

مقدمه! مؤلفان

به جلد دوم کتاب شیمی جامع خیلی سبز خوش اومدین!

این جلد شامل درس‌نامه‌های آموزشی و پاسخ تشریحی سؤالات جلد اول است.

■ **درس‌نامه‌های آموزشی:** درس‌نامه‌های همه فصل‌های کتاب رو به صورت کمپلت! همون اول آوردیم که شما بتونین یه ته‌بندی درست و حسابی! بکنین. در این قسمت‌های آموزشی، خیلی سریع می‌ریم سر اصل مطلب و موارد لازم برای یادگیری رو بهتون تحویل می‌دیم! خیالتون تخت که همه چی رو گفتیم و هیچ چیزی جا نمونده!

■ **پاسخ‌نامه تشریحی:** پاسخ سؤالات رو به همون سبک خیلی سبز همیشگی! براتون آوردیم. همه گزینه‌ها رو تا اون جا که شده مورد نقد و بررسی قرار دادیم. تا اون جایی که امکان داشته در حل مسائل استوکیومتری هر دو روش کسر تبدیل و کسر تناسب آورده شده که به هیچ‌یک از طرفداران دو آتیشه این دو روش برنخوره. در پاسخ برخی از سؤالات هم روش‌های خلاقانه (مانند محاسبات سریع «چرتکه»، حل تکنیکی «یه جور دیگه» و حل هوشمندانه «تیزبازی») چاشنی کار شده که بهتون گوشزد کنیم می‌شه جور دیگر دید! بعضی وقتا هم تو دل این پاسخ‌های تشریحی، نکته‌هایی رو در قالب پکیج‌های استثنایی براتون آوردیم که دیگه ملالی نباشه جز دوری شما!

از ما به شما نصیحت! حتی اگر به سؤالی پاسخ درست داده‌اید، پاسخ تشریحی اون سؤال را بخونید. مطمئن باشید که ضرر نمی‌کنید.

مواظب خودتون باشین و دم همتون گرم!



صفحه
پاسخ

صفحه
درسنامه

پایه دهم

۳۰۰	۶	فصل ۱: کیهان زادگاه عناصر
۳۵۴	۳۹	فصل ۲: ردپای گازها در زندگی
۴۰۳	۶۳	فصل ۳: آب، آهنگ زندگی

پایه یازدهم

۴۶۹	۹۵	فصل ۴: قدر هدایای زمینی را بدانیم
۵۵۴	۱۲۹	فصل ۵: در پی غذای سالم
۶۳۰	۱۶۱	فصل ۶: پوشاک، نیازی پایان ناپذیر

پایه دوازدهم

۶۸۰	۱۸۱	فصل ۷: مولکول‌ها در خدمت تندرستی
۷۵۵	۲۱۶	فصل ۸: آسایش و رفاه در سایه شیمی
۸۱۶	۲۴۸	فصل ۹: شیمی جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری
۸۵۳	۲۷۳	فصل ۱۰: شیمی، راهی به سوی آینده‌ای روشن‌تر

فصل اول

کیهان زادگاه عناصر

فصل اول پایه دهم

شماره تست های مرتبط در جلد اول

تست های ۱ تا ۵۶

بخش اول: (صفحه ۱ تا ۹ کتاب درسی)



این بخش شامل قسمت های زیر است:

- مقدمه (فضایماهای وویجر)
- عدد اتمی و عدد جرمی
- سیاره های مشتری و زمین
- ایزوتوپ ها
- مهبانگ و پیدایش عناصرها
- رادیوایزوتوپ ها و برخی از کاربردهای آن ها

مقدمه (فضایماهای وویجر)

دانشمندان در مورد کشف جهان هستی و چگونگی پیدایش آن با سه پرسش اساسی مواجه بودند:



● دانشمندان برای شناخت بیشتر سامانه خورشیدی (همون منظومه شمسی!) در سال ۱۹۷۷ میلادی (۱۳۵۶ شمسی)، دو فضایمای وویجر (۱) و (۲) را به فضا فرستادند.

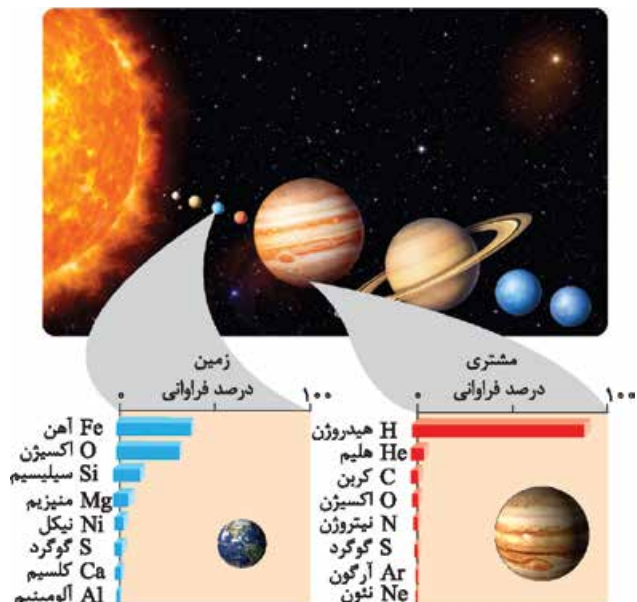


● آخرین تصویر ارسالی وویجر (۱) از کره زمین از فاصله تقریبی ۷ میلیارد کیلومتری و پیش از خروج از سامانه خورشیدی گرفته شده است.

سیاره های مشتری و زمین

- فبرها ماکی از آن است! که با بررسی نوع و مقدار عنصرهای سازنده برخی سیاره های سامانه خورشیدی (مثلاً زمین و مشتری) و مقایسه آن با عنصرهای سازنده خورشید، می توان به درک بهتری از چگونگی تشکیل عنصرها دست یافت.
- با توجه به شکل زیر که ۸ عنصر اصلی سازنده دو سیاره مشتری و زمین را نشان می دهد، باید بدانید که:

- ۱ مشتری نسبت به زمین، بزرگ تر و از خورشید، دورتر است. *مواستون باشه!* که مشتری بزرگ ترین سیاره منظومه خورشیدی می باشد.
- ۲ فراوان ترین عنصر موجود در مشتری، هیدروژن (H) است؛ به طوری که حدود ۹۰٪ عنصرهای سازنده مشتری را هیدروژن تشکیل می دهد.
- ۳ فراوان ترین عنصر موجود در زمین، آهن (Fe) است. درصد فراوانی این عنصر در زمین از ۵٪ کمتر می باشد.
- ۴ مشتری، جزء سیاره های گازی است (بیشتر از جنس گاز می باشد)، در حالی که زمین جزء سیاره های سنگی است (بیشتر از جنس سنگ می باشد)؛ به همین دلیل می شه گفت چگالی سیاره مشتری از زمین کمتر می باشد.
- ۵ در میان ۸ عنصر فراوان مشتری که یک سیاره گازی است، هیچ عنصر فلزی وجود ندارد.
- ۶ در زمین، هم عنصر فلزی (مانند آهن، منیزیم، آلومینیم و ...) و هم عنصر نافلزی (مانند اکسیژن، گوگرد و ...) وجود دارد.



توجه: در کتاب درسی یازدهم می خوانیم که سیلیسیم (Si) یک شبه فلز است؛ بنابراین به طور دقیق تر باید بگوییم در بین عناصر فراوان تر زمین، هر سه نوع عنصر فلز، نافلز و شبه فلز وجود دارد، اما در مشتری، فلز و شبه فلز وجود ندارد.

۷ در بین ۸ عنصر اصلی سازنده زمین و مشتری، دو عنصر اکسیژن (O) و گوگرد (S) مشترک هستند. اکسیژن، دومین عنصر فراوان زمین و چهارمین عنصر فراوان مشتری می باشد، در حالی که گوگرد در هر دو سیاره به مقام ششم نائل شده است.

توجه: درصد فراوانی هر دو عنصر مشترک (اکسیژن و گوگرد)، در زمین بیشتر از مشتری است.

۸ برای این که هم خیال ما و هم خیال فودتون راحت باشه! مقایسه فراوانی ۸ عنصر فراوان دو سیاره را بلد باشیم:

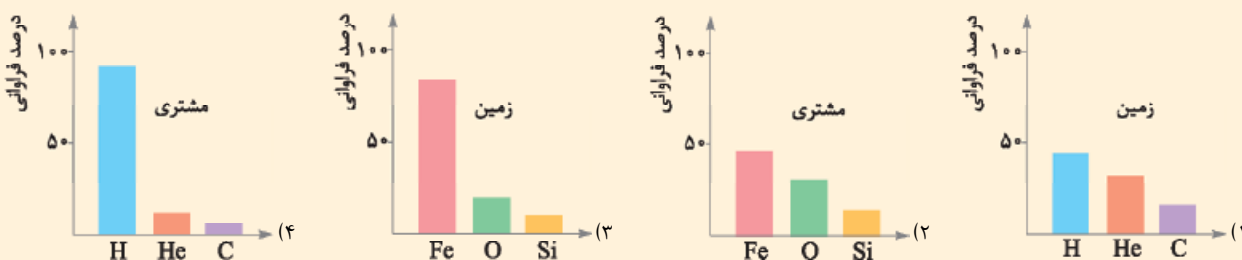
مقایسه فراوانی عناصر در مشتری: $H > He > C > O > N > S > Ar > Ne$

مقایسه فراوانی عناصر در زمین: $Fe > O > Si > Mg > Ni > S > Ca > Al$

دقت کنید که ۳ عنصر از ۸ عنصر فراوان مشتری، گاز نجیب ($He > Ar > Ne$) هستند، در حالی که در بین عنصرهای فراوان تر زمین، گاز نجیب وجود ندارد.

توجه: به جز عنصرهای نام برده شده، عنصرهای دیگری از جمله سدیم، منگنز و ... نیز در زمین یافت می شود.

تست: کدام نمودار، درصد فراوانی فراوان ترین عنصرهای سیاره مورد نظر را، به درستی نشان می دهد؟



پاسخ: ۴ سه عنصر فراوان تر مشتری به ترتیب H، He و C هستند. درصد فراوانی H در این سیاره حدود ۹۰٪ است. دقت کنید که سه عنصر فراوان سیاره زمین به ترتیب Fe، O و Si می باشند، اما درصد فراوانی Fe در این سیاره کم تر از ۵٪ است.

● با مقایسه عنصرهای سازنده مشتری و زمین، کاملاً واضح و مبرهن است! که عنصرها به صورت ناهمگون (غیریکنواخت) در جهان هستی توزیع شده اند.

جمع بندی:

ویژگی	نام سیاره	زمین	مشتری
فراوان ترین عنصر		آهن (Fe)	هیدروژن (H)
درصد فراوانی فراوان ترین عنصر		کم تر از ۵۰ درصد (حدود ۴۰٪)	بیشتر از ۵۰ درصد (حدود ۹۰٪)
عنصری با کم ترین فراوانی در بین ۸ عنصر		آلومینیم (Al)	نئون (Ne)
در بین ۸ عنصر فراوان، چه نوع عنصرهایی در آن وجود دارد؟		فلز، نافلز و شبه فلز	فقط نافلز
بیشتر از چه جنسی است؟		سنگ	گاز
مقایسه اندازه (شعاع)		زمین > مشتری	
مقایسه فاصله از خورشید		زمین > مشتری	
عنصرهای مشترک		اکسیژن (O) و گوگرد (S)	
درصد فراوانی عنصرهای مشترک		مشتری > زمین	

مهبانگ و پیدایش عناصرها

● برخی از دانشمندان معتقدند که سرآغاز کیهان (جهان هستی) با انفجاری مهیب به نام **مهبانگ** همراه بوده که طی آن انرژی زیادی آزاد شده است. ادامه ماورا هم این بوری بوده که:

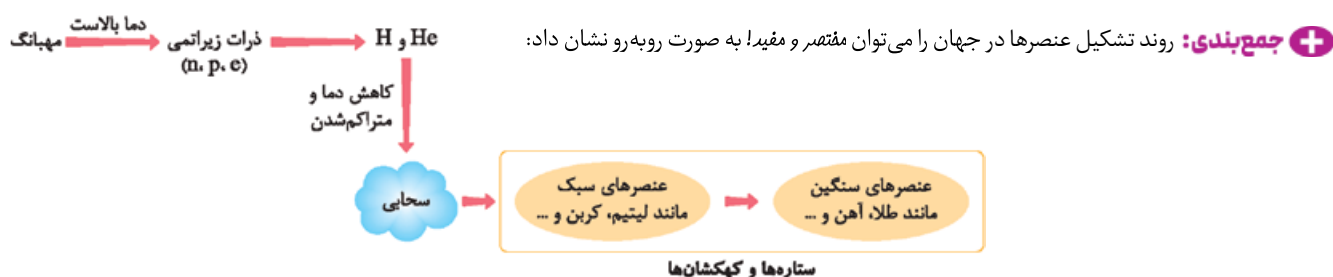
۱ با این انفجار (مهبانگ)، ذره های زیراتمی مانند الکترون، پروتون و نوترون تشکیل شدند و پس از مدتی کوتاه، ابتدا عنصر هیدروژن و سپس هلیوم پشم به پیمان گشودند!
۲ با گذشت زمان و **کاهش دما**، گازهای هیدروژن و هلیوم تولید شده، **متراکم** شده و مجموعه های گازی به نام **سحابی** را ایجاد کردند. بعدها این سحابی ها سبب پیدایش ستاره ها و کهکشان ها شدند.

۳ درون ستاره ها، همانند خورشید، در دماهای بسیار بالا، واکنش های هسته ای رخ می دهد. در این واکنش ها، از عنصرهای سبک تر، عنصرهای سنگین تر پدید می آید.

توجه: با انجام واکنش های هسته ای درون ستاره ها، ابتدا عنصرهای سبک مانند لیتیم، کربن و ... ایجاد می شوند و در مرحله بعد طی واکنش های هسته ای دیگر، از این عنصرهای سبک، عنصرهای سنگین تر مانند آهن، طلا و ... به وجود می آید.

۴ ستاره ها هم مثل ما! متولد می شن، رشد می کنن و به روزی غزل فدا فاطمی رو می فونن! مرگ ستاره ها اغلب با یک انفجار بزرگ همراه است که باعث می شه عنصرهای تشکیل شده در آن ها، در فضا پخش و پلا شود! به همین خاطر می توان ستارگان را کارخانه تولید عنصرها دانست.

۱- بدانید و آگاه باشید! که نحوه مرگ همه ستاره ها یکسان نیست. در این جا، منظور ستاره هایی با جرم و اندازه بزرگ است که در آن ها عنصرهای سنگین تر ساخته می شود.



توجه: واکنش‌های هسته‌ای در شرایط خاص و در دماهای بالا انجام می‌شوند. در این‌گونه واکنش‌ها برخلاف واکنش‌های شیمیایی، هسته‌اتم (ها) دچار تغییر شده و به هسته‌اتم (های) دیگری تبدیل می‌شود؛ یعنی شمار (تعداد) نوترون‌ها و پروتون‌های هسته، دستخوش تغییر می‌شود. انرژی آزادشده در واکنش‌های هسته‌ای، خیلی خیلی! بیشتر از انرژی مبادله‌شده در واکنش‌های شیمیایی است، به طوری که انرژی آزادشده در واکنش‌های هسته‌ای می‌تواند صدها میلیون تن فولاد را ذوب کند.

نکته: خورشید نزدیک‌ترین ستاره به زمین است! به دلیل دمای بالای خورشید، در آن، تبدیل هسته‌ای هیدروژن (عنصر سبک‌تر) به هلیوم (عنصر سنگین‌تر) انجام می‌شود. به همین دلیل که خورشید انرژی گرمایی و نور خیره‌کننده‌ای دارد!

الان می‌تونیم به یه سؤال مهم جواب بدیم. ماده به انرژی تبدیل می‌شه یا انرژی به ماده؟ شاید هر دو؟

- تولید ذرات زیراتمی از مهبانگ نشان می‌دهد که انرژی به ماده تبدیل می‌شود.
- تولید انرژی در خورشید نشان می‌دهد که ماده به انرژی تبدیل می‌شود.

عدد اتمی و عدد جرمی

● عنصر ماده‌ای است که از یک نوع اتم تشکیل شده باشد، به طور مثال Mg (منیزیم)، He (هلیوم)، O_۲ (اکسیژن) و P_۴ (فسفر)، عنصر به شمار می‌روند. دقت کنید که ساختار برخی از عناصرها مانند Mg شامل مجموعه‌ای (شبکه‌ای) از اتم‌ها است و برخی عناصرها مانند He، تک‌اتمی‌اند. برخی عناصرها هم مانند O_۲ و P_۴، به صورت مولکول‌های دو یا چند اتمی هستند.

ذره زیراتمی	پروتون	نوترون	الکترون
در کجا قرار دارد؟	هسته اتم	هسته اتم	اطراف هسته
بار نسبی	+۱	۰	-۱

● به ذره‌هایی که در ساختار یک اتم وجود دارند، ذره‌های زیراتمی گفته می‌شود. الکترون (e)، پروتون (p) و نوترون (n)، معروف‌ترین ذره‌های زیراتمی هستند. پروتون و نوترون در هسته اتم حضور دارند و الکترون‌ها در اطراف هسته! در ضمن همان‌طور که در جدول مقابل می‌بینید، پروتون دارای بار مثبت و الکترون دارای بار منفی است، در حالی که نوترون، ذره‌ای خنثی می‌باشد.

عدد اتمی (Z): به تعداد (شمار) پروتون‌های هسته یک اتم، عدد اتمی گفته می‌شود و آن را با حرف Z نشان می‌دهند. عدد اتمی هر عنصر، شناسنامه آن عنصر است؛ به عبارت دیگر به کمک عدد اتمی، می‌توان نوع عنصر را تعیین کرد، به طور مثال، عدد اتمی ۶، فقط و فقط! مختص کربن (C) است و لاغیر! یعنی، هر اتمی که در جهان دارای ۶ پروتون باشد، همان اتم کربن است.

نکته: اتم ذره‌ای خنثی است و مجموع بارهای مثبت و منفی در آن با هم برابر است؛ پس همگان قبول دارند که تعداد الکترون‌های یک اتم باید با تعداد پروتون‌های آن برابر باشد؛ در نتیجه عدد اتمی، تعداد الکترون‌های اتم را نیز مشخص می‌کند.

مشخص‌شدن شمار الکترون‌ها → مشخص‌شدن شمار پروتون‌ها → عدد اتمی (Z)

عدد جرمی (A): به مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های یک اتم، عدد جرمی گفته می‌شود و آن را با نماد A نشان می‌دهند. اگر N نشان دهنده تعداد نوترون‌ها باشد، بین عدد اتمی و عدد جرمی رابطه روبه‌رو برقرار است:

$$A = Z + N$$

با توجه به رابطه بالا، برای محاسبه شمار نوترون‌های یک اتم کافی است که عدد اتمی آن را از عدد جرمی‌اش کم کنیم. نماد هر اتم را می‌توان با عددهای اتمی و جرمی آن که در سمت چپ نماد شیمیایی عنصر قرار می‌گیرند، نشان داد. عدد اتمی در پایین و عدد جرمی در بالا نوشته می‌شود:

(E حرف اول واژه Element به معنای عنصر است.)

برای مثال فرض کنید می‌خواهیم نماد اتمی از آهن (Fe) که ۲۶ پروتون و ۳۰ نوترون دارد را به فرم بالا نشان دهیم:

$$\left. \begin{array}{l} 26 = \text{تعداد پروتون‌ها} = \text{عدد اتمی} \\ 56 = 26 + 30 = \text{تعداد نوترون‌ها} + \text{تعداد پروتون‌ها} = \text{عدد جرمی} \end{array} \right\} \Rightarrow {}_{26}^{56}\text{Fe}$$

نکته: در یون‌های مثبت (کاتیون‌ها)، تعداد الکترون‌ها به اندازه بار مثبت، از تعداد پروتون‌ها کمتر و در یون‌های منفی (آنیون‌ها)، تعداد الکترون‌ها به اندازه بار منفی، از تعداد پروتون‌ها بیشتر است.

برای محاسبه تعداد الکترون‌های یک یون، می‌توان از رابطه روبه‌رو استفاده کرد:

بار یون با علامت - تعداد پروتون‌ها (Z) = تعداد الکترون‌ها

مواستون باش! که تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها (ذره‌های زیراتمی داخل هسته اتم) در یک اتم و یون (های) مربوط به آن، هیچ فرقی با هم نمی‌کند.

مثال:

$$\begin{array}{l} {}_{50}^{120}\text{Sn}^{2+} \left\{ \begin{array}{l} \text{شمار پروتون‌ها} = 50 \\ \text{شمار الکترون‌ها} = 50 - 2 = 48 \\ \text{شمار نوترون‌ها} = 120 - 50 = 70 \end{array} \right. \quad {}_{15}^{31}\text{P}^{3-} \left\{ \begin{array}{l} \text{شمار پروتون‌ها} = 15 \\ \text{شمار الکترون‌ها} = 15 - (-3) = 18 \\ \text{شمار نوترون‌ها} = 31 - 15 = 16 \end{array} \right. \end{array}$$

تست: اگر یون X^{2+} دارای ۱۸ الکترون و ۱۸ نوترون باشد، عدد جرمی آن کدام است؟

۳۴ (۱) ۳۶ (۲) ۳۸ (۳) ۴۰ (۴)

پاسخ: ۳ اتم X با از دست دادن دو الکترون به X^{2+} تبدیل می‌شود، به عبارت دیگر، اتم X ، دو الکترون بیشتر از X^{2+} دارد؛ $۱۸ + ۲ = ۲۰$ ؛ با فرمول هم می‌شه نوشت؛ $۱۸ + ۲ = ۲۰$ = تعداد الکترون‌های X (برابر عدد اتمی و تعداد پروتون‌ها) $\Rightarrow$ $۲ -$ تعداد الکترون‌های X (Z) = تعداد الکترون‌های یون X^{2+} بار یون

$۲۰ + ۱۸ = ۳۸$ = تعداد نوترون‌ها + تعداد پروتون‌ها = عدد جرمی

تست: اگر مجموع شمار ذرات زیراتمی اتم M برابر ۹۶ و نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آن برابر $۱/۲$ باشد، یون M^{2+} دارای چند الکترون است؟

۲۸ (۱) ۳۰ (۲) ۳۲ (۳) ۳۵ (۴)

پاسخ: ۱ اطلاعات داده شده را به فرم معادله نوشته و با حل آن‌ها، شمار هر یک از ذرات زیراتمی M را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} n + p + e = 96 \\ n = 1/2p \end{cases} \xrightarrow{p=e} \begin{cases} n + 2p = 96 \\ n = 1/2p \end{cases} \Rightarrow 3/2p = 96 \Rightarrow p = 30 \Rightarrow \text{عدد اتمی } M \text{ برابر } 30 \text{ است.}$$

اتم M دارای ۳۰ الکترون است؛ بنابراین یون M^{2+} دارای $30 - 2 = 28$ الکترون می‌باشد.

محاسبه عدد اتمی یک اتم یا یون با مشخص بودن عدد جرمی و اختلاف شمار نوترون و پروتون یا اختلاف شمار نوترون و الکترون:

$$\begin{cases} e = p \\ n \geq p \end{cases} \rightarrow \text{اتم‌های خنثی}$$

۱. اتم‌ها قبلاً گفتیم چون اتم‌ها خنثی هستند، تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها در آن‌ها با هم برابر است. حالا بدین‌دراگاه باشید!

که در همه اتم‌های طبیعی ^1_1H (به جز ^2_1H که نوترون ندارد)، تعداد نوترون‌ها برابر یا بیشتر از تعداد پروتون‌ها است.

حالا چرا این نکته رو بهتون گفتیم؟! در بعضی از سؤال‌ها، طراح مثلاً ی‌که تفاوت شمار نوترون و پروتون برابر x است و نی‌که کرمشون بیشتره! با توجه به نکته بالا، شما باید بنویسین $n - p = x$ و نه $p - n = x$! یا به تمرین، مطلب دستتون می‌دار!

تست: اگر تفاوت شمار نوترون‌ها و پروتون‌های هسته عنصر $^{45}_{21}M$ برابر ۳ باشد، شمار الکترون‌های این عنصر کدام است؟

۲۱ (۱) ۲۲ (۲) ۲۳ (۳) ۲۴ (۴)

$$\begin{aligned} n + p = 45 & \text{ رابطه عدد جرمی} \\ n - p = 3 & \text{ فرض مسئله} \end{aligned} \Rightarrow 2n = 48 \Rightarrow n = 24 \Rightarrow p = Z = 21$$

پاسخ: ۱

در اتم‌های خنثی، شمار الکترون‌ها با عدد اتمی برابر است.

نکته: با توجه به تست بالا، در سؤالاتی که تفاوت شمار نوترون‌ها و پروتون‌ها را به شما می‌دهند، می‌توانید از این رابطه استفاده کنید:

$$Z = \frac{A - (\text{تفاوت شمار نوترون و پروتون})}{2}$$

$$Z = \frac{45 - 3}{2} = \frac{42}{2} = 21$$

مثلاً در تست بالایی خواهیم داشت:

توجه: شمار پروتون‌ها در یک آنیون و یا کاتیون با شمار اتم‌های خنثای مربوط به آن یون هیچ فرقی ندارد. به عبارتی دیگر، اگر در یک یون اختلاف شمار پروتون و نوترون مطرح شود، از همان رابطه بالایی استفاده می‌کنیم.

۲. یون‌ها

۱. یون‌های مثبت (کاتیون‌ها): در کاتیون‌ها، تعداد پروتون‌ها از الکترون‌ها بیشتر است؛ با توجه به برابر یا بیشتر بودن تعداد نوترون‌ها از پروتون‌ها، می‌توانیم بنویسیم:

$$\begin{cases} n \geq p \\ p > e \end{cases} \Rightarrow n > e \quad \left(\begin{array}{ccc} & p & n \\ \leftarrow e & & \end{array} \right) \text{ در کاتیون‌ها}$$

بنابراین در مسائل مربوط به کاتیون‌ها، اگر گفته شود که اختلاف تعداد نوترون‌ها و الکترون‌ها برابر x است، باید بنویسیم: $n - e = x$!

۲. یون‌های منفی (آنیون‌ها): در آنیون‌ها، تعداد نوترون‌ها می‌تواند بیشتر، کم‌تر و یا برابر با تعداد الکترون‌ها باشد:

$$\begin{cases} n \geq p \\ p < e \end{cases} \Rightarrow n \geq e \quad \left(\begin{array}{ccc} n & n & \\ & p & e \end{array} \right) \text{ در آنیون‌ها}$$

بنابراین در مسائل مربوط به آنیون‌ها، اگر گفته شود که اختلاف تعداد نوترون‌ها و الکترون‌ها برابر x است، به جز یک حالت خاص که در ادامه به آن می‌پردازیم، باید هر دو حالت $n - e = x$ و $e - n = x$ را در نظر بگیریم.

در یک حالت خاص که ما بیشتر باهاش کار داریم، اگر اختلاف تعداد نوترون‌ها و الکترون‌ها در یک آنیون، بیشتر از مقدار بار یون باشد (مثلاً سؤال بگه اختلاف تعداد الکترون‌ها و نوترون‌ها در M^{3-} برابر ۹ است)، حتماً تعداد نوترون‌ها بیشتر از تعداد الکترون‌ها است و باید بنویسیم: $n - e = x$!



۱- در بین ایزوتوپ‌های طبیعی، در ^4_2He نیز تعداد نوترون‌ها از پروتون‌ها کم‌تر است. هم چنین ایزوتوپ‌های ساختگی زیادی داریم که در آن‌ها تعداد نوترون‌ها از پروتون‌ها کم‌تر است؛ مانند $^{14}_6C$ ، $^{15}_7N$ ، ...! در ضمن در تمرین‌های دوره‌ای صفحه ۴۶ کتاب درسی به ایزوتوپ ساختگی $^{47}_{24}Cr$ اشاره شده است که تعداد نوترون‌هایش کم‌تر از پروتون‌هایش است.

نکته: در سؤالاتی که اختلاف شمار نوترون ها و الکترون ها در یک یون داده می شود، می توانیم از رابطه زیر هم استفاده کنیم:

$$Z = \frac{A - (\text{تفاوت شمار نوترون و الکترون})}{2}$$

تست: اگر اختلاف شمار الکترون ها و نوترون ها در یون Y^{2-} برابر ۹ باشد، شمار نوترون های این عنصر کدام است؟

- ۳۴ (۱)
۳۶ (۲)
۴۳ (۳)
۴۵ (۴)

پاسخ: ۴ روش اول:

۱) رابطه عدد جرمی: $n + p = 79$

۲) رابطه شمار الکترون ها و پروتون ها در یون های منفی: $e = p + |Y^{2-}| \rightarrow e = p + 2$

۳) تفاوت شمار نوترون ها و الکترون ها: $n - e = 9$

در این جا چون تفاوت شمار نوترون ها و الکترون ها (یعنی ۹) از مقدار بار یون (یعنی ۲) بیشتر بود، نوشتیم $n - e = 9$ (و نه $e - n = 9$!).

$$\begin{cases} n - p = 11 \\ n + p = 79 \end{cases} \Rightarrow 2n = 90 \Rightarrow n = 45$$

$$n - e = 9 \xrightarrow{e = p + 2} n - (p + 2) = 9 \Rightarrow n - p = 11$$

$$Z = \frac{A - (\text{تفاوت شمار نوترون و الکترون})}{2} \Rightarrow Z = \frac{79 - 9 + (-2)}{2} = \frac{68}{2} = 34$$

روش دوم:

$$A = n + p(Z) \Rightarrow n = 79 - 34 = 45$$

نذرهای زیراتمی در گونه های چنداتمی

برای به دست آوردن تعداد پروتون ها و نوترون ها در گونه های چنداتمی (مانند H_2O , SO_4^{2-} و ...) کافی است تعداد پروتون ها و نوترون های اتم های سازنده آن ها را با هم جمع کنیم. در گونه های خنثی و بدون بار، تعداد الکترون ها با تعداد پروتون ها برابر است، اما در گونه های باردار (یون ها) مثلاً قبل، عقبیه فرق دارد! در یون های مثبت، تعداد الکترون ها به اندازه بار یون از تعداد پروتون ها کمتر و در یون های منفی، تعداد الکترون ها به اندازه مقدار بار یون، از تعداد پروتون ها بیشتر است.

تمرین: شمار پروتون ها، الکترون ها و نوترون ها را در PCl_3 و NH_4^+ به دست آورید. (^1_1H , $^{14}_7N$, $^{35}_{17}Cl$, $^{31}_{15}P$)

پاسخ:

$$\begin{cases} PCl_3 \begin{cases} \text{شمار پروتون ها} = 15 + 3(17) = 66 \\ \text{شمار الکترون ها} = 66 \\ \text{شمار نوترون ها} = 16 + 3(18) = 70 \end{cases} \\ NH_4^+ \begin{cases} \text{شمار پروتون ها} = 7 + 4(1) = 11 \\ \text{شمار الکترون ها} = 11 - 1 = 10 \\ \text{شمار نوترون ها} = 7 + 4(0) = 7 \end{cases} \end{cases}$$

ایزوتوپ ها

به اتم هایی که تعداد پروتون های آن ها با هم برابر و تعداد نوترون هایشان متفاوت است، ایزوتوپ می گویند؛ به عبارت دیگر ایزوتوپ ها، اتم های یک عنصرند (یعنی Z یکسان دارند) که در تعداد نوترون ها و در نتیجه در عدد جرمی (A) با یکدیگر متفاوت اند؛ پس اتم هایی با نمادهای کلی ^A_ZX و $^{A'}_Z X'$ ، ایزوتوپ یکدیگرند.

به عنوان نمونه، منیزیم دارای ۳ ایزوتوپ طبیعی است که آن ها را با نمادهای $^{24}_{12}Mg$ (یا منیزیم-۲۴)، $^{25}_{12}Mg$ (یا منیزیم-۲۵) و $^{26}_{12}Mg$ (یا منیزیم-۲۶) نشان می دهند.

تست: اگر یون M^{2+} دارای n نوترون و (n - 2) الکترون باشد، کدام اتم را می توان ایزوتوپ اتم عنصر M در نظر گرفت؟

- $^{2n+2}_{n+1}D$ (۲)
 $^{2n-2}_{n-1}X$ (۴)
 $^{2n+2}_nA$ (۱)
 $^{2n-4}_{n-4}E$ (۳)

پاسخ: ۱ اتم M دو الکترون بیشتر از M^{2+} دارد، بنابراین خواهیم داشت:

$$M = (n - 2) + 2 = n \quad \text{شمار الکترون ها} = \text{شمار پروتون ها} = \text{عدد اتمی } M$$

$$M = n + n = 2n \quad \text{شمار نوترون ها} + \text{شمار پروتون ها} = \text{عدد جرمی } M$$

ایزوتوپ های یک عنصر، عدد اتمی یکسان و عدد جرمی متفاوت دارند؛ بنابراین اتم های $^{2n+2}_nA$ و $^{2n}_nM$ ایزوتوپ یکدیگر به شمار می آیند.

چند نکته: ۱ ایزوتوپ یعنی «هم مکان»؛ به این معنی که ایزوتوپ های یک عنصر، همگی در یک خانه از جدول تناوبی قرار می گیرند. به عنوان نمونه، هر ۳ ایزوتوپ طبیعی منیزیم، در خانه شماره ۱۲ جدول تناوبی یا فوش کرده اند!

۲ در کتاب می خوانیم که اغلب در یک نمونه طبیعی از عنصری معین، اتم های سازنده، جرم یکسانی ندارند. این جمله به این معنی است که اغلب عنصرها حداقل دارای دو ایزوتوپ هستند.

۳ با توجه به این که جرم ایزوتوپ ها با هم فرق می کند، خواص فیزیکی وابسته به جرم مانند چگالی، نقطه ذوب و جوش آن ها نیز با هم متفاوت است.

۴ خواص شیمیایی اتم های هر عنصر (مانند واکنش پذیری، تمایل به از دست دادن یا گرفتن الکترون و ...) به شمار الکترون های آن وابسته است و از آن جا که در اتم ها، شمار الکترون ها با شمار پروتون ها برابر است، می توان گفت خواص شیمیایی اتم های هر عنصر به شمار الکترون ها یا پروتون ها و در نتیجه به عدد اتمی (Z) آن وابسته است. بنابراین همه ایزوتوپ های یک عنصر، دارای خواص شیمیایی یکسانی هستند. مثلاً اگر ^{24}Mg با آب واکنش دهد، ^{25}Mg و ^{26}Mg نیز با همان شدت، با آب واکنش خواهند داد.

توجه: با توجه به یکسان بودن خواص شیمیایی ایزوتوپ ها، برای جداسازی ایزوتوپ ها از یکدیگر، روش های شیمیایی به هیچ دردی نمی خورند و به یاش! باید از روش های فیزیکی وابسته به جرم استفاده کرد.

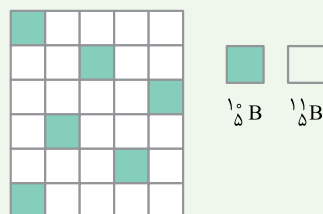
۵ فراوانی ایزوتوپ‌های یک عنصر در طبیعت یکسان نیست. در کتاب درسی به ایزوتوپ‌های طبیعی چند عنصر اشاره شده که شما باید بلد بشوید!

عنصر	شمار ایزوتوپ‌های طبیعی	نماد ایزوتوپ‌های طبیعی	ایزوتوپی با فراوانی بیشتر
منیزیم (${}_{12}\text{Mg}$)	۳	${}^{24}_{12}\text{Mg}$, ${}^{25}_{12}\text{Mg}$, ${}^{26}_{12}\text{Mg}$	${}^{24}_{12}\text{Mg}$ (ایزوتوپ سبک‌تر)
لیتیم (${}_3\text{Li}$)	۲	${}_3^6\text{Li}$, ${}_3^7\text{Li}$	${}_3^7\text{Li}$ (ایزوتوپ سنگین‌تر)
هیدروژن (${}_1\text{H}$)	۳	${}_1^1\text{H}$, ${}_1^2\text{H}$, ${}_1^3\text{H}$	${}_1^1\text{H}$ (ایزوتوپ سبک‌تر)
کلر (${}_{17}\text{Cl}$)	۲	${}^{35}_{17}\text{Cl}$, ${}^{37}_{17}\text{Cl}$	${}^{35}_{17}\text{Cl}$ (ایزوتوپ سبک‌تر)

۶ درصد فراوانی هر یک از ایزوتوپ‌ها را در یک نمونه، می‌توان به صورت زیر محاسبه کرد:

$$\% \text{درصد فراوانی ایزوتوپ X} = \frac{\text{تعداد اتم‌های ایزوتوپ X}}{\text{تعداد کل اتم‌ها}} \times 100$$

تمرین: با توجه به شکل روبه‌رو، درصد فراوانی هر یک از ایزوتوپ‌های بور را حساب کنید.



پاسخ:

$$\% \text{درصد فراوانی } {}^{11}\text{B} = \frac{19}{25} \times 100 = 76\%$$

$$\% \text{درصد فراوانی } {}^{10}\text{B} = \frac{6}{25} \times 100 = 24\%$$

رادیوایزوتوپ‌ها و برخی از کاربردهای آن‌ها

• برخی ایزوتوپ‌ها ناپایدارند؛ به این معنی که هسته آن‌ها ماندگار نیست و با گذشت زمان به صورت خودبه‌خود، متلاشی می‌شوند. این ایزوتوپ‌ها، پرتوزا بوده و اغلب بر اثر تلاشی، علاوه بر ذره‌های پرانرژی، مقدار زیادی انرژی هم آزاد می‌کنند. بدانید و آگاه باشید! که به **ایزوتوپ‌های پرتوزا و ناپایدار، رادیوایزوتوپ گفته می‌شود.**

چند نکته: ۱ اغلب هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آن‌ها برابر یا بیش از $1/5$ باشند ($N/Z \geq 1/5$)، ناپایدارند.

توجه: جمله بالا به این معنا نیست که همه هسته‌هایی که N/Z کمتر از $1/5$ دارند، قطعاً

پایدارند. نه از این فیرا نیست! به طور مثال ایزوتوپی از تکنسیم (${}^{99}_{43}\text{Tc}$) که در تصویربرداری پزشکی

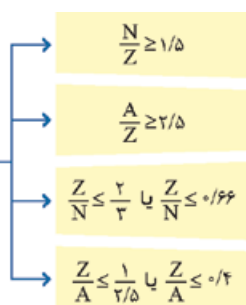
به کار می‌رود، با این‌که N/Z کمتر از $1/5$ دارد، ناپایدار و پرتوزا می‌باشد. $\frac{N}{Z} = \frac{99-43}{43} = \frac{56}{43} = 1/3$

از طرفی از اون‌جاکه در قاعده گفته شده از واژه «اغلب» استفاده شده، می‌توان نتیجه گرفت هسته‌هایی

با N/Z بزرگ‌تر یا مساوی $1/5$ وجود دارند که پرتوزا نیستند و پایدارند.

رابطه $N/Z \geq 1/5$ ، معادل‌های دیگری هم دارد که در نمودار مقابل، مهم‌ترین‌هاشو براتون آوردم!

قاعده کلی برای تشخیص یک رادیوایزوتوپ



پس اگر مثلاً بگین اغلب هسته‌هایی که نسبت عدد جرمی به عدد اتمی‌ها، بزرگ‌تر یا مساوی $2/5$ است، ناپایدارند، درسته! فکر کنید هملۀ عجیب غریب و خارج از کتابه!

۲ یکی از کمیت‌هایی که نشان می‌دهد یک ایزوتوپ تا چه اندازه پایدار است، نیم‌عمر آن می‌باشد. نیم‌عمر مدت زمانی است که طی آن نیمی از ایزوتوپ موجود متلاشی می‌شود. هر چه نیم‌عمر یک ایزوتوپ کوتاه‌تر باشد، در زمان کوتاه‌تری متلاشی می‌شود؛ بنابراین ناپایدارتر خواهد بود.

نیم‌عمر کوتاه‌تر ← ایزوتوپ ناپایدارتر

جمع‌بندی:

تفاوت‌های ایزوتوپ‌های یک عنصر	شباهت‌های ایزوتوپ‌های یک عنصر
- عدد جرمی - شمار نوترون‌ها - فراوانی در طبیعت - نیم‌عمر و پایداری (خاصیت پرتوزایی) - خواص فیزیکی وابسته به جرم (چگالی، نقطه ذوب و جوش)	- عدد اتمی (شمار پروتون‌ها) - شمار الکترون‌ها (آرایش الکترونی، شمار الکترون‌های ظرفیت، میزان بار یون پایدار) - مکان (موقعیت) در جدول دوره‌ای - خواص شیمیایی

۱- بررسی یک غلط رایج: در ایزوتوپ‌های پایدار (غیرپرتوزا) هیچ ارتباطی میان پایداری و فراوانی ایزوتوپ‌ها وجود ندارد. اگر براساس غلط رایج، ما ایزوتوپ ${}_1^3\text{H}$ را نسبت به ${}_1^2\text{H}$ پایدارتر در نظر بگیریم، باید قبول کنیم که در گذر زمان، ${}_1^3\text{H}$ دچار فروپاشی خواهد شد که این‌گونه نیست. اگر دقت کنید، در کتاب درسی نیز ${}_1^3\text{H}$ را با واژه «پایدارتر» توصیف نکرده است. یک مثال واقعی اگه بخواهیم بیان کنیم، اینه که ایزوتوپ پرتوزای ${}^{187}_{75}\text{Re}$ (63%) فراوانی بیشتری از ایزوتوپ پایدار آن، یعنی ${}^{185}_{75}\text{Re}$ (37%) دارد.

۱- با خواندن ادامه این فصل متوجه خواهید شد که با توجه به برابری شمار الکترون‌ها در ایزوتوپ‌های یک عنصر، آرایش الکترونی و شمار الکترون‌های ظرفیت ایزوتوپ‌های یک عنصر نیز با هم یکسان خواهد بود.



نکته: نیم‌عمر، مدت‌زمانی است که طول می‌کشد تا نیمی از کل ایزوتوپ اتم یک عنصر، متلاشی شود. فرض کنید نیم‌عمر یک ایزوتوپ برابر T باشد. پس از گذشت مدت‌زمان T ، تعداد (یا به تقریب جرم) هسته ماده پرتوزا به نصف می‌رسد:

بنابراین اگر مقدار اولیه ایزوتوپ پرتوزا برابر m_0 باشد، پس از گذشت nt نیم‌عمر، مقدار ایزوتوپ باقی‌مانده برابر با $\frac{m_0}{2^n}$ خواهد بود.

زمان	°	T	2T	...	nT
جرم یا تعداد هسته‌های باقی‌مانده	m_0	$\frac{m_0}{2}$	$\frac{m_0}{4}$	...	$\frac{m_0}{2^n}$
		$\times \frac{1}{2}$	$\times \frac{1}{2}$		

مقدار اولیه m_0 مقدار باقی‌مانده $m_n = \frac{m_0}{2^n}$

زمان کل فرایند (ت) نیم‌عمر (T) $n = \frac{\text{زمان کل فرایند (ت)}}{\text{نیم‌عمر (T)}}$

تست: نیم‌عمر یک ماده پرتوزا، ۲۰ دقیقه است. اگر جرم اولیه این ماده برابر ۴ گرم باشد، پس از یک ساعت، چند گرم از این ماده باقی مانده است؟

۰/۰۲ (۱) ۰/۰۴ (۳) ۰/۰۲۵ (۲) ۰/۰۵ (۴)

پاسخ: ۴ روش اول:

زمان (دقیقه)	°	۲۰	۴۰	۶۰
جرم (گرم)	۰/۴	۰/۲	۰/۱	۰/۰۵
		$\times \frac{1}{2}$	$\times \frac{1}{2}$	$\times \frac{1}{2}$

روش دوم:

$$n = \frac{t}{T} = \frac{60 \text{ min}}{20 \text{ min}} = 3 \Rightarrow m_n = \frac{m_0}{2^n} = \frac{4}{2^3} = \frac{4}{8} = 0.5 \text{ g}$$

ایزوتوپ‌های هیدروژن

هیدروژن دارای ۷ ایزوتوپ است که از بین آن‌ها ۳ ایزوتوپ (^1H ، ^2H و ^3H)، طبیعی و ۴ ایزوتوپ (^4H ، ^5H ، ^6H و ^7H)، ساختگی هستند.

ویژگی ایزوتوپ	نماد ایزوتوپ	^1H	^2H	^3H	^4H	^5H	^6H	^7H
نیم‌عمر		پایدار	پایدار	۱۲/۳۲ سال	$1/4 \times 10^{-22}$ ثانیه	$9/1 \times 10^{-22}$ ثانیه	$2/9 \times 10^{-22}$ ثانیه	$2/3 \times 10^{-22}$ ثانیه
درصد فراوانی در طبیعت		۹۹/۹۸۸۵	۰/۰۱۱۴	ناچیز	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)

و اما نکات این جدول:

۱ یک نمونه طبیعی از عنصر هیدروژن، مخلوطی از سه ایزوتوپ (^1H ، ^2H و ^3H) است.

۲ در بین ایزوتوپ‌های طبیعی هیدروژن، ایزوتوپ‌های ^1H و ^2H پایدار هستند، اما ایزوتوپ ^3H ناپایدار است.

۳ در بین ایزوتوپ‌های ساختگی، ^5H از همه پایدارتر است؛ زیرا نیم‌عمر آن از همه بیشتر است و ^7H از همه ناپایدارتر!

مقایسه نیم‌عمر و پایداری ایزوتوپ‌های ساختگی هیدروژن: $^5\text{H} > ^6\text{H} > ^4\text{H} > ^7\text{H}$

پس هاستون باشه که با افزایش عدد جرمی ایزوتوپ‌های هیدروژن، نیم‌عمر آن‌ها به صورت منظم کاهش نمی‌یابد. نیم‌عمر ^5H هم از نیم‌عمر ^6H بیشتره و هم از نیم‌عمر ^4H ! به این ترتیب می‌توان گفت، این جمله که «هر چه نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های یک ایزوتوپ، بزرگ‌تر باشد، آن ایزوتوپ ناپایدارتر است» همیشه درست نیست!

۴ هیدروژن دارای ۵ رادیوایزوتوپ (^4H ، ^5H ، ^6H و ^7H) است. حالا برای جلوگیری از قاطی پاتی کردن! با هم به چند سؤال زیر پاسخ می‌دهیم:

۱ هیدروژن چند ایزوتوپ طبیعی دارد؟ ۳ تا (^1H ، ^2H و ^3H)

۲ هیدروژن چند ایزوتوپ پایدار دارد؟ ۲ تا (^1H و ^2H)

۳ هیدروژن چند ایزوتوپ پرتوزا دارد؟ ۵ تا (^4H ، ^5H ، ^6H و ^7H)

۴ هیدروژن چند ایزوتوپ پرتوزای طبیعی دارد؟ یکی (^3H)

۵ کدام ایزوتوپ پرتوزای هیدروژن از همه پایدارتر است؟ ^4H

۶ در بین ایزوتوپ‌های ساختگی هیدروژن، کدام از همه پایدارتر است؟ ^5H



تست: کدام مورد، جمله زیر را به درستی کامل نمی‌کند؟

«هر ایزوتوپی از هیدروژن که»

- (۱) پایدار است - طبیعی است. (۲) در طبیعت وجود ندارد - پرتوزا است. (۳) پرتوزا است - نیم‌عمری در حدود 10^{-22} ثانیه دارد. (۴) فاقد نوترون می‌باشد - پایدار است.

پاسخ: ۳ ایزوتوپ‌های ^1H تا ^4H ، رادیوایزوتوپ هستند، اما ^3H برخلاف سایر رادیوایزوتوپ‌ها، نیم‌عمر بالایی در حدود ۱۲ سال دارد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ ایزوتوپ‌های ^1H و ^2H ، پایدار بوده و طبیعی محسوب می‌شوند.

۲ ایزوتوپ‌های ^1H تا ^4H در طبیعت وجود ندارند. نسبت شمار نوترون به پروتون در همه این اتم‌ها بیشتر از ۱/۵ است؛ از این‌رو رادیوایزوتوپ (پرتوزا) محسوب می‌شوند.

۴ فقط ایزوتوپ ^1H فاقد نوترون است. این ایزوتوپ پایدار می‌باشد.

تکنسیم، نخستین عنصر ساخت بشر

● تا ۱۵۰ سال در جهان ۱۱۸ عنصر شناخته شده است که از بین آن‌ها ۹۲ عنصر در طبیعت یافت می‌شود. ۲۶ عنصر دیگر را که در طبیعت وجود ندارند، ما انسان‌ها با کمک واکنش‌های هسته‌ای، به طور مصنوعی ساخته‌ایم.

● تکنسیم نخستین عنصری بود که به طور مصنوعی، در **واکنشگاه (راکتور)** هسته‌ای ساخته شد.

۱) نماد شیمیایی تکنسیم به صورت « ^{99}Tc » است. این عنصر در دوره پنجم و گروه ۷ جدول دوره‌ای قرار دارد.

۲) **از تکنسیم برای تصویربرداری غده تیروئید استفاده می‌شود.** یون یدید (I^-) با یون **حاوی تکنسیم** که برای تصویربرداری غده تیروئید استفاده می‌شود، اندازه مشابهی دارد و غده تیروئید هنگام جذب یون یدید، این یون را هم جذب می‌کند. با افزایش مقدار این یون **حاوی تکنسیم** در غده تیروئید، امکان تصویربرداری فراهم می‌شود. **هواستون باشه!** گفتیم یون حاوی تکنسیم نه یون تکنسیم!

نکته: هنگام عکس‌برداری از دندان‌ها در رادیولوژی، باید با استفاده از **پوشش‌های سربی** (Pb) از غده تیروئید در برابر پرتوهای پرانرژی و خطرناک استفاده کرد.

۳) همه تکنسیم موجود در جهان، باید به طور مصنوعی و با استفاده از واکنش‌های هسته‌ای ساخته شود. تازه! از اون بای که نیم عمر (زمان ماندگاری) این عنصر کم است، نمی‌توان مقادیر زیادی از این عنصر را تهیه و برای مدت طولانی نگه‌داری کرد؛ بنابراین هر وقت **فواستیم**، به مقدار لازم، آن را با یک مولد هسته‌ای تولید و سپس مصرف می‌کنیم.

۴) تکنسیم (^{99}Tc) جزء اتم‌هایی است که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آن کم‌تر از ۱/۵ است، ولی با وجود این، ناپایدار **تشریف داره!** و رادیوایزوتوپ به حساب می‌آید!

کاربرد برخی از رادیوایزوتوپ‌ها

● از رادیوایزوتوپ‌ها در پزشکی، کشاورزی و به عنوان سوخت در نیروگاه‌های اتمی استفاده می‌شود. شما باید کاربرد رادیوایزوتوپ‌ها و مواد پرتوزای زیر را **بلد باشین!**

کاربرد	رادیوایزوتوپ‌ها و مواد پرتوزا
تصویربرداری از غده تیروئید	^{99}Tc (تکنسیم)
اغلب به عنوان سوخت در راکتورهای اتمی	$^{235}_{92}\text{U}$ (اورانیم)
تشخیص توده سرطانی	گلوکز نشان‌دار

● با توجه به شکل صفحه ۸ کتاب درسی، **بدانید و آگاه باشید!** که عنصر فسفر (P) هم در میان ایزوتوپ‌های خود، دارای ایزوتوپ پرتوزا است و رادیوایزوتوپ فسفر، در ایران تولید می‌شود.

● **کیمیایگری** یعنی تبدیل عنصرهای دیگر به طلا، که امروزه با پیشرفت علم شیمی و فیزیک امکان‌پذیر است، اما به دلیل زیادبودن هزینه تولید آن، صرفه اقتصادی ندارد.

اورانیم (^{235}U)

۱) شناخته شده‌ترین عنصر یا فلز پرتوزا است.

۲) همه ایزوتوپ‌های آن پرتوزا هستند.

۳) یکی از ایزوتوپ‌های آن ($^{235}_{92}\text{U}$)، اغلب به عنوان سوخت در راکتورهای اتمی کاربرد دارد.

۴) فراوانی ^{235}U در نمونه‌های طبیعی اورانیم، کم‌تر از ۷/۰ درصد است و طی فرایند غنی‌سازی ایزوتوپی، مقدار (فراوانی) آن در مخلوط ایزوتوپ‌های این عنصر افزایش می‌یابد.

نکته: پسماند راکتورهای اتمی هنوز خاصیت پرتوزایی دارند و خطرناک‌اند؛ به همین خاطر دفع این زباله‌ها، یکی از چالش‌های صنایع هسته‌ای به شمار می‌آید.

گلوکز نشان‌دار

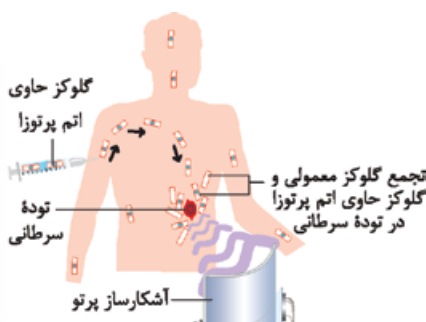
۱) به گلوکز حاوی اتم پرتوزا (نه یون پرتوزا) گفته می‌شود.

۲) برای تشخیص برخی از توده‌های سرطانی کاربرد دارد.

۳) برای درمان توده سرطانی استفاده نمی‌شود.

توجه: به هنگام تزریق گلوکز نشان‌دار، این مولکول‌ها به همراه گلوکزهای معمولی، در همه جای بدن با جریان خون پخش می‌شوند، اما تجمع گلوکزهای نشان‌دار بر روی غده سرطانی در مقایسه با سلول‌های دیگر بیشتر است.

آشکارساز می‌تواند پرتوهای آزادشده حاصل از اتم پرتوزا در گلوکز نشان‌دار را مشخص کرده و محل توده سرطانی در بدن را **عیان‌کند!**





بخش دوم: (صفحه ۹ تا ۱۵ کتاب درسی)

شماره تست‌های مرتبط در جلد اول

تست‌های ۵۷ تا ۱۰۲

این بخش شامل قسمت‌های مقابل است: ● مقدمه‌ای بر جدول دوره‌ای عنصرها ● جرم اتمی عنصرها ● جرم اتمی میانگین

مقدمه‌ای بر جدول دوره‌ای عنصرها

- شیمی‌دان‌ها برای بررسی آسان‌تر عنصرها، آن‌ها را در جدولی به نام جدول دوره‌ای (تناوبی) طبقه‌بندی کرده‌اند.
- در جدول دوره‌ای (تناوبی) امروزی، عنصرها براساس افزایش عدد اتمی در کنار هم چیده شده‌اند؛ به طوری که این جدول از عنصر هیدروژن با عدد اتمی ۱ آغاز و به عنصر شماره ۱۱۸ ختم می‌شود.

عدد اتمی
نام
جرم اتمی میانگین

نماد شیمیایی

۱ H هیدروژن ۱.۰۰۸	۲ He هلیوم ۴.۰۰۲	۳ Li لیتیم ۶.۹۴۱	۴ Be بeryllium ۹.۰۱۲	۵ B بور ۱۰.۸۱۱	۶ C کربن ۱۲.۰۱۱	۷ N نیتروژن ۱۴.۰۰۷	۸ O اکسیژن ۱۶.۰۰۳	۹ F فلور ۱۸.۹۹۸	۱۰ Ne نئون ۲۰.۱۸۰	۱۱ Na سدیم ۲۲.۹۹۰	۱۲ Mg منگنز ۲۴.۳۰۴	۱۳ Al آلومینیم ۲۶.۹۸۱	۱۴ Si سیلیسیم ۲۸.۰۸۶	۱۵ P فسفر ۳۰.۹۷۴	۱۶ S کبریت ۳۲.۰۶	۱۷ Cl کلر ۳۵.۴۵	۱۸ Ar آرگون ۳۹.۹۴۸	۱۹ K پتاسیم ۳۹.۰۹۸	۲۰ Ca کلسیم ۴۰.۰۷۸	۲۱ Sc اسکاندیم ۴۴.۹۵۶	۲۲ Ti تیتانیوم ۴۷.۸۸	۲۳ V وانادیوم ۵۰.۹۴۲	۲۴ Cr کروم ۵۲.۰۰۴	۲۵ Mn منگنز ۵۴.۹۳۸	۲۶ Fe آهن ۵۵.۸۴۵	۲۷ Co کوبالت ۵۸.۹۳۳	۲۸ Ni نیکل ۵۸.۹۳۳	۲۹ Cu مس ۶۳.۵۴۶	۳۰ Zn روی ۶۵.۳۸	۳۱ Ga گالیم ۷۰.۶۲۰	۳۲ Ge ژرمانیم ۷۲.۶۴	۳۳ As آرسنیک ۷۴.۹۲۲	۳۴ Se سلنیم ۷۸.۹۶	۳۵ Br بروم ۷۹.۹۰۴	۳۶ Kr کریپتون ۸۳.۹۰۴	۳۷ Rb روبیوم ۸۵.۴۶۸	۳۸ Sr استرونسیم ۸۷.۶۲	۳۹ Y یتریم ۸۸.۹۰۶	۴۰ Zr زیرکونیم ۹۱.۲۲۴	۴۱ Nb نیوبیم ۹۲.۹۰۶	۴۲ Mo مولیبدن ۹۵.۹۴	۴۳ Tc تکنسیم ۹۸.۹۰۶	۴۴ Ru روثنیم ۱۰۱.۰۷	۴۵ Rh رودیم ۱۰۱.۰۷	۴۶ Pd پالادیم ۱۰۶.۹۰۶	۴۷ Ag نقره ۱۰۷.۸۶۸	۴۸ Cd کادمیم ۱۱۲.۴۱۱	۴۹ In ایندیم ۱۱۴.۸۱۸	۵۰ Sn قلع ۱۱۸.۷۱۰	۵۱ Sb آنتیمون ۱۲۱.۷۵۷	۵۲ Te تلیور ۱۲۷.۶۰۳	۵۳ I یود ۱۲۶.۹۰۵	۵۴ Xe کسین ۱۳۱.۲۹	۵۵ Cs سزیم ۱۳۲.۹۰۵	۵۶ Ba باریم ۱۳۷.۳۲۷	۵۷ La لانتان ۱۳۸.۹۰۵	۵۸ Ce سرم ۱۴۰.۱۲۰	۵۹ Pr پراسیمیم ۱۴۰.۹۰۷	۶۰ Nd نئودیمیم ۱۴۴.۲۴۰	۶۱ Pm پرمیتیم ۱۴۴.۹۰۷	۶۲ Sm ساماریوم ۱۵۰.۳۷	۶۳ Eu یورپیم ۱۵۱.۹۶۴	۶۴ Gd گادولیم ۱۵۷.۹۲۴	۶۵ Tb تربیم ۱۵۸.۹۲۵	۶۶ Dy دیسپروسیم ۱۶۲.۵۰۷	۶۷ Ho هولم ۱۶۴.۹۳۰	۶۸ Er ارتریم ۱۶۷.۲۵۷	۶۹ Tm تولیم ۱۶۸.۹۳۰	۷۰ Yb ایتریم ۱۷۳.۰۴۵	۷۱ Lu لویتیم ۱۷۴.۹۶۷	۷۲ Hf هافنیم ۱۷۸.۴۹	۷۳ Ta تانگستال ۱۸۰.۹۴۸	۷۴ W ولفرام ۱۸۳.۸۴	۷۵ Re رئوگنیم ۱۸۶.۲۰۷	۷۶ Os اوسمیوم ۱۹۰.۲۳	۷۷ Ir ایریدیوم ۱۹۲.۲۲	۷۸ Pt پلاتین ۱۹۵.۰۸۴	۷۹ Au طلا ۱۹۶.۹۶۷	۸۰ Hg جیوه ۲۰۰.۵۹۸	۸۱ Tl تلیوریم ۲۰۴.۳۸۷	۸۲ Pb سرب ۲۰۷.۲	۸۳ Bi بیسپوت ۲۰۸.۹۸۰	۸۴ Po پولونیوم ۲۰۹	۸۵ At استاتین ۲۱۰	۸۶ Rn رادیون ۲۲۲	۸۷ Fr فرانسیوم ۲۲۳	۸۸ Ra رادیوم ۲۲۶	۸۹ Ac اکتیونیم ۲۲۷	۹۰ Th تورانیوم ۲۳۲.۰۳۷۷	۹۱ Pa پروتاکتینیوم ۲۳۱.۰۳۶۳	۹۲ U اورانیوم ۲۳۸.۰۲۹۳	۹۳ Np نپتونیم ۲۳۷.۰۴۷۱	۹۴ Pu پلوتونیوم ۲۳۹.۰۴۶۶	۹۵ Am آمرسیوم ۲۴۷.۰۴۷۱	۹۶ Cm کوریوم ۲۴۷	۹۷ Bk برکیلیوم ۲۴۷	۹۸ Cf کالیفرنیم ۲۵۱	۹۹ Es ایسپانتیم ۲۵۲	۱۰۰ Fm فرمنسیم ۲۵۷	۱۰۱ Md میدلاندیم ۲۵۸	۱۰۲ No نوبلیم ۲۵۹
----------------------------	---------------------------	---------------------------	-------------------------------	-------------------------	--------------------------	-----------------------------	----------------------------	--------------------------	----------------------------	----------------------------	-----------------------------	--------------------------------	-------------------------------	---------------------------	---------------------------	--------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	--------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	----------------------------	-----------------------------	---------------------------	------------------------------	----------------------------	--------------------------	--------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------	-------------------------------	------------------------------	--------------------------------	----------------------------	--------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	-----------------------------	--------------------------------	-----------------------------	-------------------------------	-------------------------------	----------------------------	--------------------------------	------------------------------	---------------------------	----------------------------	-----------------------------	------------------------------	-------------------------------	----------------------------	---------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	------------------------------	----------------------------------	-----------------------------	-------------------------------	------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	------------------------------	---------------------------------	-----------------------------	--------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	-------------------------------	----------------------------	-----------------------------	--------------------------------	--------------------------	-------------------------------	-----------------------------	----------------------------	---------------------------	-----------------------------	---------------------------	-----------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	---------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	-----------------------------	-------------------------------	----------------------------

- این جدول دارای ۷ ردیف افقی است که دوره یا تناوب نامیده می‌شوند. خواص شیمیایی عنصرهایی که در یک دوره از جدول قرار دارند، با هم تفاوت دارد.
- این جدول دارای ۱۸ ستون عمودی است که گروه نامیده می‌شوند. عنصرهایی که در یک گروه قرار دارند، به طور کلی خواص شیمیایی مشابهی دارند؛ به طور مثال عنصرهای گروه ۱۷، می‌توانند آنیونی با یک بار منفی (X^-) تشکیل دهند.
- **توجه:** با پیمایش هر دوره از چپ به راست، خواص عنصرها به طور مشابه تکرار می‌شود؛ به همین خاطر به این جدول، جدول دوره‌ای (تناوبی) عنصرها می‌گویند.
- برای پیدا کردن تعداد عنصرهای موجود بین دو عنصر مشخص در جدول دوره‌ای می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$۱ - (\text{تفاوت عدد اتمی دو عنصر}) = \text{تعداد عنصرهای بین دو عنصر A و B}$$

مثلاً بین دو عنصر $Rb_{۳۷}$ و $Sn_{۵۰}$ ، $۱۲ = ۵۰ - ۳۷ = ۱۳$ (با عدد اتمی ۳۸ تا ۴۹) وجود دارد.

- اگر نگاهی به جدول دوره‌ای بیندازید، متوجه می‌شوید که دو ردیف از عنصرها از دل جدول اومدن بیرون! ردیف اول: شامل عنصرهایی با عدد اتمی ۵۷ تا ۷۰ (یعنی مجموعاً ۱۴ عنصر) و ردیف دوم: شامل عنصرهایی با عدد اتمی ۸۹ تا ۱۰۲ (یعنی مجموعاً ۱۴ عنصر) است. بداند و آگاه باشید! که شیمی‌دان‌ها به دلیل کمبود ها! این عنصرها (که در آینده می‌فونیم که به اون‌ها عناصر دسته f می‌گن) را پایین جدول قرار داده‌اند. هواستون باشه که دیگه به این دو ردیف، شماره دوره جدیدی نسبت ندین، یعنی ما دوره‌های ۸ و ۹ نداریم! در ضمن به دلیل جابه جایی این عنصرها به پایین جدول، ترتیب عدد اتمی عنصرها در دوره‌های ششم و هفتم جدول، از گروه ۲ به ۳ به هم ریخته! ببینید:
- در جدول، هر عنصر با نماد یک یا دو حرفی نشان داده شده است. در هر نماد، حرف اول نام لاتین به صورت بزرگ و حرف دوم (در صورت دوحرفی بودن نماد) به صورت کوچک نوشته می‌شود. بد نیست بدانید که نماد شیمیایی اغلب عنصرها، دوحرفی است. شما باید نماد عنصرهای مهم رو بلد باشین!

مثال: هواستون به نمادهای شبیه به هم باشه:

- Al: آلومینیم
- N: نیتروژن
- Ra: رادیوم
- Ar: آرگون
- Ne: نئون
- Rn: رادون
- Au: طلا
- Na: سدیم
- Rh: رودیم
- Be: بریلیوم
- Pb: سرب
- B: بور
- Pt: پلاتین
- Br: برم
- Pd: پالادیم

- **بچه‌ها مراقب باشین!** در نماد شیمیایی همه عنصرها، حرف اول به صورت بزرگ است و اگر نماد یک عنصر، دوحرفی باشد، حرف دوم باید به صورت کوچک نوشته شود؛ پس اگر دو یا چند حرف بزرگ پشت سر هم دیدین، بدانید که دیگه با یک عنصر سروکار ندارید!

مثال: Co: نماد عنصر کبالت - CO: نماد یک ترکیب که از دو عنصر کربن و اکسیژن تشکیل شده است. (کربن مونوکسید)

- $\text{H}_2, \text{N}_2, \text{O}_2, \text{F}_2, \text{Cl}_2, \text{Br}_2, \text{I}_2$
 گاز مایع جامد

توجه: تا این جا، اگر جدول دوره‌ای رو بهتون بدن، شما فیلی شیک و مجلسی! می‌تونید برای هر عنصر، شماره دوره و گروه، عدد اتمی و جرم اتمی میانگین را از روی جدول گزارش کنید، اما واقعیت اینه که معمولاً برای کنکور، جدول رو بهتون نمی‌دن و شما باید زیر و بم جدول رو بلد باشید! در ادامه فصل، پس از آشنایی با مبحث آرایش الکترونی، تسلطتون به جدول بیشتر خواهد شد. فعلاً بدونید که برای هر کنکوری، بلد بودن نام و نماد عنصرهای مهم و جایگاهشون در جدول، از نون شب هم واجب‌تره! در جدول زیر نام عناصر مهم و نمادهاشون رو براتون آوردم! شما باید زحمت بکشین و هی با خودتون تمرین کنید. چه طوری؟! چند بار شکل خالی جدول رو بکشید و عنصرها را در جایگاهشون بنویسید.

در ضمن به گروه ۱۸، گروه گازهای نجیب گفته می‌شود که در ادامه راه خیلی باهاشون کار داریم. اعداد اتمی این عنصرها به ترتیب از بالا به پایین، برابرند با: $۱۰۰, ۱۰۱, ۱۰۲, ۱۰۳, ۱۰۴, ۱۰۵, ۱۰۶, ۱۰۷, ۱۰۸, ۱۰۹, ۱۱۰$ و ۱۱۱ کم‌کم که با جدول دوره‌ای و عنصرهای مهم آن آشنا شدین، تعداد عنصرهای هر دوره و اطلاعاتی مانند تعداد نمادهای تک حرفی و ... رو هم باید بلد باشین! مثلاً باید بدونید که در دوره چهارم، ۱۸ عنصر وجود دارد که نماد شیمیایی دو عنصر آن ($۱۹K$ و $۲۰Ca$)، تک حرفی و در نتیجه نماد شیمیایی ۱۶ عنصر آن، دو حرفی است.

- جرم اتمی عنصرها**

- مثال:** اگر دقت ترازویی برابر $1/^\circ$ میلی گرم باشد، می توان با آن عدد $3/^\circ$ میلی گرم را به عنوان جرم یک جسم گزارش کرد ($3/^\circ = 3/1^\circ$)، اما گزارش عدد $34/^\circ$ میلی گرم با این ترازو به عنوان جرم یک جسم **معاذ!** ($34/^\circ = 34/1^\circ$)

- $12 \text{ amu} = 12 \text{ u} = \text{جرم ایزوتوپ کربن-12}$

- در جدول مقابل، برخی از ویژگی‌های ذره‌های زیراتمی آورده شده است:

در نماد مربوط به ذره‌های زیراتمی، عددهای سمت چپ از بالا به پایین به ترتیب جرم نسبی و بار نسبی ذره را مشخص می‌کنند.

- توجه:** مجموع جرم الکترون و پروتون، از جرم نوترون اندکی کمتر است. (جرم نوترون) $1.0087 < 1.0073 + 0.0005 = \text{جرم p} + \text{جرم e}$

جرم: ${}^1_0\text{n} > {}^1_1\text{H} > {}^1_1\text{p} > 1\text{amu} > {}^0_{-1}\text{e}$

↓ ↓ ↓ ↓

نوترون فراوان ترین پروتون یکای

 ایزوتوپ هیدروژن جرم اتمی

● از آن جاکه جرم پروتون و نوترون در حدود ۱ amu بوده و جرم الکترون هم ناچیز است، مقدار عددی جرم یک اتم برحسب amu به تقریب برابر با عدد جرمی آن (مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها) است.
به طور مثال، جرم اتم ${}^7_3\text{Li}$ که دارای ۳ پروتون و ۴ نوترون است را به تقریب می‌توان ۷ amu در نظر گرفت.

تست: یون X^{2-} دارای ۱۰ الکترون و ۸ نوترون است. به تقریب چه کسری از جرم کل این یون را الکترون‌ها تشکیل داده‌اند؟

(۱) $\frac{1}{400}$ (۲) $\frac{1}{800}$ (۳) $\frac{1}{1600}$ (۴) $\frac{1}{3200}$

پاسخ: ۴ یون X^{2-} ، ۱۰ الکترون، ۸ نوترون و ۸ پروتون دارد.

از اون جایی که جرم الکترون ناچیز است و جرم هر پروتون و نوترون به تقریب برابر با ۱ amu است، جرم این یون را می‌توان با عدد جرمی آن برابر دانست؛ پس جرم یون ${}^{16}_8X^{2-}$ برابر با ۱۶ amu است. از طرفی این یون ۱۰ الکترون دارد که جرم هر الکترون حدود $\frac{1}{3200}$ amu می‌باشد؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\frac{\text{جرم الکترون در } {}^{16}_8X^{2-}}{\text{جرم یون } {}^{16}_8X^{2-}} = \frac{10 \times \frac{1}{3200}}{16} = \frac{1}{3200}$$

● جرم اتمی اکثر عنصرها در جدول دوره‌ای به صورت اعداد غیرصحیح (اعشاری) است. دلیل این موضوع وجود ایزوتوپ‌های متفاوت یک عنصر با جرم‌های متفاوت می‌باشد. در واقع جرم نوشته‌شده در جدول دوره‌ای، جرم اتمی میانگین عنصرها است.

جرم اتمی میانگین

به دلیل وجود ایزوتوپ‌ها و تفاوت در فراوانی آن‌ها، برای بیان جرم نمونه‌های طبیعی از اتم عنصرهای مختلف، جرم اتمی میانگین را به کار می‌برند.

● جرم اتمی میانگین هر عنصر، همان جرم نشان داده شده در جدول دوره‌ای است. رابطه بین جرم اتمی میانگین، فراوانی و جرم اتمی ایزوتوپ‌ها به صورت زیر است:

$$M = \frac{M_1F_1 + M_2F_2 + \dots}{F_1 + F_2 + \dots}$$

در این رابطه M_1 ، M_2 و ... جرم اتمی هر یک از ایزوتوپ‌ها و F_1 ، F_2 و ... فراوانی هر یک از آن‌ها است.

$$F_1 + F_2 + \dots = 100$$

چند نکته: ۱ اگر با درصد فراوانی ایزوتوپ‌ها سروکار داشتیم، مخارج کسر را برابر با ۱۰۰ قرار می‌دهیم:

۲ اگر در سؤال، جرم اتمی ایزوتوپ‌ها به طور دقیق داده نشده بود، جرم اتمی ایزوتوپ‌ها را برابر با عدد جرمی آن‌ها در نظر می‌گیریم: ${}^{24}_{12}\text{Mg}$ { عدد جرمی = ۲۴
جرم اتمی ≈ 24 amu }

۳ برای عنصرهایی که دارای دو ایزوتوپ هستند، جرم اتمی میانگین به جرم اتمی ایزوتوپی که فراوانی بیشتری دارد، نزدیک‌تر است. در مورد عنصرهایی با ۳ ایزوتوپ و بیشتر، این نکته لزوماً برقرار نیست، اما اگر درصد فراوانی یک ایزوتوپ نسبت به دیگر ایزوتوپ‌های عنصر، خیلی خیلی بیشتر باشد، می‌توان گفت که جرم اتمی میانگین به جرم اتمی ایزوتوپ فراوان‌تر نزدیک‌تر است، مثلاً پتاسیم دارای ۳ ایزوتوپ ${}^{39}\text{K}$ ، ${}^{40}\text{K}$ و ${}^{41}\text{K}$ بوده و درصد فراوانی ${}^{39}\text{K}$ بسیار زیاد و حدود ۹۳٪ است. از این رو می‌توان گفت که جرم اتمی میانگین پتاسیم، قطعاً به ${}^{39}\text{K}$ نزدیک‌تر است.

۴ اگر M_1 ، جرم اتمی سبک‌ترین ایزوتوپ یک عنصر باشد، برای ساده‌تر شدن محاسبات، می‌توان از فرمول زیر نیز برای محاسبه جرم اتمی میانگین استفاده کرد:

$$M = M_1 + \frac{F_2}{F_{\text{کل}}} (M_2 - M_1) + \frac{F_3}{F_{\text{کل}}} (M_3 - M_1) + \dots$$

تست: عنصر کلر دارای دو ایزوتوپ طبیعی ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ و ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ است. اگر درصد فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر برابر ۷۵٪ باشد، جرم اتمی میانگین کلر چند amu است؟

(۱) $35/25$ (۲) $35/5$ (۳) $36/5$ (۴) $36/5$

$$F_2 = 100 - F_1 = 100 - 75 = 25$$

پاسخ: ۲

روش اول: $M = \frac{M_1F_1 + M_2F_2}{F_1 + F_2} = \frac{(35 \times 75) + (37 \times 25)}{100} = 35/5$ **روش دوم:** $M = M_1 + \frac{F_2}{F_{\text{کل}}} (M_2 - M_1) = 35 + \frac{25}{100} (37 - 35) = 35/5$

تست: با توجه به سه ایزوتوپ عنصر X (${}^{46}\text{X}$ ، ${}^{48}\text{X}$ و ${}^{50}\text{X}$)، اگر فراوانی ایزوتوپ سبک ۱/۵ برابر فراوانی سنگین‌ترین ایزوتوپ باشد، درصد فراوانی ایزوتوپ ${}^{48}\text{X}$ کدام است؟ (جرم اتمی میانگین عنصر X برابر ۴۷/۸ amu می‌باشد. عدد جرمی را برابر جرم اتمی در نظر بگیرید.)

(۱) $12/5$ (۲) 25 (۳) 50 (۴) 75

پاسخ: ۳ روش اول: درصد فراوانی ${}^{46}\text{X}$ و ${}^{50}\text{X}$ را به ترتیب F_1 و F_3 در نظر می‌گیریم:

$$\begin{cases} F_1 + F_2 + F_3 = 100 \\ F_1 = 1/5 F_3 \end{cases} \Rightarrow 1/5 F_3 + F_2 + F_3 = 100 \Rightarrow 2/5 F_3 + F_2 = 100$$

$$M = \frac{M_1F_1 + M_2F_2 + M_3F_3}{100} \Rightarrow 47/8 = \frac{46 \times (1/5 F_3) + 48 F_2 + 50 F_3}{100} \Rightarrow 4780 = 69 F_2 + 48 F_3 + 50 F_3 \Rightarrow 4780 = 119 F_2 + 48 F_3$$

حالا با حل یک دستگاه دو معادله، دو مجهول، F_2 (درصد فراوانی ${}^{48}\text{X}$) را می‌یابیم!

$$\begin{cases} 2/5 F_3 + F_2 = 100 \\ 119 F_2 + 48 F_3 = 4780 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -120 F_3 - 48 F_3 = -4800 \\ 119 F_2 + 48 F_3 = 4780 \end{cases} \Rightarrow -F_3 = -20 \Rightarrow F_3 = 20 \Rightarrow F_2 = 100 - 2/5 F_3 = 50$$

$$2/5 F_3 + F_2 = 100 \Rightarrow F_2 = \frac{100 - 2/5 F_3}{1} = 40 - 0/4 F_3$$

روش دوم:

$$M = M_1 + \frac{F_2}{F_{\text{کل}}} (M_2 - M_1) + \frac{F_3}{F_{\text{کل}}} (M_3 - M_1) \Rightarrow 47/8 = 46 + \frac{F_2}{100} (2) + \frac{(40 - 0/4 F_3)}{100} (4) \Rightarrow 1/8 = 0/2 F_2 + 1/6 - 0/16 F_3 \Rightarrow 0/4 F_2 = 0/2 \Rightarrow F_2 = 50$$



این بخش شامل قسمت‌های زیر است:

- شمارش ذره‌ها از روی جرم آن‌ها و مفهوم مول
- کسر تبدیل
- مسائل مول

شمارش ذره‌ها از روی جرم آن‌ها و مفهوم مول

● اتم‌ها بسیار ریز هستند، به طوری که نمی‌توان با هیچ دستگاهی و حتی با شمردن تک‌تک آن‌ها، تعداد آن‌ها را به دست آورد، اما از روی جرم یک نمونه می‌توان به شمار واحدهای موجود در آن دست یافت. مثلاً اگر ما بفزایم پروتیم که در یک کیسهٔ ۱۰ کیلویی برنج، تقریباً چند دانه برنج وجود دارد، کافی است جرم تعداد معینی از آن‌ها (مثلاً ۵۰۰ گرام) را اندازه‌گیری کنیم و با به حساب کتاب ساده، به تعداد دانه‌های برنج در کیسه برسیم. کمی جلوتر متوجه خواهیم شد که شیمی‌دان‌ها برای این‌که به جرم اتم‌ها برسند، چه کلکی زدن!

● گرم، رایج‌ترین یکای اندازه‌گیری جرم در آزمایشگاه شناخته می‌شود؛ این در حالی است که یکای جرم اتمی (amu)، یکای بسیار کوچکی برای جرم به شمار می‌آید و کار با آن در آزمایشگاه در عمل غیرممکن! بین گرم و amu رابطه‌های مقابل برقرار است:

$$1 \text{ amu} = 1/66 \times 10^{-24} \text{ g} \quad \text{یا} \quad 1 \text{ g} = 6/02 \times 10^{23} \text{ amu}$$

● برای این‌که بتوان جرم اتم‌ها را برحسب گرم بیان کرد، دانشمندان «مول» را معرفی کردند. شیمی‌دان‌ها به تعداد $6/02 \times 10^{23}$ از هر ذره (اتم، مولکول یا یون) یک مول از آن ذره می‌گویند و آن را با mol نشان می‌دهند.

۱ مول مس: $6/02 \times 10^{23}$ اتم Cu ۱ مول آب: $6/02 \times 10^{23}$ مولکول H_2O ۱ مول Na^+ : $6/02 \times 10^{23}$ یون Na^+

● به افتخار شیمی‌دان ایتالیایی، آمِدئو آووگادرو، به عدد $6/02 \times 10^{23}$ ، عدد آووگادرو گفته می‌شود و آن را با N_A نشان می‌دهند. N_A (عدد آووگادرو) $6/02 \times 10^{23}$ است. N_A معکوس جرم یک amu برحسب گرم است:

$$\frac{1}{6/02 \times 10^{23}} = 1/66 \times 10^{-24} \quad \text{یا} \quad 1 \text{ amu} = \frac{1}{N_A} \text{ g} \quad \text{یا} \quad N_A \times \text{amu} = 1$$

● جرم یک مول ذره برحسب گرم، جرم مولی نامیده می‌شود و یکای آن g.mol^{-1} است، به طور مثال وقتی می‌گوییم جرم مولی آهن، 56 g.mol^{-1} است، یعنی جرم ۱ مول یا همان $6/02 \times 10^{23}$ اتم آهن، برابر با ۵۶ گرم است.

پس فهمیدین چی شد؟! اتم بسیار کوچک است و جرم یک دونه اتم رو نمی‌شه برحسب گرم اندازه‌گیری کرد اما عدد آووگادرو اون قدر بزرگه که به راحتی می‌شه جرم یک مول اتم را برحسب گرم، بیان کرد.

❗ **توجه:** از نظر عددی، جرم مولی یک اتم با جرم اتمی آن برابر است، با این تفاوت که جرم مولی برحسب گرم بر مول بیان می‌شود:

$$12 \text{ g.mol}^{-1} = \text{جرم مولی کربن} - 12, \quad 12 \text{ amu} = \text{جرم اتمی کربن} - 12$$

تا این جا با سه واژه دربارهٔ اتم‌ها آشنا شدیم که از نظر عددی تقریباً با یکدیگر برابرند، ولی از نظر تعریف و مفهوم با هم تفاوت دارند:

ویژگی	تعریف	یکا
عدد جرمی	مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها	یکا ندارد.
جرم اتمی	جرم یک اتم برحسب یکای جرم اتمی	amu
جرم مولی	جرم یک مول اتم ($6/02 \times 10^{23}$ اتم) برحسب گرم	g.mol^{-1}

● جرم مولی یک ماده با مجموع جرم مولی اتم‌های سازندهٔ آن برابر است.

تمرین: جرم مولی $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ را به دست آورید. ($\text{Ca} = 40, \text{O} = 16, \text{N} = 14; \text{g.mol}^{-1}$)

پاسخ:

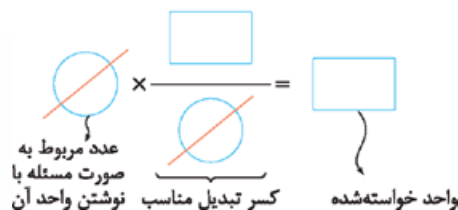
$$\text{جرم مولی } \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = 40 + 2(14) + 6(16) = 164 \text{ g.mol}^{-1}$$

کسر تبدیل

● **کسر یا عامل تبدیل**، کسری است که صورت و مخرج آن، معادل هم هستند. با ضرب کردن کسر تبدیل در مقدار داده شده در مسئله، به مقدار خواسته شده می‌رسیم؛ به طور مثال می‌دانیم که هر کیلوگرم معادل ۱۰۰۰ گرم است؛ بنابراین کسر تبدیل گرم به کیلوگرم (و یا برعکس) را می‌توان به صورت $\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}$ (یا $\frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}}$) نشان داد.

❗ **توجه:** در انتخاب کسر تبدیل مناسب، واحدی را که باید حذف شود، در مخرج کسر و واحدی

را که می‌خواهیم ایجاد شود (واحد خواسته شده)، در صورت کسر می‌نویسیم.



تمرین: هر ۰.۲۵ گرم معادل چند کیلوگرم است؟

پاسخ:

$$\underbrace{0.25 \text{ g}}_{\text{مقدار داده شده}} \times \underbrace{\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}}_{\text{کسر تبدیل}} = \underbrace{2.5 \times 10^{-4} \text{ kg}}_{\text{مقدار خواسته شده}}$$

در برخی از مسائل ممکن است برای رسیدن به کمیت مورد نظر، چند کسر تبدیل نیاز باشد. در این مواقع می توانیم کسر تبدیل های مناسب را پشت سر هم بنویسیم. با حل تمرین بعدی همه چی دستتون میاره:

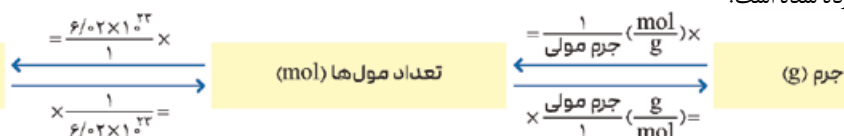
تمرین: هر ۰.۴ کیلوگرم معادل چند میلی گرم است؟

پاسخ: ابتدا کیلوگرم را با کسر تبدیل $\frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}}$ ، به گرم تبدیل کرده، سپس از کسر تبدیل $\frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}}$ برای تبدیل گرم به میلی گرم استفاده می کنیم:

$$\underbrace{0.4 \text{ kg}}_{\text{داده مسئله}} \times \underbrace{\frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}}}_{\text{کسر تبدیل (۱)}} \times \underbrace{\frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}}}_{\text{کسر تبدیل (۲)}} = \underbrace{4 \times 10^5 \text{ mg}}_{\text{خواسته مسئله}}$$

مسائل مول

دیدیم که هر مول ذره برابر با 6.02×10^{23} ذره می باشد. از طرفی جرم مولی یک ماده، برابر با جرم یک مول ماده برحسب گرم است؛ بنابراین می توان از عدد آووگادرو برای تبدیل مول به تعداد ذره ها (و یا برعکس) و از جرم مولی برای تبدیل تعداد مول به جرم (و یا برعکس) استفاده کرد. در طرح زیر، کسر تبدیل مربوط به هر یک از این موارد آورده شده است:



اول به سؤال ساده حل می کنیم:

تمرین: به سؤالات زیر پاسخ دهید.

آ، در ۰.۲ مول آب، چه تعداد مولکول H_2O وجود دارد؟

پاسخ: ما می دانیم یک مول آب شامل 6.02×10^{23} مولکول آب است؛ پس خواهیم داشت:

$$0.2 \text{ mol H}_2\text{O} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 1.204 \times 10^{23} \text{ H}_2\text{O}$$

اول جرم مولی آب را حساب می کنیم:

$$\text{جرم مولی H}_2\text{O}: 2(1) + 16 = 18 \text{ g.mol}^{-1} \Rightarrow \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} \quad \text{و} \quad \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \Rightarrow 0.3 \text{ mol H}_2\text{O}$$

فالا برای بعضی از سؤال ها به دو یا چند کسر تبدیل نیاز داریم. بریم ببینیم چه پوری باید با این مسائل برخورد کرد.

تست: چند گرم جرم دارد؟ ($\text{Cu} = 64 \text{ g.mol}^{-1}$) 9.03×10^{23} اتم مس، چند گرم جرم دارد؟

$$112(4) \quad 96(3) \quad 48(2) \quad 32(1)$$

پاسخ: اول باید تعداد اتم ها را به کمک عدد آووگادرو به مول و سپس به کمک جرم مولی، مول را به جرم برحسب گرم تبدیل کنیم:

$$9.03 \times 10^{23} \text{ Cu اتم} \times \frac{1 \text{ mol Cu}}{6.02 \times 10^{23} \text{ Cu اتم}} \times \frac{64 \text{ g Cu}}{1 \text{ mol Cu}} = 96 \text{ g Cu}$$

هدف برخی مسائل، مقایسه تعداد اتم ها یا تعداد مولکول های دو ماده است. در این گونه مسائل، چون نمی خواهیم به طور دقیق تعداد ذره ها را حساب کنیم، به جای عدد 6.02×10^{23} ، N_A قرار می دهیم تا از شر محاسبات راحت شیم! با حل دو تست بعد به طور کامل متوجه خواهید شد.

تست: تعداد اتم های موجود در ۲/۸ گرم آهن، چند برابر تعداد اتم های موجود در ۳/۶ گرم منیزیم است؟ ($\text{Fe} = 56, \text{Mg} = 24 \text{ g.mol}^{-1}$)

$$1(4) \quad \frac{1}{4}(3) \quad \frac{1}{3}(2) \quad \frac{1}{2}(1)$$

پاسخ: تعداد اتم های هر کدام را برحسب عدد آووگادرو حساب می کنیم:

$$\left. \begin{aligned} \text{آهن: } 2/8 \text{ g Fe} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{56 \text{ g Fe}} \times \frac{N_A \text{ اتم}}{1 \text{ mol Fe}} &= \frac{1}{20} N_A \\ \text{منیزیم: } 3/6 \text{ g Mg} \times \frac{1 \text{ mol Mg}}{24 \text{ g Mg}} \times \frac{N_A \text{ اتم}}{1 \text{ mol Mg}} &= \frac{3}{20} N_A \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\text{تعداد اتم های آهن}}{\text{تعداد اتم های منیزیم}} = \frac{\frac{1}{20} N_A}{\frac{3}{20} N_A} = \frac{1}{3}$$

توجه: ما در برخی سؤال ها با اتم (های) یک مولکول سروکار داریم! به طور مثال به جای این که تعداد مولکول های آب در ۳/۶ گرم آب را از ما بپویند، تعداد کل اتم ها یا تعداد اتم های هیدروژن در ۳/۶ گرم آب، خواسته می شود. در این مواقع، به یک کسر تبدیل دیگر هم نیاز داریم که با هاش بین مولکول و یا ماده مورد نظر با اتم (های) خواسته شده، ارتباط برقرار کنیم. این کسر تبدیل به راحتی با یه نگاه به فرمول ماده به دست می آید. به طور مثال با توجه به فرمول آب، می توان نوشت:



$$3 \text{ اتم } \frac{1 \text{ مولکول } H_2O}{3 \text{ اتم}} \Rightarrow \frac{1 \text{ مولکول } H_2O}{3 \text{ اتم}} \text{ یا } \frac{3 \text{ اتم}}{1 \text{ مولکول } H_2O}$$

به جای نسبت‌های قبل، می‌توان از نسبت مولی هم استفاده کرد؛ به طور مثال می‌توان گفت در هر مول آب، ۲ مول اتم هیدروژن وجود دارد:
 حالا بایید حساب کنیم در ۳/۶ گرم آب (با جرم مولی 18 g.mol^{-1})، چند اتم هیدروژن وجود دارد:

$$3/6 \text{ g } H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 \text{ g } H_2O} \times \frac{2 \text{ mol H}}{1 \text{ mol } H_2O} \times \frac{1 \text{ اتم H}}{1 \text{ mol H}} = 2/4 \times 10^{23} \text{ اتم H}$$

$\frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 \text{ g } H_2O}$ کسر تبدیل جرم آب به مول آب
 $\frac{2 \text{ mol H}}{1 \text{ mol } H_2O}$ کسر تبدیل مول آب به مول هیدروژن
 $\frac{1 \text{ اتم H}}{1 \text{ mol H}}$ کسر تبدیل مول هیدروژن به تعداد اتم هیدروژن

تست: شمار اتم‌های هیدروژن موجود در چند گرم CH_3OH با شمار اتم‌های موجود در ۱/۲۸ گرم گاز اکسیژن برابر است؟ ($O = 16, C = 12, H = 1: \text{g.mol}^{-1}$)

۰/۱۶ (۱) ۰/۳۲ (۲) ۰/۴۸ (۳) ۰/۶۴ (۴)

پاسخ: ابتدا شمار اتم‌های موجود در ۱/۲۸ گرم گاز اکسیژن را حساب می‌کنیم. دقت کنید که گاز اکسیژن به صورت مولکول‌های دواتمی O_2 است.

$$O_2 \text{ جرم مولی } = 2 \times 16 = 32 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$1/28 \text{ g } O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32 \text{ g } O_2} \times \frac{2 \text{ mol O}}{1 \text{ mol } O_2} \times \frac{N_A \text{ اتم O}}{1 \text{ mol O}} = 0.08 N_A \text{ اتم O}$$

حالا باید ببینیم در چند گرم CH_3OH ، $0.08 N_A$ اتم H موجود است. در هر ۱ مول CH_3OH ، ۴ مول اتم H وجود دارد؛ به این ترتیب می‌توان نوشت:

$$CH_3OH \text{ جرم مولی } = 12 + 4(1) + 16 = 32 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$0.08 N_A \text{ اتم H} \times \frac{1 \text{ mol H}}{N_A \text{ اتم H}} \times \frac{1 \text{ mol } CH_3OH}{4 \text{ mol H}} \times \frac{32 \text{ g } CH_3OH}{1 \text{ mol } CH_3OH} = 0.64 \text{ g } CH_3OH$$

روش کسر تناسب در حل مسائل مول

با توجه به تعریف مول، عدد آووگادرو و جرم مولی، می‌توان روابط مقابل را برای مول نوشت:

به جای نوشتن کسرهای تبدیل، می‌توان از این فرمول‌ها نیز استفاده کرد؛ مثلاً فرض کنید می‌خواهیم شمار مولکول‌های آب در ۱/۸ گرم آن را حساب کنیم:

$$\frac{\text{جرم}}{\text{عدد آووگادرو}} = \frac{\text{تعداد ذره}}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{1/8}{18} = \frac{x}{6.02 \times 10^{23}} \Rightarrow x = 6.02 \times 10^{22}$$

برای این‌که در مسائل مول سریع‌تر به سرمنزل مقصود برسید، می‌توانید در مخرج کسرهای اصلی فرمول مول، «ضریب» را هم اضافه کنید. اگر از واحد سازنده خود ماده صحبت شده بود، «ضریب» را برابر ۱ قرار می‌دهیم، ولی اگر در مورد یک اتم یا مجموع تعداد اتم‌ها در ماده صحبت شده بود، به جای «ضریب» همان تعداد اتم (ها)ی مورد نظر در فرمول ماده را قرار می‌دهیم.

$$\frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{تعداد ذره}}{\text{عدد آووگادرو} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{تعداد مول}}{\text{ضریب}}$$

تست: در چند گرم کربن دی‌اکسید، $3/01 \times 10^{23}$ اتم اکسیژن وجود دارد؟ ($O = 16, C = 12: \text{g.mol}^{-1}$)

۱۱ (۳) ۴/۴ (۲) ۴۴ (۴) ۱/۱ (۱)

پاسخ: با توجه به فرمول کربن دی‌اکسید (CO_2)، می‌توان گفت در هر مول CO_2 ، ۲ مول O وجود دارد؛ بنابراین می‌توان هم‌ارزی مقابل را نوشت:
 $CO_2 \text{ ضریب O} \sim 2 \text{ O}$
 $CO_2 \text{ ضریب C} \sim 1 \text{ C}$

$$\frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{تعداد اتم}}{\text{عدد آووگادرو} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x}{1 \times 44} = \frac{3/01 \times 10^{23}}{2 \times 6.02 \times 10^{23}} \Rightarrow x = \frac{44}{40} = 1.1 \text{ g}$$

تست: در مخلوطی به جرم ۲۱ گرم از متان (CH_4) و کربن دی‌اکسید (CO_2)، $1/50 \times 10^{24}$ اتم هیدروژن وجود دارد. چند مول کربن در این مخلوط وجود دارد؟

($O = 16, C = 12, H = 1: \text{g.mol}^{-1}$)

۰/۲۵ (۱) ۰/۵ (۲) ۰/۶۲۵ (۳) ۰/۸۷۵ (۴)

پاسخ: اتم هیدروژن فقط در ساختار متان وجود دارد؛ بنابراین به کمک شمار اتم‌های هیدروژن، می‌توانیم جرم متان در مخلوط را به دست آوریم:

$$\frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{تعداد اتم}}{\text{عدد آووگادرو} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x}{1 \times 16} = \frac{1/50 \times 10^{24}}{4 \times 6.02 \times 10^{23}} \Rightarrow x = 1.0 \text{ g } CH_4$$

$$\Rightarrow CO_2 \text{ جرم کل مخلوط} - CH_4 \text{ جرم} = 21 - 1.0 = 19.9 \text{ g}$$

در هر مول CH_4 ، ۱ مول C و در هر مول CO_2 نیز ۱ مول C وجود دارد؛ بنابراین شمار مول‌های C در مخلوط با مجموع شمار مول‌های متان و کربن دی‌اکسید برابر است:

$$C \text{ مول} = CH_4 \text{ مول} + CO_2 \text{ مول} = \frac{1.0}{16} + \frac{19.9}{44} = 0.625 + 0.45 = 0.875$$



بخش چهارم: (صفحه ۱۹ تا ۲۷ کتاب درسی)

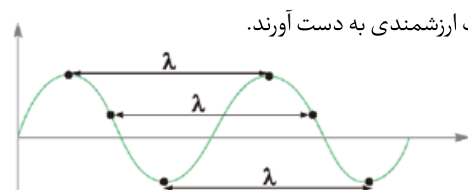
شماره تست‌های مرتبط در جلد اول
تست‌های ۱۴۰ تا ۱۷۱

این بخش شامل قسمت‌های زیر است:

- نور، کلید شناخت جهان
- طیف نشری خطی عنصرها
- ساختار اتم
- طیف نشری خطی هیدروژن

نور، کلید شناخت جهان

● از اون‌هایی که خورشید و دیگر اجرام آسمانی از ما بسیار دور هستند، ویژگی‌های آن‌ها را نمی‌توان به طور مستقیم اندازه‌گیری کرد. هم‌چنین دمای اجسام بسیار داغ را نمی‌توان با ابزاری مانند دماسنج تعیین کرد؛ زیرا دماسنج‌ها در دماهای بالا ذوب می‌شوند. این جاست که نور می‌تواند فریادِ ما باشد. نوری که از ستاره یا سیاره‌ای به ما می‌رسد، نشان می‌دهد که آن ستاره یا سیاره از چه ساخته شده یا دمای آن چه قدر است.



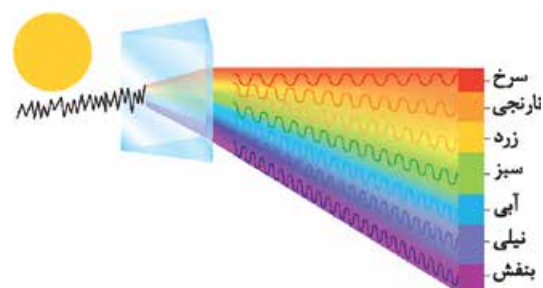
● دانشمندان با استفاده از دستگاهی به نام طیف‌سنج، می‌توانند از نورهای نشرشده از مواد گوناگون، اطلاعات ارزشمندی به دست آورند.

● نور، شکلی از انرژی است که به صورت موج منتشر می‌شود. یکی از ویژگی‌های موج، طول موج (λ) است. به فاصله دو قله و یا دو دره متوالی (به طور کلی دو نقطه مشابه متوالی)، طول موج می‌گویند.

● طول موج یک پرتو با انرژی آن، رابطه وارونه دارد؛ یعنی هر چه طول موج یک پرتو کوتاه‌تر باشد، انرژی آن پرتو بیشتر است (انرژی بیشتری با خود حمل می‌کند).

● مطابق شکل روبه‌رو، نور خورشید با عبور از قطره‌های آب موجود در هوا یا هنگام عبور از منشور، تجزیه شده و گستره‌ای پیوسته از رنگ‌ها را ایجاد می‌کند. این گستره رنگی شامل **بن‌نهایت** طول موج (نه ۷ طول موج!) از رنگ‌های گوناگون است، اما چشم ما تنها می‌تواند گستره محدودی از نور خورشید را ببیند که به آن **گستره مرئی** می‌گویند.

سرخ < نارنجی < زرد < سبز < آبی < نیلی < بنفش: مقایسه طول موج نور مرئی
سرخ > نارنجی > زرد > سبز > آبی > نیلی > بنفش: مقایسه انرژی نور مرئی



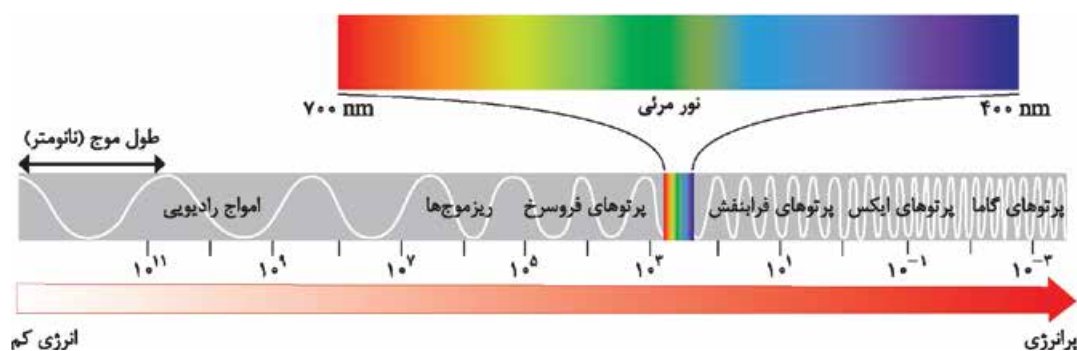
نکته: بین میزان (زاویه) شکست و انحراف یک پرتو مرئی در عبور از منشور، با طول موج آن، رابطه وارونه وجود دارد؛ به طوری که هر چه طول موج پرتو تابیده‌شده به منشور کوتاه‌تر باشد، میزان شکست آن هنگام عبور از منشور بیشتر است.

سرخ > نارنجی > زرد > سبز > آبی > نیلی > بنفش: میزان انحراف پرتو با رنگ‌های مختلف

طول موج پرتو کوتاه‌تر یا انرژی آن بیشتر ← زاویه شکست (انحراف) پرتو با عبور از منشور، بیشتر

● نور مرئی فقط بخش کوچکی از گستره پرتوهای الکترومغناطیس است. همان‌طور که در شکل می‌بینید، نور مرئی گستره محدودی با طول موج ۴۰۰ نانومتر (رنگ بنفش) تا ۷۰۰ نانومتر (رنگ سرخ) را شامل می‌شود.

نانومتر (nm) معادل 10^{-9} متر است؛ بنابراین $400 \text{ nm} = 400 \times 10^{-9} \text{ m} = 4 \times 10^{-7} \text{ m}$ و $700 \text{ nm} = 700 \times 10^{-9} \text{ m} = 7 \times 10^{-7} \text{ m}$



امواج رادیویی < ریزموج‌ها < پرتوهای فروسرخ < نور مرئی < پرتوهای فرابنفش < پرتوهای ایکس (X) < پرتوهای گاما: مقایسه طول موج
امواج رادیویی > ریزموج‌ها > پرتوهای فروسرخ > نور مرئی > پرتوهای فرابنفش > پرتوهای ایکس (X) > پرتوهای گاما: مقایسه انرژی

(تجربی ۱۴۰۱-کنکور مجدد)

تست: چند مورد از مطالب زیر، درست است؟

- انرژی نور زرد از انرژی نور بنفش، بیشتر است.
 - انرژی نور، با طول موج آن نسبت وارونه دارد.
 - طول موج نور قرمز از طول موج نور آبی، بزرگ‌تر است.
 - نور خورشید، از جنس پرتوهای الکترومغناطیسی است.
- یک (۱) دو (۲) سه (۳) چهار (۴)

پاسخ: ۳ به جز عبارت دوم، بقیه عبارت‌ها درست‌اند. نور زرد طول موج بلندتری نسبت به نور بنفش دارد و انرژی آن کم‌تر است.