$ هستند.

۲- نه جرم دارد و نه بار الکتریکی ، پس در میدان های الکتریکی و مغناطیسی منحرف نمی شود.

۳- معمولاً بعد از واپاشی های آلفا و بتا رخ می دهد.

۴- معادله واپاشی ${}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{0}\gamma \rightarrow {}^{A}_{Z}X^{*}$

۵- با واپاشی گامازا هسته از حالت برانگیخته به حالت پایدار می رسد سطح انرژی هسته کمتر می شود.



Dr:B.Barati

نکات:

واکنش های هسته ای از دو قاعده زیر پیروی می کنند.

الف) مجموع عددهای اتمی (z) در دو طرف واکنش یکسان است.

ب) مجموع عددهای جرمی (A) در دو طرف واکنش یکسان است.

نکته: تعداد ذرات α و β گسیل شده در یک واکنش هسته ای با رابطه های زیر تعیین می شوند.

$$ {}^{A_1}_{z_1}X \rightarrow {}^{A_2}_{z_2}Y + m({}^{4}_{2}\alpha) + n({}^{0}_{-1}\beta) \rightarrow \begin{cases} m = \dfrac{A_1 - A_2}{4} \\ n = \dfrac{A_1 - A_2}{2} + (z_2 - z_1) \end{cases} $$

m تعداد ذرات آلفا و n تعداد ذرات بتا

Dr.B.Barati

مثال: هسته $^{238}_{92}U$ با گسیل ، چهار ذره ی α و دو ذره ی $^{0}_{-1}\beta$ به هسته $^{A}_{Z}X$ تبدیل می شود معادله واکنش را بنویسید A و Z را به دست آورید.

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{A}_{Z}X + 4\left({}^{4}_{2}\alpha\right) + 2\left({}^{0}_{-1}\beta\right)$$

$$238 = A + 4 \times 4 + 2(0) \Rightarrow A = 222$$

$$92 = Z + 4 \times 2 - 2 \Rightarrow Z = 86$$

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

گزینه سه

- در واپاشی هسته‌های ناپایدار، کدام مورد درست است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19}\ C$)

۱) هنگام گسیل پوزیترون بار هسته به اندازه $1/6 \times 10^{-19}\ C$ افزایش می‌یابد.

۲) هنگام گسیل الکترون بار هسته به اندازه $1/6 \times 10^{-19}\ C$ کاهش می‌یابد.

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

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

Dr:B.Barati
09163014685

خوب است بدانید: جراحی با پرتوهای گاما

برای درمان مشکلات خاصی در مغز از جمله تخریب غده‌های خوش‌خیم و سرطانی و نیز رفع نقص‌ها در رگ‌های خونی استفاده می‌شود.

در این روش از چاقویی استفاده نمی‌شود، از باریکه‌های بسیار متمرکز و توانمندی از پرتوهای گاما که متوجه غده و نقص در رگ‌ها می‌شود بهره می‌گیرند. پرتوهای γ توسط چشمهٔ کبالت ۶۰ تولید می‌شوند. همان‌طور که شکل الف نشان می‌دهد، بیمار یک کلاه ایمنی فلزی بر سر می‌گذارد که سوراخ‌های بسیار کوچکی روی آن ایجاد شده است. پرتوهای عبوری از این سوراخ ها، روی هدف مورد نظر درون مغز متمرکز می‌شوند. از این‌رو بافت هدف، مقدار بسیار زیادی تابش را دریافت می‌کند و تخریب می‌شود، در حالی که بافت سالم مجاور آسیبی نمی‌بیند. جراحی با پرتوهای گاما، روشی بدون درد و خونریزی است که اغلب با بی‌حسی موضعی صورت می‌گیرد. مدت زمان بستری شدن در بیمارستان، خیلی کوتاه‌تر از جراحی به روش معمول است و بیمار پس از چند روز، به روال زندگی عادی خود باز می‌گردد.

Dr.B.Barati

خوب است بدانیم: جراحی با پرتوهای گاما

(الف)

Dr:B.Barati

نیمه عمر ماده پرتوزا:

ثابت واپاشی (λ):احتمال واپاشی یک هسته پرتوزا در یک ثانیه را ثابت واپاشی (λ) می گویند و یکای آن S^{-1} است.

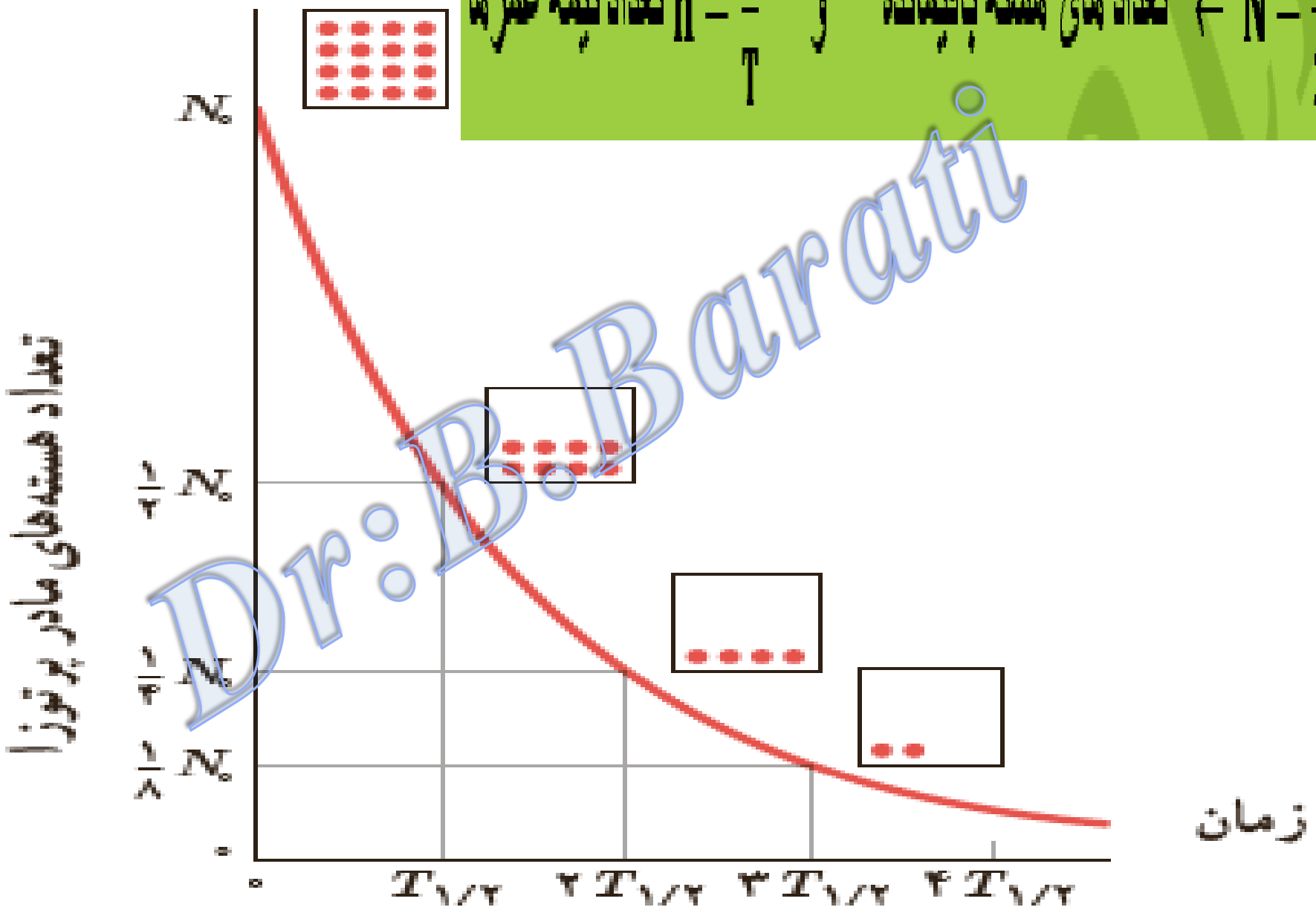
نکته: ثابت واپاشی (λ) فقط تابع نوع هسته ای است که واپاشیده می شود و به عوامل خارجی مانند دما، فشار، میدان های الکتریکی و مغناطیسی بستگی ندارد.

نیمه عمر (T): مدت زمانی است که طی آن نیمی از هسته های پرتوزای موجود در آن ماده پرتوزاد واپاشیده می شود.

$N = \frac{N_0}{2^n}$ ← تعداد های هسته باقیمانده و $n = \frac{t}{T}$ تعداد نیمه عمرها

Dr.B.Barati

$N = \frac{N_0}{2^n}$ ← تعداد های هسته باقیمانده و $n = \frac{t}{T}$ تعداد نیمه عمرها



Dr:B.Barati

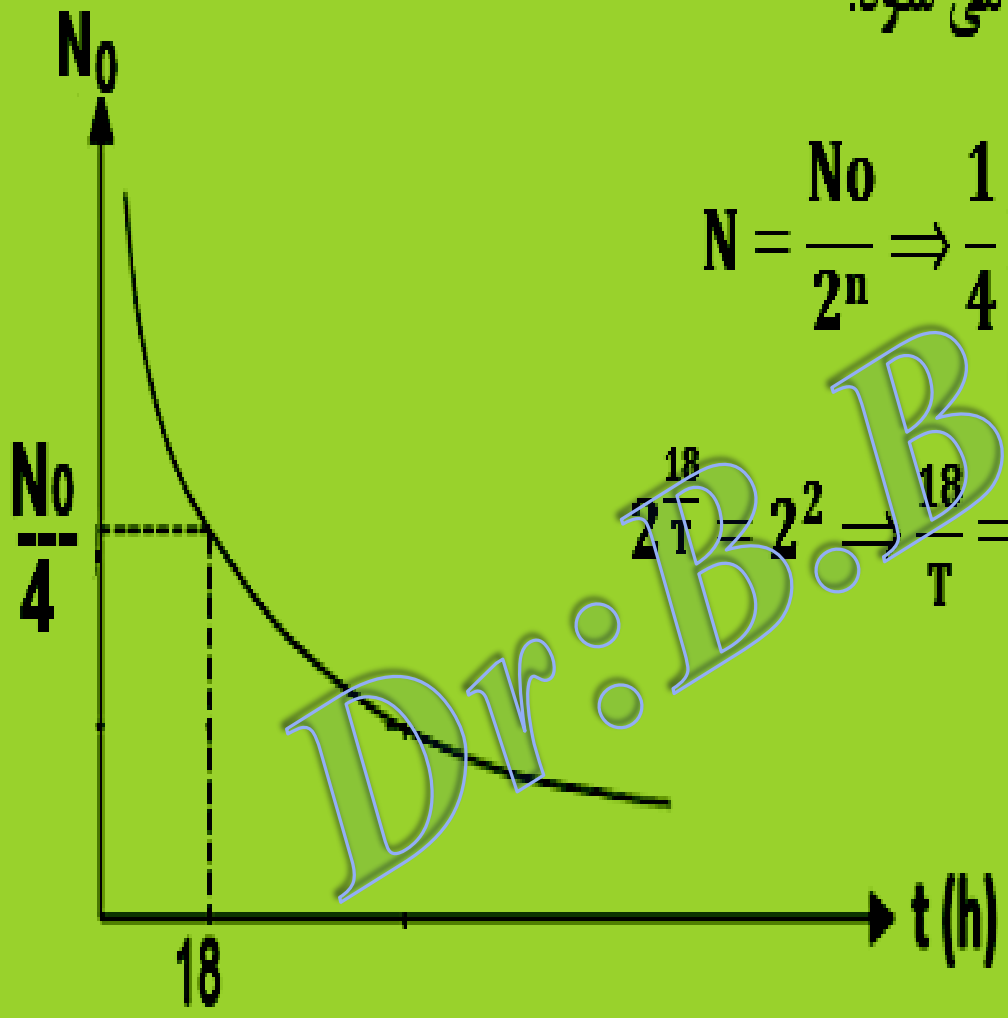
جداول کلیدی برای حل این مسائل

تعداد نیمه عمر	۱	۲	۳	۴	۵	۶
تعداد هسته های باقیمانده	%۵۰	%۲۵	%۱۲/۵	%۶/۲۵	%۳۳	%۱/۵
تعداد هسته های متلاشی شده	%۵۰	%۷۵	%۸۷/۵	%۹۳/۷۵	%۹/۷	%۹۸/۵

تعداد نیمه عمر	۱	۲	۳	۴	۵	۶
تعداد هسته های باقیمانده	$\frac{1}{2}No$	$\frac{1}{4}No$	$\frac{1}{8}No$	$\frac{1}{16}No$	$\frac{1}{32}No$	$\frac{1}{64}No$
تعداد هسته های متلاشی شده	$\frac{1}{2}No$	$\frac{3}{4}No$	$\frac{7}{8}No$	$\frac{15}{16}No$	$\frac{31}{32}No$	$\frac{63}{64}No$

Dr.B.Barati

مثال: در شکل مقابل: نمودارذرات ماده ی پرتوزا بر حسب زمان نشان داده شده است پس از گذشت چند روز ۹۳/۷۵ درصد ماده واپاشیده می شود.



$$N = \frac{No}{2^n} \Rightarrow \frac{1}{4}No = \frac{No}{2^{\frac{18}{T}}}$$

$$2^{\frac{18}{T}} = 2^2 \Rightarrow \frac{18}{T} = 2 \Rightarrow T = 9 \text{ روز}$$

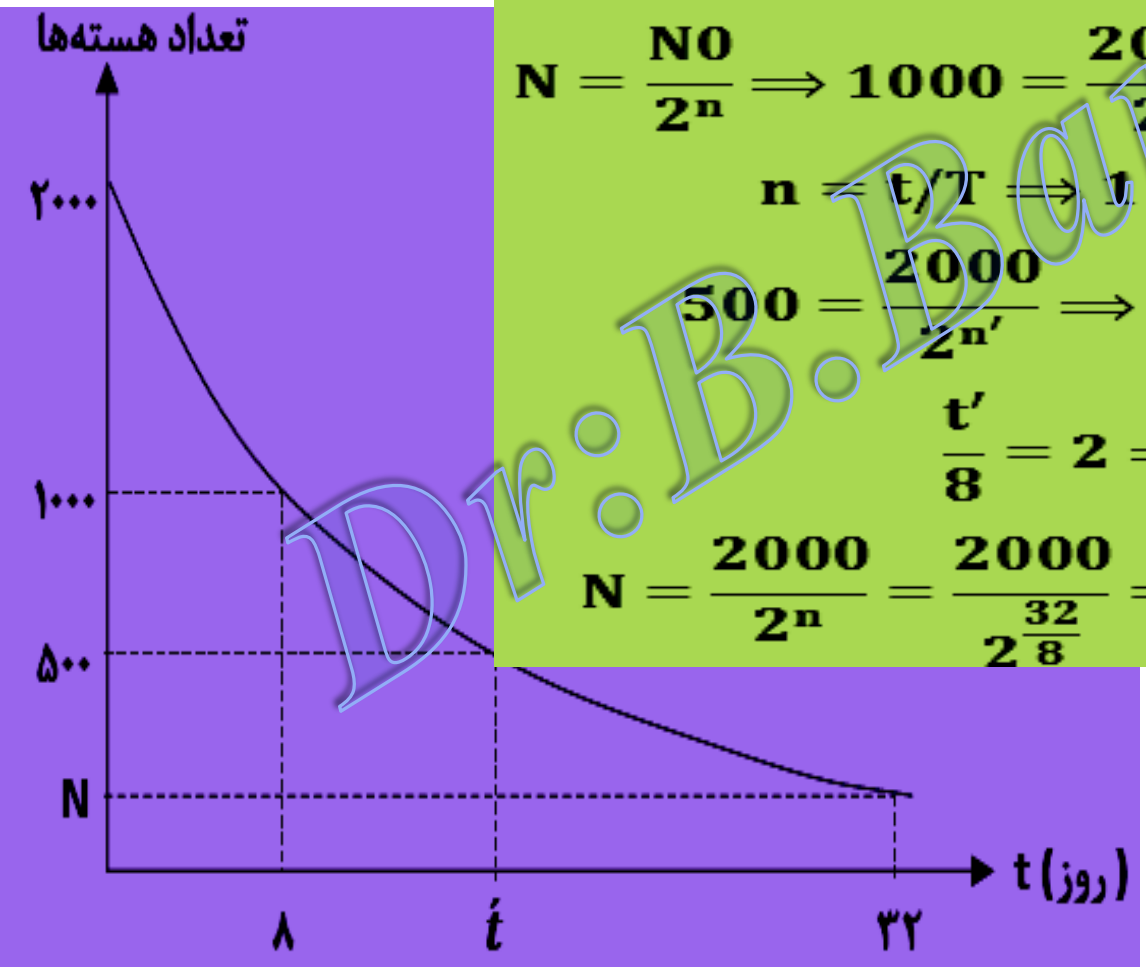
$$\frac{m}{mo} = \frac{1}{2^{\frac{t}{T}}} \Rightarrow \frac{\frac{6}{25}}{100} = \frac{1}{2^{\frac{t}{9}}} \Rightarrow 16 = 2^{\frac{t}{9}}$$

$$2^4 = 2^{\frac{t}{9}} \Rightarrow \frac{t}{9} = 4 \Rightarrow t = 36 \text{ روز}$$

Dr:B.Barati

مثال: نمودار روبرو مربوط به ید پرتوزا است N و t′ به ترتیب کدام است؟

الف) ۱۲۵ و ۱۶ ب) ۲۵۰ و ۱۶ ج) ۱۷۵ و ۲۴ د) ۲۰۰ و ۲۴



$$N = \frac{N0}{2^n} \Longrightarrow 1000 = \frac{2000}{2^n} \Longrightarrow 2^n = 2^1 \Longrightarrow n = 1$$

$$n = t/T \Longrightarrow 1 = 8/T \Longrightarrow T = 8$$

$$500 = \frac{2000}{2^{n'}} \Longrightarrow 2^{n'} = 2^2 \Longrightarrow n' = 2$$

$$\frac{t'}{8} = 2 \Longrightarrow t' = 16$$

$$N = \frac{2000}{2^n} = \frac{2000}{2^{\frac{32}{8}}} = \frac{2000}{2^4} = \frac{2000}{16} = 125$$

Dr:B.Barati

مثال: نیمه عمر یک ماده پرتوزا ۸ روز است پس از ۳۲ روز ، چند درصد از هسته های آن ماده دچار واپاشی می شوند؟

الف) 64 ب) 75 ج) 82.25 د) 93.75

تعداد نیمه عمر	۱	۲	۳	۴
تعداد هسته های باقیمانده	%۵۰	%۲۵	%۱۲/۵	%۶/۲۵
تعداد هسته های متلاشی شده	%۵۰	%۷۵	%۸۷/۵	%۹۳/۷۵

Dr.B.Barati

مثال: اگر نیم عمر یک ماده ی رادیواکتیو برابر ۱۴ روز باشد بعد از چند روز تعداد ذرات فعال آن $\frac{1}{8}$ تعداد اولیه می شود؟

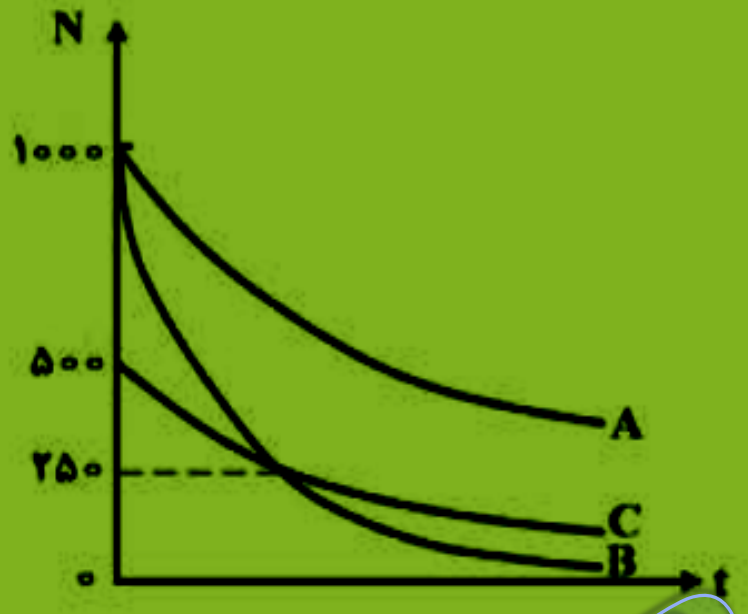
الف) ۲۱ ب) ۴۲ ج) ۶۳ د) ۸۴

تعداد نیمه عمر	۱	۲	۳
تعداد هسته های باقیمانده	$\frac{1}{2}No$	$\frac{1}{4}No$	$\frac{1}{8}No$
تعداد هسته های متلاشی شده	$\frac{1}{2}No$	$\frac{3}{4}No$	$\frac{7}{8}No$

$$N_{\text{فعال}} = \frac{1}{8}No \quad \Rightarrow n = 3 \rightarrow t = nT = 3 \times 14 = 42 \text{ روز}$$

Dr.B.Barati

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



۱) $T_A = T_C > T_B$

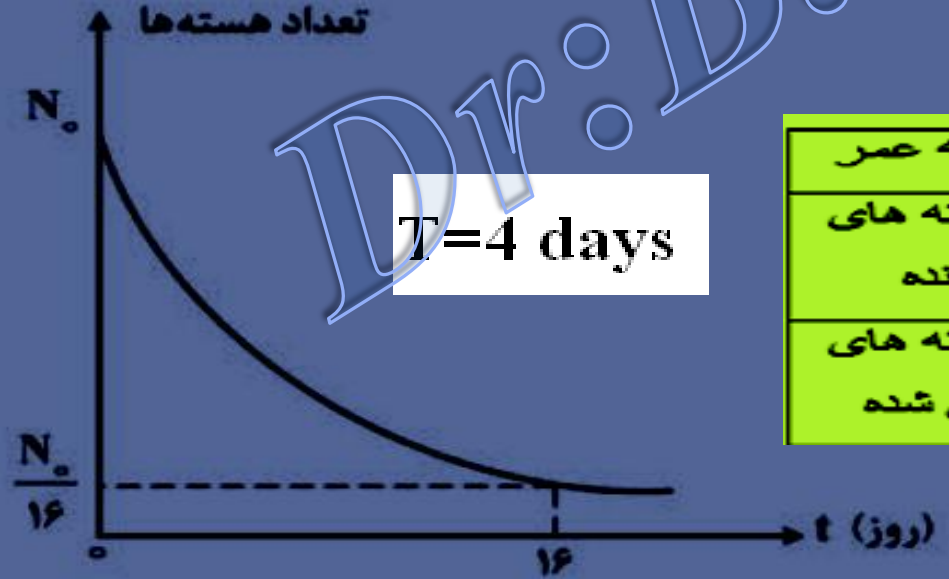
۲) $T_A > T_B = T_C$

۳) $T_A > T_B > T_C$

۴) $T_A > T_C > T_B$

گزینه چهار

نمودار تغییرات تعداد هسته‌های یک مادهٔ پرتوزا برحسب زمان، مطابق شکل زیر است. پس از گذشت هشت روز چند درصد از هسته‌های آن فعال باقی می‌ماند؟



T=4 days

تعداد نیمه عمر	۱	۲
تعداد هسته های باقیمانده	%۵۰	%۲۵
تعداد هسته های متلاشی شده	%۵۰	%۷۵

۱) ۸۷/۵

۲) ۵۰

۳) ۲۵

۴) ۱۲/۵

Dr:B.Barati