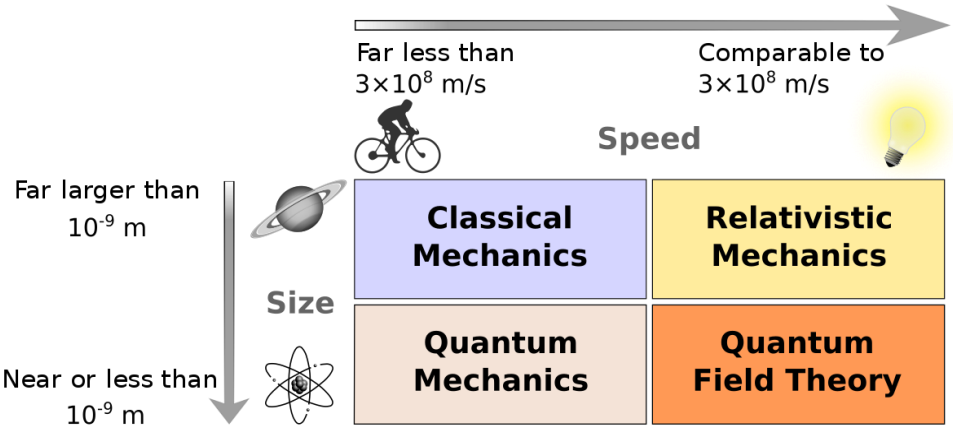
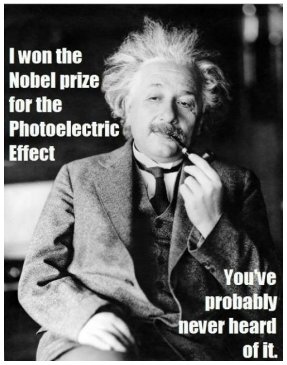
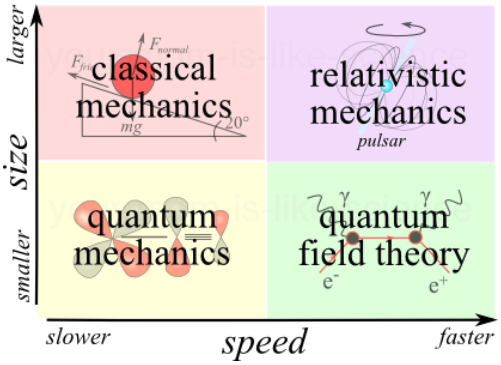
فصل چهارم تجربی | پنجم ریاضی

فیزیک اتمی

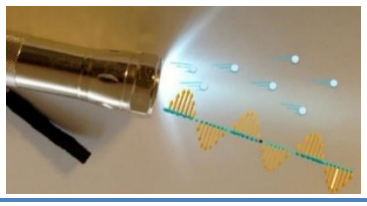
- فیزیک
  - ۱) کلاسیک
    - مجموعه قوانین و نظریه های فیزیک که تا پایان قرن ۱۹ تدوین شده است. (مکانیک نیوتنی، ترمودینامیک و نظریه الکترومغناطیس ماکسول)
  - ۲) جدید (مدرن، نوین)
    - الف) نسبیت خاص : به مطالعه ی پدیده ها در تندی های بسیار زیاد و قابل مقایسه با سرعت نور می پردازد.
    - ب) نسبیت عام : به مطالعه ی هندسه فضا – زمان و گرانش می پردازد.
    - ج) کوانتومی: به مطالعه ی پدیده ها در مقیاس بسیار کوچک (در حد ابعاد اتم و ذره های سازنده آن ها) می پردازد.







۴-۱ انرژی امواج الکترومغناطیس



طبق نظریهٔ اینشتین، یک موج الکترومغناطیسی با بسامد f را می‌توان به‌صورت مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی درنظر گرفت. به هر یک از این بسته‌ها یک فوتون می‌گویند. بنابراین انرژی یک موج الکترومغناطیس شامل n فوتون به‌صورت زیر بدست می‌آید.

انرژی امواج الکترومغناطیس	مقدار انرژی ای که جسم به صورت تابش های الکترومغناطیسی گسیل می کند، همواره مضرب درستی از مقدار یک مقدار پایه است. $E = nhf = nh\frac{c}{\lambda}$ این مقدار پایه (hf) به بسامد موج الکترومغناطیسی بستگی دارد و به آن فوتون یا کوانتوم انرژی می گویند.	
$E = nhf$	hf : فوتون یا کوانتوم انرژی	h : ثابت پلانک $h = ۶.۶۳ \times ۱۰^{-۳۴}\ J.s$
فوتون hf	هر موج الکترومغناطیسی از تعدادی بسته ی انرژی (کوانتوم های انرژی) تشکیل شده است.	
یکای دیگر انرژی	ژول در مقیاس اتمی واحد بزرگی می باشد، به همین خاطر از واحدی به نام الکترون ولت استفاده می کنند. یک الکترون ولت برابر مقدار انرژی مورد نیاز برای عبور یک الکترون از اختلاف پتانسیل یک ولت است. انرژی یک الکترون در عبور از اختلاف پتانسیل یک ولت $= ۱.۶\times۱۰^{-۱۹}C \times ۱\ V = ۱.۶\times۱۰^{-۱۹}J = ۱\ eV$ $eV \xrightarrow{\times(۱/۶\times۱۰^{-۱۹})=\times e} J \qquad J \xrightarrow{\div(۱/۶\times۱۰^{-۱۹})=\div e} eV$	
تبدیل	$۱eV = ۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\ J$ $h = ۶/۶۳\times۱۰^{-۳۴}\ J.s = \frac{۶/۶۳\times۱۰^{-۳۴}}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}} eV.s \rightarrow h = ۴/۱۴\times۱۰^{-۱۵} eV.s$ دقت کنید که در هنگام استفاده از رابطهٔ $E = nhf$ اگر h بر حسب eV.s داده شود و انرژی بر حسب e.V خواسته شود. نیازی به تبدیل واحد نیست. در حل مسائل برای افزایش سرعت در محاسبات می‌توانیم مقدار hc در رابطهٔ $E = n\frac{hc}{\lambda}$ به‌طور تقریبی برابر ۱۲۴۰eV.nm جای‌گذاری کنیم. دقت کنید که در این صورت طول موج باید بر حسب نانومتر جای‌گذاری شود و انرژی موج موردنظر بر حسب الکترون‌ولت به‌دست می‌آید. $h : eV.s \xrightarrow{\times(۱/۶\times۱۰^{-۱۹})=\times e} J.s \qquad J.s \xrightarrow{\div(۱/۶\times۱۰^{-۱۹})=\div e} eV.s$ مقدار $hc = ۱۲٤۰\ ev.nm$ حفظ شود.	
توان بگن	هر جای فیزیک بحث توان شد یاد ابی پا پتی بیفت! $\left.\begin{matrix} E = Pt \\ E = nhf = nh\frac{c}{\lambda} \end{matrix}\right\} \rightarrow \boxed{Pt = nhf = nh\frac{c}{\lambda}} \rightarrow \boxed{\frac{P_۲t_۲}{P_۱t_۱} = \frac{n_۲f_۲}{n_۱f_۱} = \frac{n_۲\lambda_۱}{n_۱\lambda_۲}}$	
تعداد فوتون بخوان	انرژی هر فوتون رو حساب کن با $E = hf = h\frac{c}{\lambda}$ انرژی کل رو حساب کن با $E_{total} = Pt$ ، انرژی فوتون های خروجی با استفاده از توان خروجی حساب میشه که همون انرژی کل توان های خروجی بهش میگن. تعداد فوتون میشه : $n = \frac{E_{total}}{E}$	
بازده بخوان (حتی لیزر که گفتن ....)	$Ra = \frac{E_{Khoroji}}{E_{voroodi}} \times ۱۰۰ = \frac{P_{Khoroji}}{P_{voroodi}} \times ۱۰۰$	

نکته ۱: انرژی امواج الکترومغناطیسی کمیتی کوانتومی است و هر مقداری نمی‌تواند داشته باشد. به‌عبارت دیگر انرژی امواج الکترومغناطیسی مضرب درستی از یک مقدار پایه است که این مقدار پایه، انرژی یک فوتون (hf) است.

نکته۲:در طیف امواج الکترومغناطیسی هرچه از سمت پرتوهای گاما به سمت امواج رادیویی حرکت کنیم. بسامد موج موردنظر کاهش یافته و در نتیجه انرژی فوتون‌های آن‌ها نیز کاهش می‌یابد. به‌عبارت دیگر داریم:

کاهش بسامد، کاهش انرژی فوتون، افزایش طول موج ←

امواج رادیویی	میکروموج	فروسرخ	نورمرئی	فرابنفش	پرتوهای x	پرتوهای گاما

نکته۳: هنگامی که یک موج الکترومغناطیسی از یک محیط وارد محیط دیگر می‌شود، تندی انتشار آن تغییر می‌کند و طبق رابطهٔ $\lambda = \frac{v}{f}$ با تغییر تندی، طول موج آن نیز تغییر خواهد کرد. اما از آنجایی که بسامد امواج تابع شرایط منبع موج است. با تغییر محیط، بسامد و انرژی فوتون‌ها ثابت مانده و تغییر نمی‌کند.

نکته۴: هر وقت محدوده یک موج الکترو رو پرسیدن، طول موج رو به دست بیار . امواج رادیویی طول موجشون در حدود متر و کیلومتر هستش! نور مرئی هم که ۴۰۰ تا ۷۵۰ میگن!

چند آیتمی ۱:یک چشمه نور مرئی با توان ۱۰۰ وات ، فوتون هایی با طول موج ۵۵۰ نانومتر گسیل می کند.

الف : انرژی هر فوتون بر حسب الکترون ولت :

$$E = \frac{۱/۲۴\times۱۰^{۳}\,\text{eV.nm}}{۵۵۰\,\text{nm}} = ۲/۲۵\,\text{eV}$$

ب: چه تعداد فوتون در هر ثانیه از این چشمه نور گسیل می کند؟

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

$$E = pt = (۱۰۰\text{W})(۱\text{s}) = ۱۰۰\text{J} = (۱۰۰\text{J})(\frac{۱\text{eV}}{۱/۶۰\times۱۰^{-۱۹}\text{J}}) = ۶/۲۵\times۱۰^{۲۰}\,\text{eV}$$

نسبت این انرژی به انرژی هر فوتون که در قسمت الف پیدا کردیم، شمار فوتون‌های گسیل‌شده از این چشمه را در هر ثانیه به‌دست می‌دهد. به این ترتیب داریم :

$$n = \frac{۶/۲۵\times۱۰^{۲۰}\,\text{eV}}{۲/۲۵\text{eV}} = ۲/۷۷\times۱۰^{۲۰}$$

ج: بسامد نور فرودی :

د: اگر توان و در نتیجه شدت چشمه نور فرودی به نصف کاهش پیدا کند، شمار فوتون های گسیل شده از چشمه در هر دقیقه چه تغییری می کند؟

چند آیتمی۲: توان باریکه نور خروجی یک لیزر گازی هلیم نئون $5mW$ است. اگر توان ورودی این لیزر ۵۰ وات باشد:

الف: بازده لیزر ؟

ب: اگر طول موج باریکه نور خروجی ۶۳۳ نانومتر باشد، شمار فوتون هایی را پیدا کنید که در هر ثانیه از این لیزر گسیل میشود.

الف) بازده $R_a = \frac{\text{توان خروجی}}{\text{توان ورودی}} = \frac{۵/۰\times۱۰^{-۳}\,W}{۵۰/۰\,W} = ۱۰^{-۴}$ که برابر ۰/۰۱ درصد است.

ب) ابتدا انرژی هر فوتون خروجی را پیدا می‌کنیم.

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{۱۲۴۰\,eV.nm}{۶۳۳\,nm} = ۱/۹۶\,eV$$

$$= (۱/۹۶\,eV)(\frac{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\,J}{۱\,eV}) = ۳/۱۳\times۱۰^{-۱۹}\,J$$

انرژی کل فوتون‌های خروجی در هر ثانیه برابر است با :

$$E_t = Pt = (۵/۰\times۱۰^{-۳}\frac{J}{s})(۱s) = ۵\times۱۰^{-۳}\,J$$

تعداد فوتون‌های خروجی در هر ثانیه برابر است با :

$$n = \frac{E_t}{E} = \frac{۵\times۱۰^{-۳}\,J}{۳/۱۳\times۱۰^{-۱۹}\,J} = ۱/۵۹\times۱۰^{۱۶}$$

تست ۱:

اختلاف طول موج پرتوهای A و B برابر ۴ نانومتر است. اگر کوانتوم انرژی پرتو B، ۳ برابر کوانتوم انرژی پرتو A باشد، طول موج پرتوهای A و B بر حسب نانومتر به ترتیب از راست به چپ کدام‌اند؟

۱) ۱ و ۵ ۲) ۲ و ۶ ۳) ۱ و ۵ ۴) ۲ و ۶

پاسخ: گزینه ۲ چون کوانتوم انرژی پرتو B ، سه برابر کوانتوم انرژی پرتو A می‌باشد پس:

$$\left.\begin{array}{l}\lambda_A = ۳\lambda_B \\ \lambda_A - \lambda_B = ۴nm\end{array}\right\} \Rightarrow ۲\lambda_B = ۴ \Rightarrow \lambda_B = ۲nm \Rightarrow \lambda_A = ۳\times۲ = ۶nm$$

تست ۲:

یک لامپ ۲۰۰ وات، نور بنفش با طول موج $۴۰۰nm$ گسیل می‌کند. یک لامپ ۲۰۰ واتی دیگر نور زرد با طول موج $۶۰۰nm$ گسیل می‌کند. تعداد فوتون‌هایی که در هر ثانیه از لامپ زرد گسیل می‌شود، چند برابر تعداد فوتون‌هایی است که در همین مدت از لامپ بنفش گسیل می‌شود؟

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

پاسخ: گزینه ۳

$$\left.\begin{array}{l}E = nh\frac{C}{\lambda} \\ E = P\cdot t\end{array}\right\} \Rightarrow \begin{array}{l}P_Y t_Y = n_Y\frac{hC}{\lambda_Y} \\ P_V t_V = n_V\frac{hC}{\lambda_V}\end{array} \xrightarrow{\text{تقسیم دو رابطه}} \frac{۲۰۰\times۱}{۲۰۰\times۱} = \frac{n_Y}{n_V}\times\frac{\frac{۱}{۶۰۰}}{\frac{۱}{۴۰۰}} \Rightarrow \frac{n_Y}{n_V} = \frac{۳}{۲}$$

تست ۳:

انرژی هر کوانتوم یک موج الکترومغناطیسی $۴\times۱۰^{-۷}eV$ است. این موج در کدام ناحیه از طیف امواج الکترومغناطیسی قرار دارد؟ ($e = ۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$ ، $c = ۳\times۱۰^{۸}\frac{m}{s}$ و $h = ۶/۶۳\times۱۰^{-۳۴}J\cdot s$)

۱) رادیویی ۲) نور مرئی ۳) فرا بنفش ۴) فرو سرخ

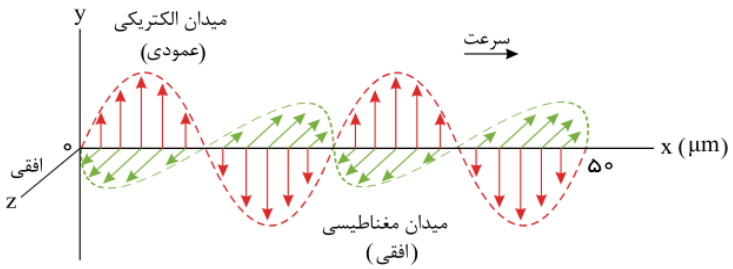
پاسخ: گزینه ۱

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E} = \frac{[۶/۶۳\times۱۰^{-۳۴}J\cdot s][۳\times۱۰^{۸}\frac{m}{s}]}{(۴\times۱۰^{-۷})(۱/۶\times۱۰^{-۱۹}J)} \Rightarrow \lambda = \frac{۱۹/۸۹}{۶/۴}\,(\frac{۱۰^{-۲۶}}{۱۰^{-۲۶}}) \cong ۳/۱m > ۷۰۰nm$$

انرژی هر کوانتوم $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ مربوط به امواج رادیویی است. $\Rightarrow$

تست۴:

شکل زیر، تصویری از یک موج الکترومغناطیسی است که در خلأ در حال انتشار است. انرژی هریک از فوتون‌های این موج چند الکترون- ولت است؟ ($h = ۴ \times ۱۰^{-۱۵} eV \cdot s$ ،$c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}$)



۱) ۲٫۴
۲) $۲٫۴ \times ۱۰^{-۲}$
۳) ۴٫۸
۴) $۴٫۸ \times ۱۰^{-۲}$

پاسخ: **گزینه ۴** هنگام انتشار یک موج الکترومغناطیسی در خلأ، میدان‌های الکتریکی مغناطیسی هم فازند. (در فواصل نسبتاً دور از چشمه). یعنی باهم بیشینه و باهم کمینه مقدار خود را پیدا می‌کنند. ضمن این‌که این دو میدان با یک تندی حرکت می‌کنند و هم بسامد هم هستند. پس طبق رابطهٔ $\lambda = \frac{v}{f}$، طول موج‌های یکسانی دارند.

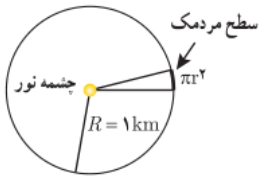
$$۲\lambda = ۵۰\mu m \Rightarrow \lambda = ۲۵\mu m = ۲۵ \times ۱۰^{-۶} m$$

$$\text{انرژی هر فوتون } E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{۴ \times ۱۰^{-۱۵} eV \cdot s \times ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}}{۲۵ \times ۱۰^{-۶} m} = \frac{۱۲}{۲۵} \times ۱۰^{-۱} = ۴٫۸ \times ۱۰^{-۲} eV \Rightarrow E = ۴٫۸ \times ۱۰^{-۲} eV$$

تمرین کتاب:

یک لامپ رشته‌ای با توان ۱۰۰ وات از فاصله یک کیلومتری دیده می‌شود.

فرض کنید نور لامپ به طور یکنواخت در فضای اطراف آن منتشر می‌شود و بازده لامپ ۵ درصد است (یعنی ۵ وات تابش مرئی گسیل می‌کند) و فقط ۱ درصد این تابش دارای طول موجی در حدود ۵۵۰ نانومتر است. در هر ثانیه چه تعداد فوتون با این طول موج وارد مردمک های چشم ناظری می‌شود که در این فاصله قرار دارد؟ (قطر مردمک ۲ نانومتر در نظر بگیرید)



چشمهٔ نور را در مرکز کره‌ای به شعاع ۱km در نظر می‌گیریم.

ابتدا تعداد فوتون‌هایی را که با طول موج ۵۵۰nm از لامپ در هر ثانیه گسیل می‌شود به‌دست می‌آوریم.

انرژی کل فوتون‌های خروجی با طول موج ۵۵۰nm در هر ثانیه برابر است با :

$$E_t = \frac{۱}{۱۰۰}(۵/۰ \frac{J}{s})(۱s) = \frac{۵}{۱۰۰} J$$

انرژی هر فوتون با طول موج ۵۵۰nm برابر است با :

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{۱۲۴۰ eV.nm}{۵۵۰ nm} = ۲/۲۵ eV$$

$$= (۲/۲۵ eV)(\frac{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} J}{۱ eV}) = ۳/۶۰ \times ۱۰^{-۱۹} J$$

تعداد فوتون‌هایی که در هر ثانیه با طول موج ۵۵۰nm از این لامپ گسیل می‌شود برابر است با :

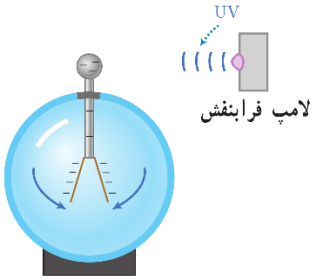
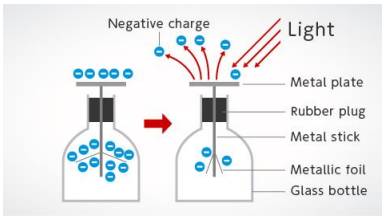
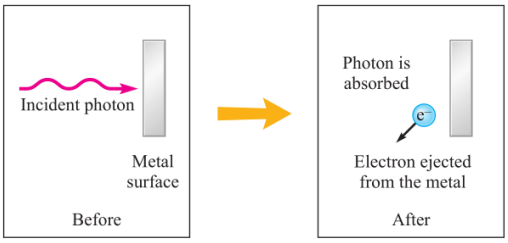
$$n = \frac{E_t}{E} = \frac{۰/۰۵ J}{۳/۶ \times ۱۰^{-۱۹} J} = ۱/۳۸ \times ۱۰^{۱۷}$$

به این ترتیب تعداد فوتون‌هایی که با این طول موج وارد چشم ناظر می‌شوند برابر است با :

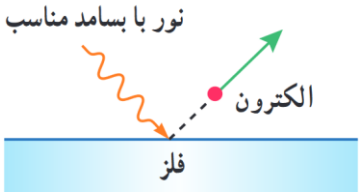
$$n' = \left(\frac{\pi r^۲}{۴\pi R^۲}\right) n = \left(\frac{۱۰^{-۶} m^۲}{۴ \times ۱۰^{۶} m^۲}\right)(۱/۳۸ \times ۱۰^{۱۷}) \Rightarrow n' = (\frac{۱/۳۸}{۴}) \times ۱۰^{۵} = ۳/۴۵ \times ۱۰^{۴}$$

۲-۴ فوتوالکتریک از کجا شروع شد؟

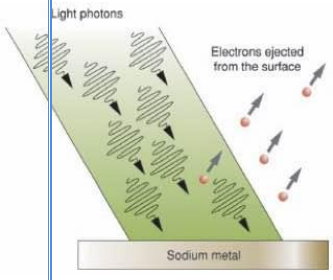
آزمایش آقای هرتز باعث شد پدیده ای به نام فوتو الکتریک جذاب دوست داشتنی ایجاد بشه!

بازی با الکتروسکوپ باردار با بار منفی		
آزمایش	**نتیجه**	**تکمیلی**
تاباندن نور معمولی (نور زرد اتاقت)	**هیچ تغییر خاصی رخ نداد**	**اومد به جای لامپ زرد ۱۰۰ وات ، یک لامپ زرد ۲۰۰ وات گذاشت!** **یعنی شدت نور رو زیاد کرد، اما بسامد که ثابته . چون همون نور زرد رنگه!** **اما مشاهده کرد که تغییری ایجاد نشد! (یه فوتون نتونه، ۱۰۰ تا هم نمیتونن)**
تاباندن نور فرابنفش (تاباندن نور با بسامد بیشتر!) 	**عه! تیغه ها به هم نزدیک شدن!** **یعنی الکترون ها کنده شدن!** **الکترون‌ها، انرژی نور فرودی را جذب می‌کنند و از سطح فلز خارج می‌شوند.** 	**با زیاد شدن شدت نور فرابنفش (زیاد شدن فوتون ها) سرعت بسته شدن تیغه ها بیشتر می شود.** **این پدیده فیزیکی را، اثر فوتوالکتریک و الکترون‌های جدا شده از سطح فلز را فوتوالکترون می‌نامند.** 

بنابر نظر اینشتین، وقتی نوری تکفام بر سطح فلزی می‌تابد، هر فوتون صرفاً به یکی از الکترون‌های فلز برهم‌کنش می‌کند. اگر فوتون انرژی کافی داشته باشد تا فرایند خارج کردن الکترون از فلز را انجام دهد، الکترون به‌طور آنی از آن گسیل می‌شود. اما اگر فوتون مورد نظر انرژی لازم را نداشته باشد، نمی‌تواند از سطح فلز الکترونی جدا کند.



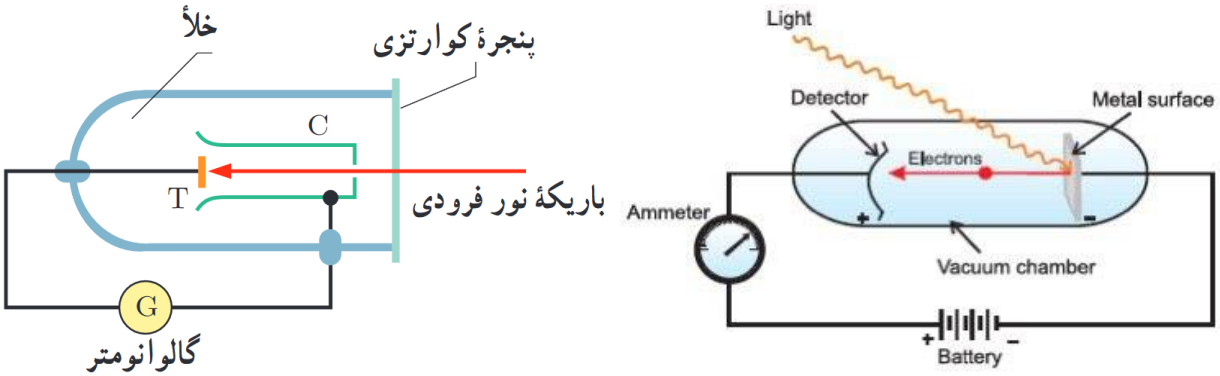
به‌طور مثال مطابق شکل هنگامی که به کلاهک الکتروسکوپ باردار، پرتوی فرابنفش می‌تابانیم، چون فوتون‌های امواج فرابنفش انرژی زیادی دارند باعث گسیل فوتوالکترون‌ها از کلاهک الکتروسکوپ می‌شوند و بار الکتروسکوپ کاهش یافته و تیغه‌ها به هم نزدیک می‌شوند. اما اگر به همین الکتروسکوپ، نور معمولی بتابد، چون فوتون‌های نور مرئی به اندازهٔ کافی انرژی ندارد، نمی‌توانند باعث کنده شدن الکترون از کلاهک الکتروسکوپ شوند. بنابراین تغییر در بار الکتریکی و فاصلهٔ تیغه‌های الکتروسکوپ ایجاد نمی‌شود.



سوال: اگه شدت نور معمولی زیاد بشه چی؟ باز هم ؟ *اینو برون که افزایش شدت نور تاثیری در کنده شدن الکترون ها ندارد!*

سوال : اگر نور بنفش همینطور بتابانیم، چی میشه؟ *دو تیغه به هم نزدیک میشن. بعدش که این تاباندن رو ادامه بدهیم، تیغه ها از هم باز میشن .*

۴-۲-۱ سلول فوتوالکتریک



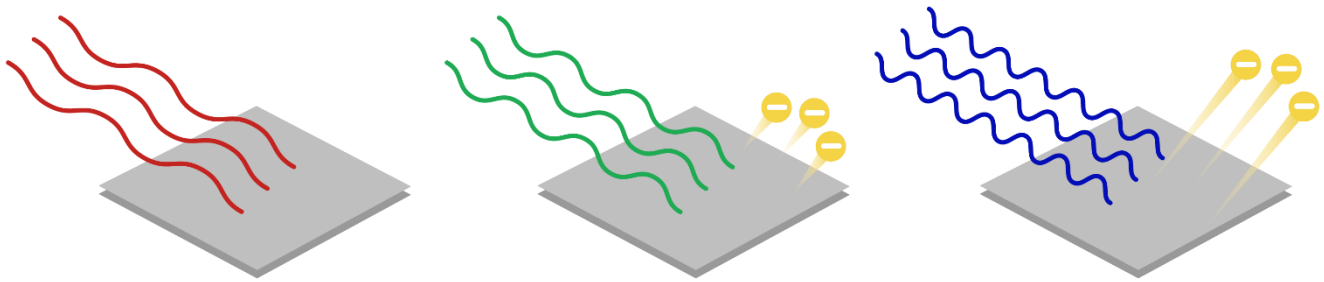
برای بررسی اثر فوتوالکتریک مطابق شکل زیر، از یک وسیلهٔ آزمایشگاهی ساده به نام سلول فوتوالکتریک استفاده می‌کنیم. این دستگاه از یک صفحهٔ فلزی هدف (T) و یک جمع‌کنندهٔ فلزی (C) تشکیل شده است که در محفظهٔ شیشه‌ای خلأ قرار دارند که از بیرون به یک گالوانومتر(آمپرسنج حساس) متصل شده‌اند. هنگامی که نوری با بسامد به قدر کافی زیاد، بر صفحهٔ T فرود می‌آید. فوتوالکترون‌ها را آزاد می‌کند. این فوتوالکترون‌ها به جمع‌کنندهٔ C می‌رسند و در نتیجه گالوانومتر عبور جریان را نشان می‌دهد.

نکته۵: اگر بسامد پرتو فرودی به قدر کافی زیاد باشد، فوتوالکترون‌ها از سطح فلز جدا شده و گالوانومتر عبور جریان را نشان می‌دهد. اگر در این حالت شدت پرتوهای فرودی را افزایش دهیم تعداد فوتون‌ها و در نتیجه تعداد فوتوالکترون‌ها افزایش یافته و در نتیجه گالوانومتر عدد بزرگتری را نشان می‌دهد.

نکته۶: اگر بسامد پرتو فرودی به قدر کافی زیاد نباشد. الکترون‌ها از سطح فلز جدا نمی‌شوند. در این حالت افزایش یا کاهش شدت پرتو فرودی تأثیری در پدیدهٔ فوتوالکتریک ندارد و جریانی از گالوانومتر عبور نمی‌کند و گالوانومتر عدد صفر را نشان می‌دهد.

طبق نظریه انیشیتن هر فوتون صرفاً با یکی از اکترون های فلز بر هم کنش می کند.

	فوتون تابیده شده به هر فلز	بسامد
انرژیش (زورش) زیاده	الکترون به طور آنی از سطح فلز گسیل می شود : یعنی ۱) بخشی صرف کندن ۲) مابقی به انرژی جنبشی الکترون خارج شده تبدیل می شود.	$f > f_\circ$
انرژیش (زورش) خوبه	الکترون بدون هیچ انرژی جنبشی ای در آستانه جدا شدن قرار می گیرد.	بسامد آستانه یا قطع : $f_\circ$
انرژیش (زورش) کمه	فوتون انرژی لازم را ندارد و الکترون جدا نمی‌شود و فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد.	$f < f_\circ$



چند آیتمی۳:

نوری با بسامد معین روی سطح فلز می تابانیم، پدیده ی فوتو الکتریک رخ نمی دهد. کدام موارد زیر می تواند باعث رخ دادن این پدیده شود ؟

۱) افزایش تعداد فوتون تابشی

۲) افزایش شدت نور تابشی با ثابت ماندن بسامد

۳) افزایش طول موج نور تابشی

۴) افزایش زمان تابش نور

۵) افزایش بسامد نور

۶) کاهش طول موج نور تابشی

۴-۲-۲ طول موج آستانه (طول موج قطع):

طول موج متناظر با بسامد آستانه، طول موج آستانه نام دارد و با $\lambda_{\circ}$ نشان داده می‌شود و داریم: $\lambda_{\circ} = \frac{c}{f_{\circ}}$

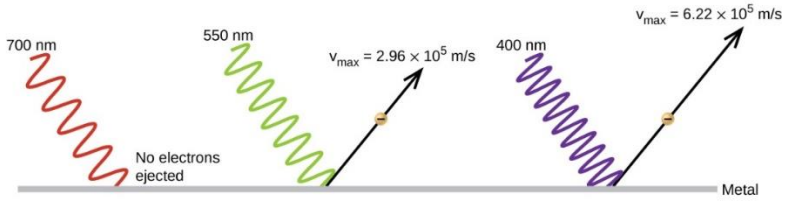
نکته۷: در مقایسهٔ طول موج پرتو فرودی با طول موج آستانه از آنجایی که طبق رابطهٔ $\lambda_{\circ} = \frac{c}{f_{\circ}}$ طول موج با بسامد رابطهٔ عکس دارد می‌توانیم به‌صورت زیر عمل کنیم:

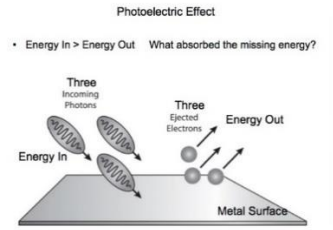
$\lambda > \lambda_{\circ} \Rightarrow f < f_{\circ}$ فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد.

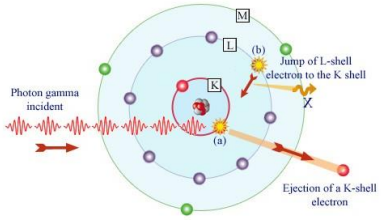
$\lambda = \lambda_{\circ} \Rightarrow f = f_{\circ}$ الکترون در آستانهٔ جدا شدن از فلز قرار می‌گیرد.

$\lambda < \lambda_{\circ} \Rightarrow f > f_{\circ}$ نه تنها الکترون از فلز جدا می‌شود بلکه دارای انرژی جنبشی نیز می‌باشد.

خلاصه	
فوتون	هر موج الکترومغناطیسی از تعدادی بسته ی انرژی (کوانتوم های انرژی) تشکیل شده است. که به این کوانتوم های انرژی فوتون گویند.
فوتوالکتریک	جدا شدن الکترون از سطح فلز به دلیل تاباندن نور با بسامد مناسب
فوتوالکترون	اکترون های کنده شده (خارج شده) از سطح فلز
بسامد مهمه	اثر فوتوالکتریک با هر بسامدی رخ نمی دهد.
شدت چی؟	اگر بسامد کافی نباشد، هرچه قدر شدت را هم زیاد کنیم اثر فوتو الکتریک رخ نمی دهد و جریانی از گالوانومتر عبور نمی‌کند و گالوانومتر عدد صفر را نشان می‌دهد. اگر بسامد کافی باشد، تعداد فوتون‌ها و در نتیجه تعداد فوتوالکترون‌ها افزایش یافته و در نتیجه گالوانومتر عدد بزرگتری را نشان می‌دهد. یعنی افزایش شدت نور : افزایش تعداد فوتون ها : افزایش فوتو الکترون ها در حالیکه انرژی جنبشی فوتو الکترون ها بدون تغییر می ماند.
بسامد قطع	به جنس فلز بستگی دارد.







۳-۲-۴ تفسیر نتایج تجربی در چارچوب فیزیک کلاسیک

تفسیر نتایج تجربی در چارچوب فیزیک کلاسیک با دو مشکل عمده روبرو شد:

۱) مشکل شدت	• مطابق نظریه موجی نور: با افزایش شدت نور (بدون تغییر بسامد آن)، دامنه ی میدان الکتریکی نور افزایش می یابد و طبق رابطه ی $F = Eq$ باید نیروی وارد بر الکترون ها و در نتیجه K_{max} افزایش یابد. این در حالی است که نمودار نشان می دهد که افزایش شدت نور در ولتاژ متوقف کننده بی تاثیر است.
	• مطابق نظریه فیزیک کوانتوم: با افزایش شدت نور، تعداد فوتون ها افزایش می یابد، اما انرژی هر فوتون و در نتیجه K_{max} تغییری نمی کند. چون انرژی به بسامد نور بستگی دارد و بسامد تغییری نکرده!
۲) مشکل بسامد	مطابق نظریه کلاسیک نور، اگر شدت نور تابشی بر سطح یک فلز به اندازه ی کافی باشد، ریزش الکترون ها از سطح آن، در هر بسامدی اتفاق بیفتد. این در حالی است که اگر بسامد نور فرودی، کوچک تر از بسامد قطع باشد، پدیده فوتو تحت هیچ شرایطی ظاهر نمی شود.

۴-۳ نظریه تابشی اجسام

تابش گرمایی جسم	هر جسمی در هر دمایی از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل می کند. این تابش به علت دمای هر جسم می باشد. نکته۸: طیف گسیل شده از جسم در این حالت در محدوده ی گسیل شده، پیوسته است. نکته۹: تابش گرمایی اجسام در دماهای عادی بیشتر در محدوده ی فروسرخ است که برای چشم ما قابل رویت نیست.
یک مثال	وقتی یک تکه فلز را گرم می کنیم، ابتدا نارنجی و سپس با گسیل تمام موج های مرئی و بالا بردن دما نهایتاً سفید می شود.
علت	زمانیکه دمای جسم را بالا می بریم، طول موج گسیل شده از این اجسام به سمت طول موج های کوتاه تر می رود، در نتیجه این اجسام نور مرئی هم تابش می کنند و برای ما قابل رویت می شود.
عوامل موثر بر تابش گرمایی	۱) دمای جسم ۲) بعضی از خصوصیات سطح جسم
شدت تابش	مقدار کل انرژی تابش های الکترو مغناطیسی ای (نوری) که در واحد زمان از واحد سطح جسم گسیل می شود $I = \frac{E}{S.t} = \frac{P}{S} = \frac{nhf}{S.t} = \frac{nhc}{\lambda.S.t} \rightarrow I \alpha nf$ مثل شدت صوت اما اون انرژی مکانیکی بود و این انرژی الکترو	واحد ها هم یکسان

۴-۳-۱ ۳ نکته مهم این قسمت

۱) اگر بسامد ما کمتر از بسامد آستانه باشه (یا طول موج ما بیشتر از طول موج آستانه باشه) یعنی زورش کم باشه، پدیده فوتو رخ نمیده! حالا تو هی بیا شدت نور رو زیاد کن و این بسامد و طول موج آستانه به جنس فلزت بستگی داره.

۲) افزایش شدت نور (با ثابت ماندن بسامد) فقط سبب افزایش تعداد فوتون ها میشه! اما برای کندن باید زور کافی داشته باشه.

۳) هر فوتون میره سراغ یک الکترون.

تست ۵:

در دمای معینی ازجسمی نورهای نارنجی و بنفش با شدت‌های مساوی تابش می‌شود. اگر در مدت معینی $۱٫۲ \times ۱۰^{۲۱}$ فوتون نور نارنجی از آن تابش شود، درآن مدت چه تعداد فوتون نوربنفش از آن تابش می‌گردد؟ ($\lambda = ۰٫۶\mu m$ نارنجی و $\lambda = ۰۴\mu m$بنفش)

۱) $۱٫۲ \times ۱۰^{۲۱}$ ۲) ۶×۱۰^{۲۰} ۳) ۴×۱۰^{۲۰} ۴) ۸×۱۰^{۲۰}

پاسخ: گزینه ۴

چون شدت‌های تابشی برای آن دو طول موج و به عبارتی انرژی‌های تابشی در مدت معینی از هر دو برابر است، پس از رابطه‌ی پلانک خواهیم داشت:

$$E = nh\frac{c}{\lambda} \Rightarrow \frac{\text{بنفش}}{\text{نارنجی}} \frac{E_۲}{E_۱} = \frac{n_۲}{n_۱} \times \frac{\lambda_۱}{\lambda_۲} \Rightarrow ۱ = \frac{n_۲}{n_۱} \times \frac{\lambda_۱}{\lambda_۲} \Rightarrow \frac{n_۲}{n_۱} = \frac{\lambda_۲}{\lambda_۱} \Rightarrow \frac{n_۲}{۱٫۲ \times ۱۰^{۲۱}} = \frac{۰٫۴}{۰٫۶}$$

$$\Rightarrow n_۲ = ۰٫۸ \times ۱۰^{۲۱} = ۸ \times ۱۰^{۲۰}$$

تست ۶:

از لامپی به شکل کره به شعاع ۵ سانتی‌متر به طور یکنواخت نور نارنجی به طول موج ۰٫۶ میکرون در همه‌ی جهت‌ها با شدت $۲ \times ۱۰^{۵} \frac{W}{m^۲}$ تابش می‌گردد. از سطح آن در مدت ۵ ثانیه چه تعداد فوتون تابش می‌گردد؟

($\pi = ۳$ و $h = ۶ \times ۱۰^{-۳۴} J \cdot s$ و $c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}$)

۱) $۱۰^{۲۳}$ ۲) $۱۰^{۲۲}$ ۳) $۱۰^{۱۷}$ ۴) ۵×۱۰^{۲۲}

پاسخ: گزینه ۱

مساحت سطح کره (لامپ) $A = ۴\pi r^۲ = ۴ \times ۳ \times (۵ \times ۱۰^{-۲})^۲ = ۳ \times ۱۰^{-۲} m^۲$

$$I = \frac{P}{A} = \frac{\frac{E}{t}}{A} = \frac{E}{tA}$$

$$E = IAt = ۲ \times ۱۰^{۵} \times ۳ \times ۱۰^{-۲} \times ۵ = ۳ \times ۱۰^{۴} J$$

$$E = nh\frac{c}{\lambda} \Rightarrow ۳ \times ۱۰^{۴} = n \times ۶ \times ۱۰^{-۳۴} \times \frac{۳ \times ۱۰^{۸}}{۰٫۶ \times ۱۰^{-۶}} \Rightarrow n = ۱۰^{۲۳}$$

۴-۴ طیف اتمی (غیر قابل تفسیر از طریق فیزیک کلاسیک)

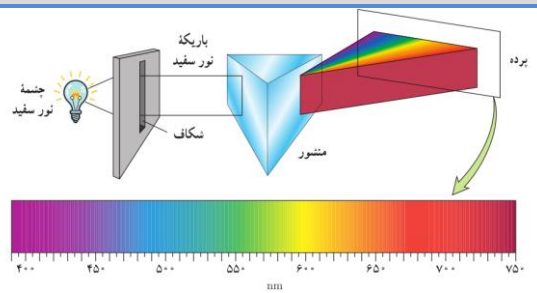
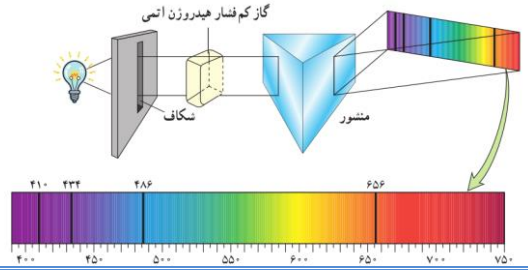
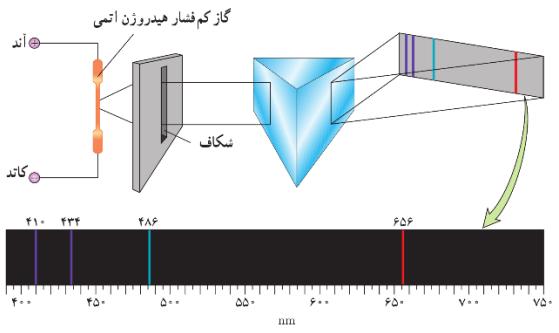
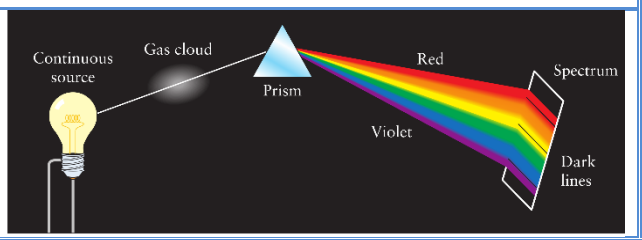
اگر بخار یک عنصر را تحت یک ولتاژ قوی قرار دهیم، خواهیم دید که شروع به تابش می کند.

حال اگر نور حاصل از این گاز را از یک منشور عبور دهیم و آن را روی صفحه ی طیف نما تشکیل دهیم، یک سری خطوط مجزا روی صفحه تشکیل می شود که توسط آن می توانیم آن گاز را شناسایی کنیم. به این کار طیف نمایی گویند.

بنابراین طیف نور گسیل شده از بخار هر عنصر را طیف اتمی گویند و طیف اتمی عنصرهای مختلف، متفاوت می باشد.

چرا هر عنصر طیف مخصوص به خود را دارد؟ سوالی که با فیزیک کلاسیک برای آن پاسخی پیدا نشد.

از دیدگاه دیگر می‌توان طیف‌ها را به دو دستهٔ پیوسته و خطی تقسیم‌بندی کرد. در طیف‌های پیوسته‌ای از طول موج‌ها را شاهد هستیم، اما در طیف‌های گسسته فقط طول موج‌های معینی وجود دارند.

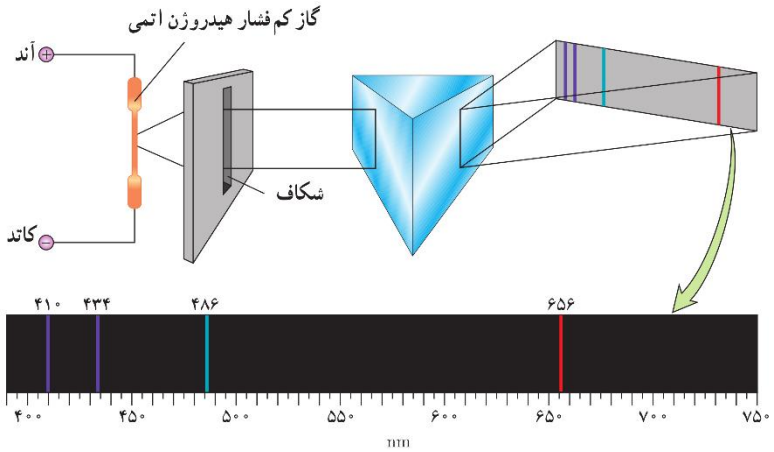
انواع طیف	نوع ایجاد طیف	شکل طیف حاصل	مثال	شکل
پیوسته	گسیلی (نشری)	گستره‌ای پیوسته از طول موج‌های مختلف	طیف حاصل از جامدات یا مایعات ملتهب مثل : رشته داغ یک لامپ روشن	 تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از برهم کنش قوی بین اتم های سازنده آن است.
	جذبی	گستره‌ای پیوسته از طول موج‌های مختلف	نور سفید از شیشهٔ رنگی	
خطی(گسسته)	گسیلی (نشری)	صفحه‌ای تاریک با خط‌های رنگی (طول موج‌های نشرشده)	طیف حاصل از بخار یک عنصر (مثل جیوه و نئون)	 گازهای کم فشار و رقیق که اتم های منفرد آن ها از برهم کنش های قوی موجود در جسم جامد آزادند به جای طیف پیوسته، طیفی گسسته را گسیل می کنند که شامل طول موج های معینی است. این طول موج ها برای اتم های هر گاز منحصر به فرد هستند و اطلاعاتی در مورد نوع و ساختار اتم های آن گاز به دست می دهند.
	جذبی	صفحه‌ای رنگی با خط‌های تاریک (طول موج‌های جذب‌شده)	عبور نور سفید از بخار یک عنصر	

ادامه جدول 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 کم فشار است استفاده می‌شود.

دو الکترود به نام‌های آند و کاتد در دو طرف این لامپ قرار دارد که به ترتیب به پایانه‌های مثبت و منفی یک منبع تغذیه با ولتاژ بالا وصل‌اند. این ولتاژ بالا، سبب تخلیه الکتریکی در گاز می‌شود و اتم‌های گاز درون لامپ شروع به گسیل نور می‌کنند.

آزمایش نشان می‌دهد که طیف خطی ایجاد شده و همچنین رنگ نور گسیل شده، به نوع گاز درون لامپ بستگی دارد.

در میان طیف گسیلی گازهای مختلف، طیف خطی هیدروژن اتمی هم از جنبه تاریخی و هم از جنبه نظری اهمیت خاصی دارد. طیف خطی این گاز در ناحیه مرئی، شامل یک رشته منظم از خط‌هایی است که محل آنها در شکل زیر نشان داده شده است.

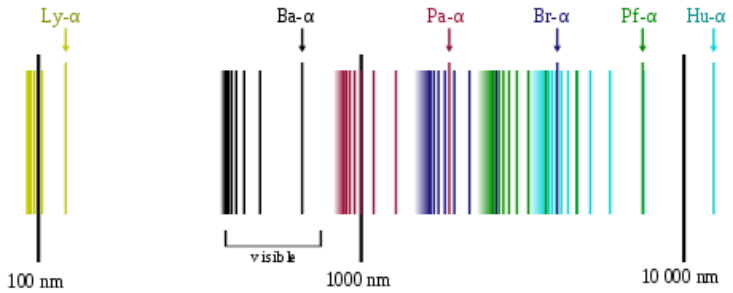


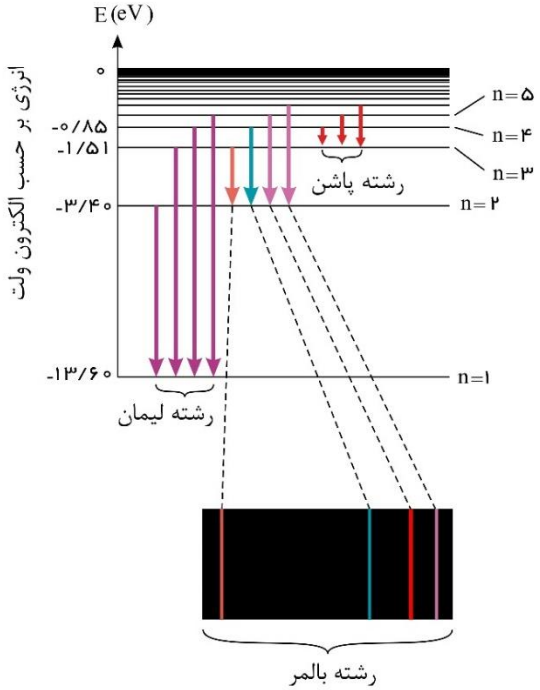
در سال ۱۸۸۵ میلادی، بالمر، ریاضی دان سوئیسی، رابطه‌ای ساده پیشنهاد کرد که طول موج هر یک از خط‌های شناخته شده مربوط به طیف گسیلی خطی هیدروژن اتمی را به دست می‌داد. این رابطه عبارت است از :

$$\lambda = ۳۶۴/۵۶ \frac{n^۲}{n^۲ - ۴} \quad , \quad n = ۳,۴,۵,۶$$

شمارهٔ n	شماره خط	ناحیهٔ فوتون گسیل‌شده در رشتهٔ بالمر
n= ۳	خط اول	مرئی (قرمز) $\lambda = ٦٥٦nm$
n = ۴	خط دوم	مرئی (آبی) $\lambda = ٤٨٦nm$
n = ۵	خط سوم	مرئی (نیلی) $\lambda = ٤٣٤nm$
n = ۶	خط چهارم	مرئی (بنفش) $\lambda = ٤١٠nm$
n = ۷ ,۸ ,...	مابقی خطوط	فرابنفش

۱-۴-۴ بررسی طول موج های طیف اتمی هیدروژن





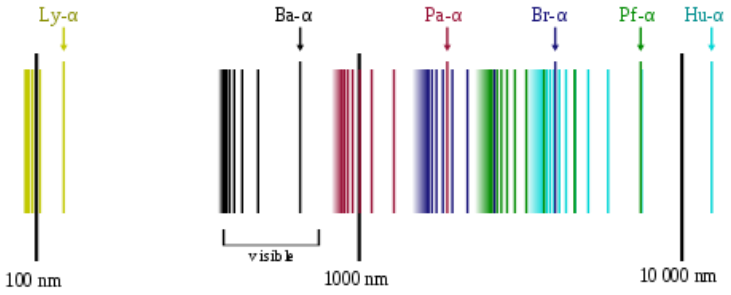
بالمر با تأمل بیشتر روی رابطه خود پیشنهاد کرد که ممکن است رشته‌های دیگری از خط‌هایی که تا آن زمان در طیف هیدروژن دیده نشده‌اند وجود داشته باشند.

ریدبرگ، فیزیک‌دان سوئدی، در راستای همین موضوع تلاش فراوانی برای کامل‌تر کردن طیف گسیلی خطی هیدروژن انجام داد و در سال ۱۸۸۸ میلادی معادله بالمر را به صورت زیر اصلاح و بازنویسی کرد:سپس ریدبرگ رابطه را به شکل روبرو اصلاح کرد:

$$\frac{۱}{\lambda} = R_H(\frac{۱}{n'^۲} - \frac{۱}{n^۲}) \quad n > n'$$

ثابت ریدبرگ: $R_H = ۰/۰۱۰۹\ (nm)^{-۱}$

که با قرار دادن $n' = ۲$ در رابطه ریدبرگ، رابطه بالمر به دست می آید.

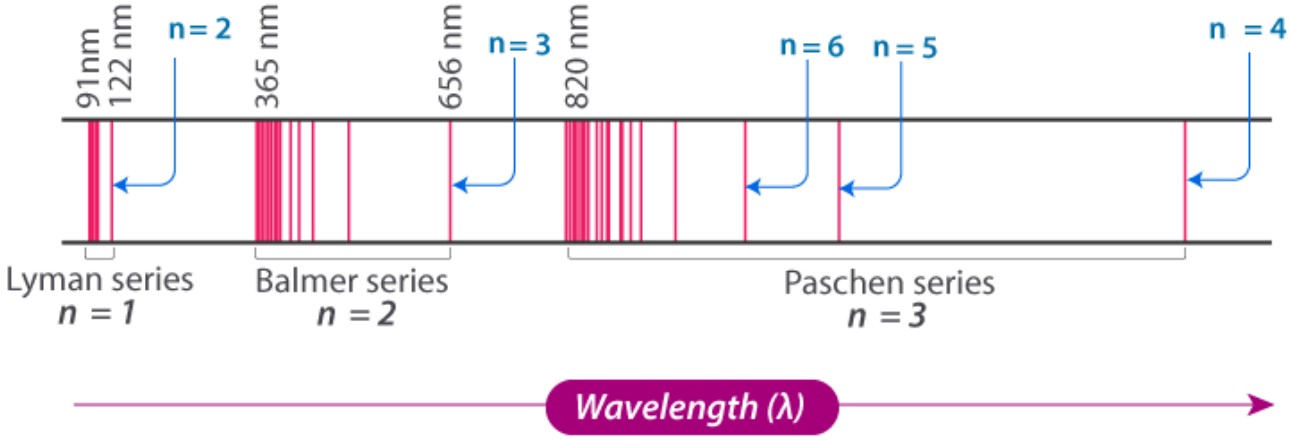


برای دیگر رشته ها داریم:

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad \text{یا} \quad \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2}\right)$$

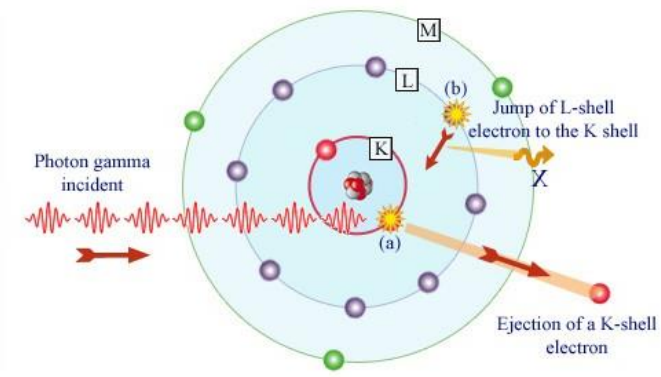
نام رشته	n_L یا n' ← شمارهٔ لایهٔ مقصد (لایه پایین‌تر)	n_U یا n ← شمارهٔ لایهٔ مبدأ (لایه بالاتر)	محدوده ی طول موج خطوط
لیمان	۱	۲و۳و۴....	فرابنفش | ۹۰-۱۲۰
بالمر	۲	۳و۴و۵....	فرابنفش(۷ به بعد) و مرئی(۳ , ۴ , ۵ , ۶) | ۳۶۵-۶۵۶ ۶۵۶ ۴۸۶ ۴۳۴ ۴۱۰
پاشن	۳	۴و۵و۶....	فروسرخ | ۸۲۰-۱۸۷۵
براکت	۴	۵و۶و۷....	فروسرخ | ۱۴۵۸-۴۰۵۱
پفوند	۵	۶و۷و۸....	فروسرخ | ۲۲۷۹-۷۴۶۰

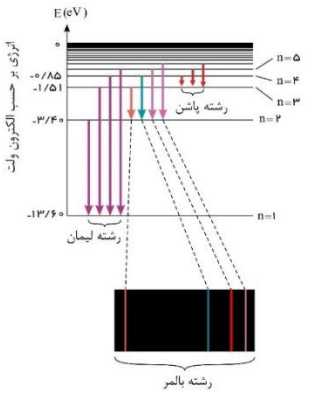
ل ب پایینیه براکت پف کرده! **لیلا بابا پاشو برو پفک بخر!**



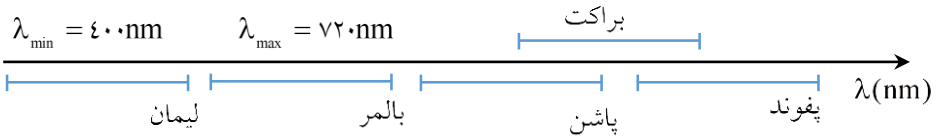
در رابطهٔ ریدبرگ اگر R بر حسب $(nm)^{-1}$ جای‌گذاری شود، λ بر حسب (nm) به‌دست می‌آید که معمولاً در سؤالات کنکور طول موج بر حسب نانومتر خواسته می‌شود و نیازی به تبدیل واحد نیست.

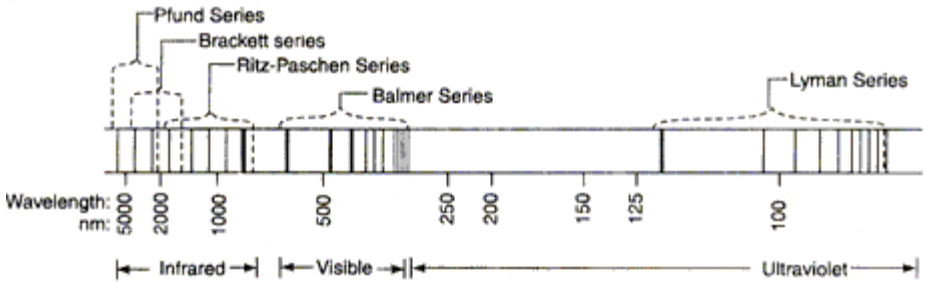
بر مبنای لایهٔ مقصد فوتون‌های گسیلی از اتم هیدروژن گروه‌بندی می‌شوند، به هر گروه در اصطلاح یک رشتهٔ اتمی گفته می‌شود و هر رشته را با نام یک دانشمند نام‌گذاری می‌کنند. به‌طور مثال اگر الکترون‌ها از لایهٔ بالاتر به لایهٔ شمارهٔ (۱) منتقل شوند، رشتهٔ مورد نظر را رشتهٔ لیمان می‌نامند و به الکترون‌ها و فوتون‌های مورد نظر الکترون لیمان یا فوتون لیمان می‌گویند.





نکته ۱۰: همان‌طور که در مثال‌های بالا مشاهده کردید، کمترین و بیشترین طول موج بالمر به‌ترتیب برابر ۴۰۰nm و ۷۲۰nm است و طول موج بقیه فوتون‌های گسیلی در رشتهٔ بالمر بین این دو مقدار است. در نمودار زیر کمترین و بیشترین طول موج رشته‌های مختلف با یک‌دیگر مقایسه شده‌اند.





با توجه به این نمودار می‌توانیم کمترین و بیشترین طول موج رشته‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه کنیم. به‌طور مثال می‌توانیم بگوییم λ_{min} بالمر از λ_{max} پاشن کمتر است. دقت کنید که طول موج‌های گسیلی در رشتهٔ براکت با طول موج‌های گسیلی در دو رشتهٔ پاشن و پفوند هم‌پوشانی دارد.

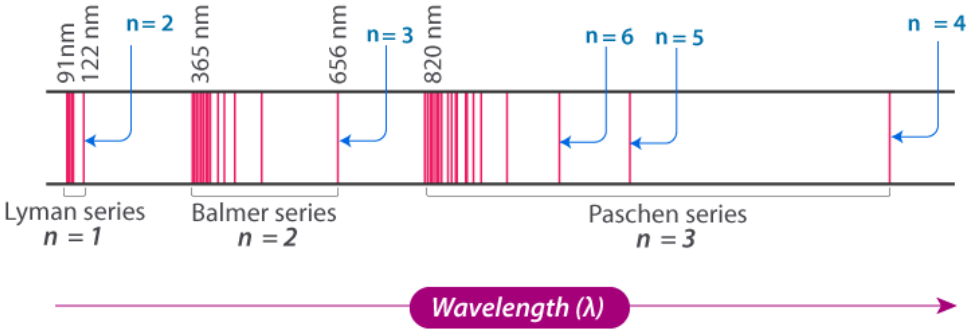
• هرچه مقدار n' بیشتر باشد، طول موج بیشتر می شود. (استثنا دارد و فقط تا $n' = ۳$ درست است) بعضی از طول موج های براکت از پاشن کوتاه تره / بعضی از طول موج های پفوند از براکت کوتاه تره
در یک رشته (n' ثابت) هرچقدر که مقدار **n** بیشتر شود، طول موج کوتاهتر می شود.

بلندترین طول موج یک رشته :	کوتاهترین طول موج یک رشته :
کمترین مقدار برای **n** یا رابطه ($n = n' + ۱$)	$n = \infty$

نکته ۱۱: همان‌طور که در جدول رشته‌های اتمی مشاهده کردید در رشتهٔ بالمر، فوتون‌های گسیل‌شده می‌توانند در ناحیهٔ مرئی یا فرابنفش باشند. به‌طور کلی چهار خط اول طیف بالمر که حاصل انتقال الکترون از لایه‌های ۳، ۴، ۵ و ۶ به لایهٔ ۲ است مربوط به طیف مرئی بوده و بقیه فوتون‌های گسیل‌شده مربوط به ناحیهٔ فرابنفش هستند. به عبارت دیگر داریم:

شمارهٔ لایهٔ مبدأ	ناحیهٔ فوتون گسیل‌شده در رشتهٔ بالمر
n= ۳	$\lambda = ۶۵۶nm$ (قرمز) مرئی
n = ۴	$\lambda = ۴۸۶nm$ (آبی) مرئی
n = ۵	$\lambda = ۴۳۴nm$ (نیلی) مرئی
n = ۶	$\lambda = ۴۱۰nm$ (بنفش) مرئی
n = ۷ ,۸ ,...	فرابنفش

نکته ۱۲: همان‌طور که گفتیم اگر در اتم هیدروژن الکترون از لایه‌های ..., ۴, ۳, ۲ به لایهٔ شمارهٔ (۱) بیاید به تمام فوتون‌های گسیل‌شده سری لیمان می‌گویند. حال اگر الکترون از یک لایه بالاتر از لایهٔ n_L به‌طور مثال از لایهٔ (۲) به لایهٔ (۱) بیاید، فوتو گسیل‌شده دارای کمترین انرژی، کمترین بسامد و بیشترین طول موج است و اگر از لایهٔ $n_U = \infty$ به لایهٔ n_L بیاید، فوتون مورد نظر دارای بیشترین انرژی، بیشترین بسامد و کمترین طول موج است.



۴-۴-۲ لپ کلام این قسمت

در هر رشته	به ازای کوچک ترین مقدار n در هر رشته ($n_{min}=n'+1$)، بلندترین طول موج آن رشته | کمترین بسامد و کم انرژی ترین فوتون آن رشته به دست می آید.
	به ازای $n=\infty$ ، کوتاه ترین طول موج | بیشترین بسامد و بیشترین انرژی فوتون آن رشته به دست می آید.
	محدوده طول موج ها در هر رشته با قراردادن مقادیر $\begin{cases} n' \\ n=n'+1 \end{cases}$ و $\begin{cases} n' \\ n=\infty \end{cases}$ به دست می آید.
نکته	به طور کلی هر چقدر اختلاف n و n' بیشتر شود (پرش بزرگ) ، طول موج کمتر، بسامد بیش تر و انرژی فوتون گسیل شده بیشتر.
مقایسه چند رشته با هم	هرچه مقدار n' بیشتر باشد، طول موج بیشتر می شود. (استثنا دارد و فقط تا $n'=3$ درست است) بعضی از طول موج های براکت از پاشن کوتاه تره / بعضی از طول موج های پفوند از براکت کوتاه تره

چند آیتمی ۴:

الف: اختلاف طول موج های اولین و دومین خط های طیف اتمی هیدروژن در رشته براکت ($n'=4$) را به دست آورید.

$$\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{4^2}-\frac{1}{5^2}\right)=R(2/25\times10^{-2})\Rightarrow\lambda=4077\text{nm}$$

$$\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{4^2}-\frac{1}{6^2}\right)=R(3/4725\times10^{-2})\Rightarrow\lambda=2642\text{nm}$$

ب: نسبت کوتاه ترین و بلندترین در رشته پفوند ($n'=5$) هیدروژن اتمی را به دست آورید.

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

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

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

ج: اولین خط مربوط به رشته پفوند : همان بلندترین می باشد.

تست ۷:

در طیف گسیلی هیدروژن، کوتاه‌ترین طول موج گسیلی چند نانومتر است و این گسیل مربوط به کدام رشته است؟

$$R=0/01(nm)^{-1}$$

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

پاسخ: گزینه ۲ کوتاه‌ترین طول موج زمانی اتفاق می‌افتد که $(n=1)$ رشتهٔ لیمان و $(n'=\infty)$ باشد:

$$\frac{1}{\lambda}=R_H\left(\frac{1}{n^2}-\frac{1}{n'^2}\right)=\frac{1}{100}\left(\frac{1}{1}-0\right)\Rightarrow\lambda=100nm$$

تست ۸:

در اتم هیدروژن، محدودهٔ تقریبی طول موج‌های رشتهٔ پاشن ($n'=۳$) برحسب میکرومتر کدام است؟

$(R=۰/۰۱nm^{-۱})$

۱) ۰/۹ تا ۲ ۲) ۰/۹ تا ۴/۴ ۳) ۱/۶ تا ۲ ۴) ۱/۶ تا ۴/۴

پاسخ: گزینه ۱ کافی است گسترهٔ طول موج‌های سری پاشن را بیابیم:

$$\frac{۱}{\lambda}=R(\frac{۱}{n'^{۲}}-\frac{۱}{n^{۲}})$$

$$n'=۳\Rightarrow\begin{cases}n=n'+۱\to\begin{cases}n=۴\\n'=۳\end{cases}\Rightarrow\frac{۱}{\lambda_{max}}=\frac{۱}{۱۰۰nm}(\frac{۱}{۳^{۲}}-\frac{۱}{۴^{۲}})=\frac{۷}{۱۴۴۰۰}\to\lambda_{max}\cong ۲۰۵۷nm\simeq ۲\mu m\\ n=\infty\to\begin{cases}n=\infty\\n'=۳\end{cases}\Rightarrow\frac{۱}{\lambda_{min}}=\frac{۱}{۱۰۰nm}(\frac{۱}{۳^{۲}}-\frac{۱}{\infty})\Rightarrow\lambda_{min}\cong ۹۰۰nm=۰/۹\mu m\end{cases}\Rightarrow\lambda_{min}\le\lambda\le\lambda_{max}$$

$$\Rightarrow ۰/۹\mu m\le\lambda\le ۲\mu m$$

تست ۹:

طول موج پنجمین خط طیف اتم هیدروژن در رشتهٔ بالمر ($n'=۲$) تقریباً چند نانومتر است و این خط در کدام گسترهٔ طیف موج‌های الکترومغناطیسی قرار دارد؟ $(R=۰/۰۱۱(nm)^{-۱})$

۱) ۴۳۳، مرئی ۲) ۴۳۳، فرابنفش ۳) ۳۹۶، فروسرخ ۴) ۳۹۶، فرابنفش

پاسخ: گزینه ۴

$$n'=۲\begin{cases}\nearrow\text{خط اول}\\\searrow\text{خط پنجم}\end{cases}n=۳\Rightarrow\frac{۱}{\lambda}=R(\frac{۱}{n'^{۲}}-\frac{۱}{n^{۲}})$$

$$\underbrace{(n'=۲\ \text{و}\ n=۳\ \text{و}\ ۴\ \text{و}\ ۵\ \text{و}\ ۶)}_{\text{سری بالمر - مرئی}}\ \text{و}\ \underbrace{(n=۷\ \text{و}\ ۸\ \text{و}\ \cdots)}_{\text{فرابنفش}}\Rightarrow\frac{۱}{\lambda}=\frac{۱۱}{۱۰۰۰nm}(\frac{۱}{۴}-\frac{۱}{۴۹})=\frac{۴۵\times ۱۱}{۱۹۶۰۰۰}\Rightarrow\lambda=\frac{۱۹۶۰۰۰}{۴۹۵}\approx ۳۹۶nm\ \text{فرابنفش}$$

۴-۵ مدل های اتمی

تامسون

مدل اتمی تامسون:

تامسون اولین شخصی بود که موفق به کشف الکترون و اندازه‌گیری نسبت بار به جرم الکترون شد. طبق مدل اتمی تامسون، اتم همچون کره‌ای است که بار مثبت به‌طور همگی در سرتاسر آن گسترده شده است و الکترون‌ها که سهم ناچیزی در جرم اتم دارند در جاهای مختلف آن پراکنده شده‌اند. این مدل را گاهی کیک کشمشی هم می‌گویند.

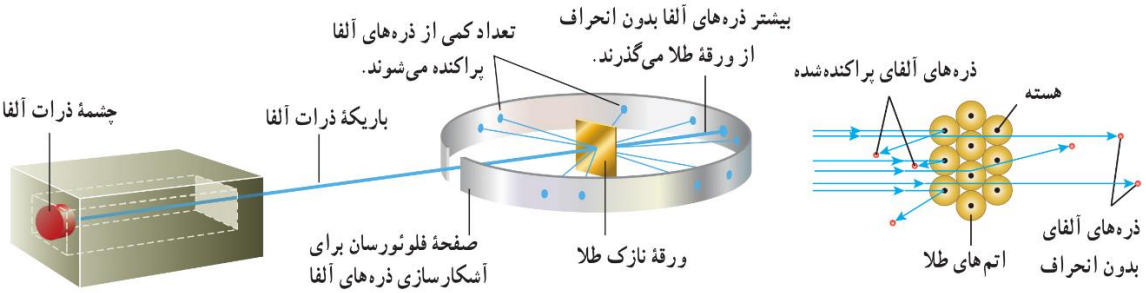
نارسایی مدل تامسون:

در مدل تامسون، الکترون‌ها با بسامدهای معینی حول وضع تعادلشان نوسان می‌کنند و این نوسان سبب تابش امواج الکترومغناطیسی از اتم می‌شود، یکی از ناکامی‌های مدل تامسون این بود که بسامدهای تابش‌شده از اتم، که این مدل پیش‌بینی می‌کرد با نتایج تجربی سازگار نبود. نارسایی دیگر مدل تامسون این بود که نمی‌توانست نتایج حاصل از آزمایش ورقهٔ طلای رادرفورد را توجیه کند.

رادرفورد

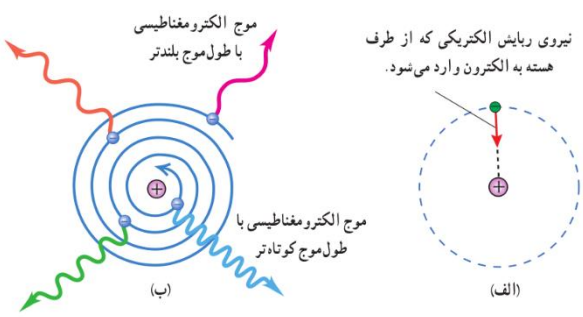
مدل اتمی رادرفورد:

رادرفورد برای بررسی مدل اتمی تامسون آزمایشی را مطابق شکل زیر انجام داد. در این آزمایش باریکه‌ای از ذرات آلفا (هستهٔ اتم هلیوم) به سطح ورقهٔ بسیار نازکی از طلا تابانده می‌شود. همان‌طور که در شکل زیر می‌بینید تعداد زیادی از ذره‌ها بدون انحراف و یا با انحراف کم از ورقهٔ طلا عبور می‌کنند و در برخورد با صفحهٔ فلورسان، در پشت ورقه جرقه‌های نورانی تولید می‌کنند. اما برخی از ذره‌های آلفا در هنگام خروج از ورقهٔ طلا در زاویه‌های بزرگ منحرف و پراکنده می‌شوند و حتی تعدادی از آن‌ها به عقب برمی‌گردند. رادرفورد از این آزمایش نتیجه گرفت که اتم دارای یک هستهٔ بسیار چگال و کوچک ($۱۰^{-۱۵}m$ = شعاع) با بار مثبت است که با تعدادی الکترون در فاصله‌هایی به نسبت دور احاطه شده است. مدل اتمی رادرفورد را مدل اتم هسته‌ای یا مدل هسته‌ای اتم می‌نامند.



نارسایی مدل رادرفورد:

۱- عدم توجیه پایداری حرکت الکترون: اگر الکترون نسبت به هسته ساکن باشد، باید تحت اثر نیروی ربایشی الکتریکی بین هسته و الکترون، روی هسته سقوط کند، که با واقعیت مطابقت ندارد و اگر مانند سیاره‌های منظومه خورشیدی که به دور خورشید می‌چرخند الکترون به دور هسته بچرخد باز هم حرکت الکترون ناپایدار خواهد بود. زیرا در این حالت حرکت الکترون شتاب‌دار است و همان‌طور که می‌دانید حرکت شتاب‌دار ذرات باردار باعث گسیل امواج الکترومغناطیسی می‌شود و با گسیل امواج الکترومغناطیس انرژی الکترون به‌تدریج کاهش یافته و شعاع چرخش آن نیز به تدریج کم شده و باز هم الکترون بر روی هسته سقوط می‌کند.



ناتوانی مدل اتم هسته‌ای رادرفورد در تبیین پایداری اتم. الف) اگر الکترون نسبت به هسته ساکن فرض شود بر اثر نیروی ربایش الکتریکی، روی هسته سقوط می‌کند. ب) اگر الکترون دور هسته بچرخد، طیفی پیوسته گسیل می‌کند و سرانجام روی هسته فرو می‌افتد.

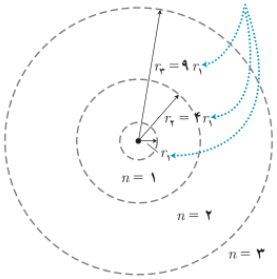
۲- عدم توجیه طیفه گسستهٔ اتم: همان‌طور که گفتیم طبق مدل رادرفورد اگر الکترون به‌صورت شتاب‌دار به دور هسته بچرخد امواج الکترومغناطیسی گسیل می‌کند، با کاهش انرژی الکترون شعاع چرخش آن به تدریج کمتر شده و بسامد امواج الکترومغناطیسی گسیل‌شده به تدریج افزایش می‌یابد و به این ترتیب باید طیف امواج الکترومغناطیسی گسیل‌شده، پیوسته باشد که با واقعیت ناسازگار است.

۴-۵-۱ مدل بور

بور مدل اتمی خود را بر مبنای سه اصل زیر مطرح کرد:

۱) مدارها و انرژی های الکترون ها در هر اتم کوانتیده اند. یعنی فقط مدارها و انرژی های گسسته ی معینی مجاز هستند.

شعاع مدارها با n^2 متناسب است.

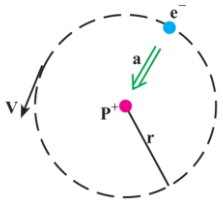


اولین مدار بور در اتم هیدروژن دارای انرژی E_1 است. مدارهای دوم و سوم بور به‌ترتیب دارای انرژی‌های $E_2 = E_1/4$ و $E_3 = E_1/9$ هستند.

$$r_n = a_o n^2 \ , \ a_o = r_1 = 5/29 \times 10^{-11} m$$

r_n : شعاع مدارهای الکترون برای اتم هیدروژن	a_o : شعاع کوچکترین مدار در اتم هیدروژن (شعاع بور برای اتم هیدرژون)

بور



نکته۱۳: با توجه به مدل بور شعاع لایه‌های مختلف اتم هیدروژن به‌صورت شکل زیر است.
همان‌طور که می‌بینید با افزایش n فاصلهٔ شعاع لایه‌ها افزایش می‌یابد.

نکته۱۴: طبق مدل بور انرژی الکترون در مدارهای اتم هیدروژن به کمک رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

ترازهای انرژی الکترون در اتم هیدروژن:

$$E_n = -\frac{13/6\ eV}{n^2} = -\frac{E_R}{n^2}$$

E_n ← انرژی الکترون در هر لایه از اتم هیدروژن بر حسب ژول یا الکترون‌ولت

E_R ← انرژی الکترون در اولین مدار اتم هیدروژن (E_R =۱۳/۶ eV)

n ← شمارهٔ مداری که الکترون روی آن قرار دارد.

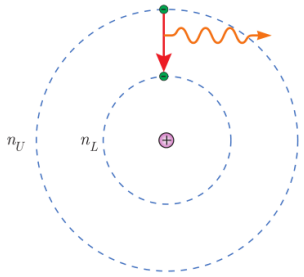
بدین ترتیب الکترون تنها مجاز است انرژی ای برابر با یکی از مقادیر رابطه بالا را داشته باشد. به این مقدار های مجاز، ترازهای انرژی گویند.

E_R را یک ریدبرگ می نامند. یک ریدبرگ برابر ۱۳/۶ الکترون ولت یا $2/17 \times 10^{-18} J$ است.

۲) وقتی یک الکترون در یکی از مدارهای مجاز است، هیچ نوع تابش الکترومغناطیسی گسیل نمی شود. از این رو گفته می شود الکترون در مدار مانا یا حالت مانا قرار دارد.

۳) الکترون می تواند از یک حالت مانا به حالت مانای دیگر برود. هنگام گذار الکترون از یک حالت مانا با انرژی بیشتر E_U به یک حالت با انرژی کمتر E_L ، یک فوتون تابش می کند. در این‌صورت انرژی فوتون تابش‌شده برابر اختلاف انرژی بین دو مدار اولیه و مدار نهایی است و داریم:

فوتون گسیل‌شده



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

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

E_U ← انرژی الکترون در لایهٔ بالاتر

E_L ← انرژی الکترون در لایهٔ پایین‌تر

hf ← انرژی فوتون گسیل‌شده

نکته۱۵: در اتم هیدروژن انرژی مورد نیاز برای انتقال الکترون از

حالت پایه (n=۱) به بالاترین حالت برانگیخته ($n=\infty$) برابر ۱۳/۶eV است. صرف این مقدار انرژی باعث جدا شدن الکترون از اتم می‌شود. به این انرژی در اصطلاح انرژی یونش می‌گویند. برای به‌دست آوردن انرژی یونش الکترون‌هایی که در لایه‌های مختلف اتم هیدروژن قرار می‌گیرند می‌توانیم به صورت زیر عمل کنیم:

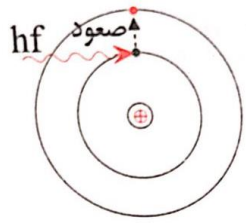
$$\left.\begin{array}{l} E_n = \dfrac{-E_R}{n^2} \\ E_\infty = 0 \end{array}\right\} \Delta E = E_\infty - E_n = \dfrac{E_R}{n^2}$$

الکترون تنها زمانی می تواند تابش الکترومغناطیسی گسیل کند، که از یک حالت مانا با انرژی E_n به حالت مانای دیگری با انرژی کمتر E_m ($n > m$) برود، یا به عبارت دیگر از یک تراز انرژی بالاتر به یک تراز انرژی پایین تر برود. در این صورت، انرژی فوتون موج الکترومغناطیسی گسیل شده برابر اختلاف انرژی بین دو تراز است.

$$hf = E_U - E_L$$

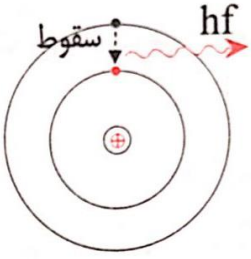
نکته۱۶: هنگامی‌که الکترون در پایین‌تری تراز انرژی (n=۱) قرار گرفته است. در اصطلاح می‌گویند الکترون در حالت پایه قرار دارد و هنگامی‌که الکترون در ترازهای انرژی بالاتر (...,۳ ,۲=n) قرار می‌گیرد، در اصطلاح می‌گویند الکترون برانگیخته شده است.

نکته۱۷: هنگامی که الکترون از یک لایه با انرژی بیشتر (E_U) به لایه‌ای با انرژی کمتر (E_L) منتقل می‌شود. فوتون گسیل می‌کند و برای این‌که الکترون از لایه‌ای با انرژی کمتر (E_L) به لایه‌ای با انرژی بیشتر (E_U) منتقل شود باید فوتون جذب کند.



انتقال الکترون از یک تراز به تراز بالاتر، مستلزم جذب فوتونی است که انرژی آن برابر اختلاف انرژی ترازهای اولیه و ثانویه ی الکترون باشد.

$$E_L + hf = E_U$$

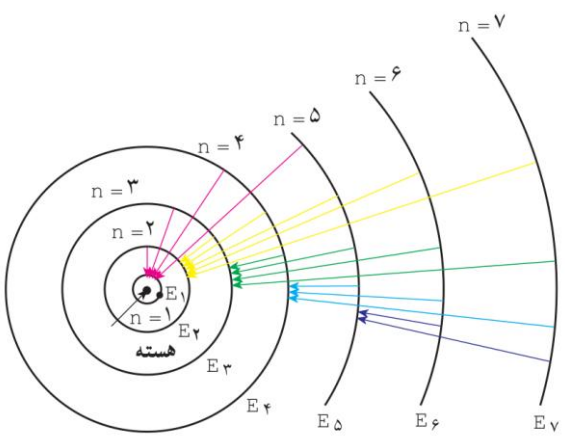


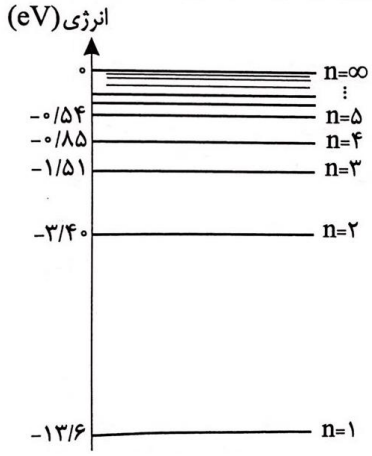
اگر الکترون به مدار اولیه برگردد، انرژی جذب شده را با گسیل فوتونی با همان مقدار انرژی آزاد می کند.

$$hf = E_U - E_L$$

نکته۱۸: مدارهای با انرژی بالاتر از E_1 را حالات برانگیخته می نامند. انرژی این حالات از رابطه

$E_n = -\frac{E_R}{n^2}$ به دست می آید.





در تراز اول: $E_1 = \frac{-E_R}{1^2} = -13/6eV$

در تراز دوم: $E_2 = \frac{-E_R}{2^2} = -\frac{13/6}{4} = -3/4eV$

در تراز سوم: $E_3 = \frac{-E_R}{3^2} = -\frac{13/6}{9} = -1/5eV$

در تراز چهارم: $E_4 = \frac{-E_R}{4^2} = -\frac{13/6}{16} = -0/85eV$

در حالتی که $n = \infty$: $E_\infty = \frac{-E_R}{\infty} = 0$

در این حالت الکترون به طور کامل از قید هسته خارج می شود و هیچ بر هم کنشی بین آن ها صورت نمی گیرد.

انرژی الکترون منفی است و هرچه الکترون به هسته نزدیک تر باشد، انرژی آن کم تر (منفی تر) است.

(مثال ....)

نکته ۱۹: با افزایش n، اختلاف انرژی بین ترازهای انرژی مجاور کاهش می یابد. (شکل راست صفحه قبل)

نکته ۲۰: با افزایش n، فاصله ی بین مدار ها افزایش می یابد. (شکل چپ صفحه قبل)

$$1\&2 \rightarrow r_2 - r_1 = 4r_1 - r_1 = 3r_1 \quad 2\&3 \rightarrow r_3 - r_2 = 9r_1 - 4r_1 = 5r_1$$

اصل ۳ طیف نشری گسسته ی اتم ها را توجیه میکند و همچنین فرمول تجربی ریدبرگ را اثبات می کند:

$$hf = E_n - E_m \rightarrow \frac{hc}{\lambda} = \frac{-E_R}{n^2} + \frac{E_R}{m^2} \rightarrow \boxed{\frac{1}{\lambda} = \frac{E_R}{hc}\left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2}\right)}$$

$$\frac{E_R}{hc} = \frac{13/6eV}{4/14\times10^{-15}(eV.s)\times3\times10^{17}(nm/s)} = 0/0109(nm)^{-1} = R_H$$

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

۴-۵-۲ موفقیت‌های مدل بور

۱- توضیح چگونگی حرکت الکترون‌ها در اتم

۲- توضیح پایداری اتم و توضیح چگونگی ایجاد طیف‌های گسیلی و جذبی گاز هیدروژن

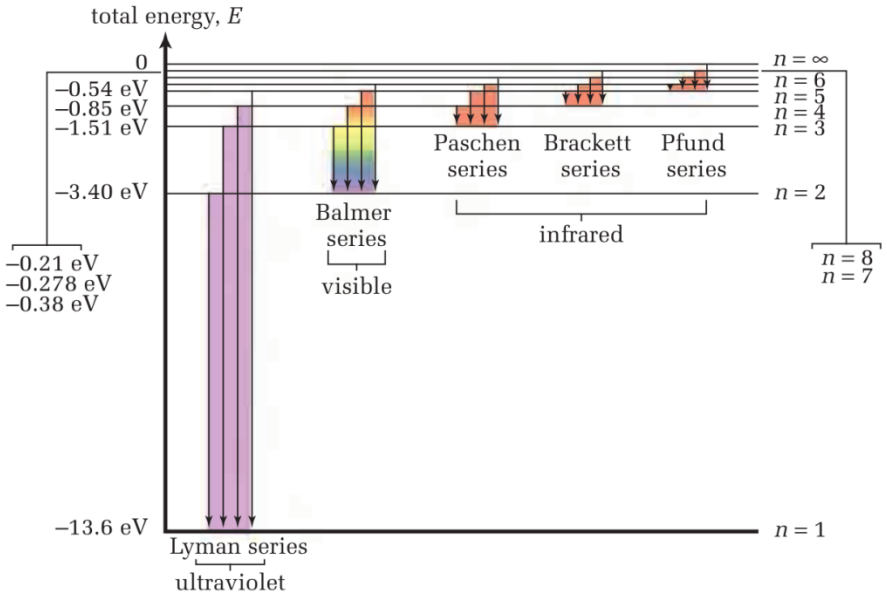
۳- محاسبهٔ انرژی یونش اتم هیدروژن که توافق بسیار خوبی با مقدار تجربی دارد.

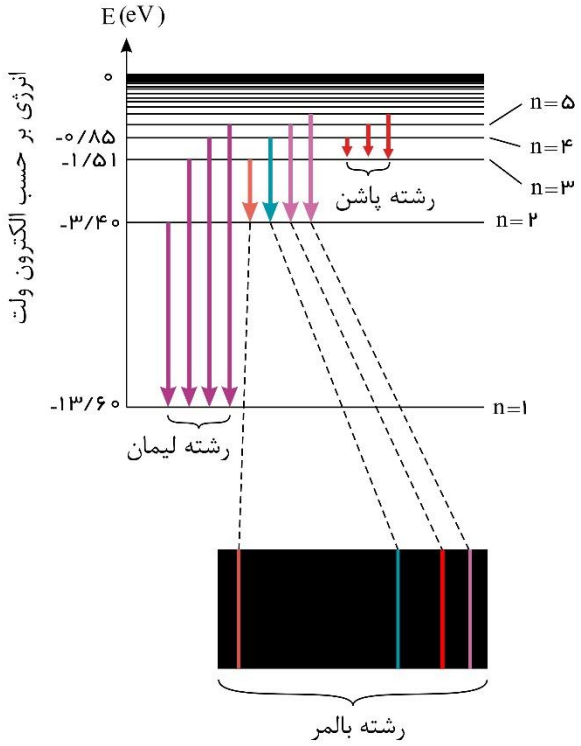
۴- مدل اتمی بور علاوه بر هیدرژن برای اتم‌هایی که تنها یک الکترون دارند نیز صادق است، مانند Li^{2+}. به این اتم‌ها در اصطلاح اتم‌های هیدروژن‌گونه می‌گویند.

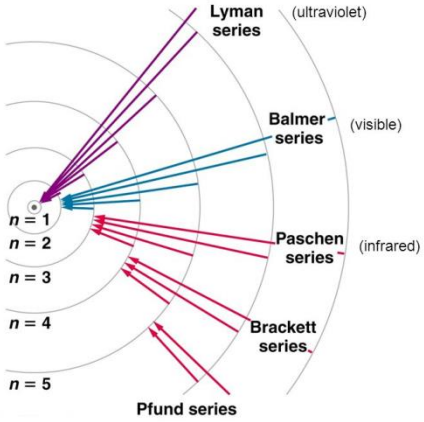
۴-۵-۳ نارسایی‌های مدل بور

۱- مدل بور برای اتم‌هایی با بیش از یک الکترون کاربرد ندارد.

۲- مدل بور نمی‌تواند متفاوت بودن شدت خط‌های طیف گسیلی را توضیح دهد.





	
پرش بزرگ = انرژی زیاد، بسامد زیاد، طول موج کم، دوره تناوب کم پرش کوتاه = انرژی کم ، بسامد کم ، طول موج بلند ، دوره تناوب بلند	پرش

اسامی رشته های گسیلی (سقوط)

$$\frac{۱}{\lambda} = R(\frac{۱}{n_L^{۲}} - \frac{۱}{n_U^{۲}})$$

نام رشته	مقدار n_L	مقادیر n_U	محدوده ی طول موج خطوط
لیمان	۱	۲و۳و۴....	فرابنفش | ۹۰-۱۲۰
بالمر	۲	۳و۴و۵....	فرابنفش(۷ به بعد) و مرئی(۶ , ۵ , ۴ , ۳)| ۳۶۵-۶۵۶ ۶۵۶ ۴۸۶ ۴۳۴ ۴۱۰
پاشن	۳	۴و۵و۶....	فروسرخ | ۸۲۰-۱۸۷۵
براکت	۴	۵و۶و۷....	فروسرخ | ۱۴۵۸-۴۰۵۱
پفوند	۵	۶و۷و۸....	فروسرخ | ۲۲۷۹-۷۴۶۰

بالمر داستان داره :

مرئی	۳ به ۲	قرمز : ۶۵۶
	۴ به ۲	آبی : ۴۸۶
	۵ به ۲	نیلی : ۴۳۴
	۶ به ۲	بنفش : ۴۱۰
فرابنفش	۷، ۸ و .... به ۲	فرابنفشن همه . کمتر از ۴۱۰ ها

۴-۵-۴ از تراز n به تراز پایه

حالت های ممکن: مثلا از ۵ به ۱

چند تا $\Delta n = ۱$ داریم ؟

یا از رابطه $\binom{n}{۲} = \frac{n(n-۱)}{۲}$ تعداد فوتون را می توان به دست آورد.

۴-۵-۵ انرژی بستگی الکترون

قبل تر گفتیم که اگر انرژی الکترون را در حالتی که کاملاً از قید هسته رها شده است برابر صفر بگیریم، انرژی آن روی مدارها که مقدار کمتری دارد باید منفی باشد، علامت منفی در فرمول $E_n = -\frac{ke^۲}{۲r}$ به همین معناست.

انرژی الکترون در مدار اول بور برابر $E_۱ = \frac{-E_R}{۱^۲} = -۱۳/۶eV$ است. یعنی برای آنکه الکترونی را که در حالت پایه اتم هیدروژن است کاملاً از قید هسته رها کنیم، باید به آن مقدار $۱۳/۶eV$ انرژی بدهیم. این مقدار انرژی را انرژی بستگی الکترون در تراز اول اتم هیدروژن می نامیم.

۴-۵-۶ خلاصه روابط بور بجز انرژی

شعاع مدارهای الکترونی و شعاع اتم بور	$r_n = a_o n^۲$
E_R یا یک ریدبرگ	یک ریدبرگ برابر ۱۳/۶ الکترون ولت یا $۲/۱۷\times۱۰^{-۱۸} J$
وقتی E_R را داریم	$\frac{۱}{\lambda} = \frac{E_R}{hc}(\frac{۱}{n_L^۲} - \frac{۱}{n_U^۲})$
وقتی R را داریم	$\frac{۱}{\lambda} = R(\frac{۱}{n_L^۲} - \frac{۱}{n_U^۲})$
رابطه ی R و E_R	$R = \frac{E_R}{hc}$
ارتباط بین سرعت و شماره مدار (یاد .....)	$K \alpha \frac{۱}{n^۲} \alpha V^۲ \rightarrow V \alpha \frac{۱}{n}$
با افزایش n	اختلاف انرژی بین ترازهای انرژی مجاور کاهش می یابد.
با افزایش n	فاصله ی بین مدار ها افزایش می یابد.
انرژی فوتون	$hf = \frac{hc}{\lambda}$
یادت باشه که	انرژی کم تر، یعنی بسامد کمتر، یعنی طول موج بیشتر
پرش	پرش بزرگ = انرژی زیاد، بسامد زیاد، طول موج کم، دوره تناوب کم پرش کوتاه = انرژی کم ، بسامد کم ، طول موج بلند ، دوره تناوب بلند
الکترون از تراز n به تراز پایه	$\binom{n}{۲} = \frac{n(n-۱)}{۲}$ فوتون تابش می کند.

تست ۱۰:

در اتم هیدرژن الکترون از مدار n_U به n_L می‌رود و نوری با بسامد $562/5\ THz$ تابش می‌کند. n_U و n_L به‌ترتیب کدام‌اند؟ ($c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$, $R = 0/01 nm^{-1}$)

سراسری- ۱۳۹۶

۱) ۲ و ۱ ۲) ۳ و ۱ ۳) ۴ و ۲ ۴) ۵ و ۳

گزینه ۳ ابتدا با استفاده از رابطه‌ی $\lambda = \frac{C}{f}$ طول موج تابیده شده را محاسبه می‌کنیم.

$$\lambda = \frac{C}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{3 \times 10^8}{562/5 \times 10^{12}} = \frac{16}{3} \times 10^{-7} m \xrightarrow{\times 10^9} \lambda = \frac{16}{3} \times 10^2 = 533 nm$$

چون طول موج به‌دست آمده بین $400nm$ تا $700nm$ است در محدوده‌ی مرئی قرار دارد. می‌دانیم تنها چهار خط اول رشته بالمر در ناحیه مرئی هستند، بنابراین عدد رشته برابر $n_L = 2$ است.

سپس با استفاده از رابطه‌ی ریدبرگ $\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2})$ شماره‌ی n_U را به‌دست می‌آوریم.

$$\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2}) \Rightarrow \frac{1}{\frac{16}{3} \times 10^2} = \frac{1}{100}(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n_U^2})$$

$$\Rightarrow \frac{3}{16} \times 10^{-2} = \frac{1}{100}(\frac{1}{4} - \frac{1}{n_U^2}) \Rightarrow \frac{3}{16} = \frac{1}{4} - \frac{1}{n_U^2} \Rightarrow \frac{1}{n_U^2} = \frac{1}{16} \Rightarrow n = 4$$

چند آیتمی۵:

در اتم هیدروژن الکترون در تراز n=۴ در حال حرکت است: به موارد الف تا د پاسخ دهید.

الف: کوتاه ترین طول موجی که این الکترون می تواند گسیل کند ؟ گسیل : سقوط | کوتاهترین : پرش بزرگ : نهایتا به ۱

ب: کوتاه ترین طول موجی که این الکترون می تواند جذب کند؟ جذب : صعود | کوتاهترین : پرش بزرگ : نهایتا به ∞

ج: بیشترین طول موجی که می تواند گسیل کند؟ گسیل : سقوط | بیشترین : پرش کوچک : نهایتا به ۳

د: بیشترین طول موجی که می تواند جذب کند؟ جذب : صعود | بیشترین: پرش کوچک: نهایتا به ۵

هـ : برای رشته براکت بلندترین طول موج : اسم رشته گفته : یعنی سقوط : پس مقصد ۴ عه : کوتاهترین پرش : از ۵ به ۴ .

تست ۱۱:

در اتم هیدروژن، الکترون در مدار n قرار دارد. اگر این الکترون به مدار $n' = 3$ برود، فوتونی به طول موج $1200nm$ گسیل می‌کند، n کدام است؟ ($R = 0/01 (nm)^{-1}$)

۱) ۴ ۲) ۵ ۳) ۶ ۴) ۷

پاسخ: گزینه ۳

$$\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}) = \frac{1}{100nm}(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}) = \frac{1}{1200nm} \Rightarrow \frac{1}{9} - \frac{1}{n^2} = \frac{1}{12} \Rightarrow \frac{1}{n^2} = \frac{1}{9} - \frac{1}{12} = \frac{4-3}{36} = \frac{1}{36} \Rightarrow n = 6$$

تست ۱۲:

الکترون اتم هیدروژنی که در تراز $n = 6$ قرار دارد، با گسیل یک خط طیفی مرئی، به تراز پایین‌تر باز می‌گردد. بسامد فوتون گسیل شده تقریباً چند هرتز است؟ $(R = 0/01\ (nm)^{-1}\ ,\ c = 3 \times 10^8 m/s)$

۱) 15×10^{14} ۲) 7×10^{14} ۳) $3/5 \times 10^{14}$ ۴) $1/5 \times 10^{14}$

پاسخ: گزینه ۲ نکته: دانش آموزان گرامی توجه فرمایید؛ طبق متن کتاب درسی، به‌جای n می‌توانیم از n_U و بالعکس و به جای n' می‌توانیم از n_L استفاده نماییم و بالعکس.

می‌دانیم خط طیفی مرئی مربوط به سری بالمر است بنابراین این الکترون به $n_L = 2$ (رشتهٔ بالمر) رفته است.

$$\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2}) = \frac{1}{100\ nm}(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{6^2}) = \frac{32}{14400\ nm}$$

$$\rightarrow \lambda = \frac{14400\ nm}{32} = 450\ nm \rightarrow \lambda = \frac{c}{f} \rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 m/s}{450 \times 10^{-9} m} \rightarrow f \simeq 7 \times 10^{14} Hz$$

۴-۵-۷ انرژی

انرژی مکانیکی الکترون در مدار n ام	$E_n = -\frac{E_R}{n^2}$
انرژی فوتون مثبت یا منفی	فوتون گسیل شده : سقوط : انرژی این فوتون منفی فوتون جذب شده : صعود : انرژی این فوتون مثبت
مقایسه انرژی و طول موج	مقصد یکسان: هرچی پرش بیشتر ، انرژی بیشتر ، طول موج کمتر مقصد متفاوت: اونی که به مقصد نزدیک تره، انرژیش بیشتره و طول موجش کمتر
وقتی ترازهای انرژی رو میدن	$E_{1\to4} \to E = E_{end} - E_{start} = E_4 - E_1$
وقتی E_R را میدن یا بر حسب ریدبرگ بخوان	$E = \frac{-E_R}{n'^2} - \frac{-E_R}{n^2}$
وقتی R را میدن	$E = \frac{hc}{\lambda}$ و سپس $\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2})$
ارتباط بین انرژی ها و شماره مدار	$E \alpha \frac{1}{n^2}$
یونیزه	$\left.\begin{matrix} E_n = \frac{-E_R}{n^2} \\ E_\infty = 0 \end{matrix}\right\} \Delta E = E_\infty - E_n = \frac{E_R}{n^2}$ یعنی برو بی نهایت:

چند آیتمی۶: بیشترین بسامد رشته لیمان ؟

الف : داده سوال ثابت R هستش ($R = 0/01 nm^{-1}$)

ب: داده سوال عدد ریدبرگ هستش ($E_R = 13/6 ev, h = 4/14 \times 10^{-15} ev.s$)

لیمان که میگه، یعنی مقصد اول : بیشترین بسامد یعنی بیشترین پرش ، یعنی از بی نهایت به ۱

$$a)\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100}(1-0) \to \lambda = 100 nm \to f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\times10^8}{100\times10^{-9}} = 3\times10^{15}$$

$$b)E = -E_R(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}) = -E_R = -13/6 ev$$

$$E = hf = 13/6 ev \to 4/14\times10^{-15} f = 13/6 \to f = \frac{13/6}{4/14\times10^{-15}} = 3/28\times10^{15}$$

چند آیتمی۷:

الکترونی از ترازی با انرژی بستگی $-\frac{E_R}{9}$ به ترازی با انرژی بستگی ۳/۴ – الکترون ولت می رود . کدام ایتم درست است؟

الف: فوتون گسیل شده مربوط به ناحیه مرئی است

ب: فوتون گسیل شده مربوط به خط اول رشته بالمر است .

ج: شعاع حرکت $\frac{4}{9}$ برابر شده است.

د: تندی حرکتش $\frac{4}{9}$ برابر شده است.

چند آیتمی۸: مقصد یکسان : $E_R = ۱۳/۶ ev$

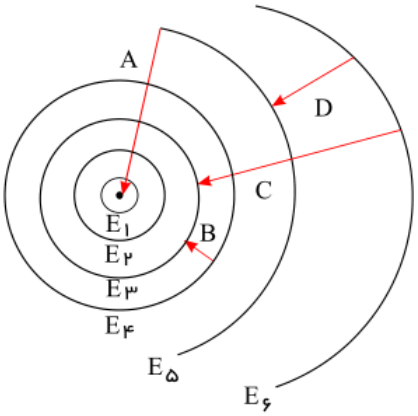
الف: برای رشته براکت پر انرژی ترین فوتون : اسم رشته گفته : یعنی سقوط : پس مقصد ۴ عه : بیشترین پرش : از ∞ به ۴

$$E = \frac{-E_R}{n'^۲} - \frac{-E_R}{n^۲} = \frac{-E_R}{۴^۲} - \frac{-E_R}{\infty^۲} = \frac{-E_R}{۴^۲} = \frac{-۱۳/۶}{۴^۲} = \frac{-۱۳/۶}{۱۶} = -۰/۸۵$$

ب: برای رشته براکت کم انرژی ترین فوتون : اسم رشته گفته : یعنی سقوط : پس مقصد ۴ عه : کوتاهترین پرش : از ۵ به ۴

$$E = \frac{-E_R}{n'^۲} - \frac{-E_R}{n^۲} = \frac{-E_R}{۴^۲} - \frac{-E_R}{۵^۲} = \dots$$

چند آیتمی۹: مقصد متفاوت



شکل روبرو مدارهای اتم هیدروژن را در الگوی اتمی بور برای اتم هیدروژن را نشان می دهد.

الف: در کدام گسیل طول موج وابسته به فوتون گسیل شده ، بلند تر است ؟ نام آن رشته چیست؟

بیشترین طول موج، یعنی کمترین پرش : بین B و D . D ، چون مقصدش ۵ عه و یعنی رشته پفوند که طول موجش نسبت به پاشن بیشتره.

ب: در کدام گسیل طول موج وابسته به فوتون گسیل شده ، کوتاه تر است ؟ نام آن رشته چیست؟

کوتاهترین طول موج، یعنی بیشترین پرش، بین A و C . A ، چون مقصدش ۱ عه و یعنی لیمان که طول موجش نسبت به پاشن کمتره.

ج: کدام فوتون در محدوده مرئی ؟ نداریم

د: مقایسه انرژی و طول موج در B و C ؟

مقصد یکسانه، پرش بیشتر یعنی طول موج کمتر و انرژی بیشتر

ه: مقایسه انرژی و طول موج در D و C ؟

مقصد یکسان نیست، هرچی مقصد به سمت هسته نزدیک تر باشه ، انرژیش بیشتره و طول موجش کمتر.

تست۱۳:

در اتم هیدروژن اگر اختلاف انرژی الکترون بین ترازهای ۱ و ۳ برابر ΔE و بین ترازهای ۴ و ۶ برابر $\Delta E'$ باشد، نسبت $\frac{\Delta E}{\Delta E'}$ کدام است؟

۱) ۳۵٫۸ ۲) ۲۵٫۶ ۳) ۳٫۹۸ ۴) ۱

پاسخ: گزینه ۲

$$E_n = -\frac{E_R}{n^۲} \rightarrow \Delta E = -E_R\left(\frac{۱}{n_۲^۲} - \frac{۱}{n_۱^۲}\right)$$

$$\frac{\Delta E_{۳\to۱}}{\Delta E_{۶\to۴}} = \frac{\frac{۱}{۱^۲} - \frac{۱}{۳^۲}}{\frac{۱}{۴^۲} - \frac{۱}{۶^۲}} = \frac{\frac{۸}{۹}}{\frac{۴٫۵ - ۲}{۷۲}} = \frac{۸ \times ۷۲}{۹ \times ۲٫۵} = \frac{۶۴}{۲٫۵} = ۲۵٫۶$$

تست۱۴:

پرانرژی‌ترین فوتون رشتهٔ پاشن اتم هیدروژن چند ریدبرگ است؟

۱) $\frac{۸}{۹}$ ۲) $\frac{۳}{۴}$ ۳) $\frac{۱}{۹}$ ۴) $\frac{۱}{۳}$

پاسخ: **گزینه ۳** نکته: دانش آموزان گرامی توجه فرمایید؛ طبق متن کتاب درسی، به‌جای n می‌توانیم از n_U و بالعکس و به جای n' می‌توانیم از n_U استفاده نماییم و بالعکس.

پرانرژی‌ترین فوتون رشتهٔ پاشن $(n'=۳)$ مربوط به کوتاه‌ترین طول موج آن است که با انتقال الکترون از $n=\infty$ به $n'=۳$ حاصل می‌شود.

$$\begin{cases} E_{(n=\infty)}=۰ \\ E_۳=-\frac{E_R}{۳^۲} \end{cases} \Rightarrow E_{\text{فوتون}}=E_\infty-E=۰-(-\frac{۱}{۹}E_R)=\frac{۱}{۹}E_R$$

تست۱۵:

در گسیل‌های مربوط به اتم هیدروژن، بلندترین طول موج مربوط رشتهٔ بالمر، تقریباً چند نانومتر است؟

$$(hc=۱۲۴۰eV\cdot nm, E_R=۱۳٫۶eV)$$

۱) ۴۵۴ ۲) ۴۶۰ ۳) ۶۵۶ ۴) ۷۶۰

پاسخ: **گزینه ۳** در رشتهٔ بالمر هم طول موج‌هایی از مرئی و هم طول موج‌های فرا بنفش موجود است. طول موج‌های مرئی بلندتر از طول موج‌های فرا بنفش هستند و در طول موج‌های مرئی هر چه الکترون‌ها از لایهٔ کوچکتری به لایهٔ $h=۲$ سقوط کنند طول موج‌های تابشی بیشتر است.

$$(hc=۱۲۴۰eV\cdot nm, E_R=۱۳٫۶eV)$$
$$n=۳\to n'=۲ \Rightarrow \text{فوتون تابشی}\ E=hf=h\frac{c}{\lambda}\to E_۳-E_۲=\frac{hc}{\lambda_{max}}$$
$$\to(-\frac{E_R}{۳^۲})-(-\frac{E_R}{۲^۲})=\frac{hc}{\lambda_{max}}\to E_R(\frac{۱}{۴}-\frac{۱}{۹})=\frac{hc}{\lambda_{max}}$$
$$\to ۱۳٫۶eV(\frac{۵}{۳۶})=\frac{۱۲۴۰eV_{\circ}nm}{\lambda_{max}}\to\lambda_{max}=\frac{۱۲۴۰}{\frac{۶۸}{۳۶}}\simeq ۶۵۶nm$$

تست۱۶:

دراتم هیدروژن چندریدبرگ انرژی لازم است، تا الکترون ازتراز $n=۱$ به تراز $n=۵$ انتقال یابد؟

۱) ۰٫۶ ۲) ۰٫۹۶ ۳) ۱٫۳۱ ۴) ۱٫۷۷۵

گزینه ۲ برای انتقال الکترون ازمدارمانای $n_۱$ به یک مدار بالاتر $n_۲$ باید به اندازه‌ی اختلاف انرژی الکترون دردو مدار به الکترون انرژی داده شود. مقدارانرژی الکترون در مدارمانای شماره n از رابطه‌ی $E_n=-\frac{E_R}{n^۲}$ به دست می‌آید. پس برای محاسبه‌ی مقدار انرژی لازم برای انتقال الکترون از مدار مانای $n=۱$ به $n=۵$ خواهیم داشت:

$$\Delta E=(\frac{۱}{n'^۲}-\frac{۱}{n^۲})E_R\Rightarrow\Delta E=(\frac{۱}{۱^۲}-\frac{۱}{۵^۲})E_R\Rightarrow\Delta E=\frac{۲۴}{۲۵}E_R\Rightarrow\Delta E=۰٫۹۶E_R$$

تست۱۷:

شکل روبه رو، تعدادی از ترازهای انرژی اتم هیدروژن را نشان می دهد. کدام گذار می تواند به گسیل فوتونی با طول موج $۶۶۰nm$ منجر شود؟ $(h=۴٫۱۳۶\times۱۰^{-۱۵}eVs, c=۳\times۱۰^۸\frac{m}{s})$

سراسری- ۱۳۸۹

۰ eV
−۱٫۵۱ eV
−۳٫۳۹ eV
−۱۳٫۶ eV

۱) $n=۴$ به $n=۱$ ۲) $n=۳$ به $n=۲$
۳) $n=۳$ به $n=۱$ ۴) $n=۴$ به $n=۲$

گزینه ۲

اگر از تراز ۳ به تراز ۲ برود اختلاف انرژی برابر است با:

$$\Delta E=E_۳-E_۲=-۱٫۵۱-(-۳٫۳۹)=۱٫۸۸$$

$$\Delta E=hf=h\frac{c}{\lambda}=۴٫۱۳۶\times۱۰^{-۱۵}\times\frac{۳\times۱۰^۸}{۶۶۰\times۱۰^{-۹}}=۱٫۸۸J$$

تست ۱۸:

در اتم هیدروژن، هنگام گذار الکترون از مدار n_2 به n_1، فوتونی با انرژی ۱۲٫۷۵ الکترون ولت تابش می‌شود. n_2 و n_1 به ترتیب کدام‌اند؟ $(E_R = ۱۳٫۶eV)$

خارج از کشور- ۱۳۹۰

۱) ۳ و ۱ ۲) ۳ و ۲ ۳) ۴ و ۱ ۴) ۴ و ۲

گزینه ۳ انرژی فوتون تابشی، برابر اختلاف انرژی مدارهای n_2 و n_1 است و داریم:

$$\Delta E = E_R(\frac{۱}{n_1^۲} - \frac{۱}{n_2^۲}) \Rightarrow ۱۲٫۷۵ = E_R(\frac{۱}{n_1^۲} - \frac{۱}{n_2^۲}) \Rightarrow ۱۲٫۷۵ = ۱۳٫۶(\frac{۱}{n_1^۲} - \frac{۱}{n_2^۲})$$

با قراردادن گزینه‌ها، $n_1 = ۱$ و $n_2 = ۴$ به‌دست می‌آید.

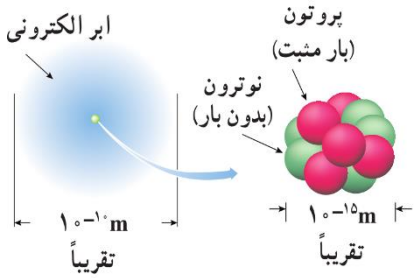
ادامه فصل چهارم تجربی | ششم ریاضی

فیزیک هسته ای

۴-۶ ساختار هسته

در مرکز اتم قسمتی کوچک و بسیار چگال به نام هستهٔ اتم وجود دارد. در مورد هسته ۴ نکته رو یادتون باشه:

۱) ابعاد اتم در حدود $10^{-10}m$ و ابعاد هستهٔ اتم در حدود $10^{-15}m$ است. بنابراین می‌توانیم بگوییم، شعاع هسته $\frac{1}{100000}$ شعاع اتم است.



۲) هستهٔ اتم از نوترون‌ها و پروتون‌ها تشکیل شده است که به‌طور کلی نوکلئون نامیده می‌شوند.

۳) بار الکتریکی پروتون مثبت بوده و اندازهٔ آن برابر بار الکتریکی الکترون است. اما جرم پروتون تقریباً ۱۸۳۷ برابر جرم الکترون می‌باشد.

۴) نوترون بار الکتریکی ندارد و جرمش اندکی بیشتر از جرم پروتون است. نوترون توسط چادویک کشف شد.

ذره	بار الکتریکی (C)	جرم	
		کیلوگرم (kg)	یکای جرم اتمی (u)*
الکترون	$-1/6\times10^{-19}$	$9/109389\times10^{-31}$	$5/4858\times10^{-4}$
پروتون	$+1/6\times10^{-19}$	$1/672622\times10^{-27}$	$1/00727$۶
نوترون	۰	$1/674929\times10^{-27}$	$1/00866$۴

۴-۶-۱ شیوهٔ نمایش هستهٔ اتم

برای یک عنصر با نماد شیمیایی X، نماد هسته به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

$A = Z + N$

A ← تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها (عدد جرمی)

N → تعداد نوترون‌ها (عدد نوترونی)

Z ↓ تعداد پروتون‌ها (عدد اتمی)

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

A ← عدد جرمی

Z ← عدد اتمی

X → نماد عنصر

N → عدد نوترونی

A ← عدد جرمی (مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها)

Z ← عدد اتمی (تعداد پروتون‌ها)

N ← عدد نوترونی (تعداد نوترون‌ها)

نکته ۲۱: مشخص کردن N در نمادنویسی بالا ضروری نیست. زیرا می‌توان به کمک معادلهٔ بالا و A و Z، N را به‌دست آورد.

نکته ۲۲: در محاسبات جرم در ابعاد اتم از یکای جرم اتمی u استفاده می‌کنیم که $\frac{1}{12}$ جرم اتم کربن ۱۲ است.

۴-۶-۲ ایزوتوپ‌ها

به گونه‌های مختلفی از یک اتم که دارای عدد اتمی یکسان و عدد جرمی متفاوت هستند، ایزوتوپ (هم مکان) می‌گویند.

به‌طور مثال کربن دو ایزوتوپ ($_{6}^{12}C$) و ($_{6}^{13}C$) دارد.

نکته۲۳: خواص شیمیایی هر اتم به عدد اتمی آن بستگی دارد. بنابراین ایزوتوپ‌های یک عنصر خواص شیمیایی یکسانی دارند، امّا خواص فیزیکی آن‌ها متفاوت است.

نکته۲۴: جرم‌های اتمی درج‌شده در جدول تناوبی عناصر، میانگین جرم‌های اتمی ایزوتوپ‌های مختلف هر عنصر است که با توجه به درصد فراوانی آن‌ها حساب شده‌اند.

نکته۲۵: در بین تمام عناصر فقط ایزوتوپ‌های هیدروژن دارای نمادها و اسامی اختصاصی هستند. هیدروژن معمولی($_{1}^{1}H$)، دوتریم ($_{1}^{2}H$ یا D) و تریتیم ($_{1}^{3}H$ یا T).

نکته۲۶: اورانیوم دارای دو ایزوتوپ ^{235}U (با درصد فراوانی ۰/۷ درصد) و ^{238}U (با درصد فراوانی ۹۹/۳ درصد) می‌باشد

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

۴-۶-۳ پایداری هسته

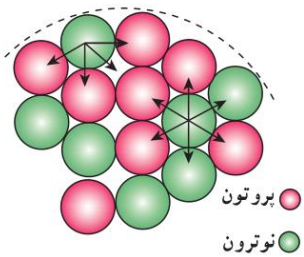
به‌طور کلی داخل هسته سه نیروی گرانشی، الکتروستاتیکی و هسته‌ای وجود دارد.

۱) نیروی دافعهٔ الکتروستاتیکی رانشی خیلی قوی بین پروتون‌ها ایجاد می‌شود.

نکته۲۷: نیروی دافعهٔ الکتروستاتیکی بلندبرد است. به همین دلیل یک پروتون تمام پروتون‌های دیگر درون هسته را دفع می‌کند.

۲) نیروی جاذبهٔ گرانشی بین پروتون‌ها و نوترون‌ها (به‌طور کلی بین نوکلئون‌ها) برقرار می‌شود . برای پایداری هسته، باید نیروی دافعهٔ الکتروستاتیکی بین پروتون‌ها با نیروی جاذبهٔ بین نوکلئون‌ها که ناشی از نیروی هسته‌ای است، موازنه شده باشد. از طرفی نیروی جاذبهٔ گرانشی بسیار ناچیز است و قدرت مقابله با نیروی دافعهٔ الکتروستاتیکی را ندارد. (پس نیروی سومی وجود دارد.)

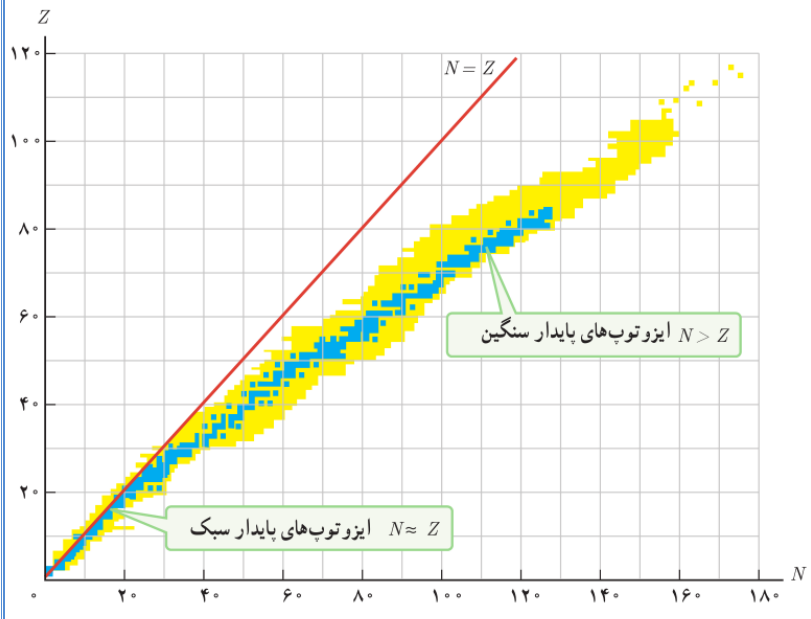
۳) نیروی جاذبهٔ هسته‌ای نیز مانند نیروی گرانشی بین پروتون‌ها ونوترون‌ها ایجاد می‌شود که بسیار قوی است.



نکته۲۸: نیروی هسته‌ای، کوتاه‌برد است و تنها در فاصله‌ای کوچک‌تر از ابعاد هسته اثر می‌کند. همان‌طور که در شکل مقابل می‌بینید هر نوکلئون فقط به نوکلئون مجاور خود نیروی هسته‌ای وارد

می‌کند. دقت کنید که نیروی هسته‌ای مستقل از بار الکتریکی است، یعنی نیروی ربایشی هسته‌ای یکسانی بین دو پروتون، دو نوترون و یک پروتون و یک نوترون وجود دارد.

نکته۲۹: هنگامی‌که تعداد پروتون‌های داخل هسته افزایش می‌یابد، تمام پروتون‌های هسته به یکدیگر نیروی دافعهٔ الکتروستاتیکی وارد می‌کنند امّا فقط نوکلئون‌های مجاور به یکدیگر نیروی جاذبهٔ هسته‌ای وارد خواهند کرد و افزایش نیروی دافعه بیشتر از افزایش نیروی جاذبه می‌شود. حال اگر هسته بخواهد پایدار باقی بماند، باید تعداد نوترون‌های درون هسته نیز افزایش یابد. در شکل مقابل نمودار عدد اتمی بر حسب عدد نوترونی برای عنصرهای مختلف نشان داده شده است.



در این شکل نقاط آبی متعلق به هسته‌های پایدار و نقاط زرد متعلق به هسته‌های پرتوزا هستند.

نکته۳۰: در این شکل هسته پایدار با بیشترین تعداد پروتون (عدد اتمی ۸۳) متعلق به بیسموت ($^{209}_{83}Bi$) است.

نکته۳۱: هسته‌هایی که عدد اتمی آن‌ها بیشتر از ۸۳ است، ناپایدار هستند و معمولاً در طبیعت یافت نمی‌شوند. از بین این هسته‌ها فقط توریم ($Z = ۹۰$) و اورانیوم ($Z = ۹۲$) در طبیعت یافت می‌شوند. این دو عنصر، تنها عنصرهایی هستند که واپاشی آن‌ها چنان کند است که از هنگام تشکیل منظومهٔ شمسی تاکنون مقدار کمی از آن‌ها دچار واپاشی شده است.

مثال ۱: هر نقطه آبی رنگ در نمودار شکل بالا نشان دهنده یک هسته پایدار است. با توجه به این نمودار به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

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

متفاوت است. با افزایش عدد اتمی، هسته‌های پایدار از خط $N=Z$ فاصله می‌گیرند و به طرف پایین خط پراکنده می‌شوند. یعنی تعداد نوترون‌های آنها، نسبت به پروتون‌های آنها زیاد می‌شود.

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

برای تشخیص ایزوتوپ‌های مختلف یک عنصر با عدد اتمی Z، کافی است از عدد اتمی مورد نظر بر روی محور Zها، خطی به موازات محور Z ها رسم کنیم. عناصری که روی این خط قرار می‌گیرند، ایزوتوپ‌های مختلف یک عنصر هستند.

۴-۶-۴ رابطهٔ اینشتین

رابطهٔ اینشتین یکی از معروف‌ترین روابط فیزیک است. طبق این رابطه جرم می‌توان تبدیل به انرژی شود.

$E = mc^2$		
E ← انرژی تولیدشده بر حسب ژول(J)	m ← جرمی که تبدیل به انرژی شده است بر حسب کیلوگرم (kg)	c ← تندی نور ($c = 3\times10^8 \frac{m}{s}$)

نکته۳۲: در برخی از سؤالات انرژی تولیدشده بر حسب الکترون-ولت (ev) و یا کیلووات ساعت (kWh) خواسته می‌شود. برای تبدیل یکای ژول به یکاهای دیگر به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$J \xrightarrow{\div(1/6\times10^{-19})} e.v$$

$$J \xrightarrow{\div(36\times10^5)} kWh$$

تست ۱۹:

اگردریک واکنش هسته‌ای یک گرم جرم تبدیل به انرژی شود، انرژی حاصل چه جرمی از ماده را می‌تواند یک صد متر از سطح زمین بالا ببرد؟ $\left(c = 3\times10^8 \frac{m}{s} \ , \ g = 10 \frac{m}{s^2}\right)$

۱) ۹۰ میلیون تُن ۲) ۹۰ تُن ۳) ۴۵۰ میلیون کیلوگرم ۴) ۴۵۰ کیلوگرم

پاسخ: گزینه ۱ برای به دست آوردن انرژی حاصل از تبدیل یک گرم جرم به انرژی، داریم:

$$E = mc^2 = 1\times10^{-3}\times(3\times10^8)^2 = 9\times10^{13} J$$

با این انرژی می‌خواهیم جرم m' را تا ارتفاع $100m$ از سطح زمین جابجا کنیم. انرژی لازم برای انجام این کار، صرف افزایش انرژی پتانسیل گرانشی جسم با جرم m' می‌شود:

$$U = m'gh \Rightarrow 9\times10^{13} = m'\times10\times100 \Rightarrow m' = 9\times10^{10} kg = 9\times10^7 ton$$

هرهزارکیلوگرم برابر $1ton$ می‌باشد، بنابراین m' برابر 9×10^7 تن یا به عبارت دیگر ۹۰ میلیون تن است.

تست ۲۰:

در یک واکنش هسته‌ای، ۲ میلی‌گرم جرم تبدیل به انرژی شده است، انرژی حاصل معادل با چند کیلووات ساعت است؟ $(c = 3\times10^8 \frac{m}{s})$

۱) $2/5\times10^4$ ۲) $2/5\times10^9$ ۳) 5×10^4 ۴) 5×10^9

پاسخ: گزینه ۳

ابتدا انرژی حاصل از تبدیل جرم به انرژی را به کمک رابطه‌ی انیشتین حساب می کنیم: (این عدد بر حسب ژول است).

$$E = mc^2 \Rightarrow E = 2\times10^{-6}\times(3\times10^8)^2 = 18\times10^{10} J$$

تذکر: برای تبدیل ژول به کیلو وات ساعت، باید عدد را به 36×10^5 تقسیم کنیم.

$$E = \frac{18\times10^{10}}{36\times10^5} = 5\times10^4 kWh$$

تست ۲۱:

اگر در واکنش هسته ای، ۴ گرم جرم به انرژی تبدیل شود، انرژی حاصل، معادل با انرژی مصرف شده در چند لامپ ۱۰۰ واتی است که به مدت ۲۰ ساعت روشن باشند؟

۱) ۵هزار ۲) ۵۰هزار ۳) ۵میلیون ۴) ۵۰میلیون

پاسخ: گزینه ۴

انرژی تولید شده از تبدیل جرم به انرژی :

$$E = mc^2 = \frac{4}{1000}(3\times10^8)^2 = \frac{4}{1000}\times9\times10^{16} = 36\times10^{13} J$$

انرژی مصرفی هر لامپ ۱۰۰ واتی که ۲۰ ساعت روشن باشد:

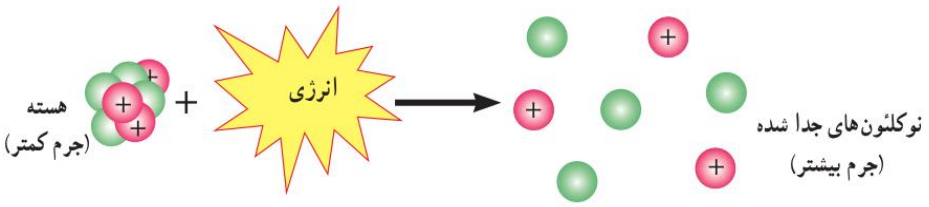
$$E = Pt = 100\times20\times3600 = 72\times10^5 J$$

$$\text{تعداد لامپ} = \frac{36\times10^{13}}{72\times10^5} = \frac{1}{2}\times10^8 = 5\times10^7 = 50,000,000$$

۴-۶-۵ انرژی بستگی هسته

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

همان‌طور که می‌دانید یک هسته از مجموعه‌ای از پروتون‌ها و نوترون‌ها تشکیل شده است، بنابراین انتظار داریم جرم هسته برابر مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل‌دهندهٔ آن باشد. در صورتی‌که اندازه‌گیری‌های دقیق نشان می‌دهند که جرم هسته اندکی کمتر از جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل‌دهندهٔ هسته می‌باشد که به این اختلاف جرم در اصطلاح کاستی جرم هسته می‌گویند. طبق رابطهٔ اینشتین این کاستی جرم تبدیل به انرژی شده است که به آن انرژی بستگی هسته می‌گویند.



انرژی‌ای معادل انرژی بستگی هسته‌ای باید تأمین شود تا هسته به نوکلئون‌های تشکیل‌دهندهٔ آن تقسیم شود.

۴-۶-۶ ترازهای انرژی هسته

در مقایسهٔ انرژی الکترون‌ها در اتم و انرژی نوکلئون‌ها در هسته می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱) انرژی نوکلئون‌های هسته مانند انرژی الکترون‌های اتم، کوانتیده است و هر مقداری را نمی‌تواند داشته باشد.

۲) همان‌طور که الکترون‌ها با جذب انرژی از تراز پایه به تراز برانگیخته می‌روند، نوکلئون‌ها نیز می‌توانند با جذب انرژی به تراز بالاتر بروند.

۳) همان‌طور که الکترون برانگیخته می‌تواند با گسیل فوتون به حالت پایه بازگردد، نوکلئون‌های برانگیخته نیز با گسیل فوتون به تراز پایه باز می‌گردند.

۴) بزرگ‌ترین تفاوت ترازهای انرژی داخل هسته و ترازهای انرژی اتم اختلاف انرژی آن‌ها است. اختلاف بین ترازهای انرژی نوکلئون‌ها درهسته از مرتبهٔ keV تا MeV است، در حالی‌که اختلاف بین ترازهای انرژی الکترون‌ها در اتم از مرتبهٔ eV است. برای همین هسته‌ها در واکنش‌های شیمیایی که انرژی کمی دارند برانگیخته نمی‌شوند.

۴-۷ پرتوزایی

کشف پرتوزایی طبیعی توسط هانری بکرل، آغازی برای پی بردن به وجود هسته اتم بود.

همان‌طور که مشاهده کردید عناصری که عدد اتمی آن‌ها بزرگ‌تر از ۸۳ است، ناپایدار هستند و به‌طور طبیعی (خود به‌خودی) واپاشیده می‌شوند و نوع معینی از ذرات با فوتون‌های پرانرژی آزاد می‌کنند. به این فرایند واپاشی، پرتوزایی طبیعی می‌گویند.

نکته۳۳: در تمام فرایندهای واپاشی پرتوزا، تعداد نوکلئون‌ها در طی فرایند واپاشی هسته‌ای پایسته می‌ماند. یعنی تعداد نوکلئون‌ها، پیش از فرایند با تعداد نوکلئون‌ها پس از فرایند مساوی است.

در پرتوزایی طبیعی سه نوع پرتو ایجاد می‌شود. در ادامه با انواع پرتوهایی که هنگام واپاشی گسیل می‌شوند، آشنا می‌شوید.

۴-۷-۱ واپاشی α

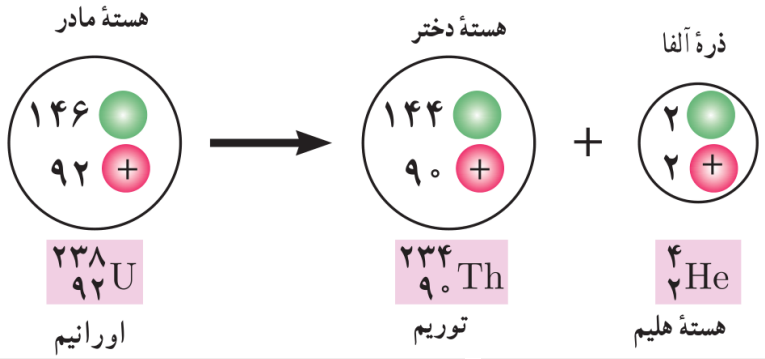
۱) این واپاشی در هسته‌های سنگین رو می‌دهد.

۲) پرتوهای α ذرات باردار مثبت از جنس هستهٔ اتم هلیم ($^{4}_{2}He$) هستند و از دو پروتون و دو نوترون تشکیل شده‌اند.

۳) برد پرتوهای α کوتاه است. این ذرات پس از طی مسافتی کوتاه در حدود ۱cm تا ۲cm در هوا یا هنگام عبور از لایه‌ای نازک از مواد جذب می‌شوند. پرتوهای α کمترین نفوذ را دارند و با ورقهٔ نازک سربی با ضخامت ناچیز (۰/۱mm) متوقف می‌شوند.

۴) اگر ذره‌های α از راه تنفس یا دستگاه گوارش وارد بدن شوند، باعث آسیب‌های شدید به بدن خواهند شد. به معادلهٔ این واپاشی و مثالی که مطرح شده است توجه کنید:

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



در واپاشی α یک هسته مادر ناپایدار، ذره α گسیل می‌کند و هسته متفاوتی (هسته دختر) به وجود می‌آید.

۴-۷-۲ واپاشی β^-

۱) این واپاشی، متداول‌ترین نوع واپاشی در هسته‌ها است.

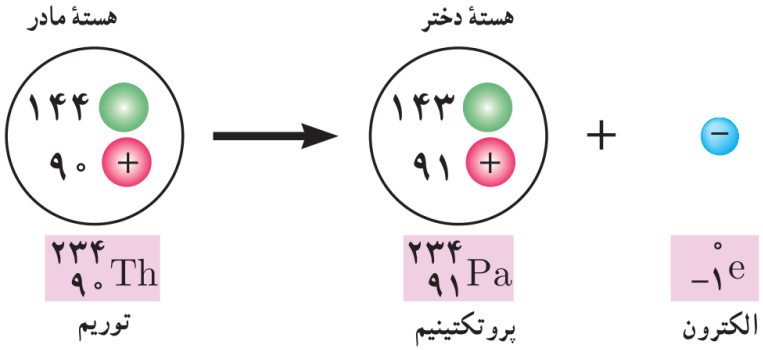
۲) پرتوهای β^- در واقع همان الکترون‌ها هستند.

۳) پرتوهای β^- مسافت خیلی بیشتری را نسبت به پرتوهای α در سرب نفوذ می‌کنند. تقریباً پرتوهای β^- می‌توانند مسافتی در حدود (۰/۱mm) در سرب نفوذ کنند.

۴) الکترون گسیل‌شده در این واپاشی یکی از الکترون‌های مداری اتم نیست؛ این الکترون وقتی به‌وجود می‌آید که نوترونی درون هسته، به پروتون و الکترون تبدیل شود.

به معادلهٔ این واپاشی و مثالی که مطرح شده توجه کنید:

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



واپاشی β^- وقتی رخ می‌دهد که نوترونی در یک هستهٔ مادر ناپایدار به پروتون و الکترون تبدیل شود. الکترون به صورت ذرهٔ β^- گسیل می‌شود.

۴-۷-۳ واپاشی β^+

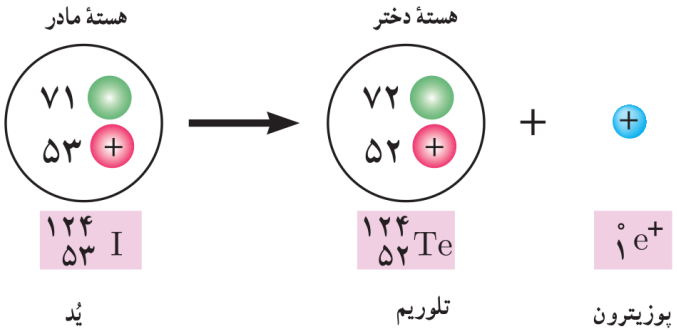
۱) در این واپاشی ذرهٔ گسیل‌شده توسط هسته، جرم یکسانی با الکترون دارد ولی به جای بار e- دارای بار الکتریکی e+ است. به این الکترون مثبت، پوزیترون می‌گویند و با نماد β^+ یا e^+ نمایش داده می‌شود.

۲) مسافتی که پرتوهای β^+ در سرب نفوذ می‌کنند مانند β^- در حدود (۰/۱mm) است.

۲) هنگام واپاشی β^+ یکی از پروتون‌های درون هسته به یک نوترون و یک پوزیترون تبدیل می‌شود.

به معادلهٔ این واپاشی و مثالی که مطرح شده است توجه کنید.

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



واپاشی β^+ وقتی رخ می‌دهد که پروتونی در یک هستهٔ مادر ناپایدار، به نوترون و پوزیترون تبدیل شود. پوزیترون به صورت ذرهٔ β^+ گسیل می‌شود.

۴-۷-۴ واپاشی γ

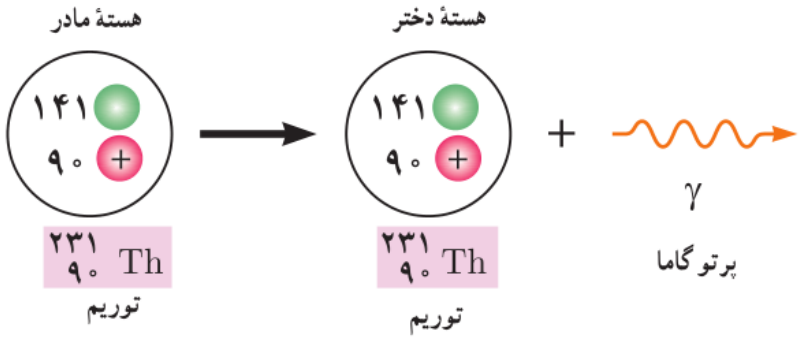
۱) اغلب هسته‌ها پس از واپاشی آلفا یا بتا، در حالت برانگیخته قرار می‌گیرند و با گسیل پرتوی گاما به حالت پایه می‌رسند.

۲) پرتوهای گاما از جنس امواج الکترومغناطیسی هستند و دارای بار الکتریکی وجرم نمی‌باشند و از فوتون‌های پرانرژی تشکیل شده‌اند.

۳) پرتوهای گاما بیشترین نفوذ را دارند و می‌توانند از ورقهٔ سربی به ضخامت (۱۰۰mm) عبور کنند.

به معادلهٔ این واپاشی و مثالی که مطرح شده است، توجه کنید.

$$^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}Y + \gamma$$ (واپاشی γ)



واپاشی γ وقتی رخ می‌دهد که هسته‌ای برانگیخته شده باشد.

۴-۷-۵ جمع بندی واپاشی ها

واپاشی α	$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$
واپاشی β^-	$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e^{-}$
واپاشی β^+	$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{1}e^{+}$
واپاشی γ	$^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}Y + \gamma$

نام	آلفا | هلیم	بتازای منفی	بتازای مثبت	گاما	نوترون
نماد	$({}^{4}_{2}He) \mid ({}^{4}_{2}\alpha)$	$_{-1}^{0}e^{-}, {}^{0}_{-1}\beta^{-}$	$^{0}_{1}e^{+}, {}^{0}_{+1}\beta^{+}$	$^{0}_{0}\gamma$	$^{1}_{0}N$
بار	$q = +2e$	$q = -e$	$q = +e$	$q = 0$	$q = 0$
قدرت نفوذ و برد	کمترین نفوذ کوتاه برد	نفوذ بیشتر برد متوسط	-	بیشترین نفوذ بلند برد	-

تست۲۲:

هسته‌ی $^{۲۳۱}_{۹۱}Pa$، با گسیل ذره‌ی آلفا وا می‌پاشد. هسته‌ی حاصل چند پروتون و چند نوترون دارد؟

۱) ۹۲ − ۲۲۷ ۲) ۸۹ − ۲۲۷ ۳) ۹۲ − ۱۳۸ ۴) ۸۹ − ۱۳۸

پاسخ: گزینه ۴

$$^{۲۳۱}_{۹۱}Pa \rightarrow ^{A}_{Z}X + ^{۴}_{۲}\alpha \Rightarrow \begin{cases} ۲۳۱ = A + ۴ \\ ۹۱ = Z + ۲ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = ۲۲۷ \\ Z = ۸۹ \end{cases}$$ تعداد پروتون :

تعداد نوترون : $A = N + Z \Rightarrow ۲۲۷ = ۸۹ + N \Rightarrow N = ۱۳۸$

تست۲۳:

$^{۸}_{۳}Li$ یکی از ایزوتوپ‌های رادیواکتیو لیتیم است. این ایزوتوپ پس از تابش یک ذره آلفا و یک الکترون به کدام عنصر تبدیل می‌شود؟

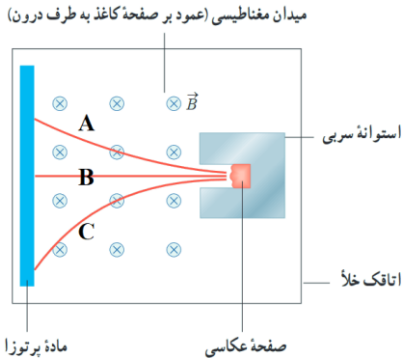
۱) $^{۷}_{۳}Li$ ۲) $^{۸}_{۴}Be$ ۳) $^{۶}_{۳}Li$ ۴) $^{۴}_{۲}He$

پاسخ: گزینه ۴

اگر $^{۴}_{۲}\alpha$ و $^{۰}_{-۱}e$ را از $^{۸}_{۳}Li$ کم کنیم به $^{۴}_{۲}He$ می‌رسیم.

$$^{۸}_{۳}Li \rightarrow ^{۴}_{۲}\alpha + ^{۰}_{-۱}e + x \Rightarrow x = ^{۴}_{۲}He$$

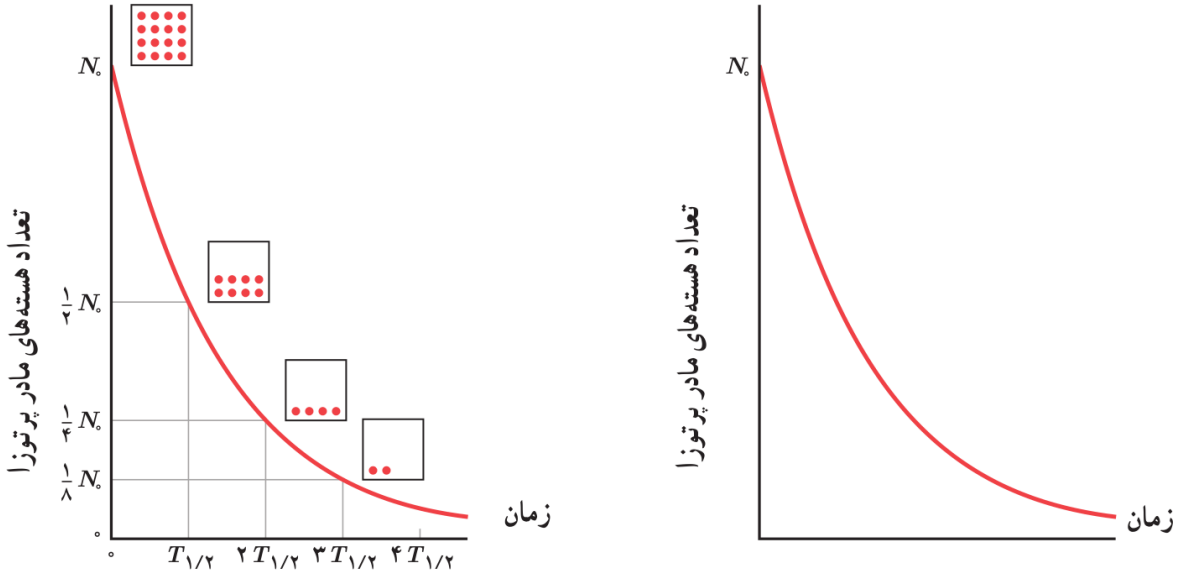
مثال: شکل روبه رو طرح آزمایش ساده‌ای را نشان می‌دهد که به کمک آن می‌توان سه نوع پرتوزایی طبیعی را مشاهده کرد. نوع بار پرتوها را با هم مقایسه کنید.



۸-۴ نیمه‌عمر

همان‌طور که گفتیم هسته‌های ناپایدار با گذشت زمان دچار واپاشی می‌شوند و به ذرات، انرژی و هسته‌های سبک‌تر تبدیل می‌شوند، به مدت زمانی که طول می‌کشد تا تعداد هسته‌های مادر موجود در یک نمونه، به نصف برسند نیمه‌عمر می‌گویند و آن را با $T_{\frac{1}{2}}$ نشان می‌دهند.

فرض کنید تعداد هسته‌هایمادر موجود در یک مادهٔ پرتوزا برابر N_0 باشد، همان‌طور که در نمودارهای زیر می‌بینید، با گذشت زمان، این هسته‌ها دچار واپاشی شده و کاهش می‌یابند، همان‌طور که در نمودار سمت چپ می‌بینید با گذشت هر نیمه‌عمر تعداد هسته‌های باقی‌مانده نصف می‌شود.



برای به‌دست آوردن تعداد هسته‌های باقی‌مانده در یک واپاشی می‌توان از رابطهٔ ۳ استفاده کرد:

رابطه ۱ : $n=\frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}$	رابطه ۲ : $m=\frac{m_0}{2^n}$	رابطه ۳ : $N=\frac{N_0}{2^n}$
N ← تعداد هسته‌های باقی‌مانده	N_0 ← تعداد هسته‌های اولیه	m ← جرم فعال
m_0 ← جرم اولیه	n ← تعداد نیمه‌عمرهای سپری‌شده	t ← کل زمان واپاشی
$T_{\frac{1}{2}}$ ← زمان نیمه‌عمر		

نکته۳۴: در روابط بالا یکای t و $T_{\frac{1}{2}}$ می‌تواند، ثانیه، دقیقه، ساعت، روز، ماه و یا سال باشد، فقط کافی است یکای این دو کمیت یکسان جایگذاری شود.

۴-۸-۱ رابطه ۳ و ۱ نیمه عمر

تست۲۴:

تعداد هسته‌های اولیه‌ی یک ماده‌ی رادیواکتیو $N_{\circ} = ۱۶۰۰$ است. اگر نیمه عمر این ماده ۶ ساعت باشد، بعد از چند ساعت ۲۰۰ هسته‌ی آن فعال باقی می‌ماند؟

۱) ۱۲ ۲) ۱۸ ۳) ۳۶ ۴) ۴۸

پاسخ: گزینه ۲

$$N_{\circ} = ۱۶۰۰ \to ۸۰۰ \to ۴۰۰ \to ۲۰۰$$

$$N = \frac{t}{T} \Rightarrow ۳ = \frac{t}{۶} \Rightarrow t = ۱۸h$$

تست۲۵:

نیمه‌ی عمر ماده ی رادیواکتیوی، ۵ روز است. بعدازچند روز تعدادهسته‌های واپاشیده شده، $\frac{۷}{۸}$ تعداد هسته‌های اولیه خواهد شد؟

۱) ۸ ۲) ۱۰ ۳) ۱۵ ۴) $\frac{۵}{۳}$

پاسخ: گزینه ۳

$$N_{\circ} \xrightarrow[T]{(۱)} \frac{N_{\circ}}{۲} \xrightarrow[T]{(۲)} \frac{N_{\circ}}{۴} \xrightarrow[T]{(۳)} \frac{N_{\circ}}{۸}$$ تعداد هسته‌ی باقی‌مانده

$\frac{۷N_{\circ}}{۸}$ تعداد هسته‌های واپاشیده شده

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow ۳ = \frac{t}{۵} \Rightarrow t = ۱۵$$ روز

تست۲۶:

از تعداد هسته‌های اولیه‌ی مساوی دو عنصر رادیواکتیو A و B بعد از گذشت زمان Δt ، تعداد هسته‌های باقی‌مانده‌ی عنصر A چهار برابر تعداد هسته‌های باقی‌مانده‌ی عنصر B است. اگر تعداد نیمه‌عمرهای عنصر A و B در مدت زمان Δt به ترتیب n_A و n_B باشد، کدام‌یک از موارد زیر درست است؟

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

پاسخ: گزینه ۴

$$N_A = ۴N_B \Rightarrow \frac{N_{\circ}}{۲^{n_A}} = ۴\frac{N_{\circ}}{۲^{n_B}} \Rightarrow ۲^{n_A} = ۲^{-۲} \times ۲^{n_B} \Rightarrow ۲^{n_A} = ۲^{(n_B - ۲)}$$
$$\Rightarrow n_A = n_B - ۲ \Rightarrow n_B - n_A = ۲$$

۴-۸-۲ رابطه ۲ و ۱ نیمه عمر

تست۲۷:

از ۱۲ گرم یک ماده رادیواکتیو پس از ۱۸ روز، ۱٫۵ گرم تجزیه نشده باقیمانده است. نیمه‌عمر این ماده چند روز است؟

۱) ۹ ۲) ۶ ۳) ۴ ۴) ۳

پاسخ: گزینه ۲

$$m = \frac{m_{\circ}}{۲^n} \Rightarrow ۱٫۵ = \frac{۱۲}{۲^n} \Rightarrow ۲^n = ۸ \Rightarrow ۲^n = ۲^۳ \Rightarrow n = ۳ \ , \ n = \frac{t}{T} \Rightarrow ۳ = \frac{۱۸}{T} \Rightarrow T = ۶$$ روز

تست ۲۸:

نیمه‌عمر یک ماده رادیواکتیو ۲ ساعت است. پس از چند ساعت، $\frac{۱}{۱۲۸}$ هسته‌های اولیه، فعال باقی می‌ماند؟

۱) ۳۶ ۲) ۲۸ ۳) ۱۴ ۴) ۱۲

پاسخ: گزینه ۳ باتوجه به رابطه‌ی $m=\frac{m_۰}{۲^n}$ برای تعداد هسته‌های باقیمانده، داریم:

$$m=\frac{m_۰}{۲^n}\Rightarrow \frac{۱}{۱۲۸}m_۰=\frac{m_۰}{۲^n}\Rightarrow ۱۲۸=۲^n\Rightarrow ۲^۷=۲^n\Rightarrow n=۷\ ,\ n=\frac{t}{T}\Rightarrow ۷=\frac{t}{۲}\Rightarrow t=۱۴$$ ساعت

تست ۲۹:

نیمه‌عمر یک ماده‌ی رادیواکتیو ۱۰ ساعت است. هرگاه پس از ۴۰ ساعت ۱۵ گرم از این ماده واپاشیده شود، جرم اولیه‌ی آن چند گرم است؟

۱) ۱۶ ۲) ۲۰ ۳) ۳۲ ۴) ۴۰

پاسخ: گزینه ۱

$$n=\frac{t}{T}=\frac{۴۰}{۱۰}=۴\ ,\ m=\frac{m_۰}{۲^n}\to m=\frac{m_۰}{۲^۴}=\frac{m_۰}{۱۶}$$

جرم واپاشیده شده $m'=m_۰-m=۱۵\Rightarrow m_۰-\frac{m_۰}{۱۶}=۱۵\Rightarrow m_۰=۱۶g$

تست ۳۰:

نیمه‌ی‌عمر ^{۹۰}Sr برابر ۲۸ سال است. چند سال طول می‌کشد تا ۲ میلی گرم از این عنصر به ۱۲۵ میکروگرم کاهش یابد؟

۱) ۷ ۲) ۸۴ ۳) ۱۱۲ ۴) ۱۴۰

پاسخ: گزینه ۳

$$m=\frac{m_۰}{۲^n}\Rightarrow ۱۲۵\times ۱۰^{-۶}=\frac{۲\times ۱۰^{-۳}}{۲^n}\Rightarrow ۲^n=\frac{۲\times ۱۰^{-۳}}{۱۲۵\times ۱۰^{-۶}}=۱۶\Rightarrow n=۴$$

$$n=\frac{t}{T}\Rightarrow ۴=\frac{t}{T}\Rightarrow ۴=\frac{t}{۲۸}\Rightarrow t=۱۱۲$$ سال

تست ۳۱:

نیمه‌عمر یک ماده‌ی رادیواکتیو ۵ شبانه روز است. اگر پس از ۲۰ شبانه روز مقدار ۷۵گرم آن متلاشی شود، پس از چند شبانه روز تنها ۲٫۵ گرم از آن باقی می‌ماند؟

۱) ۱۵ ۲) ۲۰ ۳) ۲۵ ۴) ۳۰

پاسخ: گزینه ۳

با توجه به قسمت اول سوال می توان جرم اولیه ماده را بدست آورد.

$$n=\frac{t}{T}=\frac{۲۰}{۵}=۴$$

$$m=\frac{m_۰}{۲^n}\Rightarrow m=\frac{m_۰}{۲^۴}=\frac{m}{۱۶}$$

جرم متلاشی شده : $m'=m_۰-m=۷۵\Rightarrow m_۰-\frac{m_۰}{۱۶}=۷۵\Rightarrow \frac{۱۵m_۰}{۱۶}=۷۵\Rightarrow m_۰=۸۰g$ جرم کل

اکنون می توان زمان سپری شده تا باقی ماندن ۲٫۵ گرم را محاسبه کرد:

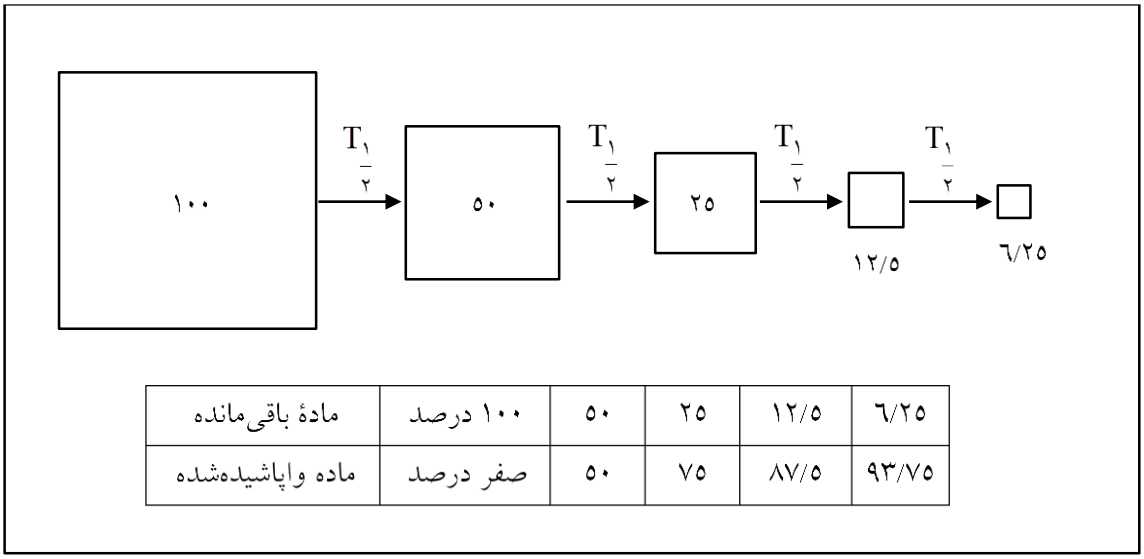
$$m=\frac{m}{۲^n}\Rightarrow ۲٫۵=\frac{۸۰}{۲^n}\Rightarrow ۲^n=۳۲\Rightarrow n=۵$$

$$n=\frac{t}{T}\Rightarrow ۵=\frac{t}{۵}\Rightarrow t=۲۵$$ روز

نکته۳۵: در تعداد زیادی از سؤالات کنکور درصد مادهٔ باقی‌مانده و یا درصد مادهٔ متلاشی‌شده خواسته می‌شود.

برای پاسخ‌گویی سریع‌تر به این سؤالات می‌توان از روش زیر استفاده کرد.

فرض کنید مقدار مادهٔ اولیه برابر ۱۰۰٪ باشد، با گذشت یک نیمه‌عمر ۵۰ درصد آن متلاشی شده و ۵۰درصد آن باقی می‌ماند. در ادامه با گذشت یک نیمه‌عمر دیگر، ۲۵ درصد ماده باقی مانده و در نتیجه مقدار واپاشیده‌شده به ۷۵ درصد می‌رسد و به همین ترتیب داریم:



مادهٔ باقی‌مانده	۱۰۰ درصد	۵۰	۲۵	۱۲/۵	۶/۲۵
ماده واپاشیده‌شده	صفر درصد	۵۰	۷۵	۸۷/۵	۹۳/۷۵

۴-۸-۳ درصد نیمه عمر

تست۳۲:

نیمه‌ی‌عمر یک ماده‌ی رادیواکتیو ۶۰۰۰ سال است. تقریباً چند درصد از یک نمونه‌ی این ماده پس از ۵ نیمه‌عمر واپاشیده می‌شود؟

۱) ۳ ۲) ۶ ۳) ۹۴ ۴) ۹۷

پاسخ: **گزینه ۴** مقدار ماده‌ی باقی‌مانده از یک ماده‌ی پرتوزا پس از n نیمه‌عمر، از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

مقدار ماده‌ی باقی‌مانده: $m = \frac{m_0}{2^n} \xrightarrow{n=5} m = \frac{1}{2^5}m_0 = \frac{1}{32}m_0$

دراین صورت درصد جرم ماده ی واپاشیده شده برابر است با:

جرم واپاشیده شده: $m' = m - \frac{1}{32}m_0 = \frac{31}{32}m_0 = 0/97m_0 \Longrightarrow$ تقریباً ۹۷% ماده‌ی اولیه واپاشیده شده است.

تست۳۳:

اگر ۸۷/۵ درصد از تعداد هسته‌های یک ماده‌ی رادیواکتیو در مدت ۲۴ ساعت واپاشیده شود، نیمه‌عمر آن چند ساعت است؟

۱) ۳ ۲) ۴ ۳) ۶ ۴) ۸

پاسخ: **گزینه ۴** وقتی ۸۷/۵ درصد از تعداد هسته‌های یک ماده رادیواکتیو واپاشیده شده یعنی ۱۲/۵% باقی‌مانده است. ۳ نیمه‌عمر سپری شده‌است.

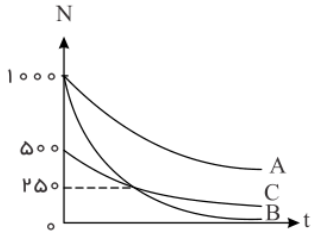
هسته های باقی‌مانده $100\% \xrightarrow{T} 50\% \xrightarrow{T} 25\% \xrightarrow{T} 12/5\%$

$$n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}} \Rightarrow 3 = \frac{24}{T_{\frac{1}{2}}} \Rightarrow T_{\frac{1}{2}} = 8h$$

۴-۸-۴ نمودار

تست ۳۴:

نمودار تعداد هسته‌های سه عنصر پرتوزا بر حسب 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) $T_A > T_B = T_C$

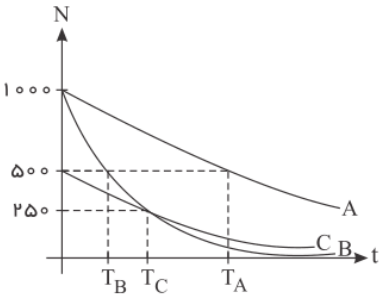
۳) $T_A > T_B > T_C$

۴) $T_A > T_C > T_B$

پاسخ: گزینه ۴

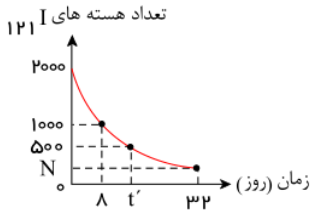
با توجه به نمودار مربوط به A در t بزگتری با خط $N = ۵۰۰$ برخورد کرده و با توجه به همین مسئله داریم:

$T_A > T_C > T_B$



تست ۳۵:

نمودار روبه رو مربوط به ید پرتوزا است. N, t' به ترتیب کدامند؟



۱) ۱۷۵ و ۲۴

۲) ۲۵۰ و ۱۶

۳) ۱۲۵ و ۱۶

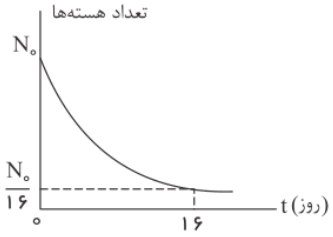
۴) ۲۰۰ و ۲۴

پاسخ: گزینه ۳ تعداد هسته‌ها در نمودار از ۲۰۰۰ به ۱۰۰۰ رسیده است. بنابراین زمان نیمه‌عمر برابر ۸ روز است.

وقتی تعداد هسته‌ها از ۱۰۰۰ به ۵۰۰ رسیده بنابراین یک نیمه‌عمر دیگر طی نموده در نتیجه : روز $t' = ۸ \times ۲ = ۱۶$

تست ۳۶:

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



۱) ۸۷٫۵
۲) ۵۰
۳) ۲۵
۴) ۱۲٫۵

پاسخ: **گزینه ۳**

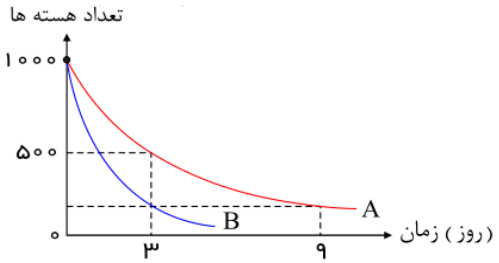
با توجه به نمودار: $N \xrightarrow{(1)} \frac{N_0}{2} \xrightarrow{(2)} \frac{N_0}{4} \xrightarrow{(3)} \frac{N_0}{8} \xrightarrow{(4)} \frac{N_0}{16}$ (۱۶ روز)

$n = \frac{t}{T} \Rightarrow 4 = \frac{16}{T} \Rightarrow T = 4$ روز

$N_0 \xrightarrow{4\text{ روز}} \frac{N_0}{2} \xrightarrow{4\text{ روز}} \frac{N_0}{4}$ ۲۵٪ باقی مانده است.

تست ۳۷:

نمودار تعداد هسته‌های دو مادهٔ پرتوزای A و B برحسب زمان مطابق شکل زیر است. پس از چند روز $\frac{1}{32}$ هسته‌های B فعال باقی می‌ماند؟



۱) ۳
۲) ۴
۳) ۵
۴) ۶

پاسخ: **گزینه ۳** باتوجه به نمودار مربوط به مادهٔ پرتوزای A مشخص می‌شود که نیمه‌عمر مادهٔ A برابر ۳ روز است.

$N = \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T_A}}} \Rightarrow N = \frac{1000}{2^{\frac{9}{3}}} \Rightarrow N = \frac{1000}{8} = 125$

مادهٔ پرتوزای B در مدت سه روز به اندازهٔ ۱۲۵ هسته بدون واپاشی خواهد داشت.

$125 = \frac{1000}{2^{\frac{3}{T_B}}} \Rightarrow T_B = 1$ روز $\Rightarrow \frac{1}{32} = \frac{1}{2^5} = \frac{1}{2^{\frac{t}{T_B}}} \Rightarrow 5 = \frac{t}{T_B} = \frac{t}{1} \Rightarrow t = 5$ روز

فصل اول فیزیک دهم

فیزیک و اندازه گیری

(معمولا ۱ تست)

۱-۵ فیزیک، دانش بنیادی

فیزیک یکی از بنیادی ترین دانش هاست و شالوده تمامی مهندسی ها ست که به طور مستقیم در زندگی ما نقش دارند.

۱-۱-۵ مراحل تولید علم فیزیک

مرحله ۱: فیزیک دانان، پدیده های طبیعت را مشاهده می کنند.

مرحله ۲: می کوشند الگوها ونظم های خاص میان این پدیده ها بیابند.

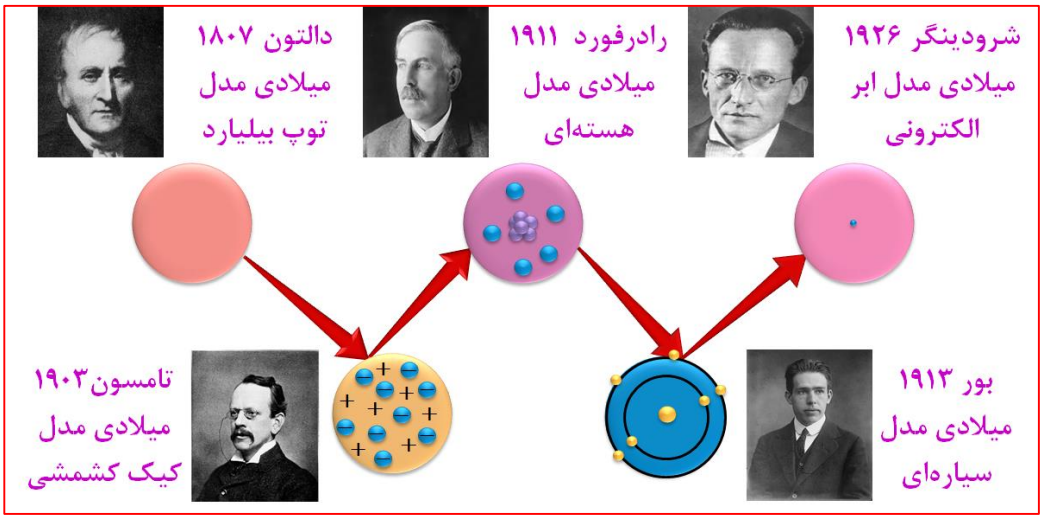
مرحله ۳: برای توصیف و توضیح پدیده های مورد بررسی، اغلب از قانون،مدل ونظریه ی فیزیک است.

مرحله ۴: این قوانین، مدل ها ونظریه های فیزیکی را توسط ازمایش مورد ازمون قرار می دهند.

نکته ۱: مدل ها و نظریه های فیزیکی در طول زمان همواره معتبر نیستند ، بلکه می توانند دستخوش تغییر شوند.

به بیان دیگر همواره این امکان وجود دارد که نتایج آزمایش های جدید منجر به بازنگری مدل یانظریه ای شود و حتی ممکن است نظریه ای جدید جایگزین آن شود.

مثلاً در دهه های آغازین قرن گذشته، نظریه اتمی در خصوص رفتار اتم ها، بارها اصلاح شد.



ویژگی آزمون پذیری واصلاح نظریه های فیزیکی، نقطه قوت دانش فیزیک است ونقش مهمی در فرایند پیشرفت دانش وتکامل پیرامون داشته است.

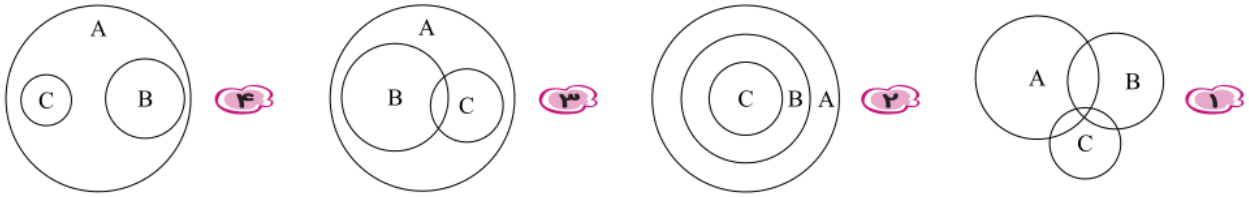
نکته ۲: دانشمندان برای توصیف پدیده های فیزیکی ورابطه بین کمیت ها از قانون ها واصل ها استفاده می کنند.

۱. **قانون های فیزیکی: معمولاً رابطه ی بین برخی از کمیت های فیزیکی را توصیف می کنند و در دامنه ی وسیعی از پدیده های گوناگون طبیعت معتبرند. (مانند قانون دوم نیوتن)**

۲. **اصل فیزیکی: برای توصیف دامنه ی محدودتری از پدیده های فیزیکی ، که عمومیت کمتری دارند استفاده می شوند.(مانند اصل پاسکال)**

تست ۱:

اگر پدیده‌های فیزیکی را با شکل A، قانون فیزیکی را با شکل B و اصل فیزیکی را با شکل C نشان دهیم، کدام‌یک از گزینه‌های زیر، طرح‌وارهٔ مفهومی درستی را نشان می‌دهد؟



۵-۱-۲ مدل سازی در فیزیک

مدل سازی در فیزیک فرایندی است که طی آن یک پدیده ی فیزیکی ، آن قدر ساده وآرمانی می شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم شود.

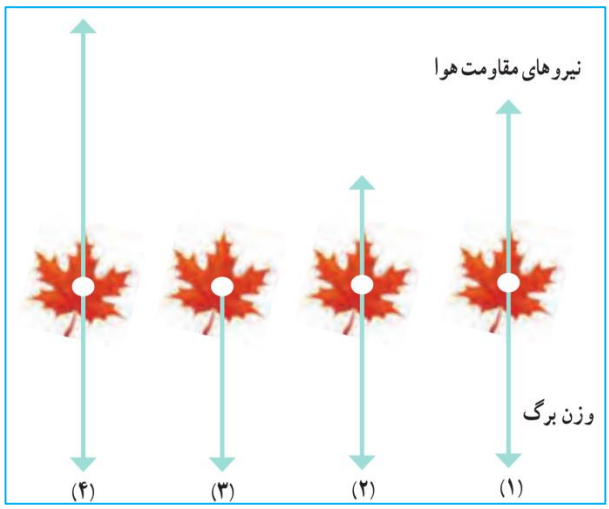
واقعیت پیچیده	مدل ساده
توپ، کره کامل نیست (درزها و برجستگی هایی دارد)	چشم پوشی از اندازه و شکل: توپ به عنوان جسم نقطه ای یا ذره در نظر گرفته می شود
وجود مقاومت هوا و اثر باد	توپ در خلاء حرکت می کند.
تغییر وزن توپ با تغییر فاصله از مرکز زمین	فرض می کنیم وزن توپ با تغییر فاصله از مرکز زمین ثابت می ماند.

حال مسـله ما به قدر کافی ساده شده است و می توانیم حرکت آن را بررسی و تحلیل کنیم.

نکته۳: هنگام مدل سازی یک پدیده ی فیزیکی ، باید اثرهای جزئی تر را نادیده بگیریم نه اثرهای مهم وتعیین کننده.

مثلاً اگر به جای مقاومت هوا، نیروی جاذبه ی زمین را نادیده می گرفتیم، آن گاه مدل ما پیش بینی می کرد که وقتی توپی به بالا پرتاب شود در یک خط مستقیم بالا می رود !

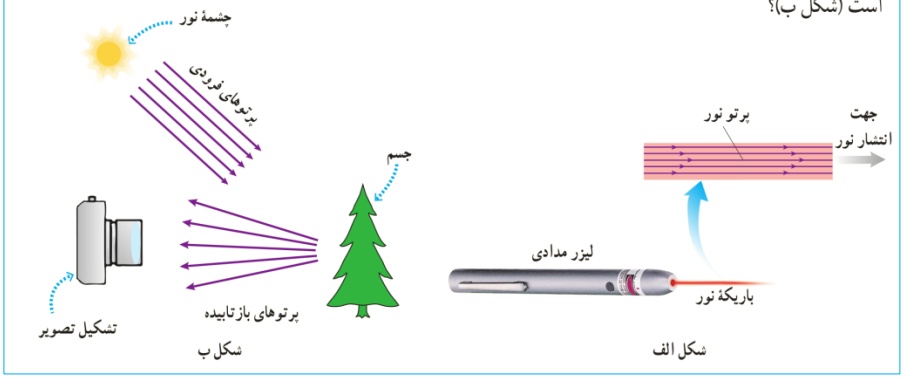
مثال ۱:



برای حذف اثر این دو سوال را بپرس : ۱) مسیر حرکت عوض میشه؟ ۲) زمان حرکت تغییر میکنه؟

مثال ۲:

شکل الف براساس آنچه در علوم سال هشتم در زمینهٔ نورشناسی خواندید آمده است. اجزای این شکل را توضیح دهید و بگویید که در آن، چه چیزی مدل‌سازی شده است. این مدل‌سازی چگونه در تشکیل تصویر در یک دوربین عکاسی به‌کار رفته است (شکل ب)؟



شکل الف، باریکه‌ای را نشان می‌دهد که از یک لیزر مدادی خارج شده است. باریکهٔ نور، به‌صورت پرتوهای موازی نور مدل‌سازی شده است. همان‌طور که می‌دانید مدل پرتوی نور در نور هندسی، اهمیت زیادی دارد و دانش‌آموزان در علوم سال هشتم نیز تا حدودی با برخی از جنبه‌های آن آشنا شده‌اند. در شکل ب از مدل پرتوی نور برای انتشار نور از یک چشمهٔ نور استفاده شده است. چون چشمهٔ نور در فاصلهٔ دوری قرار دارد پرتوهایی که به جسم رسیده‌اند به‌صورت موازی مدل‌سازی شده‌اند. برخی از پرتوها پس از بازتاب از جسم، وارد دوربین می‌شوند و تصویری از جسم تشکیل می‌دهند.

۲-۵ اندازه گیری و کمیت های فیزیکی

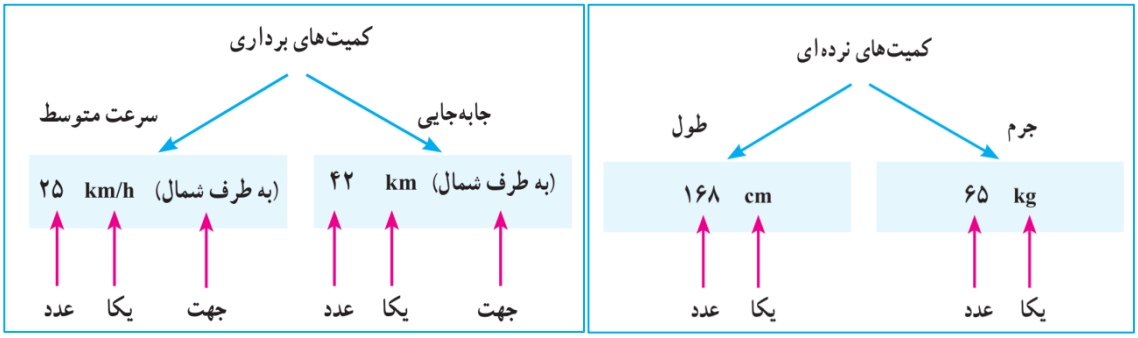
فیزیک، علمی تجربی است وهدف آن بررسی پدیده های فیزیکی در جهان پیرامون است.

اساس تجربه و آزمایش، اندازه گیری است و برای بیان نتایج اندازه گیری به طور معمول از عدد ویکای مناسب آن استفاده می کنیم.

نکته۴: در فیزیک به هرچیزی که بتوان آن را اندازه گرفت، مانند طول ، جرم، تندی، نیرو و... کمیت فیزیکی گفته می شود.

کمیت‌های فیزیکی به دو نوع نرده‌ای یا اسکالر و برداری تقسیم می‌شوند: (دسته بندی اول)

مثال۳:



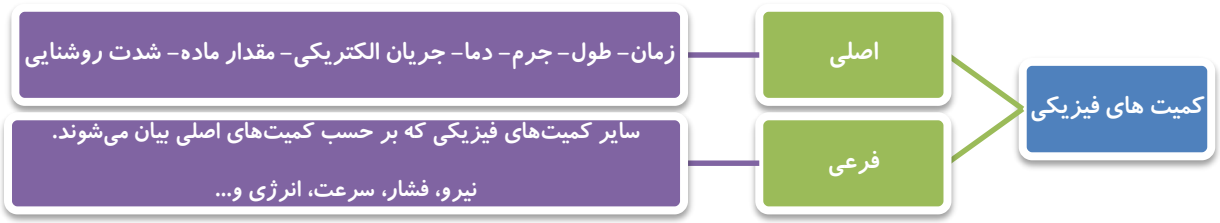
۵-۲-۱ اندازه گیری ودستگاه بین المللی یکاها

- برای انجام اندازه گیری های درست وقابل اطمینان به یکاهای اندازه گیری ای نیاز داریم که تغییر نکنند ودارای قابلیت بازتولید درمکان های مختلف باشند.
- دستگاه یکاهایی که بیشتر مهندسان ودانشمندان در سراسر جهان به کار می برند را اغلب دستگاه متریک می نامند، ولی این دستگاه یکاها به طور رسمی دستگاه بین المللی (SI) نامیده شده است.
- هفت کمیت که به آنها کمیت های اصلی می گوییم اساس دستگاه بین المللی را تشکیل می دهند.
- سایر کمیت های دیگر را که برحسب کمیت های اصلی بیان می شوند ، کمیت های فرعی می نامند.
- تعداد کمیت های فیزیکی آن چنان زیاد است که تعیین یکای مستقل برای همه آنها در عمل ناممکن است. اما خوشبختانه ، بسیاری از کمیت های فیزیکی مستقل از یکدیگر نیستند وتوسط رابطه ها وتعریف های فیزیکی به یکدیگر وابسته اند.

کمیت های اصلی		
کمیت	نام یکا	نماد یکا
طول	متر	m
جرم	کیلوگرم	kg
زمان	ثانیه	s
دما	کلوین	K
مقدار ماده	مول	mol
جریان الکتریکی	آمپر	A
شدت روشنایی	کندلا (شمع)	cd

کمیت های فرعی			
کمیت	فرمول	یکای فرعی	یکای SI
تندی	$S_{av}=\frac{l}{\Delta t}$	$\frac{m}{s}$	$\frac{m}{s}$
سرعت	$V_{av}=\frac{d}{\Delta t}$	$\frac{m}{s}$	$\frac{m}{s}$
شتاب	$a_{av}=\frac{\Delta V}{\Delta t}$	$\frac{\frac{m}{s}}{s}=\frac{m}{s^2}$	$\frac{\frac{m}{s}}{s}=\frac{m}{s^2}$
نیرو	$F=ma$	$kg\times\frac{m}{s^2}$	نیوتن (N)
فشار	$P=\frac{F}{A}$	$\frac{kg\times\frac{m}{s^2}}{m^2}=\frac{kg}{m\times s^2}$	پاسکال (Pa)
انرژی	$W=Fd$	$kg\times\frac{m^2}{s^2}$	ژول (J)

۵-۲-۲ دسته‌بندی دوم کمیت‌های فیزیکی



۵-۲-۳ سازگاری یکاها

هرکمیت فیزیکی را بانماد مشخص نشان میدهیم. مانند: a شتاب، F نیرو، V سرعت و m جرم

برای بیان ارتباط بین کمیت های فیزیکی، از روابط ومعادله ها استفاده می کنیم.مانند:

$$F = ma$$

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$F = ma = (۰/۳۲۵\,\text{kg})(۱/۷۵\,\text{m/s}^۲) = ۰/۵۶۹\,\text{N}$$

یکای دو طرف معادله با هم سازگار است.

نکته۵: هنگام استفاده از رابطه ها وجایگذاری اندازه هرکمیت در آن ، باید به سازگاری یکاها در دوطرف رابطه توجه کنیم.

اگر بخواهیم هر دو طرف رابطه برحسب یکاهای SI بیان شود باید یکای کمیت های داده شده را نیز به یکاهای SI تبدیل کنیم.

مانند: $P = \frac{F}{A} \rightarrow ۲/۵Pa = \frac{۵N}{۲m^۲}$

۴-۲-۵ معرفی چند یکای اصلی

طول (m)

اولین تعریف متر در سال ۱۷۹۱ میلادی

به لحاظ تاریخی، یکای طول (متر) به صورت زیر تعریف شده است:

- **اواخر قرن هجدهم:** یک ده میلیونیم فاصله‌ی استوا تا قطب شمال (در طول جغرافیایی گذرنده از پاریس)
- **تا سال ۱۳۴۰:** فاصله‌ی میان دو خط نازک حک شده در نزدیکی دو سر میله‌ای از جنس پلاتین-ایریدیوم در دمای صفر درجه‌ی سلسیوس.
- **از سال ۱۳۶۲:** مسافتی که نور در مدت زمان $\frac{1}{299792458}$ ثانیه در خلاء طی می‌کند. (حفظ نشه)
- **برخی یکاهای قدیمی (ایرانی) :**

۱ ذرع =۱۰۴ سانتی‌متر ۱ فرسنگ =۶۰۰۰ ذرع

- **برخی یکاهای مهندسی (انگلیسی) :**

۱ مایل =۱٫۶۰۹ کیلومتر ۱ یارد =۰٫۹۱۴۴ متر

۱ اینچ =۲٫۵۴ سانتی ۱ فوت =۰٫۳۰۴۸ متر

تذکر: حفظ کردن یکاهای قدیمی و غیر SI واجب نیست و تو امتحان نمیاد ولی دونستنشون خیلی باحاله.

مقادیر تقریبی برخی طول‌های اندازه‌گیری‌شده

جسم	طول (m)	جسم	طول (m)
فاصلهٔ منظومهٔ شمسی تا نزدیک‌ترین کهکشان	$2/8\times10^{21}$	طول زمین فوتبال	9×10^{1}
فاصلهٔ منظومهٔ شمسی تا نزدیک‌ترین ستاره	4×10^{16}	طول بدن نوعی مگس	5×10^{-3}
یک سال نوری	9×10^{15}	اندازهٔ ذرات کوچک گرد و خاک	1×10^{-4}
شعاع مدار میانگین زمین به دور خورشید	$1/50\times10^{11}$	اندازهٔ یاخته‌های بیشتر موجودات زنده	1×10^{-5}
فاصلهٔ میانگین ماه از زمین	$3/84\times10^{8}$	اندازهٔ بیشتر میکروب‌ها	$0/2_2\times10^{-6}$
شعاع میانگین زمین	$6/40\times10^{6}$	قطر اتم هیدروژن	$1/06\times10^{-10}$
فاصلهٔ ماهواره‌های مخابراتی از زمین	$3/6\times10^{7}$	قطر هستهٔ اتم هیدروژن (قطر پروتون)	$1/75\times10^{-15}$

جرم (kg)

یکای جرم در SI کیلوگرم (kg) نامیده می‌شود و به صورت جرم استوانه‌ای فلزی از جنس آلیاژ پلاتین-ایریدیوم تعریف شده است.

- **برخی یکاهای قدیمی (ایرانی) :**

۱ مثقال= ۲۴ نخود= ۹۶ گندم =۴٫۸۶ گرم

۱ من تبریز= ۴۰ سیر = ۶۴۰ مثقال= ۳٫۱۱۰۴ کیلو

۱ خروار = ۱۰۰ من تبریز=۳۱۱٫۰۴ کیلوگرم

- **برخی یکاهای مهندسی (انگلیسی) :**

۱ پوند = ۰٫۴۵۳۶ کیلوگرم

مقادیر تقریبی برخی جرم‌های اندازه‌گیری‌شده

جسم	جرم (kg)	جسم	جرم (kg)
عالم قابل مشاهده	1×10^{52}	انسان	7×10^{1}
کهکشان راه شیری	7×10^{41}	قورباغه	1×10^{-1}
خورشید	2×10^{30}	پشه	1×10^{-5}
زمین	6×10^{24}	باکتری	1×10^{-15}
ماه	$7/34\times10^{22}$	اتم هیدروژن	$1/67\times10^{-27}$
کوسه	1×10^{3}	الکترون	$9/11\times10^{-31}$

زمان (s)

یکای زمان در SI ثانیه (s) است که به صورت زیر تعریف شده است:

- **تا ۱۳۴۶:** $\frac{1}{86400}$ میانگین روز خورشیدی
- از سال ۱۳۴۶ تاکنون بر اساس دقت بسیار زیاد ساعت های اتمی تعریف شده است.

(اطلاعات عمومی : بازه‌ی زمانی که اتم سزیم ^{133}CS در وضعیت عادی ۹۱۹۲۶۳۱۷۷۰ ارتعاش انجام می‌دهد.)

نکته۶: در بسیاری از موارد، نیاز به اندازه‌گیری مدت زمان بین شروع و پایان یک رویداد داریم. این مدت زمان را بازه‌ی زمانی می‌گوییم.

اگر با تغییر فرد ، مکان و زمان یکا تغییر کرد، یکای خوبی نیست!

۵-۳ تبدیل یکاها

اغلب در حل مسائل فیزیک، لازم است یکای کمیتی را تغییر دهیم . این کار با روش تبدیل زنجیره ای انجام می شود.

در این روش، اندازه ی کمیت را در یک عامل تبدیل (نبستی از یکاها که برابر عدد یک است) ضرب می کنیم.

برای مثال چون $1kg$ برابر ۱۰۰۰ گرم است داریم:

$$\frac{1kg}{1000g}=1 \quad , \quad \frac{1000g}{1kg}=1$$

بنابراین هردوکسر بالا را که برابر یک هستند می توان به عنوان عامل تبدیل به کار برد.

نکته۷:ضرب کردن هرکمیت در عدد یک، اندازه آن کمیت را تغییرنمی دهد.هرگاه عاملی تبدیلی را مناسب بدانیم می توانیم از آن استفاده کنیم.

$$85cm=(85cm)(1)=(85\,\cancel{cm})(\frac{1m}{100\,\cancel{cm}})=0/85m$$

ضریب تبدیل

$$36km/h=\left(36\frac{km}{h}\right)(1)(1)=\left(36\frac{\cancel{km}}{\cancel{h}}\right)\left(\frac{1\,\cancel{h}}{3600s}\right)\left(\frac{1000m}{1\,\cancel{km}}\right)=10m/s$$

۱-۳-۵ پیشوندهای یکاها

هرگاه در اندازه گیری ها بااندازه های بسیار بزرگ تر یا بسیار کوچک تر از یکاهای اصلی آن کمیت مواجه شویم، از پیشوند هایی استفاده میکنیم.

هرپیشوند توان معینی از ۱۰ را نشان می دهد که به صورت یک عامل ضرب به کار می رود.

نوع پیشوند	پیشوند	نماد	ضریب	ضریب به صورت توان ده
پیشوند های بزرگ ساز	ترا	T	۱,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	$۱۰^{۱۲}$
	گیگا (جیگا)	G	۱,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	$۱۰^{۹}$
	مگا	M	۱,۰۰۰,۰۰۰	$۱۰^{۶}$
	کیلو	k	۱,۰۰۰	$۱۰^{۳}$
	هکتو	h	۱۰۰	$۱۰^{۲}$
	دکا	da	۱۰	$۱۰^{۱}$
پیشوند های کوچک ساز	دسی	d	۰/۱	$۱۰^{-۱}$
	سانتی	c	۰/۰۱	$۱۰^{-۲}$
	میلی	m	۰/۰۰۱	$۱۰^{-۳}$
	میکرو	μ	۰/۰۰۰,۰۰۱	$۱۰^{-۶}$
	نانو	n	۰/۰۰۰,۰۰۰,۰۰۱	$۱۰^{-۹}$
	پیکو	p	۰/۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۱	$۱۰^{-۱۲}$
	فمتو	f	۰/۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۱	$۱۰^{-۱۵}$

۱) روش زنجیره ای:

الف : معمولی

$$۱۲\mu g = \cdots g \rightarrow ۱۲\mu g\left(\frac{۱۰^{-۶} g}{۱\mu g}\right) = ۱۲ \times ۱۰^{-۶} g$$

$$۷MN = \cdots N \rightarrow ۷MN\left(\frac{۱۰^{۶} N}{۱MN}\right) = ۷ \times ۱۰^{۶} N$$

$$۱/۲kPa = \cdots Pa \rightarrow ۱/۲kPa\left(\frac{۱۰^{۳} Pa}{۱kPa}\right) = ۱۲۰۰ Pa$$

$$۲۷mm = \cdots m \rightarrow ۲۷mm\left(\frac{۱۰^{-۳} m}{۱mm}\right) = ۰/۰۲۷m$$

ب: توانی

$$۱۵(cm)^{۲} = \cdots m^{۲} \rightarrow ۱۵(cm)^{۲}\left(\frac{۱۰^{-۲} m}{۱cm}\right)^{۲} = ۱۵ \times ۱۰^{-۴} m^{۲}$$

$$۶ \times ۱۰^{-۴} m^{۳} = \cdots (mm)^{۳} \rightarrow ۶ \times ۱۰^{-۴} m^{۳}\left(\frac{۱mm}{۱۰^{-۳} m}\right)^{۳} = ۶ \times ۱۰^{۵} (mm)^{۳}$$

ج: کسری	$۱/۲\frac{km}{min}=\cdots\frac{m}{s}\rightarrow ۱/۲\frac{km}{min}(\frac{۱۰^{۳}m}{۱km})(\frac{۱min}{۶۰s})=۲۰\frac{m}{s}$ $۳\frac{kN}{m^{۲}}=\cdots\frac{N}{(cm)^{۲}}\rightarrow ۳\frac{kN}{m^{۲}}(\frac{۱۰^{۳}N}{۱kN})(\frac{۱۰^{-۲}m}{۱cm})^{۲}=۰/۳\frac{N}{(cm)^{۲}}$
د: دوطرف پیشوند	$۱/۲\times ۱۰^{۴}\mu g=\cdots hg\rightarrow ۱/۲\times ۱۰^{۴}\mu g(\frac{۱۰^{-۶}g}{۱\mu g})(\frac{۱hg}{۱۰^{۲}g})=۱/۲\times ۱۰^{-۴}hg$ $۴(cm)^{۳}=\cdots(mm)^{۳}\rightarrow ۴(cm)^{۳}(\frac{۱۰^{-۲}m}{۱cm})^{۳}(\frac{۱mm}{۱۰^{-۳}m})^{۳}=۴\times ۱۰^{-۶}\times\frac{۱}{۱۰^{-۹}}(mm)^{۳}=۴\times ۱۰^{۳}(mm)^{۳}$

نکته۸: تبدیل واحدها (مخصوصاً فرعی به فرعی) برای سهولت کار می توان، توان ضریب پیشوند ها را از هم کم کرد.

مثال۴:

$$۴(cm)^{۳}=\cdots(mm)^{۳}\rightarrow ۴(cm)^{۳}=۴\times ۱۰^{+۳}(mm)^{۳}$$
$$\begin{cases}(cm)^{۳}=(۱۰^{-۲})^{۳}=۱۰^{-۶}\\(mm)^{۳}=(۱۰^{-۳})^{۳}=۱۰^{-۹}\end{cases}\Rightarrow(-۶)-(-۹)=+۳$$

تست۲:

جرم یک قطعه سنگی قیمتی ۲۰۰ قیراط است و هر قیراط معادل ۲۰۰ میلی‌گرم است. جرم این سنگ چند گرم است؟

۱) ۴ ۲) ۱۰ ۳) ۴۰ ۴) ۱۰۰

پاسخ: گزینه ۳

$$M=۲۰۰\text{ قیراط}=۲۰۰\text{ قیراط}\times\frac{۲۰۰\text{ میلی‌گرم}}{\text{قیراط}}\times\frac{۱۰^{-۳}\text{ گرم}}{۱\text{ میلی‌گرم}}=۴۰g$$

تبدیل واحدها
طول
سطح
حجم
1D
2D
3D
Cm ×10^-2 m
×10^2
mm ×10^-3 m
μm ×10^-6 m
nm ×10^-9 m
Cm^2 ×10^-4 m^2
×10^4
mm^2 ×10^-6 m^2
μm^2 ×10^-12 m^2
nm^2 ×10^-18 m^2
m^3
×10^3
×10^-3
Lit = dm^3
Cm^3 = CC
بزرگ
کوچک
μ حرفی ×10^-6 ×10^6 حرفی
μC ×10^-6 C
μJ ×10^-6 J
μm ×10^-6 m
حرفی ×10^3 ×10^-3 حرفی
1kg ×10^3 gr
1kj → J
1kpa → Pa
@Physics_Agheli
مهندس علی عاقلی
طراح قلم چی
کارشناس ارشد مهندسی مکانیک
استعداد درخشان کارشناسی ارشد و عضو بنیاد ملی نخبگان
Physics_Agheli

۵-۴ نمادگذاری علمی

در پاره‌ای از اندازه‌گیری‌ها با مقدارهای خیلی بزرگ یا خیلی کوچک سر و کار داریم.

مثلاً مقدار بارالکتریکی یک الکترون برابر است با:

$$|q_e| = ۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱۶۰C$$

۱-۴-۵ تعریف نمادگذاری علمی

هر مقدار را به‌صورت حاصل‌ضرب عددی بزرگ‌تر یا مساوی ۱ و کوچک‌تر از ۱۰ ($۱\le a<۱۰$) و ضریبی با توان صحیحی از ۱۰ (۱۰^n) می‌نویسند:

$$Each\ number: a\times ۱۰^n$$

۲-۴-۵ روش نماد گذاری علمی

۱) ابتدا ممیز را پیدا می کنیم. اگر ممیز نداشت، بعد از آخرین عدد ممیز دارد.

۲) ممیز را بعد از اولین عدد بین ۱ تا ۹ قرار می دهیم.

۳) حرکت به سمت راست توان منفی و حرکت به سمت چپ توان مثبت!

مثلا مقدار بار الکتریکی یک الکترون برابراست با: $|q_e| = ۱/۶۰\times ۱۰^{-۱۹}C$

بیان اندازهٔ چند کمیت به‌صورت نمادگذاری علمی

نمونه	اندازهٔ کمیت (شامل عدد و یکا)	بیان به‌صورت نمادگذاری علمی
حجم بنزین مصرفی در ایران در سال ۱۳۹۴	۲۶ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ L	$۲/۶۰\times ۱۰^{۱۰}$L
تندی نور در هوا	۳۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ m/s	$۳/۰۰\times ۱۰^{۸}$m/s
طول کل خطوط انتقال نفت خام، گاز و سایر فراورده‌های سوختی در ایران	۳۸ ۹۰۰ ۰۰۰m	$۳/۸۹\times ۱۰^{۷}$m
حجم یک بشکه نفت	۱۵۹L	$۱/۵۹\times ۱۰^{۲}$L
قطر موی انسان	۰/۰۰۰ ۰۰۸ ۰۱ m	$۸/۰۱\times ۱۰^{-۶}$m
قطر اتم هیدروژن	۰/۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۱۰۶ m	$۱/۰۶\times ۱۰^{-۱۰}$m

۵-۵ تخمین مرتبه بزرگی

برخی اوقات برای شناخت بهتر یک موضوع و کمیت‌های وابسته به آن، نیاز داریم اندازه‌ی هر چند غیر دقیق (تقریبی) را در علم یا حتی زندگی روزمره‌ی خود بکار ببریم، برای این‌کار از فرایند تخمین یا برآورد استفاده می‌کنیم.

معمولاً در موارد زیر از تخمین استفاده می‌کنیم:

- دقت بالا در محاسبه‌ها، اهمیت چندانی نداشته باشد.
- زمان کافی برای محاسبه‌های دقیق نداشته باشیم.
- همه یا بخشی از داده‌های مورد نیاز، در دسترس نباشد.

در تخمین مرتبه‌ی بزرگی،

۱) ابتدا همه‌ی اعداد به‌صورت نمادگذاری علمی ($x \times ۱۰^{n}$) نوشته می‌شوند.

۲) و سپس از قاعده‌ی زیر استفاده می‌کنیم:

اگر $۵ \le x < ۱$ باشد در این‌صورت : $x \sim ۱۰^{۰}$	اگر $۱۰ > x \ge ۵$ باشد در این‌صورت : $x \sim ۱۰^{۱}$

نکته۹: در حل مسائل تخمین پیشنهاد می‌شود، ابتدا مرتبه‌ی بزرگی هر کمیت را تخمین بزنید و سپس اعداد به دست آمده را در روابط فیزیکی مورد نیاز استفاده کنید.

تست۳:

شهری با مساحت $۱۸۰km^{۲}$ در زمینی مسطح در شمال ایران واقع است. در یک روز، ۱۰ میلی‌متر باران در این شهر باریده است. اگر هر قطرهٔ باران، کره‌ای به قطر $۴mm$ فرض شود، تخمین مرتبهٔ بزرگی تعداد قطره‌های باران کدام است؟

۱) $۱۰^{۱۱}$ ۲) $۱۰^{۱۲}$ ۳) $۱۰^{۱۴}$ ۴) $۱۰^{۱۶}$

پاسخ: گزینه ۳

$A = ۱۸۰km^{۲} = ۱۸۰ \times (۱۰^{۶}mm)^{۲} = ۱۸ \times ۱۰^{۱۳}mm^{۲}$

حجم باران $V = ۱۸ \times ۱۰^{۱۳}mm^{۲} \times ۱۰mm = ۱۸ \times ۱۰^{۱۴}mm^{۳} = ۱/۸ \times ۱۰^{۲۵} \sim ۱۰^{۰} \times ۱۰^{۱۵} = ۱۰^{۱۵}$

حجم هر قطره باران $V_۱ = \frac{۴}{۳}\pi R^{۳} = \underbrace{\frac{۴}{۳}}_{۱۰^{۰}} \times \underbrace{۳/۱۴}_{۱۰^{۰}} \times \underbrace{(۲mm)^{۳}}_{۸mm^{۳}\ ۱۰^{۱}} \sim ۱ \times ۱ \times ۱۰ = ۱۰$

$\frac{V}{V_۱} = \frac{۱۰^{۱۵}}{۱۰} = ۱۰^{۱۴}$

۵-۶ خطا و دقت

در اندازه‌گیری، تمام کمیت‌های فیزیکی مانند طول، جرم، زمان و ... عدم قطعیت و خطا وجود دارد. به‌عبارت دیگر:

هیچ‌گاه نمی‌توان اندازه‌ی واقعی یک کمیت را به کمک اندازه‌گیری به‌دست آورد.

با انتخاب وسیله‌های دقیق و روش صحیح اندازه‌گیری، تنها می‌توان مقدار خطا را کاهش داد، ولی هیچ‌گاه نمی‌توان آن‌را به صفر رساند.

نکته ۱۰: دقت اندازه‌گیری به ۱) دقت و حساسیت وسیله، ۲) مهارت شخصی که اندازه‌گیری می‌کند و۳) تعداد دفعاتی که اندازه‌گیری تکرار می‌شود، بستگی دارد.

۱) دقت و حساسیت وسیله اندازه گیری

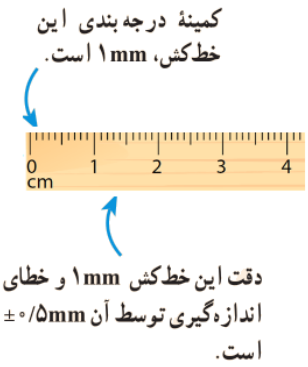
یکی از عوامل مهم در دقت اندازه گیری، دقت و حساسیت وسیله اندازه گیری است.

در مورد خطا و دقت اندازه گیری ابزارهای مختلف اندازه گیری می توان گفت:

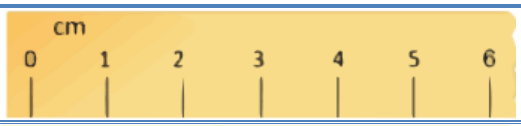
نوع وسیله	دقت اندازه گیری	خطای اندازه گیری
وسیله درجه بندی شده	کمینه تقسیم بندی مقیاس وسیله	$\pm\frac{۱}{۲}$ کمینه تقسیم بندی مقیاس وسیله
وسیله رقمی (دیجیتال)	واحد آخرین رقمی که خوانده می شود	$\pm$ دقت اندازه گیری

مرتبه خطا و مقدار اندازه گیری شده باید یکی باشد . حواست به ۲,۵ ها یا ۰,۲۵ ها باشه!

برای مثال:



مثال۵: خطای هر یک از وسایل زیر را حساب کنید:

دقت = ۱ cm	خطا: $\pm$۰.۵ cm	
دقت = ۱ mm	خطا: $\pm$۰.۵ mm	
دقت = ۱ ^oC	خطا: $\pm$۱ ^oC	
دقت = ۰.۱ ^oC	خطا: $\pm$۰.۱ ^oC	

تست ۴:

یکی از واحدهای اندازه‌گیری تندی، مایل بر ساعت می‌باشد که به‌صورت MPH در نیم‌دایرهٔ بزرگ‌تر نمایش داده شده است. همین سرعت در نیم‌دایرهٔ کوچک‌تر براساس km/h نوشته شده است. نتیجهٔ اندازه‌گیری براساس هر دو مقیاس MPH و km/h به‌ترتیب چه مقدار می‌باشد؟

قلم چی- ۱۳۹۸

۱) $۲۸MPH \pm ۵MPH$ و $۴۵km/h \pm ۱۰km/h$

۲) $۲۸MPH \pm ۳MPH$ و $۴۵km/h \pm ۵km/h$

۳) $۳۲MPH \pm ۵MPH$ و $۵۱km/h \pm ۱۰km/h$

۴) $۳۲MPH \pm ۳MPH$ و $۵۱km/h \pm ۵km/h$

پاسخ: گزینه ۴ برای MPH داریم:

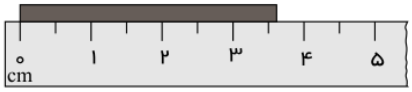
کمینهٔ درجه‌بندی برابر ۵ می‌باشد که خطای آن، $\pm ۲/۵ = \frac{۱}{۲} \times ۵$ یعنی ± ۳ می‌باشد. از طرفی عقربه از روی ۳۰ عبور کرده پس گزینه‌های «۱» و «۲» غلط می‌باشند و $۳۲MPH \pm ۳MPH$ صحیح می‌باشد.

برای km/h داریم:

کمینهٔ درجه‌بندی برابر ۱۰ می‌باشد که خطای آن، $\pm \frac{۱}{۲} \times ۱۰$ یعنی ± ۵ می‌باشد. پس گزینهٔ «۳» غلط و $۵۱km/h \pm ۵km/h$ صحیح می‌باشد.

تست ۵:

در شکل روبه‌رو، کدام گزارش برای نشان دادن طول جسم مناسب است؟



۱) $۳/۷cm \pm ۰/۳cm$

۲) $۳/۷cm \pm ۰/۲۵cm$

۳) $۳/۷۰cm \pm ۰/۲۵cm$

۴) $۳/۷۰cm \pm ۰/۳۰cm$

پاسخ: گزینه ۱ قدم اول: دقت اندازه‌گیری طبق شکل نشان داده شده برابر $۰/۵cm$ است. بنابراین:

$$\text{مقدار خطای اندازه‌گیری} = \frac{۰/۵cm}{۲} = ۰/۲۵cm$$

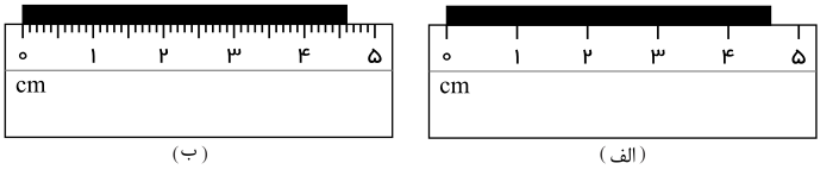
قدم دوم: مقدار حدسی باتوجه به شکل داده شده و گزینه‌ها $۳/۷cm$ است.

قدم سوم: مرتبهٔ خطا و مرتبهٔ دقت اندازه‌گیری می‌بایستی یکسان باشد. بنابراین ۰/۲۵ را گرد می‌کنیم: $۰/۲۵ \rightarrow ۰/۳cm$

قدم چهارم: گزارش عدد: $۳/۷cm \pm ۰/۳cm$

تست ۶:

در شکل‌های (الف) و (ب) خطای اندازه‌گیری‌ها به‌ترتیب ..... و دقت اندازه‌گیری‌ها به‌ترتیب ..... است.



۱) $۱mm, ۱cm, \pm ۰/۵mm, \pm ۰/۵cm$

۲) $۱mm, ۱cm, \pm ۱mm, \pm ۱cm$

۳) $۰/۵mm, ۰/۵cm, \pm ۰/۵mm, \pm ۰/۵cm$

۴) $۰/۵mm, ۰/۵cm, \pm ۱mm, \pm ۱cm$

پاسخ: گزینه ۱ در خط‌کش (الف):

۱) دقت اندازه‌گیری $۱cm$

۲) خطای اندازه‌گیری $\pm \frac{۱}{۲} = \pm ۰/۵cm$

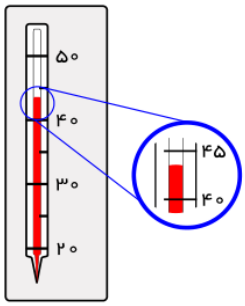
در خط کش (ب):

۱) دقت اندازه‌گیری $۱mm$

۲) خطای اندازه‌گیری آن $\pm \frac{۱mm}{۲} = \pm ۰/۵mm$

تست ۷:

کدام گزارش می تواند عدد خوانده‌شده دماسنج باشد؟



۱) $۴۴^\circ C \pm ۲٫۵^\circ C$

۲) $۴۴^\circ C \pm ۳^\circ C$

۳) $۴۹^\circ C \pm ۲٫۵^\circ C$

۴) $۴۴^\circ C \pm ۵^\circ C$

پاسخ: گزینه ۲ چون وسیلهٔ اندازه‌گیری مدرج شده است، دقت آن $\pm \frac{۱}{۲}$ کوچک‌ترین واحد اندازه‌گیری آن‌که $۵^\circ C$ است که می‌شود $۲٫۵^\circ C$ ولی چون خطای وسیله اندازه‌گیری و عدد اصلی گزارش شده باید هم‌مرتبه باشند خطای اندازه‌گیری را به $۳^\circ C$ رند می‌کنیم.

تست ۸:

یک آمپرسنج رقمی، جریان الکتریکی مداری را به صورت $\boxed{۳٫۲۵A}$ نشان می‌دهد. این اندازه را به کدام صورت باید گزارش کنیم؟

۱) $۳٫۲۵A \pm ۰٫۰۱A$ ۲) $۳٫۲۵۰A \pm ۰٫۰۰۱A$ ۳) $۳٫۲۵A \pm ۰٫۰۳A$ ۴) $۳٫۲۵۰A \pm ۰٫۰۰۵A$

پاسخ: گزینه ۱ خطای آمپرسنج رقمی مرتبه آخرین رقم نشان داده شده توسط آن است.پس خطای آمپرسنج $\pm ۰٫۰۱A$ وگزارش درست اندازه گیری به صورت $۳٫۲۵A \pm ۰٫۰۱A$ است.

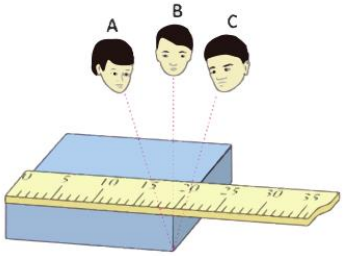
تست ۹:

با ترازویی که دقت آن ۰٫۱ گرم است. جرم جسمی را اندازه گرفته‌ایم. کدام مقدار نمی‌تواند گزارش نتیجه‌ی این اندازه گیری (برحسب گرم) باشد؟

۱) ۳۲٫۰ ۲) ۳۲٫۰۹ ۳) ۳۲٫۵ ۴) ۳۲٫۹

پاسخ: گزینه ۲ هر وسیله‌ی اندازه‌گیری فقط می‌تواند مقدارهایی رانشان دهد که مضرب درستی از مقدار دقت آن باشد.

۲) مهارت شخص آزمایشگر



یکی دیگر از عوامل مهم و تأثیرگذار روی دقت اندازه‌گیری، مهارت شخص آزمایش‌گر است.

یکی از مهارت‌های شخص آزمایش‌گر، نحوه‌ی خواندن نتیجه‌ی اندازه‌گیری است.

انتخاب منظر صحیح در خواندن نتیجه‌ی اندازه‌گیری، از مهم‌ترین مهارت‌های شخص آزمایش‌گر است.

مثلاً خواندن نتیجه اندازه‌گیری از منظرهای C,A خطا را افزایش می‌دهد درحالی‌که گزارش شخصی که از منظر B نتیجه اندازه‌گیری را می‌خواند دقت بیشتری دارد.

۳) تعداد دفعات اندازه‌گیری

برای کاهش خطا در اندازه‌گیری هر کمیت، معمولاً اندازه‌گیری آن‌را چندبار تکرار می‌کنند.

* اگر عددهای به‌دست آمده متفاوت باشند، میانگین آن عددها به‌عنوان نتیجه‌ی اندازه‌گیری گزارش می‌شود.

* اگر در میان عددهای متفاوت، یک یا دو عدد اختلاف زیادی با بقیه داشته باشند، در میانگین‌گیری به حساب نمی‌آیند.

تست ۱۰:

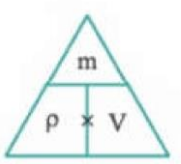
برای اندازه‌گیری طول یک جسم از یک خط‌کش میلی‌متری رقمی (دیجیتال) استفاده می‌کنیم. با ۴ بار اندازه‌گیری به‌وسیلهٔ این خط‌کش مقادیر $۲۱٫۹mm, ۲۸٫۲mm, ۲۰٫۳mm, ۲۲٫۶mm$ به‌دست آمده است. نتیجهٔ اندازه‌گیری به‌وسیلهٔ این خط‌کش برحسب میلی‌متر گزارش می‌شود؟ قلم چی- ۱۳۹۸

۱) ۲۳٫۲۵ ۲) ۲۱٫۳ ۳) ۲۲٫۴۸ ۴) ۲۱٫۶

پاسخ: گزینه ۴ نتیجهٔ اندازه‌گیری برابر با میانگین اندازه‌گیری‌ها به‌وسیلهٔ این خط‌کش است. دقت کنید چون نتیجهٔ اندازه‌گیری $۲۸٫۲mm$ اختلاف زیادی با بقیهٔ اندازه‌گیری‌ها دارد، آن‌را در محاسبهٔ میانگین در نظر نمی‌گیریم.

$$\text{نتیجهٔ اندازه‌گیری} = \frac{۲۲٫۶ + ۲۰٫۳ + ۲۱٫۹}{۳} = ۲۱٫۶mm$$

۵-۷ چگالی



چگالی هر ماده یکی از ویژگی‌های مهم آن به شمار می‌رود که کاربردهای گوناگونی دارد.

اگر ماده همگنی دارای جرم m و حجم V باشد، چگالی (ρ) آن به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ρ: چگالی و واحد آن $\frac{kg}{m^3}$ می باشد.	m: جرم و واحد آن kg می باشد.	V: حجم و واحد آن m^3 می باشد. ($1L = 10^{-3} m^3$)

نکته ۱۱: فرمول طبقه ای (مقایسه ای):

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{m_2}{m_1} \times \frac{V_1}{V_2}$$

نکته ۱۲: مایع چگال تر در پایین قرار میگیره! یعنی چی؟ بریم سراغ این تست.

۱-۷-۵ چگالی مخلوط

هرگاه دو ماده با جرم های m_1 و m_2 و حجم های V_1 و V_2 را با هم مخلوط کنیم

به شرطی که کاهش حجم نداشته باشیم، چگالی مخلوط :

$$\rho = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2} = \frac{m_1 + m_2}{\frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2}}$$

اما اگر x درصد کاهش حجم داشتیم :

$$\rho = \frac{m_1 + m_2}{\frac{100 - x}{100}(V_1 + V_2)}$$

نکته ۱۳:

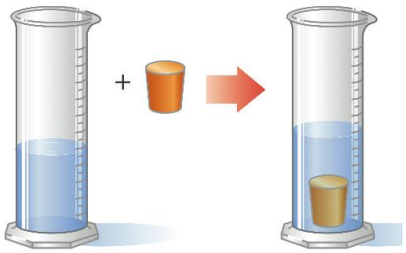
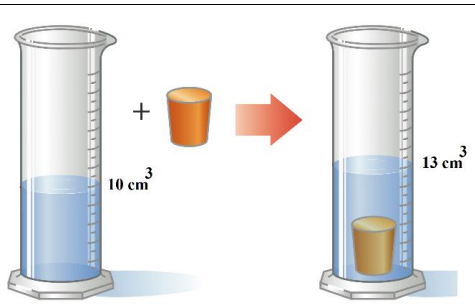
$$1\frac{g}{cm^3} = 1\frac{kg}{lit} \quad , \quad 1\frac{kg}{m^3} = 1\frac{g}{lit}$$

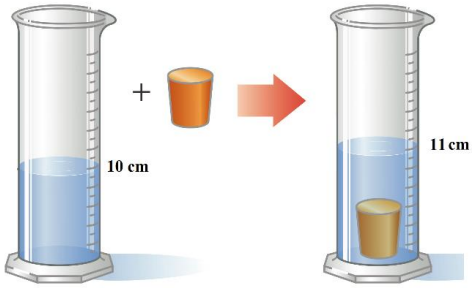
۵-۷-۲ احجام!

۱) از طریق فرمولشون : در فصل صفر گفتمشون

۲) برای اندازه گیری حجم اجسامی که شکل مشخصی ندارند، از استوانه مدرج استفاده می شود.

افزایش حجم مایع = حجم جسم انداخته شده

<table>
<tr>
<td rowspan="2">  </td>
<td>مدرج شده بر اساس حجم</td>
<td> 

حجم تغییر کرده = حجم جسم = ۳ سانتی متر مکعب</td>
</tr>
<tr>
<td>مدرج شده بر اساس ارتفاع (مساحت قاعده استوانه مدرج ۳ سانتی متر مکعب)</td>
<td> 

$\Delta V = A \times \Delta h = ۳ \times ۱ = ۳cm^{۳}$</td>
</tr>
</table>

نکته۱۴: اگر در اثر انداختن جسم ، مقداری از مایع بیرون بریزد:

حجم ریخته شده + حجم بالا آمده = حجم جسم

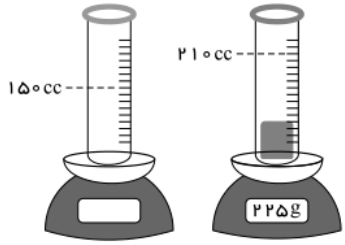
نکته۱۵: انداختن جسم در یک ظرف پر از مایع :

نکته۱۶:اگر در ظرف پر از مایعی به جرم m_f و چگالی ρ_f، جسمی به جرم m_s و چگالی ρ_s بیاندازیم و مقداری مایع خارج شود :

حجم مایع خارج شده = حجم جسم $V_s = V_f \rightarrow \frac{m_s}{\rho_s} = \frac{m_f}{\rho_f}$

تست ۱۱:

استوانهٔ مدرجی به جرم ناچیز روی یک ترازو قرار دارد و داخل آن $۱۵۰cc$ آب ریخته‌ایم. جسمی را مطابق شکل داخل آب می‌اندازیم، جسم به‌طور کامل در آب فرو می‌رود و در این حالت، ترازو $۲۲۵g$ را نشان می‌دهد. چگالی جسم چند $\frac{g}{cm^۳}$ است؟ ($\rho_{آب} = ۱ \frac{g}{cm^۳}$) قلم چی- ۱۳۹۹



۱) ۰٫۸
۲) ۱۲٫۵
۳) ۱٫۲۵
۴) ۸

گزینه ۳ ابتدا جرم آب داخل استوانه را به کمک رابطهٔ چگالی محاسبه می‌کنیم.

$$m_{آب} = \rho V = ۱ \times ۱۵۰ = ۱۵۰g$$

تغییر حجم آب برابر با حجم جسم است:

$$V_{جسم} = ۲۱۰ - ۱۵۰ = ۶۰cm^۳$$

تغییر عدد ترازو برابر با جرم جسم است:

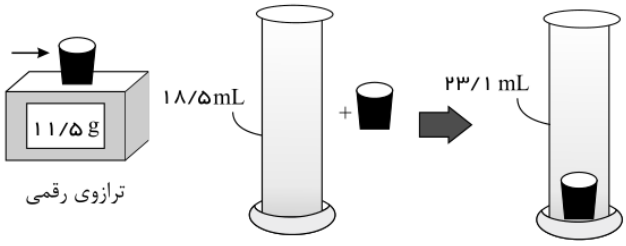
$$m_{جسم} = ۲۲۵ - ۱۵۰ = ۷۵g$$

می‌دانیم $۱cc$ برابر با $۱cm^۳$ است.

$$\rho_{جسم} = \frac{m_{جسم}}{V_{جسم}} = \frac{۷۵}{۶۰} = ۱٫۲۵ \frac{g}{cm^۳}$$

تست ۱۲:

در یک آزمایش، جرم و حجم یک جسم جامد را مطابق شکل زیر، پیدا می‌کنیم. باتوجه به داده‌های روی شکل چگالی جسم در SI، چقدر است؟



۱) ۲۵۰۰
۲) ۲۰۵۰
۳) ۲٫۵
۴) ۲٫۰۵

پاسخ: **گزینه ۱** گام اول: جرم جسم $۱۱٫۵g$ است.

$$m = ۱۱٫۵g = ۱۱٫۵ \times ۱۰^{-۳}kg$$

گام دوم: حجم جسم برابر مقدار افزایش حجم مایع درون اُستوانه می‌باشد:

$$V = ۲۳٫۱ml - ۱۸٫۵ml = ۴٫۶ml = ۴٫۶ \times ۱۰^{-۳}L = ۴٫۶ \times ۱۰^{-۶}m^۳$$

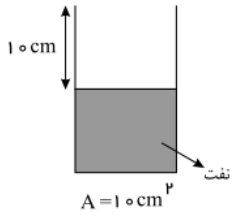
گام سوم:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{۱۱٫۵ \times ۱۰^{-۳}kg}{۴٫۶ \times ۱۰^{-۶}m^۳} = ۲۵۰۰ \frac{kg}{m^۳}$$

تست۱۳:

قطعه فلزی به جرم $۱۰۵۰g$ را درون ظرف استوانه‌ای‌شکل مقابل می‌اندازیم. جسم کاملاً در نفت فرو رفته و $۴۰g$ نفت از ظرف بیرون می‌ریزد. چگالی فلز چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟ $(\rho_{\text{نفت}} = ۰/۸\frac{g}{cm^۳})$

قلم چی- ۱۳۹۹



۱) ۲۱
۲) ۷
۳) ۷/۵
۴) ۱۰/۵

گزینه ۲ حجم جسم برابر با مجموع حجم فضای خالی بالای ظرف و حجم نفت بیرون ریخته شده است:

$$V_{\text{فضای خالی}} = A \cdot h = ۱۰ \times ۱۰ = ۱۰۰cm^۳$$

$$V_{\text{نفت بیرون ریخته‌شده}} = \frac{m_{\text{نفت بیرون ریخته‌شده}}}{\rho_{\text{نفت}}} = \frac{۴۰}{۰/۸} = ۵۰cm^۳$$

$$\Rightarrow V_{\text{فلز}} = ۱۰۰ + ۵۰ = ۱۵۰cm^۳ \Rightarrow \rho_{\text{فلز}} = \frac{m_{\text{فلز}}}{V_{\text{فلز}}} = \frac{۱۰۵۰}{۱۵۰} = ۷\frac{g}{cm^۳}$$

۳-۷-۵ مسائل حفره

- **حجم واقعی: حجمی که متناسب با جرم واقعی و چگالی جسم از طریق رابطه چگالی محاسبه می شود را حجم واقعی گویند:**

حجم از طریق $\rho = \frac{m}{V}$

- **حجم ظاهری: حجمی‌که از محاسبه‌های هندسی و یا روش غوطه‌ور کردن به دست می‌آید حجم ظاهری یک جسم است : حجم از طریق فرمول جسم**

اگر حجم واقعی = حجم ظاهری : ماده تو پر است و حفره ندارد.

اگر حجم واقعی ≠ حجم ظاهری : ماده تو خالی است و حفره دارد . که در این حالت حجم ظاهری > حجم واقعی و حفره اختلاف این دو است.

تست۱۴:

شعاع یک کرهٔ فلزی ۵ سانتی‌متر و جرم آن ۱۰۸۰ گرم و چگالی آن $۲/۷\frac{g}{cm^۳}$ است. درون این کره یک حفره وجود دارد. حجم این حفره چند درصد حجم کره را تشکیل می‌دهد؟ $(\pi = ۳)$

۱) ۱۰ ۲) ۱۵ ۳) ۲۰ ۴) ۲۵

پاسخ: گزینه ۳ حجمی که با رابطهٔ چگالی و جرم جسم به‌دست می‌آید، حجم خالص (توپر) کره می‌باشد:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow ۲/۷ = \frac{۱۰۸۰}{V} \Rightarrow V = ۴۰۰cm^۳$$ حجم واقعی

یعنی اگر کره حفره نداشته باشد، حجم آن $۴۰۰cm^۳$ است، اما حجم کره‌ای که حفره دارد برابر است با:

$$V' = \frac{۴}{۳}\pi r^۳ \Rightarrow V' = \frac{۴}{۳} \times ۳ \times (۵)^۳ \Rightarrow V' = ۵۰۰cm^۳$$ حجم ظاهری

بنابراین داریم: حجم واقعی- حجم ظاهری= حجم حفره $\Rightarrow V_{\text{حفره}} = ۵۰۰ - ۴۰۰ = ۱۰۰cm^۳$

پس: درصد حجم حفره به حجم کره : $\frac{V_{\text{حفره}}}{V'} = \frac{۱۰۰}{۵۰۰} \times ۱۰۰ = ۲۰\%$

تست ۱۵:

جرم یک ظرف فلزی توخالی ۳۰۰ گرم است. اگر این ظرف را پر از مایعی به چگالی $۱٫۲\frac{g}{cm^۳}$ نماییم، جرم مجموعه ۵۴۰ گرم و در صورتی که پر از نوعی روغن نماییم، جرم مجموعه ۴۶۰ گرم می‌شود، چگالی این روغن چند گرم بر لیتر است؟

۱) ۹۵۰ ۲) ۹۰۰ ۳) ۸۵۰ ۴) ۸۰۰

پاسخ: گزینه ۴ راه حل اول:

$۵۴۰-۳۰۰=۲۴۰g$ جرم مایع $\rightarrow \rho_{مایع}=\frac{m}{V}\rightarrow ۱٫۲=\frac{۲۴۰}{V}\rightarrow V=۲۰۰cm^۳$

$۴۶۰-۳۰۰=۱۶۰g$ جرم روغن $\rightarrow \rho_{روغن}=\frac{m}{V}\rightarrow \rho_{روغن}=\frac{۱۶۰}{۲۰۰}=۰٫۸\frac{g}{cm^۳}=۸۰۰\frac{gr}{lit}$

* نکته: تبدیل چگالی بر حسب یکاهای $\frac{g}{lit}$ و $\frac{kg}{lit}$ به صورت زیر است:

$۱\frac{g}{cm^۳}=۱\frac{kg}{lit}$, $۱\frac{kg}{m^۳}=۱\frac{g}{lit}$

راه حل دوم:

$\rho=\frac{m}{V}\Rightarrow m=\rho\times V$

$\frac{m_{روغن}}{m_{مایع}}=\frac{\rho_{روغن}}{\rho_{مایع}}\times\frac{V_{روغن}}{V_{مایع}}\Rightarrow\frac{۱۶۰}{۲۴۰}=\frac{\rho_{روغن}}{۱٫۲}\times ۱$

$\Rightarrow \rho_{روغن}=۰٫۸\frac{g}{cm^۳}=۸۰۰\frac{kg}{m^۳}=۸۰۰\frac{g}{lit}$

نکته ۱۷: اگر مقداری یخ آب شود، حجم آن کاهش می یابد. (جرم یکسانه اما حجم کم میشه!) $m_{ice}=m_{water}\leftarrow$

حجم کاهش یافته $\Delta V=V_{ice}-V_{water}=(\frac{m}{\rho})_{ice}-(\frac{m}{\rho})_{water}=m(\frac{۱}{\rho_{ice}}-\frac{۱}{\rho_{water}})$

۵-۷-۴ نمودار چگالی

۱) ترازو

۲) بشر

۳) مایع

بشر را تا نیمه پر از مایع می کنیم ، حجم نشان داده شده ۰,۲۵ لیتر است و جرم آن ۱۰ گرم است. بشر را تا نصفه پر میکنیم ، حجم نشان داده شده ۰,۵ لیتر و جرم آن ۲۰ گرم می شود. یعنی حجم و جرم با هم متناسب هستند . زیرا چگالی مقداری ثابت است و با افزایش حجم، جرم هم زیاد می شود. یعنی حجم و جرم متناسب اند.