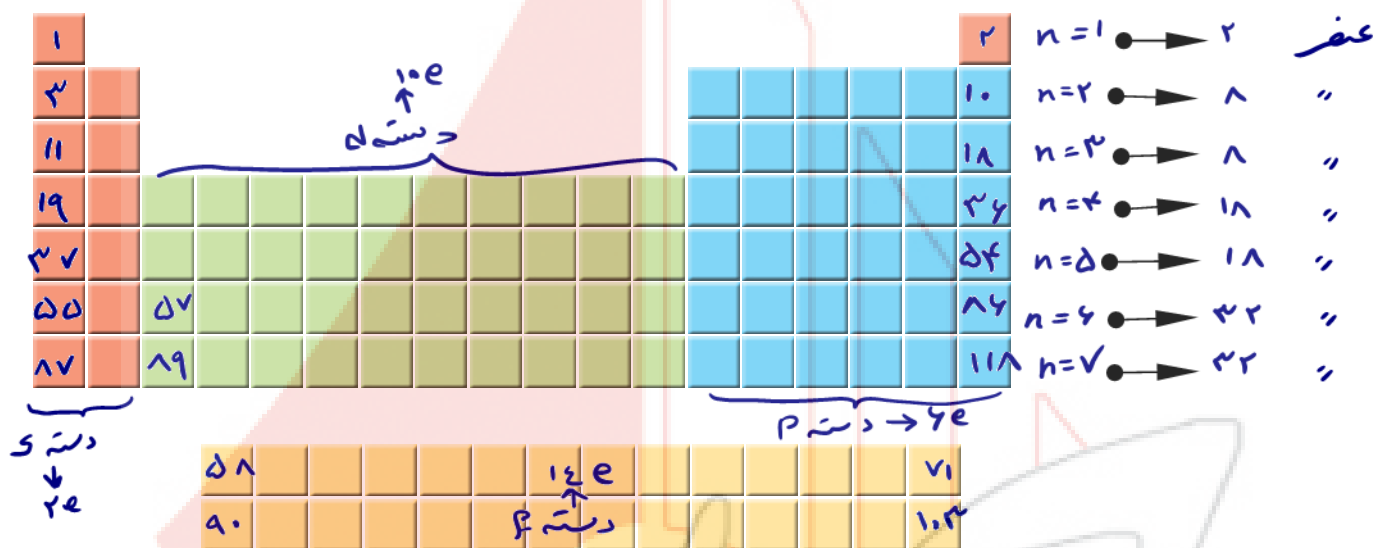


از سوی دیگر اتم، ساختار لایه‌ای دارد و الکترون‌ها در لایه‌های پیرامون هسته با نظم ویژه‌ای حضور دارند به گونه‌ای که در اتم عنصرهای ردیف اول، لایه الکترونی اول و در عنصرهای دوره دوم، لایه دوم از الکترون پر می‌شود. آیا به نظر شما میان شمار عنصرهای موجود در هر دوره و گنجایش لایه‌های الکترونی رابطه‌ای هست؟



همان گونه که در جدول مشاهده می‌کنید در دوره اول فقط ۲ عنصر (هیدروژن و هلیوم) وجود دارد که در اتم آنها، لایه الکترونی اول ($n=1$) در حال پر شدن است. این لایه، نزدیک‌ترین لایه به هسته است و تنها می‌تواند ۲ الکترون را در خود جای دهد. از آنجا که لایه اول حداکثر ۲ الکترون گنجایش دارد، شاید بتوان گفت به همین دلیل در دوره اول فقط ۲ عنصر وجود دارد؛ اما اتم عنصرهای دوره دوم، دارای دو لایه الکترونی است ($n=2$). در اتم این عنصرها، هر دو لایه دارای الکترون بوده به طوری که لایه اول پر شده و لایه دوم در حال پر شدن است؛ با این توصیف لایه دوم حداکثر با ۸ الکترون پر می‌شود (چرا؟). آیا می‌توان بین چیدمان ۸ عنصر دوره دوم در جدول و شیوه پر شدن لایه دوم در اتم آنها ارتباطی یافت؟ آیا لایه الکترونی دوم، لایه‌ای یکپارچه است یا از چند بخش تشکیل شده است؟

با هم بیندیشیم

۱- یک دانشجوی رشته شیمی، جدول دوره‌ای را به دقت بررسی و عنصرهای هر دوره را شمارش کرد. او میان شمار عنصرهای یک دوره و شیوه پر شدن لایه‌های الکترونی در اتم عنصرها، ارتباطی کشف کرد. او نخست عنصرها را در چهار دسته قرار داد و هر یک را با رنگی مشخص کرد؛ سپس فرض نمود که هر لایه، خود از بخش‌های کوچک‌تری تشکیل شده است

• برای رمزگشایی از آنچه خدا آفریده است، دانشمندان علوم تجربی، مفاهیم علمی را کشف و روابط بین آنها را فرمول‌بندی می‌کنند تا از آنها بهره‌گیرند. گاهی از روی روابط و فرمول‌های ریاضی، برخی مفاهیم جدید را پیش‌بینی می‌کنند.

به‌طوری‌که میان شمار عنصرها در هر دسته رنگی از هر ردیف (مطابق جدول صفحه قبل) با گنجایش الکترونی هر یک از این بخش‌های کوچک‌تر، رابطه‌ای منطقی برقرار است.

(آ) در هر دسته از عنصرهای نشان داده شده با رنگ‌های نارنجی، سبز، آبی و زرد در هر ردیف به ترتیب چند عنصر وجود دارد؟

۲
۱۰
۶
۱۴

(ب) لایه دوم از چند بخش تشکیل شده است؟ گنجایش هر یک از این بخش‌ها چند الکترون است؟ نارنجی ← دسته ۵ ← ۲۴ آبی ← دسته ۶ ← ۲۴

(پ) او هر یک از این بخش‌ها را یک زیرلایه^۱ نامید؛ با این توصیف در اتم چند نوع زیرلایه وجود دارد و هر یک چند الکترون گنجایش دارد؟ ← زیرلایه

۲۴ ← ۵
۲۴ ← ۶
۱۰ ← ۵
۱۴ ← ۴

۲- او گنجایش الکترونی زیرلایه‌ها را به‌عنوان چهار جمله نخست یک دنباله به‌صورت زیر

در نظر گرفت:

$$\begin{aligned} 2 &\rightarrow L=0 \rightarrow 2 \\ 6 &\rightarrow L=1 \rightarrow 6 \\ 10 &\rightarrow L=2 \rightarrow 10 \\ 14 &\rightarrow L=3 \rightarrow 14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 &\rightarrow L=0 \rightarrow 2 \\ 6 &\rightarrow L=1 \rightarrow 6 \\ 10 &\rightarrow L=2 \rightarrow 10 \\ 14 &\rightarrow L=3 \rightarrow 14 \end{aligned}$$

$$2, 6, 10, 14, \dots$$

(آ) جمله عمومی (a_l) این دنباله را به دست آورید. (l ≥ ۰)

(ب) مقدار مجاز l را برای هر زیرلایه تعیین و جدول زیر را کامل کنید.

زیرلایه	۲ الکترونی	۶ الکترونی	۱۰ الکترونی	۱۴ الکترونی
مقدار مجاز l	L = ۰	l = ۱	L = ۲	l = ۳

• نماد هر زیرلایه معین با دو عدد کوانتومی مشخص می‌شود؛ به‌دیگر سخن هر زیرلایه را می‌توان با نماد n_l نمایش داد؛ برای نمونه در زیرلایه ۲p، n = ۲ و l = ۱ است.

۳- در مدل کوانتومی اتم به هر نوع زیرلایه یک عدد کوانتومی نسبت می‌دهند. این عدد

کوانتومی با نماد l نشان داده شده و عدد کوانتومی فرعی^۲ نامیده می‌شود. مقادیر معین و مجاز آن به صورت زیر است:

n = ۱ و ۰، ۱، ۲، ۳، ... l = ۰، ۱، ۲، ۳، ...

۵
۴
۳
۲
۱

(آ) با این توصیف، جدول زیر را کامل کنید.

نماد زیرلایه	s	p	d	f
حداکثر گنجایش زیرلایه	۲	۶	۱۰	۱۴
مقدار مجاز l	۰	۱	۲	۳

(ب) پیش‌بینی کنید پنجمین نوع زیرلایه یک اتم، ظرفیت پذیرش حداکثر چند الکترون را

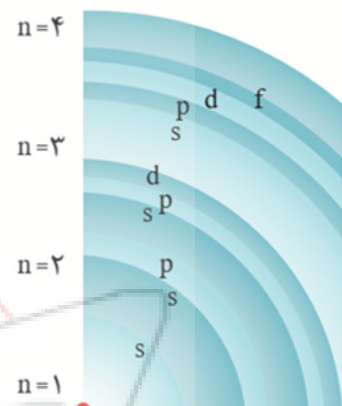
خواهد داشت؟

پنجمین زیرلایه: $l = 4 \rightarrow f_{l+2} = 4(4) + 2 = 18 \rightarrow g$

اتم را می‌توان کره‌ای در نظر گرفت که هسته بسیار کوچک و سنگینی در مرکز آن جای دارد و محل تمرکز پروتون‌ها و نوترون‌هاست. پیرامون هسته، الکترون‌ها در لایه‌های الکترونی حضور دارند. هر لایه، خود از زیرلایه‌های متفاوتی تشکیل شده است به گونه‌ای که لایه اول دارای یک زیرلایه از نوع s با گنجایش ۲ الکترون، لایه دوم دارای دو زیرلایه از نوع s و p با گنجایش ۲ و ۶ الکترون، لایه سوم دارای سه زیرلایه از نوع s، p و d با گنجایش ۲، ۶ و ۱۰ الکترون است (جدول ۳).

جدول ۳- مقدار n و l برای زیر لایه‌ها در سه لایه الکترونی نخست

عدد کوانتومی اصلی	شمار زیر لایه‌ها	عدد کوانتومی فرعی	نماد زیر لایه
$n=1$	۱	$l=0$	۱s
$n=2$	۲	$l=0$	۲s
		$l=1$	۲p
$n=3$	۳	$l=0$	۳s
		$l=1$	۳p
		$l=2$	۳d



● زیر لایه‌های موجود در چهار لایه الکترونی

نکته: نماد هر زیر لایه بر اساس شماره لایه اصلی که در آن قرار دارد به صورت nl نوشته می‌شود، به عنوان مثال زیر لایه s در لایه دوم به صورت 2s نوشته می‌شود.

نکته: زیر لایه‌های s، p، d و f در هر لایه‌ای که باشند با عدد کوانتومی فرعی (به ترتیب) $l=0$ ، $l=1$ ، $l=2$ و $l=3$ مشخص می‌شوند.

نکته: حداکثر ظرفیت زیر لایه‌های s، p، d و f در هر لایه‌ای که باشند به ترتیب برابر ۲، ۶، ۱۰ و ۱۴ الکترون می‌باشد.

نکته: به طور کلی در ۱۱۸ عنصر جدول تناوبی تنها ۴ زیر لایه s، p، d و f از الکترون اشغال می‌شود.

نکته: در هر لایه اصلی حداکثر به تعداد $2n^2$ الکترون وجود دارد.

نکته: در هر زیر لایه (لایه فرعی) حداکثر به تعداد $4l+2$ الکترون وجود دارد.

نکته: در هر لایه اصلی (سطح انرژی اصلی)، ترتیب انرژی زیر لایه‌ها به صورت زیر می‌باشد:

ترتیب انرژی زیر لایه‌ها در یک لایه معین: $s < p < d < f$

آرایش الکترونی اتم

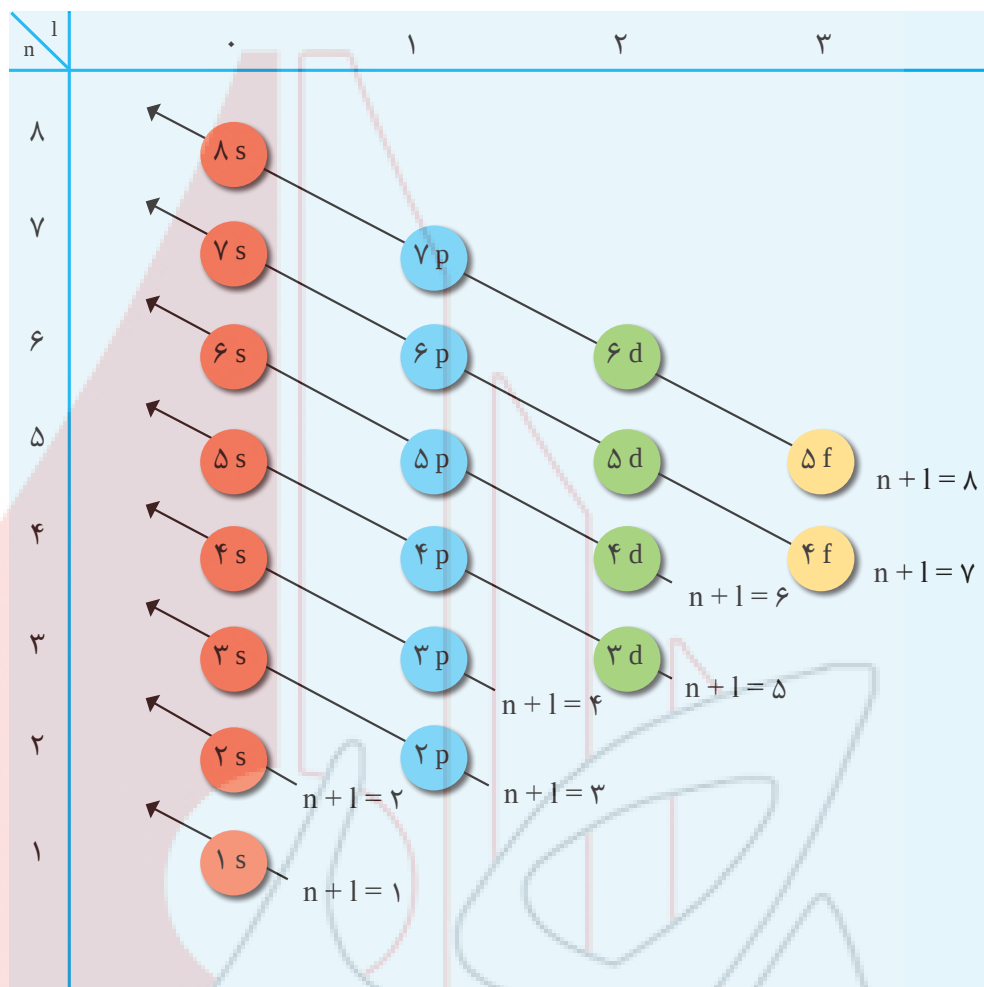
رفتار و ویژگی‌های هر اتم را می‌توان از روی آرایش الکترونی آن توضیح داد؛ بنابراین یافتن آرایش درست الکترون‌ها در هر اتم از اهمیت بسیاری برخوردار است. مطابق مدل کوانتومی برای به‌دست آوردن آرایش الکترونی اتم‌ها باید الکترون‌های اتم هر عنصر در زیرلایه‌ها با نظم و ترتیب معینی توزیع شود.

هنگام پرشدن اتم از الکترون، نخست زیرلایه $1s$ و سپس زیرلایه‌های $2s$ و $2p$ از الکترون پر می‌شود؛ با این توصیف باید در اتم عنصرهای دوره سوم زیرلایه‌های $3s$ ، $3p$ و $3d$ پر شود. از این رو انتظار می‌رود که این دوره شامل ۱۸ عنصر باشد؛ اما دوره سوم دارای ۸ عنصر است. در واقع در این اتم‌ها تنها دو زیرلایه $3s$ و $3p$ در حال پرشدن است و زیرلایه $3d$ در دوره بعد شروع به پر شدن می‌کند. این روند نشان می‌دهد که پر شدن زیرلایه‌ها تنها به عدد کوانتومی اصلی (n) وابسته نیست بلکه از یک قاعده کلی به نام **قاعده آفبا**^۱ پیروی می‌کند.

قاعده آفبا ترتیب پر شدن زیرلایه‌ها را در اتم‌های گوناگون نشان می‌دهد. مطابق این قاعده، هنگام افزودن الکترون به زیرلایه‌ها، نخست زیرلایه‌های نزدیک‌تر به هسته پر می‌شوند که دارای انرژی کمتری هستند و سپس زیرلایه‌های بالاتر پر خواهند شد (شکل ۲۳).

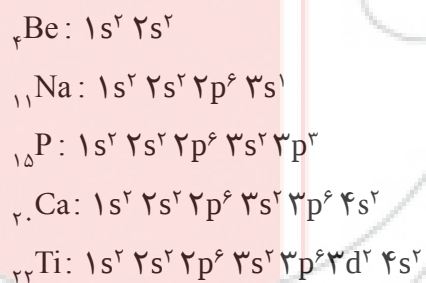
• **aufbau** واژه‌ای آلمانی به معنای ساختن یا افزایش گام به گام است.

● انرژی زیرلایه‌ها به n و $n+1$ وابسته است به طوری که اگر $n+1$ برای دو یا چند زیرلایه یکسان باشد، زیرلایه با n بزرگ‌تر، انرژی بیشتری دارد.



شکل ۲۳- قاعده آفبا، ترتیب پر شدن زیرلایه‌های الکترونی در اتم را نشان می‌دهد. انرژی هر زیرلایه به $n+l$ وابسته است.

بر این اساس، آرایش الکترونی اتم بریلیم ($Z=4$)، اتم سدیم ($Z=11$)، اتم فسفر ($Z=15$)، اتم کلسیم ($Z=20$) و اتم تیتانیم ($Z=22$) به صورت زیر خواهد بود:



خود را بیازمایید

۱- آرایش الکترونی اتم‌های داده شده را در جدول زیر بنویسید.

نماد شیمیایی عنصر	آرایش الکترونی
^8_8O	
$^{18}_{18}\text{Ar}$	
$^{20}_{20}\text{Ca}$	
$^{33}_{33}\text{As}$	
$^{34}_{34}\text{Se}$	

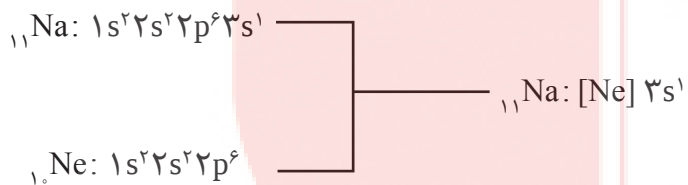
● گفتنی است که قاعدهٔ آفا آرایش الکترونی اتم اغلب عنصرها را به درستی پیش‌بینی می‌کند؛ اما برای اتم برخی عنصرهای جدول نارسایی دارد. امروزه به کمک روش‌های طیف‌سنجی پیشرفته، آرایش الکترونی چنین اتم‌هایی را با دقت تعیین می‌کنند.

۲- داده‌های طیف‌سنجی نشان می‌دهد که آرایش الکترونی برخی اتم‌ها از قاعدهٔ آفبا پیروی نمی‌کند؛ برای نمونه هر یک از اتم‌های کروم و مس در بیرونی‌ترین زیر لایهٔ خود تنها یک الکترون دارد. آرایش الکترونی این دو اتم را رسم کنید.

آرایش الکترونی اتم‌ها را به شیوه دیگری نیز می‌توان نوشت که **آرایش الکترونی فشرده**^۱ خوانده می‌شود؛ برای نمونه آرایش الکترونی فشرده برای اتم سدیم به صورت زیر خواهد بود:

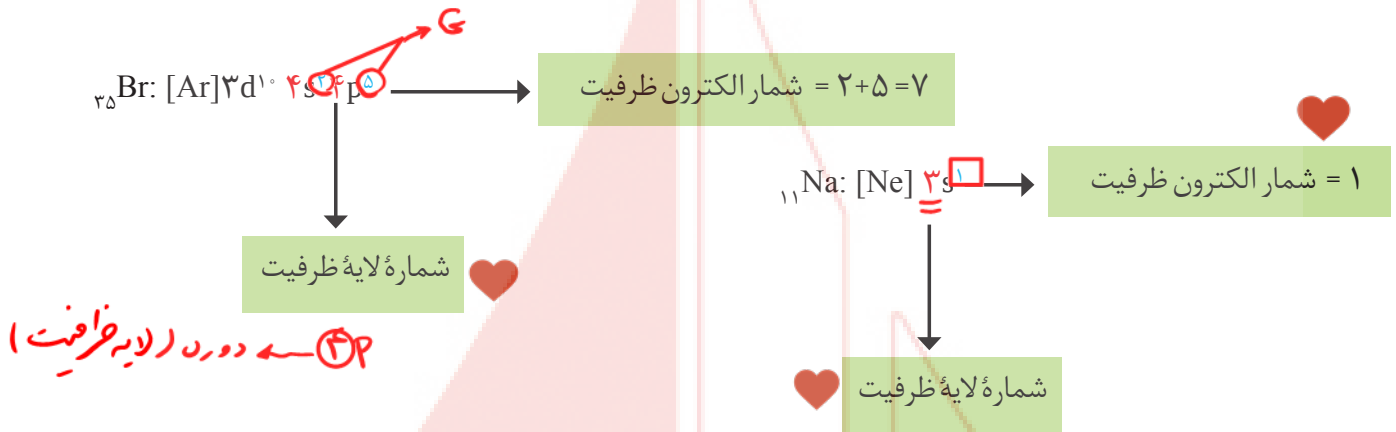


همان گونه که مشاهده می شود در این آرایش الکترونی از نماد گاز نجیب استفاده شده است. برای دستیابی به آرایش فشرده، نخست آرایش اتم مورد نظر به صورت گسترده نوشته می شود؛ سپس بخشی از آرایش الکترونی که همانند آرایش الکترونی یک گاز نجیب است با عبارت [نماد شیمیایی گاز نجیب] جایگزین می شود.



اهمیت آرایش الکترونی فشرده به دلیل نمایش آرایش الکترون ها در بیرونی ترین لایه به نام لایه ظرفیت اتم است. لایه ظرفیت^۲ یک اتم، لایه ای است که الکترون های آن، رفتار شیمیایی

اتم را تعیین می کند. به الکترون های این لایه، الکترون های ظرفیت اتم می گویند (شکل ۲۴).



شکل ۲۴- آرایش الکترونی و تعیین الکترون های ظرفیت در اتم سدیم و برم

خود را بیازمایید

۱- (آ) با مراجعه به جدول دوره ای عناصرها، جدول زیر را کامل کنید.

نماد عنصر	$_{3}\text{Li}$	$_{8}\text{O}$	$_{11}\text{Ne}$	$_{14}\text{Si}$	$_{20}\text{Ca}$	$_{27}\text{Co}$	$_{35}\text{Br}$
شماره گروه							
شماره دوره							

(ب) جدول زیر را کامل کنید.

در عنصرهای دسته d از دوره چهارم، الکترون های ظرفیت شامل الکترون ها در زیر لایه های ۴s و ۳d است.

نماد عنصر	آرایش الکترونی فشرده	شماره بیرونی ترین لایه	شمار الکترون های ظرفیت
$_{3}\text{Li}$			
$_{8}\text{O}$			
$_{11}\text{Ne}$			
$_{14}\text{Si}$			
$_{20}\text{Ca}$	$[\text{Ar}] 4s^2$	$n = 4$	۲
$_{27}\text{Co}$			
$_{35}\text{Br}$			

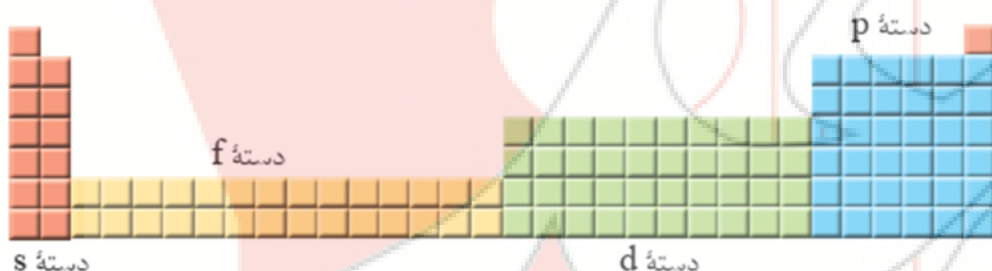
● فقط رسم آرایش الکترونی ۳۶ عنصر نخست جدول دوره‌ای جزو اهداف این کتاب است. بنابراین ارزشیابی برای رسم آرایش الکترونی اتم عنصرهای فراتر از عدد اتمی ۳۶ ممنوع است.

پ) از روی آرایش الکترونی اتم هر عنصر می‌توان موقعیت آن را در جدول تعیین کرد، برای این منظور:

- شماره بیرونی‌ترین لایه را با شماره دوره این عنصرها مقایسه کنید. از این مقایسه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟
- شماره گروه کدام عنصرها با شمار الکترون‌های ظرفیت آنها برابر است؟
- شماره گروه کدام عنصرها با شمار الکترون‌های ظرفیت آنها برابر نیست؟ در این حالت بین شماره گروه و شمار الکترون‌های ظرفیت چه رابطه‌ای هست؟ توضیح دهید.
- برای عنصرهای دسته d، شماره دوره و گروه را چگونه می‌توان از روی آرایش الکترونی به دست آورد؟ توضیح دهید.

۲- موقعیت عنصرهای کربن (C)، آلومینیم (Al)، آهن (Fe) و روی (Zn) را در جدول دوره‌ای عنصرها تعیین کنید.

۳- عنصرهای جدول دوره‌ای را می‌توان در چهار دسته به صورت زیر جای داد، اساس این دسته‌بندی را توضیح دهید.



نکته: برای تعیین تناوب و گروه یک عنصر لازم است گازهای نجیب به همراه عدد اتمی هر کدام از آن‌ها را به ترتیب از بالا به پایین به خاطر بسپاریم. بدین ترتیب که برای تعیین گروه هر عنصر کافی است عدد اتمی مربوط به گاز نجیب قبل از آن را از عدد اتمی آن عنصر کم کنیم تا شماره گروه آن عنصر بدست آید. همچنین برای تعیین تناوب هر عنصر می‌بایست یک واحد به تناوب گاز نجیب قبل از آن عنصر اضافه کنیم. به عنوان مثال عنصر نقره Ag_{47} با عدد اتمی ۴۷ را در نظر بگیرید. با توجه به عدد اتمی نقره، گاز نجیب قبل از آن کریپتون Kr_{36} با عدد اتمی ۳۶ می‌باشد، بنابراین شماره گروه نقره Ag_{47} برابر $47 - 36 = 11$ می‌باشد. همچنین کریپتون در تناوب ۴ قرار دارد بنابراین عنصر نقره Ag_{47} با عدد اتمی ۴۷ در تناوب ۵ میبایست قرار داشته باشد. بنابراین عنصر نقره Ag_{47} در تناوب ۵ و گروه ۱۱ قرار دارد.

نکته: عنصرهای ۵۷ تا ۷۱ با نام لانتانیدها و ۸۹ تا ۱۰۳ با نام اکتینیدها در گروه ۳ و به ترتیب در تناوب‌های ۶ و ۷ قرار دارند. در واقع این دو دسته هر کدام شامل ۱۵ عنصر می‌باشند که در یک خانه قرار می‌گیرند.

نکته: با توجه به نکته قبل، برای تعیین شماره گروه عناصری که عدد اتمی آن‌ها بیشتر از ۵۴ می‌باشد می‌بایست این نکته را در نظر داشته باشیم که اگر عدد اتمی آن‌ها در محدوده ۵۷ تا ۷۱ یا ۸۹ تا ۱۰۳ قرار داشت، این عناصر مربوط به گروه ۳ جدول تناوبی می‌باشند.

نکته: برای تعیین شماره گروه عناصری که عدد اتمی آن ها بیشتر از ۷۱ از تناوب ۶ و بیشتر از ۱۰۳ از تناوب ۷ باشد می بایست علاوه بر کم کردن عدد اتمی مربوط به گاز نجیب قبل از آن از عدد اتمی آن عنصر، ۱۴ واحد دیگر نیز کم کنیم تا شماره گروه صحیح بدست آید. به عنوان مثال عنصر تالیم ${}_{81}\text{Tl}$ با عدد اتمی ۸۱، در گروه $14 - 54 = 81$ قرار دارد.

نکته: طولانی ترین گروه، گروه ۳ می باشد با تعداد ۳۲ عنصر و طولانی ترین تناوب، تناوب های ۶ و ۷ می باشند با ۳۲ عنصر.

? آرایش الکترونی کروم ${}_{24}\text{Cr}$ را رسم کنید و با توجه به آن به پرسش های زیر پاسخ دهید.

(آ) چند زیر لایه از الکترون اشغال شده است؟

(ب) چند زیر لایه از الکترون کاملاً پر شده است؟

? آرایش الکترونی ${}_{31}\text{Ga}$ را به صورت گسترده بنویسید و به سوالات زیر پاسخ دهید:

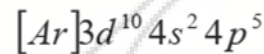
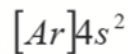
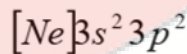
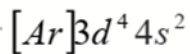
(آ) چند الکترون در این عنصر با $L=0$ دارد؟

(ب) چند الکترون در $n=2$ در این عنصر وجود دارد؟

(پ) چند زیر لایه از الکترون پر شده است؟

(ت) لایه ظرفیت این عنصر شامل کدام زیر لایه ها است؟

? با توجه به آرایش الکترونی عنصرهای داده شده به پرسش های زیر پاسخ دهید:



(آ) آرایش الکترونی کدام عنصر درست نوشته نشده است؟ صحیح آن را بنویسید.

(ب) کدام یک جزء عناصر واسطه است؟

(پ) کدام عناصر در یک دوره اند؟ عدد اتمی سر گروه عنصر D را بنویسید.

? آرایش الکترونی ${}_{25}\text{Mn}$ را با استفاده از آرایش گاز نجیب رسم کنید.

(آ) این عنصر جزء کدام دسته از عناصر است؟

(ب) الکترون های لایه ظرفیت آن را مشخص کنید.

(پ) این عنصر فلز است یا نافلز؟

? عنصر X هر گروه با عنصری می باشد که آرایش لایه ظرفیت آن به $ns^2 np^2$ ختم می شود و این عنصر در تناوب سوم جا دارد.

آرایش الکترونی یون پایدار X را بنویسید.

? عنصری از دوره چهارم که آخرین الکترون آن در $l=1$ قرار می گیرد و تعداد الکترون های لایه ظرفیت آن برابر با ۵ است :

آ) آرایش الکترونی آن را رسم کنید.

ب) در اتم آن عنصر چند زیر لایه با $l=0$ از الکترون اشغال شده است؟

? اگر عدد جرمی عنصری M برابر ۱۰۶ و تفاوت شمار نوترون و پروتون آن ۱۴ باشد عدد اتمی این عنصر و شمار الکترون های بیرونی ترین زیر لایه یون M^{2+} چند است؟

? اگر تفاوت شمار الکترون ها و نوترون ها در یون تک اتمی $^{62}X^{5+}$ برابر ۱۶ باشد، عدد اتمی و دوره این عنصر کدام است؟

ساختار اتم و رفتار آن

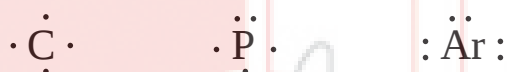
از مدت ها پیش شیمی دان ها پی بردند که گازهای نجیب در طبیعت به شکل تک اتمی یافت می شوند. این واقعیت بیانگر این است که این گازها واکنش ناپذیر بوده یا واکنش پذیری بسیار کمی دارند، از این رو پایدارند. به نظر شما آیا بین آرایش الکترونی این اتم ها، پایداری و واکنش ناپذیری آنها رابطه ای هست؟ برای یافتن پاسخ این پرسش به آرایش الکترونی چهار گاز نجیب توجه کنید:



در لایهٔ ظرفیت این اتم‌ها، هشت الکترون وجود دارد (به جز هلیوم که در تنها لایهٔ الکترونی خود، دو الکترون دارد)؛ با این توصیف می‌توان نتیجه گرفت که بین پایداری و آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت اتم‌ها باید رابطه‌ای باشد به‌طوری‌که اگر لایهٔ ظرفیت اتمی، همانند آرایش الکترونی یک گاز نجیب بوده یا هشت‌تایی^۱ باشد، آن اتم واکنش‌پذیری چندانی ندارد؛ به دیگر سخن اگر لایهٔ ظرفیت اتمی چنین نباشد، آن اتم واکنش‌پذیر است.

لوویس برای توضیح و پیش‌بینی رفتار اتم‌ها، آرایشی به نام آرایش الکترون - نقطه‌ای^۲ ارائه کرد که در آن الکترون‌های ظرفیت هر اتم، پیرامون نماد شیمیایی آن با نقطه نمایش داده می‌شود؛ برای نمونه، آرایش الکترون - نقطه‌ای سدیم به صورت Na. است.

برای رسم آرایش الکترون - نقطه‌ای هر اتم، می‌توان نقطه‌گذاری را از یک سمت مانند سمت راست نماد شیمیایی عنصر آغاز کرد و نقطه‌های بعدی را در زیر، سمت چپ و بالای آن قرار داد. الکترون پنجم و پس از آن را باید طوری پیرامون نماد شیمیایی عنصر قرار داد که هر یک به صورت جفت نقطه درآید؛ برای نمونه آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم‌های کربن، فسفر و آرگون به صورت زیر است:



خود را بیازمایید

آ) جدول زیر را کامل کنید.

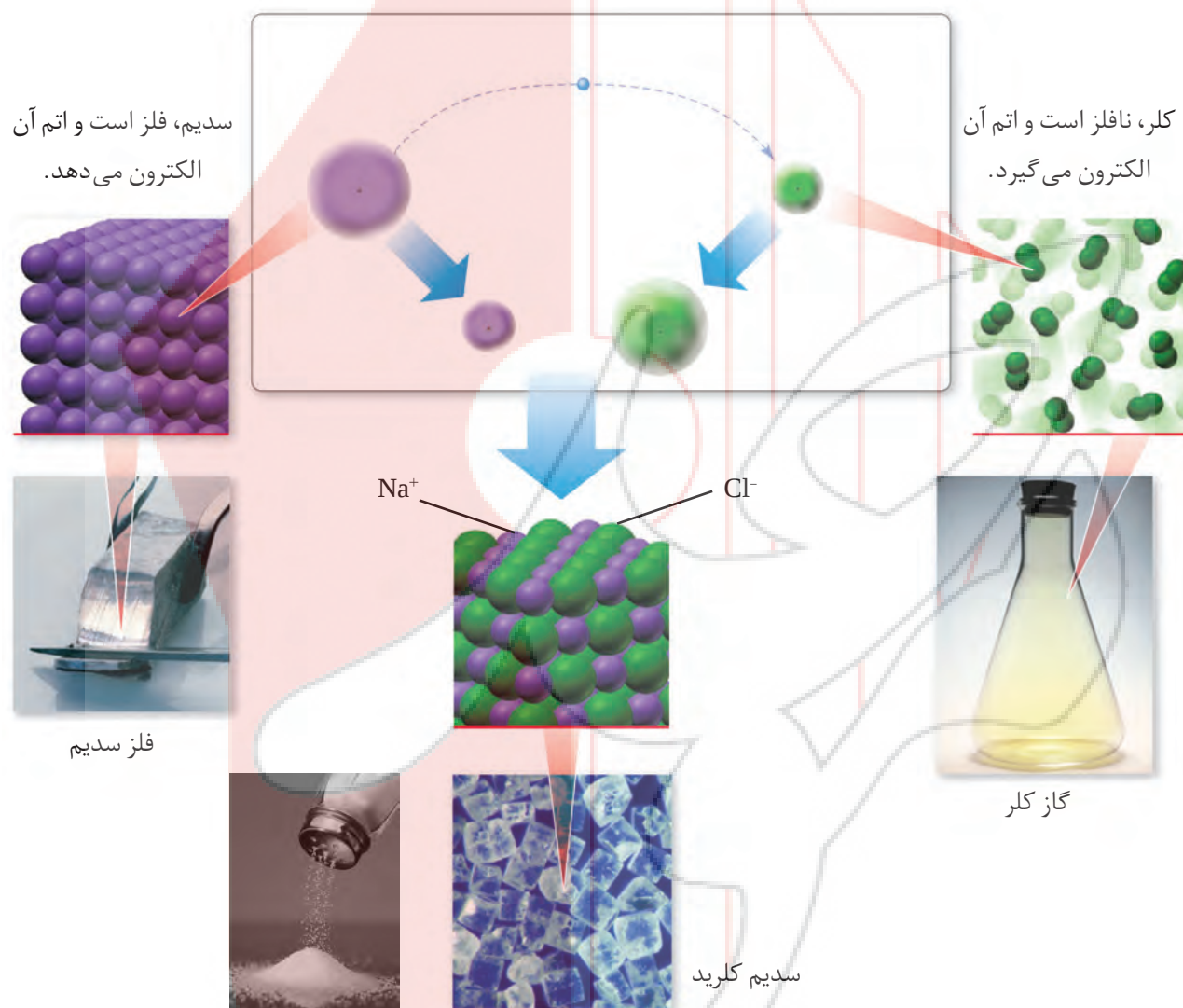
عنصر	${}^3\text{Li}$	${}^4\text{Be}$	${}^5\text{B}$	${}^6\text{C}$	${}^7\text{N}$	${}^8\text{O}$	${}^9\text{F}$	${}^{10}\text{Ne}$
آرایش الکترونی فشرده								
شمار الکترون ظرفیت								
آرایش الکترون - نقطه‌ای								
عنصر	${}^{11}\text{Na}$	${}^{12}\text{Mg}$	${}^{13}\text{Al}$	${}^{14}\text{Si}$	${}^{15}\text{P}$	${}^{16}\text{S}$	${}^{17}\text{Cl}$	${}^{18}\text{Ar}$
آرایش الکترونی فشرده								
شمار الکترون ظرفیت								
آرایش الکترون - نقطه‌ای	Na.							

ب) آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم عنصرهای یک گروه چه شباهتی دارد؟ توضیح دهید.

پ) بین شمارهٔ گروه و آرایش الکترون - نقطه‌ای چه رابطه‌ای هست؟ توضیح دهید.

● از دست دادن، گرفتن یا به اشتراک گذاشتن الکترون نشانه‌ای از رفتار شیمیایی اتم است.

رفتار شیمیایی هر اتم به شمار الکترون‌های ظرفیت آن بستگی دارد به طوری که می‌توان دستیابی به آرایش گاز نجیب را مبنای رفتار آنها دانست. در واقع اتم‌ها می‌توانند با دادن الکترون، گرفتن الکترون و نیز به اشتراک گذاشتن آن به آرایش یک گاز نجیب برسند یا هشت تایی شوند تا پایدارتر گردند. در درس علوم آموختید که هرگاه اتم‌های سدیم و کلر کنار یکدیگر قرار گیرند، اتم سدیم با از دست دادن یک الکترون به یون سدیم و اتم کلر با گرفتن یک الکترون به یون کلرید تبدیل شده و در این واکنش سدیم کلرید (نمک خوراکی) تولید می‌شود (شکل ۲۵).



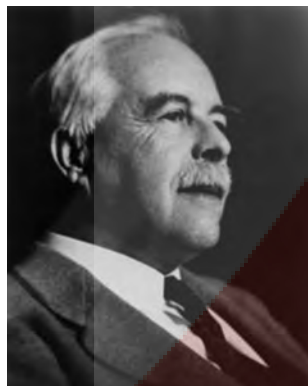
شکل ۲۵- واکنش اتم‌های سدیم با کلر، دادوستد الکترون و تشکیل سدیم کلرید

شکل نشان می‌دهد که اتم‌های سدیم با از دست دادن الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب پیش از خود (نئون) و اتم‌های کلر با گرفتن الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب هم دوره خود (آرگون) می‌رسند.

آیا می دانید

گیلبرت نیوتن لوویس
(۱۸۷۵-۱۹۴۶)

یکی از پیشتاازان دانش شیمی و بنیان‌گذار نظریه تشکیل پیوند شیمیایی و نظریه الکترونی اسید-باز بود. او واژه فوتون را برای ذره‌های سازنده نور پیشنهاد کرد.



این شیمی فیزیک‌دان امریکایی ۳۵ بار نامزد دریافت جایزه نوبل شد اما هیچ‌گاه این جایزه را دریافت نکرد. این ناکامی هیچ‌چیز از ارزشمندی، ماندگاری و تأثیرگذاری کارهای علمی لوویس کم نمی‌کند.

با هم ببیندیشیم

۱- جدول زیر را در نظر بگیرید:

۱											۱۸					
H·											He:					
	۲															
Li·	Be·										·B·	·C·	·N·	·O·	·F·	:Ne:
Na·	Mg·										·Al·	·Si·	·P·	·S·	·Cl·	:Ar:

آ) آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم‌های داده شده را با اتم گازهای نجیب، مقایسه و پیش‌بینی کنید

هر یک از این اتم‌ها در واکنش‌های شیمیایی چه رفتاری خواهد داشت؟

ب) بررسی‌ها نشان می‌دهد که اغلب این اتم‌ها در طبیعت به صورت یون در ترکیب‌های گوناگون یافت می‌شود. جدول زیر یون‌های شناخته شده از این اتم‌ها را نشان می‌دهد. اکنون با توجه به آن، درستی پیش‌بینی‌های خود را بررسی کنید.

۱							۱۸		
							He		
	۲								
Li ⁺									
Na ⁺	Mg ^{۲+}								
K ⁺	Ca ^{۲+}								

۲- با توجه به جدول در هر مورد با خط‌زدن واژه نادرست، عبارت داده شده را کامل کنید.

آ) اگر شمار الکترون‌های ظرفیت اتمی کمتر یا برابر با $\frac{\text{سه}}{\text{چهار}}$ باشد، آن اتم در شرایط مناسب تمایل دارد که $\frac{\text{شماری از}}{\text{همه}}$ الکترون‌های ظرفیت خود را از دست بدهد و به $\frac{\text{کاتیون}}{\text{آنیون}}$ تبدیل شود.

ب) اتم عنصرهای گروه ۱ و ۲ در شرایط مناسب با $\frac{\text{از دست دادن}}{\text{گرفتن}}$ الکترون به $\frac{\text{کاتیون}}{\text{آنیون}}$ تبدیل می‌شوند که آرایشی همانند آرایش الکترونی گاز نجیب $\frac{\text{پیش}}{\text{پس}}$ از خود را دارند.

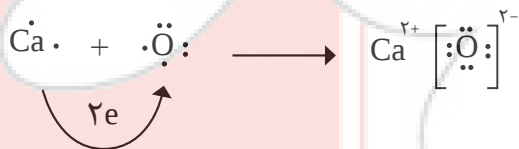
پ) اتم عنصرهای گروه ۱۵، ۱۶ و ۱۷ در شرایط مناسب با $\frac{\text{از دست دادن}}{\text{به دست آوردن}}$ الکترون به کاتیون / آنیون هایی تبدیل می شوند که آرایشی همانند آرایش الکترونی گاز نجیب هم دوره خود را دارد.

۳- پیش بینی کنید اتم هریک از عنصرهایی که به ترتیب در خانه های شماره ۷ و ۱۲ جدول دوره ای جای دارد، در شرایط مناسب به چه یونی تبدیل می شود؟

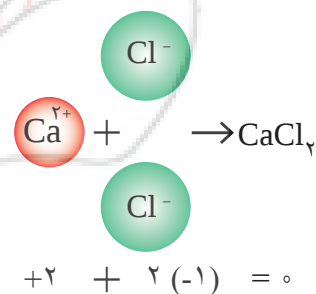
● **یون تک اتمی**، کاتیون یا آنیونی است که تنها از یک اتم تشکیل شده است؛ برای نمونه هریک از یون های Na^+ و Cl^- ، تک اتمی هستند.

تبدیل اتم ها به یون ها

اتم اکسیژن برای رسیدن به آرایش گاز نجیب پس از خود باید دو الکترون بگیرد در حالی که اتم کلسیم باید دو الکترون ظرفیت خود را از دست بدهد تا به آرایش پایدار گاز نجیب پیش از خود برسد؛ به دیگر سخن هرگاه اتم های این دو عنصر در شرایط مناسب، کنار هم قرار گیرند، با هم واکنش می دهند به طوری که با دادوستد الکترون به یون های Ca^{2+} و O^{2-} تبدیل می شوند. میان یون های تولید شده به دلیل وجود بارهای الکتریکی ناهمنام، نیروی جاذبه بسیار قوی برقرار می شود؛ نیروی جاذبه ای که **پیوند یونی**^۱ نامیده می شود. ترکیب حاصل از این واکنش، کلسیم اکسید نام دارد که آن را با فرمول شیمیایی CaO نشان می دهند. این فرمول شیمیایی نشان می دهد که کلسیم و اکسیژن دو عنصر سازنده این ترکیب اند و نسبت یون های سازنده آن ۱ به ۱ است. ترکیب هایی از این دست که ذره های سازنده آنها یون است، **ترکیب یونی**^۲ نام دارند.



● هر ترکیب یونی که تنها از دو عنصر ساخته شده، **ترکیب یونی دوتایی** نامیده می شود. این ترکیب ها می توانند از واکنش فلزها با نافلزها پدید آیند.

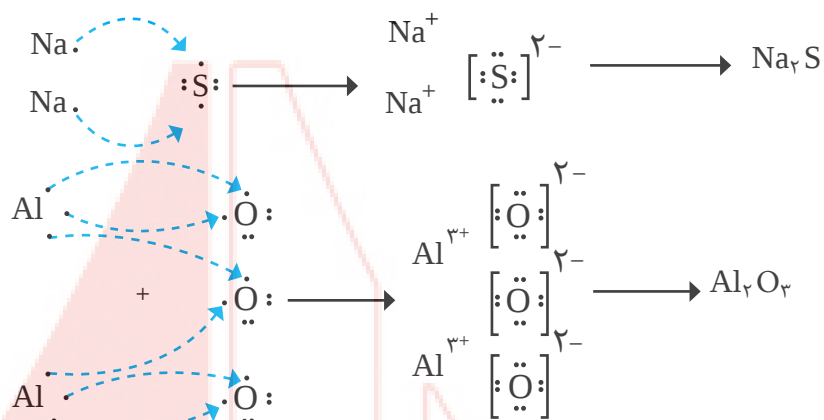


با هم بیندیشیم

هر ترکیب یونی از لحاظ بار الکتریکی خنثی است؛ زیرا مجموع بار الکتریکی کاتیون ها با مجموع بار الکتریکی آنیون ها برابر است. از این ویژگی می توان برای نوشتن فرمول شیمیایی ترکیب های یونی دوتایی بهره برد؛ برای نمونه به چگونگی تشکیل سدیم سولفید و آلومینیم اکسید و نوشتن فرمول شیمیایی آنها توجه کنید.

● فرمول شیمیایی کلسیم کلرید نشان می دهد که نسبت کاتیون به آنیون سازنده آن، ۱ به ۲ است.

نام کاتیون	نماد شیمیایی کاتیون
هیدروژن	H ⁺
لیتیم	Li ⁺
سدیم	Na ⁺
پتاسیم	K ⁺
روبیوم	Rb ⁺
سزیم	Cs ⁺
آمونیم	NH ₄ ⁺
مس (I)	Cu ⁺
نقره	Ag ⁺
جیوه (I)	Hg ₂ ²⁺
منیزیم	Mg ₂ ²⁺
کلسیم	Ca ²⁺
استرانسیم	Sr ²⁺
باریم	Ba ²⁺
تیتانیم (II)	Ti ²⁺
کروم (II)	Cr ²⁺
منگنز (II)	Mn ²⁺
آهن (II)	Fe ²⁺



۱- روشی برای نوشتن فرمول شیمیایی ترکیب‌های یونی دوتایی ارائه کنید.

۲- فرمول شیمیایی هر یک از ترکیب‌های زیر را بنویسید.

(آ) کلسیم برمید (ب) پتاسیم نیتريد

(پ) منیزیم سولفید (ت) آلومینیم فلوئورید

۳- با توجه به داده‌های جدول (آ)، شیوه نام‌گذاری ترکیب‌های یونی دوتایی را مشخص و سپس جدول (ب) را کامل کنید.

جدول (آ)

نام و نماد شیمیایی کاتیون		نام و نماد شیمیایی آنیون	
Li ⁺	یون لیتیم	Br ⁻	یون برمید
K ⁺	یون پتاسیم	I ⁻	یون یدید
Mg ²⁺	یون منیزیم	N ³⁻	یون نیتريد
Ca ²⁺	یون کلسیم	S ²⁻	یون سولفید
Al ³⁺	یون آلومینیم	F ⁻	یون فلوئورید

جدول (ب)

فرمول شیمیایی	نماد یون‌های سازنده	نام ترکیب یونی
MgO	O ²⁻ , Mg ²⁺	
CaCl ₂	Cl ⁻ , Ca ²⁺	
K ₂ O	K ⁺ , O ²⁻	
Na ₃ P	Na ⁺ , P ³⁻	سدیم فسفید
LiBr	Li ⁺ , Br ⁻	

Co ²⁺	(II) کبالت
Ni ²⁺	(II) نیکل
Cu ²⁺	(II) مس
Zn ²⁺	روی
Sn ²⁺	(II) قلع
Pb ²⁺	(II) سرب
Cd ²⁺	کادمیم
Hg ²⁺	(II) جیوه
Sc ³⁺	اسکاندیم
V ³⁺	وانادیم
Cr ³⁺	(III) کروم
Mn ³⁺	(III) منگنز
Fe ³⁺	(III) آهن
Co ³⁺	(III) کبالت
Al ³⁺	آلومینیم
Ga ³⁺	گالیم
Bi ³⁺	بیسموت
Sn ⁴⁺	(IV) قلع
Pb ⁴⁺	(IV) سرب

عبارت درست را انتخاب کنید؟

آ) عنصری با عدد اتمی ۲۰ با (گرفتن - ازدست دادن) الکترون به (کاتیون - آنیون) تبدیل می شود و به آرایشی شبیه گاز نجیب (پیش - پس) از خود می رسد.

ب) اتم های نافلزها با هم، در شرایط مناسب با تشکیل پیوندهای (اشتراکی - یونی) می توانند (مولکول - ترکیب یونی) را بسازند.

پ) در مولکول CS_2 ، تعداد (یک - دو) پیوند دوگانه و (دو - چهار) جفت ناپیوندی وجود دارد.

ت) گازهای نجیب در طبیعت به صورت گاز (تک اتمی - دو اتمی) وجود دارند.

ث) کلر (فلز - نافلز) و سدیم (فلز - نافلز) است. اولی یک الکترون (می گیرد - می دهد) و دومی یک الکترون (می گیرد - می دهد) تا به هشتایی پایدار برسد.

درستی یا نادرستی عبارت های زیر را مشخص کرده و شکل درست عبارت های نادرست را بنویسید.

آ) فرمول کلی یون پایدار عنصرهای گروه ۱۶، E^{2+} است.

ب) در مولکول آب (H_2O) هر اتم هیدروژن با دو پیوند کووالانسی به اتم اکسیژن متصل است.

پ) در مولکول نیتروژن، هر اتم نیتروژن سه الکترون به اشتراک می گذارد.

ت) در آرایش الکترون - نقطه ای اتم، الکترونهاى ظرفیت آن نشان داده می شود.

ث) هر گاه ساختار الکترون نقطه ای دو عنصر شبیه به هم باشد، همواره ما می توانیم آن ها را متعلق به یک گروه در نظر بگیریم.

ج) اتم ها همواره برای رسیدن به قاعده ی هشت تایی به یون تبدیل می شوند.

چ) همواره بین دو اتم یکسان یک پیوند کووالانسی ساده تشکیل می شود.

ح) اتم عنصرهایی که در ساختار الکترون - نقطه ای کم تر از ۸ الکترون دارند، به حالت آزاد در طبیعت وجود ندارند.

خ) بین یونهاى مثبت و منفی نیروی جاذبه بسیار قوی برقرار می شود که (پیوند یونی - پیوند کووالانسی) نامیده می شود

د) ترکیب های یونی که تنها از دو (عنصر - اتم) تشکیل شده است ترکیب یونی دوتایی نامیده می شود

ذ) اتم اکسیژن برای رسیدن به آرایش گاز نجیب دو الکترون (می گیرد - ازدست میدهد) درحالیکه کلسیم دو الکترون (می گیرد - ازدست می دهد)

ر) گاز نجیبی که لایه ظرفیت آن با دو الکترون پر شده است؟ (He یا Ne)

ز) در ترکیب یونی MBr_2 ، کاتیون M کدام یک می تواند باشد؟ (Ba^{2+} یا K^+)

؟ به سوالات زیر پاسخ کوتاه بدهید.

- (آ) چرا ساختار الکترون - نقطه ای عنصرهای یک گروه معمولاً شبیه به هم است؟
- (ب) ساختار الکترون - نقطه ای عنصر He شبیه به کدام گروه از جدول می باشد؟ چرا؟
- (پ) اتم ها از چه راه هایی می توانند لایه ی ظرفیت خود را هشت الکترونی کنند؟
- (ث) اگر یون A^{2+} با B^{3-} ترکیب یونی تشکیل دهد، فرمول حاصل از آن ها را بنویسید.
- (ج) پرتوهای کیهانی چه تاثیری روی مولکول های مورد مطالعه دارند؟

؟ در ترکیب یونی X_2Y_3 ،

- (آ) اتم X به کاتیون تبدیل شده است یا آنیون؟
- (ب) بار کاتیون و آنیون را تعیین کنید.
- (پ) اتم Y به کدام گروه از جدول دوره ای تعلق دارد؟

؟ با توجه به فرمول دو ترکیب MgO و Na_3P پاسخ دهید:



- (آ) یون های سازنده ترکیب Na_3P را مشخص کنید.
- (ب) با توجه به فرمول شیمیایی این دو ترکیب فرمول شیمیایی منیزیم فسفید را بنویسید

؟ (آ) عنصر X با سدیم ترکیب یونی Na_3X را ایجاد می کند عنصر X به کدام گروه از جدول تناوبی تعلق دارد (برای پاسخ خود دلیل بنویسید)

(ب) کدامیک از ترکیب های زیر یونی است ؟ چرا؟ (N_2O , CU_2O , CH_4)

? آرایش الکترونی عنصر A به صورت $[\text{Ne}]3s^2 3p^3$ و عنصر B به صورت $[\text{Ar}]4s^2$ است فرمول شیمیایی ترکیب حاصل از این دو عنصر را بنویسید.

? با توجه به جدول داده شده به سوالات پاسخ دهید:

عنصر	A	B	C	D	E	F
آرایش آخرین زیر لایه	$3p^3$	$1s^1$	$2p^2$	$3p^4$	$2p^4$	$3p^3$

الف) مدل الکترون نقطه ای اتم E را بنویسید

ب) فرمول شیمیایی حاصل از ترکیب B با F را بنویسید

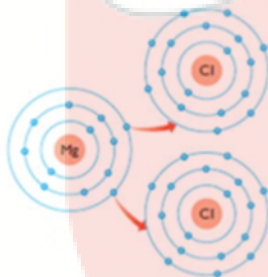
پ) نماد شیمیایی یون پایدار D را بنویسید

ت) عنصر C فلز است یا نافلز؟

? تعیین کنید در کدام یک از ترکیب های زیر آنیون و کاتیون به آرایش هشتایی رسیده است؟ (با ذکر دلیل) Na و FeCl_2



? شکل زیر چگونگی مبادله الکترون بین اتم منیزیم و کلر در تشکیل ترکیب یونی منیزیم کلرید را نشان می دهد. با توجه به شکل به پرسش ها پاسخ دهید.



آ) نماد کاتیون و آنیون این ترکیب را بنویسید.

ب) کاتیون و آنیون این ترکیب تک اتمی اند یا چنداتمی؟

پ) فرمول این ترکیب یونی را بنویسید.

ت) آیا این ترکیب از نظر بار الکتریکی خنثی است؟ چرا؟



با توجه به شکل به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف) در قسمت A چند کاتیون و چند آنیون وجود دارد؟ بار آنیون و بار کاتیون ها را تعیین نمایید.

ب) نماد شیمیایی ترکیب B را بنویسید.

پ) اتمی با عدد اتمی ۱۶، هم گروه با کدام ذره ی X یا M می باشد؟ چرا؟

ت) اگر بدانیم ذره ی M به دسته ی p تعلق دارد، آرایش الکترونی لایه ی آخر آنرا نوشته و شمار



با توجه به جدول زیر به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید:

آ- اتم های A و X تشکیل چه پیوندی را می دهند؟

ب- فرمول شیمیایی ترکیب حاصل از اتم های B و N را بنویسید ؟

پ- ساختار یون پایدار اتمی که با اتم M هم گروه و با اتم C هم ردیف باشد را بنویسید.

ت) اتم E با هیدروژن ترکیب شده طریقه تشکیل آن را با رسم آرایش الکترونی توضیح دهید.

۱		۱۸					
	۲		۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷
A				E	M	N	
	C		D				X
	B	عناصر واسطه					
							Y

[illegible]

تبدیل اتم‌ها به مولکول‌ها

آیا می‌دانید

اخترشیمی‌دان‌ها توانسته‌اند وجود مولکول‌های گوناگونی را در نقاط بسیار دوری از کیهان ثابت کنند. طیف‌سنجی، دانشی است که کمک شایانی به این پژوهش‌ها کرده است. تاکنون بیش از 120° مولکول در فضاها بین ستاره‌ای شناخته شده است. این مولکول‌ها دو یا چند اتمی است. بسیاری از مولکول‌های یافت شده در زمین نیز هست؛ اما مولکول‌هایی هم شناخته شده است که در زمین وجود ندارد. مولکول‌های یاد شده بر اثر تابش پرتوهای کیهانی از جمله تابش فرابنفش به یون‌های مثبت تبدیل می‌شود؛ بنابراین افزون بر مولکول‌ها، گونه‌هایی با بار الکتریکی مثبت نیز در فضاها بین ستاره‌ای وجود دارد.

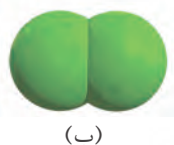
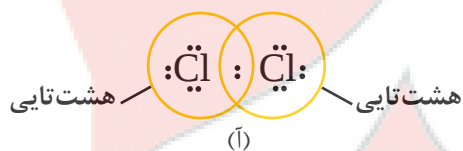
آیا همه اتم‌ها هنگام ترکیب با یکدیگر، الکترون دادوستد می‌کنند؟ در درس علوم آموختید که بسیاری از ترکیب‌های شیمیایی در ساختار خود هیچ یونی ندارند و ذره‌های سازنده آنها مولکول‌ها هستند. حال این پرسش مطرح است که رفتار کدام اتم‌ها سبب تشکیل مولکول‌ها خواهد شد؟ آیا در تشکیل مولکول‌ها رسیدن به آرایش هشت‌تایی ملاکی برای رفتار اتم‌هاست؟ برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها به آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم کلر توجه کنید.



گاز کلر که خاصیت رنگ‌بری و گندزدایی دارد از مولکول‌های دو اتمی (Cl_2) تشکیل شده است. با توجه به آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم کلر می‌توان تشکیل این مولکول را به صورت زیر نشان داد:



با این توصیف هر اتم کلر، تک الکترون خود را با دیگری به اشتراک می‌گذارد به طوری که دو الکترون موجود بین دو اتم در آرایش الکترون - نقطه‌ای به هر دوی آنها تعلق دارد. در این وضعیت هر یک از اتم‌ها به آرایش هشت‌تایی رسیده است (شکل ۲۶).

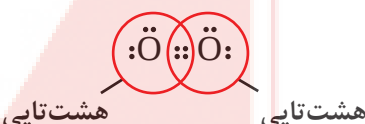


شکل ۲۶- نمایش مولکول کلر (آ) آرایش هشت‌تایی اتم‌ها در مولکول و (ب) مدل فضا پرکن

جفت الکترون اشتراکی میان دو اتم کلر در مولکول Cl_2 ، نشان‌دهنده یک پیوند اشتراکی (کووالانسی)^۱ است؛ پیوندی که سبب اتصال دو اتم به یکدیگر در مولکول شده است؛ به دیگر سخن اتم نافلزها در شرایط مناسب با تشکیل پیوندهای اشتراکی می‌توانند مولکول‌های دو یا چند اتمی را بسازند (جدول ۴).

● مواد شیمیایی خالصی که در ساختار خود مولکول دارند، مواد مولکولی نامیده می‌شوند.

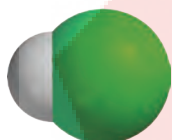
جدول ۴- چگونگی تشکیل و نمایش مولکول های اکسیژن و آب

تشکیل مولکول از اتم ها	$\begin{array}{c} \cdot\ddot{O}\cdot + \cdot\ddot{O}\cdot \\ \swarrow \quad \searrow \\ :\ddot{O}::\ddot{O}: \quad \text{یا} \quad :\ddot{O}=\ddot{O}: \end{array}$	$\begin{array}{c} H\cdot + \cdot\ddot{O}\cdot + \cdot H \\ \swarrow \quad \searrow \\ H:\ddot{O}:H \quad \text{یا} \quad H-\ddot{O}-H \end{array}$
آرایش الکترون - نقطه ای مولکول		
مدل فضا پرکن		
فرمول مولکولی	O_2	H_2O

هم

• به فرمول شیمیایی که افزون بر نوع عنصرهای سازنده، شمار اتم های هر عنصر را در مولکول نشان می دهد، فرمول مولکولی می گویند.

i



(HCl)

i



(NH₃)

i



(CH₄)

• مدل فضا پرکن برای برخی مولکول ها

خود را بیازمایید

۱- آرایش الکترون - نقطه ای را برای هر یک از مولکول های زیر رسم کنید.

آ) هیدروژن کلرید (HCl)

ب) آمونیاک (NH₃)

پ) متان (CH₄)

۲- جرم مولی هر یک از ترکیب های داده شده در پرسش بالا را با استفاده از داده های

جدول دوره ای به دست آورید.

راهنمایی: جرم مولی یک ماده با مجموع جرم مولی اتم های سازنده آن برابر است. برای

نمونه، جرم مولی آب برابر است با: $16/0 + 2 \times 1/008 = 18/016 \text{ g mol}^{-1}$

ترکیبات مولکولی

ترکیبات مولکولی معمولا از دو نافلز ساخته شده اند و با اشتراک گذاشتن الکترون و تشکیل پیوند کوالانسی بوجود می آیند. برای رسم ساختار ترکیبات مولکولی از روش لوویس (ساختار الکترون نقطه ای) استفاده می شود.
نکته: B، Be و بعضی از ترکیبات Al پیوند کوالانسی تشکیل می دهند.

نام گذاری ترکیبات مولکولی:

(تعداد نافلز سمت چپ با پیشوندهای یونانی + نام نافلز سمت چپ) + (تعداد نافلز سمت راست با پیشوندهای یونانی + نام نافلز سمت راست) + ید

نکته: برای نوشتن تعداد نافلز می توان از پیشوندهای یونانی استفاده نمود.

تعداد نافلز	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
پیشوند یونانی	مونو	دی	تری	تترا	پنتا	هگزا	هپتا	اوکتا	نونا	دکا

تذکر: اگر تعداد نافلز سمت چپ برابر ۱ باشد از نوشتن مونو خودداری می کنیم. ولی برای نافلز دوم، مونو را می نویسیم. مانند کربن مونواکسید (CO)

مثال (۱۱) نام یا فرمول ترکیبات کوالانسی زیر را به روش پیشوند بنویسید

فرمول						NO	CF ₄	SO ₃	IF ₇	P ₄ O ₁₀	Cl ₂ O ₇	SF ₄	NCl ₃
نام	گوگرد دی اکسید	فسفر پنتا برمید	برم هپتا فلوئورید	دی نیتروژن مونو اکسید	دی نیتروژن تری اکسید								

رسم ساختار ترکیبات مولکولی

برای رسم ساختار ترکیبات مولکولی از روشی به نام روش لوویس یا ساختار الکترون نقطه ای استفاده می شود.

مثال) ساختار لوویس CH_3Cl را رسم کنید. (1H , 6C , 17Cl)

مراحل رسم:

۱- پیدا کردن اتم مرکزی:

۲- چیدن اتم های مجاور دور اتم مرکزی:

۳- محاسبه تعداد الکترون موجود در اتم ها (e_m):

۴- محاسبه الکترون های لازم برای کامل شدن لایه آخر اتم ها (e_L):

$$\text{پیوند} = \frac{e_L - e_m}{2}$$

۵- محاسبه تعداد پیوند از روی فرمول

۶- اتصال اتم ها به اتم مرکزی و قرار دادن الکترون های ناپیوندی

ساختار های نکته دار

نکته: هالوژنها و H فقط پیوند یگانه می گیرند.

نکته: زمانی که یک مولکول دارای چند ساختار لوویس باشد (مانند N_2O و N_3^-) ، ساختاری قابل قبول است که بار قراردادی روی اتم های آن کمتر باشد و بار منفی روی عنصر نافلز تر باشد. بار قراردادی باری است که بر روی تک تک اتم های یک مولکول قرار دارد و با فرمول زیر می توانیم برای اتم های مولکول آن را حساب کنیم.

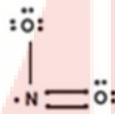
تعداد الکترونهاى اطراف اتم - الکترونهاى لایه ظرفیت اتم = بار اتم در ملکول

رسم ساختار لوئیس اکسیدهای کلر

اکسیدهای کلر ترکیباتی هستند که از اکسیژن و کلر تشکیل شده اند. مانند Cl_2O , Cl_2O_3 , Cl_2O_5 , Cl_2O_7 . در رسم ساختار لوویس این ملکولها یکی از اکسیژن ها را در وسط قرار می دهیم و دو اتم کلر را با پیوند یگانه به آن متصل می کنیم و بقیه اکسیژن ها را با پیوند یگانه به کلرها متصل می کنیم. در آخر با قرار دادن الکترونها به صورت نقطه، همه اتم ها را ۸ تایی می کنیم.

رسم ساختار لوویس اکسیدهای نیتروژن

اکسیدهای نیتروژن ترکیباتی هستند که از اکسیژن و نیتروژن تشکیل شده اند. مانند NO_2 , NO , N_2O_3 , N_2O_4 , N_2O_5 . برای رسم ساختار لوویس اکسیدهای نیتروژن، ابتدا ساختار لوویس NO_2 و NO را به صورت زیر رسم می کنید.



رسم ساختار اسیدهای اکسیژن دار

نکته: در اسیدهای اکسیژن دار هر اتمی به غیر H و O اتم مرکزی است.

نکته: در رسم ساختار لوویس اسیدهای اکسیژن دار (بجز اسیدهای اکسیژن دار فسفر)، ابتدا هیدروژن را به اکسیژن وصل کرده سپس O-H- تولید شده از طرف O به اتم مرکزی متصل می شود.

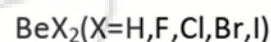
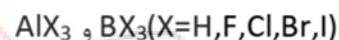
نکته: اکسیژن O-H- هیچ وقت پیوند دوگانه نمی گیرد.

نکته: در رسم اسیدهای اکسیژن دار فسفر، یکی از O ها، اتم H نمی گیرد در حالی که بقیه O ها می توانند H بگیرند و O-H- تولید کنند و O-H- های تولید شده به اتم مرکزی P متصل می شوند. اگر هیدروژنی بدون O باقی ماند، مستقیماً به اتم مرکزی P متصل می شود.

ساختار لوویس مولکولهایی که اتم مرکزی از قاعده اکتت پیروی نمی کنند

این مولکول ها به دو دسته تقسیم می شوند. در دسته اول اتم مرکزی کمتر از ۸ الکترون دارد و در دسته دوم اتم مرکزی بیش از ۸ الکترون دارد.

نکته: در مولکول هایی که اتم مرکزی آنها Be و B و Al است اتم مرکزی کمتر از ۸ الکترون دارد. این مولکول ها شامل:



نکته: در دو مولکول NO و NO₂ اتم مرکزی N دارای ۷ الکترون می باشد.

نکته: ساختار لوویس مولکولهایی که اتم مرکزی بیش از ۸ الکترون دارند شامل: XeF₄ و BrF₅ و IF₇ و ClF₃ و PCl₅ و SF₄

در این مولکولها نمی توان از روش گفته شده برای رسم ساختار لوویس استفاده کرد و باید هر ساختار را جداگانه یاد بگیرید این نوع مولکولها به دو دسته تقسیم می شوند.

نکته: برای به دست آوردن باریون یا شماره گروه یک ساختار لوویس از رابطه‌ی زیر استفاده می‌کنیم:

مجموع الکترون‌های مورد نیاز

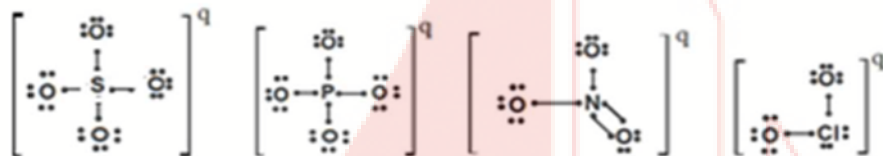
+ بار یون به همراه علامتش

برای پایدار شدن همه اتم‌ها

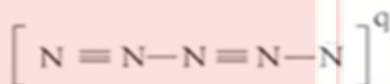
= تعداد پیوند کوالانسی

۲

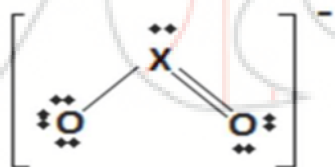
با توجه به این که در یون زیر همه‌ی اتم‌ها از قاعده‌ی اوکتت پیروی می‌کنند مقدار بار یون این ترکیب را به دست آورید.



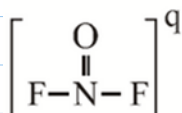
با توجه به این که در یون زیر همه‌ی اتم‌ها از قاعده‌ی اوکتت پیروی می‌کنند مقدار بار یون این ترکیب را به دست آورید.



شماره گروه عنصر X را در هر یک از ترکیبات زیر بدست آورید.



با توجه به این که در یون همه اتم‌ها از قاعده‌ی هشتایی پیروی می‌کنند بار الکتریکی این یون (q) کدام است؟



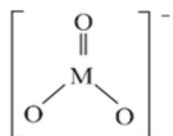
-۲ (۲)

-۱ (۱)

+۲ (۴)

+۱ (۳)

با توجه به ساختار یون مقابل که همه اتم‌ها از قاعده اوکتت پیروی می‌کنند اتم M جزء کدام گروه است؟



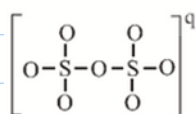
۱۵ (۲)

۱۴ (۱)

۱۷ (۴)

۱۶ (۳)

اگر در ساختار لوویس مقابل هم اتم‌ها از قاعده اوکتت پیروی کنند مقدار q کدام است؟



+۲ (۲)

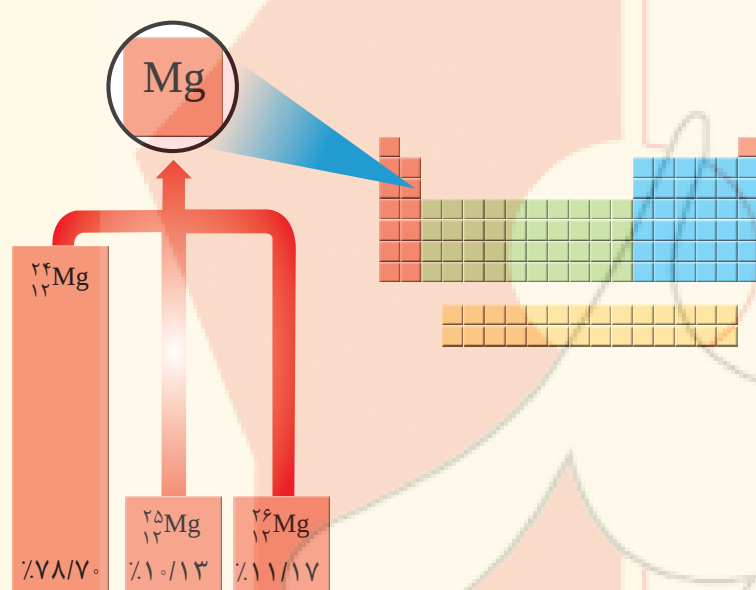
+۱ (۱)

-۲ (۴)

-۱ (۳)

تمرین‌های دوره‌ای

- ۱- بررسی نمونه‌ای از یک شهاب‌سنگ نشان داد که در این شهاب‌سنگ ایزوتوپ‌های ^{54}Fe , ^{56}Fe , ^{57}Fe وجود دارد.
 (آ) آرایش الکترونی ^{56}Fe را رسم کنید.
 (ب) موقعیت آهن را در جدول دوره‌ای عناصر مشخص کنید.
 (پ) آهن به کدام دسته از عناصر جدول تعلق دارد؟
 (ت) آیا آرایش الکترونی ایزوتوپ‌های آهن یکسان است؟ چرا؟
- ۲- با استفاده از آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم‌ها در هر مورد، روند تشکیل، نام و فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از واکنش اتم‌های داده شده را مشخص کنید.
 (آ) ^{39}K با ^9F (ب) ^{20}Ca با ^{7}N (پ) ^{13}Al با ^9F

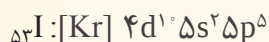
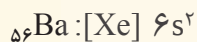


- ۴- هرگاه یک جریان الکتریکی متناوب و 110° ولتی به یک خیار شور اعمال شود، خیار شور مانند شکل زیر شروع به درخشیدن می‌کند. علت ایجاد نور رنگی را توضیح دهید.



این آزمایش توسط یک شیمی‌دان در شرایط ایمن و درون آزمایشگاه انجام شده است، از انجام چنین آزمایش‌هایی در بیرون از آزمایشگاه و در نبود معلم، خودداری کنید.

۵- آرایش الکترونی اتم‌های باریم و ید به شما داده شده است؛ با توجه به آن:



(آ) پیش‌بینی کنید که هر یک از اتم‌های باریم و ید در شرایط مناسب به چه یونی تبدیل می‌شود؟ چرا؟
(ب) فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از واکنش باریم با ید را بنویسید.

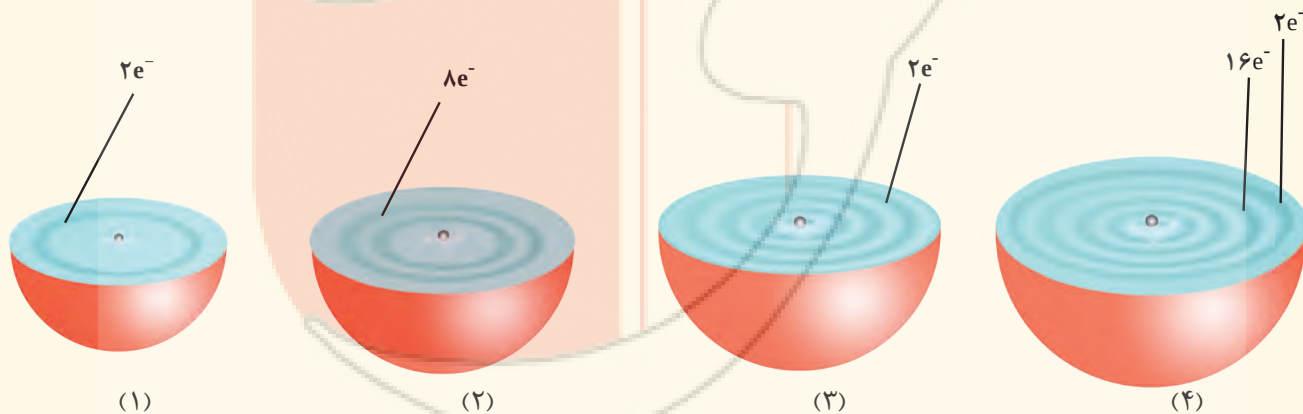
۶- اگر میانگین جرم هر اتم بور (B)، در حدود $10^{-23} \times 1/794$ باشد، جرم مولی آن را حساب و با جدول دوره‌ای مقایسه کنید.

۷- گرافیت دگر شکلی از کربن است. در سده شانزدهم میلادی تکه بزرگی از گرافیت خالص کشف شد که بسیار نرم بود. به دلیل شکل ظاهری آن، مردم می‌پنداشتند که گرافیت از سرب تشکیل شده است. امروزه با آنکه می‌دانیم مغز مداد از جنس گرافیت است، اما این ماده همچنان به سرب مداد معروف است. در 36°C گرم گرافیت خالص، چند مول کربن و چند اتم کربن وجود دارد؟

۱							
۱ H هیدروژن				۱۵ N نیتروژن	۱۶ O اکسیژن	۱۷ F فلوئور	
						۱۷ Cl کلر	
						۳۵ Br برم	
						۵۳ I ید	

۸- در جدول روبه‌رو عنصرهایی نشان داده شده است که در دما و فشار اتاق به شکل ماده مولکولی با مولکول‌های دو اتمی وجود دارند. با استفاده از آرایش الکترون-نقطه‌ای، ساختار این مولکول‌ها را رسم کنید.

۹- هر یک از شکل‌های زیر برشی از اتم یک عنصر را نشان می‌دهد؛ با توجه به آن:



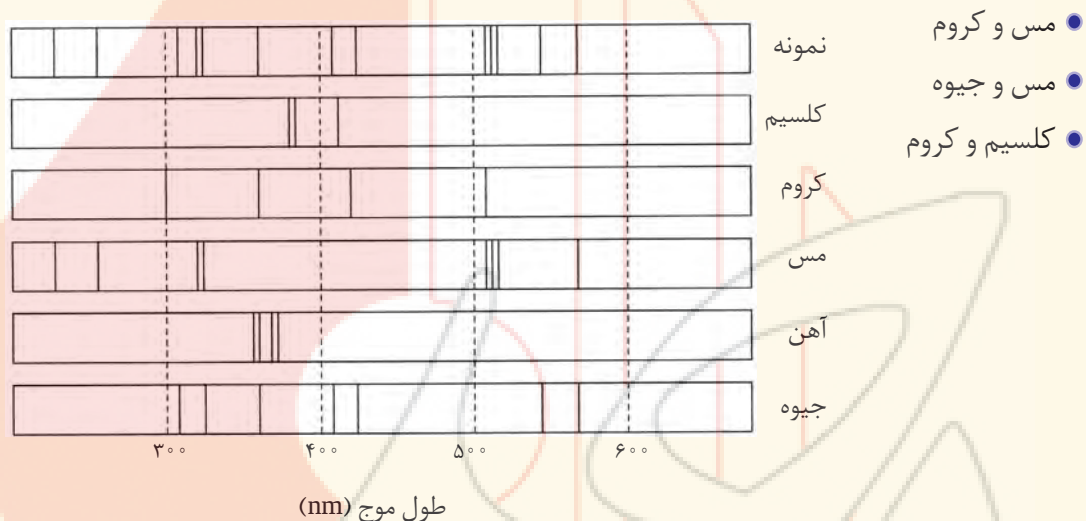
آ) موقعیت هر عنصر را در جدول دوره‌ای تعیین کنید.

ب) کدام اتم (ها) تمایلی به انجام واکنش و ترکیب شدن ندارد؟ چرا؟

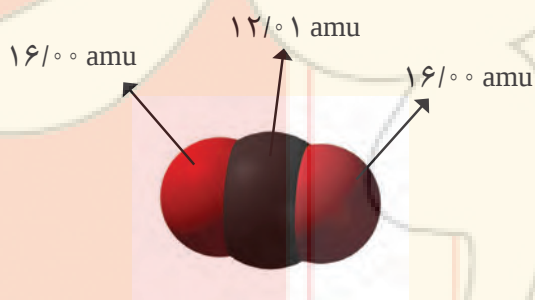
پ) آرایش الکترون - نقطه‌ای (۲) و (۳) را رسم و پیش‌بینی کنید هر یک از این اتم‌ها در واکنش با فلئور چه رفتاری دارد؟

ت) در اتم (۴) چند زیر لایه به‌طور کامل از الکترون‌ها پر شده است؟ توضیح دهید.

۱۰- پژوهشگران در حفاری یک شهر قدیمی، تکه‌ای از یک ظرف سفالی پیدا کردند. آنها برای یافتن نوع عنصرهای فلزی آن به آزمایشگاه شیمی مراجعه کردند و از این نمونه طیف نشری گرفتند. شکل زیر الگویی از طیف نشری خطی این سفال و چند عنصر فلزی را نشان می‌دهد. با توجه به آن پیش‌بینی کنید چه فلزهایی در این سفال وجود دارد؟



۱۱- دانش‌آموزی با استفاده از مدل فضاپرکن کربن دی‌اکسید مطابق شکل زیر توانست، جرم یک مولکول از آن را برحسب amu به درستی محاسبه کند.



آ) روش کار او را توضیح دهید.

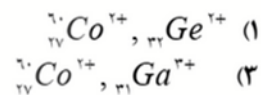
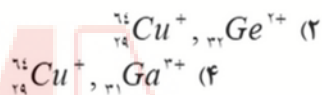
ب) جرم یک مول از مولکول نشان داده شده چند گرم است؟ چرا؟

پ) جرم مولی کربن دی‌اکسید را با استفاده از داده‌ها در جدول دوره‌ای به دست آورید.

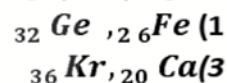
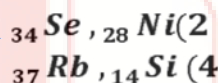
ت) با استفاده از داده‌های جدول دوره‌ای عنصرها، جرم مولی هر یک از ترکیب‌های زیر را برحسب g mol^{-1} به دست

آورید. Cl_2 ، HCl ، NaCl ، CaF_2 ، SO_3 ، Al_2O_3

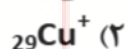
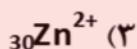
آرایش الکترونی کاتیون ${}^{60}_{30}\text{Zn}^{2+}$ ، به ترتیب از راست به چپ با آرایش الکترونی کدام گونه یکسان بوده و شمار نوترون های آن با کدام گونه برابر است؟



در اتم کدام دو عنصر دو اوربیتال نیم پر وجود دارد؟



آرایش الکترونی کدام گونه شیمیایی با آرایش الکترونی هر یک از سه گونه دیگر تفاوت دارد؟



در چند اتم عنصر های واسطه تناوب چهارم، زیر لایه 3d به ترتیب، نیم پر و پر شده است؟

۱، ۱ (۴)

۲، ۲ (۳)

۲، ۳ (۲)

۲، ۲ (۱)

در عنصری با عدد اتمی ۲۴ چند الکترون با عدد کوانتومی $l=0$ و چند الکترون با عدد کوانتومی $n=3, l=2$ وجود دارد؟ (عددهای گزینه ها را از راست به چپ بخوانید.)

۴ و ۷ (۴)

۵ و ۷ (۳)

۴ و ۸ (۲)

۶ و ۸ (۱)

اگر تفاوت شمار پروتون ها و نوترون ها در یون تک اتمی M^{+3} برابر ۳ باشد، کدام گزینه به ترتیب نشان دهنده ی تعداد زیرلایه ها و اوربیتال های اتم M است که از الکترون اشغال شده است؟

۱۵ و ۷ (۴)

۱۱ و ۷ (۳)

۱۵ و ۴ (۲)

۱۱ و ۴ (۱)

اگر عنصر A از گروه هالوژن ها با عنصر B که عدد اتمی آن برابر ۲۸ است، هم دوره باشد، عدد اتمی گاز نجیب هم دوره A کدام است و در بیرونی ترین زیرلایه الکترونی A، چند الکترون وجود دارد؟ (از راست به چپ)

۷ - ۳۶ (۴)

۷ - ۱۸ (۳)

۵ - ۳۶ (۲)

۵ - ۱۸ (۱)

اگر عنصر E از گروه ۱۵ با عنصر G که عدد اتمی آن ها برابر ۳۴ است، هم دوره باشد، عدد اتمی عنصر E کدام است و در بیرونی ترین لایه الکترونی آن، چند الکترون وجود دارد؟

(۱) ۳ - ۳۳ (۲) ۳ - ۳۵ (۳) ۵ - ۳۳ (۴) ۵ - ۳۵

اگر تفاوت شما الکترون ها و نوترون ها در یون تک اتمی $^{207}\text{M}^{2+}$ برابر ۴۵ باشد، عنصر M در کدام دوره و کدام گروه جدول تناوبی جای دارد؟

(۱) پنجم - ۱۳ (۲) ششم - ۱۴ (۳) پنجم - ۱۵ (۴) ششم - ۱۶

اگر عدد جرمی عنصر M، برابر ۱۰۶ و تفاوت شمار نوترون های آن با شمار پروتون های آن برابر ۱۴ باشد، عدد اتمی این عنصر و شمار الکترون های بیرونی ترین لایه یون M^{2+} کدامند؟ (عددها را از راست به چپ بخوانید.)

(۱) ۸ - ۴۸ (۲) ۶ - ۴۶ (۳) ۸ - ۴۶ (۴) ۶ - ۴۸

اگر تفاوت شمار الکترون ها با شمار نوترون ها در یون تک اتمی $^{93}\text{X}^{5+}$ برابر ۱۶ باشد، عدد اتمی عنصر، کدام است و در کدام تناوب جای دارد؟

(۱) ۵۱ - ششم (۲) ۵۲ - ششم (۳) ۴۱ - پنجم (۴) ۴۳ - پنجم

کدام مطلب نادرست است؟

- (۱) در یون $^{64}_{29}\text{Cu}^{2+}$ اختلاف شمار نوترون ها و الکترون ها برابر ۸ است.
- (۲) در اتم ^{22}Ti هفت زیرلایه از الکترون اشغال شده است.
- (۳) لایه ی الکترونی سوم در یون $^{24}\text{Cr}^{2+}$ دارای دوازده الکترون است.
- (۴) در یون $^{45}_{21}\text{Sc}^{3+}$ ده اوربیتال جفت الکترونی وجود دارد.

کدام مطلب درست است؟

- (۱) در اتم هیدروژن انتقال الکترون از $n=7$ به $n=1$ موجب تولید نور مرئی با بیشترین انرژی و کمترین طول موج می شود.
- (۲) عنصرهای ^{31}C و ^{20}B و ^{24}A به ترتیب عنصرهای دسته ی p, s, d هستند.
- (۳) هریک از عنصرهای ۴۰ و ۳۰ دارای ۱۰ الکترون در زیرلایه ی d خود هستند.
- (۴) در اتم گوگرد (^{16}S)، ۶ الکترون دارای مجموعه عددهای کوانتومی $l=0, n=2$ هستند.

- ؟ شمار الکترون های پیوندی در مولکول نیتروژن تری فلوئورید شمار الکترون های پیوندی در یون سیانید و شمار الکترون های ناپیوندی لایه بیرونی اتم ها در آن برابر شمار الکترون های ناپیوندی لایه بیرونی اتم ها در یون سیانید است.
- (۱) نصف - دو
(۲) نصف - پنج
(۳) برابر - دو
(۴) برابر - پنج

- ؟ در ساختار روبه‌رو همه‌ی اتم‌های X از قاعده‌ی هشتایی (اوکتت) پیروی می‌کنند. چند مورد از عبارت‌های زیر در مورد آن نادرست است؟
- $[X \equiv X - X - X \equiv X]^+$
 (آ) اتم X متعلق به گروه ۱۵ جدول تناوبی است.
 (پ) دو اتم در این ساختار فاقد الکترون ناپیوندی هستند.
 (ث) شمار جفت الکترون‌های پیوندی در این یون، ۲ برابر جفت الکترون‌های ناپیوندی است.
- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۰

- ؟ در ساختار لوویس مولکول مانند مولکول یک پیوند کووالانسی گانه وجود دارد؟
- (۱) اتن - فرمالدهید - سه
(۲) کربن دی‌اکسید - نیتروژن - دو
(۳) اتین - کربن مونوکسید - سه
(۴) گوگرد دی‌اکسید - اتان - دو

- ؟ چه تعداد از مطالب زیر ، درست اند؟
- (آ) در گونه‌های N_2O , HCN , SCO اتم مرکزی فاقد جفت الکترون ناپیوندی است
 (ب) در هر یک از گونه‌های NO_3^+ و CS_2 تعداد الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی برابر است
 (پ) گونه‌های SO_3 , CO_3^{2-} , NO_3^- ، از نظر شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی روی اتم‌های پیرامون اتم مرکزی مشابه می‌باشند.
 (ت) در دو گونه $AlCl_4^-$, SO_4^{2-} تعداد الکترون‌های پیوندی با هم برابر است.
- (۱) ۱ (۲) ۴ (۳) ۲ (۴) ۳

- ؟ مولکول NO_2Cl مانند مولکول دارای پیوند کووالانسی است و پیوند در میان آنها از نوع دوگانه است.
- (۱) نیتروژن دی‌اکسید - سه - دو
(۲) گوگرد دی‌اکسید - سه - یک
(۳) متانال - چهار - یک
(۴) کربن دی‌اکسید - چهار - دو

- ؟ در کدام گونه شمار جفت الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی برابر است؟
- (۱) فرمالدهید ($HCOH$)
 (۲) یون هیدروژن کربنات (HCO_3^-)
 (۳) کلرومتان (CH_3Cl)
 (۴) دی نیتروژن مونواکسید (N_2O)

- ؟ الکترون غیر پیوندی کدام دو ترکیب با هم برابر است؟
- (الف) CH_2O , CH_3I (ب) N_2 , HCN (ج) CH_4 , CH_3OH (د) O_3 , CH_2Cl_2

مولکول‌های CO_2 ، HCN ، CH_3O از کدام نظر همگی مانند یکدیگرند.

- (۱) شمار پیوندها
(۲) شمار الکترون‌های لایه‌ی ظرفیت اتم‌ها
(۳) ساختار لوویس
(۴) تعداد پیوند دوگانه

در کدام مولکول شش جفت الکترون ناپیوندی در لایه‌ی ظرفیت اتم‌ها وجود دارد؟

- (۱) CO_2
(۲) HCN
(۳) OF_2
(۴) SO_2

در کدام مولکول اتم مرکزی اکتت نیست؟

- (۱) N_2O_5
(۲) NO_2
(۳) N_2O_4
(۴) N_2O_3

اتم مرکزی در کدام اتم از قاعده اکتت پیروی می‌کند؟

- (۱) NO
(۲) SF_4
(۳) PCl_5
(۴) SO_2

کدام نمونه الکترون جفت نشده دارد؟

- (۱) NO^+
(۲) NO_2^+
(۳) NO_2
(۴) NO_2Cl

در چند مورد از گونه‌های PO_4^{3-} ، SnCl_4 ، PF_6^+ ، H_3O^+ ، NO_3^+ ، اتم مرکزی از قاعده هشتایی پیروی می‌کند.

- (۱) ۲
(۲) ۳
(۳) ۴
(۴) ۵

در مولکول کدام ترکیب نسب شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی لایه ظرفیت اتم‌ها به شمار جفت الکترون‌های پیوندی از سه ترکیب دیگر بیشتر است؟

- (۱) گوگرد تترا فلئورید
(۲) نیتروژن تری فلئورید
(۳) گوگرد تری اکسید
(۴) کربن دی سولفید