

برای این که بفهمیم «عنصرها چگونه پدید آمدند؟» بررسی نوع و مقدار عنصرهای سازنده برخی سیاره‌های سامانه خورشیدی و مقایسه آن با عنصرهای سازنده خورشید می‌تونه به عالمه بهمون کمک کنه!

یادآوری: در علوم نهم خواندیم که سیاره‌های منظومه شمسی به طور کلی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

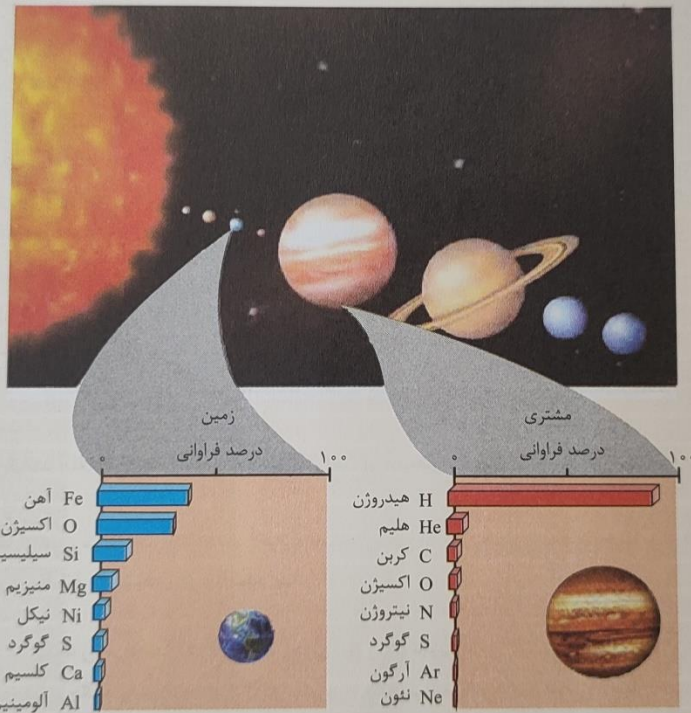
۱. سیاره‌های سنگی (درونی): این سیاره‌ها که بیشتر از جنس سنگ هستند، شامل تیر (عطارد)، ناهید (زهره)، زمین و مریخ می‌باشند.

۲. سیاره‌های گازی (بیرونی): این سیاره‌ها که بیشتر از جنس گاز هستند، شامل مشتری، زحل، اورانوس و نپتون می‌باشند.

از آن‌جا که فضاپیماهای وویجر مأموریت داشتند که سیاره‌های مشتری، زحل، اورانوس و نپتون را تلافیه اطلاعاتی کنند می‌توان نتیجه گرفت که مأموریت آن‌ها، عبور از سیاره‌های گازی و کشف رمز و راز آن‌هاست.

نکته: اگر به شکل صفحه ۳ کتاب درسی نگاهی بیندازیم، خواهیم فهمید که مشتری نسبت به زمین از خورشید دورتر است.^۱

فب! حالا بریم سراغ نکته‌هایی که از این شکل در مورد مشتری و زمین دستگیرمون می‌شه!



۱. مشتری، بزرگ‌ترین سیاره منظومه خورشیدی است؛ در حالی که زمین با اختلاف! رتبه پنجم را از آن خود کرده است.

۲. مشتری، جزو سیاره‌های گازی است (بیشتر از جنس گاز می‌باشد)؛ در حالی که زمین جزو سیاره‌های سنگی است (بیشتر از جنس سنگ می‌باشد).

۳. فراوان‌ترین عنصر موجود در مشتری، هیدروژن و فراوان‌ترین عنصر موجود در زمین، آهن است.

۴. 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 است؛ در حالی که گوگرد در هر دو سیاره به مقام ششم نائل شده است!

۵. در مشتری که یک سیاره گازی است، هیچ عنصر فلزی وجود ندارد.

۶. درصد فراوانی همه عناصر سازنده زمین کم‌تر از ۵۰٪ است؛ در حالی که درصد فراوانی یک عنصر (یعنی هیدروژن) در مشتری بیش از ۵۰٪ (حدود ۹۰٪) است.

۷) در میان ۸ عنصر اصلی سازنده مشتری، نئون (Ne) و در بین ۸ عنصر اصلی سازنده زمین، آلومینیم (Al) کمترین فراوانی را دارد:

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

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

توجه: به جز عنصرهای نشان داده شده در شکل، عنصرهای دیگری از جمله سدیم، منگنز و ... نیز در زمین یافت می‌شوند.

نکته: با توجه به مقایسه نوع و میزان فراوانی عناصر در دو سیاره زمین و مشتری و یافته‌هایی از این دست، می‌توان نتیجه گرفت که عناصر به صورت ناهمگون در جهان هستی توزیع شده‌اند.

۳

قاپی پاتی نکنین!

از شکل صفحه ۳ کتاب درسی دریافتیم که آهن و اکسیژن به ترتیب فراوان‌ترین عنصرهای موجود در کره زمین و نیز هیدروژن و هلیوم به ترتیب فراوان‌ترین عنصرهای موجود در سیاره مشتری هستند. از طرفی در صفحه ۷۶ کتاب درسی خواهید خواند که هیدروژن فراوان‌ترین عنصر موجود در جهان است.

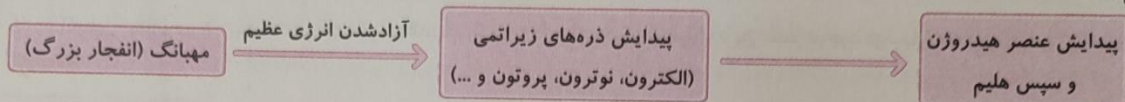
به منظور جلوگیری از قاپی پاتی کردن! با هم ببینیم:

آهن	هیدروژن	هلیوم	اکسیژن	
☒	☐	☐	☐	فراوان‌ترین عنصر موجود در کره زمین کدام است؟
☐	☐	☐	☒	فراوان‌ترین نافلز موجود در کره زمین کدام است؟
☐	☒	☐	☐	فراوان‌ترین عنصر موجود در جهان کدام است؟
☐	☐	☐	☒	دومین عنصر فراوان کره زمین کدام است؟
☐	☒	☐	☐	فراوان‌ترین عنصر موجود در سیاره مشتری کدام است؟
☐	☐	☒	☐	دومین عنصر فراوان سیاره مشتری کدام است؟

و در آخر بدانید و آگاه باشید! که شکل صفحه ۳ کتاب درسی، فراوانی عناصر در کره زمین (یعنی شامل پوسته، گوشته و هسته) را نشان می‌دهد که در این حالت آهن فراوان‌ترین عنصر است؛ اما همان‌طور که در علوم سال نهم خواندید، فراوان‌ترین عنصر موجود در پوسته زمین، اکسیژن می‌باشد.

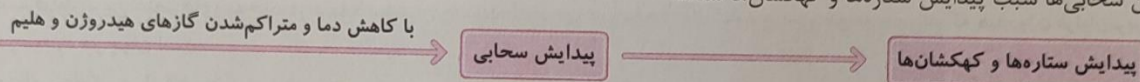
روند پیدایش عنصرها

برخی از دانشمندان معتقدند که سرآغاز جهان هستی (کیهان) با انفجار فُفنی همراه بوده که طی آن انرژی زیادی آزاد شده است. این نظریه انفجار بزرگ، نظریه مهبانگ (یا همون Big Bang فُدمون!) نامیده می‌شود. با این انفجار، ذره‌های زیراتمی مانند الکترون، نوترون و پروتون تشکیل شدند و پس از مدتی کوتاه، ابتدا عنصر هیدروژن و سپس هلیوم پش به جهان گشودند!



و اما ادامه ما را!

با گذشت زمان و کاهش دما، گازهای هیدروژن و هلیوم تولید شده، متراکم شده و مجموعه‌های گازی به نام سحابی^۱ را ایجاد کردند. بعدها این سحابی‌ها سبب پیدایش ستاره‌ها و کهکشان‌ها شدند.

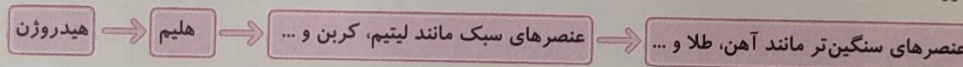


درون ستاره‌ها همانند خورشید، در دماهای بسیار بالا، واکنش‌هایی به نام واکنش‌های هسته‌ای رخ می‌دهد. در این واکنش‌ها از عنصرهای سبک‌تر، عنصرهای سنگین‌تر پدید می‌آید.

با انجام واکنش‌های هسته‌ای درون ستاره‌ها، ابتدا عنصرهای سبک مانند لیتیم، کربن و ... ایجاد می‌شود و در مرحله بعد طی واکنش‌های هسته‌ای دیگر، از این عنصرهای سبک، عنصرهای سنگین‌تر مانند آهن، طلا و ... به وجود می‌آید.

نکته: ستاره‌ها مثل ما آدم‌ها! متولد می‌شوند، رشد می‌کنند و زمانی می‌میرند. مرگ ستاره اغلب با یک انفجار بزرگ همراه است که باعث می‌شود عنصرهای تشکیل شده در آن، در فضا پخش و پلا شوند! به همین دلیل می‌توان ستارگان را کارخانه تولید عنصرها دانست.

نتیجه‌گیری: روند تشکیل عنصرها در جهان را می‌توان مفصل و مفید! به صورت زیر نشان داد:



۵

تقابل واکنش‌های شیمیایی و هسته‌ای

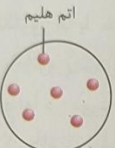
در علوم سال‌های پیش، کم‌وبیش! با واکنش‌های شیمیایی آشنا شدید. در این واکنش‌ها که الکترون‌های اتم‌ها نقش اساسی دارند، ماهیت اتم‌ها تغییر نمی‌کند. به طور مثال معادله $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ، واکنش سوختن متان را نشان می‌دهد. همان‌طور که می‌بینید در این واکنش اتمی از بین نمی‌رود و به وجود هم نمی‌آید، بلکه پس از انجام واکنش، اتم‌ها به شیوه‌های دیگری به هم متصل می‌شوند و مواد جدیدی را به وجود می‌آورند.^۲ اما در واکنش‌های هسته‌ای، همان‌طور که از اسمشون مشفیه، هسته اتم‌ها دچار تغییر شده و به هسته اتم(های) دیگر تبدیل می‌شود؛ یعنی شمار نوترون‌ها و پروتون‌های هسته، دستخوش تغییر می‌شود. این واکنش‌ها در شرایط خاص و در دماهای بالا انجام می‌شوند.

نکته: خورشید نزدیک‌ترین ستاره به زمین است که دمای بسیار بالایی دارد. انرژی گرمایی و نور خیره‌کننده خورشید قائم! به دلیل تبدیل هیدروژن به هلیوم در واکنش‌های هسته‌ای است.^۳ در جدول صفحه بعد برخی از تفاوت‌های واکنش‌های شیمیایی و هسته‌ای رو براتون آوردم. مهم‌ترین تفاوتی که شما طبق کتاب درسی باید بلد باشین اینه که انرژی آزاد شده در واکنش‌های هسته‌ای، خیلی خیلی بیشتر از انرژی مبادله شده در واکنش‌های شیمیایی است به طوری که انرژی آزاد شده در واکنش‌های هسته‌ای می‌تواند صدها میلیون تن فولاد را ذوب کند.

واکنش‌های هسته‌ای		واکنش‌های شیمیایی	
پروتون‌ها، نوترون‌ها و الکترون‌ها می‌توانند در آن نقش داشته باشند.		فقط الکترون‌ها در آن نقش دارند.	
انرژی آزادشده در آن‌ها زیاد است.		مقدار انرژی مبادله‌شده در آن‌ها (در مقایسه با واکنش‌های هسته‌ای) کم است.	
اتم‌های یک عنصر اغلب به اتم‌های یک عنصر دیگر تبدیل می‌شوند.		ماهیت اتم‌ها در آن‌ها ثابت است.	
قانون پایستگی جرم و قانون پایستگی انرژی به تنهایی برقرار نیستند بلکه قانون پایستگی جرم و انرژی (مجموع جرم و انرژی) برقرار است.		قانون پایستگی جرم و قانون پایستگی انرژی، هر کدام به تنهایی برقرارند.	
در معادله این واکنش‌ها، هسته‌ها با نمادهای شیمیایی به همراه عدد اتمی و عدد جرمی نشان داده می‌شوند:		در معادله این واکنش‌ها، نماد شیمیایی عنصرها یا فرمول شیمیایی مواد بدون عدد اتمی و عدد جرمی آن‌ها نشان داده می‌شود:	
${}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$		$\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	

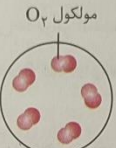
عدد اتمی و عدد جرمی

همان‌طور که می‌دانید عنصر شکل خاصی از ماده است که از یک نوع اتم تشکیل شده است. عنصرها می‌توانند تک‌اتمی (مانند هلیوم، He)، دواتمی (مانند گاز اکسیژن، O_2)، چنداتمی (مانند فسفر، P_4) و یا به صورت اجتماعی از اتم‌های یکسان قرار گرفته کنار هم (مانند فلز منیزیم، Mg) باشند.



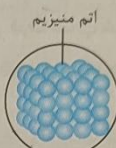
اتم هلیوم

نمونه‌ای از عنصر هلیوم



مولکول O_2

نمونه‌ای از عنصر O_2

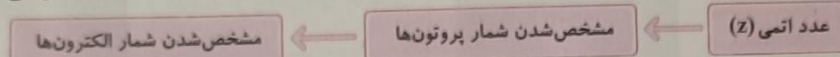


اتم منیزیم

نمونه‌ای از عنصر منیزیم

یادآوری: اگر یک ماده خالص از دو یا چند نوع اتم تشکیل شده باشد به آن ترکیب می‌گویند. مانند آب (H_2O) که از دو نوع اتم اکسیژن (O) و هیدروژن (H) تشکیل شده است. **مواستون باشد** که مولکول‌ها از اتصال اتم‌ها تشکیل می‌شوند؛ بنابراین مولکول‌ها می‌توانند هم به صورت عنصر (مانند O_2 ، P_4 و ...) و هم به صورت ترکیب (مانند H_2O ، CH_4 و ...) باشند.
 حالا بریم سراغ چند نکته:

۱) شمار پروتون‌های هسته اتم هر عنصر را، عدد اتمی آن می‌گویند. از آن‌جا که اتم، ذره‌ای خنثی است، پس همگام قبول دارند که شمار پروتون‌های یک اتم باید با شمار الکترون‌های آن برابر باشد؛ در نتیجه عدد اتمی، شمار الکترون‌ها در اتم را هم تعیین می‌کند.



توجه: عدد اتمی همه اتم‌های یک عنصر ثابت است. در نتیجه با کمک عدد اتمی، می‌توان نوع عنصر را تعیین کرد؛ به طور مثال عدد اتمی ۶ فقط و فقط! مختص کربن (C) است و لاغیرا.

۲) به مجموع شمار پروتون‌ها و نوترون‌های یک اتم، عدد جرمی گفته می‌شود و آن را با نماد A نشان می‌دهند.

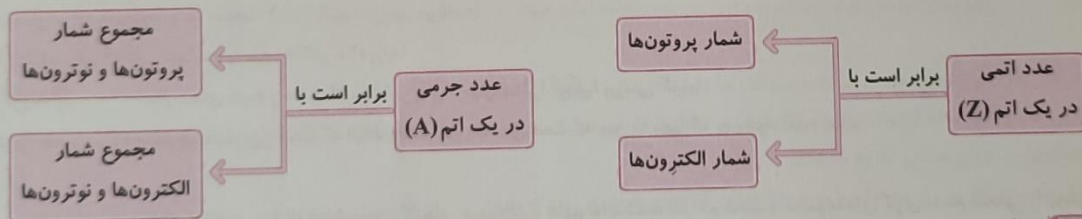
$$A = Z + N$$

↓ عدد جرمی ↓ عدد اتمی ↓ شمار
 نوترون‌ها (شمار پروتون‌ها)

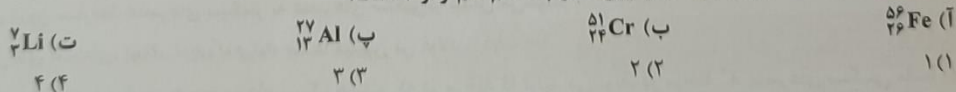
نکته: شیمی‌دان‌ها برای نشان دادن عدد اتمی (Z) و عدد جرمی (A) اتم‌ها به این صورت عمل می‌کنند: (نماد E، حرف نخست واژه Element به معنای عنصر است).



در یک اتم خنثی شمار الکترون‌ها با شمار پروتون‌ها برابر است؛ بنابراین به راحتی می‌توان گفت که عدد جرمی نشان‌دهنده مجموع شمار الکترون‌ها و نوترون‌های اتم هم هست.



تمرین ۱) تفاوت شمار پروتون‌ها و نوترون‌ها در چند اتم، کم‌تر از ۴ است؟



جواب: گزینه «۳» با هم ببینیم:

مورد	عنصر	شمار پروتون‌ها	شمار نوترون‌ها	تفاوت شمار پروتون‌ها و نوترون‌ها
آ	${}^{56}_{26}Fe$	۲۶	$56 - 26 = 30$	$30 - 26 = 4$
ب	${}^{51}_{24}Cr$	۲۴	$51 - 24 = 27$	$27 - 24 = 3$
پ	${}^{27}_{13}Al$	۱۳	$27 - 13 = 14$	$14 - 13 = 1$
ت	7_3Li	۳	$7 - 3 = 4$	$4 - 3 = 1$

توجه: گفتیم که در اتم خنثی، شمار الکترون‌ها با شمار پروتون‌ها برابر است؛ اما وقتی طرف حساب شما یک یون باشد، اوضاع فرق می‌کند!

یچهارمراغب‌باشین! شمار پروتون‌ها و نوترون‌ها در اتم‌ها و یون‌های مربوط به آن‌ها هیچ فرقی با هم نمی‌کند؛ زیرا اجزای سازنده هسته به این سادگی‌ها از اتم کنده نمی‌شوند و اما در مورد الکترون‌ها:

ا) اگر با یون‌های مثبت مثل X^{2+} سروکار داشته باشیم، در این یون‌ها به تعداد بار مثبت، از شمار الکترون‌ها کم شده است. (یعنی شمار الکترون‌های یون‌های مثبت به تعداد بار مثبتشان از اتم خنثی خود کم‌تر است.)

تمرین ۲: اگر Hg^{2+} دارای ۱۲۱ نوترون و ۷۸ الکترون باشد، عدد اتمی و عدد جرمی آن به ترتیب کدامند؟ (اعداد را از راست به چپ بخوانید).

(۱) ۷۶ و ۱۹۷ (۲) ۸۰ و ۲۰۱ (۳) ۷۶ و ۲۰۱ (۴) ۸۰ و ۱۹۷

جواب: گزینه «۲» یون Hg^{2+} با از دست دادن ۲ الکترون نسبت به اتم Hg به وجود آمده است، بنابراین اتم Hg ، ۲ الکترون بیشتر از یون Hg^{2+} دارد یعنی ۸۰ تا!

$۷۸ + ۲ = ۸۰ = \text{شمار الکترون ها} = \text{شمار پروتون ها (عدد اتمی)}$ ، در اتم خنثی

$A = ۸۰ + ۱۲۱ = ۲۰۱ \Rightarrow \text{شمار نوترون ها (N)} + \text{شمار پروتون ها (Z)} = \text{عدد جرمی (A)}$

از اونجایی که شمار پروتون ها و نوترون ها در اتم ها و یون های مربوط به آن ها هیچ فرقی با هم نمی کند عدد اتمی (Z) و عدد جرمی (A) اتم Hg با یون Hg^{2+} یکی است.

(ب) اگر با یون های منفی مثل Y^{3-} سروکار داشته باشیم، در این یون ها به تعداد بار منفی، به شمار الکترون ها اضافه شده است. (یعنی شمار الکترون های یون های منفی به تعداد بار منفی شان از اتم خنثی خود بیشتر است.)

تمرین ۳: اگر یون X^- دارای ۵۳ پروتون بوده و عدد جرمی آن برابر با ۱۲۷ باشد، تفاوت شمار نوترون ها و الکترون های این یون کدام است؟

(۱) ۲۰ (۲) ۲۱ (۳) ۷۳ (۴) ۷۴

جواب: گزینه «۱» اول از همه شمار نوترون های این یون را می‌ساییم:

$$A = Z + N \Rightarrow ۱۲۷ = ۵۳ + N \Rightarrow N = ۷۴$$

در اتم X ، ۵۳ پروتون و در نتیجه ۵۳ الکترون وجود دارد؛ بنابراین در یون X^- شمار الکترون ها یک عدد بیشتر از شمار الکترون ها در اتم X است؛ $۷۴ - ۵۴ = ۲۰ = \text{تفاوت شمار نوترون ها و الکترون ها}$ یعنی ۵۴ تا.

دوره های زیراتمی در گونه های چنداتمی

برای به دست آوردن شمار ذره های زیراتمی در گونه های بدون بار که شامل دو یا چند اتم هستند، کافیست شمار ذرات زیراتمی هر یک از اتم ها را با هم جمع کنیم.

تمرین ۱: شمار الکترون ها، پروتون ها و نوترون ها را در H_2O به دست آورید. (^1_1H , $^{16}_8\text{O}$)

جواب: H_2O شامل دو اتم H (شامل ۱ پروتون، ۱ الکترون و ۰ نوترون) و یک اتم O (شامل ۸ پروتون، ۸ الکترون و ۸ نوترون) است؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\text{شمار پروتون های } \text{H}_2\text{O}: ۲(۱) + ۸ = ۱۰$$

$$\text{شمار الکترون های } \text{H}_2\text{O}: ۲(۱) + ۸ = ۱۰$$

$$\text{شمار نوترون های } \text{H}_2\text{O}: ۲(۰) + ۸ = ۸$$

یادآوری: از آنجا که H_2O گونه ای خنثی است، پس شمار الکترون های آن با شمار پروتون های آن برابر است.

قبلاً گفتیم که شمار پروتون ها و نوترون ها در اتم ها و یون های مربوط به آن ها با هم برابر است و برای محاسبه شمار الکترون ها در یون های مثبت، به تعداد بار مثبت از شمار الکترون ها در اتم خنثی کم و برای یون های منفی، به تعداد بار منفی، به شمار الکترون ها در اتم خنثی اضافه می شود. در یون های چنداتمی (یونی که از دو یا چند اتم تشکیل شده) هم این قضیه صادق است.

توجه: با یون های چنداتمی به طور کامل در فصل سوم آشنا خواهیم شد. در آنجا خواهیم خواند که بار یک یون چنداتمی به اتم خاصی تعلق ندارد بلکه متعلق به کل مجموعه است.

تمرین ۲: شمار الکترون ها در CO_3^{2-} و H_3O^+ را به دست آورید. (^1_1H , $^{12}_6\text{C}$, $^{16}_8\text{O}$)

جواب:

$$\text{شمار الکترون ها در } \text{CO}_3^{2-}: [۶ + (۳ \times ۸)] + ۲ = ۳۲$$

$\downarrow$ $\downarrow$ $\downarrow$
 C اتم ۱ O اتم ۳ بار یون ۲

$$\text{شمار الکترون ها در } \text{H}_3\text{O}^+: [۲(۱) + ۸] - ۱ = ۱۰$$

$\downarrow$ $\downarrow$ $\downarrow$
 H اتم ۳ O اتم ۱ بار یون ۱

حالت دوم:

$$e - N = 2 \Rightarrow (Z + 3) - N = 2 \Rightarrow Z + 3 - N = 2 \Rightarrow Z - N = -1$$

$$\begin{cases} N + Z = 31 \\ Z - N = -1 \end{cases} \Rightarrow 2Z = 30 \Rightarrow Z = 15, N = 16$$

فب! در آینده خواهیم خواند عنصری با عدد اتمی ۱۳ متعلق به گروه ۱۳ است و برای رسیدن به آرایش گاز نجیب (آرایش هشت‌تایی)، باید ۳ الکترون از دست بدهد، بنابراین یون آن به صورت X^{3+} است؛ در حالی که عنصری با عدد اتمی ۱۵ متعلق به گروه ۱۵ است و برای رسیدن به آرایش گاز نجیب (آرایش هشت‌تایی) باید ۳ الکترون بگیرد و یون آن به صورت X^{3-} می‌باشد. فتم کلام این‌که عدد اتمی ۱۵ جواب موردنظر است.

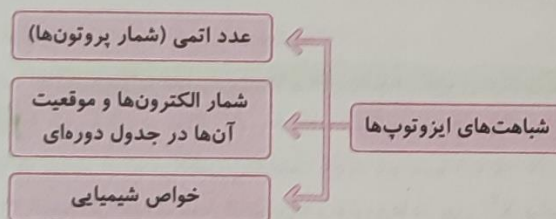
۹

ایزوتوپ

بررسی‌ها نشان می‌دهد که اغلب در یک نمونه طبیعی از یک عنصر، اتم‌های سازنده، جرم یکسانی ندارند. با کمی تأمل! در رابطه $A = Z + N$ و با توجه به این‌که با تغییر شمار پروتون‌ها (عدد اتمی یا همان Z) نوع عنصر تغییر می‌کند کشف می‌کنیم! که این تفاوت جرم باید زیر سر تفاوت در شمار نوترون‌های موجود در هسته اتم باشد.

نکته: به اتم‌های یک عنصر که عدد اتمی (Z) یکسان و عدد جرمی (A) متفاوت دارند، ایزوتوپ می‌گویند. ایزوتوپ یعنی هم‌مکان؛ به این معنی که همه ایزوتوپ‌های یک عنصر به علت داشتن عدد اتمی یکسان، دارای خواص شیمیایی یکسانی هستند و به یک خانه از جدول دوره‌ای تعلق دارند.

نتیجه‌گیری



با توجه به این‌که شمار نوترون‌ها و در نتیجه جرم ایزوتوپ‌ها با هم فرق می‌کند، اساساً واضح و مبرهن است! که خواص فیزیکی وابسته به جرم آن‌ها مانند چگالی، نقطه ذوب و نقطه جوش ایزوتوپ‌ها با هم متفاوت است. تازه! این تفاوت‌ها در ترکیب‌های شیمیایی دارای این ایزوتوپ‌ها هم مشاهده می‌شود.

بچه‌ها مراقب باشید! آگه هواستون باشه! گفتیم اغلب (نه همواره!) در یک نمونه طبیعی از یک عنصر، اتم‌های سازنده، جرم یکسانی ندارند.

حالا چرا؟

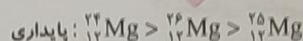
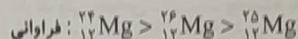
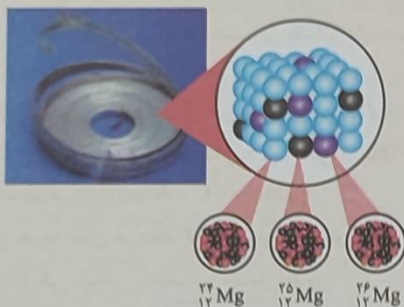
جواب: به خاطر این‌که برای بعضی از عنصرها فقط یک عدد اتمی و عدد جرمی وجود دارد و خبری از ایزوتوپ برایشون نیست!

به نظر شما! برای جداسازی ایزوتوپ‌ها از یکدیگر باید از روش‌های شیمیایی استفاده کرد یا فیزیکی؟

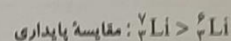
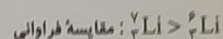
فب معلومه! وقتی خواص شیمیایی ایزوتوپ‌ها یکسان است، پس باید دور این روش‌ها رو فط کشید! و با استفاده از روش‌های فیزیکی وابسته به جرم، ایزوتوپ‌ها را از هم شناسایی و جدا کرد.

نکته: گزارش‌های رسمی و غیررسمی نشان می‌دهند که فراوانی ایزوتوپ‌ها در طبیعت یکسان نیست. شما عموماً در هر سواد دوره متوسطه پدالید و آگاه باشید ایزوتوپی که فراوانی بیشتری دارد، پایدارتر است.

مثال: بررسی یک نمونه منیزیم نشان می‌دهد که همه اتم‌های منیزیم در این نمونه یکسان نیست؛ بلکه مخلوطی از سه ایزوتوپ $^{24}_{12}\text{Mg}$ ، $^{25}_{12}\text{Mg}$ و $^{26}_{12}\text{Mg}$ است که فراوانی $^{24}_{12}\text{Mg}$ از دو ایزوتوپ دیگر بیشتر است؛ بنابراین $^{24}_{12}\text{Mg}$ از همه پایدارتر است. از طرفی اگر خیلی به شکل صفحه ۵ کتاب درسی گهر بدین متوجه شوید که فراوانی ایزوتوپ $^{24}_{12}\text{Mg}$ بیشتر از فراوانی $^{25}_{12}\text{Mg}$ است. (هوکتاب درسی) در تمرین‌های دوره‌ای صفحه ۴۲ به آن اعتراف کرده) بنابراین مقایسه فراوانی و پایداری این سه ایزوتوپ این‌طور است:



مثال: اتم لیتیم دارای دو ایزوتوپ ^6_3Li و ^7_3Li است که از هر ۵۰ اتم لیتیم موجود در طبیعت، ۳ اتم ^7_3Li و ۴۷ اتم ^6_3Li وجود دارد؛ بنابراین ^7_3Li پایدارتر است.



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

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

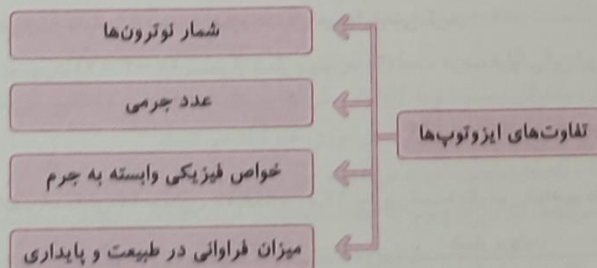
به طور مثال، درصد فراوانی هر یک از ایزوتوپ‌های لیتیم به صورت زیر است:

$$\text{درصد فراوانی } ^6_3\text{Li} = \frac{\text{تعداد اتم } ^6_3\text{Li}}{\text{تعداد کل اتم‌ها}} \times 100 = \frac{3}{50} \times 100 = 6\%$$

$$\text{درصد فراوانی } ^7_3\text{Li} = \frac{\text{تعداد اتم } ^7_3\text{Li}}{\text{تعداد کل اتم‌ها}} \times 100 = \frac{47}{50} \times 100 = 94\%$$

واضح است که مجموع درصد فراوانی همه ایزوتوپ‌های یک عنصر برابر ۱۰۰ است.

نتیجه‌گیری



رادیوایزوتوپ‌ها

برخی عناصر دارای ایزوتوپ‌های ناپایدارند. بررسی‌ها نشان داده که در هسته اغلب این ایزوتوپ‌ها، نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌ها برابر یا بیشتر از $1/5$ است. براین به کم با این نسبت بازی کنیم! ببینیم می‌شه تغییرش داد و نسبت‌های جدیدی به دست آورد یا نه!

$$\boxed{\frac{N}{Z} \geq 1/5} \xrightarrow{\text{با معکوس کردن دو طرف}} \frac{Z}{N} \leq \frac{1}{1/5} \Rightarrow \boxed{\frac{Z}{N} \leq \frac{2}{3} \Rightarrow \frac{Z}{N} \leq 0/66}$$

پس در اغلب ایزوتوپ‌های ناپایدار، نسبت شمار پروتون‌ها به نوترون‌ها برابر یا کوچک‌تر از $\frac{2}{3}$ یا $0/66$ است.

$$\frac{N}{Z} \geq 1/5 \xrightarrow{\text{به دو طرف 1 واحد اضافه می‌کنیم}} \frac{N}{Z} + 1 \geq 1/5 + 1 \Rightarrow \frac{N+Z}{Z} \geq 2/5 \Rightarrow \boxed{\frac{A}{Z} \geq 2/5} \Rightarrow \frac{Z}{A} \leq \frac{1}{2/5} \Rightarrow \boxed{\frac{Z}{A} \leq 0/4}$$

پس در اغلب ایزوتوپ‌های ناپایدار، نسبت عدد جرمی به عدد اتمی برابر یا بیشتر از $2/5$ است. حالا برعکس! نسبت عدد اتمی به عدد جرمی برابر یا کوچک‌تر از $0/4$ است.

متأسفانه! هسته ایزوتوپ‌های ناپایدار، ماندگار نیستند و با گذشت زمان به صورت خودبه‌خودی متلاشی می‌شوند. این ایزوتوپ‌ها پرتوزا هستند^۱ و اغلب بر اثر تلاشی، علاوه بر ذره‌های پرانرژی^۲، مقدار زیادی انرژی هم آزاد می‌کنند.

نکته ایزوتوپ‌های پرتوزا و ناپایدار، رادیوایزوتوپ نامیده می‌شوند.

توجه نیم‌عمر هر ایزوتوپ نشان می‌دهد که آن ایزوتوپ تا چه اندازه پایدار است. حالا این «نیم‌عمر» که گفتیم یعنی چه؟

نیم‌عمر، مدت زمانی است که طی آن نیمی از ایزوتوپ موجود متلاشی شود. فب این‌طوری کاملاً واضح و مبهم است! که هر چه نیم‌عمر ایزوتوپ کوتاه‌تر باشد، در زمان کوتاه‌تری متلاشی می‌شود (زمان ماندگاری آن کم‌تر است)؛ بنابراین ناپایدارتر خواهد بود.

ناپایدارتر

زمان متلاشی شدن کوتاه‌تر

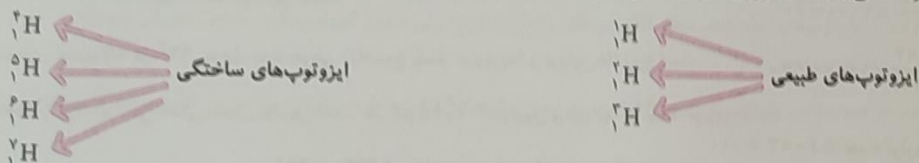
نیم‌عمر کوتاه

ایزوتوپ‌های هیدروژن

مؤلفین محترم کتاب درسی، در «با هم ببیندیشیم» صفحه ۶ شما را با انواع و اقسام ایزوتوپ‌های هیدروژن آشنا کرده‌اند، به همین خاطر می‌خواهیم این جدول را مورد نقد و بررسی بیشتری قرار دهیم!

نماد ایزوتوپ / ویژگی ایزوتوپ	^1H	^2H	^3H	^4H	^5H	^6H	^7H
نیم عمر	پایدار	پایدار	سال ۱۲/۳۲	$1/4 \times 10^{-22}$ ثانیه	$9/1 \times 10^{-22}$ ثانیه	$2/9 \times 10^{-22}$ ثانیه	$2/3 \times 10^{-23}$ ثانیه
درصد فراوانی در طبیعت	۹۹/۹۸۸۵	۰/۰۱۱۴	ناچیز	(ساختگی)	(ساختگی)	(ساختگی)	(ساختگی)

۱) همان طور که می‌بینید هیدروژن دارای ۷ ایزوتوپ است که از بین آن‌ها، ۳ ایزوتوپ، طبیعی و ۴ ایزوتوپ، ساختگی هستند.



ملاحظه! مواظبتون باشه! یک نمونه طبیعی از عنصر هیدروژن، مخلوطی از سه ایزوتوپ است.

۲) ایزوتوپ‌های هیدروژن (و به طور کلی ایزوتوپ‌های یک عنصر) در عدد اتمی، شمار پروتون، شمار الکترون، خواص شیمیایی و موقعیت در جدول دوره‌ای مشابه‌اند و در عدد جرمی، شمار نوترون، درصد فراوانی، نیم عمر، خواص فیزیکی وابسته به جرم و پایداری با هم تفاوت دارند.

۳) نیم عمر ایزوتوپ ساختگی ^4H از بقیه ایزوتوپ‌های ساختگی و طبیعی کمتر است؛ پس از همه ناپایدارتر می‌باشد.

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

۵) مقایسه پایداری ایزوتوپ‌های طبیعی: $^1\text{H} > ^2\text{H} > ^3\text{H}$

۶) ما می‌دانیم که هر چه پایداری یک ایزوتوپ بیشتر باشد، فراوانی آن در طبیعت بیشتر است: $^1\text{H} > ^2\text{H} > ^3\text{H}$ درصد فراوانی در طبیعت

۷) در بین ایزوتوپ‌های ساختگی، ^4H از همه پایدارتر است چون زمان نیم عمر آن از همه بیشتر است و ^5H از همه ناپایدارتر!

۸) مقایسه پایداری ایزوتوپ‌های ساختگی: $^5\text{H} > ^6\text{H} > ^7\text{H}$

۹) بچه‌ها مراقب باشین! اگر کسی از شما پرسید درصد فراوانی این ایزوتوپ‌ها در طبیعت، به چه صورت است؟ به وقت هدای کرده! سرکار نروین!

کاملاً ته‌لنگه! (فراوانی طبیعی برای ایزوتوپ‌های ساختگی اصلاً معنی نداره!)

۱۰) با هم دیدیم! که ایزوتوپ‌های ^1H و ^2H پایداری؛ بنابراین خاصیت پرتوایی ندارند (نسبت نوترون به پروتون آن‌ها برابر یا بیشتر از ۱/۵ نیست) اما ۵ ایزوتوپ دیگر پرتوزا هستند و رادیوایزوتوپ به شمار می‌روند.

۱۱) نتیجه‌گیری: در بین ایزوتوپ‌های طبیعی فقط ^3H خاصیت پرتوایی دارد و پس!

۱۲) با توجه به زمان نیم عمر ایزوتوپ‌های پرتوزا، ^4H از همه پایدارتر (با بیشترین زمان نیم عمر) و ^7H از همه ناپایدارتر (با کمترین زمان نیم عمر) است.

۱۳) در بین همه اتم‌های جدول دوره‌ای، ^1H تنها اتمی است که نوترون ندارد و عدد اتمی آن با عدد جرمی‌اش برابر است ($A = Z$).

۱۴) یادآوری: در همه اتم‌ها به جز ^1H ، تعداد نوترون‌ها برابر یا بیشتر از تعداد پروتون‌ها است.

و در آخر یاد کنید! دلتون بخواه معلم‌های معترم و طراحان گرامی سوال‌های هوشیارانه را از عدد اتمی و عدد جرمی ایزوتوپ‌های هیدروژن (به خصوص ایزوتوپ‌های طبیعی آن) طرح می‌کنند.

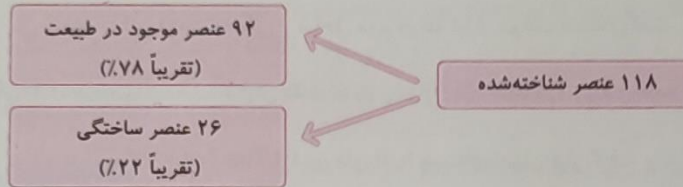
مثال: در کدام ایزوتوپ هیدروژن، شمار نوترون (ها) با پروتون (ها) برابر است؟

جواب: ^1H (این ایزوتوپ دارای ۱ پروتون و ۱ نوترون است).

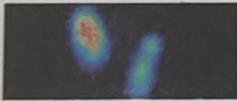
مثال: در کدام ایزوتوپ هیدروژن، نسبت پروتون (ها) به نوترون (ها) برابر ۰/۵ است؟

جواب: ^3H (این ایزوتوپ دارای ۱ پروتون و ۲ نوترون است پس نسبت آن‌ها می‌شود $\frac{1}{2}$ یا همان ۰/۵).

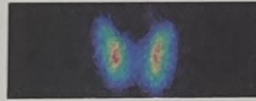
تاکنون در جهان ۱۱۸ عنصر شناخته شده که از بین آن‌ها ۹۲ عنصر در طبیعت یافت می‌شوند. همان‌طور که پیش از این خواندیم، این عنصرهای موجود در طبیعت از طریق واکنش‌های هسته‌ای در ستارگان ایجاد شده‌اند و حالا ما در کره زمین در قفسه‌های هسته‌ای فب با این تفاسیر ۲۶ عنصر دیگر که در طبیعت وجود ندارند را ما انسان‌ها با کمک واکنش‌های هسته‌ای، به طور مصنوعی، ساخته‌ایم.



(ا) غده پروانه‌ای شکل تیروئید در بدن انسان



(پ) تصویر غده تیروئید ناسالم



(ب) تصویر غده تیروئید سالم

تکنسیم، نخستین عنصری بود که به طور مصنوعی در راکتور (یا واژه غریب و نامأنوس واکنشگاه) هسته‌ای ساخته شد. دانستن نکات زیر در مورد تکنسیم بر شما واجب است:

۱ نماد شیمیایی این عنصر به صورت ^{99}Tc است؛ پس از آشنایی بیشتر با جدول دوره‌ای! خواهید یافت که این عنصر در دوره پنجم و گروه هفتم جدول دوره‌ای قرار دارد.

۲ این عنصر در تصویربرداری پزشکی کاربرد ویژه‌ای دارد. از تکنسیم برای تصویربرداری غده تیروئید استفاده می‌شود. همان‌طور که می‌دانید غده تیروئید مصرف‌کننده اصلی یون یدید (I^-) در بدن است. یون یدید با یونی که حاوی تکنسیم است اندازه مشابهی دارد (نه خود یون تکنسیم) و غده تیروئید هنگام جذب یون یدید، این یون را هم جذب می‌کند. با افزایش مقدار این یون در غده تیروئید، امکان تصویربرداری فراهم می‌شود.

۳ خواندیم که همه تکنسیم (^{99}Tc) موجود در جهان باید به طور مصنوعی و با استفاده از واکنش‌های هسته‌ای ساخته شود. با توجه به این که نیم عمر (زمان ماندگاری) این عنصر ساختگی کم است، نمی‌توان مقادیر زیادی از این عنصر را تهیه و برای مدت طولانی نگهداری کرد؛ به همین دلیل بسته به نیاز، آن را با یک مولد هسته‌ای تولید و سپس مصرف می‌کنند.

و در آخر می‌فهمیم توبه شما را به کلمه مهمی پلپ کنیم!

در صفحه ۶ کتاب درسی خواندیم که «اغلب هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آن‌ها برابر یا بیشتر از ۱/۵ باشد، ناپایدارند و با گذشت زمان متلاشی می‌شوند» و به عبارت دیگر پرتوزا هستند. فب! حالا ببینیم وضعیت در تکنسیم که عنصری پرتوزا است چه دوره؟

$$^{99}_{43}\text{Tc}: A = Z + N \Rightarrow 99 = 43 + N \Rightarrow N = 56 \Rightarrow \frac{N}{Z} \approx 1/3$$

دیرین‌چی شد؟ اتم‌هایی هم وجود دارند که نسبت نوترون به پروتون آن‌ها کم‌تر از ۱/۵ است و با این حال ناپایدار بوده، پرتوزا تشریف دارند! و رادیوایزوتوپ محسوب می‌شوند.

کمی جلوتر خواهیم خواند که ایزوتوپی که به عنوان سوخت در راکتورهای اتمی به کار می‌رود، اورانیوم ($^{235}_{92}\text{U}$) است نه تکنسیم ($^{99}_{43}\text{Tc}$)!

۲ نمونه از کاربردهای رادیوایزوتوپ‌ها

رادیوایزوتوپ‌ها اگرچه فیلی فیلین اولی پیشرفت دانش و فناوری، بشر را موفق به مهار و بهره‌گیری از آن‌ها کرده است؛ به طوری که از آن‌ها در پزشکی، کشاورزی و به عنوان سوخت در نیروگاه‌های اتمی استفاده می‌شود.

با کاربرد تکنسیم در پزشکی آشنا شدید و حالا می‌فایم با کاربردهای دو رادیوایزوتوپ دیگر آشنا شویم.

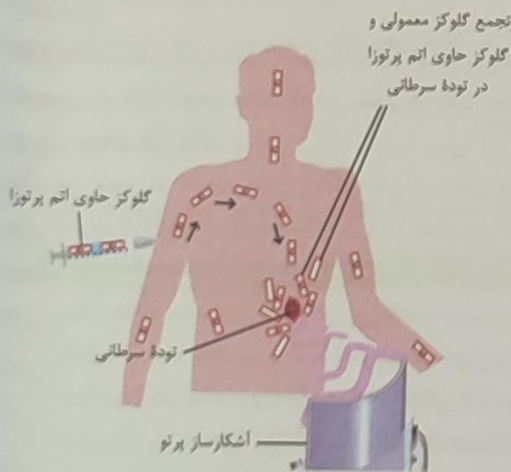
۱ اورانیم (^{235}U) شناخته‌شده‌ترین فلز پرتوزایی است که یکی از ایزوتوپ‌های آن (^{235}U)، اغلب به عنوان سوخت در راکتورهای اتمی به کار می‌رود. فراوانی این ایزوتوپ در مخلوط طبیعی، کم‌تر از ۰/۷ درصد است. دانشمندان هسته‌ای ما با تلاش‌های بسیار موفق شدند مقدار آن را در مخلوط ایزوتوپ‌های این عنصر افزایش بدهند. به این فرایند که یکی از مراحل مهم چرخه تولید سوخت هسته‌ای است، غنی‌سازی ایزوتوپی می‌گویند.

غنی‌سازی ایزوتوپی ← افزایش مقدار ایزوتوپ ^{235}U در مخلوط ایزوتوپ‌های عنصر اورانیم

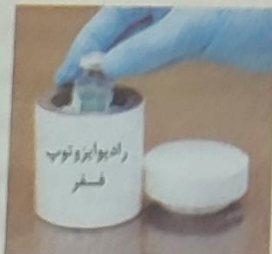
با این موفقیت، نام ایران در فهرست ده‌گانه (Top Ten) کشورهای فنان هسته‌ای جهان قرار گرفته و با گسترش این صنعت، می‌توان بخشی از انرژی الکتریکی مورد نیاز کشور را تأمین کرد.

توجه متأسفانه پسماند راکتورهای اتمی هنوز خاصیت پرتوزایی دارد و خطرناک است؛ به همین خاطر دفع این زباله‌ها، یکی از چالش‌های صنایع هسته‌ای به شمار می‌آید.

۲ از گلوکز حاوی اتم پرتوزا که به آن گلوکز نشان‌دار می‌گویند، برای تشخیص توده‌های سرطانی، سلول (یاخته‌هایی هستند که رشد غیرعادی و سریع دارند، در نتیجه این سلول‌ها نسبت به سلول‌های سالم، نیاز به گلوکز بیشتری داشته و مقدار بیشتری را جذب می‌کنند. با تزریق گلوکز نشان‌دار به بیمار، در توده سرطانی علاوه بر گلوکز معمولی، این گلوکز حاوی اتم پرتوزا هم، تجمع می‌کند؛ بنابراین آشکارساز (detector) می‌تواند پرتوهای آزادشده حاصل از اتم پرتوزا در این گلوکز را مشخص کرده و محل توده سرطانی در بدن عیان شود.



نکته با توجه به شکل صفحه ۸ کتاب درسی که رادیوایزوتوپی از فسفر تولیدشده در ایران را نشان می‌دهد، می‌توان نتیجه گرفت که عنصر فسفر (P) هم در میان ایزوتوپ‌های خود، دارای ایزوتوپ پرتوزا می‌باشد.



رادیوایزوتوپ فسفر تولیدشده در ایران

علاوه بر این به آشنایی مقدماتی با این جدول دوره‌ای بپردازیم!

۱) این جدول دارای ۷ ردیف افقی است. هر ردیف افقی جدول که نشان‌دهندهٔ چیدمان عناصر برحسب افزایش عدد اتمی است، دوره^۱ (تناوب) نام دارد.

دارای ۷ دوره (تناوب)

جدول دوره‌ای

۲) این جدول دارای ۱۸ ستون عمودی است. به این ستون‌های عمودی، گروه^۲ می‌گویند. عنصرهایی که در یک گروه قرار دارند، خواص شیمیایی مشابهی دارند.

دارای ۸ گروه

جدول دوره‌ای

۳) از آن‌جا که در این جدول، عناصر برحسب افزایش عدد اتمی کنار هم قرار می‌گیرند، کاملاً واضح و مبرهن است! که خواص شیمیایی عنصرهایی که در یک دوره از جدول جای دارند، متفاوت می‌باشد؛ اما با رفتن به دوره‌های بعدی، عنصرهایی که در یک ستون (گروه) زیر هم قرار می‌گیرند، خواص شیمیایی مشابهی دارند؛ به همین خاطر است که کتاب درسی در خط آخر پاراگراف اول صفحه ۱۲ می‌فرماید: با پیمایش هر دوره از چپ به راست (یا از راست به چپ) خواص عناصر به طور مشابه تکرار می‌شود (منظور عنصرهایی که در دوره‌های مختلف قرار دارند اما در یک گروه هستند) به همین خاطر به این جدول، جدول دوره‌ای (تناوبی) عناصر می‌گویند.

۴) اگر نگاهی به جدول دوره‌ای بیندازید، متوجه می‌شوید که دو ردیف از عناصر 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 نگه‌دارد! که شیمی‌دان‌ها به دلیل کمبود یا! این عناصر (که در آینده خواهیم فهمید که بهشون می‌گن عناصر دسته f) را پایین جدول قرار داده‌اند.^۳

۵) هر خانه از جدول دوره‌ای به یک عنصر معین تعلق دارد و دارای برخی اطلاعات شیمیایی آن عنصر است. در این جدول هر عنصر با نماد یک یا دو حرفی نشان داده شده است. در هر نماد، حرف اول نام لاتین به صورت بزرگ نوشته می‌شود. اگر نماد دوحرفی باشد، حرف دوم که یکی دیگر از حروف نام لاتین است، به صورت کوچک نوشته می‌شود.

۶) خانه شماره ۱۲ به عنصر منیزیم (Magnesium) تعلق دارد که اطلاعات آن به صورت مقابل است.

عدد اتمی	۱۲
نماد شیمیایی	Mg
نام	منیزیم
جرم اتمی میانگین ^۴	۲۴/۳۱

همان‌طور که می‌بینید در این‌جا حرف دوم نماد عنصر منیزیم (Mg) مربوط به حرف سوم نام لاتین آن (Magnesium) است.

۷) اگر تیم‌نگاهی به جدول دوره‌ای بیندازید، کشف خواهید کرد! که اغلب نمادهای شیمیایی عناصر دوحرفی هستند تا یک‌حرفی! قب! تا این‌جای کار آه جدول دوره‌ای رو بهتون بدن، خیلی شیک و مهلس! می‌توانید شمارهٔ گروه، دوره، عدد اتمی و جرم اتمی میانگین هر عنصر را گزارش کنید ولی زندگی به این راحتی‌ها نیست! شما کمی پلوتر باید تسلط کافی به این جدول داشته باشید و به پورایی لازمه که نماد شیمیایی و عدد اتمی همدیگر ۳۶ عنصر اول رو خوب بلد باشید! تا اون موقع فعلاً بیاین از دوران خوشحالیمون! لذت ببریم!

با استفاده از جدول دوره‌ای داده‌شده، زود، تند، سریع! «خود را بیازمایید» صفحه ۱۳ کتاب درسی را حل می‌کنیم:

۱- با استفاده از جدول دوره‌ای، موقعیت عناصر آلومینیم (۱۳ Al)، کلسیم (۲۰ Ca)، منگنز (۲۵ Mn) و سلنیم (۳۴ Se) را تعیین کنید.

جواب:

۲۰ Ca: گروه ۲ و دوره ۴

۱۳ Al: گروه ۱۳ و دوره ۳

۳۴ Se: گروه ۱۶ و دوره ۴

۲۵ Mn: گروه ۷ و دوره ۴

۲- هلیوم (۲ He)، عنصری است که تمایل به انجام واکنش شیمیایی ندارد. پیش‌بینی کنید کدام یک از عناصر زیر، رفتاری مشابه با آن دارد؟ چرا؟

۱۶ S (پ)

۶ C (پ)

۱۸ Ar (آ)

جواب: ۱۸ Ar زیرا با ۲ He در یک گروه (گروه ۱۸) جدول دوره‌ای عناصر قرار دارد.

۳- اتم فلور (F) در ترکیب با فلزها به یون فلورید (F^-) تبدیل می‌شود. اتم کدام یک از عنصرهای زیر، می‌تواند آنیونی با بار الکتریکی همانند یون فلورید تشکیل دهد؟ چرا؟

پ (P) ${}_{15}$

ب (Br) ${}_{35}$

آ (Rb) ${}_{37}$

جواب: ${}_{35}\text{Br}$ ؛ زیرا با F در یک گروه (گروه ۱۷) جدول دوره‌ای عنصرها قرار دارد.

۴- از اتم آلومینیم (Al ، ۱۳)، یون پایدار Al^{3+} شناخته شده است. پیش‌بینی کنید اتم کدام یک از عنصرهای زیر می‌تواند به کاتیونی مشابه Al^{3+} در ترکیب‌ها تبدیل شود؟

پ (N) ${}_{7}$

ب (Ga) ${}_{31}$

آ (K) ${}_{19}$

جواب: ${}_{31}\text{Ga}$ ؛ زیرا با Al (گروه ۱۳) جدول دوره‌ای عنصرها قرار دارد.