

## مقدمه

به نام خدا

دو روز مانده به جهان. تازه فهمید که هیچ زندگی نکرده است. تقویمش پر شده بود و تنها دو روز خط نخورده باقی بود. پریشان شد و آشفته و عصبانی. نزد خدا رفت تا روزهای بیش تری از خدا بگیرد. داد زد و بد و بی راه گفت. خدا سکوت کرد. جیغ زد و جار و جنجال به راه انداخت، خدا سکوت کرد. آسمان و زمین را به هم ریخت، خدا سکوت کرد. به پر و پای فرشته و انسان پیچید، خدا سکوت کرد. کفر گفت و سجاده دور انداخت، خدا سکوت کرد. دلش گرفت و گریست و به سجده افتاد. خدا سکوتش را شکست. و گفت: عزیزم، تمام روز را به بد و بی راه و جار و جنجال از دست دادی. تنها یک روز دیگر باقی است. بیا و لااقل این یک روز را زندگی کن. ولی اولاً به لای حق هقش گفت: اما با یک روز... با یک روز چه کار می توان کرد!

خدا گفت: آن کس که لذت یک روز زیستن را تجربه کند، گویی هزار سال زیسته است و آن که امروزش را در نمی یابد، هزار سال هم به کارش نمی آید. و آن گاه سهم یک روز زندگی را در دستانش ریخت و گفت: حالا برو زندگی کن. او مات و مبهوت به زندگی نگاه می کرد که در گودی دستانش می درخشید. اما می ترسید حرکت کند، می ترسید راه برود، می ترسید زندگی از لای انگشتانش بریزد قدری ایستاد... بعد با خودش گفت: وقتی فردایی ندارم، نگه داشتن این زندگی چه فایده ای دارد. بگذار این یک مشت زندگی را مصرف کنم. آن وقت شروع به دویدن کرد. زندگی را به سر و رویش پاشید، زندگی را نوشید و زندگی را بوید. و چنان به وجد آمد که دید می تواند تا ته دنیا بدود، می تواند بال بزند، می تواند پا روی خورشید بگذارد، می تواند... او در آن یک روز آسمان خراشی بنا نکرد. زمینی را مالک نشد. مقامی به دست نیاورد اما... اما در همان یک روز دست بر پوست درخت کشید. روی چمن خوابید. کفش دوزکی را تماشا کرد. سرش را بالا گرفت و ابرها را دید و به آنهایی که نمی شناختند، سلام کرد و برای همه ی آنها که دوستش نداشتند از ته دل دعا کرد. او در همان یک روز آشتی کرد و خندید و سبک شد، لذت برد و سرشار شد و بخشید، عاشق شد و عبور کرد و تمام شد.

او در همان یک روز زندگی کرد؛ اما فرشته ها در تقویم خدا نوشتند، امروز او در گذشت، کسی که هزار سال زیسته بود!

تقدیم به همسرم و تقدیم به پسرم آریان

علیرضا علمداری

خدایا کیست که طعم محبتت را چشید و جز تو کسی را آرزو کرد؟  
کیست که به نزدیک تو مقام گرفت و لحظه ای روی گرداندن توانست؟  
خدایا ما را از کسانی قرار ده که به دوستی خود برگزیده ای و به عشق و محبت خود خالصشان کرده ای و مشتاق دیدارشان ساخته ای و به خواست خود خشنودشان نموده ای... و نعمت دیدار عطاشان کرده ای.  
در مقام رضایتشان نشانده ای و در غربت و تنهایی در پناهشان گرفته ای و در جوار خود به عالم راستی و حقیقت جایگاهشان بخشیده ای و به شناخت خود معرفتشان داده ای و سزاوار پرستششان کرده ای.  
دل باخته ی محبت و برگزیده ی شناختشان ساخته ای و به یک باره رویشان را به سوی خود آورده ای و قلبشان را از هر چه غیر دوستی توست خالی کرده ای....  
و به آن چه که در نزد توست اشتیاق بخشیده ای.

تقدیم به روح پاک مادرم

عبدالحمید امینی

۱. عرفان نظر آهاری

۲. بخشی از دعای «مناجات المحبین» امام زین العابدین (ع)

## تقدیر و تشکر!

تألیف این اثر پیش روی شما، کار بسیار دشواری بود که اگر کمک‌های افراد زیر نبود، به نتیجه نمی‌رسید. در این جا لازم می‌دانم از آن‌ها سپاس ویژه‌ای داشته باشم:

- ۱- از واحد تولید انتشارات فار که با حوصله و دلسوزی تمام کتاب را آماده کردند.
- ۲- از خانم پویا قاسمی که به عنوان سرویراستار بادقت تمام کتاب را ویرایش کردند و هم‌چنین خانم سحر غم‌خوار و آقای رحیم‌زاده که در ویراستاری کتاب زحمت زیادی کشیدند.
- ۳- تشکر مخصوص از خانم سوری درزی که با زیبایی منحصر به فرد این کتاب را صفحه‌آرایی کردند و هم‌چنین خانم ندا صداقت که با وسواسی زیاد در ترسیم تصاویر تلاشی وافر نمودند.
- ۵- از آقایان سعید حیدری مغیث و سیدعباس حجازی برای تلاش دلسوزانه‌شان در این فانوس دریایی سپاسگزاریم.

## راهنمای کتاب

### نحوه مطالعه درس شیمی

این درس در درون خود به دو گروه کاملاً مجزا تقسیم می‌شود که بخشی از آن حفظی و بخش دیگر استنتاجی است. لذا برای آموختن هر قسمت باید با شرایط آن قسمت عمل نماییم. ابتدا لازم است بدانید که مطالب استنتاجی بر پایه‌ی حفظیات بنا شده است و بدون دانستن آن‌ها حل مسائل برایتان میسر نخواهد بود. پس ابتدا باید آموختن را در حفظیات آغاز کنید یا ضعف‌های احتمالی‌تان را برطرف نمایید. برای یادگیری قسمت‌های حفظی این درس مانند هر درس حفظی دیگر نیاز به تمرین و تکرار دارید اما در این درس بطور خاص برای ماندگاری حفظیات توجه به ۲ نکته اساسی الزامی است. اول این که حتماً از تکنیک‌های خلاصه‌نویسی استفاده نمایید و برای خودتان خلاصه‌های مناسبی تهیه کنید که بتوان آن‌ها را بارها و بارها تکرار کرد تا در ذهن بماند. برای آموختن این تکنیک‌ها نیز می‌توانید به سایت، کانال و اینستای فار مراجعه نمایید و تکنیک‌های خلاصه‌نویسی را به قلم استادان این رشته در آن‌جا بخوانید و بیاموزید. و دوم آن که ماندگاری مطالب در ذهن شما نیاز به مثال‌های متعدد دارد پس صرفاً به حفظ کردن و تکرار بسنده نکنید. اما برای **قسمت** یادگیری باید توجه داشته باشید که در این قسمت روش‌های مشخصی برای حل وجود دارند که باید آن‌ها را بیاموزید و بارها تمرین کنید. این قسمت در ابتدای تدریس در کلاس به سادگی انجام می‌پذیرد و مشکل از آن‌جایی آغاز می‌شود که شما تصمیم می‌گیرید مسائل ترکیبی را حل کنید. در حل مسائل ترکیبی مسلماً در شروع کار دچار اشکال خواهید شد پس ناامید نشوید و بدانید که همه‌ی ما از همین مسیر عبور کرده‌ایم. برای رفع مشکل از تکنیک تحلیل مفهومی استفاده نمایید. در این تکنیک تعدادی مسأله‌ی ترکیبی را بدون زمان و با حل تشریحی مثل یک امتحان بر روی کاغذ بنویسید و سپس با توجه به حل صحیح، اشکالات خود را پیدا کنید، یادداشت نمایید و رفع کنید. این کار را چندین بار تکرار کنید و پس از آن وارد مرحله‌ی آزمون گرفتن از خودتان شوید. همان‌طور که در کتاب خواهید دید ما نیز برای هر موضوع چندین آزمون طراحی کرده‌ایم تا انجام این مهم برای شما آسان‌تر شود.

### نحوه استفاده از این کتاب

در این کتاب چهار نوع آزمون طراحی شده است:

① **آزمون‌های موبرگی (مبحثی):** چند آزمون اولیه در هر فصل به صورت آزمون‌های آموزشی تهیه شده‌اند که شما می‌توانید بعد از یاد گرفتن

هر مبحث از کتاب درسی به آن‌ها رجوع کرده و بدون در نظر گرفتن وقت پیشنهادی، آن‌ها را حل کنید. این تست‌های آموزش شما را کامل خواهد کرد. بنابراین تحلیل پاسخ‌ها بسیار مهم است.

توصیه می‌شود این آزمون‌ها را تا ۳ بار در هفته‌های متوالی تکرار کنید تا تأثیر آن را در افزایش تسلطتان در آن فصل شاهد باشید.

**۲ آزمون‌های جامع فصل:** بعد از این که قدم به قدم آزمون‌های مبحثی را کامل کردید به آزمون‌های جامع فصل می‌رسید. در این آزمون‌ها همه‌ی اهداف فصل به صورت ترکیبی با پراکندگی استاندارد کنکور قرار گرفته‌اند.

اگر چنانچه سرعت عملتان بالا نیست می‌توانید بدون وقت پیشنهادی یا با کمی افزایش زمان این آزمون‌ها را انجام دهید در این قسمت هم لازم است تا چندین بار در هفته‌های متوالی آزمون‌ها را تکرار کنید تا تسلطتان افزایش یابد.

**۲ آزمون‌های دوره‌ای:** در فصل ۲ و ۳ این کتاب چند آزمون میان فصلی وجود دارد که فصل‌های ۱ و ۲ و همچنین فصل‌های ۲ و ۳ در آن ترکیب شده است تا بتوانید جهت یادآوری و دوره از آن‌ها استفاده کنید. در این بخش هم می‌توانید با وقت پیشنهادی یا کمی افزایش وقت بیشتر آزمون را برگزار کنید.

**۳ آزمون‌های جامع کتاب:** بعد از اتمام کتاب درسی و برگزاری آزمون‌های مبحثی، جامع فصل و دوره‌ای برای تکمیل مهارت خود در این درس وارد آزمون‌های جامع کتاب شوید و با گرفتن وقت پیشنهادی تسلط خود را در این کتاب کامل کنید.

### سطح‌بندک سوال‌ها

برای آنکه دانش‌آموزان بتوانند سطح دشواری هر یک از سوال‌های آزمون‌ها را تشخیص دهند در ابتدای هر پاسخ درجه‌بندی آن تست با ۳ سطح بسیار دشوار، نسبتاً دشوار و متوسط، مشخص گشته است.

### پاسخنامه‌های تشریحی

در این کتاب بعد از بخش آزمون‌ها، پاسخنامه‌های تشریحی و درس‌آموز قرار گرفته‌اند. لازم است تا دانش‌آموزان بعد از هر آزمون به پاسخ‌ها مراجعه کرده تا جواب علمی و گاهی کوتاه آن را به همراه نکات تأکیدی تحلیل کنند.

### درس‌نامه‌های مفید

درس‌نامه‌ی مفهومی: درس‌نامه‌های این کتاب که به‌طور کامل با نکات لازم و مثال‌های متنوع همراه شده است به صورت ایستگاه‌های درسی در کنار پاسخنامه‌ها به تکمیل آموزش شما می‌پردازد.

### کیفیت سوالات

**۱ پوشش کامل کتاب درسی:** تمام مباحث شیمی دهم به همراه فعالیت‌ها و تمرین‌های کتاب درسی و تست‌های به‌روزرسانی شده کنکورهای سراسری سال‌های گذشته پوشش داده شده‌اند.

**۲ تست‌های همانندسازی شده با کتاب درسی:** تمام سوالات تألیفی براساس استاندارد کنکور سراسری و اهداف کتب درسی نوشته شده‌اند.

**۳ طرح سوالات با مدل‌های مختلف:** برای آن که دانش‌آموزان با شکل‌های مختلف سؤال آشنا شوند، تست‌ها متنوعی طراحی شده است به‌ویژه تست‌ها که شامل تصویرها و نمودارها هستند.

**۴ طرح تست‌های پیشرو:** تست‌هایی که در آزمون‌های کنکور سال‌های گذشته مطرح نشده‌اند اما با توجه به محتوای کتاب درسی، امکان طرح در کنکور نظام جدید را دارند.

## جمع‌بندی راهنمای استفاده از کتاب به قرار زیر است:

- ۱ مطالعه‌ی دقیق و عمیق هر مبحث از یک فصل
- ۲ انجام آزمون‌های مبحثی بدون زمان گرفتن و همراه با تحلیل پاسخ‌ها (همهٔ تست‌هایی که درست پاسخ داده‌اید و هم نادرست)
- ۳ انجام آزمون‌های جامع فصل به همراه تحلیل پاسخ‌ها؛ قبل از آزمون مروری سریع بر مطالب آن فصل داشته باشید.
- ۴ انجام آزمون‌های یادآوری (دوره‌ای) برای دوره‌ی فصل‌های گذشته به همراه تحلیل پاسخ‌ها
- ۵ انجام آزمون‌های جامع کتاب بعد از اتمام کتاب درسی به همراه تحلیل پاسخ‌ها
- ۶ نوشتن نکته‌های مهم بعضی تست‌ها و پاسخ‌ها
- ۷ بهتر است آزمون‌های این کتاب حداقل ۳ بار در زمان‌هایی مناسب تکرار شود.
- ۸ با توجه به ساختار کتاب‌های فارآزمون، می‌توانید از ابتدای سال تحصیلی تا خردادماه از آن استفاده کنید.

## آزمون‌ها

### آزمون‌های فصل اول

۱۰	آزمون ۱: فصل اول (تا توزیع الکترون‌ها در لایه‌ها و زیرلایه‌ها)
۱۴	آزمون ۲: کل فصل اول
۱۸	آزمون ۳: کل فصل اول
۲۲	آزمون ۴: کل فصل اول
۲۶	آزمون ۵: کل فصل اول

### آزمون‌های فصل دوم

۳۰	آزمون ۶: فصل دوم (تا اوزون، دگرشکلی از اکسیژن در هواکره)
۳۵	آزمون ۷: کل فصل دوم
۴۰	آزمون ۸: کل فصل دوم
۴۵	آزمون ۹: کل فصل دوم
۴۹	آزمون ۱۰: کل فصل دوم
۵۴	آزمون ۱۱: کل فصل دوم
۵۹	آزمون ۱۲: آزمون ترکیبی فصل اول و دوم
۶۳	آزمون ۱۳: آزمون ترکیبی فصل اول و دوم
۶۷	آزمون ۱۴: آزمون ترکیبی فصل اول و دوم
۷۱	آزمون ۱۵: آزمون ترکیبی فصل اول و دوم

### آزمون‌های فصل سوم

۷۵	آزمون ۱۶: فصل سوم (تا کدام مواد با یکدیگر محلول می‌سازند؟)
۷۹	آزمون ۱۷: کل فصل سوم
۸۳	آزمون ۱۸: کل فصل سوم
۸۷	آزمون ۱۹: کل فصل سوم
۹۱	آزمون ۲۰: کل فصل سوم
۹۵	آزمون ۲۱: کل فصل سوم
۱۰۰	آزمون ۲۲: آزمون ترکیبی فصل دوم و سوم
۱۰۴	آزمون ۲۳: آزمون ترکیبی فصل دوم و سوم
۱۰۹	آزمون ۲۴: آزمون ترکیبی فصل دوم و سوم
۱۱۳	آزمون ۲۵: آزمون ترکیبی فصل دوم و سوم

### آزمون‌های جامع

۱۱۷	آزمون ۲۶: جامع (۱)
۱۲۳	آزمون ۲۷: جامع (۲)
۱۲۸	آزمون ۲۸: جامع (۳)
۱۳۳	آزمون ۲۹: جامع (۴)
۱۳۸	آزمون ۳۰: جامع (۵)

**پاسخ نامه فصل اول**

۱۴۶	پاسخ نامه آزمون ۱: فصل اول (تا توزیع الکترون‌ها در لایه‌ها و زیرلایه‌ها)
۱۸۱	پاسخ نامه آزمون ۲: کل فصل اول
۲۰۶	پاسخ نامه آزمون ۳: کل فصل اول
۲۲۷	پاسخ نامه آزمون ۴: کل فصل اول
۲۳۶	پاسخ نامه آزمون ۵: کل فصل اول

**پاسخ نامه آزمون‌های فصل دوم**

۲۴۶	پاسخ نامه آزمون ۶: فصل دوم (تا اوزون، دگرشکلی از اکسیژن در هواکره)
۲۷۲	پاسخ نامه آزمون ۷: کل فصل دوم
۲۹۹	پاسخ نامه آزمون ۸: کل فصل دوم
۳۱۲	پاسخ نامه آزمون ۹: کل فصل دوم
۳۲۳	پاسخ نامه آزمون ۱۰: کل فصل دوم
۳۳۸	پاسخ نامه آزمون ۱۱: کل فصل دوم
۳۴۹	پاسخ نامه آزمون ۱۲: کل فصل دوم
۳۵۸	پاسخ نامه آزمون ۱۳: آزمون ترکیبی فصل اول و دوم
۳۶۷	پاسخ نامه آزمون ۱۴: آزمون ترکیبی فصل اول و دوم
۳۷۶	پاسخ نامه آزمون ۱۵: آزمون ترکیبی فصل اول و دوم

**پاسخ نامه فصل سوم**

۳۸۵	پاسخ نامه آزمون ۱۶: فصل سوم (تا کدام مواد با یکدیگر محلول می‌سازند؟)
۴۱۹	پاسخ نامه آزمون ۱۷: کل فصل سوم
۴۴۵	پاسخ نامه آزمون ۱۸: کل فصل سوم
۴۶۰	پاسخ نامه آزمون ۱۹: کل فصل سوم
۴۷۲	پاسخ نامه آزمون ۲۰: کل فصل سوم
۴۸۳	پاسخ نامه آزمون ۲۱: کل فصل سوم
۴۹۲	پاسخ نامه آزمون ۲۲: ترکیبی فصل دوم و سوم
۵۰۰	پاسخ نامه آزمون ۲۳: ترکیبی فصل دوم و سوم
۵۰۹	پاسخ نامه آزمون ۲۴: ترکیبی فصل دوم و سوم
۵۱۷	پاسخ نامه آزمون ۲۵: ترکیبی فصل دوم و سوم

**پاسخ نامه آزمون‌های جامع**

۵۲۶	پاسخ نامه آزمون ۲۶: جامع (۱)
۵۳۶	پاسخ نامه آزمون ۲۷: جامع (۲)
۵۴۵	پاسخ نامه آزمون ۲۸: جامع (۳)
۵۵۷	پاسخ نامه آزمون ۲۹: جامع (۴)
۵۶۷	پاسخ نامه آزمون ۳۰: جامع (۵)

بخش اول

# آزمونها





# آزمون‌های فصل اول

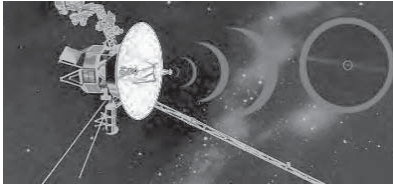
## کیهان زادگاه الفبای هستی

۳۰ دقیقه

آزمون ۱: فصل اول (تأثیر الکترون‌ها در لایه‌ها و زیرلایه‌ها)

۱. چه تعداد از عبارات‌های زیر نادرست‌اند؟

آ پاسخ پرسش‌هایی از این دست که «هستی چگونه پدید آمده است؟» و «پدیده‌های طبیعی چرا و چگونه رخ می‌دهند؟» در قلمرو علم تجربی نمی‌گنجد.  
ب) انسان اولیه با نگاه به آسمان و مشاهده ستارگان در پی فهم نظام و قانون‌مندی در آسمان بوده است.



پ) شکل روبه‌رو، آخرین تصویری است که وویجر ۲ از کره زمین، پیش از خروج از سامانه خورشیدی و از فاصله تقریبی هفت میلیارد کیلومتری گرفت.

ت) فضاپیماهای وویجر ۱ و ۲ مأموریت داشتند با گذر از کنار سیاره‌های سامانه خورشیدی اطلاعاتی در مورد نوع عنصرهای سازنده و ترکیب‌های شیمیایی در اتمسفر آن‌ها تهیه کنند.

ث) عبدالرحمن صوفی، یکی از ستاره‌شناسان ایرانی است که برای اولین بار گزارشی درباره کیهانشان آندرومیا - که نزدیک‌ترین همسایه به سامانه خورشیدی است - ارائه داد.

ج) اختر شیمی به مطالعه مولکول‌هایی می‌پردازد که در فضاها بین ستاره‌ای یافت می‌شود.

۳ (۴)

۴ (۳)

۱ (۲)

۲ (۱)

۲. پاسخ پرسش‌های (آ) و (پ) و پاسخ نادرست پرسش‌های (ب) و (ت) در کدام گزینه آمده است؟

آ) فراوان‌ترین عنصر در سیاره مشتری و زمین به ترتیب کدام است؟

ب) در میان عنصرهای اصلی سازنده زمین و مشتری، کدام عنصرها مشترک هستند؟

پ) در زمین، درصد فراوانی فلزها بیش‌تر است یا نافلزها؟

ت) در کدام سیاره، تفاوت درصد فراوانی دو عنصر فراوانی‌تر، بیش‌تر است؟

۲) O, N - Fe, H - فلزها - زمین

۱) O, S - O, H - فلزها - مشتری

۴) O, S - Fe, H - نافلزها - مشتری

۳) O, N - O, H - نافلزها - زمین

۳. در متن زیر چه تعداد از عبارات‌هایی که مشخص شده‌اند نادرست است؟

سرآغاز کیهان با انفجار مهیب (مهبانگ) همراه بوده که طی آن انرژی عظیمی در این فرایند مصرف می‌شود. در آن شرایط پس از پدید آمدن ذره‌های زیراتمی مانند الکترون، پروتون و نوترون، عنصرهای هیدروژن و هلیوم پایه عرصه جهان گذاشتند. با گذشت زمان و افزایش دما، گازهای هیدروژن و هلیوم تولید شده متراکم شده و مجموعه‌های گازی به نام کیهانشان ایجاد کرد. بعدها این کیهانشان سبب پیدایش ستاره‌ها و سحابی‌ها شد.

۴ (۲)

۳ (۱)

۶ (۴)

۵ (۳)

۴. در یک واکنش هسته‌ای، ۰/۰۰۶۵ گرم ماده به انرژی تبدیل می‌شود. اگر ۴۰ درصد از انرژی حاصل، صرف تبخیر آب استخری با دمای  $25^{\circ}\text{C}$  شود، چند کیلوگرم آب تبخیر می‌شود؟ (فرض کنید برای تبخیر هر گرم آب  $25^{\circ}\text{C}$ ،  $2600$  ژول انرژی لازم است.)

۴)  $5/75 \times 10^7$

۳)  $2/3 \times 10^6$

۲)  $3/6 \times 10^5$

۱)  $9 \times 10^4$



۵. تعداد الکترون‌های  $A^{3+}$  و  $B^{2-}$  با هم برابر است. اگر مجموع تعداد پروتون‌های این دو یون برابر ۲۱ باشد، کدام مطلب درست است؟  
 (۱) مجموع تعداد الکترون‌های  $A^{3+}$  و  $B^{2-}$  برابر ۲۲ است.  
 (۲) عدد اتمی A برابر ۱۵ است.

(۳) اگر عدد جرمی B برابر ۱۸ باشد، تفاوت تعداد الکترون‌ها و نوترون‌ها در  $B^{2-}$  برابر ۱ است.  
 (۴) اگر مجموع ذره‌های زیراتمی در  $A^{3+}$ ، ۹ واحد بیش‌تر از  $B^{2-}$  باشد، تفاوت تعداد نوترون‌های A و B برابر ۴ است.  
 ۶. اگر تفاوت شمار الکترون‌ها با شمار نوترون‌ها در یون تک اتمی  $(g) X^{2+}$  برابر ۱۴ باشد، تعداد الکترون‌های آن با تعداد الکترون‌های کدام یک از گونه‌های زیر برابر است؟ (P, F, O, N, C, Be, H)



۷. کدام یک از موارد زیر درست‌اند؟

(آ) ایزوتوپ‌های یک عنصر همگی خواص شیمیایی یکسان، اما خواص فیزیکی متفاوت دارند.  
 (ب) اگر در یون  $X^{3+}$ ، تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها برابر ۱۰ باشد، اتم  $^{31}_{11}Y$  می‌تواند یکی از ایزوتوپ‌های عنصر X باشد.  
 (پ) در یک نمونه طبیعی از منیزیم هر چه یک ایزوتوپ سنگین‌تر باشد، پایداری آن بیش‌تر است.  
 (ت) دو عنصر  $^{11}_3Li$  و  $^{24}_{12}Mg$ ، هر یک ایزوتوپی دارند که در آن تعداد ذره‌های زیر اتمی با هم برابر است.

(۱) ب و ت (۲) آ و پ (۳) پ و ت (۴) آ و ب

۸. همه عبارات‌های زیر درست هستند به جز:

(۱) رادون سنگین‌ترین گاز نجیب موجود در طبیعت است که در لایه‌های زیرین زمین تولید می‌شود.  
 (۲) هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آن‌ها برابر یا بیش‌تر از ۱/۵ باشد ممکن است پایدار باشند.  
 (۳) هسته ایزوتوپ‌های ناپایدار بر اثر تلاشی، افزون بر ذره‌های پر انرژی، انرژی زیادی نیز آزاد می‌کنند.  
 (۴) هر چه یک رادیوایزوتوپ ناپایدار باشد، نیم‌عمر آن بلندتر است.

۹. چه تعداد از عبارات‌های زیر در مورد ایزوتوپ‌های هیدروژن درست است؟

(آ) هر نمونه طبیعی از هیدروژن، مخلوطی از سه ایزوتوپ است که فراوانی آن‌ها با افزایش عدد جرمی کاهش می‌یابد.  
 (ب) هیدروژن هفت ایزوتوپ دارد که در یکی از آن‌ها  $A = Z$  و در یکی دیگر  $N = Z$  است.  
 (پ) همه ایزوتوپ‌های ساختگی آن دارای نیم‌عمر کم‌تر از  $10^{-21}$  ثانیه هستند.  
 (ت) ترتیب پایداری تعدادی از ایزوتوپ‌های آن به صورت:  $H >^3H >^4H >^5H >^6H >^7H$  می‌باشد.

(۱) ۳ (۲) ۴ (۳) ۱ (۴) ۲

۱۰. چند مورد از مطالب زیر درباره عنصر تکنسیم ( $^{99}_{43}Tc$ ) نادرست‌اند؟

- جزو عنصرهای ساختگی است که به تقریب ۲۶ درصد عنصرهای شناخته شده را تشکیل می‌دهند.
- برخلاف کیمیاگرایی ایزوتوپ طبیعی هیدروژن نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌ها در آن کم‌تر از ۱/۵ است.
- برای تصویربرداری غده تیروئید استفاده می‌شود زیرا اتم آن اندازه‌ای مشابه یون یدید دارد و توسط غده تیروئید جذب می‌شود.
- نیم‌عمر آن بسیار بیش‌تر از نیم‌عمر ایزوتوپ‌های ساختگی هیدروژن است.
- نمی‌توان مقدار زیادی از آن را تهیه و برای مدت طولانی نگهداری کرد.

(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴



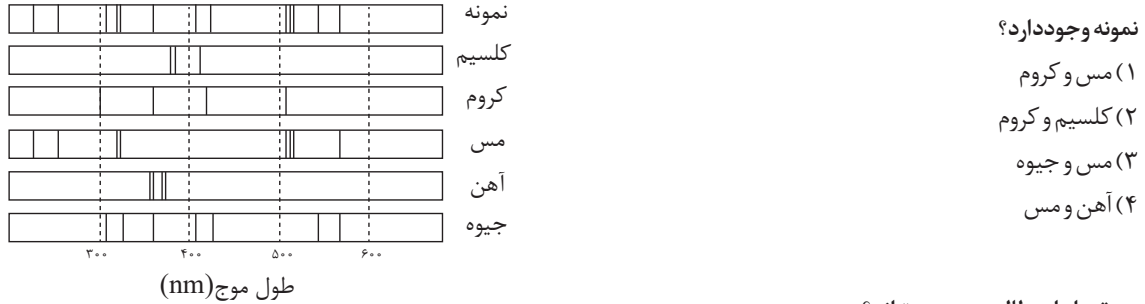


• برای انجام آزمایش رنگ شعله می توان از فلز، نمک فلز و یا محلول نمک آن فلز استفاده کرد، که از روی تغییر رنگ شعله می توان به وجود عنصر فلزی در آن پی برد.

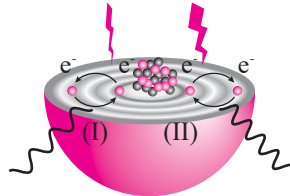
- در طیف نشری خطی لیتیم طول موج دورنگ در بازه ۶۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر و طول موج دورنگ در بازه ۴۵۰ تا ۵۰۰ نانومتر است.
- در گستره مرئی طیف نشری خطی هلیم در مقایسه با هیدروژن، خطوط طیفی بیش تری وجود دارد.

۳ (۱)                      ۲ (۲)                      ۵ (۳)                      ۴ (۴)

۱۷. شکل زیر طیف نشری خطی یک نمونه و چند عنصر فلزی را نشان می دهد. با توجه به طیف های داده شده مشخص کنید چه فلزهایی در این



۱۸. چه تعداد از مطالب زیر درست اند؟



ا) شکل روبه رو، ساختار لایه ای اتم را نشان می دهد و نقاط پررنگ محدوده هایی هستند که الکترون تنها در آنجا حضور دارد.

ب) با توجه به کوانتومی بودن انرژی، نسبت انرژی نشر شده در انتقال (II) به انتقال (I) عددی صحیح است.

پ) مطابق مدل کوانتومی، انرژی لایه ها و تفاوت انرژی میان آن ها در ایزوتوپ های یک عنصر، متفاوت است.

ت) با تعیین دقیق طول موج نوارهای رنگی در طیف نشری خطی عنصرها، می توان تصویر دقیقی از آرایش الکترونی اتم یافت.

ث) عدم موفقیت مدل بور در توجیه طیف نشری خطی عنصرها (به جز هیدروژن) ناشی از نادیده گرفتن کوانتومی بودن داد و ستد انرژی در اتم بود.

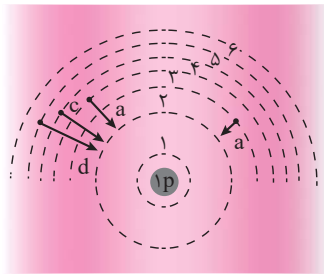
۳ (۱)                      ۱ (۲)                      ۲ (۳)                      ۴ (۴)

۱۹. با در نظر گرفتن دو ایزوتوپ کلر ( $^{37}\text{Cl}$ ,  $^{35}\text{Cl}$ ) و سه ایزوتوپ کربن ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ )، امکان تشکیل ..... مولکول کربن تتراکلرید ( $\text{CCl}_4$ ) با جرم مولی متفاوت وجود دارد و مجموع شمار ذره های زیراتمی سنگین ترین مولکول ..... واحد بیش تر از ذره های زیراتمی

سبک ترین مولکول کلر است. (از راست به چپ)

۱۲۳-۱۱ (۱)                      ۱۳۲-۱۱ (۲)                      ۱۳۲-۱۲ (۳)                      ۱۲۳-۱۲ (۴)

۲۰. با توجه به شکل روبه رو که برای توجیه بخش مری طیف نشری خطی هیدروژن ارائه شده است، کدام یک از مطالب زیر نادرست اند؟



ا) انتقال a نوری تولید می کند که رنگ آن مشابه نمک های سدیم در شعله است.

ب) انتقال الکترون از لایه های بالاتر به لایه  $n = 1$ ، منجر به تابش نورهایی در محدوده فرورسرخ می شود.

پ) هرچه به سمت طول موج های کوتاه تر می رویم، فاصله نوارهای رنگی کم تر می شود.

ت) اگر انتقال های a, b و نیز انتقال  $n = 4$  به  $n = 1$  به ترتیب ۱۸۲، ۲۴۶ و ۱۲۳۰ کیلوژول بر مول انرژی آزاد کند، تفاوت انرژی لایه های اول و سوم به تقریب  $1/2$  برابر تفاوت انرژی لایه های

اول و دوم است.

۱) آ و ب                      ۲) پ و ت                      ۳) آ و ت                      ۴) ب و پ

۱	۱	۲	۳	۴	۵	۱	۲	۳	۴	۹	۱	۲	۳	۴	۱۳	۱	۲	۳	۴	۱۷	۱	۲	۳	۴
۲	۱	۲	۳	۴	۶	۱	۲	۳	۴	۱۰	۱	۲	۳	۴	۱۴	۱	۲	۳	۴	۱۸	۱	۲	۳	۴
۳	۱	۲	۳	۴	۷	۱	۲	۳	۴	۱۱	۱	۲	۳	۴	۱۵	۱	۲	۳	۴	۱۹	۱	۲	۳	۴
۴	۱	۲	۳	۴	۸	۱	۲	۳	۴	۱۲	۱	۲	۳	۴	۱۶	۱	۲	۳	۴	۲۰	۱	۲	۳	۴

پاسخ آزمون ۱ در صفحه ۱۴۶



آزمون ۲: کل فصل اول

۳۰ دقیقه

۱. چه تعداد از توصیف‌های زیر در مورد شکل‌های داده شده نادرست است؟



(۱) (۲) (۳)

شکل (۱) حدود ۵۰۰ سال نوری از زمین فاصله دارد و در صورت فلکی سنتاروس (قنطورس) واقع شده است.

شکل (۳) نزدیک‌ترین ستاره به زمین است. انرژی گرمایی و نورانی خیره‌کننده آن حاصل واکنش‌های هسته‌ای است که در آن هیدروژن به هلیوم تبدیل می‌شود.

شکل (۲) نمایش سحابی عقاب است که یکی از مکان‌های زایش ستاره‌هاست.

شکل (۳) دمای درون آن حدود ۱۶۶۷ برابر دمای سطح آن است و در هر ثانیه  $5 \times 10^6$  تن از جرم آن کاسته می‌شود.

ث دمای سطح شکل (۳)  $6272^\circ\text{C}$  از دمای شکل (۱) بیش‌تر است.

شکل (۲) بر اثر گذشت زمان و کاهش دما از تراکم گازهای هیدروژن و هلیوم پدید می‌آید و در آن امکان وقوع واکنش‌های هسته‌ای برای تولید عناصر سنگین وجود ندارد.

۱ (۱) ۴ (۲) ۳ (۳) ۲ (۴)

۲. عنصر  $X$  با جرم اتمی میانگین  $21/4$  گرم بر مول، دارای دو ایزوتوپ طبیعی است که یکی از آن‌ها فراوانی ۳۰ درصد داشته و تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های هسته آن با هم برابر است. تعداد نوترون‌های ایزوتوپ دیگر چقدر است؟ (جرم پروتون‌ها و نوترون‌ها را برابر  $1\text{amu}$  در نظر بگیرید.)

۱۲ (۱) ۱۱ (۲) ۱۳ (۳) ۱۴ (۴)

۳. چه تعداد از عبارات‌های زیر درست بیان شده است؟

• علیرغم خطرناک بودن رادیوایزوتوپ‌ها، از آن‌ها در پزشکی، کشاورزی و تولید انرژی الکتریکی استفاده می‌شود.

• از ایزوتوپ  $^{238}_{92}\text{U}$  در راکتورهای اتمی استفاده می‌شود که فراوانی آن در مخلوط طبیعی کم‌تر از ۰/۷ درصد است.

• برای شناسایی توده سرطانی از گلوکز نشان‌دار استفاده می‌شود زیرا با ممانعت از جذب گلوکز معمولی، سریعاً جذب توده سرطانی می‌شود که به وسیله دستگاه آشکارساز شناسایی می‌شود.

• عنصر فسفر همانند آهن، تکنسیم و مس دارای ایزوتوپ‌های ناپایدار و پرتوزا می‌باشد.

• برای تعیین قدمت فرش پازیریک از ایزوتوپی استفاده شد که همانند  $^{59}\text{Fe}$  و  $^{99}\text{Te}$ ، نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌ها کم‌تر از ۱/۵ است.

۳ (۱) ۱ (۲) ۴ (۳) ۲ (۴)

۴. چند الکترون در اثر مالش باید از سطح یک کره پلاستیکی جدا شود تا تغییر وزن آن بایک ترازوی با حساسیت ۰/۱ میلی‌گرم، قابل اندازه‌گیری باشد و این تعداد الکترون به تقریب چند کولن بار الکتریکی دارد؟ (جرم الکترون حدود  $9 \times 10^{-28}$  و بار الکتریکی آن  $1/6 \times 10^{-19}\text{C}$  است.)

(ریاضی ۹۵)

(۱)  $1/78 \times 10^3, 3/011 \times 10^{22}$  (۲)  $1/66 \times 10^4, 1/11 \times 10^{23}$   
(۳)  $1/648 \times 10^3, 3/011 \times 10^{22}$  (۴)  $1/78 \times 10^4, 1/11 \times 10^{23}$

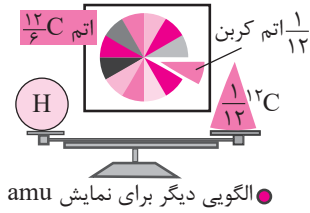
۵. پاسخ درست پرسش‌های (آ) و (ب) و پاسخ نادرست پرسش‌های (ب) و (ت) در کدام گزینه آمده است؟

(آ) اگر در یون  $A^{2+}$  اختلاف تعداد نوترون‌ها و الکترون‌ها،  $\frac{1}{3}$  تعداد نوترون‌ها باشد، چه تعداد از گونه‌های روبه‌رو را می‌توان به عنوان ایزوتوپ

عنصر A در نظر گرفت؟  $^{122}_{50}\text{B}, ^{123}_{48}\text{C}, ^{120}_{50}\text{D}^{4+}, ^{123}_{50}\text{E}, ^{123}_{51}\text{F}, ^{124}_{51}\text{G}^{+}$

(ب) برای اندازه‌گیری جرم چه تعداد از جرم‌های زیر نمی‌توان از ترازوی زرگری استفاده کرد؟ (جرم‌ها بر حسب گرم است.)

۰/۰۴۳۵-۴۵۴-۰/۰۰۳۰۶-۰/۰۰۰۰۶-۰/۰۴۵۴-۰/۴۵۴



پ) شکل روبه‌رو برای توضیح چه مفهومی کاربرد دارد؟  
ت) علت تفاوت جرم اتم  ${}^7\text{Li}$  در واحد جرمی اتمی نسبتی با جرم اتمی آن در جدول دوره‌ای چیست؟

۱-۲-۲) بررسی جرم اتمی  ${}^{12}\text{C}$  - نادیده گرفتن جرم اندک الکترون‌ها

۲-۳(۲) - یکای جرم اتمی - خطای اندازه‌گیری

۳-۳(۳) - بررسی جرم اتمی  ${}^{12}\text{C}$  - خطای اندازه‌گیری

۴-۲(۴) - یکای جرم اتمی - نادیده گرفتن جرم اندک الکترون‌ها

۶. نیم عمر  ${}^{99}\text{MO}$  برابر ۶۷ ساعت است. از نمونه‌ی یک میلی‌گرمی آن، پس از ۳۳۵ ساعت چند گرم متلاشی می‌شود؟

- ۱)  $9/69 \times 10^{-4}$  (۲)  $3/1 \times 10^{-5}$  (۳)  $2/5 \times 10^{-4}$  (۴)  $9/37 \times 10^{-5}$

۷. در متن زیر چه تعداد از عبارتهایی که مشخص شده‌اند نادرست است؟

نور زرد در لامپ آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها به دلیل وجود بخار سدیم در آن‌هاست. از لامپ آرگون در ساخت تابلوهای تبلیغاتی برای ایجاد نوشته‌های نورانی سرخ‌فام استفاده می‌شود. شعله ترکیب‌های سدیم، لیتیم و مس به ترتیب زرد، سبز و سرخ رنگ است. ویلیام رامسی پس از جداسازی نیتروژن و بخار آب از هوا توانست از باقی‌مانده‌ی هوا، هلیم را به عنوان نخستین گاز نجیب کشف کند. یک سال بعد رامسی گاز واکنش‌ناپذیری را در نمونه‌های معدنی مس یافت که همان خطوط طیفی را نشان داد که در خورشیدگرفتگی مشاهده شده بود و به این ترتیب آرگون نیز در زمین کشف شد.

- ۱) ۵ (۲) ۶ (۳) ۷ (۴) ۸

۸. اتم H و یون  $\text{Be}^{3+}$  هر کدام یک الکترون دارند و انرژی یک سیستم تک الکترونی با رابطه:  $E_n = -\frac{(Z^2) \times 2/18 \times 10^{-18} \text{ J}}{n^2}$  داده می‌شود

(Z در این رابطه، همان عدد اتمی است). کدام گزینه درباره‌ی اتم H و یون  $\text{Be}^{3+}$  درست است؟

۱) الگوی طیف نشری خطی آن‌ها یکسان است، اما طول موج‌های متفاوتی دارند.

۲) الگوی طیف نشری خطی و طول موج‌های آن‌ها یکسان است.

۳) الگوی طیف نشری خطی و طول موج‌های آن‌ها متفاوت است.

۴) الگوی طیف نشری خطی آن‌ها متفاوت است ولی طول موج‌های یکسانی دارند.

۹. در دستگاه طیف‌سنج جرمی برای نئون ( ${}^2_0\text{Ne}$ ) سه مقدار بار به جرم ( $\frac{q}{m}$ ) زیر به دست آمده است.

- (I)  $4/38 \times 10^{-3} \frac{\text{C}}{\text{g}}$ , (II)  $4/59 \times 10^{-3} \frac{\text{C}}{\text{g}}$ , (III)  $8/76 \times 10^{-3} \frac{\text{C}}{\text{g}}$

تعداد نوترون‌های (I) و (II) و تعداد الکترون‌های (III) به ترتیب کدام است؟ (از راست به چپ بخوانید)

( $1 \text{ amu} = 1/67 \times 10^{-24} \text{ g}$ ,  $e^- \text{ بار} = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )

(راهنمایی: ذره‌های مورد نظر دارای بار  $1+$  و  $2+$  هستند)

- ۱) ۸-۱۲-۱۱ (۲) ۸-۱۱-۱۲ (۳) ۹-۱۲-۱۱ (۴) ۹-۱۱-۱۲

۱۰. در کدام یک از نمونه‌های زیر تعداد اتم‌های کم‌تری وجود دارد؟

۱)  $1/54$  مول کلسیم

۲)  $2/08$  گرم کروم ( $\text{Cr} = 52 \text{ g.mol}^{-1}$ )

۳) یک قطعه آلومینیم به حجم  $5 \text{ cm}^3$  ( $d = 2/7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ,  $\text{Al} = 27 \text{ g.mol}^{-1}$ )

۴)  $1/505 \times 10^{21}$  مولکول  $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}$

۱۱. چند مورد از مطالب زیر، نادرست‌اند؟

ا) در لایه‌ی الکترونی n،  $(n-1)$  زیر لایه، و گنجایش  $2n^2$  الکترون وجود دارد و هر زیر لایه با  $(2l+1)$  الکترون پر می‌شود.

ب) در هر لایه‌ی الکترونی، انرژی هر زیر لایه با افزایش عدد کوانتومی فرعی، افزایش می‌یابد.

پ) زیر لایه‌های پنجم و ششم به ترتیب گنجایش ۱۸ و ۲۲ الکترون را دارند ولی در حالت پایه هیچ اتمی پر نمی‌شوند.





ت) مجموعاً چهار زیر لایه وجود دارد که مجموع عددهای کوانتومی اصلی و فرعی آن‌ها برابر ۷ است اما هیچ کدام از آن‌ها در عنصرهای دوره چهارم جدول تناوبی پر نمی‌شود.

ث) حداکثر تعداد الکترون‌های موجود در لایه چهارم، از تعداد عنصرهای دوره‌های اول تا سوم کم‌تر است.

۱ (۱) ۴ (۲) ۳ (۳) ۲ (۴)

۱۲. اگر شمار الکترون‌های دارای  $l=0$  در دو اتم  ${}_{43}\text{Tc}$  و  ${}_{45}\text{Rh}$  یکسان و برابر ۹ باشد و همه زیر لایه‌های اشغال شده در اتم  ${}_{46}\text{Pd}$  پر باشند، آن‌گاه چه تعداد از مطالب زیر درست‌اند؟

• در اتم  $\text{Rh}$ ، بیست درصد از الکترون‌ها دارای عدد کوانتومی  $l=2$  هستند.

• آرایش الکترونی هیچ کدام از اتم‌های مورد نظر از قاعده آفبا پیروی نمی‌کند.

• در اتم  $\text{Tc}$ ، پنج لایه و ده زیر لایه توسط الکترون اشغال شده است که از میان آن‌ها، چهار زیر لایه هر یک دارای دو الکترون و سه زیر لایه هر یک دارای شش الکترون است.

• در اتم  $\text{Pd}$ ، سی و هفتمین الکترون دارای عددهای کوانتومی  $l=0$  و  $n=5$  می‌باشد.

۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴) ۰

۱۳. در اتم کدام عنصر (به ترتیب از راست به چپ)، شمار الکترون‌های زیر لایه‌های  $d$  و  $p$  برابر و در اتم کدام عنصر، شمار الکترون‌های زیر لایه  $d$  با شمار الکترون‌های زیر لایه  $s$  برابر است؟

(ریاضی خارج ۹۵)

${}_{22}\text{Ti}, {}_{26}\text{Fe}$  (۱)  ${}_{24}\text{Cr}, {}_{26}\text{Fe}$  (۲)

${}_{25}\text{Mn}, {}_{24}\text{Cr}$  (۳)  ${}_{22}\text{Ti}, {}_{24}\text{Cr}$  (۴)

۱۴. کدام مطلب درباره اتم  $A$  که آرایش الکترونی لایه ظرفیت آن  ${}^4f^2 {}^3d^1 {}^4s^2$  است، نادرست می‌باشد؟

(۱) با گرفتن دو الکترون به آرایش گاز نجیب پس از خود می‌رسد و اندازه آن افزایش می‌یابد.

(۲) با پنجمین عنصر واسطه در تعداد الکترون‌های دارای  $l=0$  مشابه است.

(۳) در جدول دوره‌ای، پنج عنصر دیگر وجود دارد که تعداد الکترون‌های ظرفیتی آن‌ها برابر با تعداد الکترون‌های ظرفیتی اتم  $A$  است.

(۴) اختلاف عدد اتمی آن با آخرین عنصر هم‌گروه خود برابر ۸۲ است.

۱۵. کدام یک از مطالب زیر، درست‌اند؟

(أ) آرایش الکترونی  $1s^2$  را می‌توان به کاتیونی از گروه اول جدول دوره‌ای نسبت داد.

(ب) در  ${}_{28}\text{Ni}^{2+}$  و  ${}_{26}\text{Fe}$  برخلاف  ${}_{31}\text{Ga}^+$  و  ${}_{30}\text{Zn}$ ، تعداد الکترون در ساختار برابر ولی آرایش الکترونی یکسان نیست.

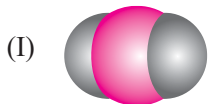
(پ) اگر تفاوت شمار الکترون‌ها و نوترون‌ها در یون تک اتمی  $(g) X^{4+}$  برابر ۱۷ باشد، تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت این یون برابر ۳ است.

(ت) اگر آرایش الکترونی  $X^{3+}$  به  ${}^3d^3$  ختم شده باشد، ۴ الکترون در اتم  $X$  دارای مجموعه عددهای کوانتومی  $l=2$  و  $n=3$  هستند.

۱ (آ و ت) ۲ (ب و پ) ۳ (آ و ب) ۴ (پ و ت)

۱۶. با توجه به جدول زیر، چه تعداد از مطالب زیر، درست‌اند؟


• آرایش الکترون - نقطه‌ای مولکول حاصل از دو عنصر  $A$  و  $E$  به صورت  $\begin{matrix} \cdot & E & \cdot \\ & \cdot & \\ \cdot & A & \cdot \\ & \cdot & \\ \cdot & E & \cdot \end{matrix}$  می‌باشد.



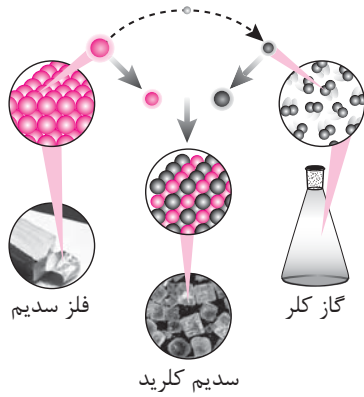
• شمار پیوندهای کووالانسی در دو مولکول  $D_2$  و  $Z_2X$  برابر است.

• از واکنش  $D$  با  $A$  و  $X$  مولکول‌هایی می‌تواند حاصل شود که مدل فضاپرکن آن‌ها به ترتیب شبیه (I) و (II) است.



• عنصرهای  $D$ ،  $Z$ ،  $E$  در دما و فشار اتاق به شکل مولکول‌های دو اتمی وجود دارند.

۲ (۱) ۴ (۲) ۱ (۳) ۳ (۴)



۱۷. با توجه به شکل مقابل چه تعداد از عبارات‌های زیر درست بیان شده‌اند؟  
 (آ) فرایند داد و ستد الکترون برای تشکیل مولکول NaCl را نشان می‌دهد.  
 (ب) در این فرایند اندازه اتم نافلز افزایش و اندازه اتم فلز کاهش می‌یابد.  
 (پ) کلر گازی زردرنگ که از مولکول دو اتمی تشکیل شده و سدیم فلزی براق و واکنش‌پذیری بالا دارد.  
 (ت) در شبکه یونی مکعبی حاصل یون‌ها با نظم و ترتیب خاصی در جهت‌های مختلف فضا قرار گرفته‌اند و هر دو یون موجود در شبکه، هم الکترون هستند.

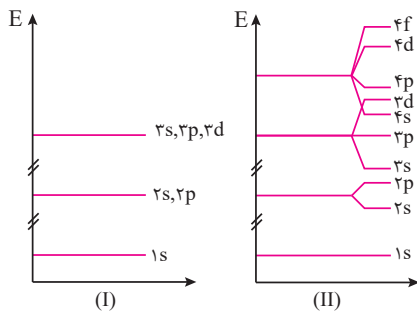
۲ (۱) ۳ (۲) ۱ (۳) ۴ (۴)

۱۸. نسبت شمار اتم‌های نیتروژن به شمار اتم‌های اکسیژن در آمونیوم سولفات، برابر نسبت شمار کاتیون به شمار آنیون در کدام ترکیب است؟  
 (۱) کلسیم نترات (۲) آلومینیوم نیتريد  
 (۳) مس (II) فسفات (۴) سرب (II) کربنات  
 (تجربی ۹۶)

۱۹. در واکنش مخلوطی از ایزوتوپ‌های  $^{16}\text{O}$  و  $^{18}\text{O}$  با ایزوتوپ‌های  $^{24}\text{Mg}$  و  $^{25}\text{Mg}$  امکان تشکیل چند اکسید با جرم‌های مولی متفاوت وجود دارد و نسبت جرم مولی سنگین‌ترین این اکسیدها به جرم مولی سبک‌ترین آن‌ها، کدام است؟ (هر دو عنصر را با بالاترین ظرفیت خود در نظر بگیرید. عدد جرمی را هم ارز جرم اتمی با یکای  $\text{g.mol}^{-1}$  فرض کنید.)  
 (ریاضی ۹۶)

۱/۰۷۵، ۶ (۱) ۱/۰۲۵، ۴ (۲) ۱/۰۷۵، ۴ (۳) ۱/۰۲۵، ۶ (۴)

۲۰. نمودار (I) مربوط به اتم هیدروژن و یون‌های تک الکترونی و نمودار (II) مربوط به اتم‌های چند الکترونی است. کدام یک از عبارات‌های زیر درست‌اند؟



(آ) برای اتم هیدروژن و یون  $\text{Li}^{2+}$ ، در لایه سوم، ۹ اوربیتال هم‌انرژی وجود دارد.  
 (ب) در اتم  $^{21}\text{Sc}$ ، سطح انرژی زیر لایه  $4s$  پایین‌تر از  $3d$  می‌باشد.  
 (پ) در مقایسه با اتم هیدروژن، طیف نشری خطی هلیوم ( $^2\text{He}$ ) خطوط بیش‌تری دارد.  
 (ت) در اتم  $^{48}\text{Cd}$ ، آخرین الکترون وارد زیرلایه‌ای می‌شود که کم‌ترین  $(n+l)$  را در لایه چهارم دارد.

(۱) آ و پ (۲) آ و ت (۳) ب و پ (۴) ب و ت

۱	۱	۲	۳	۴	۵	۱	۲	۳	۴	۹	۱	۲	۳	۴	۱۳	۱	۲	۳	۴	۱۷	۱	۲	۳	۴
۲	۱	۲	۳	۴	۶	۱	۲	۳	۴	۱۰	۱	۲	۳	۴	۱۴	۱	۲	۳	۴	۱۸	۱	۲	۳	۴
۳	۱	۲	۳	۴	۷	۱	۲	۳	۴	۱۱	۱	۲	۳	۴	۱۵	۱	۲	۳	۴	۱۹	۱	۲	۳	۴
۴	۱	۲	۳	۴	۸	۱	۲	۳	۴	۱۲	۱	۲	۳	۴	۱۶	۱	۲	۳	۴	۲۰	۱	۲	۳	۴

پاسخ آزمون ۲ در صفحه ۱۸۱



آزمون ۳: کل فصل اول

۳۰ دقیقه

۱. چه تعداد از عبارات‌های زیر نادرست‌اند؟  
 (ا) اگر در یون فرضی  $A^{3+}$ ، تفاوت شمار الکترون‌ها و نوترون‌ها برابر ۸ باشد، می‌توان گفت تعداد الکترون‌های ظرفیتی عنصر A برابر ۵ بوده و جرم اتم آن تقریباً ۵ amu است.  
 (ب) اگر نسبت بار به جرم الکترون برابر  $1.76 \times 10^8$  کولن بر گرم باشد این نسبت برای  $H^+$  به تقریب برابر  $1.4 \times 10^4$  کولن بر گرم می‌باشد.  
 (پ) اگر شمار الکترون‌های اتم  $X$  و آنیون  $Y^{m-}$  برابر باشد، عدد اتمی X، m واحد بیش‌تر از Y است.  
 ت) با سه ایزوتوپ اکسیژن ( $^{16}O, ^{17}O, ^{18}O$ )، ۹ نوع مولکول اوزون ( $O_3$ ) می‌توان تعریف نمود که حداقل دو اتم سازنده آن یکسان باشد.

۳(۱)      ۲(۲)      ۴(۳)      ۱(۴)

۲. با توجه به داده‌های جدول زیر، جرم مولکولی ترکیب  $A_p X_m$ ، چند amu است؟ (عدد جرمی را برابر جرم اتمی یا یکای amu در نظر بگیرید.)  
 (ریاضی خارج ۹۵)

۲۱۳/۶ (۱)      ۲۰۳/۴ (۲)      ۱۹۸/۵ (۳)      ۱۸۸/۷ (۴)

Mg

$^{24}_{12}Mg$        $^{25}_{12}Mg$        $^{26}_{12}Mg$

٪۷۸/۷۰      ٪۱۰/۱۳      ٪۱۱/۱۷

$^{24}_{12}Mg$        $^{25}_{12}Mg$        $^{26}_{12}Mg$

۳. با توجه به شکل روبه‌رو، چند مورد از مطالب زیر، درست‌اند؟  
 • میان منیزیم و آخرین عنصر دسته d، ۹۹ عنصر وجود دارد.  
 • در یک نمونه طبیعی، ایزوتوپ سنگین‌تر به تقریب ۱۲ درصد جرم آن را تشکیل می‌دهد.  
 • شمار الکترون‌های مبادله‌شده به هنگام تشکیل یک مول منیزیم نیتريد بیش‌تر از مجموع شمار الکترون‌های مبادله‌شده به هنگام تشکیل یک مول از منیزیم اکسید و منیزیم فلوئورید است.  
 • در شکل زیر که برشی از یک نمونه طبیعی منیزیم است، جرم مکعب به تقریب برابر ۱۵۵۷ amu است (جرم نوترون و پروتون را برابر ۱ amu فرض کنید).

۴(۱)  
 ۱(۲)  
 ۳(۳)  
 ۲(۴)

۴. اگر اتم عنصری دارای ۱۷ الکترون با عدد کوانتومی  $l=1$  باشد، آخرین زیرلایه اشغال شده آن دارای ..... الکترون است و این عنصر در دوره ..... و گروه ..... جدول تناوبی جای دارد. (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید.)  
 (تجربی خارج ۹۱)

۵(۱) - چهارم - ۱۷      ۵(۲) - پنجم - ۱۴      ۷(۳) - پنجم - ۱۴      ۷(۴) - چهارم - ۱۷

۵. در متن زیر چه تعداد از عبارتهایی که مشخص شده‌اند نادرست است؟  
 درون ستاره‌ها همانند خورشید در دماهای بسیار بالا و ویژه، واکنش‌های هسته‌ای رخ می‌دهد و واکنش‌هایی که در آن‌ها از عنصرهای سبک‌تر، عنصرهای سنگین‌تر پدید می‌آید. دما و سن هر ستاره تعیین می‌کند که چه مولکول‌هایی باید در آن ستاره ساخته شود. هر چه دمای ستاره بیش‌تر باشد، شرایط تشکیل عنصرهای سنگین‌تر فراهم می‌شود. چنین ستارگانی پس از چندین میلیون سال نورافشانی و گرمابخشی، پایداری خود را از دست داده و در انفجاری مهیب متلاشی شده و اتم‌های سبک درون آن‌ها در سراسر گیتی پراکنده می‌شود.

۴(۱)      ۳(۲)      ۲(۳)      ۵(۴)



۶. اگر عنصری در گروه ۱۵ با عنصری که بیرونی ترین زیرلایه اتم آن  $4p^5$  است هم دوره باشد، کدام یک از مطالب زیر، درباره آن درست اند؟  
(آ) عدد اتمی آن ۳۳ است.

(ریاضی خارج ۹۶ با تغییر)

(ب) بیرونی ترین لایه اتم آن ۷ الکترون دارد.

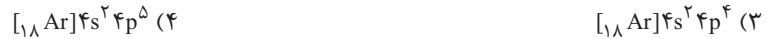
(پ) هم دوره با سه عنصر است که در لایه ظرفیت اتم خود، دارای زیرلایه نیمه پر هستند.

(ت) تفاوت شمار الکترون های دارای  $n+1=5$  و  $n+1=4$  در آن برابر ۵ است.

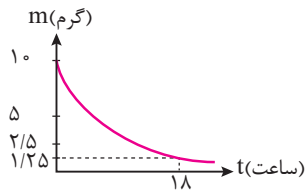
(۱) آ و ب (۲) ب و پ (۳) ب، پ، ت (۴) آ و ت

(ریاضی ۹۱)

۷. آرایش الکترونی کاتیون در  $CoCl_2$ ، کدام است؟ (کبالت در دوره چهارم و گروه ۹ جدول تناوبی جای دارد.)



۸. از سدیم پرتکنات ( $NaTcO_4$ ) برای تصویربرداری غده تیروئید استفاده می شود. هرگاه یک میلی گرم از آن برای تصویربرداری استفاده شود پس از گذشت ۲۴ ساعت به تقریب چند گرم تکنسیم در بدن بیمار وجود خواهد داشت؟ (راهنمایی: از نمودار روبه رو که چگونگی تلاشی تکنسیم بر حسب زمان را نشان می دهد استفاده کنید.  $Na = 23, O = 16, Tc = 99 : g.mol^{-1}$ )



(۱)  $5/3 \times 10^{-4}$

(۲)  $3/3 \times 10^{-5}$

(۳)  $7/9 \times 10^{-5}$

(۴)  $8/4 \times 10^{-4}$

۹. با توجه به این که اتم عنصر A از دوره سوم با اتم های Cl و O ترکیب های یونی با فرمول  $AO$  و  $A_2O$  تشکیل می دهد و اتم عنصر X هم دوره آن، با اتم های

(ریاضی ۹۳ با تغییر)

F و N ترکیب های یونی با فرمول  $X_3N_2$  و  $XF_3$  تشکیل می دهد، کدام گزینه درست است؟

(۱) اتم عنصر A دارای الکترون هایی با عدد کوانتومی  $l=2$  و اتم عنصر X فاقد آن هاست.

(۲) تعداد الکترون با  $l=0$  در کاتیون های A و X با هم برابر است.

(۳) A عنصری از گروه ۳ و X عنصری از گروه یک جدول دوره ای است.

(۴) مجموع تک الکترون ها در آرایش الکترون - نقطه ای اتم های A و X بیش تر از اتم N است.

۱۰. پاسخ درست پرسش های (آ) و (ب) و پاسخ نادرست پرسش های (ب) و (ت) در کدام گزینه آمده است؟

(آ) عنصرهایی که در دوره چهارم جدول دوره ای عناصر قرار می گیرند چه تعداد بیش تر از حداکثر الکترون هایی است که در زیرلایه  $l=3$  جای می گیرند؟



(ب) هرگاه یک جریان الکتریکی متناوب و ۱۱۰ ولتی به یک خیارشور اعمال شود، مانند شکل روبه رو شروع به درخشیدن می کند، علت ایجاد نور رنگی چه چیزی می باشد؟

(پ) به چه دلیل ساختار لایه ای بر اتم پیشنهاد شد؟

(ت) خورشید روزانه  $10^{22}$  ژول انرژی به سوی زمین گسیل می دارد، هم ارز این میزان انرژی، در طی یک سال چند گرم از جرم خورشید کاسته می شود؟  
(۱) برانگیخته شدن تعدادی از اتم های سدیم و بازگشت به حالت اول و تابش نور زرد رنگ - عدم موفقیت بور در توجیه طیف نشری خطی

هیدروژن -  $81/25 \times 10^8$

(۲) وقوع واکنش های هسته ای درون اتم های تشکیل دهنده خیارشور - توجیه علت ایجاد طیف نشری خطی عنصرها و چگونگی نشر

نور از اتم ها -  $40/56 \times 10^6$

(۳) وقوع واکنش های هسته ای درون اتم های تشکیل دهنده خیارشور - توجیه علت ایجاد طیف نشری خطی عنصرها و چگونگی نشر

نور از اتم ها -  $40/56 \times 10^6$

(۴) برانگیخته شدن تعدادی از اتم های سدیم و بازگشت به حالت اول و تابش نور زرد رنگ - عدم موفقیت بور در توجیه طیف نشری خطی

هیدروژن -  $81/25 \times 10^8$

۱۱. میانگین جرم اتمی عنصری با دو ایزوتوپ طبیعی،  $204/4$  گرم بر مول است که در آن نسبت فراوانی ایزوتوپ سبک تر به فراوانی ایزوتوپ

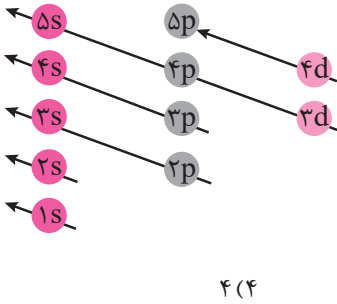
سنگین تر ۳ به ۷ می باشد. اگر تفاوت تعداد الکترون ها و نوترون ها در یون  $X^{3+}$  ایزوتوپ سبک تر برابر ۴۴ و تعداد نوترون ایزوتوپ سنگین تر





دو واحد بیش تر از ایزوتوپ سبک تر باشد، عدد اتمی این عنصر کدام است؟

- ۸۰ (۱)      ۷۹ (۲)      ۸۱ (۳)      ۸۳ (۴)



۱۲. اگر در اتم عنصری فقط زیرلایه های زیر از الکترون اشغال شوند و ۹ الکترون دارای  $l = 0$  و در لایه چهارم آن ۱۳ الکترون وجود داشته باشد، چه تعداد از مطالب زیر درست اند؟
- آرایش الکترونی آن از قاعده آفبا پیروی نمی کند.
  - اختلاف عدد اتمی آن با نزدیک ترین گاز نجیب برابر ۱۲ است.
  - با عنصر  $E_{75}$  هم گروه و با عنصر  $Z_{51}$  هم دوره است.
  - با فلئوئور ترکیبی یونی با فرمول  $XF_n$  می دهد که  $n$  شمار الکترون های ظرفیتی آن است.

- ۱ (۱)      ۲ (۲)      ۳ (۳)      ۴ (۴)

۱۳. در مولکول  $SO_2Cl_2$ ، اتم مرکزی بوده، شمار پیوندهای کووالانسی آن برابر شمار پیوندهای کووالانسی در مولکول ..... است و مجموع شمار جفت الکترون های ناپیوندی لایه ظرفیت اتم ها در  $I_3^-$  ..... از مجموع شمار الکترون های ناپیوندی لایه ظرفیت اتم ها در مولکول  $SO_2Cl_2$  است.

(ریاضی خارج ۹۳ با تغییر)

- (۱)  $S$ ،  $POCl_3$ ، کم تر      (۲)  $S$ ،  $NCl_3$ ، بیش تر      (۳)  $O$ ،  $POCl_3$ ، کم تر      (۴)  $O$ ،  $NCl_3$ ، بیش تر

(ریاضی خارج ۹۶)

۱۴. ساختار لوویس یون سولفیت به ساختار لوویس کدام گونه، شبیه است؟

- (۱) آمونیاک      (۲) یون کربنات      (۳)  $BF_4^-$       (۴)  $NO_2$

۱۵. چه تعداد از موارد زیر درباره «عنصرهای دسته p جدول دوره ای» نادرست است؟

- (ا) همه عنصرهایی که در دما و فشار اتاق به شکل مولکول های دو اتمی هستند در این دسته جای دارند.  
 (ب) آرایش الکترونی یون تک اتمی و پایدار همه آنها به زیرلایه p ختم می شود.  
 (پ) به تقریب ۳۰/۵ درصد از عنصرهای جدول دوره ای را تشکیل می دهند.  
 (ت) در حالت پایه هیچ کدام از اتم عنصرهای این دسته، لایه الکترونی پنجم به طول کامل پر نشده است.

- ۳ (۱)      ۱ (۲)      ۴ (۳)      ۲ (۴)

۱۶. با توجه به شکل روبه رو که بخشی از جدول تناوبی عنصرهاست، کدام یک از مطالب زیر نادرست است؟



- (ا) نسبت شمار کاتیون به آنیون در ترکیب حاصل از F و D،  $\frac{2}{3}$  برابر نسبت شمار آنیون به کاتیون در ترکیب حاصل از B و C است.  
 (ب) تعداد الکترون های مبادله شده در یک مول از ترکیب حاصل از F و C برابر با یک مول از ترکیب حاصل از E و A است.

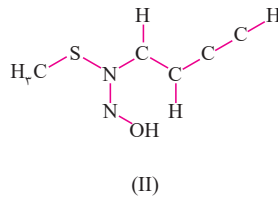
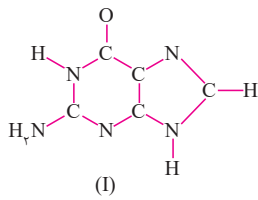
- (پ) در کاتیون اکسید عنصر هم گروه B در تناوب چهارم، تعداد الکترون ها  $I = 2$ ، برابر تفاضل تعداد عنصرهای دوره های پنجم و ششم است.  
 (ت) ترکیب حاصل از E و D شامل تعداد بسیار زیادی یون با آرایش منظم است که در ساختار آنها مولکولی وجود ندارد.  
 (ث) تعداد الکترون های ظرفیتی G و E یکسان، اما یون پایدار آنها آرایش الکترونی متفاوتی دارد.

- (۱) آ و ب و ت      (۲) پ و ت      (۳) آ، پ و ت      (۴) ب، ت و ث

۱۷. کدام گزینه درست است؟

- (۱) اتم عنصرهای گروه ۵، ۶ و ۷ در شرایط مناسب با به دست آوردن الکترون به آنیون هایی تبدیل می شوند که آرایشی همانند آرایش گاز نجیب هم دوره خود را دارد.  
 (۲) اتمی که در زیرلایه های s و p بیرونی ترین لایه الکترونی خود کم تر از هشت الکترون دارد واکنش پذیر است.  
 (۳) یون های  $N_3^-$  و  $O_3^{2-}$  و  $Hg_2^{2+}$  تک اتمی اند چون تنها از یک نوع عنصر تشکیل شده اند.  
 (۴) در  $BCl_3$  اتم مرکزی برخلاف اتم مرکزی در  $CO_2$  از تمام الکترون های ظرفیتی خود در تشکیل پیوندهای اشتراکی استفاده کرده است.

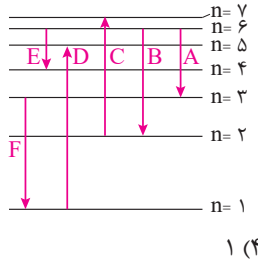
۱۸. در مولکول های زیر، ساختار لوویس به طور ناقص رسم شده است پیوند بین دو اتم می تواند یگانه، دوگانه یا سه گانه باشد (که در شکل ها همه به صورت یگانه نشان داده شده است). اگر همه اتم ها (به جز H) از قاعده هشتایی پیروی نمایند، نسبت شمار جفت الکترون های پیوندی به



ناپیوندی در مولکول (II) ..... برابر این نسبت در مولکول (I) است.

- ۱/۴ (۱)
- ۰/۷۹ (۲)
- ۱/۲۷ (۳)
- ۰/۷۴ (۴)

۱۹. چه تعداد از عبارات های زیر در مورد شکل روبه رو که مربوط به انتقالات الکترونی در اتم هیدروژن می باشد، درست است؟



- چهار انتقال، طیف نشری خطی ایجاد می کنند.
- خط طیفی یکی از انتقال ها با چشم قابل مشاهده است.
- انتقال F نسبت به انتقال A و E طول موج کمتری دارد.
- در انتقال C نسبت به انتقال A انرژی بیش تری آزاد می شود.
- پس از انتقال الکترون از  $n=1$  به  $n=4$ ، در بازگشت به حالت پایه حداکثر ۵ انتقال انرژی می تواند انجام پذیرد.

- ۱ (۴)
- ۳ (۳)
- ۲ (۲)
- ۴ (۱)

۲۰. عبارت ..... عبارت ..... درست است؟

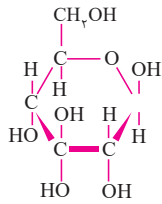
آ) یک amu به تقریب معادل  $1.66 \times 10^{-24}$  گرم است.

ب) رنگ شعله ترکیبات لیتیم نسبت به ترکیبات مس و ترکیبات سدیم، دارای طول موج کوتاه تری است.

پ) در مخلوطی از  $1/88$  گرم مس (II) نیترات و  $3/3$  گرم لیتیم سولفات  $2/88$  گرم اتم اکسیژن وجود دارد.

( $Cu = 64, S = 32, O = 16, N = 14, Li = 7; g.mol^{-1}$ )

ت) جرم مولی و تعداد پیوندهای کووالانسی گلوکز (ساختار روبه رو) به ترتیب ۶ و ۵ برابر  $CH_2O$  است.



(۱) (آ) همانند - (ب)

(۲) (پ) برخلاف - (ت)

(۳) (ب) همانند - (پ)

(۴) (ت) برخلاف - (آ)

۱	(۱) (۲) (۳) (۴)	۵	(۱) (۲) (۳) (۴)	۹	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۳	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۷	(۱) (۲) (۳) (۴)
۲	(۱) (۲) (۳) (۴)	۶	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۰	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۴	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۸	(۱) (۲) (۳) (۴)
۳	(۱) (۲) (۳) (۴)	۷	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۱	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۵	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۹	(۱) (۲) (۳) (۴)
۴	(۱) (۲) (۳) (۴)	۸	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۲	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۶	(۱) (۲) (۳) (۴)	۲۰	(۱) (۲) (۳) (۴)

پاسخ آزمون ۳ در صفحه ۲۰۶



آزمون ۴: کل فصل اول

۱. عبارت ..... عبارت ..... درست است.

(آ) عنصرهایی که در آخرین لایه الکترونی خود یک یا دو الکترون دارند به دسته s جدول دوره‌ای تعلق دارند.

(ب) اگر نسبت جرمی X به Y در مولکول  $YX_p$  برابر  $2/3$  و نسبت جرمی E به Y در مولکول  $YE_p$  برابر ۴ باشد، نسبت جرمی X به E در مولکول  $XE_p$  برابر  $0/43$  خواهد بود.

(پ) اگر بخواهیم تعداد ۲۵ الکترون را طبق قاعده آفبا در زیرلایه‌های d، s، p و f توزیع کنیم، ۱۲ درصد الکترون‌ها وارد زیرلایه d می‌شوند.

(ت) در واکنش زیر که در خورشید رخ می‌دهد، به تقریب  $1/7 \times 10^8$  کیلوژول انرژی آزاد می‌شود.  
 ${}^2_1H + {}^3_1H \rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n$   
 $2/014g \quad 3/016g \quad 4/0026g \quad 1/0087g$

(۱) همانند - (پ)

(۲) برخلاف - (پ)

(۳) همانند - (آ)

(۴) برخلاف - (ت)

۲. اگر شمار الکترون‌های یون تک‌اتمی X برابر ۵۴ باشد، عنصر X، در گروه ..... جدول تناوبی جای داشته، عدد اتمی آن برابر با ..... است و با کلسیم، ترکیبی یونی با فرمول ..... تشکیل می‌دهد.

(ریاضی خارج ۸۸)

(۴)  $CaX - 55 - 16$

(۳)  $CaX_p - 53 - 17$

(۲)  $CaX_p - 56 - 17$

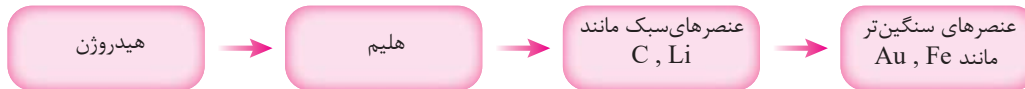
(۱)  $CaX - 53 - 16$

۳. چه تعداد از عبارات‌های زیر درست است؟

(آ) اولین و دومین فلز فراوان زمین در واکنش با فراوان‌ترین نافلز زمین می‌توانند ترکیب‌های یونی تشکیل دهند که نسبت شمار آنیون به کاتیون در آن‌ها  $\frac{3}{2}$  است.

(ب) شکل مقابل نمایشی از یک سحابی است که سردترین مکان شناخته شده در جهان با دمای ۱K است.

(پ) روند تشکیل عنصرها در ستارگان که کارخانه تولید عناصرند به صورت زیر است:



(ت) یافته‌های دانشمندان نشان می‌دهد که عنصرها به صورت همگون در جهان هستی توزیع شده‌اند.

(ث) با بررسی نوع و مقدار عناصر سازنده برخی سیاره‌های سامانه خورشیدی و مقایسه آن با عناصر سازنده خورشید می‌توان به درک بهتری از چگونگی تشکیل عنصرها دست یافت.

۳ (۱)      ۴ (۳)      ۱ (۲)      ۲ (۴)

۴. نئون دارای سه ایزوتوپ  ${}^{20}Ne$ ،  ${}^{21}Ne$  و  ${}^{22}Ne$  است. اگر جرم اتمی میانگین آن برابر  $20/5 amu$  و فراوانی سبک‌ترین ایزوتوپ  $70\%$  درصد باشد و تعداد اتم‌های سبک‌ترین ایزوتوپ در ظرف برابر  $10^{20}$  باشد، تعداد اتم‌های سنگین‌ترین ایزوتوپ به تقریب چقدر است؟

(۱)  $3/5 \times 10^{20}$       (۲)  $7 \times 10^{20}$       (۳)  $28/6 \times 10^{18}$       (۴)  $14/3 \times 10^{18}$

۵. اگر عنصری در گروه ۱۴ و دوره ششم جدول تناوبی جای داشته باشد، چند مورد از مطالب زیر درباره آن درست است؟

(تجربی خارج ۹۵)

• با عنصر Y هم‌گروه است.

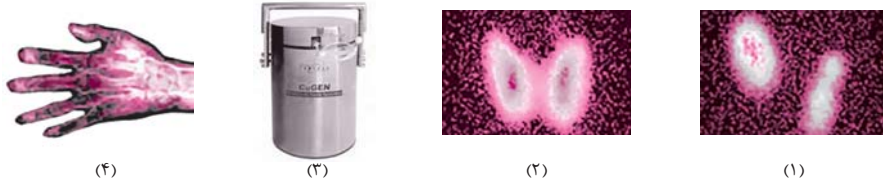
• ترکیبی با فرمول  $XCl_p$  می‌تواند تشکیل دهد.

• در آخرین زیرلایه اشغال شده آن، چهار الکترون وجود دارد.

• الکترونی با عددهای کوانتومی  $l = 3$  و  $n = 3$  در اتم آن وجود دارد.

(۱) ۱      (۲) ۲      (۳) ۳      (۴) ۴

۶. چه تعداد از عبارات‌های مطرح شده در شکل زیر درست است؟



(۱) (۲) (۳) (۴)

شکل (۱) و (۲) به ترتیب تصویر غده تیروئید ناسالم و سالم را نشان می دهند.

ب) یون های اتمی که به عنوان رادیوایزوتوپ در شکل (۴) استفاده می شود در ساختار هموگلوبین قرار می گیرند و تعداد نوترون های هسته آن برابر ۳۳ است.

پ) تنها دلیل استفاده از تکنسیم برای تصویربرداری از تیروئید مشابه بودن اندازه یون حاوی آن با یون یدید است.  
ت) یون حاوی تکنسیم جایگزین یون های یدید شده و با افزایش مقدار آن، امکان تصویربرداری فراهم می شود.  
ث) تکنسیم به دلیل زمان ماندگاری کم در دستگاهی مانند شکل (۳) تولید و مصرف می شود.

۲ (۱) ۱ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

(تجربی ۹۴ با تغییر)

۷. تعداد الکترون های با  $I = 2$  کاتیون ها در کدام دو ترکیب داده شده، برابر است؟

(۱)  $FePO_4$  ،  $26$  ،  $MnO$  ،  $25$   
(۲)  $Ni(CN)_2$  ،  $28$  ،  $CuSO_4$  ،  $29$   
(۳)  $TiCl_3$  ،  $22$  ،  $CrO_3$  ،  $24$   
(۴)  $CoCl_3$  ،  $27$  ،  $V_2O_3$  ،  $23$

۸. در متن زیر چه تعداد از مواردی که مشخص شده اند نادرست است؟

در جدول دوره های عنصرها ۱۸ گروه و ۷ دوره وجود دارد که بیشترین تعداد عناصر در گروه ۷ و کمترین تعداد عناصر در دوره ۱ یک قرار دارند. تعداد عنصرهای موجود در گروه های ۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۷ برخلاف گروه های ۱۱ و ۱۲ با هم برابر بوده و شامل ۷ عنصر هستند. در این جدول ۳ اتم دارای عدد اتمی ۱۲ و ۲ اتم دارای عدد اتمی ۳ هستند. خواص شیمیایی عنصرهای موجود در یک گروه مشابه یک دیگرند. در این جدول، عنصرها بر اساس افزایش جرم اتمی مرتب شده اند و در هر دوره، از چپ به راست خواص عنصرها به طور مشابهی تکرار می شوند. در این جدول، ۷ گاز نجیب تک اتمی وجود دارد و اختلاف تعداد عناصر گروه ۳ با تعداد عنصرهای دوره ۷ برابر صفر است و هم چنین مجموع تعداد عنصرهای گروه ۱۳ تا ۱۷ از تعداد عنصرهای گروه ۳ بیش تر است.

۳ (۱) ۴ (۲)  
۵ (۳) ۷ (۴)

۹. آثار باقی مانده از آتش درون یک غار در آفریقا نشان می دهد که سرعت واپاشی کربن-۱۴ در نمونه چوب سوخته برابر ۳/۱ واپاشی در هر دقیقه (در هر گرم کربن) است. اگر سرعت واپاشی کربن-۱۴ در یک چوب تازه قطع شده برابر ۱۳/۶ واپاشی (در هر گرم کربن) باشد، عمر این نمونه چوب (برحسب سال) به کدام گزینه نزدیک تر است؟ (نیم عمر  $^{14}C$  برابر  $5730$  سال است)

۸۰۰۰ (۱) ۱۲۰۰۰ (۲)  
۱۶۰۰۰ (۳) ۲۴۰۰۰ (۴)

۱۰. چه تعداد از موارد زیر درست اند؟

• اگر تفاوت شمار الکترون ها با شمار نوترون ها در یون تک اتمی  $(g) A^{2+}$  برابر ۱۲ باشد، این عنصر در گروه ششم و دوره پنجم جدول دوره ای قرار دارد.

• الکترون را با نماد  $e^-$  نمایش می دهند و مجموع جرم آن و پروتون کم تر از جرم نوترون است.

• در عنصرهای جدول دوره ای فقط در یک عنصر در حالت پایه، شمار الکترون های لایه سوم، پنج برابر شمار الکترون های لایه چهارم است.

• چنان چه عنصرهای A و B هر کدام دارای ۲ ایزوتوپ باشند، ۹ ترکیب متفاوت با ساختار  $A - B \equiv B - A$  می توان در نظر گرفت.

۳ (۱) ۲ (۲)  
۱ (۳) ۰ (۴)

۱۱. جمله ..... جمله ..... نادرست است.

آ) علم اختر شیمی به کمک دانش طیف سنجی توانسته است وجود مولکول های گوناگونی را در نقاط بسیار دوری از کیهان ثابت کند.

ب) تاکنون بیش از ۱۲۰ مولکول چند اتمی در فضای بین ستاره ای شناخته شده است.

پ) مولکول های شناخته شده در فضای بین ستاره ای بر اثر تابش پرتوهای کیهانی مانند تابش فرابنفش به یون های مثبت تبدیل می شوند.

ت) در فضای بین ستاره ای به علت تابش های کیهانی فقط گونه هایی با بار الکتریکی مثبت یافت می شود.

(۱) (پ) برخلاف - (ب)  
(۲) (آ) همانند - (ب)  
(۳) (ت) برخلاف - (آ)  
(۴) (پ) مانند - (ت)





۱۲. نسبت شمار کاتیون به آنیون در ردیف ..... از ستون II با نسبت شمار آنیون به کاتیون در ردیف ..... از ستون I جدول روبه‌رو، برابر است. (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید)

خارج (۹۲) ۱ (۱) و ۲ (۲) و ۲ (۲)

۳ و ۲ (۳) ۴ و ۱ (۴)

۱۳. مطالب مندرج در کدام گزینه، عبارت‌های (آ) تا (ت) را به درستی تکمیل می‌کند؟  
 (آ) مجموع  $(n + 1)$  الکترون‌های جدا شده در  $Cr^{3+}$  برابر ..... است.

(ب) نسبت شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی به پیوندی در ..... مشابه این نسبت در مولکول  $N_2O$  می‌باشد.

( $H = 1, O = 16, S = 32 : g.mol^{-1}$ )

(پ) تعداد اتم‌های موجود در  $2/3$  گرم  $C_2H_6O$  ..... از تعداد اتم‌ها در ۴ گرم  $SO_3$  است.

(ت) شمار الکترون‌های مبادله در تشکیل  $6/0$  مول آلومینیم فلئورید برابر شمار الکترون‌های مبادله شده در تشکیل ..... مول لیتیم اکسید است.

۱۳ (۱) - کم‌تر -  $9/0$  -  $CS_2$

۱۳ (۳) - بیش‌تر -  $8/0$  -  $SO_2$

۱۴ (۲) - کم‌تر -  $8/0$  -  $SO_2$

۱۴ (۴) - بیش‌تر -  $9/0$  -  $CS_2$

۱۴. کدام عبارت، درست است؟

(۱) بیش‌تر ایزوتوپ‌های شناخته شده هیدروژن، ناپایدارند.

(۲) در یون  $Li^+$ ، شمار الکترون‌ها برابر با شمار نوترون‌ها است.

(۳) بیش‌تر اتم‌های کلر را ایزوتوپ‌های سنگین‌تر آن تشکیل می‌دهند.

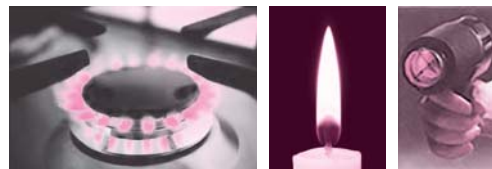
(۴) اگر جرم اتم عنصری  $2/33$  برابر جرم اتم  $^{12}C$  باشد، جرم اتمی آن  $16 amu$  است.

۱۵. پاسخ درست پرسش‌های (آ) و (پ) و پاسخ نادرست پرسش‌های (ب) و (ت) در کدام گزینه آمده است؟

(آ) امروزه برای اندازه‌گیری دمای اجسام داغ از چه وسیله‌ای استفاده می‌شود؟

(ب) در حدود ۷۰۰ سال پیش انسان از گرم کردن سنگ معدن مس با چه ماده‌ای توانست فلز مس را به صورت مذاب استخراج کند؟

(پ) در بین دمای  $175^\circ C$ ،  $275^\circ C$  و  $800^\circ C$  دمای  $275^\circ C$  و  $800^\circ C$  را به ترتیب به کدام یک از شکل‌های زیر می‌توان نسبت داد؟



(۱)

(۲)

(۳)

(ت) از آزمایش روشن و خاموش کردن کنترل تلویزیون برای مشاهده پرتوهای الکترومغناطیس چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

(۱) دماسنج فروسرخ - سرب - شکل‌های ۱ و ۲ - نمایشگر موبایل نقش یک آشکارساز را بازی می‌کند.

(۲) دوربین‌های حساس به پرتوهای فرابنفش - زغال سنگ - شکل‌های ۱ و ۲ - نمایشگر موبایل نقش یک آشکارساز را بازی می‌کند.

(۳) دماسنج فروسرخ - سرب - شکل‌های ۱ و ۳ - اجسام بخشی از طیف نور را که ندارند جذب می‌کنند.

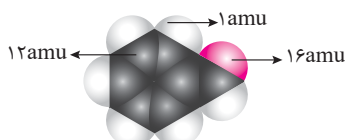
(۴) دوربین‌های حساس به پرتوهای فرابنفش - زغال سنگ - شکل‌های ۱ و ۳ - اجسام بخشی از طیف نور را که دارند منتشر می‌کنند.

۱۶. اگر شمار الکترون‌های زیرلایه  $4s$  اتم A، دو برابر شمار الکترون‌های این زیرلایه در اتم عنصر B و شمار الکترون‌های زیرلایه  $3d$  اتم آن، برابر نصف شمار الکترون‌های این زیرلایه در اتم B باشد، A و B به ترتیب از راست به چپ، کدام دو عنصر در دوره چهارم جدول تناوبی اند؟ (ریاضی ۹۲)

۲۹ Cu ، ۲۴ Cr (۱) ۲۹ Cu ، ۲۵ Mn (۲)

۳۰ Zn ، ۲۴ Cr (۳) ۳۰ Zn ، ۲۵ Mn (۴)

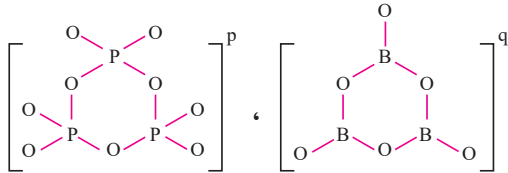
۱۷. جمله ..... جمله نادرست است.



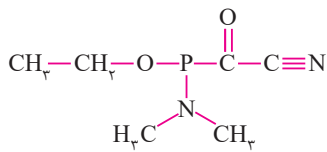
آ)  $H_2O$  و  $H_2O^2$  در چگالی، مجموع نوترون‌ها و نقطه انجماد با یک دیگر تفاوت دارند.  
 ب) اگر جرم یک اتم کربن ( $^{12}C$ ) برابر  $1.99 \times 10^{-25}$  گرم باشد، جرم یک یون  $^{24}Mg^{2+}$  برابر  $3.98 / 64 \times 10^{-25}$  گرم است.  
 پ) جرم مخلوطی از  $0.2$  مول  $CH_4$  و  $1.5 \times 10^{23}$  مولکول  $SO_2$  برابر  $12/9$  گرم است. ( $C=12, H=1, O=16, S=32: g.mol^{-1}$ )  
 ت) در مدل فضاپر کن  $C_7H_8O$  (بنزآلدهید) جرم یک مولکول آن برابر  $106 amu$  و جرم مولی آن برابر  $106$  گرم بر مول است.  
 ( $H=1, C=12, O=16: g.mol^{-1}$ )

- (۱) (آ) مانند - (پ)  
 (۲) (ت) مانند - (ب)  
 (۳) (پ) برخلاف - (ب)  
 (۴) (ت) برخلاف - (آ)

۱۸. چه تعداد از عبارات‌های زیر درست است؟



آ) در گونه‌های زیر، نسبت  $\frac{p}{q}$  برابر ۱ می‌باشد. (همه اتم‌های اکسیژن از قاعده هشتایی پیروی می‌کنند)



ب) نسبت جفت الکترون‌های پیوندی به ناپیوندی در مولکول روبه‌رو برابر ۳ است (همه اتم‌ها به جز H از قاعده هشتایی پیروی می‌کنند)

پ) در ترکیب‌های  $NO_2$ ،  $KNO_3$ ،  $CF_4$ ،  $TiF_3$ ،  $AlCl_3$ ،  $SO_2$ ،  $H_2S$ ،  $Li_3N$  و  $BaI_2$ ، ترکیب یونی وجود دارد.  
 ت) در یک ترکیب یونی، شمار یون‌های مثبت همواره با شمار یون‌های منفی برابر است.

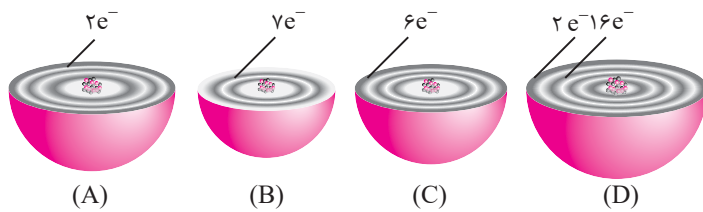
- (۱) ۰      (۲) ۱      (۳) ۴      (۴) ۳

۱۹. گازهای نجیب در کدام گروه جدول تناوبی عنصرها، جای دارند و تفاوت عدد اتمی گاز نجیب دوره اول و دوره سوم کدام است؟ (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید)

(ریاضی ۹۶)

- (۱) ۱۶ و ۱۷      (۲) ۱۷ و ۱۸  
 (۳) ۱۷ و ۱۸      (۴) ۱۶ و ۱۸

۲۰. با توجه به شکل‌های روبه‌رو که برشی از اتم چند عنصر را نشان می‌دهند، کدام یک از مطالب زیر درست‌اند؟  
 آ) در اتم A با از دست دادن دو الکترون، از واکنش‌پذیری و اندازه آن کاسته می‌شود.



ب) مجموع تعداد زیرلایه‌های پر در B و D بیش‌تر از A و C است.  
 پ) اتم D دارای ۱۰ الکترون ظرفیتی است و آخرین الکترون آن دارای عدد‌های کوانتومی  $l=0$  و  $n=4$  است.

ت) در فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از A و B و نیز A و C، نسبت شمار کاتیون به آنیون به ترتیب برابر  $\frac{1}{4}$  و ۱ است.

ث) B و C ترکیب‌های مولکولی با فرمول شیمیایی  $CB_3$  و  $CB_4$  تشکیل می‌دهد که در هر دو اتم مرکزی از قاعده هشتایی پیروی می‌کند.  
 (۱) آ، پ و ث      (۲) ب و ث      (۳) آ و ت      (۴) ب، پ و ت

۱	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۵	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۹	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۱۳	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۱۷	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)
۲	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۶	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۱۰	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۱۴	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۱۸	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)
۳	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۷	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۱۱	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۱۵	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۱۹	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)
۴	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۸	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۱۲	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۱۶	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۲۰	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)

پاسخ آزمون ۴ در صفحه ۲۲۷



آزمون ۵: کل فصل اول

۳۰ دقیقه

۱. کدام یک از عبارات‌های زیر درست‌اند؟

ا) فاصله سیاره مشتری از خورشید بیش‌تر از فاصله سیاره زمین از خورشید است.  
 ب) ابعاد سیاره زمین نسبت به مشتری بزرگ‌تر است.

پ) از هشت عنصر اصلی سازنده مشتری بیش‌ترین درصد فراوانی مربوط به H و کم‌ترین درصد فراوانی مربوط به Ar است.  
 ت) از هشت عنصر اصلی سازنده زمین بیش‌ترین و کم‌ترین درصد فراوانی به ترتیب مربوط به Fe و Al است.  
 ث) سیاره مشتری نسبت به سیاره زمین دما و چگالی کم‌تری دارد.

۱) آ-پ-ت (۲) آ-ت-ث (۳) ب-پ (۴) همه موارد

۲. با توجه به شکل زیر که ایزوتوپ‌های کلر را نشان می‌دهد، چه تعداد از مطالب زیر درست‌اند؟

• ایزوتوپی که عدد جرمی بزرگ‌تری دارد پایداری بیش‌تری نیز دارد.

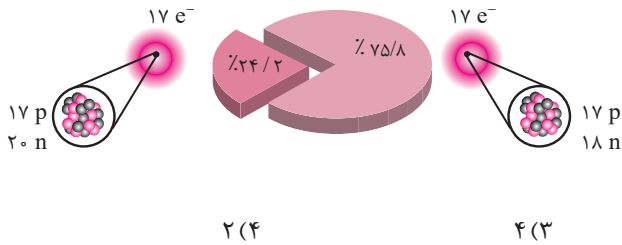
• با اولین عنصر واسطه می‌تواند ترکیبی یونی با فرمول شیمیایی  $XCl_3$  تشکیل دهد که هر دو به آرایش گاز نجیب یکسانی رسیده‌اند.  
 • جرم مولکولی میانگین  $Cl_2$  برابر  $71 \text{ amu}$  است.

• تفاوت عدد اتمی آن با اولین گاز نجیب پرتوزا برابر ۶۷ است.

• در واکنش با ایزوتوپ‌های  ${}^6Li$  و  ${}^7Li$  امکان تشکیل چهار

لیتیوم کلرید با جرم مولی متفاوت وجود دارد (عدد جرمی را

هم‌ارز جرم اتمی با یکای  $\text{g.mol}^{-1}$  در نظر بگیرید)



۲ (۴)

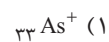
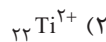
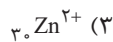
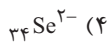
۴ (۳)

۱ (۲)

۳ (۱)

(ریاضی خارج ۹۶)

۳. در بالاترین لایه اشغال شده کدام یون گازی، هشت الکترون وجود دارد؟



۴. در واکنش هسته‌ای تولید یک مول هلیوم از هیدروژن حدود  $0.024$  گرم ماده به انرژی تبدیل می‌شود. انرژی حاصل از واکنشی که  $0.16$  گرم هلیوم تولید کند، حدوداً چند روز انرژی مورد نیاز یک کارگاه ذوب مس با توان تولید یک تن مس در روز را تأمین کند؟

( $16 \text{ kJ}, Cu = 64, He = 4 \text{ g.mol}^{-1}$  = انرژی لازم برای ذوب یک مول مس)

روز ۹۳ (۴)

روز ۷۱ (۳)

روز ۳۵ (۲)

روز ۳۰ (۱)

۵. عبارت ..... عبارت ..... نادرست است.

ا) اگر عنصر A متعلق به گروه ۳ از تناوب چهارم و عنصر B متعلق به گروه ۱۷ از تناوب پنجم باشد، می‌توان گفت ۳۱ عنصر بین عناصر A و B قرار گرفته است.

ب) اگر آرایش الکترونی اتم A به  $3p^3$  و آرایش الکترونی اتم B به  $2p^2$  ختم شود، فرمول شیمیایی ترکیب هیدروژن دار اتم‌های این دو عنصر به ترتیب  $AH_3$  و  $BH_3$  خواهد بود.

پ) اگر اتم عنصری ۲۲ الکترون با اعداد کوانتومی  $l = 2$  داشته باشد، مجموع عدد کوانتومی اصلی الکترون‌های لایه چهارم آن برابر ۷۲ خواهد بود.

ت) اگر در آرایش الکترونی اتمی تعداد الکترون‌های زیرلایه  $3d$  دو برابر تعداد الکترون‌های زیرلایه  $4p$  است. مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی الکترون‌های بیرونی‌ترین زیرلایه آن برابر ۳۳ خواهد بود.

ب) مانند پ (۴)

ت) برخلاف ب (۳)

آ) مانند ت (۲)

ب) برخلاف پ (۱)

۶. با توجه به جدول روبه‌رو که موقعیت شش عنصر A، X، E، Y، D و G را در جدول تناوبی نشان می‌دهد، چه تعداد از عبارات‌های زیر درست‌اند؟

ا) ۵۰ درصد این عناصر در سیاره مشتری یافت می‌شوند و رامسی با جداسازی ۲ عنصر از جدول روبه‌رو از هوا، گاز نجیب آرگون را کشف کرد.

ب) در دمای اتاق و فشار یک اتمسفر، نیمی از این عناصر به حالت گازی هستند.



(پ) تعداد الکترون با  $I = 1$  در اتم  $G$  یک واحد کمتر از تعداد این الکترون ها در اتم رادیوایزوتوپی است که در تصویر برداری از گردش خون استفاده می شود.

ت ترتیب  $YXG_p > AG_p = DX_p > XE_p$  نمایش درست تعداد پیوندهای اشتراکی در این مولکول هاست.

۱ (۱) ۳ (۲) ۲ (۳) ۴ (۴)

۷. در اتم هیدروژن، انرژی هر لایه ( $n$ ) بر حسب ژول از رابطه  $E_n = -\frac{2.18 \times 10^{-18}}{n^2}$  قابل محاسبه است. انرژی لازم برای برانگیخته کردن یک مول اتم هیدروژن و انتقال الکترون آن از لایه اول به لایه دوم، برابر  $h\nu$  است که به تقریب ..... است که به تقریب ..... انرژی لازم برای انتقال الکترون از لایه اول به لایه سوم است.

۰/۸۴-۹۸۴/۲ (۱) ۰/۸۴-۶۵۶/۲ (۲) ۰/۷۲-۹۸۴/۲ (۳) ۰/۷۲-۶۵۶/۲ (۴)

۸. اگر تفاوت عدد اتمی و شمار نوترون های اتم عنصر  $A$  برابر با ۱۰ باشد، کدام بیان درباره این عنصر، درست است؟  
(۱) عنصری از گروه ۱۵ جدول تناوبی است.

(ریاضی ۱۹ با تغییر)

(۲) می تواند مولکولی دو اتمی ( $A_2$ ) تشکیل دهد که هر اتم دو الکترون به اشتراک می گذارند.

(۳) آرایش الکترونی لایه ظرفیت اتم آن  $4s^2 4p^2$  است.

(۴) با فلزهای گروه ۱ ( $M$ ) ترکیب های یونی با فرمول عمومی  $MA$  تشکیل می دهد.

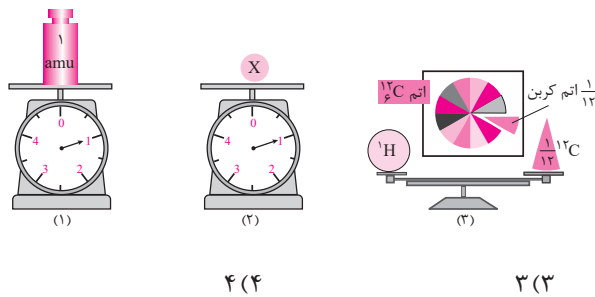
۹. با توجه به شکل روبه رو، چند مورد از مطالب زیر، درست اند؟

• ترازوی (۱)  $\frac{1}{12}$  جرم اتم کربن-۱۲ را نشان می دهد.

• در ترازوی (۲)،  $X$  می تواند  $n$  یا  $p$  باشد.

• اگر در ترازوی (۲) ذره های سازنده هسته اتم هلیم ( ${}^4_2\text{He}$ ) قرار گیرد، عقربه ترازو دقیقاً روی عدد ۴ قرار می گیرد.

• در شکل (۳)، کفه ترازو اندکی به سمت اتم هیدروژن متمایل است.



۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

۱۰. شمار الکترون ها با عدد کوانتومی  $l = 0$  در اتم های  ${}_{41}\text{Nb}$ ،  ${}_{44}\text{Ru}$  و  ${}_{45}\text{Rh}$  یکسان و یک واحد کمتر از شمار این الکترون ها در اتم  ${}_{38}\text{Sr}$  است. برای این اساس کدام مطلب نادرست است؟

(۱) در اتم  ${}_{44}\text{Ru}$ ، عدد کوانتومی فرعی ۹ الکترون برابر با صفر است.

(۲) در اتم  ${}_{41}\text{Nb}$ ، عدد کوانتومی فرعی ۱۴ الکترون برابر با ۲ است.

(۳) در اتم  ${}_{45}\text{Rh}$ ، شمار الکترون های ظرفیتی برابر با ۹ است.

(۴) آرایش الکترونی  ${}_{44}\text{Ru}$  و  ${}_{41}\text{Nb}$ ، به زیر لایه پر ختم می شود.

۱۱. چه تعداد از عبارات های زیر نادرست اند؟

- انرژی همانند ماده در نگاه ماکروسکوپی پیوسته و در نگاه میکروسکوپی کوانتومی است.

- اگر در اتم هیدروژن طول موج انتقال الکترون از  $n = 1$  به  $n = 2$  برابر  $122 \text{ nm}$  و از  $n = 2$  به  $n = 3$  برابر  $656 \text{ nm}$  باشد حدود طول موج انتقال الکترون از  $n = 1$  به  $n = 3$  کمتر از  $778 \text{ nm}$  خواهد بود.

- با بازگشت الکترون از  $n = 4$  به  $n = 2$  در اتم هیدروژن همان رنگی حاصل می شود که با قرار دادن فلز مس بر روی شعله به دست می آید.

- در بین ۴ طول موج  $200 \text{ nm}$ ،  $450 \text{ nm}$  و  $650 \text{ nm}$ ،  $900 \text{ nm}$ ، طول موج  $900 \text{ nm}$  می تواند نشان دهنده طول موج پرتو نشر شده از کنترل تلویزیون باشد.

۱ (۱) ۴ (۲) ۵ (۳) ۳ (۴)

۱۲. مطالب مندرج در کدام گزینه، عبارت های (آ) تا (ت) را به درستی تکمیل می کند؟

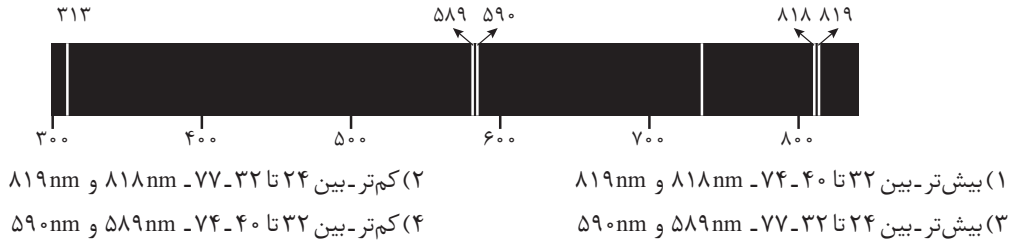
(آ) با توجه به این که جرم الکترون برابر  $9.1 \times 10^{-28} \text{ g}$  است می توان دریافت که جرم آن اندکی ..... از  $\frac{1}{1836} \text{ amu}$  است.

(ب) نیم عمر رادیوایزوتوپ  ${}_{131}\text{I}$ ، ۸ روز است، ..... روز طول می کشد تا ۱۰٪ آن باقی بماند.





پ) در  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  تعداد الکترون‌های ظرفیتی برابر ..... است. ( $\text{Fe}$  ۲۶)  
 ت) با توجه به شکل زیر که بخشی از طیف نشری خطی سدیم را نشان می‌دهد، خط طیفی ... رنگی مشابه رنگ سدیم در شعله دارد.



۱۲. چه تعداد از عبارات‌های زیر درست‌اند؟

آ) در اتم  $\text{Ag}$  ۴۷ حدود ۱۹/۱۵ درصد از الکترون‌ها دارای عدد کوانتومی  $l=0$  هستند.

ب) در اتم  $\text{Mo}$  ۴۳ حدود ۳۵/۷ درصد از الکترون‌ها دارای عدد کوانتومی  $l=2$  هستند.

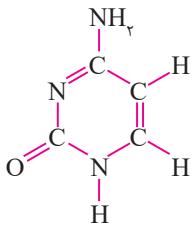
پ) اگر در آرایش الکترونی یک کاتیون ۳ بار مثبت، تعداد الکترون‌های با  $l=2$  نصف تعداد الکترون‌های با  $l=0$  باشد، نسبت تعداد الکترون با  $l=0$  به  $l=2$  در اتم آن برابر ۱/۴ است.

ت) اگر تعداد الکترون‌های  $\text{A}^{3+}$ ،  $\text{B}^{2-}$ ،  $\text{C}^{a-}$  برابر تعداد نوترون‌های  $\text{B}^b$  باشد، تعداد نوترون‌ها در  $\text{C}^{a-}$  برابر ۷ خواهد بود.

- ۴ (۱)      ۳ (۲)      ۱ (۳)      ۲ (۴)

۱۴. در ترکیب زیر، که همه اتم‌های N و C از قاعده هشتایی تبعیت می‌کنند به ترتیب از راست به چپ، چند جفت الکترون

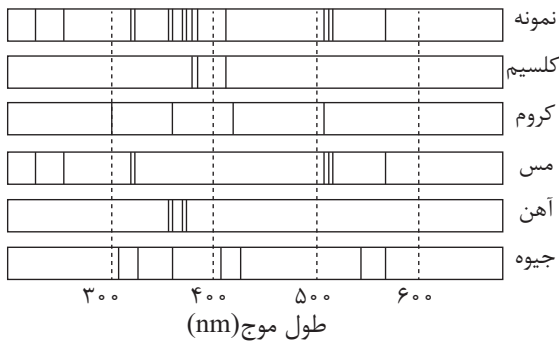
پیوندی و چند جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد؟



- ۴، ۱۶ (۱)  
 ۵، ۱۳ (۲)  
 ۵، ۱۶ (۳)  
 ۴، ۱۳ (۴)

۱۵. شکل زیر طیف نشری خطی یک نمونه و چند عنصر فلزی را نشان می‌دهد. با توجه به طیف‌های داده شده مشخص کنید چه فلزهایی در این

نمونه وجود دارد؟



- (۱) مس، آهن و جیوه  
 (۲) کلسیم، آهن و کروم  
 (۳) کلسیم، مس و آهن  
 (۴) جیوه، مس و کروم

۱۶. اگر عنصر A ۳۳ با عنصر X از گروه ۱۵ جدول تناوبی هم‌دوره باشد، عنصر A در کدام گروه جدول تناوبی جای دارد و عدد اتمی عنصر X کدام

است؟

(تجربی ۹۵)

- (۱) سیزدهم، ۳۱      (۲) سیزدهم، ۳۳      (۳) چهاردهم، ۳۱      (۴) چهاردهم، ۳۳

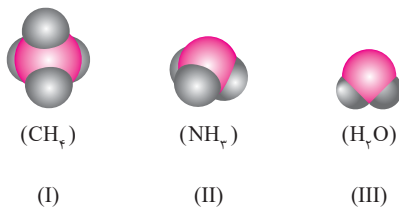
۱۷. با توجه به شکل‌های زیر، کدام مورد از مطالب زیر درست‌اند؟

آ) عنصرهایی با عدد اتمی ۹ و ۱۴ می‌توانند مولکولی مشابه با شکل (I) تشکیل دهند.

ب) شکل (II) می‌تواند مربوط به مولکول‌هایی چهار اتمی مانند  $\text{PCl}_3$  و  $\text{SO}_3$  باشد که اتم مرکزی از قاعده هشتایی پیروی می‌کند.

پ) شکل (III) می‌تواند مربوط به  $\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{N}_2\text{O}$  باشد.

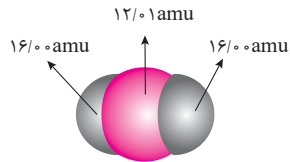
ت) مولکول‌های  $\text{SF}_6$  و  $\text{BCl}_3$  هیچ شباهتی به شکل‌های (I)، (II) و (III) ندارند.



- (۱) ب و پ      (۲) آ و ت      (۳) آ و ب      پ و ت

۱۸. چه تعداد از مطالب زیر نادرست‌اند؟

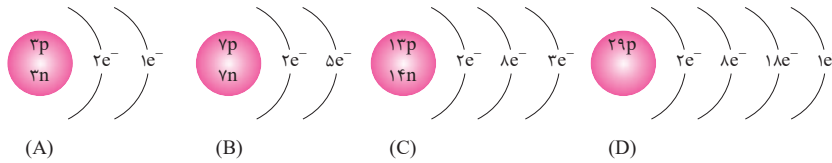
- گاز کلر از مولکول‌های دو اتمی تشکیل شده و خاصیت رنگ‌بری و گندزدایی دارد.
- در جهان هستی در حدود ۴۰۰ میلیارد کهکشان و حدود ۰/۰۰۸ مول ستاره وجود دارد.
- در ترکیب  $[C \equiv N - N - N \equiv C]^{\ominus}$  با فرض آن که همه اتم‌ها از قاعده هشتایی پیروی کنند، مقدار q برابر ۱+ است.
- در عنصرهای دوره دوم و سوم، با افزایش عدد اتمی تعداد الکترون‌های جفت نشده در ساختار الکترون - نقطه‌ای اتم‌ها ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.



- اگر دانش‌آموزی جرم یک مولکول کربن دی‌اکسید را مطابق شکل زیر، برحسب amu به درستی محاسبه کرده باشد می‌توان دریافت که وی مقیاس جرم اتم‌ها را  $\frac{1}{6}$  جرم  $^{16}O$  در نظر گرفته است.
- ۱ (۳)
۴ (۲)
۲ (۱)  
۳ (۴)

۱۹. با توجه به شکل‌های زیر، کدام یک از عبارات‌های زیر درست‌اند؟

(آ) اتم عنصرهای هم‌گروه C، در واکنش‌ها با از دست دادن الکترون به آرایش گاز نجیب دوره قبل می‌رسند.



- (ب) در ۸/۲ گرم از ترکیب یونی حاصل از B و C،  $1/204 \times 10^{23}$  یون مثبت وجود دارد (عدد جرمی، هم‌ارز جرم اتمی برحسب  $g \cdot mol^{-1}$  فرض کنید).
- (پ) مولکول B<sub>۲</sub> در مقایسه با عنصرهایی که در دما و فشار اتاق، مولکول‌های دو اتمی تشکیل می‌دهند، بیش‌ترین تعداد پیوندهای اشتراکی را دارد.
- (ت) به هنگام تشکیل ترکیب‌های یونی ACl و D<sub>۲</sub>O، اتم‌های A و D، تمام الکترون‌های ظرفیتی خود را از دست می‌دهند.
- (ث) اگر جرم اتمی میانگین A برابر ۶/۹۴ amu باشد، فراوانی ایزوتوپ دیگر ۸۴٪ است (A دو ایزوتوپ دارد؛  $^6A$  و  $^7A$ )
- (۱) آ، پ و ث      (۲) ب و پ      (۳) ب، ت و ث      (۴) آ و ت

۲۰. عنصر X با باریم ( $Ba_{86}$ ) هم‌دوره و با آرسنیک ( $As_{33}$ ) در جدول تناوبی هم‌گروه است. کدام گزینه درباره آن نادرست است؟

- (۱) عدد اتمی آن برابر ۸۳ است.
- (۲) بالاترین ظرفیت آن برابر ۳ است و با کلر ترکیبی یونی به فرمول  $XCl_3$  تشکیل می‌دهد.
- (۳) همانند  $Hg_{80}$  در آن ۱۴ الکترون با عددهای کوانتومی  $n=4$  و  $l=3$  وجود دارد.
- (۴) مجموع الکترون‌های لایه ظرفیت آن بیش‌تر از تعداد الکترون‌های با  $l=2$  در آن است.

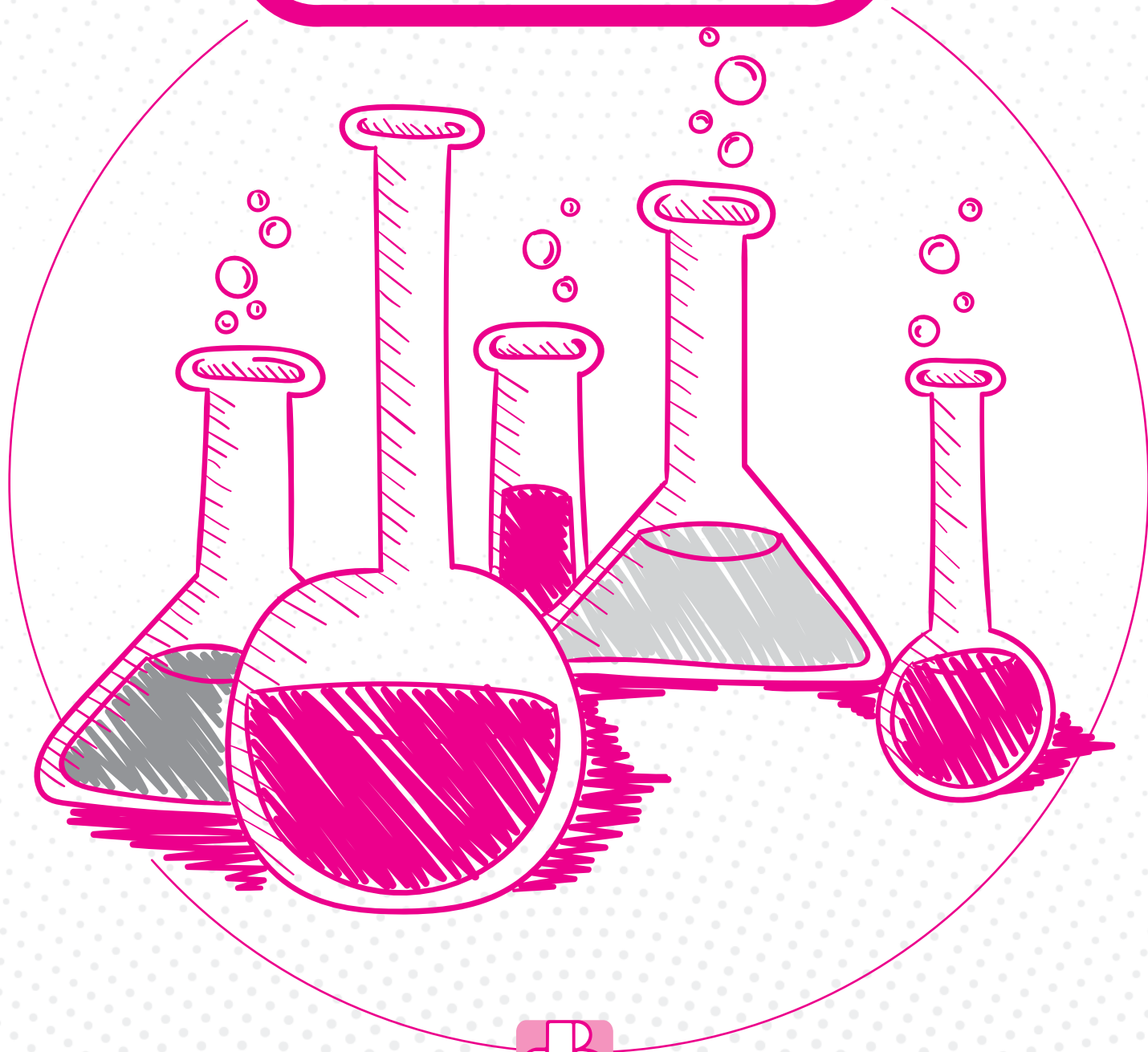
۱	(۱) (۲) (۳) (۴)	۵	(۱) (۲) (۳) (۴)	۹	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۳	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۷	(۱) (۲) (۳) (۴)
۲	(۱) (۲) (۳) (۴)	۶	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۰	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۴	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۸	(۱) (۲) (۳) (۴)
۳	(۱) (۲) (۳) (۴)	۷	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۱	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۵	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۹	(۱) (۲) (۳) (۴)
۴	(۱) (۲) (۳) (۴)	۸	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۲	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۶	(۱) (۲) (۳) (۴)	۲۰	(۱) (۲) (۳) (۴)

پاسخ آزمون ۵ در صفحه ۲۳۶



بخش دوم

# آزمونها





# پاسخ نامه فصل اول

## کیهان زادگاه الفبای هستی

پاسخ نامه آزمون ۱: فصل اول (تا توزیع الکترون ها در لایه ها و زیر لایه ها)

گزینه ۴

### درس نامه ۱ فضا و رازهای هستی

۱ آسمان پر ستاره شبانگاهی از گذشته های دور تا کنون ذهن کنجکاو انسان های هوشمند را مجذوب خویش ساخته است. شواهد تاریخی که از سنگ نوشته ها و غارنگاره ها به دست آمده است نشان می دهد که انسان اولیه با نگاه به آسمان و مشاهده ستارگان در پی فهم نظام و قانون مندی در آسمان بوده است.



غارنگاره های لاسکو

لاسکو (Lascaux) نام مجموعه ای از غارهای واقع در جنوب غربی فرانسه است که شهرت آن به خاطر غارنگاره هایی است که قدمت آن به دوران پارینه سنگی می رسد. این غارنگاره ها قدمتی حدود ۱۷۳۰۰ سال دارند. در تصویر فوق، گاو رسم شده در واقع بیان گر صورت فلکی گاو (= ثور Taurus) است. این تصویر به خوبی نشان می دهد که انسان اولیه واقعاً به دنبال فهم نظام و قانون مندی در آسمان بوده است. صورت فلکی گاو به خاطر این خوشه زیبا، در آسمان شب جلوه خاصی دارد. پروین گوسوار!

۲ انسان با مشاهده ستارگان و دنیای پیرامون خود، همواره با پرسش هایی روبه رو بوده است، پرسش هایی از قبیل:

- هستی چگونه پدید آمده است؟
- جهان کنونی چگونه شکل گرفته است؟
- پدیده های طبیعی چرا و چگونه رخ می دهند؟

پرسش نخست پرسشی بنیادی است که در قلمرو علم تجربی نمی گنجد و انسان تنها با مراجعه به آموزه های وحیانی می تواند به پاسخی جامع دست یابد. اما برای یافتن پاسخ پرسش های دوم و سوم، علم تجربی تلاشی گسترده را انجام داده است. این تلاش ها سبب شده است که دانش ما درباره جهان مادی افزایش یابد. شیمی دان ها با مطالعه خواص و رفتار ماده، هم چنین بر هم کنش نور با ماده در این راستا سهم به سزایی داشته اند.

۳ به لطف تلاش دانشمندان امروزه اطلاعات ما درباره کیهان و منشاء آن بسیار فراتر از تصور ماست. به طور مثال:

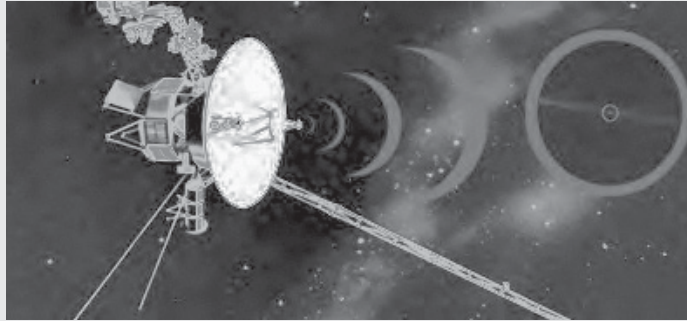
- امروزه به فضا می رویم،
  - با عنصرهای موجود در نقاط گوناگون کیهان آشنا شده ایم،
  - در پی یافتن زندگی در دیگر سیاره ها هستیم و مسافرت به مریخ را طراحی می کنیم ....
- و این تلاش ها هم چنان ادامه دارد.

۴ در سال ۱۹۷۷ میلادی (۱۳۵۶ خورشیدی) دانشمندان برای شناخت بیش تر سامانه خورشیدی، دو فضاپیما به نام وویجر ۱ و ۲ (Voyager1,2) را به فضا فرستادند.

گذر از کنار سیاره‌های مشتری، زحل، اورانوس و نپتون

تهیه و ارسال **شناسنامه فیزیکی و شیمیایی** این سیاره‌ها؛ یعنی تعیین نوع عنصرهای سازنده، ترکیب‌های شیمیایی در اتمسفر آن‌ها و ترکیب درصد این مواد.

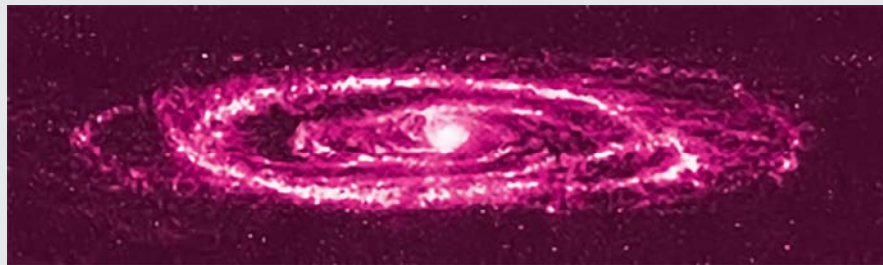
ماموریت فضاپیماهای  
وویجر ۱ و ۲



عکس کره زمین از فاصله تقریبی ۷ میلیارد کیلومتری؛ آخرین تصویری که وویجر ۱ پیش از خروج از سامانه خورشیدی از زادگاه خود گرفت.

وویجر ۱ در سال ۱۹۹۰ با نگاهی به عقب این عکس سلفی را با زمین گرفت! در این عکس زمین به صورت یک نقطه آبی کم‌رنگ است (البته اگر در این کتاب نقطه آبی را به رنگ دیگر دربرید به بزرگواری خود بر ما ببخشاییید، امکان چاپ رنگی نداریم). این دو فضانایما سال‌هاست که از سامانه خورشیدی خارج و وارد فضای بین ستاره‌ای شده‌اند اما هنوز با امواج رادیویی با زمین در تماس‌اند. وویجر ۱ انرژی مورد نیاز خود را از نوعی پیل هسته‌ای (با بهره‌گیری از پلوتونیوم-۲۳۸) تأمین می‌کند. دانشمندان انتظار دارند با توجه به عمر این باتری این تماس‌ها تا سال ۲۰۲۳ ادامه داشته باشد.

۵ عبدالرحمن صوفی رازی (۳۷۶-۲۹۱ هـ.ق) یکی از ستاره‌شناس‌های ایرانی است که برای اولین بار گزارشی درباره کیهانشان آندرومیا ارائه داده است. این کیهانشان نزدیک‌ترین همسایه به سامانه خورشیدی است. او هم‌چنین درباره موقعیت ستاره‌ها، اندازه و رنگ آن‌ها در صورت‌های فلکی اطلاعات معتبری ارائه داده است.



### کیهانشان آندرومیان

یکی از زیباترین اجرام آسمان، کیهانشان آندرومیا (= آندرومدا = Andromeda (زن بر زنجیر)) است. صوفی رازی این کیهانشان را برای اولین بار به صورت لکه‌ای ابر مانند ثبت نمود و در کتاب خود به عنوان سحابی از آن یاد کرد. بعدها این کیهانشان را که جفت کیهانشان راه شیری است به نام کیهانشان آندرومدا نامیده شد. فاصله این کیهانشان با کیهانشان راه شیری ۲/۵ سال نوری است. آندرومدا نزدیک‌ترین کیهانشان ماریچی به راه شیری است.

۶ **اختر شیمی:** یکی از شاخه‌های جذاب علم شیمی است و به مطالعه مولکول‌هایی می‌پردازد که در فضای بین ستاره‌ای یافت می‌شود. اختر شیمی‌دان‌ها توانسته‌اند وجود مولکول‌های گوناگونی را در مکان‌هایی بسیار دور ثابت کنند که تاکنون پای هیچ انسانی به آنجا نرسیده است. طیف سنجی، دانشی است که کمک شایانی به این پژوهش‌ها کرده است. تاکنون بیش از ۱۲۰ مولکول در فضاهای بین ستاره‌ای شناخته شده است:

۱. این مولکول‌ها دو یا چند اتمی هستند.
۲. بسیاری از این مولکول‌های یافت شده، در زمین نیز وجود دارند، اما مولکول‌هایی هم شناخته شده‌اند که در زمین وجود ندارند.
۳. مولکول‌های یاد شده بر اثر تابش پرتوهای کیهانی از جمله تابش فرابنفش به یون‌های مثبت تبدیل می‌شوند، بنابراین افزون بر مولکول‌ها، گونه‌هایی با بار الکتریکی مثبت نیز در فضاهای بین ستاره‌ای وجود دارند.





با توجه به مطالب فوق عبارت‌های (آ)، (ب) و (ت) نادرست، اما سه عبارت دیگر درست‌اند.

**بررسی عبارت‌های نادرست:**

(آ) پاسخ این پرسش که «پدیده‌های طبیعی چرا و چگونه رخ می‌دهند؟» در قلمرو علم تجربی می‌گنجد.

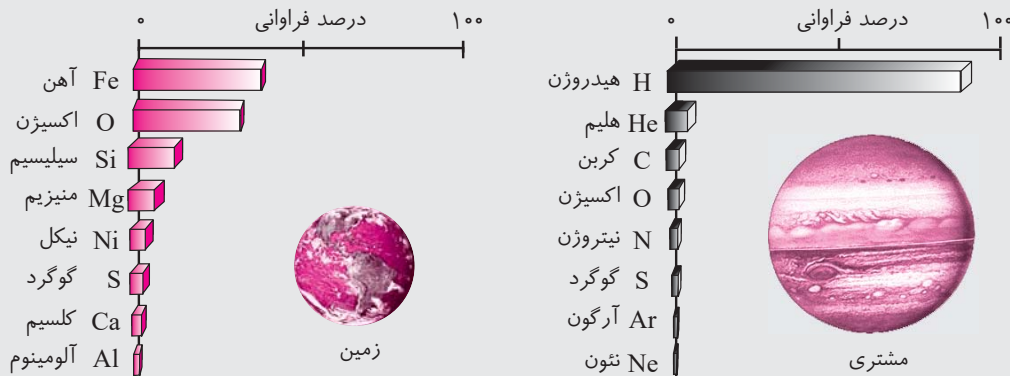
(ب) شکل مورد نظر، آخرین تصویری است که **ووایجر ۱** از کره زمین و پیش از خروج از سامانه خورشیدی گرفت.

(ت) فضاپیماهای ووایجر ۱ و ۲، مأموریت داشتند از **بعضی** از (نه همه) سیاره‌های سامانه خورشیدی (یعنی مشتری، زحل، اورانوس و نپتون) اطلاعاتی جمع‌آوری نمایند.

**۲. گزینه ۲**

**درس‌نامه ۲ زمین و مشتری**

برای فهمیدن **چگونگی پیدایش عنصرها**، بررسی نوع و مقدار عنصرهای سازنده برخی سیاره‌های سامانه خورشیدی و مقایسه آن با عنصرهای سازنده خورشید بسیار راهگشاست. برای این منظور می‌توان به بررسی عنصرهای سازنده دو سیاره مشتری و زمین پرداخت. اگر به شکل زیر دقت کنیم نکته‌های زیر را می‌توان از آن استخراج نمود:



**نکته:** سیاره‌های سامانه خورشیدی به طور کلی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- سیاره‌های سنگی: تیر (عطارد)، ناهید (زهره)، زمین و بهرام (مریخ)
- سیاره‌های سامانه خورشیدی: مشتری (برجیس)، کیوان (زحل)، اورانوس و نپتون

۱ مشتری جزو سیاره‌های گازی است (بیشتر از جنس گاز است) در حالی که زمین جزو سیاره‌های سنگی است (بیشتر آن از جنس سنگ می‌باشد).

**نکته:** از آن‌جا که دو فضاپیمای ووایجر ۱ و ۲ مأموریت داشتند از کنار سیاره‌های مشتری، زحل، اورانوس و نپتون گذر کنند می‌توان نتیجه گرفت که مأموریت آن‌ها تهیه شناسنامه فیزیکی و شیمیایی این سیاره‌های گازی بوده است.

۲ مشتری، بزرگ‌ترین سیاره سامانه خورشیدی است در حالی که زمین در جایگاه پنجم است.

۳ فراوان‌ترین عنصر در مشتری، هیدروژن است در حالی که فراوان‌ترین عنصر در زمین، آهن است.

ترتیب فراوانی عنصرها در دو سیاره زمین و مشتری به صورت زیر است:

**مقایسه فراوانی عنصرها در زمین<sup>۱</sup>**:  $Fe > O > Si > Mg > Ni > S > Ca > Al$

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

**نکته:** فراوان‌ترین عنصر موجود در کیهان، **هیدروژن** است.

**توجه:** شکل فوق فراوانی عنصرها در کره زمین - که شامل هسته، گوشته و پوسته است - را نشان می‌دهد نه فقط پوسته آن را. همان‌طور

۱. البته در بعضی منابع فراوانی گوگرد بیش‌تر از نیکل ذکر شده است. رجوع کنید به:

که در علوم سال نهم خواندید، فراوان ترین عنصر پوسته زمین، اکسیژن است.

- ۴ در میان ۸ عنصر اصلی سازنده زمین و مشتری، دو عنصر اکسیژن (O) و گوگرد (S) مشترک هستند. اکسیژن در زمین و مشتری به ترتیب دومین و چهارمین عنصر فراوان است، در حالی که گوگرد در هر دو سیاره در جایگاه ششم است.
- ۵ در مشتری، هیچ عنصر فلزی وجود ندارد و همه نافلزند.
- ۶ در ۸ عنصر اصلی زمین، پنج فلز (Al, Ca, Ni, Mg, Fe)، دو نافلز (S, O) و یک شبه فلز (Si) وجود دارد. درصد فراوانی فلزها بیش تر از نافلزها (و شبه فلز) است.
- ۷ در مشتری تفاوت درصد فراوانی دو عنصر فراوان تر (یعنی هیدروژن و هلیوم) بسیار بیش تر از دو عنصر فراوان تر زمین (یعنی آهن و اکسیژن) است.

اکنون با توجه به مطالب فوق، پرسش های مطرح شده را پاسخ می دهیم:

- آ) فراوان ترین عنصر در سیاره مشتری و زمین به ترتیب Fe, H است.
- ب) در میان عنصرهای اصلی سازنده زمین و مشتری، **اکسیژن (O) و گوگرد (S)** مشترک است.
- پ) در زمین، درصد فراوانی **فلزها** بیش تر از نافلزها (و شبه فلز) است.
- ت) در **مشتری**، تفاوت درصد فراوانی دو عنصر فراوان تر، بیش تر است.

### ۳. گزینه ۳

#### درس نامه ۳ چگونگی پیدایش عنصرها

- توزیع ناهمگون عنصرها در جهان هستی دانشمندان را بر آن داشت که به توضیح چگونگی پیدایش عنصرها بپردازند. برخی از آن ها معتقدند که سرآغاز کیهان با انفجاری مهیب (**مهبانگ**) همراه بوده است طی آن انرژی عظیمی آزاد شده است. بر اثر این انفجار:
  - ۱ ذره های زیراتمی مانند الکترون، نوترون و پروتون به وجود آمدند.
  - ۲ پس از مدت کوتاهی ابتدا هیدروژن و سپس هلیوم پا به عرصه جهان گذاشتند.
  - ۳ با گذشت زمان و **کاهش دما**، بر اثر تراکم گازهای هیدروژن و هلیوم، مجموعه های گازی به نام **سحابی** تشکیل یافتند. بعدها این سحابی ها سبب پیدایش ستاره ها و کهکشان ها شد.
- درون ستاره ها همانند خورشید در دماهای بسیار بالا واکنش های هسته ای رخ می دهد، به طوری که:
  - ۱ از عنصرهای سبک تر عنصرهای سنگین تر پدید می آید.
  - ۲ **دما و اندازه** هر ستاره تعیین کننده این است که چه عنصرهایی باید در آن ستاره ساخته شود.
  - ۳ هرچه دما بالاتر باشد، شرایط تشکیل عنصرهای سنگین تر فراهم می شود.
  - ۴ این ستاره ها پس از چندین میلیون سال نورافشانی و گرمابخشی، پایداری خود را از دست داده و می میرند! مرگ ستاره با یک انفجار مهیب همراه است که سبب می شود اتم عنصرهای تشکیل شده در آن در سرتاسر گیتی پراکنده شود. به همین دلیل باید ستارگان را کارخانه تولید عنصرها دانست.



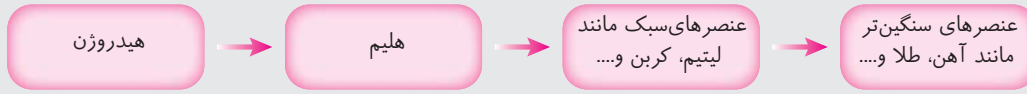
سحابی عقاب یکی از مکان های زایش ستاره هاست. این تصویر به وسیله تلسکوپ هابل گرفته شده است.





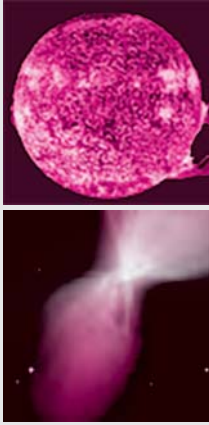


**نتیجه:** روند تشکیل عنصرها در کیهان را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:



**توجه:** در خورشید که نزدیک‌ترین ستاره به زمین است:

۱. دمای سطح آن حدود  $6000^{\circ}\text{C}$  و دمای درون آن به حدود  $(10^7)^{\circ}\text{C}$  می‌رسد.
۲. انرژی گرمایی و نورانی آن ناشی از واکنش‌های هسته‌ای است که در آن هیدروژن به هلیوم تبدیل می‌شود.
۳. در هر ثانیه پنج میلیون تن از جرم خورشید کاسته می‌شود.
۴. براساس برآوردها، خورشید تا پنج میلیارد سال دیگر می‌تواند نورافشانی کند.



**توجه:** سحابی بوم‌رنگ، سردترین مکان شناخته شده در جهان هستی با دمای  $272^{\circ}\text{C}$  - است که حدود  $5000$  سال نوری از زمین فاصله دارد و در صورت فلکی **سنتاروس (قنطورس)** قرار دارد.

با توجه به مطالب فوق می‌توان دریافت که در متن ارایه شده **بنج غلط** وجود دارد که باید به صورت زیر تصحیح شود:

- مصرف می‌شود ← آزاد می‌شود.
- افزایش دما ← کاهش دما
- کپکشان ← سحابی (۲ مورد)
- کپکشان ← سحابی

#### ۴. گزینه ۱

#### درس نامه ۴ رابطه انیشتین

همان‌طور که گفتیم درون ستاره‌ها به دلیل انجام واکنش‌های هسته‌ای، انرژی بسیار زیادی آزاد می‌شود. انیشتین رابطه زیر را برای محاسبه انرژی تولید شده در این واکنش‌ها ارائه کرد:

$$E = mc^2$$

**m:** جرم ماده برحسب کیلوگرم (kg)

**c:** سرعت نور ( $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ )

**E:** انرژی آزاد شده برحسب ژول ( $1\text{J} = 1\text{kgm}^2\text{s}^{-2}$ )

در رابطه فوق مقدار  $m$  مقداری از جرم ماده است که به انرژی تبدیل می‌شود و در واکنش‌های هسته‌ای برابر تفاوت جرم فراورده‌ها و واکنش‌دهنده‌هاست: مجموع جرم فراورده‌ها - مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها =  $m$

**مثال.** تجربه نشان داده است که در تبدیل هیدروژن به هلیوم،  $0.0024$  گرم ماده به انرژی تبدیل می‌شود. حساب کنید گرمای حاصل چند کیلوگرم آهن را ذوب خواهد کرد؟ (برای ذوب شدن یک گرم آهن،  $247$  ژول انرژی نیاز است).

**پاسخ:** ابتدا انرژی آزاد شده در تبدیل هیدروژن به هلیوم را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} m = 0.0024\text{g} = 2/4 \times 10^{-6}\text{kg} \\ c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} \\ E = ? \end{cases} \Rightarrow E = mc^2 = 2/4 \times 10^{-6} \times (3 \times 10^8)^2 = 2/16 \times 10^{11}\text{J}$$

و در ادامه می‌توان نوشت:

$$\begin{bmatrix} \text{kg آهن} & \text{J} \\ 0.001 & 247 \\ x & 2/16 \times 10^{11} \end{bmatrix} \Rightarrow x = \frac{0.001 \times 2/16 \times 10^{11}}{247} \approx 874500 \text{ kg} \approx 874/5 \text{ تن}$$

پس انرژی حاصل می‌تواند ۸۷۴/۵ تن آهن را ذوب کند.

### اصل هم‌ارزی جرم و انرژی

برطبق **قانون پایستگی جرم**، در واکنش‌های شیمیایی نه اتمی به وجود می‌آید و نه اتمی از بین می‌رود بلکه پس از انجام واکنش، همان اتم‌ها به شیوه‌های دیگری به هم متصل می‌شوند. بنابراین جرم مواد، پیش از واکنش، برابر با جرم مواد، پس از واکنش است. اما در **واکنش‌های هسته‌ای** وضعیت این‌گونه نیست، یعنی مقداری از جرم واکنش‌دهنده‌ها به انرژی تبدیل می‌شود. به عبارت دیگر قانون پایستگی جرم در واکنش‌های هسته‌ای معتبر نیست<sup>۱</sup> و به جای آن از قانون پایستگی جرم و انرژی صحبت می‌شود. یعنی در یک واکنش هسته‌ای مجموع جرم و انرژی واکنش‌دهنده‌ها برابر با مجموع جرم و انرژی فرآورده‌ها است. رابطه انیشتین که به «اصل هم‌ارزی جرم و انرژی» معروف است نشان می‌دهد که جرم و انرژی قابل تبدیل به یکدیگرند. یکی از ویژگی‌های مهم انرژی تبدیل‌پذیری آن به انواع مختلف انرژی است. این رابطه نشان می‌دهد که تمام جرم یک ماده می‌تواند به انرژی تبدیل شود و هر شکلی از انرژی هم‌ارز مقداری از جرم است.

ابتدا گرمای آزاد شده در واکنش هسته‌ای را محاسبه می‌کنیم:

$$m = 0.0065 \text{ g} = 6/5 \times 10^{-3} \text{ g} = 6/5 \times 10^{-6} \text{ kg}$$

$$E = mc^2 = (6/5 \times 10^{-6}) \times (3 \times 10^8)^2 = 5/85 \times 10^{11} \text{ J}$$

و با توجه به این‌که فقط ۴۰ درصد آن صرف تبخیر آب استخر می‌شود، پس:  $2/34 \times 10^{11} \text{ J} = \frac{40}{100} \times 5/85 \times 10^{11} \text{ J}$  انرژی در دسترس

و در پایان می‌توان نوشت:

**J گرم آب ۲۵°C**

$$\begin{bmatrix} 1 & 2600 \\ x & 2/34 \times 10^{11} \end{bmatrix} \Rightarrow x = \frac{2/34 \times 10^{11}}{2600} = \frac{234 \times 10^9}{26 \times 10^2} = 9 \times 10^7 \text{ g} = 9 \times 10^4 \text{ kg آب}$$

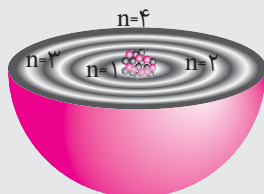
### ۵. گزینه ۴

### درس‌نامه ۵ ذره‌های زیر اتمی، عدد اتمی و عدد جرمی

اتم کوچک‌ترین ذره سازنده یک عنصر است که خواص شیمیایی و فیزیکی هر عنصر به ویژگی‌های آن بستگی دارد.

**۱ ذره‌های زیر اتمی:** ذره‌هایی هستند که در ساختار یک اتم وجود دارند. مهم‌ترین ذره‌های زیر اتمی، **الکترون**، **پروتون** و **نوترون** نام دارند. 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.

**نکته:** به الکترون، پروتون و نوترون، **ذره‌های بنیادی** نیز گفته می‌شود.



الکترون (e) ذره‌ای است با بار منفی (-) که جرم بسیار اندکی دارد.

پروتون (p) ذره‌ای است با بار مثبت (+) که جرم آن ۱۸۳۷ برابر (حدود ۲۰۰۰ برابر) جرم الکترون است.

نوترون (n) ذره‌ای است که بار الکتریکی ندارد و جرم آن اندکی بیش‌تر از جرم پروتون است.

### ذره‌های بنیادی

۱. در واکنش‌های هسته‌ای، یک اتم به اتم (های) دیگر تبدیل می‌شود.





۲ **عدد اتمی (Z):** به تعداد پروتون‌های هسته یک اتم، عدد اتمی گفته می‌شود. به عنوان مثال اگر در هسته یک اتم ۲۹ پروتون وجود داشته باشد، عدد اتمی آن (Z) برابر ۲۹ است.

**نکته:** از آن‌جا که اتم ذره‌ای خنثی است، بنابراین تعداد پروتون‌ها باید با تعداد الکترون‌ها برابر باشد. پس عدد اتمی، تعداد الکترون‌های یک اتم را نیز مشخص می‌کند.

**تذکر:** لازم است عدد اتمی عنصرهای ۱ تا ۳۸ جدول تناوبی را حفظ کنید! این امر کمک زیادی در حل سریع‌تر تست‌ها می‌نماید.

۳ **عدد جرمی (A):** به مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های هسته یک اتم گفته می‌شود:

**شمار نوترون‌ها + شمار پروتون‌ها = عدد جرمی (عدد اتمی)**

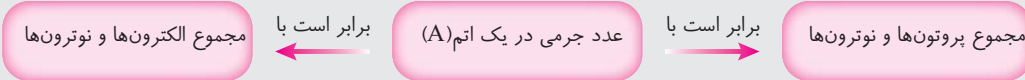
$$A = Z + N$$

اگر نماد شیمیایی یک عنصر را با E نشان دهیم (E، حرف نخست واژه Element به معنای عنصر است) عدد اتمی (Z) در سمت چپ و پایین و عدد جرمی (A) در سمت چپ و بالای نماد شیمیایی نوشته می‌شود:



به عنوان مثال اگر اتمی از مس ۲۹ پروتون و ۳۶ نوترون داشته باشد، آن را به صورت  ${}^{65}_{29}Cu$  نمایش می‌دهیم ( $A = Z + N = 29 + 36 = 65$ ) یعنی عدد اتمی آن برابر ۲۹ و عدد جرمی آن برابر ۶۵ است.

**نکته:** از آن‌جا که در یک اتم خنثی، تعداد الکترون‌ها با تعداد پروتون‌ها برابر است، می‌توان دریافت که عدد جرمی نشان دهنده مجموع تعداد الکترون‌ها و نوترون‌های اتم نیز می‌باشد:



**نکته:** به جز اتم هیدروژن معمولی ( ${}^1_1H$ ) که تنها یک پروتون دارد، هسته همه اتم‌ها هم پروتون و هم نوترون دارد.

**مثال . تفاوت تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها در کدام اتم کم‌تر است؟**



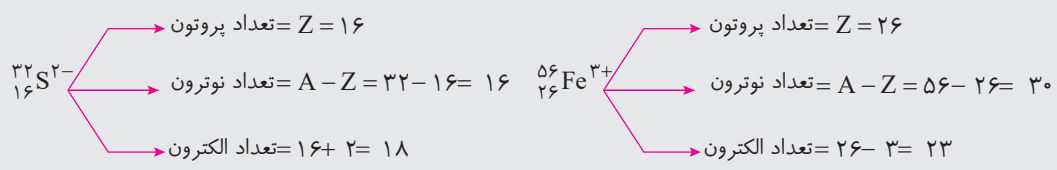
**پاسخ: گزینه ۴** لطفاً به جدول زیر نگاهی بیندازید!

اتم	تعداد پروتون (Z)	تعداد نوترون (N = A - Z)	تفاوت تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها (N - Z)
${}^{26}_{12}Mg$	۱۲	$26 - 12 = 14$	$14 - 12 = 2$
${}^{57}_{25}Mn$	۲۵	$57 - 25 = 32$	$32 - 25 = 7$
${}^{47}_{22}Ti$	۲۲	$47 - 22 = 25$	$25 - 22 = 3$
${}^{31}_{15}P$	۱۵	$31 - 15 = 16$	$16 - 15 = 1$

**نکته:** هنگامی که یک اتم به یون تبدیل می‌شود فقط تعداد الکترون‌های آن تغییر می‌کند و تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های آن بدون تغییر باقی می‌ماند:

- در یون‌های مثبت ( $X^{n+}$ )، تعداد الکترون‌ها n واحد کم‌تر از عدد اتمی است.
- در یون‌های منفی ( $Y^{m-}$ )، تعداد الکترون‌ها m واحد بیش‌تر از عدد اتمی است.

به عنوان مثال:



**مثال.** یون  $X^{3+}$  دارای ۳۶ الکترون و ۵۰ نوترون است، عدد اتمی و عدد جرمی اتم X به ترتیب کدام اند؟

- ۸۹ و ۳۳ (۴)      ۸۹ و ۳۹ (۳)      ۸۳ و ۳۹ (۲)      ۸۳ و ۳۳ (۱)

**پاسخ: گزینه ۳** در یون  $X^{3+}$  تعداد الکترون ها، ۳ واحد کم تر از عدد اتمی است؛ پس:

$$X^{3+} \text{ در یون } \Rightarrow \text{تعداد الکترون} = Z - 3 = 36 \Rightarrow Z = 39$$

$$(A) \text{ عدد جرمی} = Z + N = 39 + 50 = 89$$

از آن جا که تعداد پروتون ها و نوترون ها در یک اتم و یون های مربوط به آن فرقی نمی کند، عدد اتمی (Z) و عدد جرمی (A) اتم X با یون  $X^{3+}$  یکسان است.

**مثال.** در یون  $Y^{2-}$ ، تعداد نوترون ها ده واحد بیش تر از تعداد الکترون ها است. تعداد پروتون های اتم Y چند است؟

- ۱۶ (۴)      ۵۲ (۳)      ۳۴ (۲)      ۳۲ (۱)

**پاسخ: گزینه ۲** در یون  $Y^{2-}$  تعداد الکترون ها، ۲ واحد بیش تر از عدد اتمی است، پس:

$$Y^{2-} \text{ در یون } \Rightarrow \text{تعداد الکترون} = Z + 2$$

و با توجه به این که تعداد نوترون ها، ۱۰ واحد بیش تر از الکترون ها است:

$$N - (Z + 2) = 10 \xrightarrow{N=80-Z} (80 - Z) - (Z + 2) = 10 \Rightarrow 2Z = 68 \Rightarrow Z = 34$$

تعداد پروتون ها (و نوترون ها) در یک اتم خنثی و یون های مربوط یکسان است. پس تعداد پروتون ها (عدد اتمی) در اتم Y و یون  $Y^{2-}$  یکسان است.

با توجه به اطلاعات داده شده می توان نوشت:

$$\left. \begin{aligned} Z A^{3+} \Rightarrow \text{تعداد الکترون ها} &= Z - 3 \\ Z' B^{2-} \Rightarrow \text{تعداد الکترون ها} &= Z' + 2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow Z - 3 = Z' + 2 \Rightarrow Z' = Z - 5$$

از آن جا که مجموع تعداد پروتون های این دو یون برابر ۲۱ است می توان نوشت:

$$Z + Z' = 21 \Rightarrow Z + (Z - 5) = 21 \Rightarrow Z = 13 \Rightarrow Z' = 8$$

پس عدد اتمی A و B به ترتیب برابر ۱۳ و ۸ است. با توجه به این که مجموع ذره های زیر اتمی در  $A^{3+}$ ، ۹ واحد بیش تر از  $B^{2-}$  است، می توان نوشت:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{تعداد الکترون} & \text{تعداد پروتون} & \text{تعداد } e^- & \text{تعداد پروتون} & \text{تعداد الکترون} & \text{تعداد پروتون} & \text{تعداد } e^- \\ \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ (13 + N + 10) & - & (8 + N' + 10) & = & 9 & \Rightarrow & N - N' = 4 \\ \text{ذره های زیر اتمی } A^{3+} & & \text{ذره های زیر اتمی } B^{2-} & & & & \end{array}$$

توجه داشته باشید که تعداد نوترون ها در یک اتم خنثی و یون های آن یکسان است لذا تفاوت تعداد نوترون های A و B نیز برابر ۴ است.





بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه «۱»: مجموع تعداد الکترون‌های  $A^{3+}$  و  $B^{2-}$  برابر  $20$  است:

$$\left. \begin{aligned} {}_{13}A^{3+} \text{ های الکترون‌های } &= 13 - 3 = 10e^- \\ {}_8B^{2-} \text{ های الکترون‌های } &= 8 + 2 = 10e^- \end{aligned} \right\} 10 + 10 = 20e^-$$

گزینه «۲»: عدد اتمی  $A$  برابر  $13$  است.

گزینه «۳»: اگر عدد جرمی  $B$  برابر  $18$  باشد (عدد جرمی  $B^{2-}$  هم برابر  $18$  است):

$${}_{18}B^{2-} \Rightarrow A = Z + N \Rightarrow 18 = 8 + N \Rightarrow N = 10$$

$$10 - 10 = 0$$



۶. گزینه ۳

### حل مسائل عدد جرمی

قبل از این که به چگونگی حل مسائل عدد جرمی بپردازیم لازم است نکته زیر را مطرح نماییم:

**نکته:** در هسته اتم‌ها، تعداد نوترون‌ها برابر یا بیش‌تر از تعداد پروتون‌هاست:  $N \geq Z$  (البته به استثناء هیدروژن معمولی ( ${}^1_1H$ ) که اصلاً نوترون ندارد).

**مثال.** عدد جرمی عنصر  $X$  برابر  $51$  و تفاوت تعداد نوترون‌ها و پروتون‌های هسته آن برابر  $5$  است. عدد اتمی این عنصر کدام است؟

۲۸ (۴)	۴۶ (۳)	۲۳ (۲)	۲۱ (۱)
--------	--------	--------	--------

**پاسخ:** گزینه ۲ تفاوت تعداد نوترون‌ها و پروتون‌ها برابر  $5$  است، پس با توجه به نکته فوق، تعداد نوترون‌ها  $5$  واحد بیش‌تر از تعداد

$$N - Z = 5$$

پروتون‌هاست یعنی:

$$N + Z = 51$$

از طرفی عدد جرمی هم برابر  $51$  است:

اکنون با حل دستگاه دو معادله دو مجهول زیر داریم:

$$\begin{cases} N - Z = 5 \\ N + Z = 51 \end{cases} \Rightarrow 2N = 56 \Rightarrow N = 28 \Rightarrow 28 - Z = 5 \Rightarrow Z = 23$$

**مثال.** اگر تفاوت شمار الکترون‌ها با شمار نوترون‌ها در یون تک اتمی  $(g) X^{f+}$  برابر  $17$  باشد، تعداد الکترون‌های این یون

کدام است؟

۴۰ (۴)	۴۴ (۳)	۵۷ (۲)	۳۹ (۱)
--------	--------	--------	--------

**پاسخ:** گزینه ۴ در یون  $X^{f+}$  تعداد الکترون‌ها،  $4$  واحد کم‌تر از عدد اتمی (تعداد پروتون‌ها) است  $(e = Z - 4)$ . از طرفی تعداد

نوترون‌ها،  $17$  واحد بیش‌تر از تعداد الکترون‌هاست، پس:

$$N - e = 17 \Rightarrow N - (Z - 4) = 17 \Rightarrow N - Z = 13$$

اکنون با توجه به رابطه عدد جرمی، دستگاه دو معادله دو مجهول زیر را حل می‌کنیم:

$$\begin{cases} N - Z = 13 \\ N + Z = 101 \end{cases} \Rightarrow 2N = 114 \Rightarrow N = 57 \Rightarrow N - e = 17 \Rightarrow 57 - e = 17 \Rightarrow e = 40$$

**نکته:** اگر تفاوت شمار الکترون‌ها و نوترون‌های یک یون را با  $\Delta$  نشان دهیم، رابطه بین عدد اتمی و عدد جرمی آن به صورت زیر است:

۱. اگرچه ما به عنوان یک قاعده کلی و یک پیش فرض تعداد نوترون‌ها را برابر یا بیش‌تر از پروتون‌ها ( $N \geq Z$ ) در نظر می‌گیریم، اما این قاعده استثناء‌هایی هم دارد برای مثال خلوتور

ایزوتوپ‌هایی دارد (هرچند ناپایدار هستند) که در آن تعداد نوترون‌ها کم‌تر از تعداد پروتون‌هاست  ${}^{14}_6F$  یکی از آن‌هاست که تعداد پروتون‌های آن برابر  $9$  اما تعداد نوترون‌های آن

برابر  $5$  ( $9 - 14 = 5$ ) است. اما گران نپاشیدرا در کنگور همواره قاعده  $(N \geq Z)$  رعایت شده و از آن تطفی نمی‌شود!

$$Z = \frac{|\Delta - q - A|}{2}$$

که در آن q، بیانگر بار یون است.

**توجه!** در یک اتم خنثی چون شمار الکترون‌ها و پروتون‌ها برابر است لذا در رابطه فوق،  $\Delta$  در واقع بیانگر تفاوت شمار نوترون‌ها و پروتون‌هاست و چون  $q = 0$  و  $A > \Delta$ ، رابطه فوق به صورت زیر ساده می‌شود:

$$Z = \frac{A - \Delta}{2}$$

اگر بخواهیم مثال فوق را به کمک رابطه فوق حل کنیم، داریم:

$$\Delta = 17, q = +4, A = 101$$

$$Z = \frac{|\Delta - q - A|}{2} = \frac{|17 - 4 - 101|}{2} = 44 \Rightarrow e = Z - 4 = 44 - 4 = 40$$

**مثال.** اگر تفاوت شمار الکترون‌ها با شمار نوترون‌ها در یون تک اتمی  $^{75}\text{X}^{3-}$  برابر ۶ باشد، تعداد نوترون‌های عنصر X کدام است؟

۴۱ (۴)

۳۰ (۳)

۴۲ (۲)

۳۶ (۱)

**پاسخ: گزینه ۲** در یون  $\text{X}^{3-}$ ، تعداد الکترون‌ها ۳ واحد بیش‌تر از عدد اتمی (تعداد پروتون‌ها) است ( $e = Z + 3$ ). از طرفی تعداد نوترون‌ها ۶ واحد بیش‌تر از تعداد الکترون‌هاست، پس:

$$N - e = 6 \Rightarrow N - (Z + 3) = 6 \Rightarrow N - Z = 9$$

اکنون با توجه به رابطه عدد جرمی، دستگاه دو معادله دو مجهول زیر را حل می‌کنیم:

$$\begin{cases} N - Z = 9 \\ N + Z = 75 \end{cases} \Rightarrow 2N = 84 \Rightarrow N = 42$$

اگر بخواهیم این مثال را به کمک رابطه گفته شده حل کنیم، داریم:

$$\Delta = 6, q = -3, A = 75$$

$$Z = \frac{|\Delta - q - A|}{2} = \frac{|6 - (-3) - 75|}{2} = 33 \Rightarrow N - Z = 9 \Rightarrow N = 9 + 33 = 42$$

**روش اول:** در یون  $\text{X}^{2+}$ ، تعداد الکترون‌ها ۲ واحد کم‌تر از تعداد پروتون‌ها (عدد اتمی) است ( $e = Z - 2$ ). از طرفی تعداد نوترون‌ها ۱۴ واحد بیش‌تر از تعداد الکترون‌هاست، پس:

$$N - e = 14 \Rightarrow N - (Z - 2) = 14 \Rightarrow N - Z = 12$$

اکنون با توجه به رابطه عدد جرمی، دستگاه دو معادله دو مجهول زیر را حل می‌کنیم:

$$\begin{cases} N - Z = 12 \\ N + Z = 96 \end{cases} \Rightarrow 2N = 108 \Rightarrow N = 54 \Rightarrow N - e = 14 \Rightarrow e = 40$$

۱. دانستیم که تعداد نوترون‌ها برابر یا بیش‌تر از پروتون‌هاست ( $N \geq Z$ )، اما آیا تعداد نوترون‌ها از تعداد الکترون‌ها هم بیش‌تر است؟ در جواب باید گفت در مورد اتم‌های خنثی و یون‌های مثبت، بله، اما در مورد **تعداد اندکی از یون‌های منفی**، خیر. به یون  $^{31}_{15}\text{P}^{3-}$  توجه نمایید:

$$^{31}_{15}\text{P}^{3-} \begin{cases} \rightarrow \text{تعداد پروتون} = 15 \\ \rightarrow \text{تعداد نوترون} = 31 - 15 = 16 \\ \rightarrow \text{تعداد الکترون} = 15 + 3 = 18 \end{cases}$$

همان‌طور که ملاحظه می‌شود در این یون تعداد نوترون‌ها از تعداد الکترون‌ها کم‌تر است. اما توجه داشته باشید که تعداد آنیون‌هایی از این دست، بسیار کم است. بیش از ۸۰ درصد عنصرهای جدول دوره‌ای، فلزند که یون منفی تشکیل نمی‌دهند از حدود ۲۰ درصد باقی‌مانده هم‌گازهای نجیب یون منفی تشکیل نمی‌دهند. پس درصد کمی از عنصرها می‌توانند یون منفی تشکیل دهند که از میان آن‌ها فقط تعداد کمی که عدد اتمی کوچکی دارند (بعضی از عنصرهای دوره دوم و سوم که در گروه‌های ۱۵ تا ۱۷ جای دارند) می‌توانند یون‌های منفی تشکیل دهند که در آن‌ها تعداد نوترون‌ها کم‌تر از تعداد الکترون‌هاست مانند:  $^{14}_7\text{N}^{3-}$ ،  $^{16}_8\text{O}^{2-}$ ،  $^{18}_9\text{F}^-$ ،  $^{31}_{15}\text{P}^{3-}$  و  $^{31}_{16}\text{S}^{2-}$ . پس به هنگام حل مسائلی که در آن تفاوت تعداد الکترون‌ها و نوترون‌ها در یک آنیون داده شده حواستان به این چند یون باشد که در این یون‌ها  $e > N$  است. دوم این که فرمول مورد نظر در مورد این‌چنین جواب اشتباه می‌دهد!!



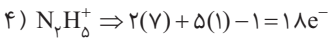
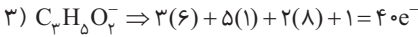
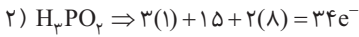
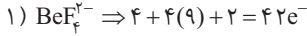


روش دوم:

$$Z = \frac{|\Delta - q - A|}{2} = \frac{|14 - 2 - 96|}{2} = 42$$

$$e = Z - 2 = 42 - 2 = 40$$

پس یون  $X^{2+}$  دارای ۴۰ الکترون است. اکنون باید ببینیم کدام یک از گونه‌های ارایه شده دارای ۴۰ الکترون است:



پس تعداد الکترون‌های  $X^{2+}$  با تعداد الکترون‌های  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_4^-$  برابر است.

لطفاً در مورد تعیین زره‌های زیراتمی در مولکول‌ها و یون‌های چند اتمی به درس‌نامه زیر توجه نمایید.

### درس‌نامه ۷ ذره‌های زیراتمی در گونه‌های چند اتمی

برای تعیین تعداد ذره‌های زیراتمی در مولکول‌ها و یون‌های چند اتمی کافی است تعداد ذره‌های زیراتمی آن‌ها را با هم جمع نماییم.

**مثال.** تعداد الکترون‌ها، پروتون‌ها و نوترون‌ها را در  $\text{NH}_3$  معین نمایید. ( ${}^1_1\text{H}$ ,  ${}^{14}_7\text{N}$ )

**پاسخ:** با توجه به این که هر اتم  ${}^1_1\text{H}$  شامل یک پروتون، یک الکترون و صفر نوترون و هر اتم  ${}^{14}_7\text{N}$  شامل ۷ پروتون، ۷ الکترون و ۷ نوترون است می‌توان نوشت:

$$\text{NH}_3 \text{ تعداد پروتون‌های } 1(7) + 3(1) = 10$$

$$\text{NH}_3 \text{ تعداد الکترون‌های } 1(7) + 3(1) = 10$$

$$\text{NH}_3 \text{ تعداد نوترون‌های } 1(7) + 3(0) = 7$$

**توجه:** در مولکول‌ها که گونه‌هایی خنثی هستند (مانند  $\text{NH}_3$ ) تعداد الکترون‌ها با تعداد پروتون‌ها برابر است. اما در یون‌های مثبت (کاتیون‌ها) مجموع شمار الکترون‌ها  $m$  واحد ( $m$  بار کاتیون است) کم‌تر از مجموع شمار پروتون‌هاست و در یون‌های منفی (آنیون‌ها)، مجموع شمار الکترون‌ها  $n$  واحد ( $n$  بار آنیون است) بیش‌تر از مجموع شمار پروتون‌هاست.

**مثال.** تعداد الکترون‌ها را در  $\text{NH}_4^+$  و  $\text{SO}_4^{2-}$  تعیین نمایید. ( ${}^{32}_{16}\text{S}$ ,  ${}^{16}_8\text{O}$ ,  ${}^{14}_7\text{N}$ ,  ${}^1_1\text{H}$ )

$$\text{NH}_4^+ \text{ تعداد الکترون‌ها در } 1(7) + 4(1) - 1 = 10$$

$\begin{matrix} \text{N اتم ۱} & \text{H اتم ۴} & \text{بار یون} \\ \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \text{N اتم ۱} & \text{H اتم ۴} & \text{بار یون} \end{matrix}$

$$\text{SO}_4^{2-} \text{ تعداد الکترون‌ها در } 1(16) + 4(8) + 2 = 50$$

$\begin{matrix} \text{S اتم ۱} & \text{O اتم ۴} & \text{بار یون} \\ \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \text{S اتم ۱} & \text{O اتم ۴} & \text{بار یون} \end{matrix}$

**پاسخ:**

۷. گزینه ۱

### درس‌نامه ۸ ایزوتوپ

دانشمندان به کمک دستگاهی به نام **طیف سنج جرمی**، جرم اتم‌ها را با دقت بسیار اندازه‌گیری می‌کنند. این اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که اغلب در یک نمونه طبیعی از یک عنصر، اتم‌های سازنده جرم یکسانی ندارند. از آن‌جا که عدد اتمی و در واقع تعداد پروتون‌ها در همه اتم‌های یک عنصر، یکسان است، پس تفاوت جرم باید به تعداد نوترون‌های موجود در هسته اتم مربوط باشد. این مطالعات به معرفی مفهوم **ایزوتوپ (هم‌مکان)** انجامید.

**ایزوتوپ:** به اتم‌های یک عنصر که عدد اتمی یکسان ولی عدد جرمی (A) متفاوت دارند، **ایزوتوپ (هم‌مکان)** گفته می‌شود.

**۱ شباهت ها و تفاوت های ایزوتوپ ها:** خواص شیمیایی اتم های هر عنصر به عدد اتمی (Z) آن وابسته است؛ از این رو ایزوتوپ های یک عنصر همگی خواص شیمیایی یکسانی دارند و در جدول تناوبی عنصرها، تنها یک مکان را اشغال می کنند. اما چون جرم ایزوتوپ ها با یک دیگر متفاوت است در برخی خواص فیزیکی وابسته به جرم مانند چگالی، نقطه ذوب، نقطه جوش و ... با یک دیگر تفاوت دارند. جدول زیر شباهت ها و تفاوت های ایزوتوپ های یک عنصر را نشان می دهد.

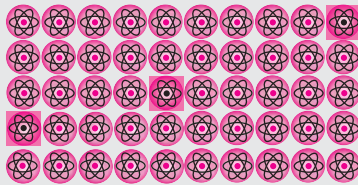
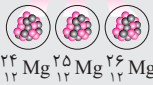
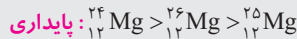
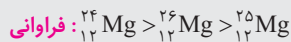
شباهت	تفاوت
عدد اتمی (تعداد پروتون)	عدد جرمی
تعداد الکترون	تعداد نوترون
آرایش الکترونی	جرم اتمی
موقعیت در جدول تناوبی	خواص فیزیکی وابسته به جرم مانند چگالی، نقطه ذوب، نقطه جوش و ...
خواص شیمیایی	فراوانی در طبیعت و پایداری

**نکته:** تفاوت در خواص فیزیکی وابسته به جرم ایزوتوپ ها در ترکیب های شیمیایی دارای این ایزوتوپ ها هم وجود دارد.

**۲ فراوانی ایزوتوپ ها:** فراوانی ایزوتوپ ها در طبیعت یکسان نیست. برخی فراوان تر و برخی کمیاب ترند. به کمک دستگاه طیف سنج جرمی می توان فراوانی نسبی هر ایزوتوپ را تعیین نمود.

**نکته:** هر گاه عنصری دارای چند ایزوتوپ طبیعی باشد، ایزوتوبی که فراوانی بیش تری در طبیعت دارد پایدارتر است.

**مثال:** منیزیم در طبیعت، مخلوطی از سه ایزوتوپ است که فراوانی و پایداری آن ها به صورت زیر است:



**- درصد فراوانی:** درصد یک ایزوتوپ خاص در مخلوطی از ایزوتوپ های طبیعی یک عنصر را نشان می دهد و به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\text{درصد فراوانی ایزوتوپ X} = \frac{\text{فراوانی ایزوتوپ X}}{\text{مجموع فراوانی ایزوتوپ ها}} \times 100$$

به عنوان مثال، درصد فراوانی ایزوتوپ های لیتیم (با توجه به شکل فوق) به صورت زیر تعیین می شود:

$$\text{درصد فراوانی } {}^6_3\text{Li} = \frac{\text{فراوانی (تعداد) ایزوتوپ } {}^6_3\text{Li}}{\text{مجموع فراوانی ایزوتوپ ها (تعداد کل اتم ها)}} \times 100 = \frac{3}{50} \times 100 = 6\%$$

$$\text{درصد فراوانی } {}^7_3\text{Li} = \frac{\text{فراوانی (تعداد) ایزوتوپ } {}^7_3\text{Li}}{\text{مجموع فراوانی ایزوتوپ ها (تعداد کل اتم ها)}} \times 100 = \frac{47}{50} \times 100 = 94\%$$

بدیهی است که مجموع درصد فراوانی همه ایزوتوپ های یک عنصر برابر ۱۰۰ است.

**توجه:** از آن جا که خواص شیمیایی ایزوتوپ ها یکسان است برای شناسایی و جداسازی آن ها از روش های فیزیکی استفاده می شود.

اکنون با توجه به مطالب فوق، به بررسی گزینه ها می پردازیم:

**(آ نادرست است.** ایزوتوپ های یک عنصر، در برخی خواص فیزیکی وابسته به جرم، مانند چگالی (نه در همه خواص فیزیکی!) با یک دیگر تفاوت دارند.







**ب) درست است.** باید عدد اتمی  ${}^{69}X$  را به دست آوریم. برای این منظور به دو روش می‌توان عمل نمود:

**روش اول:** با توجه به این که در یون  ${}^{69}X^{3+}$  تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها برابر ۱۰ است می‌توان نوشت:

$${}^{69}X^{3+} \Rightarrow N - e = 10 \Rightarrow N - (Z - 3) = 10 \Rightarrow N = Z + 7$$

$$A = 69 \Rightarrow Z + N = 69 \Rightarrow Z + (Z + 7) = 69 \Rightarrow Z = 31$$

پس  ${}^{31}Y$  می‌تواند یکی از ایزوتوپ‌های  ${}^{69}X$  باشد چون هر دو عدد اتمی یکسان اما عدد جرمی متفاوت دارند.

$$Z = \frac{|\Delta - q - A|}{2} = \frac{|10 - 3 - 69|}{2} = 31$$

**روش دوم:**

${}^{31}X$  و  ${}^{31}Y$  با هم ایزوتوپ هستند.

**پ) نادرست است.** هرچه عدد جرمی یک ایزوتوپ بزرگ‌تر باشد، سنگین‌تر است.  ${}^{26}Mg$  اگرچه از دو ایزوتوپ دیگر منیزیم، سنگین‌تر است، اما پایداری آن از  ${}^{24}Mg$  کم‌تر است:

$${}^{24}Mg > {}^{26}Mg > {}^{25}Mg$$

**ت) درست است.** لیتیم دارای دو ایزوتوپ  ${}^6Li$  و  ${}^7Li$  و منیزیم دارای سه ایزوتوپ  ${}^{24}Mg$ ،  ${}^{25}Mg$  و  ${}^{26}Mg$  است که در  ${}^6Li$  و

${}^{24}Mg$  تعداد ذره‌های زیر اتمی یکسان است:



## ۸. گزینه ۴

### درس‌نامه ۹ رادیوایزوتوپ‌ها

ایزوتوپ‌ها را می‌توان از نظر پایداری هسته آن‌ها به دو دسته تقسیم نمود: **ایزوتوپ‌های پایدار** و **ایزوتوپ‌های ناپایدار**.

- **ایزوتوپ پایدار:** به عنوان ایزوتوپی تعریف می‌شود که در هسته آن هیچ شکلی از تلاشی مشاهده نشده است.
  - **ایزوتوپ ناپایدار:** ایزوتوپی است که هسته آن ناپایدار بوده و به‌طور خودبه‌خودی متلاشی می‌شود و بر اثر واکنش‌های تلاشی هسته‌ای به هسته‌های پایدار تبدیل می‌شود. این ایزوتوپ پرتوزاست و اغلب افزون بر ذره‌های پراثری<sup>۱</sup>، مقدار زیادی انرژی نیز آزاد می‌کند.
- نکته:** پایداری ایزوتوپ‌ها به تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های درون هسته بستگی دارد. برای نمونه همه هسته‌هایی که ۸۴ یا بیش‌تر از این تعداد پروتون دارند ( $Z \geq 84$ )، ناپایدار هستند. **اغلب** هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آن‌ها برابر یا بیش‌تر از ۱/۵ باشد ( $\frac{N}{Z} \geq 1/5$ ) ناپایدارند و با گذشت زمان متلاشی می‌شوند.

**توجه:** در هسته **بعضی** از ایزوتوپ‌های ناپایدار، نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌ها کم‌تر از ۱/۵ است؛ مانند  ${}^{14}C$  و  ${}^{99}Tc$ .

**نکته:** ایزوتوپ‌های پرتوزا و ناپایدار، رادیوایزوتوپ نامیده می‌شوند. رادیوایزوتوپ‌ها می‌توانند طبیعی مانند  ${}^3H$  و  ${}^{14}C$  یا ساختگی باشند مانند  ${}^{99}Tc$ .

- **نیم‌عمر:** به مدت زمانی می‌گویند که نیمی از ایزوتوپ پرتوزا، بر اثر واکنش‌های پرتوزایی متلاشی شود. نیم‌عمر هر ایزوتوپ نشان می‌دهد که آن ایزوتوپ تا چه اندازه پایدار است. به‌طوری که هرچه ایزوتوپ پایدارتر باشد، نیم‌عمر آن بلندتر است.

**توجه:** دود سیگار و قلیان، مقدار قابل توجهی مواد پرتوزا دارد. از این رو اغلب افرادی که به سرطان ریه دچار می‌شوند، سیگاری هستند.

**توجه:** پژوهش‌ها نشان می‌دهد که مقادیر بسیار کمی از مواد پرتوزا در همه‌جا یافت می‌شود. البته میزان پرتوهای تابش شده بسیار اندک است و به‌طور معمول بر سلامت ما اثری نمی‌گذارد. یکی از فراوان‌ترین مواد پرتوزا که در زندگی ما یافت می‌شود، **گاز رادون** ( ${}^{86}Rn$ ) است. رادون گازی بی‌رنگ، بی‌بو، بی‌مزه و سنگین‌ترین گاز نجیب موجود در طبیعت است. این گاز پیوسته در لایه‌های زیرین زمین در واکنش‌های هسته‌ای تولید می‌شود و به دلیل دما و فشار زیاد در آن لایه‌ها به منافذ و ترک‌های موجود در سنگ‌های سازنده پوسته زمین نفوذ می‌کند.

۱. این پرتوها شامل پرتوهای آلفا ( $\alpha$ )، بتا ( $\beta$ ) و گاما ( $\gamma$ ) هستند. پرتوهای آلفا و بتا ذره‌های پراثری به‌شمار می‌آیند. پرتوی آلفا از جنس هسته هلیوم ( ${}^4He$ )، پرتوی بتا از جنس الکترون و پرتوی گاما از جنس امواج الکترومغناطیسی با طول موج بسیار کوتاه است.

از عبارت‌های مورد نظر فقط گزینه «۴» نادرست است. هرچه یک رادیوایزوتوپ ناپایدارتر باشد، نیم عمر آن کوتاه‌تر است.

۹. گزینه ۲

درس نامه ۱۰ ایزوتوپ‌های هیدروژن

در کتاب درسی جدولی از انواع و اقسام ایزوتوپ‌های هیدروژن ارائه شده است. نکاتی که می‌توان از این جدول استخراج نمود به قرار زیر است:

نماد ایزوتوپ	${}^1_1\text{H}$	${}^2_1\text{H}$	${}^3_1\text{H}$	${}^4_1\text{H}$	${}^5_1\text{H}$	${}^6_1\text{H}$	${}^7_1\text{H}$
ویژگی ایزوتوپ							
نیم عمر	پایدار	پایدار	۱۲/۳۲ سال	$1/4 \times 10^{-22}$ ثانیه	$9/1 \times 10^{-22}$ ثانیه	$2/9 \times 10^{-22}$ ثانیه	$2/3 \times 10^{-23}$ ثانیه
درصد فراوانی در طبیعت	۹۹/۹۸۸۵	۰/۰۱۱۴	ناچیز	۰	۰	۰	۰
				(ساختگی)	(ساختگی)	(ساختگی)	(ساختگی)

۱. هیدروژن دارای ۷ ایزوتوپ است که ۳ ایزوتوپ آن طبیعی<sup>۱</sup> و ۴ ایزوتوپ دیگر ساختگی هستند<sup>۲</sup>:



توجه داشته باشید که یک نمونه طبیعی از عنصر هیدروژن مخلوطی از سه ایزوتوپ ( ${}^1_1\text{H}$ ,  ${}^2_1\text{H}$ ,  ${}^3_1\text{H}$ ) است.

۲. هر چهار ایزوتوپ ساختگی هیدروژن ناپایدار هستند و نیم عمرهای بسیار کوتاه دارند. ترتیب نیم عمر و پایداری آن‌ها به صورت زیر است:

مقایسه پایداری و نیم عمر ایزوتوپ‌های ساختگی:  ${}^5_1\text{H} > {}^6_1\text{H} > {}^4_1\text{H} > {}^7_1\text{H}$

۳. در بین ایزوتوپ‌های طبیعی، ایزوتوپ‌های  ${}^1_1\text{H}$  و  ${}^2_1\text{H}$  پایدار هستند اما ایزوتوپ  ${}^3_1\text{H}$  ناپایدار است. ترتیب فراوانی و پایداری این سه ایزوتوپ به صورت زیر است:

فراوانی:  ${}^1_1\text{H} >> {}^2_1\text{H} > {}^3_1\text{H}$

پایداری:  ${}^1_1\text{H} > {}^2_1\text{H} > {}^3_1\text{H}$

نکته: با توجه به مطالب فوق می‌توان دریافت در ایزوتوپ‌های هیدروژن با افزایش نوترون، پایداری (و نیم عمر) آن‌ها به‌طور کلی کاهش می‌یابد.

۴. از میان ایزوتوپ‌های پرتوزای هیدروژن،  ${}^3_1\text{H}$  از همه پایدارتر (با بیش‌ترین زمان نیم عمر) و  ${}^7_1\text{H}$  از همه ناپایدارتر (با کم‌ترین زمان نیم عمر) است.

۵. با توجه به تعداد نوترون‌های ایزوتوپ‌های هیدروژن می‌توان نوشت:

${}^A_1\text{H} : N = 0 \Rightarrow A = Z$

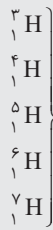
۱. هیدروژن تنها عنصری است که ایزوتوپ‌های طبیعی آن هر یک نام جداگانه‌ای دارند: پروتیم (هیدروژن معمولی  ${}^1_1\text{H}$ )، دوتریم (هیدروژن سنگین،  ${}^2_1\text{H}$  یا  ${}^2_1\text{D}$ ) و تریتیم (هیدروژن پرتوزا،  ${}^3_1\text{H}$  یا  ${}^3_1\text{T}$ )

۲. ایزوتوپ‌های ساختگی هیدروژن غالباً از طریق بمباران یکی از ایزوتوپ‌های طبیعی هیدروژن با هسته اتم‌های دیگر به دست می‌آیند. برای مثال ایزوتوپ  ${}^4_1\text{H}$  از طریق بمباران هسته اتم  ${}^3_1\text{H}$  توسط هسته اتم  ${}^2_1\text{H}$  به دست می‌آید، که در آن هسته اتم  ${}^3_1\text{H}$  با جذب یک نوترون از  ${}^2_1\text{H}$  به  ${}^4_1\text{H}$  تبدیل می‌شود.





$${}^2_1\text{H} \Rightarrow N=1 \Rightarrow N=Z$$



$$\Rightarrow \frac{N}{Z} > 1/5$$

**نکته:** در میان همه اتم‌های جدول تناوبی،  ${}^1_1\text{H}$  تنها اتمی است که نوترون ندارد.

۶ در جدول زیر شباهت‌ها و تفاوت‌های ایزوتوپ‌های هیدروژن درج شده است:

تفاوت‌ها	شباهت‌ها
تعداد نوترون	تعداد پروتون (عدد اتمی)
عدد جرمی	تعداد الکترون
نیم‌عمر	موقعیت در جدول دوره‌ای
پایداری و درصد فراوانی*	

\* البته حتماً می‌دانید که درصد فراوانی را فقط برای ایزوتوپ‌های طبیعی لحاظ می‌کنند.

با توجه به مطالب فوق می‌توان دریافت که همه عبارات‌های مطرح شده درست‌اند.

## گزینه ۲

### درس‌نامه ۱۱ تکنسیم، نخستین عنصر ساخت بشر

تاکنون در جهان ۱۱۸ عنصر شناخته شده که تنها ۹۲ عنصر در طبیعت یافت می‌شوند؛ این بدان معنا است که ۲۶ عنصر دیگر ساختگی هستند و در راکتورهای (واکنشگاه‌های) هسته‌ای ساخته شده‌اند.

**نکته:** همه ۲۶ عنصر ساختگی، پرتوزا هستند اما شمار کمی از ۹۲ عنصر موجود در طبیعت پرتوزا به شمار می‌آیند.

**تکنسیم**<sup>۱</sup> نخستین عنصری بود که در راکتور (واکنش‌گاه) هسته‌ای ساخته شد<sup>۲</sup>. بد نیست نکات زیر را در مورد این عنصر بدانیم:

- ۱ نماد شیمیایی تکنسیم،  ${}^{99}_{43}\text{Tc}$  است. این عنصر در دوره پنجم و گروه هفتم جدول دوره‌ای جای دارد<sup>۳</sup>.
- ۲ از تکنسیم ( ${}^{99}_{43}\text{Tc}$ ) برای تصویربرداری غده تیروئید استفاده می‌شود. غده تیروئید برای تولید بعضی هورمون‌ها مقدار زیادی از  ${}^{99}_{43}\text{Tc}$  موجود در مواد غذایی (که به صورت  $\text{Tc}^-$  است) را در خود جمع می‌کند. یون  ${}^{99}_{43}\text{Tc}$  است<sup>۴</sup>، اندازه مشابهی دارد و غده تیروئید این یون را نیز جذب می‌کند. با افزایش مقدار این یون در غده تیروئید، امکان تصویربرداری فراهم می‌شود<sup>۵</sup>.

۱. تکنسیم از واژه یونانی Tekhnetos به معنای مصنوعی (=ساختگی) گرفته شده است.

۲. تکنسیم اولین بار از بیماران مولیبدن ( ${}^{99}_{43}\text{Mo}$ ) طبیعی توسط دوترون‌های پرتوزا (هسته اتم  ${}^2_1\text{H}$ ) در یک شتاب‌دهنده حلقوی به دست آمد.

۳. با جدول دوره‌ای (تناوبی) در ادامه آشنا خواهید شد. جالب است بدانید بسیاری از خواص شیمیایی و فیزیکی این عنصر توسط مندلیف پیش‌بینی شده بود!!

۴. این یون پرتکتات ( $\text{TcO}_4^-$ ) نام دارد.

۵.  ${}^{99}_{43}\text{Tc}$  پرتوی گاما نشر می‌دهد که به وسیله دستگاه آشکارساز قابل ردگیری است.



آ) غده پراونه ای شکل تیروئید در بدن انسان



پ) غده تیروئید ناسالم



ب) غده تیروئید سالم



رادیوایزوتوپ تکنسیم

۳) همه تکنسیم موجود در جهان باید به طور مصنوعی و با استفاده از واکنش های هسته ای ساخته شود.

از آنجا که زمان ماندگاری آن کم است نمی توان مقادیر زیادی از آن را تهیه و برای مدت طولانی نگهداری کرد. از این رو بسته به نیاز، آن را با یک مولد هسته ای تولید و سپس مصرف می کنند.

**نکته:** تکنسیم ( ${}^{99}_{43}\text{Tc}$ ) اگرچه پرتوزا و ناپایدار است اما نسبت شمار نوترون ها به پروتون ها در آن کم تر از  $1/5$  است:

$${}^{99}_{43}\text{Tc} \Rightarrow N = A - Z = 99 - 43 = 56 \Rightarrow \frac{N}{Z} = \frac{56}{43} \approx 1/3 < 1/5$$

البته علاوه بر تکنسیم اتم های دیگری هم هستند که ناپایدار و پرتوزا هستند اما در آن ها نسبت نوترون به پروتون کم تر از  $1/5$  است. به همین دلیل در صفحه ۶ کتاب درسی به جای این که گفته شود: **همه** هسته هایی که ... گفته می شود: **اغلب** هسته هایی که نسبت شمار نوترون ها به پروتون های آن برابر یا بیش تر از  $1/5$  است، ناپایدارند.

عبارت های اول و سوم نادرست و عبارت های دوم، چهارم و پنجم درست اند. اکنون به بررسی این عبارت ها می پردازیم:

**عبارت اول: نادرست است.** از ۱۱۸ عنصر شناخته شده، ۲۶ عنصر ساختگی است، پس:

$$\text{درصد عنصرهای ساختگی} = \frac{\text{تعداد عنصرهای ساختگی}}{\text{تعداد عنصرهای شناخته شده}} \times 100 = \frac{26}{118} \times 100 = 22\%$$

**عبارت دوم: درست است.** کمیاب ترین ایزوتوپ طبیعی هیدروژن،  ${}^3_1\text{H}$  است که نسبت شمار نوترون ها به پروتون ها در آن برابر است با:

$${}^3_1\text{H} \Rightarrow N = A - Z = 3 - 1 = 2 \Rightarrow \frac{N}{Z} = \frac{2}{1} = 2 > 1/5$$

در حالی که این نسبت در تکنسیم  ${}^{99}_{43}\text{Tc}$  برابر  $1/3$  است.

**عبارت سوم: نادرست است.** اندازه یونی که حاوی  ${}^{99}_{43}\text{Tc}$  است (نه خود اتم  ${}^{99}_{43}\text{Tc}$ !) مشابه یون یدید است.

**عبارت چهارم: درست است.** نیم عمر ایزوتوپ های ساختگی هیدروژن بسیار کوتاه و در حدود  $10^{-22}$  ثانیه است. نیم عمر  ${}^{99}_{43}\text{Tc}$  حتماً بسیار

بیش تر از این مقدار است چون در غیر این صورت اصلاً قابل استفاده در تصویربرداری پزشکی نخواهد بود.

**عبارت پنجم: درست است.**

## ۱۱. گزینه ۴

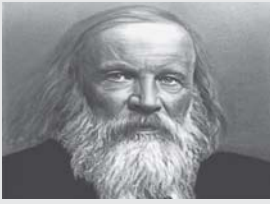
### درس نامه ۱۲ طبقه بندی عنصرها

طبقه بندی کردن داده ها و یافته ها یکی از مهارت های پایه در یادگیری مفاهیم علمی است که دسترسی به اطلاعات را سریع تر و بررسی و تحلیل آن ها را آسان تر می کند. از این رو دانشمندان<sup>۲</sup> برای آن که راحت تر بتوانند به بررسی خواص عنصرها و ترکیباتشان که هر روز بر شمار

۱. مانند  ${}^{18}_9\text{F}$  و  ${}^{18}_8\text{O}$  و  ${}^{59}_{26}\text{Fe}$  و ...

۲. نیم عمر  ${}^{99}_{43}\text{Tc}$  حدود ۶ ساعت است.

۳. نخستین کسی که به دسته بندی عنصرها پرداخت، لاووازیه دانشمند فرانسوی بود که عنصرها را به دو دسته فلزها و نافلزها تقسیم کرده بود.



آن‌ها افزوده می‌شود - بپردازند، آن‌ها را طبقه‌بندی کردند.

**نکته:** بزرگ‌ترین پیشرفت در زمینه دسته‌بندی عناصرها با کارهای مندلیف (۱۹۰۷ - ۱۸۳۴ میلادی) به دست آمد. مندلیف یک معلم شیمی اهل روسیه بود که به وجود روند تناوبی میان عناصرها، مشابه با شیوه‌ای که امروز می‌شناسیم پی برد<sup>۱</sup>.

**آنتون یک سری اطلاعات طبقه‌بندی شده را در مورد این جدول دوره‌ای برایتان بازگو می‌نمایم.**

۱ در جدول دوره‌ای (تناوبی) امروزی، عناصرها براساس افزایش عدد اتمی<sup>۲</sup> سازماندهی شده‌اند و از عنصر هیدروژن با عدد اتمی یک (H) آغاز و به عنصر شماره ۱۱۸ (اوگانسون Og) ختم می‌شود.

۲ این جدول، ۷ دوره و ۱۸ گروه دارد:

• دوره: هر ردیف افقی جدول که نشان‌دهنده چیدمان عناصرها برحسب افزایش عدد اتمی است، دوره (تناوب) نام دارد. خواص شیمیایی عناصرهایی که در یک دوره از جدول جای دارند، متفاوت است.

• گروه: هر ستون عمودی جدول، که شامل عناصرهایی با خواص شیمیایی مشابه است، گروه نامیده می‌شود.

**توجه:** درست است که خواص شیمیایی عناصرهای یک دوره متفاوت است. اما با رفتن به دوره‌های بعدی، عناصرهایی که در یک گروه زیر هم قرار می‌گیرند خواص شیمیایی مشابهی دارند. پس با پیمایش هر دوره از چپ به راست، خواص عناصرها به‌طور مشابه تکرار می‌شود: از این رو چنین جدولی را **جدول دوره‌ای (تناوبی) عناصرها** نامیده‌اند.

عدد اتمی	۷
نماد شیمیایی	N
نام	نیتروژن
جرم اتمی میانگین	۱۴/۰۱

۳ هر خانه از جدول به یک عنصر معین تعلق دارد و حاوی برخی اطلاعات شیمیایی آن عنصر است. برای نمونه خانه شماره هفت به عنصر نیتروژن تعلق دارد که اطلاعات آن به صورت روبه‌رو است.

فلوئور  
**Fluorine**  
**F**

پالادیوم  
**Palladium**  
**Pd**

طلا  
**Aurum**  
**Au**

۴ در این جدول هر عنصر با نماد یک یا دو حرفی نشان داده شده‌است. در هر نماد، حرف اول نام لاتین عنصر به صورت بزرگ نوشته می‌شود: برای نمونه نماد سه عنصر فلوئور، پالادیوم و طلا به ترتیب F، Pd، Au است:

۵ در پایین جدول، دوردیف چهارده‌تایی از عناصرها قرار گرفته‌اند که آن‌ها را **عناصرهای واسطه داخلی** می‌نامند (بعداً با آن‌ها آشنا خواهیم شد):

• **ردیف اول (لانتانیدها):** عناصرهایی با عدد اتمی ۵۷ تا ۷۰ هستند. نام این دسته از عناصرها از لانتان (La<sub>۵۷</sub>) گرفته شده است. لانتانیدها در دوره ۶ و گروه ۳ جای دارند.

• **ردیف دوم (اکتینیدها):** عناصرهایی با عدد اتمی ۸۹ تا ۱۰۲ هستند. نام این دسته از عناصرها از اکتینیم (Ac<sub>۸۹</sub>) گرفته شده است. اکتینیدها در دوره ۷ و گروه ۳ جای دارند.

**این عناصرها همگی متعلق به گروه ۳ هستند که به دلیل کمبود جا، پایین جدول به صورت میزا آورده شده‌اند.**

۶ تعداد عناصرها در هر یک از دوره‌ها به قرار زیر است:

تعداد عناصرهای موجود	دوره
۲ عنصر	اول
هر کدام ۸ عنصر	دوم و سوم
هر کدام ۱۸ عنصر	چهارم و پنجم
هر کدام ۳۲ عنصر*	ششم و هفتم

\* با احتساب عناصرهای پایین جدول

۱. جالب است بدانید که هم‌زمان با مندلیف یک دانشمند آلمانی به نام لوتار می‌یر نیز که بر روی دسته‌بندی عناصرها کار می‌کرد جدولی را گزارش نمود که مطابقت شگفت‌انگیزی با جدول مندلیف داشت. اما چون مندلیف حاصل کار پژوهشی خود را چند ماه پیش از کار پژوهشی می‌یر منتشر کرده بود، شهرت و افتخار بیش‌تری کسب کرد و جدول به نام او ثبت شد.  
۲. در جدول پیشنهادی مندلیف، عناصرها براساس افزایش جرم اتمی مرتب شده بود.

۷ گروه ۳ پرجمعیت‌ترین گروه با ۳۲ عنصر و گروه‌های ۴ تا ۱۲ هم کم جمعیت‌ترین گروه‌های جدول هر کدام با ۴ عنصر، هستند.

**نکته:** موقعیت یا مکان هر عنصر در جدول دوره‌ای، شماره گروه و دوره آن را نشان می‌دهد.

آکنون بر نیست برای دست گرمی، سؤال‌های «فرد را بیازماید» صفحه ۳ کتاب درسی را حل کنیم!

**مثال .** با استفاده از جدول دوره‌ای، موقعیت عنصرهای آلومینیم ( $Al_{13}$ )، کلسیم ( $Ca_2$ )، منگنز ( $Mn_{25}$ ) و سلنیم ( $Se_{34}$ ) را تعیین کنید.

**پاسخ:**  $Al_{13}$ : گروه ۱۳ و دوره ۳     $Ca_2$ : گروه ۲ و دوره ۴     $Mn_{25}$ : گروه ۷ و دوره ۴     $Se_{34}$ : گروه ۱۶ و دوره ۴

**مثال .** هلیم ( $He_2$ )، عنصری است که تمایل به انجام واکنش شیمیایی ندارد. پیش‌بینی کنید کدام یک از عنصرهای زیر، رفتاری مشابه با آن دارد؟ چرا؟

(آ)  $Ar_{18}$     (ب)  $C_6$     (پ)  $S_{16}$

**پاسخ:** عنصر مورد نظر باید هم گروه  $He_2$  باشد و آن، آرگون ( $Ar_{18}$ ) است که همانند هلیم تمایل به انجام واکنش شیمیایی ندارد.

**مثال .** اتم فلئور ( $F_9$ ) در ترکیب با فلزها به یون فلئورید ( $F^-$ ) تبدیل می‌شود. اتم کدام یک از عنصرهای زیر، می‌تواند آنیونی با بار الکتریکی همانند یون فلئورید تشکیل دهد؟ چرا؟

(آ)  $Rb_{37}$     (ب)  $Br_{35}$     (پ)  $P_{15}$

**پاسخ:** برم ( $Br_{35}$ ) با فلئور ( $F_9$ ) هم گروه است (گروه ۱۷) و همانند فلئور می‌تواند آنیونی با بار منفی یک (برمید،  $Br^-$ ) تشکیل دهد.

**مثال .** از اتم آلومینیم ( $Al_{13}$ )، 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؟

(آ)  $K_{19}$     (ب)  $Ga_{31}$     (پ)  $N_7$

**پاسخ:** گالیم ( $Ga_{31}$ )، زیرا با آلومینیم ( $Al_{13}$ ) هم گروه است (گروه ۱۳).

در آفر بر نیست یک سؤال فتن از کُلُور سال ۹۶ برایتان مطرح کنیم!

**مثال .** جدول تناوبی عنصرها (به ترتیب از راست به چپ) دارای چند دوره و چند گروه است؟

(ریاضی خارج ۹۶)    ۱۶، ۷ (۲)    ۱۸، ۷ (۲)    ۱۶، ۸ (۳)    ۱۸، ۸ (۴)

**پاسخ:** این جدول ۷ دوره و ۱۸ گروه دارد.

A همان تکنسیم ( $Tc_{43}$ ) است که می‌دانیم پرتوزاست. اما E هم پرتوزاست چون عدد اتمی آن برابر ۸۵ است ( $E_{85}$ ) و می‌دانید که همه عنصرهایی که عدد اتمی آن‌ها برابر یا بیش‌تر از ۸۴ باشد ( $Z \geq 84$ ) پرتوزا هستند. اگر عدد جرمی  $E_{85}$  برابر ۲۱۰ باشد:

$${}_{85}^{210}E \Rightarrow N = A - Z = 210 - 85 = 125 \Rightarrow N - Z = 40$$

بررسی سایر گزینه‌ها:

**گزینه «۱»:** عدد اتمی Z برابر ۴ است. همان‌طور که گفته شد گروه ۳ پرجمعیت‌ترین گروه جدول تناوبی با ۳۲ عنصر است که ۲۸ تای آن مربوط به لانتانیدها و اکتینیدها است. عدد اتمی آخرین عنصر اکتینید برابر ۱۰۲ است. پس عدد اتمی آخرین عنصر گروه ۳ برابر ۱۰۳ می‌باشد. بنابراین تفاوت عدد اتمی Z و آخرین عنصر گروه ۳ برابر ۹۹ ( $103 - 4 = 99$ ) است.

**گزینه «۲»:** عدد اتمی X برابر ۳۱ است، پس کاتیون  $X^{3+}$  دارای ۲۸ الکترون است. این در حالی است که گاز نجیب دوره قبل (یعنی





${}_{18}A$  دارای ۱۸ الکترون است.

گزینه «۳»: عدد اتمی B برابر ۱۶ است. تعداد ذره‌های زیراتمی در یون  ${}_{16}B^{2-}$  برابر ۵۰ است:

$${}_{16}B^{2-} = 32 + 18 = 50 = \underbrace{\text{تعداد پروتون‌ها}}_{A=32} + \underbrace{\text{تعداد نوترون‌ها}}_{(Z+2)} + \text{تعداد ذره‌های زیراتمی}$$

عنصر A در دوره پنجم جای دارد پس عنصر مورد نظر در دوره پنجم و گروه ۱۴ جای دارد که عدد اتمی آن برابر ۵۰ است.

## گزینه ۱

### درس‌نامه ۱۴ جرم اتمی عناصرها

۱ جرم اجسام گوناگون را بسته به اندازه و نوع آن‌ها با ترازوهای متفاوت - که دقت اندازه‌گیری متفاوتی دارند - اندازه‌گیری می‌کنند. برای مثال جرم یک کامیون را با باسکول و یکای تن (با دقت یک دهم تن)، جرم هندوانه را با ترازوی معمولی و یکای کیلوگرم و جرم طلا را با ترازوهای دقیق‌تر و یکای گرم (با دقت یک صدم گرم) می‌سنجند.

**دقت اندازه‌گیری:** کم‌ترین مقداری که می‌توان به وسیله یک دستگاه اندازه گرفت، دقت آن دستگاه گویند.

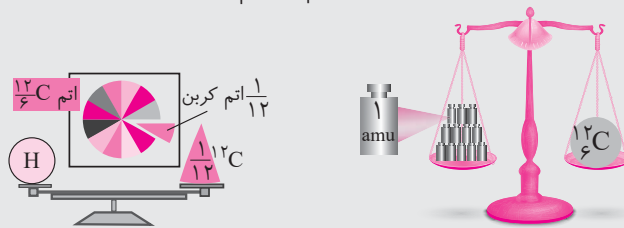
**توجه:** برای اندازه‌گیری جرم یک جسم، باید جرم آن جسم از دقت اندازه‌گیری ترازوی مورد استفاده بیشتر باشد. برای مثال با استفاده از باسکول چند تنی نمی‌توان جرم یک هندوانه را اندازه‌گیری کرد، زیرا جرم هندوانه کم‌تر از دقت اندازه‌گیری باسکول است. به دلیل مشابه، جرم یک دانه برنج را نمی‌توان با ترازوی معمولی اندازه‌گیری کرد.

۲ دانشمندان برای این که بتوانند خواص فیزیکی و شیمیایی هر ماده را در محیطی مانند بدن انسان، محیط زیست، محیط آزمایش و ... بررسی و اثر آن را گزارش کنند، باید بدانند چه جرمی از اتم‌ها و مولکول‌های آن ماده وارد محیط شده است: از این رو همواره به دنبال **سنجه‌ای مناسب** برای اندازه‌گیری جرم اتم‌ها بوده‌اند.

۳ **یکای جرم اتمی (amu):** اتم‌ها بسیار ریزند، به طوری که نمی‌توان آن‌ها را به‌طور مستقیم مشاهده و جرم آن‌ها را اندازه‌گیری نمود. از این رو دانشمندان برای تعیین جرم اتم‌ها مقیاس جرم نسبی را به کار می‌برند. مطابق این مقیاس، جرم اتم‌ها را با وزنه‌ای می‌سنجند که جرم آن  $\frac{1}{12}$  جرم ایزوتوپ کربن-۱۲ ( ${}^{12}_6C$ ) است. به این وزنه، **یکای جرم اتمی (amu)** می‌گویند.<sup>۱</sup>

**یکای جرم اتمی (amu):** یک amu برابر یک دوازدهم جرم اتم کربن-۱۲ است.

• اگر جرم یک ایزوتوپ کربن-۱۲ را برابر عدد ۱۲ در نظر بگیریم، سپس این عدد را به ۱۲ بخش یکسان تقسیم کنیم، هر بخش را ۱ amu می‌نامند. به این ترتیب مقیاسی به دست می‌آید که به کمک آن می‌توان جرم همه اتم‌ها را اندازه‌گیری کرد.



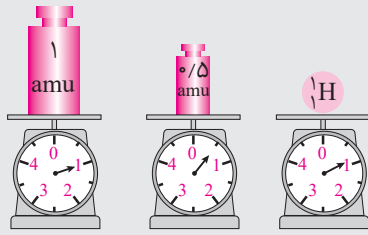
الگوی دیگر برای نمایش ۱ amu

۱. دانشمندان ابتدا هیدروژن و سپس اکسیژن را به عنوان استاندارد برای اندازه‌گیری جرم اتم‌ها انتخاب کردند. اما در سال ۱۹۶۱ کربن به این منظور برگزیده شد.

۲. amu کوتاه‌شده عبارت atomic mass unit به معنای یکای جرم اتمی است.

۳. مته روی فشاش! این شکل که در کتاب درسی آمده است، با کمی اغماض قبول می‌کنیم. چون هر ۳ اتم H برابر ۱ amu نیست و هر ۳ آن اندکی بیش‌تر از ۱ amu است. فور کتاب هم در جای دیگری گفته است که هر ۳ اتم H برابر ۱/۰۰۸ amu است. البته ۱/۰۰۸ amu که به یایی بر نمی‌خورد، اصلاً از ترازوی شاهین‌دار که انتظار این همه دقت

نمی‌رود، می‌رود!



• اگر در یک ترازو که با مقیاس amu مدرج شده، به جای ایزوتوپ کربن-12، ایزوتوپ  $^1_1\text{H}$  قرار گیرد، جرم  $1/008\text{amu}$  به دست می آید.

### برخی ویژگی های ذره های زیر اتمی

در جدول زیر برخی از ویژگی های زیراتمی ارایه شده است.

نام ذره	نماد	بار الکتریکی نسبی	جرم (amu)
الکترون	${}_{-1}^0\text{e}$	-1	$0/0005$
پروتون	${}_{+1}^1\text{p}$	+1	$1/0073$
نوترون	${}^1_0\text{n}$	0	$1/0087$

توجه داشته باشید که در جدول فوق، عددهای سمت چپ از بالا به پایین به ترتیب جرم نسبی و بار نسبی ذره را مشخص می کند.

- همواره مقدار بار الکتریکی ذره های سازنده اتم را نسبت به مقدار بار الکتریکی الکترون می سنجند. در این مقیاس نسبی، بار الکترون -1 در نظر گرفته می شود. از آنجا که بار الکتریکی پروتون هم اندازه با الکترون، اما با بار مثبت است، در این مقیاس نسبی بار الکتریکی آن +1 در نظر گرفته می شود. نوترون هم که ذره ای خنثی است، پس بار الکتریکی آن برابر صفر است.

- در این مقیاس جرم پروتون و نوترون تقریباً یکسان و در حدود 1 amu بوده، در حالی که جرم الکترون ناچیز و در حدود  $0/0005\text{amu}$  است. از این رو جرم نسبی پروتون و نوترون را برابر 1 و جرم نسبی الکترون را برابر صفر در نظر می گیرند.
- ترتیب دقیق جرم ذره های زیراتمی به صورت زیر است:

الکترون >> پروتون > نوترون : ترتیب جرم  
 $(0/0005\text{amu})$   $(1/0073\text{amu})$   $(1/0087\text{amu})$

توجه داشته باشید که جرم نوترون از مجموع جرم پروتون و الکترون بیش تر است.

ترتیبیم ( ${}^3_2\text{He}$  یا  ${}^3_1\text{T}$ ) در هسته خود یک پروتون و دو نوترون دارد و از آنجا که جرم الکترون ناچیز است می توان از آن صرف نظر نمود:

$${}^3_1\text{H} \text{ اتم} = \text{جرم پروتون} + \text{جرم نوترون} = 1\text{p} + 2\text{n} = 1\text{amu} + 2\text{amu} = 3\text{amu} = 3 \times 1/66 \times 10^{-24} = 4/98 \times 10^{-24} \text{ g}$$

که تقریباً همان گزینه «1» است.

روش دوم: اگر بفوایم مسابقات خود را دقیق تر انجام دهیم می توان به صورت زیر عمل نمود (البته این روش نه تنها وقت گیر بلکه خال گیر است!)

$${}^3_1\text{H} \text{ اتم} = \text{جرم الکترون} + \text{جرم نوترون} + \text{جرم پروتون} = 1\text{e}^- + 2\text{n} + 1\text{p} = 1 \times 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} + 2 \times 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg} + 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$= 5.54 \times 10^{-27} \text{ kg} = 5.54 \times 10^{-27} \text{ kg} \times 10^3 \text{ g/kg} = 5.54 \times 10^{-24} \text{ g} = 2/992 \text{amu} = 2/992 \times 1/66 \times 10^{-24} = 4/96 \times 10^{-24} \text{ g}$$

### 13. گزینه 1

### عدد آووگادرو درس نامه 18

اتم ها به طور باور نکردنی ریز هستند به طوری که نمی توان با هیچ دستگاهی و شمارش تک تک آن ها، شمار آن ها را به دست آورد. اما از روی جرم مواد می توان شمار ذره های سازنده را شمارش کرد. دانشمندان با استفاده از دستگاهی به نام **طیف سنج جرمی**، جرم اتم ها را با دقت زیاد اندازه گیری می کنند. آن ها دریافتند که هر amu جرمی برابر  $1/66 \times 10^{-24} \text{ g}$  دارد ( $1\text{amu} = 1/66 \times 10^{-24} \text{ g}$ ).







بدین ترتیب مثلاً جرم هر اتم کربن -۱۲ برابر  $1.99 \times 10^{-23} \text{ g}$  است، اما این مقدار جرم آن قدر کوچک است که با ابزارهای معمولی قابل توزین نیست. دانشمندان برای انجام کارهای روزمره در آزمایشگاه نیاز به یکای بزرگ‌تری مانند گرم داشتند، از این رو پیشنهاد کردند که تعداد بسیار زیادی از اتم‌ها انتخاب شود تا بتوان جرم آن‌ها را با ابزارهای معمولی اندازه گرفت.



آمدئو آووگادرو (۱۸۵۶ - ۱۷۷۶م)

$$1.99 \times 10^{23} \text{ عدد آووگادرو (} N_A \text{)}$$

۱ **مول:** به تعداد  $6.02 \times 10^{23}$  عدد از هر ذره (اتم، مولکول یا یون)، **یک مول** (mol) از آن ذره می‌گویند. عدد  $6.02 \times 10^{23}$  به افتخار شیمی‌دان ایتالیایی، آمدئو آووگادرو، **عدد آووگادرو** گفته می‌شود و آن را با  $N_A$  نشان می‌دهند:

اکنون جرم  $6.02 \times 10^{23}$  ذره دیگر کوچک نیست و می‌توان به آسانی با ترازوهای معمولی (برحسب گرم) اندازه گرفت.

۲ **جرم مولی:** جرم یک مول ذره (اتم، مولکول یا یون) برحسب گرم، **جرم مولی** آن ذره نامیده می‌شود. یکای جرم مولی گرم بر مول است. برای مثال جرم مولی اتم کربن -۱۲ برابر ۱۲ گرم بر مول است:

$$12 \text{ amu} = \text{جرم اتمی کربن} - 12$$

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

**نکته:** جرم مولی یک عنصر از نظر عددی برابر جرم اتمی آن است با این تفاوت که یکای جرم اتمی amu و یکای جرم مولی گرم بر مول است.

**نکته:** جرم مولی یک مولکول برابر با مجموع جرم مولی اتم‌های سازنده آن است. برای مثال جرم مولی  $\text{H}_2\text{O}$  برابر با  $16 + 1 = 17$  است.

۳ **حل مسائل مربوط به مول و  $N_A$ :** با استفاده از هم‌ارزی میان کمیت‌ها می‌توان آن‌ها را به یک‌دیگر تبدیل کرد به طوری که برای هر هم‌ارزی می‌توان دو عامل (**کسر**) تبدیل نوشت. در این عامل‌ها صورت و مخرج هر یک شامل عددی همراه با یکاست. برای نمونه از هم‌ارزی  $1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$  می‌توان این دو عامل تبدیل را نوشت:

$$\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}}, \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}$$

از این عامل‌ها می‌توان در تبدیل متر به سانتی‌متر و برعکس استفاده کرد؛ برای نمونه به تبدیل  $0.15 \text{ m}$  به سانتی‌متر توجه کنید:

$$? \text{ cm} = 0.15 \text{ m} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 15 \text{ cm}$$

اکنون به مثال‌هایی که رنگ و بوی شیمی دارد توجه نمایید!

**مثال .** در  $0.4 \text{ mol}$  فلز روی چند اتم از آن موجود است؟

(۴)  $1.2/0.4 \times 10^{21}$

(۳)  $1.8/0.6 \times 10^{20}$

(۲)  $2.4/0.8 \times 10^{22}$

(۱)  $6/0.2 \times 10^{22}$

**پاسخ: گزینه ۲** از هم‌ارزی  $1 \text{ mol Zn} = 6.02 \times 10^{23}$  اتم Zn می‌توان دو عامل تبدیل زیر را نوشت:

$$\frac{1 \text{ mol Zn}}{6.02 \times 10^{23} \text{ اتم Zn}}, \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ اتم Zn}}{1 \text{ mol Zn}}$$

(I) (II)

در این جا باید یکای مول را به یکای اتم تبدیل کنیم (یعنی یکای مول را باید حذف کنیم)، پس عامل تبدیل (II) را استفاده می‌کنیم.

$$? \text{ اتم Zn} = 0.4 \text{ mol Zn} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ اتم Zn}}{1 \text{ mol Zn}} = 2.4/0.8 \times 10^{22} = 2.4/0.8 \times 10^{22} \text{ اتم Zn}$$

اتم Zn    mol Zn

$$\left[ \frac{1}{0.4} \quad \frac{6.02 \times 10^{23}}{x} \right] \Rightarrow x = 0.4 \times 6.02 \times 10^{23} = 2.4/0.8 \times 10^{22} \text{ اتم Zn}$$

**روشن دیگر: تناسب:**

**مثال .** در  $0.32$  گرم فلز مس چند اتم از این فلز وجود دارد؟ ( $\text{Cu} = 64 \text{ g.mol}^{-1}$ )

- (۱)  $3/01 \times 10^{23}$  (۲)  $12/04 \times 10^{20}$  (۳)  $3/01 \times 10^{20}$  (۴)  $6/02 \times 10^{20}$

**پاسخ:** در این جا ابتدا باید یکای گرم را به یکای مول تبدیل کنیم ( $1 \text{ mol Cu} = 64 \text{ g Cu}$ )، پس باید  $0.32 \text{ g}$  را در عامل تبدیل  $\frac{1 \text{ mol Cu}}{64 \text{ g Cu}}$

ضرب نماییم تا یکای  $\text{g}$  حذف و یکای  $\text{mol}$  ایجاد شود. سپس باید یکای مول را به اتم تبدیل نماییم (اتم  $1 \text{ mol Cu} = 6/02 \times 10^{23} \text{ Cu}$ )

پس آن را باید در عامل تبدیل  $\frac{6/02 \times 10^{23} \text{ Cu اتم}}{1 \text{ mol Cu}}$  ضرب کنیم تا یکای  $\text{mol}$  حذف و تعداد اتم به دست آید:

$$\text{اتم Cu} = 0.32 \text{ g Cu} \times \frac{1 \text{ mol Cu}}{64 \text{ g Cu}} \times \frac{6/02 \times 10^{23} \text{ Cu اتم}}{1 \text{ mol Cu}} = 3/01 \times 10^{20} \text{ Cu اتم}$$

**روشن دیگر: تناسب:** برای حل این مسأله باید از دو تناسب استفاده نمود: ابتدا تعداد مول های موجود در  $0.32$  گرم مس را محاسبه می نماییم:

$$\left[ \begin{array}{cc} 64 & 1 \\ 0.32 & x \end{array} \right] \Rightarrow x = \frac{0.32}{64} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol Cu}$$

سپس تعداد اتم های موجود در  $5 \times 10^{-4}$  مول مس را به دست می آوریم:

$$\left[ \begin{array}{cc} 1 & 6/02 \times 10^{23} \\ 5 \times 10^{-4} & x \end{array} \right] \Rightarrow x = 5 \times 10^{-4} \times 6/02 \times 10^{23} = 3/01 \times 10^{20} \text{ Cu اتم}$$

**توجه:** این مسأله را به راحتی می توان با یک تناسب حل نمود کافی است هم ارزی زیر را در نظر داشته باشیم:

$$1 \text{ mol Cu} = 64 \text{ g Cu} = 6/02 \times 10^{23} \text{ Cu اتم}$$

$$\left[ \begin{array}{cc} 64 & 6/02 \times 10^{23} \\ 0.32 & x \end{array} \right] \Rightarrow x = \frac{0.32 \times 6/02 \times 10^{23}}{64} = 3/01 \times 10^{20} \text{ Cu اتم}$$

**توجه:** فلز مس گاهی در طبیعت به صورت آزاد یافت می شود. این عنصر اغلب به شکل ترکیب های گوناگون وجود دارد. حدود هفت هزار سال پیش، انسان توانست با گرم کردن سنگ معدن مس همراه با زغال سنگ، فلز مس را به صورت مذاب استخراج کند.

**مثال .**  $1/505 \times 10^{20}$  مولکول متان، چند گرم جرم دارد؟ (جرم مولی  $\text{CH}_4$  برابر  $16 \text{ g.mol}^{-1}$  است)

- (۱)  $9/6 \times 10^{-2}$  (۲)  $4/8 \times 10^{-2}$  (۳)  $3/2 \times 10^{-3}$  (۴)  $4 \times 10^{-3}$

**پاسخ: روش اول (کسر تبدیل):** ابتدا تعداد مولکول را به  $\text{mol}$  و سپس  $\text{mol}$  را به گرم تبدیل می کنیم:

$$? \text{ g CH}_4 = 1/505 \times 10^{20} \text{ CH}_4 \text{ مولکول} \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{6/02 \times 10^{23} \text{ CH}_4 \text{ مولکول}} \times \frac{16 \text{ g CH}_4}{1 \text{ mol CH}_4} = 4 \times 10^{-3} \text{ g CH}_4$$

**روش دوم (تناسب):** این مسأله را هم با ایجاد یک تناسب حل می کنیم فقط باید هم ارزی زیر را در نظر داشته باشیم:

$$1 \text{ mol CH}_4 = 16 \text{ g CH}_4 = 6/02 \times 10^{23} \text{ CH}_4 \text{ مولکول}$$

$$\left[ \begin{array}{cc} 16 & 6/02 \times 10^{23} \\ x & 1/505 \times 10^{20} \end{array} \right] \Rightarrow x = \frac{16 \times 1/505 \times 10^{20}}{6/02 \times 10^{23}} = 4 \times 10^{-3} \text{ g CH}_4$$

**چند نکته حنفی:**



- ۱ برخی فضاپیماها با خود طیف سنج جرمی حمل می کنند و از آن برای شناسایی عنصرها در نقاط گوناگون فضا بهره می گیرند.
- ۲ هر کهکشان در جهان هستی حدود  $400$  میلیارد ستاره در خود دارد. هم چنین تعداد کهکشان های جهان هستی حدود  $130$  میلیارد برآورد می شود، در این صورت در جهان هستی حدود  $0.8$  مول ستاره وجود دارد.
- ۳ اگر یک مول دانه برف در سطح ایران ببارد، لایه ای از برف به ارتفاع قله دنا ( $4500 \text{ m}$ ) = همه کشور را می پوشاند!



پرسش‌های مطرح شده را پاسخ می‌دهیم:

(آ) با توجه به گزینه‌ها،  $N_xO_y$  یا به صورت NO است یا  $N_2O$ . ابتدا فرض می‌کنیم NO باشد، پس باید ثابت کنیم  $0/3$  گرم از آن شامل  $6/02 \times 10^{23}$  مولکول است:

$$NO \Rightarrow \text{جرم مولی} = 14 + 16 = 30 \text{ g.mol}^{-1}$$

مولکول NO  $NO$  g

$$\left[ \begin{array}{cc} 30 & 6/02 \times 10^{23} \\ 0/3 & x \end{array} \right] \Rightarrow x = \frac{0/3 \times 6/02 \times 10^{23}}{30} = 6/02 \times 10^{21} \text{ NO مولکول}$$

پس مولکول مورد نظر NO است نه  $N_2O$ .

(ب) با توجه به گزینه‌ها،  $SF_x$  یا به صورت  $SF_6$  است یا  $SF_2$ . ابتدا فرض می‌کنیم  $SF_6$  باشد، پس باید ثابت کنیم  $0/73$  گرم از آن شامل  $3/01 \times 10^{21}$  مولکول است:

$$SF_6 \Rightarrow \text{جرم مولی} = 32 + 4(19) = 108 \text{ g.mol}^{-1}$$

مولکول  $SF_6$  g

$$\left[ \begin{array}{cc} 108 & 6/02 \times 10^{23} \\ 0/73 & x \end{array} \right] \Rightarrow x = \frac{0/73 \times 6/02 \times 10^{23}}{108} = 4/07 \times 10^{21} \text{ SF}_6 \text{ مولکول}$$

پس مولکول مورد نظر  $SF_6$  نیست بلکه  $SF_2$  است.

(پ) ابتدا تعداد اتم‌های اکسیژن موجود در  $9/6$  گرم ( $O_3$  اوزون) را محاسبه می‌کنیم:

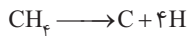


اتم  $O_3$  یک مولکول  $O_3$

اتم  $O$  g  $O_3$

$$\left[ \begin{array}{cc} 48 & 3 \times 6/02 \times 10^{23} \\ 9/6 & x \end{array} \right] \Rightarrow x = \frac{9/6 \times 3 \times 6/02 \times 10^{23}}{48} = 3/61 \times 10^{23} \text{ اتم } O$$

انکون باید محاسبه کنیم  $3/61 \times 10^{23}$  اتم H و C معادل چند گرم از  $CH_4$  است:



اتم  $5$  یک مولکول  $CH_4$

اتم (C,H) g  $CH_4$

$$\left[ \begin{array}{cc} 16 & 5 \times 6/02 \times 10^{23} \\ x & 3/61 \times 10^{23} \end{array} \right] \Rightarrow x = \frac{16 \times 3/61 \times 10^{23}}{5 \times 6/02 \times 10^{23}} = 1/92 \text{ g } CH_4$$

## ۱۴. گزینه ۲

### مسائل جرم اتمی میانگین درس‌نامه ۱۶

چون بیش‌تر عنصرهایی که به‌طور طبیعی یافت می‌شوند بیش از یک ایزوتوپ دارند، لذا با توجه به تعداد ایزوتوپ‌ها و تفاوت در فراوانی آن‌ها، برای گزارش جرم نمونه‌های طبیعی از اتم عنصرهای مختلف، **جرم اتمی میانگین** به کار می‌رود. برای تعیین جرم اتمی میانگین ایزوتوپ‌های یک عنصر از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$M = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + \dots}{F_1 + F_2 + \dots}$$

در رابطه فوق، M جرم اتمی میانگین ایزوتوپ‌ها،  $M_1$ ،  $M_2$ ، ... جرم اتمی ایزوتوپ‌ها و  $F_1$ ،  $F_2$ ، ... فراوانی ایزوتوپ‌ها را نشان می‌دهد.

**تذکر:** اگر فراوانی ایزوتوپ‌ها، به صورت درصد بیان شده باشند، مجموع  $F_1 + F_2 + \dots$  برابر ۱۰۰ می‌باشد.

**نکته:** در مورد جرم اتمی میانگین به نکات زیر توجه نمایید:

۱) جرم اتمی میانگین هر عنصر همان جرم نشان داده شده در جدول دوره‌ای عنصرهاست.

۲) جرم اتمی میانگین همواره از جرم اتمی سبک‌ترین ایزوتوپ بزرگ‌تر و از جرم اتمی سنگین‌ترین ایزوتوپ کوچک‌تر است.

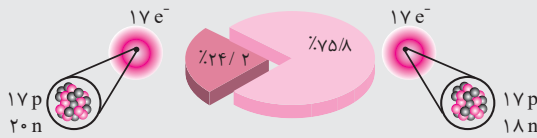
۳) معمولاً جرم اتمی میانگین به جرم اتمی ایزوتوپی نزدیک‌تر است که بیش‌ترین فراوانی را دارد<sup>۱</sup>.

**تفاوت و تشابه عدد جرمی و جرم اتمی:** دانستیم که به مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های یک اتم، **عدد جرمی** می‌گویند. این نام‌گذاری از آن جهت است که جرم اتم به تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های درون هسته بستگی دارد و جرم الکترون‌ها به دلیل ناچیز بودن، تأثیر چشم‌گیری بر جرم اتم ندارد. از آن‌جا که جرم پروتون‌ها و نوترون‌ها با هم برابر و حدوداً برابر ۱amu است می‌توان از روی عدد جرمی یک اتم، جرم آن را تخمین زد. برای مثال جرم اتمی ایزوتوپ‌های لیتیم ( ${}^6\text{Li}$ ,  ${}^7\text{Li}$ ) با توجه عدد جرمی آن‌ها به ترتیب برابر ۶amu و ۷amu است. اما به این تفاوت هم توجه داشته باشید که اگرچه عدد جرمی و جرم اتمی به لحاظ عددی برابرند<sup>۲</sup> اما ماهیت این دو متفاوت است: یکی مقیاس عددی و دیگری جرمی است.

با رجوع به جدول دوره‌ای می‌بینیم که جرم اتمی لیتیم نه یک عدد صحیح بلکه یک عدد اعشاری است (جرم اتمی Li) = ۶/۹۴g. این عدد در واقع جرم اتمی میانگین لیتیم است که با لحاظ ایزوتوپ‌ها و فراوانی آن‌ها، درج شده است.

**آنتون پس از این همه مقدمه، بد نیست به بررسی چند مثال پردازیم.**

**مثال .** با توجه به شکل روبه‌رو که ایزوتوپ‌های کلر را نشان می‌دهد، جرم اتمی میانگین کلر را حساب کنید.



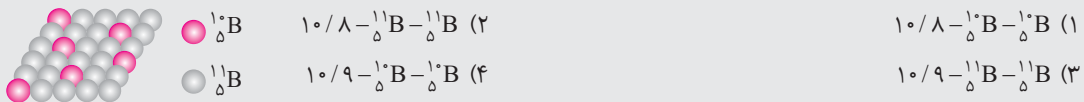
**پاسخ:** با توجه به شکل، فراوانی ایزوتوپ  ${}^{35}\text{Cl}$  برابر ۷۵/۸٪ و فراوانی ایزوتوپ  ${}^{37}\text{Cl}$  برابر ۲۴/۲٪ است. پس:

$$M = \frac{M_1F_1 + M_2F_2}{F_1 + F_2} = \frac{(35 \times 75/8) + (37 \times 24/2)}{100} = 35/484 \text{ amu}$$

این عدد با جرم اتمی میانگین کلر در جدول دوره‌ای که برابر ۳۵/۴۵g است، تقریباً برابر است.

**مثال .** با توجه به شکل روبه‌رو که توزیع اتم‌های بور را در بور طبیعی نشان می‌دهد، می‌توان دریافت که فراوانی ایزوتوپ .....

بیش‌تر و ..... پایدارتر است و جرم اتمی میانگین بور برابر با amu ..... است.



**پاسخ: گزینه ۲** با توجه به شکل داده شده می‌توان مشاهده نمود که فراوانی ایزوتوپ  ${}^{11}\text{B}$  بیش‌تر است و همان‌طور که می‌دانید **ایزوتوپی**

**که در طبیعت فراوان‌تر است، پایدارتر** نیز می‌باشد. پس ایزوتوپ  ${}^{11}\text{B}$  پایدارتر از ایزوتوپ  ${}^{10}\text{B}$  می‌باشد. جرم اتمی میانگین بور از

رابطه زیر به دست می‌آید (فراوانی ایزوتوپ  ${}^{10}\text{B}$  برابر ۶ و فراوانی ایزوتوپ  ${}^{11}\text{B}$  برابر ۲۴ می‌باشد):

۱. گاهی اوقات، جرم اتمی میانگین به جرم اتمی ایزوتوپی که بیش‌ترین فراوانی را دارد، نزدیک نیست؛ برای مثال قلع دارای ۱۰ ایزوتوپ است:

ایزوتوپ	${}^{112}\text{Sn}$	${}^{114}\text{Sn}$	${}^{115}\text{Sn}$	${}^{116}\text{Sn}$	${}^{117}\text{Sn}$	${}^{118}\text{Sn}$	${}^{119}\text{Sn}$	${}^{120}\text{Sn}$	${}^{122}\text{Sn}$	${}^{124}\text{Sn}$
درصد فراوانی	۰/۹۷	۰/۶۶	۰/۳۴	۱۴/۵۴	۷/۶۸	۲۴/۲۲	۸/۵۹	۳۲/۵۸	۴/۶۳	۵/۷۹

همان‌طور که ملاحظه می‌شود فراوان‌ترین ایزوتوپ قلع،  ${}^{120}\text{Sn}$  است، در حالی که جرم اتمی میانگین قلع برابر  $M = 118/7 \text{ g.mol}^{-1}$  است که البته به جرم اتمی  ${}^{120}\text{Sn}$

نزدیک نیست بلکه به  ${}^{119}\text{Sn}$  نزدیک‌تر است که فراوانی آن کم‌تر از فراوانی  ${}^{120}\text{Sn}$  است. به همین جهت در این عبارت از لفظ **معمولاً** استفاده کرده‌ایم نه «همواره»!

۲. درست‌تر آن است که گفته شود عدد جرمی و جرم اتمی به لحاظ عددی **تقریباً برابرند**. برای مثال جرم اتمی  ${}^6\text{Li}$ ،  ${}^7\text{Li}$  به ترتیب برابر ۶/۰۱۵amu و ۷/۰۱۶amu

است. با توجه به این که جرم پروتون و نوترون به ترتیب برابر ۱/۰۰۷۳amu و ۱/۰۰۸۷amu است، جرم  ${}^6\text{Li}$  و  ${}^7\text{Li}$  باید به ترتیب ۶/۰۴۸amu و ۷/۰۵۶amu

باشد. در درس فیزیک خواهید خواند که جرم یک اتم به دلیل انرژی بستگی هسته (binding energy)، از مجموع جرم ذره‌های سازنده آن اندکی کم‌تر است. فرمول  $E = mc^2$

را که یادتان هست! وقتی پروتون‌ها و نوترون‌ها کنار هم قرار می‌گیرند مقداری از جرم آن‌ها به انرژی تبدیل می‌شود.





$$M = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} = \frac{10(6) + 11(24)}{6 + 24} = 10.8 \text{ amu}$$

### شگرد تستی برای محاسبه جرم اتمی میانگین

معمولاً محاسبه جرم اتمی میانگین وقت گیر و البته کمی اعصاب خردکن! است، از این رو برای ساده کردن محاسبات و نیز سرعت بخشیدن به آن‌ها از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$M = M_1 + \frac{F_2(M_2 - M_1)}{F_1 + F_2} + \frac{F_3(M_3 - M_1)}{F_1 + F_2 + F_3} + \dots$$

اختلاف جرم اتمی ایزوتوپ سوم با سبک‌ترین ایزوتوپ  
اختلاف جرم اتمی ایزوتوپ دوم با سبک‌ترین ایزوتوپ

جرم اتمی  
سبک‌ترین ایزوتوپ  
فراوانی ایزوتوپ دوم  
فراوانی ایزوتوپ سوم

اگر مثال فوق را به این روش انجام دهیم، داریم:

$$M = M_1 + \frac{F_2(M_2 - M_1)}{F_1 + F_2} = 10 + \frac{24(11 - 10)}{30} = 10 + \frac{24}{30} = 10.8 \text{ amu}$$

**مثال .** نقره دارای دو ایزوتوپ با جرم‌های اتمی  $106/9$  و  $108/9$  است. اگر فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر آن برابر

(ریاضی ۸۴)

۵۲ درصد باشد، جرم اتمی متوسط نقره، کدام است؟

۱۰۷/۸۹ (۴)

۱۰۷/۸۸ (۳)

۱۰۷/۸۶ (۲)

۱۰۷/۸۴ (۱)

**پاسخ: گزینه ۲**

درصد فراوانی ایزوتوپ سنگین‌تر      درصد فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر

$$M = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} = \frac{(106/9 \times 52) + (108/9 \times 48)}{100} = 107/86$$

**روشن اول:** با توجه به داده‌های مسئله می‌توان نوشت:

**توجه:** اختلاف گزینه‌ها در این تست، میلی‌متری است، یعنی برای رسیدن به جواب، روش‌های تفهیم و تقریب و ... اصلاً جواب نمی‌دهد! و باید ضرب و تقسیم‌ها را با دقت انجام داد. اما فوش بفتانه در روش دوم از این دردها کم‌تر داریم:

**روشن دوم:**

$$M = M_1 + \frac{F_2(M_2 - M_1)}{100} = 106/9 + \frac{48(108/9 - 106/9)}{100} = 106/9 + \frac{48 \times (2)}{100} = 106/9 + 0/96 = 107/86$$

**مثال .** عنصر گالیوم از دو ایزوتوپ با جرم‌های اتمی  $68/9$  و  $70/9$  تشکیل شده است. اگر جرم اتمی میانگین گالیوم  $69/7$

باشد، فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر چند درصد است؟

۷۵ (۴)

۴۰ (۳)

۳۵ (۲)

۶۰ (۱)

**پاسخ: روشن اول:** اگر فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر را  $F_1$  فرض کنیم:

$$F_1 + F_2 = 100 \Rightarrow F_2 = 100 - F_1$$

$$M = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} \Rightarrow 69/7 = \frac{68/9 F_1 + 70/9 (100 - F_1)}{100} = \frac{(68/9 - 70/9) F_1 + 7090}{100}$$

$$\Rightarrow 6970 = -2F_1 + 7090 \Rightarrow 2F_1 = 120 \Rightarrow F_1 = 60 \%$$

روش دوم:

$$M = M_1 + \frac{F_p(M_p - M_1)}{100} \Rightarrow 69/7 = 68/9 + \frac{F_p(70/9 - 68/9)}{100} = 68/9 + 0.02F_p \Rightarrow F_p = 40 \Rightarrow F_1 = 60\%$$

اگر فراوانی ایزوتوپ  $^{86}\text{A}$ ، ۲۰ درصد باشد، مجموع فراوانی دو ایزوتوپ دیگر برابر ۸۰ درصد است:

$$^{84}\text{A} \rightarrow F_1 = 20$$

$$^{86}\text{A} \rightarrow F_p = x_1$$

$$^{88}\text{A} \rightarrow F_p = 80 - x_1$$

$$M = \frac{M_1F_1 + M_pF_p + M_pF_p}{100}$$

$$86/4 = \frac{(84 \times 20) + (86 \times x_1) + (88 \times (80 - x_1))}{100} \Rightarrow 8640 = 1680 + 86x_1 + 7040 - 88x_1$$

$$\Rightarrow 2x_1 = 80 \Rightarrow x_1 = 40 \Rightarrow F_p = 40, F_p = 40$$

$$M = M_1 + \frac{F_p(M_p - M_1) + F_p(M_p - M_1)}{100}$$

$$86/4 = 84 + \frac{x_1(86 - 84) + (80 - x_1)(88 - 84)}{100} \Rightarrow 86/4 = 84 + \frac{2x_1 + 320 - 4x_1}{100}$$

$$\Rightarrow 2/4 = \frac{320 - 2x_1}{100} \Rightarrow 240 = 320 - 2x_1 \Rightarrow x_1 = 40 \Rightarrow F_p = 40 \Rightarrow F_p = 40$$

روش اول:

روش دوم:

## ۱۵. گزینه ۲

### درس نامه ۱۷ نور

۱ نور کلیدی است که با استفاده از آن می‌توان رازهای آفرینش را رمزگشایی کرد. اگر امروزه دانشمندان می‌توانند در مورد سرآغاز کیهان و چگونگی پیدایش ستاره‌ها و کهکشان‌ها اظهار نظر کنند به دلیل نوری است که از این اجرام آسمانی به ما می‌رسد. نوری که از ستاره‌ها یا سیاره‌ای به ما می‌رسد نشان می‌دهد که آن ستاره یا سیاره از چه ساخته شده و دمای آن چقدر است.  
**توجه:** دانشمندان با دستگاهی به نام **طیف‌سنج** می‌توانند پرتوهای گسیل‌شده از مواد گوناگون، اطلاعات ارزشمندی درباره آن‌ها به دست آورند.

۱. حتماً نوری را که یک فلز گداخته تابش می‌کند دیده‌اید. هنگامی که فلزی در آتش قرار گیرد ابتدا رنگ آن قرمز و سپس با افزایش دما، نور آن به نارنجی و زرد تغییر پیدا می‌کند. با افزایش بیش‌تر دما، ممکن است فلز به رنگ آبی یا حتی بنفش هم تابش کند. آن‌چه گفته شد در فیزیک تحت عنوان قانون وین از آن یاد می‌شود. این قانون در مورد ستاره‌ها هم مطرح است. دمای سطحی ستاره‌ها و رنگ معادل آن دما در جدول زیر ارائه شده است.

رده	رنگ	دمای سطح ستاره (°C)
M	قرمز	< ۳۲۰۰
K	قرمز مایل به زرد	۳۲۰۰ - ۴۷۰۰
G	سفید مایل به زرد	۴۷۰۰ - ۵۷۵۰
F	آبی مایل به سفید	۵۷۵۰ - ۷۲۰۰
A	آبی	۷۲۰۰ - ۱۱۰۰۰
B	آبی	۱۱۰۰۰ - ۲۵۰۰۰
O	بنفش	> ۲۵۰۰۰

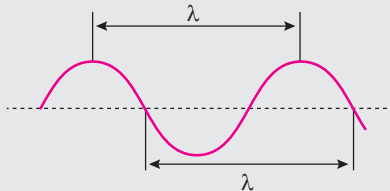
هر محدوده دما را با یک حرف مشخص می‌کنند و آن را رده طیفی می‌نامند. ستاره‌هایی که در آسمان به رنگ قرمز یا نارنجی دیده می‌شوند سردترین (رده M و K) و ستاره‌های آبی و بنفش داغ‌ترین ستاره‌ها (رده‌های O و B) هستند. در این رده‌بندی خورشید در رده طیفی G قرار می‌گیرد.





**توجه:** برای اندازه گیری دمای اجسام بسیار داغ نمی توان دماسنج را در تماس با آن قرار داد زیرا دماسنج در این دماها ذوب می شود. برای این منظور باید از دماسنجی استفاده کرد که بدون تماس با جسم داغ، دمای آن را مشخص کند. یکی از این دماسنج ها، **دماسنج فروسرخ** نام دارد که با جذب پرتوهای فروسرخ نشر شده از جسم داغ، دمای آن ها را نشان می دهد.

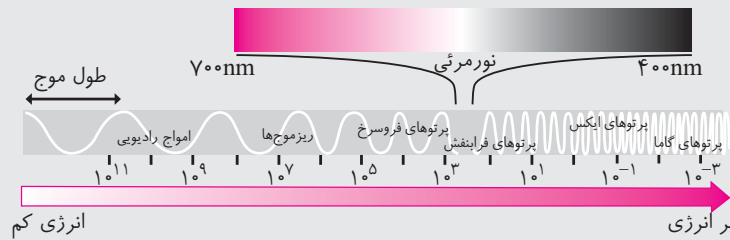
**۲) برخی ویژگی های نور:** نور شکلی از انرژی است که به صورت موج منتشر می شود. در این جا به بررسی بعضی از ویژگی های نور می پردازیم.



**- طول موج:** به فاصله بین دو قله متوالی موج (یا بین هر دو نقطه تکراری موج که شکل یکسان دارند)، طول موج می گویند و آن را با  $\lambda$  نشان می دهند.

**نکته:** طول موج با انرژی موج رابطه عکس دارد، به طوری که هرچه طول موج پرتو کوتاه تر باشد، انرژی بیش تری با خود حمل می کند.

● **طیف الکترومغناطیسی:** شامل گستره بسیار وسیعی از تابش های الکترومغناطیسی است که همه آن ها سرعت ثابتی برابر سرعت نور ( $3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ ) دارند اما طول موج آن ها متفاوت است. این تابش ها طیف بسیار گسترده ای از طول موج های بسیار بلند تا بسیار کوتاه را در برمی گیرد که شامل امواج رادیویی، ریزموج ها، پرتوهای فروسرخ، نور مرئی، پرتوهای فرابنفش، پرتوهای ایکس و پرتوهای گاما است.



گستره الکترومغناطیسی

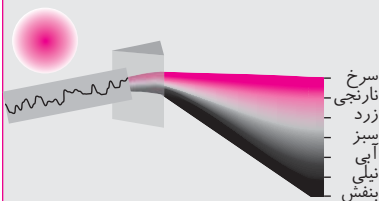
پرتوهای گاما > پرتوهای ایکس (x) > پرتوهای فرابنفش > نور مرئی > پرتوهای فروسرخ > ریزموج ها > امواج رادیویی: **مقایسه طول موج** از آن جا که طول موج با انرژی موج رابطه عکس دارد، پس:

پرتوهای گاما < پرتوهای ایکس (x) < پرتوهای فرابنفش < نور مرئی < پرتوهای فروسرخ < ریزموج ها < امواج رادیویی: **مقایسه انرژی**

**- نور مرئی** تنها بخش کوچکی از گستره پرتوهای الکترومغناطیسی است که طول موج آن در محدوده ۴۰۰ نانومتر تا ۷۰۰ نانومتر است و شامل رنگ های سرخ، نارنجی، زرد، سبز، آبی، نیلی و بنفش است.

قرمز < نارنجی < زرد < سبز < آبی < نیلی < بنفش: **مقایسه طول موج رنگ های مختلف**

قرمز > نارنجی > زرد > سبز > آبی > نیلی > بنفش: **مقایسه انرژی**



**- تجزیه نور: نور خورشید،** اگرچه سفید به نظر می رسد اما با عبور از قطره های آب موجود در هوا، که پس از بارش هنوز در هوا پراکنده است، تجزیه می شود و گستره ای پیوسته از رنگ ها را ایجاد می کند. این گستره رنگی، شامل بی نهایت طول موج از رنگ های گوناگون است.

**نکته:** با توجه به شکل فوق، هرچه طول موج یک پرتو کوتاه تر باشد، هنگام عبور از منشور، میزان شکست و انحراف آن بیش تر است.

قرمز > نارنجی > زرد > سبز > آبی > نیلی > بنفش: **میزان شکست پرتو**

### رابطه نور با دما

**نکته:** هرچه دمای یک جسم داغ (یا شعله) بالاتر باشد رنگ آن جسم داغ یا شعله طول موج کوتاه تری دارد. به عنوان مثال اگر یک تکه فولاد را حرارت دهیم، در ابتدا که دمای آن پایین است، نور سرخ از خود می تاباند. اما با افزایش حرارت، رنگ نشر شده از آن به سمت آبی و بنفش می گراید.

**مثال .** با توجه به مطالب فوق، دماهای  $800^{\circ}\text{C}$ ،  $1750^{\circ}\text{C}$  و  $2750^{\circ}\text{C}$  را به کدام یک از سه شکل زیر می توان نسبت داد؟



رنگ آبی

رنگ زرد

رنگ سرخ

**پاسخ:** هرچه دما بالاتر باشد، انرژی نور منتشر شده بیشتر و طول موج آن کم تر است، پس:

$$2750^{\circ}\text{C} > 1750^{\circ}\text{C} > 800^{\circ}\text{C}$$

$\downarrow$   $\downarrow$   $\downarrow$   
 دما و انرژی قرمز (سوار) زرد (شمع) آبی (شعله گاز)



صورت فلکی شکارچی (Orion)

• در صورت فلکی شکارچی (Orion)، ستاره سمت چپ و بالا به رنگ سرخ و دمای سطح آن کم تر از سطح خورشید است ( $3600\text{k}$ )، اما ستاره سمت راست و پایین به رنگ آبی و دمای سطح آن از دمای سطح خورشید بیشتر است ( $11000\text{k}$ ). زیرا دوربین موبایل به نور فرسرخ حساس است و آن را آشکار می کند.

**مثال .** آیا همه پرتوهای الکترومغناطیس را می توان مشاهده کرد؟

**پاسخ:** خیر، تنها پرتوهای مرئی قابل مشاهده اند و سایر پرتوهای الکترومغناطیس را چشم ما نمی تواند ببیند. البته به کمک بعضی ابزارها می توان آن ها را آشکار نمود. برای مثال کنترل تلویزیون با نور فرسرخ کار می کند. هرگاه کلید روشن و خاموش آن را فشار دهیم و به چشمی کنترل نگاه کنیم نوری را مشاهده نخواهیم کرد اما اگر دوربین موبایل به چشمی کنترل نگاه کنیم، این پرتوها را می توان مشاهده کرد.



با فشردن دکمه های دیگر کنترل، پرتوهای خارج می شود که با یک دیگر تفاوت دارند.

امروزه با استفاده از دوربین های حساس به پرتوهای فرسرخ، فرابنفش، گاما یا ایکس تصویرهایی از خورشید تهیه می کنند و برای بررسی های علمی از آن ها استفاده می کنند. برای مثال شکل زیر تصویری از خورشید را نشان می دهد که با استفاده از دوربین های حساس به پرتوهای فرابنفش گرفته شده است.

با توجه به مطالب فوق می توان دریافت که فقط عبارت سوم نادرست است. نور خورشید با عبور از قطره های آب پراکنده در هوا، طیف پیوسته ای (نه خطی!) از رنگ ها را ایجاد می کند.

۱۶. گزینه ۳

درس نامه ۱۸ نشر نور و طیف نشری



۱ آتش بازی: آتش بازی با مواد شیمیایی، نورهای رنگی زیبا، چشم نواز و شادی بخشی در آسمان ایجاد می کند که از آن در جشن های ملی و رویدادهای جهانی مانند بازی های المپیک استفاده می شود.

• بسیاری از نمک ها شعله رنگی دارند، به طوری که اگر مقداری از محلول نمک را با افشانه روی شعله بیاشیم، رنگ شعله تغییر می کند. برای نمونه رنگ شعله فلز سدیم و ترکیب های گوناگون آن مشابه و زرد رنگ است، در حالی که رنگ شعله فلز مس و ترکیب های گوناگون آن مشابه و سبز رنگ است.

سرخ	زرد	سبز
لیتیم نیترات	سدیم نیترات	مس (II) نیترات
لیتیم کلرید	سدیم کلرید	مس (II) کلرید
لیتیم سولفات	سدیم سولفات	مس (II) سولفات
فلز لیتیم	فلز سدیم	فلز مس



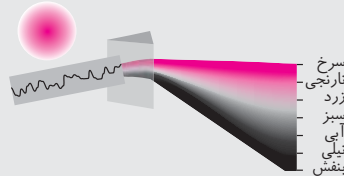




**نکته:** شعله ترکیب‌های هر فلز، رنگ منحصر به فردی دارد و رنگ نشر شده از آن، فقط باریکه بسیار کوتاهی از گستره طیف مرئی را در برمی‌گیرد. بدین ترتیب از روی تغییر رنگ شعله، می‌توان به وجود عنصر فلزی<sup>۱</sup> در آن پی برد.

**نکته:** نور زرد لامپ‌هایی که شب‌هنگام، آزادراه‌ها، بزرگ‌راه‌ها و خیابان‌ها را روشن می‌سازد. به دلیل وجود بخار سدیم در آن‌هاست.

**۲) نشر نور:** به فرآیندی که در آن یک ماده شیمیایی با جذب انرژی، پرتوهای الکترومغناطیسی از خود گسیل می‌دارد، نشر گفته می‌شود. در صورتی که پرتو نشر شده را از یک منشور عبور دهیم، به طیف ایجاد شده، طیف نشری گفته می‌شود که می‌تواند به صورت پیوسته یا خطی باشد. **- طیف نشری پیوسته:** هرگاه نور خورشید را از یک منشور عبور دهیم، نواری پیوسته از رنگ‌ها - شبیه رنگین کمان - به وجود می‌آید، که به واسطه آمیخته شدن در یک دیگر حد فاصلی بین آن‌ها تشخیص داده نمی‌شود. این الگوی به دست آمده را طیف نشری پیوسته می‌گویند.



**- طیف نشری خطی:** هرگاه نور نشر شده از یک ترکیب لیتیم دار را از یک منشور عبور دهیم، الگویی شامل خط‌ها یا نوارهای مجزا، مانند شکل زیر به دست می‌آید که به آن طیف نشری خطی لیتیم می‌گویند.



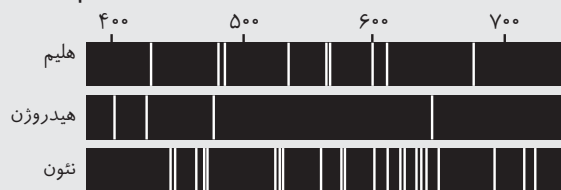
**نکته:** هر عنصر (فلز یا نافلز) طیف نشری خطی ویژه خود را دارد و مانند اثر انگشت ما، می‌توان از آن طیف برای شناسایی آن عنصر استفاده کرد.

● **شناسایی عناصر از طیف نشری خطی:** اگر طیف نشری خطی یک عنصر مجهول را در اختیار داشته باشیم برای شناسایی این عنصر کافی است این طیف را با طیف نشری خطی عناصر مختلف (که به عنوان مرجع در اختیار است) مقایسه نماییم. چنان‌چه با یکی از طیف‌های موجود دقیقاً مشابه بود، نام عنصر مورد نظر معلوم می‌شود.

**مثال . طیف نشری خطی زیر از یک عنصر تهیه شده است.**



با بررسی طیف‌های نشان داده شده در زیر مشخص کنید که طیف نشری بالا به کدام عنصر تعلق دارد؟ چرا؟



**پاسخ:** با مقایسه طیف نشری خطی عنصر داده شده با سه طیف دیگر، مشاهده می‌شود که طیف نشری هیدروژن بیش‌ترین شباهت را به طیف عنصر مجهول دارد. زیرا خطوط طیفی عنصر مورد نظر روی خطوط طیفی هیدروژن منطبق می‌شود. پس عنصر مورد نظر هیدروژن است.<sup>۲</sup>

۱. آزمون شعله عمدتاً برای فلزات استفاده می‌شود نه نافلزات، که البته بیان دلیل آن در این مجال نمی‌گنجد. در ضمن بعضی از فلزات رنگ شعله خاصی تولید نمی‌کنند مانند طلا، نقره، پلاتین و پالادیم.  
 ۲. **طیف جذبی خطی:** اگر نور سفید را از میان بخارهای یک عنصر بگذرانیم و سپس نور خروجی را توسط منشور تجزیه کنیم، خواهیم دید که در طیف پیوسته آن، خط‌های سیاهی وجود دارد. خط‌های سیاه مربوط به طول موج‌هایی است که توسط بخار عنصر جذب شده است. به این طیف، **طیف جذبی** می‌گویند. این خطوط سیاه درست در همان جای خطوط مشاهده در طیف نشری خطی عنصر مورد نظر می‌باشد. به بیان دیگر اتم هر عنصر دقیقاً همان طول موج‌هایی را از نور سفید جذب می‌کند که اگر حرارت ببیند یا به صورت دیگر برانگیخته شود، آن‌ها را تابش می‌کند.  
 طیف ستارگان از نوع طیف جذبی خطی است زیرا بر اثر عبور از جو ستاره و رسیدن به طیف‌سنج به صورت طیف جذبی خطی مشاهده می‌شود. طیف نشری و جذبی یک عنصر در حالت گازی مشابه یک‌دیگر است با این تفاوت که در طیف جذبی یک زمینه روشن با خطوط سیاه و در طیف نشری یک زمینه سیاه با خط‌های روشن داریم.

**توجه:** طیف نشری خطی یک عنصر محدود به گستره مرئی نیست، بلکه در طول موج‌های کم‌تر یا بیش‌تر از گستره مرئی هم می‌تواند خطوطی داشته باشد. مثلاً به طیف نشری خطی هیدروژن (ورژن کامل‌تر آن) در شکل زیر توجه نمایید.



طیف نشری هیدروژن (این طیف‌ها خطوط طیفی اتمی هیدروژن از ناحیه فرابنفش تا فرورسرخ را دربرمی‌گیرد).



**نکته:** کاربرد طیف نشری خطی از برخی جنبه‌ها مانند کاربرد **خط نماد (بارکد)** روی جعبه یا بسته مواد غذایی و بسیاری کالاهاست. هر نوع کالا، خط نماد ویژه خود را دارد. با خواندن آن به وسیله دستگاه لیزری ویژه‌ای که به رایانه متصل است، نوع و قیمت کالا به سرعت روی صفحه نمایشگر ظاهر می‌شود.

### آیامی‌دانید:

در سال ۱۸۶۸ میلادی ستاره‌شناسان در بررسی طیفی نشری، هنگام خورشیدگرفتگی متوجه یک سری خطوط نشری شدند که با هیچ عنصر تا آن زمان هم‌خوانی نداشت. این خطوط کشف عنصر جدیدی را نوید می‌داد. عنصری که هلیوم نام گرفت (برگرفته از واژه یونانی هلیوس به معنی خورشید). در سال ۱۸۹۴ میلادی، ویلیام رامسی شیمیدان اسکاتلندی پس از جداسازی  $N_2$  و  $O_2$  از هوا توانست از باقی‌مانده هوا، آرگون را به عنوان نخستین گاز نجیب کشف کند. یک سال بعد رامسی گاز واکنش‌ناپذیری را درون نمونه‌های معدنی اورانیم دریافت که همان خطوط طیفی را نشان می‌داد که در خورشیدگرفتگی سال ۱۸۶۸ مشاهده شده بود. به این ترتیب هلیوم نیز در زمین کشف شد.

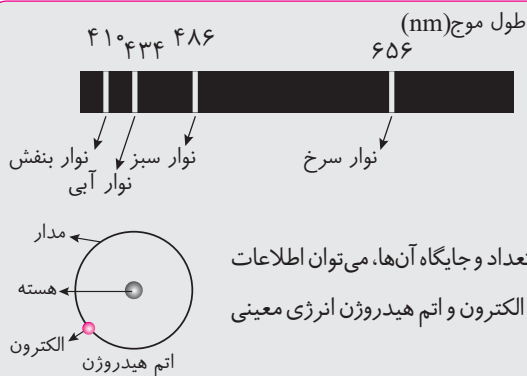
اگر درس‌نامه فوق را مطالعه نمایید خواهید دید که همه عبارتهای ذکر شده در این سؤال درست‌اند. یعنی گزینه صحیح، گزینه «۳» است.

### ۱۷. گزینه ۳

با مقایسه طیف نشری خطی نمونه سفال و طیف نشری خطی سایر عناصر می‌توان دریافت که خطوط طیفی عنصرهای مس و جیوه، به طور کامل در طیف نشری خطی نمونه وجود دارد. بنابراین در نمونه مورد نظر، عنصرهای مس و جیوه به کار رفته است.

### ۱۸. گزینه ۲

### کشف ساختار اتم درس‌نامه ۱۹



اتم هیدروژن به عنوان ساده‌ترین اتم، تنها دارای یک پروتون در هسته و یک الکترون پیرامون آن است که در گستره مرئی طیف نشری خطی آن، چهار خط یا نوار رنگی با طول موج و انرژی معین وجود دارد.

### ۱ مدل اتمی بور: از آن‌جا که هر نوار رنگی در طیف نشری خطی، نوری

**با طول موج و انرژی معین را نشان می‌دهد.** نیلز بور بر این باور بود که از بررسی تعداد و جایگاه آن‌ها، می‌توان اطلاعات ارزشمندی از ساختار اتم هیدروژن به دست آورد. وی با در نظر گرفتن این که الکترون و اتم هیدروژن انرژی معینی دارد، مدلی<sup>۱</sup> را برای اتم هیدروژن ارائه کرد.

۱. مدل اتمی بور بر فرضیه‌های زیر استوار است:

- ۱- الکترون در اتم هیدروژن در مسیری دایره‌ای شکل که مدار نامیده می‌شود به دور هسته گردش می‌کند.
- ۲- انرژی این الکترون با فاصله آن از هسته رابطه مستقیم دارد.
- ۳- این الکترون فقط می‌تواند مقادیر معینی انرژی داشته باشد.
- ۴- این الکترون معمولاً در پایین‌ترین تراز انرژی ممکن (نزدیک‌ترین مدار به هسته) قرار دارد. به این تراز انرژی حالت پایه می‌گویند.
- ۵- با دادن مقدار معینی انرژی به این الکترون می‌توان آن را از حالت پایه به حالت برانگیخته (ترازی با انرژی بالاتر) انتقال داد.

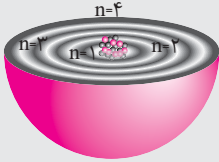




**نکته:** مدل اتمی بور فقط قادر به توجیه طیف نشری خطی هیدروژن است و در توجیه طیف نشری خطی دیگر عناصرها ناتوان است.<sup>۱</sup>

مدل اتمی بور اگرچه عمر زیادی نداشت ولی گام بسیار مهمی برای بهبود نگرش دانشمندان نسبت به ساختار اتم بود.<sup>۲</sup>

**۲) مدل کوانتومی اتم:** همان‌طور که گفته شد مدل اتمی بور تنها می‌توانست طیف نشری خطی هیدروژن را توجیه کند، از این رو دانشمندان برای توجیه و علت ایجاد طیف نشری خطی دیگر عناصرها و نیز چگونگی نشر نور از اتم‌ها، مدل اتمی جدیدی را به نام **مدل کوانتومی اتم** پیشنهاد کردند. ویژگی‌های این مدل به صورت زیر است:



۱. اتم ساختاری لایه‌ای دارد.

۲. اتم هم‌چون کره‌ای است که در مرکز آن، هسته در فضایی بسیار کوچک جای دارد.

۳. الکترون‌ها در فضایی بسیار بزرگ‌تر و در لایه‌های پیرامون هسته توزیع می‌شوند.

۴. این لایه‌ها از هسته به سمت بیرون شماره‌گذاری می‌شوند و شماره هر لایه را با  $n$  نمایش می‌دهند.

۵. **عدد کوانتومی اصلی** نامیده می‌شود که برای لایه اول  $n=1$ ، برای لایه دوم  $n=2$ ، ... و برای لایه هفتم  $n=7$  است (پیرامون هسته حداکثر هفت لایه الکترونی وجود دارد).

۶. انرژی الکترون در اتم با افزایش فاصله از هسته فزونی می‌یابد.  $n=1 < n=2 < n=3 < \dots < n=7$  مقایسه سطح انرژی الکترون در لایه‌های مختلف الکترونی نیز افزایش می‌یابد.

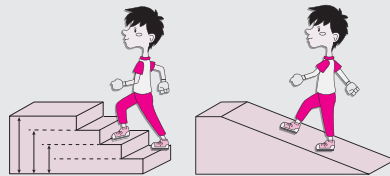
۷. در هر لایه الکترون، الکترون در همه نقاط پیرامون هسته حضور می‌یابد. اما در محدوده خاصی از آن بیش‌تر وقت خود را در آن فاصله از هسته سپری می‌کند (بخش پر رنگ در شکل فوق). به عبارت دیگر در محدوده یاد شده، احتمال حضور الکترون بیش‌تر است.

**نکته:** اوربیتال بخشی از فضای پیرامون هسته است که الکترون حدود ۹۰ درصد از زمان خود را در آن طی می‌کند.

۸. نکته مهم و جالب در این مدل، **کوانتومی بودن داد و ستد انرژی**، هنگام انتقال الکترون از یک لایه به لایه دیگر است. در واقع الکترون هنگام انتقال از یک لایه به لایه دیگر، انرژی را به صورت پیمانه‌ای یا بسته‌های معین، جذب یا نشر می‌کند. به همین دلیل، چنین ساختاری را برای اتم، **مدل کوانتومی اتم** نامیده‌اند.

### کوانتومی بودن انرژی

انرژی یک الکترون در اتم **کوانتیده** است. (کوانتیده به معنای تکه تکه شده است، تکه‌هایی که همگی برابرند)، یعنی یک الکترون در یک اتم نمی‌تواند هر مقداری از انرژی را داشته باشد، بلکه تنها مجاز است که مقادیر معینی انرژی را بپذیرد.



مقایسه مصرف انرژی به صورت (آ) کوانتومی و (ب) پیوسته

کوانتیده بودن انرژی الکترون را با پلکان می‌توان مقایسه نمود. برای بالا رفتن از پلکان، باید پا روی هر پله گذاشت و با صرف انرژی از یک

۶- الکترون در حالت برانگیخته ناپایدار است، از این رو همان مقدار انرژی را که پیش از این گرفته بود از دست می‌دهد و به حالت پایه باز می‌گردد.

از شش فرض فوق، فقط فرض اول نادرست است: در مورد چگونگی حرکت الکترون‌ها در اطراف هسته نمی‌توان اظهارنظر نمود.

۱. **علت ناتوانی بور در توجیه طیف نشری خطی سایر عناصر:** در بخش‌های بعدی خواهیم خواند که در اتم هیدروژن، انرژی زیرلایه‌ها (ترازهای فرعی) فقط به عدد کوانتومی اصلی ( $n$ ) بستگی دارد، از این رو در اتم هیدروژن، همه زیرلایه‌های موجود در یک لایه الکترونی (تراز اصلی) هم انرژی هستند. این واقعیت به این معنی است که در اتم هیدروژن برای نقل و انتقال الکترون تنها لایه‌های اصلی (ترازهای اصلی،  $n$ ) در اختیار است. به همین دلیل بور در توجیه طیف نشری خطی هیدروژن، علت ایجاد خطوط طیفی را نقل و انتقال الکترون در این ترازها بیان نمود (بور در آن هنگام شناختی از زیرلایه‌ها نداشت و البته در توجیه طیف نشری خطی هیدروژن نیازی هم به آن نداشت!!)

اما در اتم‌های چند الکترونی (مانند  $He$ ) انرژی زیرلایه‌ها، علاوه بر عدد کوانتومی اصلی ( $n$ ) به عدد کوانتومی فرعی ( $l$ ) نیز بستگی دارد که این امر باعث می‌شود انرژی زیرلایه‌های موجود در یک لایه یکسان نباشد. پس در نقل و انتقال الکترون‌ها این ترازهای فرعی (زیرلایه‌ها) نیز در اختیار الکترون‌ها می‌باشد. نتیجه این می‌شود که طیف نشری خطی یک اتم چند الکترونی، تعداد خطوط بیش‌تر از طیف هیدروژن باشد. **اما چون بور شناختی از زیرلایه‌ها نداشت نمی‌توانست علت ایجاد این خطوط اضافی را بیان نماید.**

۲. همان منبع فوق

پله، به پله بالایی رفت. بدیهی است که هرگز نمی توان جایی میان دو پله ایستاد. هم چنین برای بالا رفتن از هر پله باید انرژی معین و کافی صرف کرد که اگر انرژی به کار رفته کم تر از این مقدار انرژی باشد، نمی توان به پله بالاتر رسید. اما اگر به جای پلکان، مسیر هموار را انتخاب کنیم دیگر مشکل پلکان را نخواهیم داشت، زیرا در هر لحظه و به هر اندازه می توان بالا رفت، هر جایی که ممکن است، ایستاد و به هر مقدار دلخواه انرژی صرف کرد.

الکترون ها در اتم نیز برای گرفتن یا از دست دادن انرژی هنگام انتقال بین لایه ها با محدودیت مشابهی همانند بالا رفتن از پلکان روبه رو هستند. یعنی همان طور که هیچ کس نمی تواند جایی میان پله ها بایستد، الکترون ها هم میان دو لایه، انرژی معین و تعریف شده ای ندارند، یعنی نمی توانند بین دو لایه جایی برای گذراندن اکثر اوقات خود برگزینند. این شیوه پلکانی (یا نردبانی) دریافت یا از دست دادن انرژی را شیوه کوانتومی می نامند.



**نکته:** انرژی در نگاه ماکروسکوپی، پیوسته اما در نگاه میکروسکوپی، گسسته یا کوانتومی است. برای نمونه، خرمن گندم، از دور به صورت توده ای یکپارچه، زرد رنگ و زیباست؛ اما دیدن آن از نزدیک دانه های جدا از هم را نشان می دهد. بنابراین پیوستگی

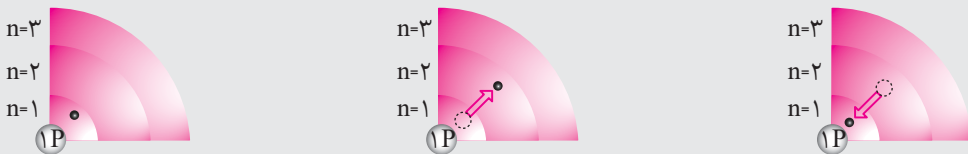
توده ماده در نگاه ماکروسکوپی و کوانتومی بودن آن در نگاه میکروسکوپی، در این مثال روشن است.

۹. هنگامی که به اتم گازی یک عنصر با تابش نور یا گرم کردن، انرژی داده می شود، الکترون ها با جذب انرژی معین از لایه ای به لایه بالاتر انتقال می یابند. هر چه مقدار انرژی جذب شده بیشتر باشد، الکترون ها به لایه های بالاتری انتقال می یابند.



در نتیجه جابه جایی الکترون بین لایه ها، انرژی با طول موج معین جذب یا نشر می شود.

۱۰. الکترون ها در هر لایه، آرایش و انرژی معینی دارند و اتم از پایداری نسبی برخوردار است به طوری که گفته می شود اتم در حالت پایه قرار دارد. حال اگر به اتم ها در حالت پایه انرژی داده شود، الکترون های آن ها با جذب انرژی به لایه های بالاتر انتقال می یابند. به اتم ها در چنین حالتی، اتم های برانگیخته می گویند.



آ) الکترون در حالت پایه اتم هیدروژن، ب) الکترون در حالت برانگیخته از اتم هیدروژن، پ) بازگشت الکترون به حالت پایه

۱۱. اتم های برانگیخته پرنرژی و ناپایدارند، از این رو تمایل دارند دوباره با از دست دادن انرژی به حالت پایدارتر و در نهایت به حالت پایه برگردند.

۱۲. از آن جا که برای الکترون، نشر نور، مناسب ترین شیوه برای از دست دادن انرژی است. الکترون ها در اتم برانگیخته، هنگام بازگشت به حالت پایه، نوری با طول موج معین نشر می کنند.

۱۳. هر نوار رنگی در طیف نشری خطی هر عنصر، پرتوهای نشر شده هنگام بازگشت الکترون ها را از لایه های بالاتر به لایه های پایین تر نشان می دهد.

**نکته:** انرژی لایه های الکترونی پیرامون هسته هر اتم ویژه همان اتم و به عدد اتمی (Z) آن وابسته است، بنابراین انرژی لایه ها و تفاوت انرژی میان آن ها در اتم عنصرهای گوناگون، متفاوت است.





از این مطلب می‌توان نتیجه گرفت که:

- ۱- هر عنصر، طیف نشری خطی منحصر به فرد خود را دارد.
- ۲- ایزوتوپ‌های یک عنصر - به دلیل داشتن عدد اتمی یکسان - طیف نشری خطی یکسانی دارد.
۱۴. با تعیین دقیق طول موج نوارهای رنگی طیف نشری خطی هر عنصر، می‌توان تصویر دقیقی از انرژی لایه‌های الکترونی و در واقع آرایش الکترونی اتم یافت.

از پنج عبارت مطرح شده فقط عبارت (ت) درست است. اکنون به بررسی این عبارات می‌پردازیم:

(آ) نادرست است. نقاط پر رنگ، محدوده‌هایی را نشان می‌دهد که احتمال حضور الکترون بیش‌تر است.

(ب) نادرست است. داد و ستد انرژی در اتم کوانتومی است؛ یعنی انرژی به صورت پیمانه‌ای جذب یا نشر می‌شود. به عبارت دیگر این انرژی مضرب صحیحی از یک مقدار معین است.

$$\frac{\text{انرژی نشر شده در انتقال II}}{\text{انرژی نشر شده در انتقال I}} = \frac{\overset{\text{عدد صحیح}}{\uparrow} Z \times (\text{مقدار معین})}{\underset{\text{عدد صحیح}}{\downarrow} Z' \times (\text{مقدار معین})} = \frac{Z}{Z'}$$

این که  $\frac{Z}{Z'}$  هم عدد صحیح باشد چیزی نیست که بتوان در مورد آن اظهار نظر قطعی نمود.

(پ) نادرست است. در ایزوتوپ‌های یک عنصر، انرژی لایه‌ها و تفاوت انرژی میان آن‌ها، یکسان است.

(ت) درست است.

(ث) نادرست است: بور می‌دانست که هر نوار رنگی در طیف نشری خطی، نوری با طول موج و انرژی معین را نشان می‌دهد که این خود بیان‌گر کوانتیده بودن انرژی است.

## ۱۹. گزینه ۲

با توجه به ایزوتوپ‌های  $(^{35}\text{Cl}$  و  $^{37}\text{Cl})$  و  $(^{12}\text{C}$ ،  $^{13}\text{C}$  و  $^{14}\text{C})$  امکان تشکیل ۱۵ مولکول  $\text{CCl}_4$  وجود دارد:

$$\text{تعداد ایزوتوپ‌های کربن} \uparrow \\ \text{تعداد ایزوتوپ‌های Cl اندیس در کلر CCl}_4 \downarrow \\ \text{تعداد مولکول‌های CCl}_4 = 3 \times \frac{(4+2-1)!}{4!(2-1)!} = 3 \times \frac{5!}{4!1!} = 3 \times 5 = 15$$

و تعداد مولکول‌های  $\text{CCl}_4$  با جرم مولی متفاوت از رابطه زیر به دست می‌آید:

۱ + (جرم سبک‌ترین نمونه - جرم سنگین‌ترین نمونه) = تعداد مولکول‌های با جرم مولی متفاوت

$$= (^{14}\text{C}^{37}\text{Cl}_4 - ^{12}\text{C}^{35}\text{Cl}_4) + 1 = 162 - 152 + 1 = 11 \text{ مولکول}$$

تعداد ذرات زیراتمی در سنگین‌ترین نمونه  $\text{CCl}_4$  عبارتند از:

$$^{14}\text{C}^{37}\text{Cl}_4 = \underbrace{(14+6)}_{p+n} + \underbrace{4(\underbrace{37+17}_e)}_{p+n} = 20 + 216 = 236 \text{ ذره}$$

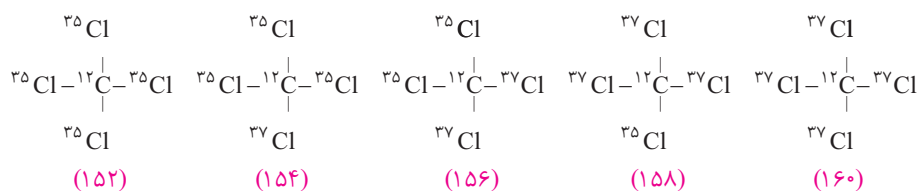
و تعداد ذرات زیراتمی در سبک‌ترین نمونه  $\text{Cl}_4$  عبارتند از:

$$^{35}\text{Cl}_4 = \underbrace{2(35+17)}_{p+n} = 104$$

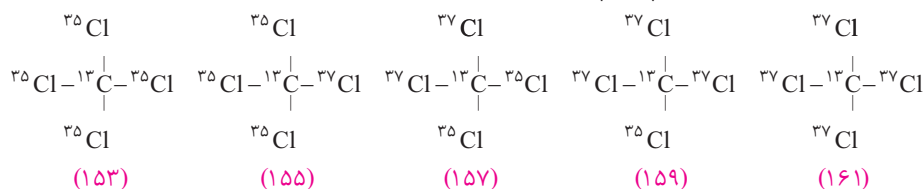
**نکته:** اگر A و B به ترتیب دارای k و n ایزوتوپ باشند، تعداد انواع مولکول‌های  $\text{BA}_m$  از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$\text{تعداد انواع BA}_m = k \times \frac{(m+n-1)!}{m!(n-1)!}$$

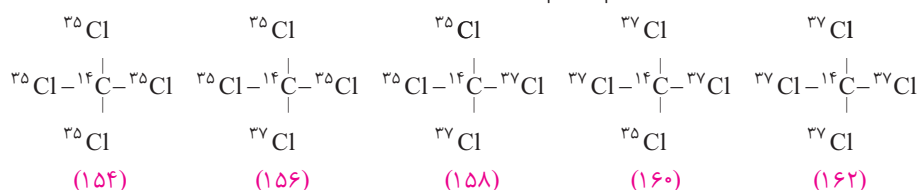
۱۵ مولکول  $\text{CCl}_4$  مورد نظر عبارتند از:



حال اگر در مولکول‌های فوق به جای  ${}^{12}\text{C}$ ،  ${}^{13}\text{C}$  قرار دهیم داریم:



و در پایان اگر در مولکول‌های فوق به جای  ${}^{12}\text{C}$ ،  ${}^{14}\text{C}$  قرار دهیم، داریم:



همان‌طور که ملاحظه می‌شود ۱۱ مولکول با جرم مولی‌های متفاوت وجود دارد:

$$160 - 156 - 158 - 154 - 152 - 156 - 154 - 158 - 153 - 161 - 157 - 155 - 159 - 154 - 162 - 158 - 156 - 160 - 152$$



## ۲۰. گزینه ۱

### درسنامه ۲۰ توجیه طیف نشری خطی هیدروژن

با ویژگی‌های مدل کوانتومی اتم آشنا شدیم و دانستیم که الکترون‌ها در اتم برانگیخته، هنگام بازگشت به حالت پایه، نوری با طول موج معین نشر می‌کنند و هر نوار رنگی در طیف نشری خطی هر عنصر، پرتوهای نشر شده هنگام بازگشت الکترون‌ها را از لایه‌های بالاتر به لایه‌های پایین‌تر نشان می‌دهد.

شکل روبه‌رو، چگونگی ایجاد چهار نوار رنگی ناحیه مرئی طیف نشری خطی اتم هیدروژن را نشان می‌دهد. داده‌های به دست آمده از این شکل به شرح زیر است:

طول موج (nm)	رنگ	انتقال الکترونی
۶۵۶	قرمز	$n = 3 \rightarrow n = 2$
۴۸۶	سبز	$n = 4 \rightarrow n = 2$
۴۳۴	آبی	$n = 5 \rightarrow n = 2$
۴۱۰	بنفش	$n = 6 \rightarrow n = 2$

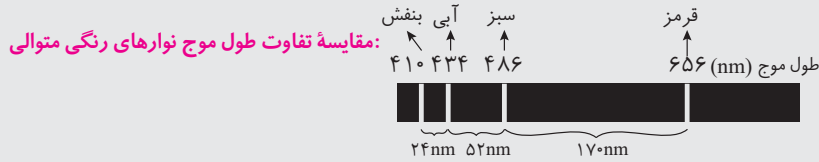
۱ نوارهای رنگی ناحیه مرئی طیف نشری خطی هیدروژن، مربوط به انتقال الکترون از لایه‌های بالاتر ( $n = 3, 4, 5, 6$ ) به لایه  $n = 2$  می‌باشد.





۲ هرچه از هسته دورتر می‌شویم، لایه‌های الکترونی به یک‌دیگر نزدیک‌تر و در نتیجه اختلاف انرژی دو لایه متوالی از یک‌دیگر، کم‌تر می‌شود. به‌طور مثال اختلاف انرژی دو لایه  $n=3$  و  $n=4$  کم‌تر از اختلاف انرژی دو لایه  $n=2$  و  $n=3$  است.

۳ نکته‌ای که از مطلب فوق می‌توان نتیجه گرفت این است که نوارهای رنگی، ناشی از انتقال لایه‌های الکترونی بالاتر به یک‌دیگر نزدیک‌ترند. به عبارت دیگر هرچه به سمت طول موج‌های کوتاه‌تر می‌رویم، فاصله نوارهای رنگی کم‌تر می‌شود.



**تذکر:** انتقال الکترون از لایه‌های بالاتر به لایه  $n=2$  منجر به ایجاد خطوطی می‌شوند که در ناحیه مرئی طیف نشری خطی هیدروژن قرار می‌گیرند. اما علاوه بر این انتقال‌ها، انتقال‌های دیگری نیز وجود دارند؛ برای مثال انتقال از لایه‌های بالاتر به لایه  $n=1$ . اما به دلیل اختلاف زیاد سطح انرژی این لایه‌ها با لایه  $n=1$  این انتقال‌ها انرژی زیادی داشته و طول موج پرتوهای نشر نشده کوتاه‌تر از گستره مرئی ( $400\text{nm} - 700\text{nm}$ ) می‌باشد و در ناحیه پرتوهای فرابنفش قرار می‌گیرد. از آن سو انتقال‌هایی که از لایه‌های بالاتر به لایه  $n=3$  و  $n=4$  صورت می‌گیرد انرژی کم‌تری داشته و طول موج پرتوهای نشر شده بلندتر از گستره مرئی می‌باشد و در ناحیه پرتوهای فروسرخ قرار می‌گیرد.

اکنون به بررسی عبارت‌های مطرح شده می‌پردازیم:

**(آ) نادرست است.** انتقال  $a$  در طیف نشری خطی هیدروژن مربوط به رنگ قرمز است. در حالی که نمک‌های سدیم در آزمون شعله، زرد رنگ هستند.

**توجه!** رنگ انتقال‌های  $a, b, c, d$  به ترتیب قرمز، سبز، آبی و بنفش است (ق س ا ب = قساب)

**(ب) نادرست است.** انتقال الکترون از لایه‌های بالاتر به لایه  $n=1$ ، انرژی بیش‌تر و در نتیجه طول موج‌های کوتاه‌تری از محدوده مرئی دارند و در محدوده فرابنفش قرار می‌گیرند.

**(پ) درست است.**

**(ت) درست است.** با توجه به اطلاعات داده شده می‌توان نوشت:

$$\Delta E_{(3 \rightarrow 4)} = 246 - 182 = 64 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

پس:

$$n=4 \quad \Delta E_{(1 \rightarrow 3)} = 1230 - 64 = 1166 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

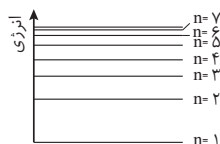
$n=3$  در ضمن:

$$n=2 \quad \Delta E_{(1 \rightarrow 2)} = 1230 - 246 = 984 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

و در پایان می‌توان نوشت:

$$n=1 \quad \frac{\Delta E_{(1 \rightarrow 3)}}{\Delta E_{(1 \rightarrow 2)}} = \frac{1166}{984} = 1/184 \approx 1/2$$

۱. البته شکل کتاب درسی اندکی نادقیق است! چون فاصله لایه‌های بالاتر (بالاتر از  $n=4$ ) در آن به خوبی رعایت نشده است. شکل درست‌تر به صورت زیر است:



## پاسخ نامه آزمون ۲: کل فصل اول

### ۱. گزینه ۴

اگر درس نامه «۳» را مطالعه نمایید جواب همه گزینه‌ها را خواهید یافت. اما برای این که مطالب مرور شود عبارت‌ها را بررسی می‌نماییم:  
**(آ) نادرست است.** شکل (۱) سحابی بوم رنگ را نشان می‌دهد که حدود ۵۰۰۰ (نه ۵۰۰ سال!) سال نوری از زمین فاصله دارد.  
**(ب) درست است.** شکل (۳) خورشید است که نزدیک‌ترین ستاره به زمین است.  
**(پ) درست است.**

**(ت) درست است.** دمای درون و سطح خورشید به ترتیب حدود  $10^7 \text{ }^\circ\text{C}$  و  $6000 \text{ }^\circ\text{C}$  است. پس نسبت دمای درون خورشید به دمای سطح آن برابر است با:

$$\frac{\text{دمای درون خورشید}}{\text{دمای سطح خورشید}} = \frac{10^7 \text{ }^\circ\text{C}}{6 \times 10^3 \text{ }^\circ\text{C}} = 1666/6 \sim 1667$$

**(ث) درست است.** سحابی بوم رنگ، سردترین مکان شناخته شده در جهان هستی با دمای  $-272 \text{ }^\circ\text{C}$  است و با توجه به این که دمای سطح خورشید  $6000 \text{ }^\circ\text{C}$  است، پس دمای سطح خورشید  $6272 \text{ }^\circ\text{C}$  از دمای سحابی بوم رنگ بیش تر است.  
**(ج) نادرست است.** سحابی عقاب، یکی از مکان‌های زایش ستاره‌هاست و درون ستاره‌ها، واکنش‌های هسته‌ای رخ می‌دهد، واکنش‌هایی که در آن‌ها از عنصرهای سبک‌تر، عنصرهای سنگین‌تر پدید می‌آید.

### ۲. گزینه ۱

با توجه به اطلاعات داده شده می‌توان نوشت:

$$F_1 = 30\% \Rightarrow {}_1^2X_1 \Rightarrow Z=10, N_1=10, A_1=20$$

$$F_2 = 70\% \Rightarrow {}_1^4X_2 \Rightarrow Z=10, N_2=?, A_2=?$$

$$M = \frac{M_1F_1 + M_2F_2}{F_1 + F_2} \Rightarrow 21/40 = \frac{20(30) + A_2(70)}{100} \Rightarrow 2140 = 600 + 70A_2 \Rightarrow A_2 = 22 \Rightarrow {}_1^{22}X_2 \Rightarrow N_2 = 12$$

### ۳. گزینه ۱

#### درس نامه ۲۱ برخی از کاربردهای رادیوایزوتوپ‌ها

رادیوایزوتوپ‌ها اگرچه بسیار خطرناک هستند اما 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 شدیم، اکنون با کاربردهای چند رادیوایزوتوپ دیگر آشنا خواهیم شد.



یکی از کاربردهای مواد پرتوزا، استفاده از آن‌ها در تولید انرژی الکتریکی است.

۱ اورانیم<sup>۱</sup> ( ${}_{92}^{238}\text{U}$ ) شناخته‌شده‌ترین فلز پرتوزایی است که:

- ایزوتوپ ( ${}_{92}^{235}\text{U}$ ) آن اغلب به عنوان سوخت در راکتورهای اتمی به کار می‌رود.
- فراوانی این ایزوتوپ در مخلوط طبیعی از ۰/۷ درصد کم‌تر است.

۱. اورانیم طبیعی از سه ایزوتوپ ( ${}_{92}^{238}\text{U}$ ) با فراوانی حدود ۹۹/۳ درصد، ( ${}_{92}^{235}\text{U}$ ) با فراوانی کم‌تر از ۰/۷ درصد و مقدار ناچیزی ( ${}_{92}^{234}\text{U}$ ) تشکیل شده است.







- در فرایندی به نام **غنی‌سازی ایزوتوپی**، مقدار آن را در مخلوط ایزوتوپ‌های این عنصر افزایش می‌دهند.<sup>۱</sup>
- فرایند غنی‌سازی یکی از مراحل مهم چرخه تولید سوخت هسته‌ای است که دانشمندان هسته‌ای ایران، با تلاش بسیار موفق به انجام آن شدند. با این موفقیت، نام ایران در فهرست ده‌گانه کشورهای هسته‌ای جهان ثبت شد. با گسترش این صنعت می‌توان بخشی از انرژی الکتریکی مورد نیاز کشور را تأمین نمود.<sup>۲</sup>

- پسماند راکتورهای اتمی هنوز خاصیت پرتوزایی دارد و خطرناک است؛ از این رو دفع آن‌ها از جمله چالش‌های صنایع هسته‌ای به شمار می‌آید.
- **آهن - ۵۹:** اتم  $^{59}_{26}\text{Fe}$  یک رادیوایزوتوپ است که برای تصویربرداری از دستگاه گردش خون استفاده می‌شود، زیرا یون‌های آن در ساختار هموگلوبین وجود دارند.



**نکته:**  $^{59}_{26}\text{Fe}$  اگرچه یک رادیوایزوتوپ است اما نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌ها در آن کم‌تر از  $1/5$  است:

$$^{59}_{26}\text{Fe} \Rightarrow N = A - Z = 59 - 26 = 33 \Rightarrow \frac{N}{Z} = \frac{33}{26} \approx 1/27 < 1/5$$



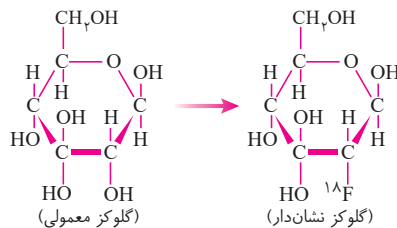
● از گلوکز حاوی اتم پرتوزا که به آن **گلوکز نشان‌دار**<sup>۳</sup> می‌گویند برای تشخیص توده‌های سرطانی<sup>۴</sup> استفاده می‌شود. از آن‌جا که گلوکز منبع اصلی تأمین انرژی مورد نیاز سلول‌ها در بدن است، چگونگی مصرف آن در بدن می‌تواند در بردارنده اطلاعات ارزشمندی درباره متابولیسم یا سوخت و ساز سلول‌ها باشد. توده‌های سرطانی سلول‌هایی (یاخته‌هایی) هستند که رشد غیرعادی و سریع دارند، لذا در مقایسه با سلول‌های سالم، گلوکز بیش‌تری مصرف می‌نمایند. با تزریق گلوکز نشان‌دار به بیمار، در توده سرطانی علاوه بر گلوکز معمولی، گلوکز حاوی اتم پرتوزا هم تجمع می‌کند و پرتوهایی<sup>۵</sup> از خود گسیل می‌دارد که دستگاه آشکارساز آن‌ها را ردیابی کرده و محل توده سرطانی را مشخص می‌کند.<sup>۶</sup>

- **کربن - ۱۴:** ایزوتوپ کربن  $^{14}_6\text{C}$  خاصیت پرتوزایی دارد و با استفاده از آن سن اشیای قدیمی و عتیقه را تخمین می‌زنند. برای نمونه پژوهشگران می‌پنداشتند که کشور مصر مهد صنعت فرش‌بافی بوده است، اما با پیدا شدن فرش‌هایی به نام پازیریک (Pazyryk) در کوه‌های سیبری و تعیین قدمت آن با  $^{14}_6\text{C}$ ، مشخص شد که این فرش به ۲۵۰۰ سال پیش تعلق دارد و مهد آن ایران بوده است.

۱. غنای مورد نیاز برای راکتورهای اتمی ۳ تا ۴ درصد است.

۲. روش متداول غنی‌سازی اورانیم، سانتریفیوژ گازی است. این سانتریفیوژها با گردش بسیار سریع (۵۰۰۰۰ تا ۷۰۰۰۰ دور در دقیقه) نیروی گریز از مرکز بسیار قوی تولید می‌کنند. خوراک ورودی دستگاه، اورانیم هگزافلوئورید  $\text{UF}_6$  (کیک زرد) است. با گردش سانتریفیوژ، مولکول‌های سنگین‌تر (حاوی  $^{238}\text{U}$ ) از مرکز محور گردش دورتر می‌شود و برعکس مولکول‌های سبک‌تر (حاوی  $^{235}\text{U}$ ) بیش‌تر حول محور سانتریفیوژ قرار می‌گیرند که به طریقی به دستگاه بعدی تزریق می‌شوند و این عمل به‌طور متوالی در تعداد زیادی از سانتریفیوژها تکرار می‌شود تا به غنای بالاتر برسد. در این روش برای رسیدن به غنای مورد نیاز به صدها بلکه هزارها دستگاه سانتریفیوژ نیاز می‌باشد.

۳. گلوکز نشان‌دار معمولاً حاوی اتم پرتوزای فلوتور-۱۸ ( $^{18}\text{F}$ ) است که در آن به جای یکی از گروه‌های هیدروکسیل (OH) گلوکز، اتم  $^{18}\text{F}$  جانشین شده است:



۴. گلوکز نشان‌دار در تشخیص بیماری پارکینسون و آلزایمر هم کاربرد دارد.

۵. پرتوی نشر شده پرتوی گاما (γ) است.

۶. برای اطلاعات بیش‌تر می‌توانید در اینترنت تحت عنوان "PET Scan" جستجو نمایید.

**نکته:** فسفر و مس<sup>۱</sup> هم دارای ایزوتوپ‌های ناپایدار و پرتوزا هستند که کاربردهای متعددی دارند.



نمونه‌ای از یک ماده رادیوایزوتوپ مس



نمونه‌ای از یک ماده رادیوایزوتوپ تولید شده در ایران

اکنون به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم:

- عبارت اول: درست است.

- عبارت دوم: نادرست است. از ایزوتوپ  ${}^{235}_{92}\text{U}$  استفاده می‌شود.

- عبارت سوم: نادرست است: گلوکز نشان‌دار مانع جذب گلوکز معمولی نمی‌شود.

- عبارت چهارم: درست است.

- عبارت پنجم: درست است. ایزوتوپ مورد استفاده در تعیین قدمت فرش پازیریک کربن - ۱۴ ( ${}^{14}_6\text{C}$ ) بود که در آن نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌ها همانند  ${}^{59}_{26}\text{Fe}$  و  ${}^{99}_{43}\text{Tc}$  کم‌تر از ۱/۵ است:

$${}^{14}_6\text{C} \Rightarrow N = A - Z = 14 - 6 = 8 \Rightarrow \frac{N}{Z} = \frac{8}{6} = 1/33 < 1/5$$

$${}^{59}_{26}\text{Fe} \Rightarrow \frac{N}{Z} = \frac{33}{26} = 1/27 < 1/5$$

$${}^{99}_{43}\text{Tc} \Rightarrow \frac{N}{Z} = \frac{56}{43} = 1/3 < 1/5$$

**توجه:** در این تست عمداً عدد اتمی آهن ( ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ ) و تکنسیم ( ${}^{99}_{43}\text{Tc}$ ) را نداریم، چون باید فقط باشیم! اصولاً عددهای اتمی ۳۸ عنصر اول جدول تناوبی را باید حفظ باشید. عدد اتمی تکنسیم را هم به دلیل شهرت زیاد باید بدانید!

#### ۴. گزینه ۴

برای آن که تغییر وزن الکترون‌ها با ترازوی مورد نظر قابل اندازه‌گیری باشد، باید حداقل ۰/۱ میلی‌گرم یعنی  $1 \times 10^{-4}$  گرم وزن داشته باشد:

$$\text{تعداد الکترون} = \frac{10^{-4} \text{ g}}{9 \times 10^{-28} \text{ g}} = \frac{1}{9} \times 10^{24} = 1/11 \times 10^{23}$$

و در ادامه می‌توان نوشت: کولن  $1/78 \times 10^4 = 1/11 \times 10^{23} \times 1/6 \times 10^{-19} = 1/78 \times 10^4$  بار هر الکترون  $\times$  تعداد الکترون = بار الکتریکی

#### ۵. گزینه ۴

پرسش‌های مطرح شده را پاسخ می‌دهیم:

(آ) ابتدا باید ببینیم عدد اتمی A چند است؟

$${}^{122}\text{A}^{2+} \Rightarrow N - e = \frac{1}{3}N \Rightarrow N - (Z - 2) = \frac{1}{3}N \Rightarrow \frac{2}{3}N - Z = -2$$

$$\begin{cases} N + Z = 122 \\ \frac{2}{3}N - Z = -2 \end{cases} \Rightarrow \frac{5}{3}N = 120 \Rightarrow N = 72 \Rightarrow Z = 50$$

و با توجه به این که عدد جرمی را داریم می‌توان نوشت:

ایزوتوپ‌ها عدد اتمی یکسان اما عدد جرمی متفاوت دارند، پس از گونه‌های مطرح شده  ${}^{120}_{50}\text{D}^{4+}$ ،  ${}^{120}_{50}\text{E}$ ،  ${}^{122}_{50}\text{A}$  به شمار می‌آیند. در ضمن  ${}^{122}_{50}\text{B}$  همان  ${}^{122}_{50}\text{A}$  است.

(ب) دقت ترازوی زرگری یکصدم (۰/۰۱) گرم است، پس جرم هر ماده‌ای که کم‌تر از ۰/۰۱ گرم باشد را نمی‌توان با این ترازو اندازه‌گیری

۱. بیش‌تر منظور، دو رادیوایزوتوپ  ${}^{32}_{15}\text{P}$ ،  ${}^{64}_{29}\text{Cu}$  می‌باشد.





کرد؛ یعنی:  $0/000006$  و  $0/000306$

(پ) شکل مورد نظر برای نمایش یکای جرم اتمی (amu) ارائه شده است.

ت) در جدول دوره‌ای عناصرها، همواره جرم اتمی میانگین عناصرها - با در نظر گرفتن ایزوتوپ‌های متفاوت یک عنصر با جرم‌ها و فراوانی‌ها متفاوت آن‌ها - درج می‌شود. جرم اتم  ${}^7\text{Li}$  برابر  $7\text{amu}$  است اما جرم اتمی میانگین لیتیم در جدول دوره‌ای  $6/94\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$  است.

## ۶. گزینه ۱

### درس‌نامه ۲۲ حل مسائل مربوط به نیم‌عمر

دانستیم که نیم‌عمر مدت زمانی است که نیمی از ایزوتوپ پرتوزا، بر اثر واکنش‌های پرتوزایی، متلاشی می‌شود. در این جا بنا داریم با ذکر چند مثال با انواع سؤال‌هایی که ممکن است در مورد نیم‌عمر مطرح شود آشنا شویم.

**مثال .** جرم یک ماده پرتوزا در هر ۸ ساعت، نصف می‌شود. اگر جرم اولیه آن  $0/2$  گرم باشد، پس از گذشت یک شبانه‌روز، چند گرم از آن باقی می‌ماند؟

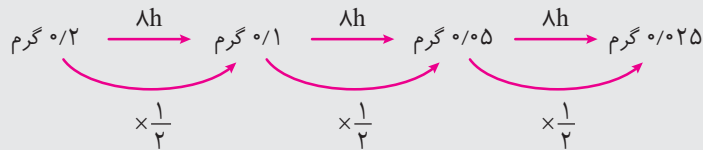
$0/0125$  (۴)

$0/025$  (۳)

$0/05$  (۲)

$0/075$  (۱)

**پاسخ: گزینه ۳** یک شبانه‌روز (۲۴ ساعت) معادل ۳ بازه هشت‌ساعته است، با توجه به این که در هر ۸ ساعت، جرم ماده پرتوزا نصف می‌شود، می‌توان نوشت:



پس جرم باقی‌مانده برابر  $0/025$  گرم است.

**نکته:** در مورد مسائل فوق می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود:

$n =$  تعداد دفعاتی که مقدار ماده نصف می‌شود.

$$t_{\frac{1}{2}} = \text{نیم‌عمر}$$

$$\Delta t = \text{کل زمان انجام واکنش}$$

اگر مسئله فوق را با رابطه‌های مورد نظر حل کنیم، داریم:

$$\Delta t = n \times t_{\frac{1}{2}} \Rightarrow 24 = n \times 8 \Rightarrow n = 3$$

$$\text{جرم باقی‌مانده} = 0/2 \times \left(\frac{1}{2}\right)^n = \frac{0/2}{8} = 0/025 \text{ گرم}$$

**نکته:** به‌طور کلی اگر در یک واکنش تلاش هسته‌ای در هر بازه زمانی معین، مقدار ماده پرتوزا  $\frac{1}{m}$  شود:

$$\Delta t = n \times t_{\frac{1}{m}}$$

$$\text{مقدار باقی‌مانده} = \left(\frac{1}{m}\right)^n \times \text{مقدار اولیه}$$

$n =$  تعداد دفعاتی که مقدار ماده  $\frac{1}{m}$  می‌شود.

$$t_{\frac{1}{m}} = \text{زمان لازم برای هر بار } \frac{1}{m} \text{ شدن ماده}$$

$$\Delta t = \text{کل زمان انجام واکنش}$$

**مثال .** نیم عمر ایزوتوپ  $^{59}_{26}\text{Fe}$  که برای تصویربرداری از دستگاه گردش خون استفاده می شود، ۴۶ روز است. اگر یک گرم

از آن در اختیار باشد، زمان لازم برای متلاشی شدن ۹۳/۷۵ درصد از آن، چند روز است؟

- ۱) ۲۷۶ (۱)      ۲) ۳۹۶ (۲)      ۳) ۱۳۸ (۳)      ۴) ۱۸۴ (۴)

**پاسخ: گزینه ۴** وقتی  $\square$  ۹۳/۷۵ از ایزوتوپ مورد نظر تجزیه شده است، یعنی  $\square$  ۶/۲۵ (یا  $\square$   $(\frac{1}{4})$ ) آن باقی مانده است. از آن جا که

در هر ۴۶ روز مقدار آن نصف می شود. می توان نوشت:

$$1\text{g} \xrightarrow{\text{روز } 46} \frac{1}{2}\text{g} \xrightarrow{\text{روز } 46} \frac{1}{4}\text{g} \xrightarrow{\text{روز } 46} \frac{1}{8}\text{g} \xrightarrow{\text{روز } 46} \frac{1}{16}\text{g}$$

پس  $184 = 4 \times 46$  روز لازم است تا ۹۳/۷۵ درصد از ایزوتوپ  $^{59}_{26}\text{Fe}$  متلاشی شود.

**روشن دیگر:** با توجه به رابطه های اریبه شده می توان نوشت:

$$\text{مقدار باقی مانده} = \text{مقدار اولیه} \times \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

$$0.0625 = \frac{1}{16} = 1 \times \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow \left(\frac{1}{2}\right)^4 = \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow n = 4$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{روز } 184 = n \times t_{\frac{1}{2}} = 4 \times (46) = 184 \\ t_{\frac{1}{2}} = 46 \text{ روز} \end{array} \right.$$

**مثال .** مقدار یک رادیوایزوتوپ در هر ۴۰ دقیقه، ثلث می شود. اگر پس از دو ساعت مقدار آن به ۲۲ میلی گرم برسد، جرم

اولیه آن چند میلی گرم بوده است؟

- ۱) ۲۹۷ (۱)      ۲) ۱۱۸۴ (۲)      ۳) ۵۹۴ (۳)      ۴) ۱۹۸ (۴)

**پاسخ: گزینه ۳** دو ساعت معادل ۱۲۰ دقیقه است که خود برابر ۳ تا ۴۰ دقیقه است؛ یعنی رادیوایزوتوپ مورد نظر سه بار مقدار آن  $\frac{1}{3}$

شده است: پس با یک روند معکوس می توان نوشت:

$$22\text{ mg} \xrightarrow{40\text{ min}} 66\text{ mg} \xrightarrow{40\text{ min}} 198\text{ mg} \xrightarrow{40\text{ min}} 594\text{ mg}$$

$\times 3$        $\times 3$        $\times 3$

پس مقدار اولیه آن ۵۹۴ میلی گرم بوده است.

$$\Delta t = n \times t_{\frac{1}{m}} \Rightarrow 120 = n \times 40 \Rightarrow n = 3$$

**روشن دیگر:** دو ساعت معادل ۱۲۰ دقیقه است:

$$\text{میلی گرم } 594 = x = 22 \times 27 = 594 \text{ میلی گرم اولیه} = x \times \left(\frac{1}{3}\right)^3 \Rightarrow 22 = x \times \left(\frac{1}{3}\right)^3 \Rightarrow \text{مقدار اولیه} = \text{مقدار باقی مانده} \times \left(\frac{1}{m}\right)^n$$

۳۳۵ ساعت معادل ۵ بازه ۶۷ ساعتی است (۳۳۵ = ۵ × ۶۷) و با توجه به این که در هر ۶۷ ساعت، مقدار ماده پرتوزا نصف می شود، می توان

نوشت:

$$1\text{ mg} \xrightarrow{67\text{h}} \left(\frac{1}{2}\right)\text{mg} \xrightarrow{67\text{h}} \left(\frac{1}{4}\right)\text{mg} \xrightarrow{67\text{h}} \left(\frac{1}{8}\right)\text{mg} \xrightarrow{67\text{h}} \left(\frac{1}{16}\right)\text{mg} \xrightarrow{67\text{h}} \left(\frac{1}{32}\right)\text{mg}$$

$\times \frac{1}{2}$        $\times \frac{1}{2}$        $\times \frac{1}{2}$        $\times \frac{1}{2}$        $\times \frac{1}{2}$

پس مقدار باقی مانده برابر  $0.31\text{ mg} = \frac{1}{32} = 0.031\text{ mg} = \left(\frac{1}{2}\right)^5$  میلی گرم است:

$$1 - 0.031 = 0.969\text{ mg} = 9/69 \times 10^{-4}\text{ g} = \text{مقدار متلاشی شده} = \text{مقدار اولیه} - \text{مقدار باقی مانده}$$

$$\Delta t = n \times t_{\frac{1}{2}} \Rightarrow 335 = n \times 67 \Rightarrow n = 5$$

**روشن دیگر:**

$$\text{مقدار باقی مانده} = \text{مقدار اولیه} \times \left(\frac{1}{2}\right)^n = 1 \times \left(\frac{1}{2}\right)^5 = \frac{1}{32} = 0.031\text{ mg}$$

$$1 - 0.031 = 0.969\text{ mg} = 9/69 \times 10^{-4}\text{ g} = \text{مقدار متلاشی شده} = \text{مقدار اولیه} - \text{مقدار باقی مانده}$$





گزینه ۳

عبارت‌های مورد استفاده در این سؤال از مطالب صفحه ۲۲ و ۲۳ کتاب درسی گرفته شده است. مواردی که نادرست‌اند به ترتیب عبارتند از:

- ۱- آرگون ← نئون: از لامپ نئون در تابلوهای تبلیغاتی استفاده می‌شود.
- ۲- سبز ← سرخ: لیتیم و ترکیب‌های آن سرخ رنگ هستند.
- ۳- سرخ ← سبز: مس و ترکیب‌های آن، سبز رنگ هستند.
- ۴- بخار آب ←  $O_2$  و ویلیام رامسی پس از جداسازی  $N_2$  و  $O_2$  از هوا توانست از باقی‌مانده هوا
- ۵- هلیم ← آرگون آرگون را کشف کند.
- ۶- نمونه‌های معدنی مس ← نمونه‌های معدنی اورانیوم‌دار
- ۷- آرگون ← هلیم

گزینه ۳

از آن‌جا که عدد اتمی  $(Z)$ ،  $H$  و  $Be^{3+}$  متفاوت است، سطح انرژی ترازها در این دو ذره نیز با یک‌دیگر متفاوت است. به همین دلیل، طول‌موج‌های موجود در طیف نشری خطی آن‌ها که بیان‌گر اختلاف سطح انرژی بین ترازها می‌باشد نیز متفاوت می‌باشد. بنابراین الگوی طیف نشری خطی این دو ذره یکسان نیست.

گزینه ۲

با مقایسه مقادیر (I) و (III) می‌توان دریافت که در (III) بار ذره دو برابر بار ذره (I) است. پس اگر ذره (I) را  $Ne^+$  در نظر بگیریم، داریم (بار  $Ne^+$  برابر بار یک الکترون است):

$$(I) \Rightarrow \frac{4/38 \times 10^3}{\text{جرم}} = \frac{1/6 \times 10^{-19} C}{x g} \Rightarrow x = \frac{1/6 \times 10^{-19}}{4/38 \times 10^3} = 3/65 \times 10^{-23} g$$

پس جرم یک ذره  $Ne^+$  برابر  $3/65 \times 10^{-23} g$  است. از آن‌جا که جرم یک اتم ناشی از جرم پروتون‌ها و نوترون‌های آن است، می‌توان نوشت (تعداد نوترون‌های  $Ne^+$  را برابر  $(x+10)$  فرض می‌نماییم و جرم هر پروتون و نوترون را برابر  $1 amu$  در نظر می‌گیریم).

$$10 \times 1.67 \times 10^{-24} + (x+10) \times 1.67 \times 10^{-24} = \text{جرم اتم } Ne^+$$

$$3/65 \times 10^{-23} = (10 + (10 + x)) \times 1.67 \times 10^{-24} \Rightarrow (20 + x) = \frac{3/65 \times 10^{-23}}{1.67 \times 10^{-24}} = 2/18 \times 10 = 21/8$$

$$= 22 \Rightarrow x = 2 \Rightarrow \text{تعداد نوترون } Ne^+ = 10 + x = 10 + 2 = 12$$

پس ذره (I) دارای  $10$  پروتون و  $12$  نوترون است (رد گزینه‌های «۱» و «۳»):

جرم ذره (III) با جرم  $Ne^+$  برابر است ولی بار آن دو برابر است. پس (III) در واقع همان یون  $Ne^{2+}$  است که تعداد الکترون‌های آن برابر ۸ است (رد گزینه «۴» و تأیید گزینه «۲»).

اگرچه جواب سؤال را به دست آورده‌ایم و دیگر نیازی به ادامه کار نیست اما اگر علاقه‌مند هستید می‌توانید ادامه مسیر را ملاحظه فرمایید. با مقایسه (I) و (II) مشاهده می‌شود که مقدار بار به جرم این دو ذره تقریباً برابر است. پس بار الکتریکی این دو برابر اما جرم آن‌ها متفاوت

$$(II) \Rightarrow \frac{4/59 \times 10^3}{\text{جرم}} = \frac{1/6 \times 10^{-19} C}{x g} \Rightarrow x = \frac{1/6 \times 10^{-19}}{4/59 \times 10^3} = 3/48 \times 10^{-23} g$$

پس جرم یک ذره (II) برابر  $3/48 \times 10^{-23} g$  است. اگر تعداد نوترون‌های این ذره را  $(10 + y)$  فرض کنیم:

$$3/48 \times 10^{-23} = (10 + (10 + y)) \times 1.67 \times 10^{-24} = (20 + y) \times 1.67 \times 10^{-24}$$

$$(20 + y) = \frac{3/48 \times 10^{-23}}{1.67 \times 10^{-24}} = 20/88 = 21 \Rightarrow y = 1 \Rightarrow N = 10 + 1 = 11$$

پس ذره (II) دارای  $10$  پروتون و  $11$  نوترون است:



۱۰. گزینه ۴

به بررسی هر چهار گزینه می‌پردازیم:

گزینه «۱»: تعداد اتم‌های موجود در ۱/۵۴ مول کلسیم برابر است با:  $1/54 N_A$

گزینه «۲»:

$$1 \text{ mol Cr} = 52 \text{ g Cr} = N_A \text{ اتم Cr}$$

g Cr اتم Cr

$$\left[ \begin{array}{cc} 52 & N_A \\ 2/08 & x \end{array} \right] \Rightarrow x = \frac{2/08 N_A}{52} = 0/04 N_A \text{ اتم Cr}$$

$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow 2/7 = \frac{m}{5} \Rightarrow m = 13/5 \text{ g Al}$$

گزینه «۳»: ابتدا باید ببینیم قطعه مورد نظر چند گرم است:

$$1 \text{ mol Al} = 27 \text{ g Al} = N_A \text{ اتم Al}$$

g Al اتم Al

$$\left[ \begin{array}{cc} 27 & N_A \\ 13/5 & x \end{array} \right] \Rightarrow x = \frac{13/5 N_A}{27} = 0/5 N_A \text{ اتم Al}$$

اتم مولکول  $C_7H_8O = 7$  اتم

گزینه «۴»: در هر مولکول  $C_7H_8O$ ، هفت اتم  $(2C + 4H + 1O)$  وجود دارد، پس:

اتم مولکول

$$\left[ \begin{array}{cc} 1 & Y \\ 1/505 \times 10^{21} & x \end{array} \right] \Rightarrow x = 7 \times 1/505 \times 10^{21} = 1/05 \times 10^{22} \text{ اتم}$$

$$\Rightarrow \frac{1/05 \times 10^{22}}{6/02 \times 10^{23}} = 0/017 N_A$$

پس در  $1/505 \times 10^{21}$  مولکول  $C_7H_8O$ ، تعداد اتم‌های کم‌تری وجود دارد.

۱۱. گزینه ۴

درس نامه ۲۳ لایه‌ها، زیر لایه‌ها و اوربیتال‌ها

دانستیم که اتم ساختاری لایه‌ای دارد و الکترون‌ها در لایه‌هایی پیرامون هسته توزیع می‌شوند. اما این لایه‌های الکترونی خود به بخش‌های کوچک‌تری تقسیم می‌شوند که به هر یک از آن‌ها، **زیر لایه** می‌گویند. هر زیر لایه هم خود از یک یا چند **اوربیتال** تشکیل شده است:



لایه‌های الکترونی

۱ برای مشخص کردن شماره لایه‌های الکترونی از **عدد کوانتومی اصلی** (n) استفاده می‌شود. عدد کوانتومی اصلی مشخص می‌کند که الکترون در کدام لایه الکترونی قرار گرفته است.

۲ مقادیر مجاز برای عدد کوانتومی اصلی (n) عددهای صحیح مثبت ۱، ۲، ۳، ... هستند. پیرامون هسته حداکثر **هفت لایه الکترونی** مشاهده است. بنابراین n، عددی بین ۱ تا ۷ می‌تواند باشد ( $1 \leq n \leq 7$ ).

۳ با افزایش n، سطح انرژی لایه الکترونی نیز **افزایش یافته** و فاصله آن از هسته اتم **بیش‌تر** می‌شود.

۴ n، حداکثر تعداد الکترون‌های موجود در یک لایه الکترونی را مشخص می‌کند.

$$2n^2 = \text{حداکثر تعداد الکترون‌های موجود در یک لایه}$$

۵ n، تعداد زیر لایه‌های هر لایه الکترونی را نیز مشخص می‌کند. برای مثال در لایه الکترونی  $n = 2$ ، دو زیر لایه و در لایه الکترونی  $n = 3$ ، سه زیر لایه وجود دارد.





حداکثر تعداد الکترون‌ها ( $2n^2$ )	تعداد زیرلایه	لایه الکترونی (n)
۲	۱	n = ۱
۸	۲	n = ۲
۱۸	۳	n = ۳
۳۲	۴	n = ۴
۵۰	۵	n = ۵
۷۲	۶	n = ۶
۹۸	۷	n = ۷

### زیرلایه‌ها

۱ برای مشخص کردن زیرلایه‌ها از **عدد کوانتومی فرعی** یا **عدد کوانتومی اوربیتالی** (l) استفاده می‌شود. l، نوع زیرلایه (یا نوع اوربیتال) را مشخص می‌کند. در هر لایه الکترونی، مقادیر مجاز l، اعداد صحیح بین ۰ تا n-۱ می‌تواند باشد.

۲ هر کدام از مقادیر عددی l متناظر با یک زیرلایه است که در جدول زیر نشان داده شده است:

$$l = 0, 1, \dots, n-1$$

عدد کوانتومی فرعی (l)						
۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰
i	h	g	f	d	p	s
نوع زیرلایه						

**نکته:** در حالت پایه اتم هیچ عنصری، الکترون وارد زیرلایه‌های h و g نمی‌شود.

**نوع زیرلایه  $\rightarrow$  nl : نمایش زیرلایه**

از این رو فقط با زیرلایه‌های d، p، s و f سر و کار داریم.

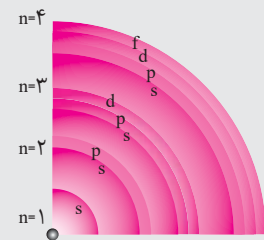
۳ نماد هر زیر لایه معین با دو عدد کوانتومی مشخص می‌شود. به بیان دیگر هر زیر لایه را می‌توان با نماد nl نمایش داد:

برای مثال در زیرلایه ۲p، n=۲ و l=۱ و در زیرلایه ۳d، n=۳ و l=۲ است.

$$4l+2 = \text{حداکثر تعداد الکترون‌های موجود در یک زیرلایه}$$

۴ حداکثر تعداد الکترون‌های هر زیر لایه از رابطه مقابل تعیین می‌شود:

بنابراین حداکثر تعداد الکترون‌های هر زیر لایه به قرار زیر است:



نماد زیرلایه	s	p	d	f
حداکثر گنجایش زیرلایه (4l+2)	۲	۶	۱۰	۱۴
مقدار مجاز l	۰	۱	۲	۳

زیرلایه‌های موجود در چهار لایه الکترونی

**نکته:** در هر لایه الکترونی، انرژی زیرلایه‌ها با افزایش l، افزایش می‌یابد. برای مثال در لایه الکترونی

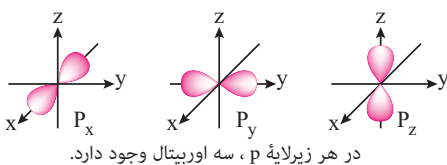
$$4s < 4p < 4d < 4f$$

چهارم (n=۴) انرژی زیر لایه‌ها به صورت مقابل است:

افزایش انرژی  $\rightarrow$

### اوربیتال‌ها

۱ اوربیتال فضایی سه بعدی در اطراف هسته است که احتمال حضور الکترون در آن زیاد (بیش از ۹۰ درصد) است.



در هر زیرلایه p، سه اوربیتال وجود دارد.

۱. عدد کوانتومی مغناطیسی ( $m_l$ ): هر زیرلایه خود از بخش‌های کوچک‌تری به نام اوربیتال تشکیل شده

است. سومین عدد کوانتومی که عدد کوانتومی مغناطیسی ( $m_l$ ) نامیده می‌شود، جهت گیری اوربیتال‌ها را

در فضا معین می‌کند.  $m_l$  همه اعداد صحیح بین -l و +l را در برمی‌گیرد. برای مثال زیرلایه p (l=۱)

دارای سه اوربیتال است که هر کدام با یک  $m_l$  شناسایی می‌شود و عبارتند از -۱، ۰، +۱. برای زیرلایه d (l=۲)

مقادیر  $m_l$  عبارتند از: -۲، -۱، ۰، +۱ و +۲.

۲ براساس مکانیک موجی، هرگز نمی توان مسیر حرکت الکترون یا موقعیت دقیق آن را در هر لحظه از زمان معین نمود و فقط می توان احتمال نسبی حضور الکترون را در اطراف هسته به دست آورد<sup>۱</sup>.

۳ هر اوربیتال حداکثر گنجایش دو الکترون را دارد و این دو الکترون دارای اسپین مخالف هستند<sup>۲</sup>.

۴ تعداد اوربیتالها در هر لایه و زیرلایه از روابط زیر به دست می آید:

$$2n^2 = \text{حداکثر تعداد الکترونها در هر لایه} \Rightarrow n^2 = \text{تعداد اوربیتالها در هر لایه}$$

$$2(2l+1) = \text{حداکثر تعداد الکترونها در هر زیرلایه} \Rightarrow 2l+1 = \text{تعداد اوربیتالها در هر زیرلایه}$$

لایه الکترونی n	تعداد زیرلایه	مقدار مجاز l	نماد	تعداد اوربیتال در هر زیرلایه	حداکثر گنجایش هر زیرلایه	تعداد کل اوربیتالها در هر لایه الکترونی	حداکثر گنجایش هر لایه الکترونی
n	زیرلایه	تا (n-1)	زیرلایه	(2l+1)	(2l+1)	n <sup>2</sup>	(2n <sup>2</sup> )
1	1	0	1s	1	2	1	2
2	2	0	2s	1	2	4	8
		1	2p	3	6		
3	3	0	3s	1	2	9	18
		1	3p	3	6		
		2	3d	5	10		
4	4	0	4s	1	2	16	32
		1	4p	3	6		
		2	4d	5	10		
		3	4f	7	14		

اکنون به بررسی عبارتها می پردازیم:

(آ) نادرست است. در لایه الکترونی n، n زیرلایه وجود دارد نه (n-1) زیرلایه!

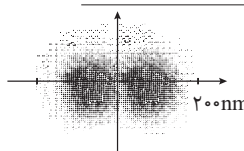
(ب) درست است.

(پ) درست است. منظور از زیرلایه های پنجم و ششم زیرلایه های g و h است که به ترتیب گنجایش ۱۸ و ۲۲ الکترون را دارند:

$$\text{الکترون } 18 = 2 + 4(4) = 2 + 16 \Rightarrow l = 4 \Rightarrow \text{حداکثر گنجایش}$$

$$\text{الکترون } 22 = 2 + 4(5) = 2 + 20 \Rightarrow l = 5 \Rightarrow \text{حداکثر گنجایش}$$

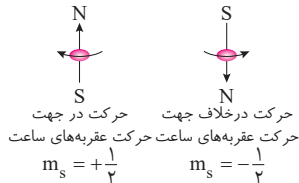
(ت) درست است. زیرلایه هایی که مجموع عددهای کوانتومی اصلی و فرعی (n+l) آنها برابر ۷ است، عبارتند از: ۷s، ۶p، ۵d و ۴f. هیچ



۱. برای به دست آوردن تصویر ساده ای از اوربیتال و احتمال حضور الکترون در آن، موقعیت یک پرنده در قفس را در نظر می گیریم. فرض کنید که از کلیه حرکتها و جابه جاشدن های این پرنده هر ۱۰ دقیقه یک بار عکس برداری می شود. پس از گذشت یک روز موقعیت های مختلف این پرنده را نسبت به ظرف غذا از روی عکس های متعددی که از آن گرفته شده است، روی یک صفحه کاغذ منتقل می کنیم. مطابق شکل، محلی که بیش تر وقت پرنده در آن جا می گذارد پر ازدحام تر است و رنگ تیره تری دارد. بدیهی است که احتمال حضور پرنده در اطراف ظرف غذا بیش تر است و با فاصله گرفتن از آن، این احتمال نیز کم تر می شود.

چنین تصویری، احتمال حضور پرنده را در هر نقطه به دست می دهد، اما هرگز چگونه جابه جاشدن و مسیر حرکت آن را مشخص نمی کند. در مورد اتم نیز می توان احتمال نسبی حضور الکترون را در اطراف هسته اتم به دست آورد، اما هرگز نمی توان چگونگی جابه جاشدن الکترونها از نقطه ای به نقطه دیگر را مشخص یا موقعیت آن را در هر لحظه از زمان معین کرد.

۲. چهارمین عدد کوانتومی  $m_s$ : الکترون افزون بر حرکت اوربیتالی (حرکت به دور هسته) یک حرکت اسپینی (حرکت به دور خود) نیز دارد. الکترون (که دارای بار منفی است) با گردش حول محور خود به یک آهن ربای ریز تبدیل می شود. حال اگر این دو الکترون ناگزیر شوند که کنار هم قرار گیرند، باید یک نیروی جاذبه قوی در برابر دافعه میان آنها به وجود آید. این جاذبه هنگامی به وجود می آید که قطب های مغناطیسی الکترون دوم در برابر قطب های مغناطیسی ناهم نام الکترون اول قرار گیرد. برای رسیدن به چنین آرایشی الکترونها باید در دو جهت مخالف هم (یکی در جهت حرکت عقربه های ساعت و دیگری برخلاف آنها) به دور محور خود بگردند. از این رو برای مشخص کردن جهت گردش الکترونها، به هر دو حالت، یک عدد کوانتومی نسبت داده شد که به آن عدد کوانتومی مغناطیسی اسپینی



( $m_s$ ) می گویند که تنها دو مقدار  $+\frac{1}{2}$  و  $-\frac{1}{2}$  را می پذیرد.





کدام از این زیرلایه‌ها در عنصرهای دوره چهارم پر نمی‌شوند. در دوره چهارم، زیرلایه‌های  $4s$ ،  $3d$  و  $4p$  پر می‌شوند.  
**ث) نادرست است.** حداکثر تعداد الکترون‌های موجود در لایه چهارم برابر  $32$  الکترون است.  $(2n)^2 = 2(4)^2 = 32$ . اما تعداد عنصرهای دوره اول تا سوم برابر  $18$  عنصر است:

$$\begin{array}{ccccccc} & & \text{دوره سوم} & & \text{دوره دوم} & & \text{دوره اول} \\ & & \uparrow & & \downarrow & & \uparrow \\ & & 8 & + & 8 & + & 2 \\ \text{تعداد عنصرهای دوره اول تا سوم} & = & & & & & \end{array}$$

## ۱۲. گزینه ۱

### درس نامه ۲۴ 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 به دست آوردن آرایش الکترونی اتم‌ها باید الکترون‌های اتم هر عنصر در زیر لایه با نظم و ترتیب معینی توزیع شود.

#### قاعده آفبا

پر شدن زیرلایه‌ها از یک قاعده کلی به نام **قاعده آفبا** پیروی می‌کند. آفبا (aufbau) واژه‌ای آلمانی به معنای ساختن یا افزایش گام به گام است. مطابق این قاعده، الکترون‌ها تمایل دارند ابتدا زیرلایه‌هایی را پر کنند که انرژی آن‌ها کم‌تر است. **انرژی زیرلایه‌ها به  $n$  و  $(n+1)$  وابسته است:**

۱) هرچه مجموع عدد کوانتومی اصلی و فرعی  $(n+1)$  برای زیرلایه‌ای کوچک‌تر باشد، انرژی آن کم‌تر بوده و زودتر الکترون می‌پذیرد.

**مثال .** زیرلایه  $2s$  زودتر توسط الکترون‌ها پر می‌شود یا زیرلایه  $2p$  ؟

**پاسخ :**  $2s \left. \begin{array}{l} n=2 \\ l=0 \end{array} \right\} \Rightarrow n+1=2+0=2$  ،  $2p \left. \begin{array}{l} n=2 \\ l=1 \end{array} \right\} \Rightarrow n+1=2+1=3$

پس  $2s$  زودتر از  $2p$  پر می‌شود.

۲) اگر  $(n+1)$  برای دو یا چند زیرلایه یکسان باشد، زیرلایه‌ای که  $n$  کوچک‌تر است، انرژی کم‌تری دارد و زودتر الکترون می‌پذیرد.

**مثال .** زیرلایه  $2p$  زودتر توسط الکترون‌ها پر می‌شود یا زیرلایه  $3s$  ؟

**پاسخ :**  $2p \left\{ \begin{array}{l} n=2 \\ l=1 \end{array} \right\} \Rightarrow n+1=2+1=3$  ،  $3s \left\{ \begin{array}{l} n=3 \\ l=0 \end{array} \right\} \Rightarrow n+1=3+0=3$

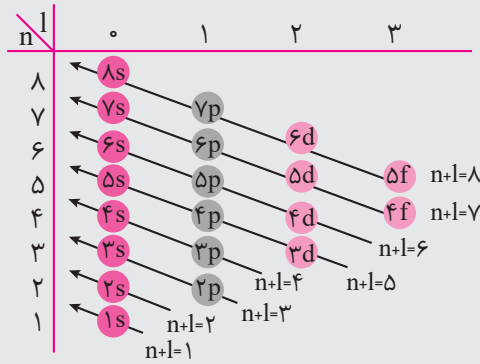
مجموع  $(n+1)$  برای هر دو زیرلایه  $2p$  و  $3s$  یکسان است اما چون مقدار  $n$  زیرلایه  $2p$  کوچک‌تر است لذا این زیرلایه انرژی کم‌تری داشته و زودتر از  $3s$  پر می‌شود.

۳) اگر ترتیب پر شدن سایر زیرلایه‌ها را نیز بررسی کنیم به روند زیر دست خواهیم یافت:

**ترتیب پر شدن زیرلایه‌ها:**  $1s \rightarrow 2s \rightarrow 2p \rightarrow 3s \rightarrow 4s \rightarrow 3d \rightarrow 4p \rightarrow \dots$

به‌طور کلی ترتیب پر شدن زیرلایه‌ها به صورت زیر است:

$$[1s] \text{ دوره اول} \quad [2s \ 2p] \text{ دوره دوم} \quad [3s \ 3p] \text{ دوره سوم} \quad [4s \ 3d \ 4p] \text{ دوره چهارم} \quad [5s \ 4d \ 5p] \text{ دوره پنجم} \quad [6s \ 4f \ 5d \ 6p] \text{ دوره ششم} \quad [7s \ 5f \ 6d \ 7p] \text{ دوره هفتم}$$



ترتیب پر شدن زیرلایه‌ها

ns	(n-2)f	(n-1)d	np
$n \geq 1$	$n \geq 6$	$n \geq 4$	$n \geq 2$

**نکته:** می‌توان برای رسم آرایش الکترونی از رابطه مقابل استفاده کرد:

اگر  $n=1$  باشد تنها زیرلایه s پر می‌شود ولی اگر  $n=2,3$  باشد علاوه بر زیرلایه s، زیرلایه p نیز پر می‌شود. در صورتی که  $n \geq 4$  باشد زیرلایه d وارد صحنه می‌شود! و زیرلایه f فقط در صورتی که  $n \geq 6$  باشد رخ می‌نماید!

**تذکر:** برای نوشتن آرایش الکترونی اتم‌ها لازم است ترتیب فوق را حفظ باشید. اگرچه در نگاه اول ممکن است حفظ ترتیب پر شدن زیرلایه‌ها کمی سخت به نظر آید اما با کمی تمرین بر این شکل فائق خواهید آمد.

دسته‌ی s		دسته‌ی d										دسته‌ی p					
1s	2	عنصرهای واسطه										13	14	15	16	17	18
2s	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2s	2p	2p	2p		
3s	2	3d										3s	3p	3p	3p		
4s	2	4d										4s	4p	4p	4p		
5s	2	5d										5s	5p	5p	5p		
6s	2	6d										6s	6p	6p	6p		
7s	2	7d										7s	7p	7p	7p		
عنصرهای واسطه داخلی		4f															
دسته‌ی f		5f															

زیرلایه‌هایی که در هر یک از دوره‌های جدول، در حال پر شدن هستند.

**مثال.** آرایش الکترونی  ${}_{20}\text{Ca}$  و  ${}_{28}\text{Ni}$  را بنویسید:

**پاسخ:** برای نوشتن آرایش الکترونی اتم، کافی است زیرلایه‌ها را مطابق قاعده آفا از الکترون پر کنیم تا جایی که مجموع تعداد الکترون‌های زیرلایه‌ها با تعداد الکترون‌های آن اتم (که برابر با عدد اتمی آن است) برابر شود:

$${}_{20}\text{Ca} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 \Rightarrow \text{جمع توان زیرلایه‌ها} = 2+2+6+2+6+2=20$$

$${}_{28}\text{Ni} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2 \Rightarrow 2+2+6+2+6+8+2=28$$

**توجه!** به هنگام نوشتن آرایش الکترونی، زیرلایه‌ای که ضریب کم‌تری دارد، زودتر نوشته می‌شود. برای مثال با وجود آن که 4s زودتر از 3d پر می‌شود اما هنگام آرایش الکترونی، 4s را پس از 3d می‌نویسیم.

❷ قاعده آفا آرایش الکترونی اتم اغلب عنصرها را پیش‌بینی می‌کند؛ اما به کمک روش‌های طیف‌سنجی پیشرفته معلوم شده است که آرایش الکترونی برخی اتم‌ها از قاعده آفا پیروی نمی‌کند. برای نمونه آرایشی الکترونی اتم‌های کروم ( ${}_{24}\text{Cr}$ ) و مس ( ${}_{45}\text{Cu}$ ) از این قاعده پیروی نمی‌کند:

پیروی نمی‌کند:





	آرایش الکترونی مورد انتظار	آرایش الکترونی واقعی (پایدار)
۲۴ Cr	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^4 4s^2$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$
۲۹ Cu	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9 4s^2$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$

وقتی زیرلایه d کاملاً پر یا نیمه پر باشد به اتم پایداری بیش تری می دهند. از این رو در آرایش اتم  ${}_{24}\text{Cr}$  زیرلایه  $3d$  به جای  $3d^4$  به صورت  $3d^5$  (نیمه پر) و در آرایش الکترونی اتم  ${}_{29}\text{Cu}$ ، زیرلایه  $3d$  به جای  $3d^9$  به صورت  $3d^{10}$  (کاملاً پر) می باشد.

**نکته:** در جدول تناوبی، کروم ( ${}_{24}\text{Cr}$ ) اولین عنصری است که آرایش الکترونی آن از قاعده آفبا پیروی نمی کند.

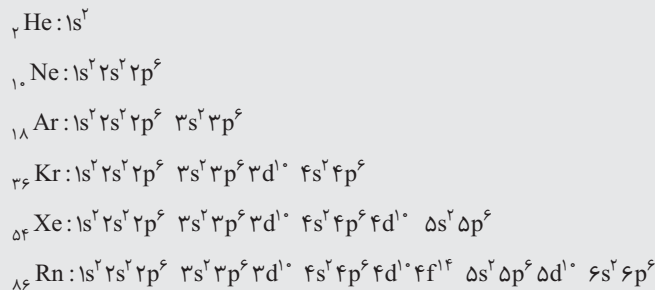
**نکته:** در عنصرهای مولیبدن ( ${}_{42}\text{Mo}$ ) و نقره ( ${}_{47}\text{Ag}$ ) که به ترتیب با  ${}_{24}\text{Cr}$  و  ${}_{29}\text{Cu}$  در یک گروه جای دارند نیز وضعیت مشابهی برقرار است؛ یعنی آرایش الکترونی واقعی با آرایش الکترونی مورد انتظار متفاوت است. این اتم ها نیز در بیرونی ترین زیرلایه خود تنها یک الکترون دارند.

	آرایش الکترونی مورد انتظار	آرایش الکترونی واقعی (پایدار)
${}_{42}\text{Mo}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^4 5s^2$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^5 5s^1$
${}_{47}\text{Ag}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^9 5s^2$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^1$

### آرایش الکترونی فشرده

۱ آرایش الکترونی اتم ها را به شیوه دیگری نیز می توان نوشت که **آرایش الکترونی فشرده** خوانده می شود. از آن جا که لایه های الکترونی در گازهای نجیب پر هستند، معمولاً برای خلاصه تر کردن آرایش های الکترونی، به جای لایه های الکترونی پر شده نماد شیمیایی گاز نجیب با همان تعداد الکترون را درون یک کروشه ([ ]) قرار می دهند. ابتدا باید با آرایش الکترونی گازهای نجیب آشنا باشیم.

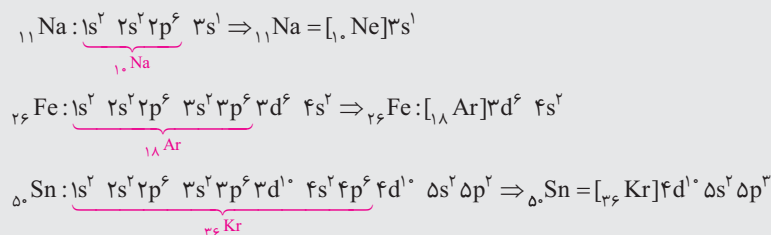
### ۲ آرایش الکترونی گازهای نجیب:



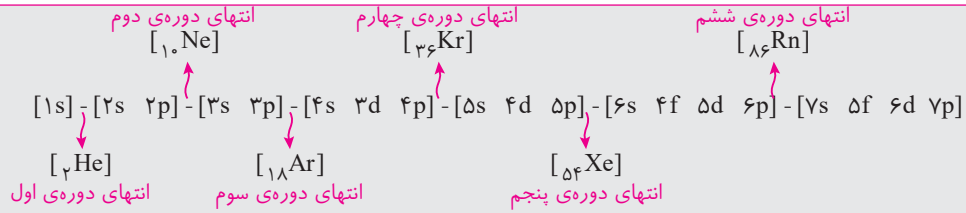
${}_{118}\text{Og}$  آخرین گاز نجیب (و البته آخرین عنصر جدول دوره ای) است که چون در نوشتن آرایش الکترونی فشرده هیچ اتمی استفاده نمی شود از نوشتن آرایش الکترونی آن اجتناب کرده ایم!

**مثال.** آرایش الکترونی فشرده اتم های سدیم ( ${}_{11}\text{Na}$ )، آهن ( ${}_{26}\text{Fe}$ ) و قلع ( ${}_{50}\text{Sn}$ ) را بنویسید.

**پاسخ:**

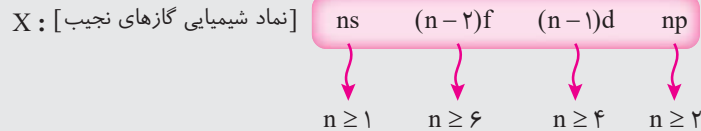


۳ همان طور که در مثال های بالا مشاهده می شود، استفاده از گاز نجیب در رسم آرایش الکترونی کمک زیادی در فشرده نوشتن آرایش الکترونی می نماید. از این رو لازم است جایگاه هرگاه نجیب را در ترتیب پر شدن زیرلایه ها بدانیم:



گازهای نجیب در انتهای هر دوره از جدول دوره‌ای قرار دارند. از این رودانستن جایگاه آن‌ها و عدد اتمی آن‌ها کمک زیادی در فشرده نوشتن آرایش الکترونی اتم‌ها می‌نماید. برای نوشتن آرایش فشرده اتم‌ها می‌توان از رابطه کلی زیر بهره گرفت:

در رابطه فوق  $n$ ، شماره دوره‌ای است که عنصر مورد نظر در آن واقع است و به راحتی از روی نماد شیمیایی گاز نجیب به دست می‌آید.



**مثال .** آرایش الکترونی فشرده آرسنیک ( $33\text{As}$ ) را بنویسید.

**پاسخ :** گاز نجیب قبل از  $33\text{As}$ ، آرگون ( $18\text{Ar}$ ) است که در انتهای دوره سوم قرار دارد. پس  $33\text{As}$  در دوره چهارم واقع است ( $n=4$ ):

$$33\text{As} : [18\text{Ar}] 4s^2 3d^1 4p^2 \Rightarrow 33\text{As} : [18\text{Ar}] 3d^1 4s^2 4p^2$$

**مثال .** آرایش الکترونی فشرده تالیوم ( $81\text{Tl}$ ) را بنویسید.

**پاسخ :** گاز نجیب قبل از  $81\text{Tl}$ ، زنون ( $54\text{Xe}$ ) است که در انتهای دوره پنجم قرار دارد. پس  $81\text{Tl}$  در دوره ششم واقع است ( $n=6$ ):

$$81\text{Tl} : [54\text{Xe}] 6s^2 4f^{14} 5d^1 6p^1 \Rightarrow 81\text{Tl} : [54\text{Xe}] 4f^{14} 6s^2 6p^1$$

در جدول زیر آرایش الکترونی فشرده ۳۶ عنصر اول جدول دوره‌ای را مشاهده می‌کنید.

نماد شیمیایی	عدد اتمی	آرایش الکترونی	نماد شیمیایی	عدد اتمی	آرایش الکترونی
H	۱	$1s^1$	K	۱۹	$[\text{Ar}] 4s^1$
He	۲	$1s^2$	Ca	۲۰	$[\text{Ar}] 4s^2$
Li	۳	$[\text{He}] 2s^1$	Sc	۲۱	$[\text{Ar}] 3d^1 4s^2$
Be	۴	$[\text{He}] 2s^2$	Ti	۲۲	$[\text{Ar}] 3d^2 4s^2$
B	۵	$[\text{He}] 2s^2 2p^1$	V	۲۳	$[\text{Ar}] 3d^3 4s^2$
C	۶	$[\text{He}] 2s^2 2p^2$	Cr	۲۴	$[\text{Ar}] 3d^5 4s^1$
N	۷	$[\text{He}] 2s^2 2p^3$	Mn	۲۵	$[\text{Ar}] 3d^5 4s^2$
O	۸	$[\text{He}] 2s^2 2p^4$	Fe	۲۶	$[\text{Ar}] 3d^6 4s^2$
F	۹	$[\text{He}] 2s^2 2p^5$	Co	۲۷	$[\text{Ar}] 3d^7 4s^2$
Ne	۱۰	$[\text{He}] 2s^2 2p^6$	Ni	۲۸	$[\text{Ar}] 3d^8 4s^2$
Na	۱۱	$[\text{Ne}] 3s^1$	Cu	۲۹	$[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^1$
Mg	۱۲	$[\text{Ne}] 3s^2$	Zn	۳۰	$[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2$

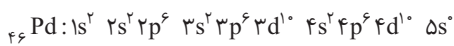
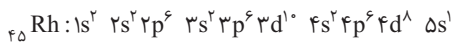
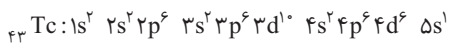




نماد شیمیایی	عدد اتمی	آرایش الکترونی	نماد شیمیایی	عدد اتمی	آرایش الکترونی
Al	۱۳	$[Ne]3s^2 3p^1$	Ga	۳۱	$[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^1$
Si	۱۴	$[Ne]3s^2 3p^2$	Ge	۳۲	$[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^2$
P	۱۵	$[Ne]3s^2 3p^3$	As	۳۳	$[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^3$
S	۱۶	$[Ne]3s^2 3p^4$	Se	۳۴	$[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^4$
Cl	۱۷	$[Ne]3s^2 3p^5$	Br	۳۵	$[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^5$

آرایش الکترونی ۳۶ عنصر اول جدول تناوبی

با توجه به توضیحات داده شده، آرایش الکترونی اتم‌های مورد نظر به صورت زیر است:



اکنون به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم:

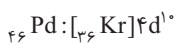
**عبارت اول: نادرست است.** با توجه به آرایش الکترون Rh، ۱۸ الکترون در زیرلایه‌های  $3d^{10}$  و  $4d^8$  جای دارند ( $l=2$ ) بیان‌گر زیرلایه d است؛ پس:

$$\frac{\text{تعداد الکترون‌های دارای } l=2}{\text{تعداد کل الکترون‌ها}} \times 100 = \frac{18}{46} \times 100 = 39\%$$

**عبارت دوم: درست است.** مطابق قاعده آفبا، ابتدا باید ۵s پر شود بعد 4d. اما اگر به آرایش الکترونی هر سه اتم نگاهی بیندازید می‌بینید که زیرلایه 5s هیچ‌کدام پر نشده است. یعنی آرایش الکترونی هیچ‌کدام از قاعده آفبا پیروی نمی‌کند.

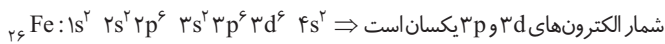
**عبارت سوم: نادرست است.** با توجه به آرایش الکترونی Tc، پنج لایه و ده زیرلایه توسط الکترون اشغال شده است که از میان آن‌ها چهار زیرلایه (زیرلایه‌ها 1s، 2s، 3s و 4s) دارای دو الکترون و چهار زیرلایه (زیرلایه‌های 2p، 3p، 4p و 4d) هر یک دارای ۶ الکترون است.

**عبارت چهارم: نادرست است.** در اتم Pd، سی و هفتمین (تا چهل و ششمین) در زیرلایه 4d جای دارند که دارای عدد کوانتومی  $l=2$  و  $n=4$  است:



### ۱۳. گزینه ۱

به آرایش الکترونی  ${}_{26}\text{Fe}$  و  ${}_{22}\text{Ti}$  توجه نمایید:



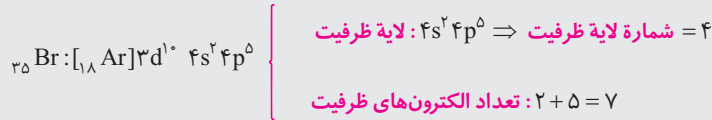
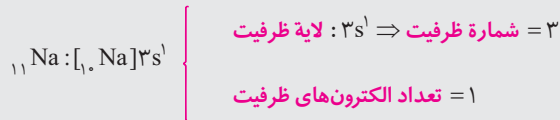
### ۱۴. گزینه ۳

#### درس‌نامه ۲۵ الکترون‌های ظرفیت اتم

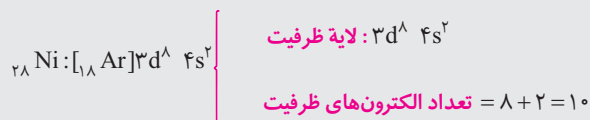
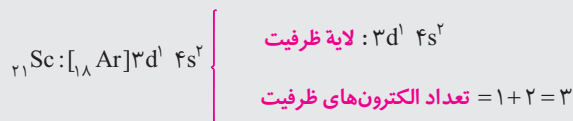
**لایه ظرفیت** یک اتم، لایه‌ای است که الکترون‌های آن، رفتار شیمیایی اتم را تعیین می‌کند. به الکترون‌های این لایه، **الکترون‌های ظرفیت اتم** می‌گویند. برای تعیین تعداد الکترون‌های ظرفیتی باید به موارد زیر توجه نماییم:

① اگر در آرایش الکترونی اتم یک عنصر، آخرین الکترون وارد زیرلایه s یا p شود. بیرونی‌ترین لایه الکترونی (بزرگ‌ترین n) نشان‌دهنده

لایه ظرفیت و الکترون‌های موجود در آن نیز الکترون‌های ظرفیتی به شمار می‌آید. به مثال‌های زیر توجه نمایید:



۲ اگر در آرایش الکترونی اتم یک عنصر - آخرین الکترون وارد زیرلایه d شود، لایه ظرفیت شامل زیرلایه‌های ns و d (n-1) است و مجموع الکترون‌های موجود در این دو زیر لایه، تعداد الکترون‌های ظرفیت را نشان می‌دهد. به مثال‌های زیر توجه نمایید:



**توجه!** در دو سطر پایانی صفحه ۳۲ کتاب درسی آمده است که «بیرونی‌ترین لایه، لایه ظرفیت است».

حتماً قبول می‌فرمایید که این عبارت دارای اشکال است. تنها در صورتی لایه ظرفیت، بیرونی‌ترین لایه الکترونی است که آخرین الکترون وارد زیرلایه s یا p شود (مانند  ${}_{11}\text{Na}$  و  ${}_{35}\text{Br}$ ) اما اگر وارد زیرلایه d شود این گونه نیست (مانند  ${}_{28}\text{Ni}$ ).  
تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت اتم A برابر ۶ است و این عنصر در گروه ۱۶ جای دارد و با پنج عنصر دیگر هم گروه است که همانند A، ۶ الکترون ظرفیتی دارند. اما علاوه بر این پنج عنصر، عنصرهای گروه ۶ نیز در لایه ظرفیت خود دارای ۶ الکترون هستند.

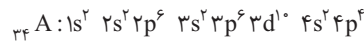


در گروه ۶، چهار عنصر جای دارد. پس تعداد عنصرهایی که تعداد الکترون‌های ظرفیتی آن‌ها برابر ۶ است بیش‌تر از پنج عنصر است.

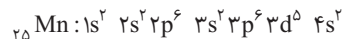
#### بررسی سایر گزینه‌ها:

**گزینه «۱»:** اتم A با گرفتن ۲ الکترون به آرایش گاز نجیب پس از خود ( ${}_{36}\text{Kr}$ ) می‌رسد. اندازه یون  $A^{2-}$  از اتم A بزرگ‌تر است. همواره اندازه یک آنیون از اتم خنثای خود بزرگ‌تر است.

**گزینه «۲»:** منظور از پنجمین عنصر واسطه  ${}_{25}\text{Mn}$  است که تعداد الکترون‌های دارای  $l=0$  آن با اتم A یکسان است  $l=0$  بیان‌گر زیرلایه s است)



$$2 + 2 + 2 + 2 = 8e^-$$



$$2 + 2 + 2 + 2 = 8e^-$$

$$116 - 34 = 82$$

**گزینه «۴»:** عدد اتمی A و آخرین عنصر گروه ۱۶ به ترتیب ۳۴ و ۱۱۶ است؛ پس:

۱. در عنصرهای گروه ۱۲، زیرلایه d (n-1) کاملاً پر است و تمایلی برای شرکت در واکنش‌های شیمیایی ندارد. از این رو در برخی منابع الکترون‌های این زیرلایه را جزو الکترون‌های ظرفیتی به شمار می‌آورند و فقط دو الکترون موجود در زیرلایه ns را به عنوان الکترون‌های ظرفیتی در نظر می‌گیرند. البته ماکاری به نظر این منابع نداریم و فقط نظر کتاب درسی را

قبول داریم!





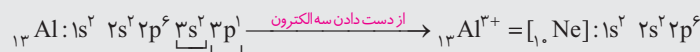
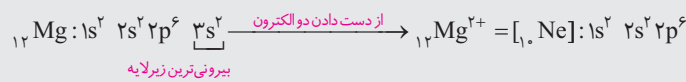
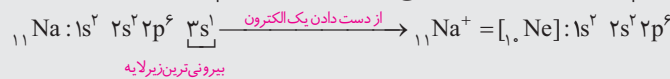
درس نامه ۲۶ آرایش الکترونی یون‌ها

گازهای نجیب که در انتهای هر یک از دوره‌های جدول دوره‌ای عناصر قرار گرفته‌اند، در بیرونی‌ترین لایه الکترونی اتم خود، هشت الکترون دارند و آرایش الکترونی لایه بیرونی آن‌ها به  $ns^2 np^6$  ختم می‌شود که یک **آرایش الکترونی متقارن و بسیار پایدار** است (البته آرایش الکترونی اتم هلیم به صورت  $1s^2$  است که آن هم آرایش الکترونی بسیار پایداری است). با توجه به پایداری آرایش الکترونی گازهای نجیب، سایر اتم‌ها تمایل دارند به آرایش الکترونی پایدار گازهای نجیب برسند.

- ۱ فلزها با از دست دادن الکترون و تشکیل **کاتیون (یون مثبت)** به آرایش الکترونی **گاز نجیب پیش از خود** در جدول دوره‌ای می‌رسند.
- فلزهای گروه ۱ جدول دوره‌ای با از دست دادن یک الکترون و تشکیل کاتیون یک بار مثبت ( $M^+$ ) به آرایش گاز نجیب پیش از خود می‌رسند. این عناصر عبارتند از:  $Li$ ،  $Na$ ،  $K$  و ...
- فلزهای گروه ۲ جدول دوره‌ای (به جز  $Be$ ) با از دست دادن دو الکترون و تشکیل کاتیون دو بار مثبت ( $M^{2+}$ ) به آرایش گاز نجیب پیش از خود می‌رسند. این عناصر عبارتند از:  $Mg$ ،  $Ca$  و ...
- از عنصرهای گروه ۱۳، آلومینیم ( $Al$ ) با از دست دادن سه الکترون و تشکیل کاتیون سه بار مثبت ( $Al^{3+}$ ) به آرایش گاز نجیب پیش از خود می‌رسد.
- از **عناصرهای واسطه**، اسکاندیم ( $Sc$ ) و ایتیریم ( $Y$ ) (هر دو متعلق به گروه ۳) با از دست دادن سه الکترون به آرایش گاز نجیب پیش از خود می‌رسند.

**نکته:** اگر تعداد الکترون‌های ظرفیتی اتمی کم‌تر یا برابر ۳ باشد، آن اتم در شرایط مناسب تمایل دارد همه الکترون‌های ظرفیتی خود را از دست بدهد و به کاتیون تبدیل شود.

**چگونگی نوشتن آرایش الکترونی کاتیون‌ها:** ابتدا آرایش الکترونی اتم مورد نظر را نوشته و سپس به تعداد بار کاتیون، از بیرونی‌ترین زیرلایه، الکترون جدا می‌کنیم و اگر تعداد الکترون‌های آن زیرلایه کم‌تر از بار کاتیون باشد به سراغ زیرلایه بعدی می‌رویم:



۱. برلییم ( $Be$ ) هیچ تمایلی به از دست دادن الکترون و تشکیل یون  $Be^{2+}$  در ترکیبات خود ندارد و به جای آن الکترون به اشتراک می‌گذارد.

۲. در عنصرهای گروه ۱۳، بور ( $B$ ) همانند برلییم ( $Be$ ) تمایلی به تشکیل یون  $B^{3+}$  ندارد و به جای آن الکترون به اشتراک می‌گذارد. سایر عنصرهای این گروه نیز همانند  $Al$  می‌توانند کاتیون سه بار مثبت ( $M^{3+}$ ) تشکیل دهند اما بدون رسیدن به آرایش گاز نجیب:



همان‌طور که ملاحظه می‌شود همه این یون‌ها به آرایش  $d^{10}$  رسیده‌اند که پایدار است (در هر سه کاتیون همه زیرلایه‌ها پر هستند). اگر این اتم‌ها بتوانند به آرایش گاز نجیب ماقبل برسند خودتان حساب کنید هر کدام چند تا الکترون باید از دست بدهند! اصلاً چنین چیزی امکان‌پذیر نیست. پس این یون‌ها به همان آرایش  $d^{10}$  قناعت می‌کنند تازه  $In$  و  $Tl$  می‌توانند یون

یک بار مثبت هم تشکیل دهند که آن هم پایدار است! چون به فرم  $d^{10} 4s^2$  می‌رسند که آن هم آرایش پایداری است (چون همه زیرلایه‌ها پر هستند)

۲) نافلزها با گرفتن الکترون و تشکیل آنیون (یون منفی) به آرایش گاز نجیب هم دوره خود می‌رسند.

● عنصرهای گروه ۱۵ (مانند  ${}_{15}\text{P}$ ،  ${}_{33}\text{As}$  و  ${}_{51}\text{Sb}$ ) با گرفتن سه الکترون و تشکیل آنیون سه بار منفی ( $\text{X}^{3-}$ ) به آرایش گاز نجیب هم دوره خود می‌رسند.<sup>۱</sup>

● عنصرهای گروه ۱۶ (مانند  ${}_{8}\text{O}$ ،  ${}_{16}\text{S}$  و  ${}_{34}\text{Se}$ ) با گرفتن دو الکترون و تشکیل آنیون دو بار منفی ( $\text{X}^{2-}$ ) به آرایش گاز نجیب هم دوره خود می‌رسند.

● عنصرهای گروه ۱۷ (یعنی  ${}_{9}\text{F}$ ،  ${}_{17}\text{Cl}$ ،  ${}_{35}\text{Br}$  و  ${}_{53}\text{I}$ ) با گرفتن یک الکترون و تشکیل آنیون یک بار منفی ( $\text{X}^{-}$ ) به آرایش گاز نجیب هم دوره خود می‌رسند.

**چگونگی نوشتن آرایش الکترونی آنیون‌ها:** ابتدا آرایش الکترونی اتم مورد نظر را نوشته و سپس به تعداد بار یون به بیرونی‌ترین زیرلایه، الکترون‌ها را می‌افزاییم:



**نکته:** یون‌های تک‌اتمی  $\text{X}^{+}$  و  $\text{X}^{-}$  ناپایدار هستند و در طبیعت تشکیل نمی‌شوند. از این رو عنصرهای گروه ۱۴ که در لایه ظرفیت خود چهار الکترون دارند، یون‌های  $\text{X}^{+}$  و  $\text{X}^{-}$  تشکیل نمی‌دهند.<sup>۲</sup>

**نکته:** هیدروژن تنها اتمی است که هم می‌تواند به صورت کاتیون ( $\text{H}^{+}$ ) و هم به صورت آنیون ( $\text{H}^{-}$ ) درآید.

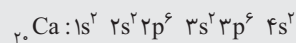
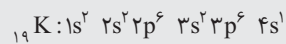
*لطفاً لیست یون‌های موجود در جدول را به قاطر بسپارید!*

۱								۱۸
								${}_{2}\text{He}$
$\text{Li}^{+}$						$\text{N}^{3-}$	$\text{O}^{2-}$	$\text{F}^{-}$
								${}_{10}\text{Ne}$
$\text{Na}^{+}$	$\text{Mg}^{2+}$			$\text{Al}^{3+}$		$\text{P}^{3-}$	$\text{S}^{2-}$	$\text{Cl}^{-}$
								${}_{18}\text{Ar}$
$\text{K}^{+}$	$\text{Ca}^{2+}$							$\text{Br}^{-}$
								${}_{36}\text{Kr}$

به آرایش گاز نجیب هم دوره می‌رسد. دوره‌ی قبل می‌رسد. به آرایش گاز نجیب دوره قبل می‌رسد.

۳) یون‌های عنصر واسطه

دانستیم که در عنصرهای واسطه زیرلایه d در حال پر شدن است. همان‌گونه که در بخش‌های قبل گفته شد، انرژی زیرلایه ۴s کم‌تر از زیرلایه ۳d است، به همین دلیل زیرلایه ۴s زودتر از زیرلایه ۳d توسط الکترون اشغال می‌شود. شاهد آن وارد شدن آخرین الکترون پتاسیم ( ${}_{19}\text{K}$ ) در زیرلایه ۴s است نه زیرلایه ۳d:



اما در عنصرهای بعدی (یعنی عنصرهای واسطه از  ${}_{21}\text{Sc}$  تا  ${}_{30}\text{Zn}$ ) شرایط وارونه می‌شود؛ یعنی سطح انرژی زیرلایه ۳d پایین‌تر از زیرلایه ۴s واقع می‌شود. زیرا با وارد شدن پروتون‌های جدید در هسته، اثر جاذبه هسته بر الکترون‌های زیرلایه ۳d بیش‌تر شده و سطح انرژی آن نسبت به ۴s پایین‌تر می‌آید. از این رو به هنگام از دست دادن الکترون و تبدیل شدن به یون مثبت، الکترون‌ها ابتدا از زیرلایه ۴s خارج

۱. در گروه ۱۵ بیسموت ( ${}_{83}\text{Bi}$ ) یک فلز است و صد البته آنیون تشکیل نمی‌دهد، بلکه کاتیون تشکیل می‌دهد.

۲. البته  ${}_{50}\text{Sn}$  و  ${}_{82}\text{Pb}$  در این گروه می‌توانند یون‌های  $\text{Sn}^{4+}$  و  $\text{Pb}^{2+}$  تشکیل دهند که چندان متداول نیستند.







می‌شوند نه زیرلایه ۳d.

به عبارت دیگر، سطح انرژی زیرلایه ۳d در عنصرهای واسطه (دوره چهارم جدول) پایین‌تر از زیرلایه ۴s است. پس به طور خلاصه می‌توان گفت:

۳d > ۴s: سطح انرژی قبل از اشغال شدن توسط الکترون

۳d > ۴s: سطح انرژی پس از اشغال شدن توسط الکترون

همان مطالبی که برای زیرلایه‌های ۴s و ۳d گفتیم برای زیرلایه‌های ۵s و ۴d نیز صدق می‌کند، پس:

۴d > ۵s: سطح انرژی قبل از اشغال شدن توسط الکترون

۴d < ۵s: سطح انرژی پس از اشغال شدن توسط الکترون

**تذکر مهم:** برای نوشتن آرایش الکترونی یون‌های عنصرهای واسطه، ابتدا آرایش الکترونی اتم مورد نظر را نوشته و سپس بسته به تعداد بار مثبت، ابتدا از زیرلایه ۴s (یا ۵s) و سپس در صورت لزوم از زیرلایه ۳d (یا ۴d) الکترون جدا می‌کنیم.

**مثال.** آرایش الکترونی  $Co^{2+}$  و  $Co^{3+}$  را رسم نمایید.

**پاسخ:** ابتدا آرایش الکترونی اتم کبالت را در حالت خنثی رسم می‌نماییم:  
 $Co: [1s^2 Ar] 3d^7 4s^2$   
 برای نوشتن آرایش الکترونی یون  $Co^{2+}$  کافی است که دو الکترون از زیرلایه ۴s جدا کنیم:  
 $Co^{2+}: [1s^2 Ar] 3d^7$   
 اما برای نوشتن آرایش الکترونی یون  $Co^{3+}$  باید یک الکترون دیگر از زیرلایه ۳d جدا نماییم:  
 $Co^{3+}: [1s^2 Ar] 3d^6$

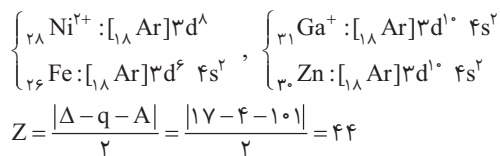
اکنون به بررسی عبارت‌های مورد نظر بپردازیم:

**(آ) درست است.** لطفاً به نکته زیر توجه فرمایید.

**نکته:** آرایش الکترونی یک گاز نجیب - که به  $ns^2 np^6$  یا  $1s^2$  ختم می‌شود - مربوط به خود گاز نجیب یا یون مثبت پایدار یا یون منفی پایدار باشد که به آرایش الکترونی آن گاز نجیب رسیده‌اند.

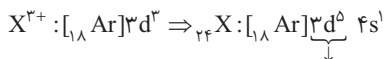
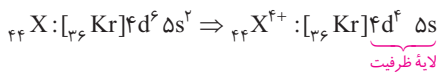
پس آرایش الکترونی  $1s^2$  می‌تواند مربوط به  $He$ ،  $H^-$  یا  $Li^+$  باشد.

**(ب) درست است.**  $Ni^{2+}$  و  $Fe$  اگرچه الکترون‌های برابر دارند ولی آرایش الکترونی آن‌ها متفاوت است. اما  $Ga^+$  و  $Zn$  هم تعداد الکترون‌های یکسان دارند و هم آرایش الکترونی یکسان:



**(پ) نادرست است.** ابتدا عدد اتمی X را به دست می‌آوریم:

عدد اتمی X برابر ۴۴ است پس یون  $X^{4+}$  دارای ۴۰ الکترون است.



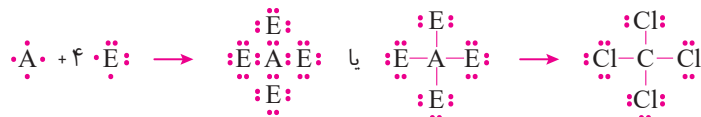
۵ الکترون  $n = 3, l = 2 \Rightarrow$

**(ت) نادرست است.**

## ۱۶. گزینه ۲

به بررسی عبارت‌های مطرح شده می‌پردازیم:

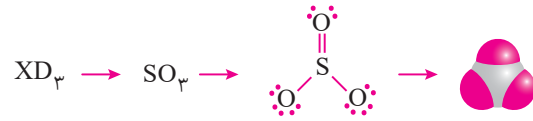
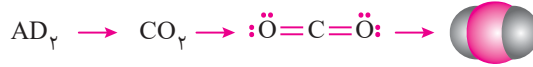
**عبارت اول: درست است.** مولکول حاصل از A و E به صورت  $AE_4$  است (A و E به ترتیب C و  $Cl$  است).



**عبارت دوم: درست است.** شمار پیوندهای کووالانسی در  $D_4(O_2)$  و  $Z_4X$  به ترتیب  $H$  و  $S$  هستند و  $Z_4X$  همان می باشد  $(H_4S)$  برابر است:



**عبارت سوم: درست است.** از واکنش  $(Cl_4A)O_4D$  و  $(Cl_4B)O_4D$  مولکولهای  $AD_4$  و  $(CO_2)$  و  $(SO_2)$  می تواند حاصل شود:



البته اکسیژن با کربن و گوگرد، کربن مونوکسید ( $CO$ ) و گوگرد دی اکسید ( $SO_2$ ) هم می تواند تشکیل دهد.

**عبارت چهارم: درست است.** عنصر  $Z, D$  و  $E$  (به ترتیب  $H, O, Cl$ ) در دما و فشار اتاق به شکل مولکولهای دو اتمی  $H_2, O_2$  و  $Cl_2$  وجود دارند.

## ۱۷. گزینه ۱

### درس نامه ۲۷ نحوه تشکیل ترکیبهای یونی

از مدت‌ها پیش شیمی‌دان‌ها بی بردند که **گازهای نجیب** در طبیعت به شکل **تک‌اتمی** یافت می‌شوند. این واقعیت بیان‌گر این است که این گازها واکنش‌ناپذیر بوده یا واکنش‌پذیری بسیار کمی دارند. از این رو **پایدارند**. گازهای نجیب در بیرونی‌ترین لایه الکترونی خود (لایه ظرفیت) **هشت الکترون** دارند (به جز اتم هلیم که در تنها لایه الکترونی خود، **دو الکترون** دارد). بنابراین به نظر می‌رسد که وجود این لایه هشتایی، این اتم‌ها را پایدار کرده است.

### قاعده هشتایی و واکنش‌پذیری اتم‌ها

**قاعده هشتایی (اوکت):** به‌طور کلی اتم‌ها تمایل دارند با از دست دادن الکترون، گرفتن الکترون و نیز با اشتراک گذاشتن آن، به آرایش الکترونی یک گاز نجیب برسند. این قاعده را **قاعده هشتایی (یا اوکت)** و ... آرایش الکترونی اتم را در این حالت، **آرایش الکترونی هشتایی پایدار** می‌نامند.

**۱ رفتار شیمیایی هر اتم به تعداد الکترون‌های ظرفیت آن بستگی دارد، به‌طوری که می‌توان هشتایی شدن لایه ظرفیت و دستیابی به آرایش گاز نجیب را مبنای میزان واکنش‌پذیری آن‌ها دانست.**

**۲** وقتی اتم به آرایش هشتایی پایدار می‌رسد، از واکنش‌پذیری آن **کاسته** می‌شود و دیگر تمایل چندانی به تشکیل پیوندهای بیش‌تر از خود نشان نمی‌دهد. پس اتمی که لایه ظرفیت آن هشتایی نباشد (در زیرلایه‌های  $s$  و  $p$  بیرونی‌ترین لایه الکترونی خود کم‌تر از هشت الکترون داشته باشد) **واکنش‌پذیر** است، زیرا می‌تواند برای رسیدن به آرایش هشتایی پایدار با اتم‌های دیگر به مبادله یا اشتراک الکترون بپردازد.

**نکته:** البته این‌گونه نیست که اگر اتمی به آرایش گاز نجیب برسد واکنش‌پذیری آن به صفر برسد و دیگر اصلاً پیوند بیش‌تری تشکیل ندهد! همان‌طور که آرایش الکترونی بعضی اتم‌ها از قاعده آبغا پیروی نمی‌کند بعضی‌ها هم از قاعده هشتایی پیروی نمی‌کنند! (دلیلش فعلاً در موصله این کتاب نمی‌گنجد). برای مثال گوگرد با فلوئور می‌تواند ترکیب‌هایی با فرمول  $SF_2, SF_4, SF_6$  و تشکیل دهد که در دو مورد آخر، اتم گوگرد از هشتایی هم رد کرده است!

**۳** فلزهای واسطه در واکنش‌ها، الکترون از دست داده به یون مثبت (کاتیون) تبدیل می‌شوند. اما این یون‌ها بدون داشتن آرایش الکترونی گاز نجیب به پایداری می‌رسند. البته این مطلب استثناهایی هم دارد؛ یعنی بعضی از فلزهای واسطه با تبدیل شدن به کاتیون می‌توانند آرایش الکترونی گاز نجیب را به دست آورند. برای مثال اسکاندیم ( $Sc$ ) و ایتربیم ( $Y$ ) با از دست دادن سه الکترون و تبدیل شدن به یون سه بار مثبت ( $3+$ ) به آرایش گاز نجیب ماقبل خود می‌رسند:





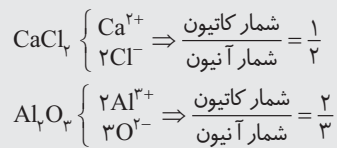
## چگونگی تشکیل پیوندهای یونی

دانستیم که فلزها تمایل دارند با از دست دادن الکترون‌های ظرفیت خود به آرایش الکترونی گاز نجیب پیش از خود برسند، در حالی که نافلز تمایل دارند با گرفتن الکترون به آرایش الکترونی گاز نجیب پس از خود دست یابند. از این رو، هنگامی که یک فلز فعال (مانند فلزهای گروه ۱ و ۲) با یک نافلز فعال (مانند هالوژن‌ها و اکسیژن) واکنش می‌دهد، اتم‌های فلز، الکترون از دست می‌دهد و اتم‌های نافلز، الکترون می‌گیرند. در نتیجه اتم‌های فلز به **کاتیون** و اتم‌های نافلز به **آنیون** تبدیل می‌شوند. میان این کاتیون‌ها و آنیون‌ها نیروی جاذبه‌ای به وجود می‌آید که به آن **پیوند یونی** می‌گویند. این پیوند نتیجه انتقال الکترون از اتم فلز به اتم نافلز است و به ترکیب حاصل، ترکیب یونی می‌گویند.

**نکته:** پیوند یونی **جاذبه‌ای** است که میان یون‌هایی با بار **ناهمنام** به وجود می‌آید.

**نکته:** از دست دادن یا گرفتن الکترون نشانه‌ای از **رفتار شیمیایی** اتم است.

۵ ماده حاصل از سدیم و کلر، سدیم کلراید NaCl نامیده می‌شود. در این ترکیب نسبت یون‌های سازنده آن ۱ به ۱ است، یعنی به ازای یک کاتیون یک آنیون وجود دارد. در کلسیم کلراید و آلومینیم اکسید این نسبت برابر ۱ به ۲ و ۲ به ۳ است:



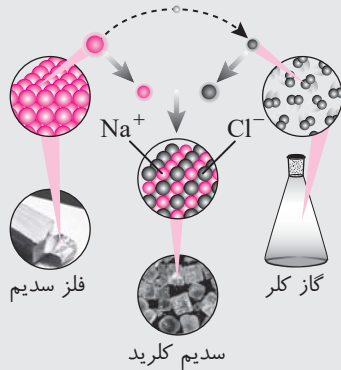
- ۶ ترکیب‌های یونی که تنها از دو عنصر ساخته شده‌اند، **ترکیب یونی دوتایی** نامیده می‌شود.
- ۷ ترکیب یونی شامل تعداد بسیار زیادی یون با آرایشی منظم است که در ساختار آن‌ها مولکولی وجود ندارد. از این رو در متون علمی برای آن‌ها واژه مولکول را به کار نمی‌برند.
- ۸ هر ترکیب یونی (مانند NaCl) از لحاظ بار الکتریکی خنثی است؛ زیرا مجموع بار الکتریکی کاتیون‌ها با مجموع بار الکتریکی آنیون‌ها برابر است.

## طرز تشخیص ترکیب‌های یونی

تا این جا دانستیم که از واکنش یک فلز و یک نافلز، یک ترکیب یونی به وجود می‌آید، اما برای تشخیص بهتر ترکیب‌های یونی، لازم است موارد زیر را در نظر بگیریم:

۱ پیوند فلزهای گروه ۱ و ۲ (به جز Be) با نافلزها یا آنیون‌های چنداتی، از نوع یونی است. مانند NaCl، LiF، K<sub>2</sub>S، NaNO<sub>3</sub>، KClO<sub>4</sub> و ...

**نکته:** یون‌های Be<sup>2+</sup> و B<sup>3+</sup> به دلیل شعاع یونی بسیار کوچک، چگالی بار الکتریکی بسیار زیادی دارند. از این رو ناپایدار بوده و در طبیعت تشکیل نمی‌شوند. از این رو هیچ کدام از ترکیب‌های برلییم و بور (مانند BeF<sub>2</sub>، BeCl<sub>2</sub>، BCl<sub>3</sub> و ...) یونی نیستند و همگی جزو ترکیب‌های مولکولی به شمار می‌آیند.



● معروف‌ترین ترکیب یونی، نمک خوراکی سدیم کلراید است که در طبیعت یافت می‌شود و آن را با فرمول شیمیایی NaCl نشان می‌دهد. این فرمول نشان می‌دهد که سدیم کلراید از دو عنصر سدیم و کلر تشکیل شده است. سدیم فلزی براق، نرم و بسیار واکنش‌پذیر است. از طرف دیگر، کلر یک نافلز است که به صورت مولکول دو اتمی (Cl<sub>2</sub>) و گازی شکل به رنگ زرد وجود دارد. این گاز که بسیار واکنش‌پذیر نیست. وقتی این دو عنصر در کنار هم قرار بگیرند، با انجام یک واکنش شدید و گرماده، ترکیب سفید رنگی برجای می‌گذارند که همان نمک خوراکی است.

۱. در این واکنش، اتم سدیم الکترون لایه آخر خود را به اتم کلر می‌دهد تا به آرایش پایدار گاز نجیب پیش از خود (نتون -  $_{10}\text{Ne}$ ) برسد:

$$_{11}\text{Na} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 \xrightarrow{-1e^-} _{11}\text{Na}^+ : 1s^2 2s^2 2p^6$$

۲. اتم کلر با گرفتن یک الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب هم‌دوره خود (آرگون،  $_{18}\text{Ar}$ ) می‌رسد:

$$_{17}\text{Cl} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 \xrightarrow{+1e^-} _{17}\text{Cl}^- : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$$

۳. یون‌های  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  به سبب داشتن بار الکتریکی مخالف، یک‌دیگر را می‌ربایند و جاذبه‌ای قوی که همان پیوند یونی است بین آن‌ها پدید می‌آید.

۴. اندازه یک کاتیون از اتم خنثی خود کوچک‌تر اما اندازه یک آنیون از اتم خنثی خود بزرگ‌تر است:

اندازه:  $\text{Na}^+ < \text{Na}$

اندازه:  $\text{Cl}^- > \text{Cl}$

**نکته:** یون  $\text{Al}^{3+}$  نیز چگالی بار الکتریکی زیادی دارد و به راحتی تشکیل نمی‌شود. Al فقط با نافلزهای فعال مانند فلئور و اکسیژن و هم‌چنین با برخی از آنیون‌های چند اتمی اکسیژن‌دار (مانند  $\text{SO}_4^{2-}$ ،  $\text{NO}_3^-$ ،  $\text{PO}_4^{3-}$  و ...) پیوند یونی تشکیل می‌دهند. بنابراین ترکیب‌هایی مانند  $\text{AlF}_3$ ،  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ،  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ،  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ،  $\text{AlPO}_4$  و ... ترکیب‌های یونی به شمار می‌آیند ولی ترکیب‌هایی مانند  $\text{AlCl}_3$  و  $\text{AlBr}_3$  ترکیب یونی محسوب نمی‌شوند.

۲ پیوند فلزهای واسطه با نافلزها بسته به عوامل مختلف، در برخی موارد یونی و در برخی موارد کووالانسی است ولی فعلاً پیوند بین فلزهای واسطه و نافلزها را یونی فرض می‌کنیم.

۳ کاتیون چند اتمی (آمونیم  $(\text{NH}_4)^+$ ) اگرچه یون یک فلز به شمار نمی‌آید ولی ترکیب‌های آن با نافلزها و آنیون‌های چند اتمی، همگی یونی به شمار می‌آیند. مانند  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ،  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  و ...

اکنون به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم:

(آ) نادرست است. همان‌طور که گفته شد در ترکیب‌های یونی چیزی به نام مولکول نداریم!

(ب) درست است. اندازه یون Cl بزرگ‌تر از اتم Cl اما اندازه یون  $\text{Na}^+$  کوچک‌تر از اتم Na است.

(پ) درست است.

(ت) نادرست است. یون‌های  $_{11}\text{Na}^+$  و  $_{17}\text{Cl}^-$  هم الکترون نیستند. یون  $_{11}\text{Na}^+$  دارای ۱۰ الکترون اما یون  $_{17}\text{Cl}^-$  دارای ۱۸ الکترون است.

## ۱۸. گزینه ۱

### نام‌گذاری ترکیب‌های یونی

#### نام‌گذاری یونها

۱ یونها به دو گروه تک‌اتمی و چنداتمی دسته‌بندی می‌شوند:

آ- یون تک‌اتمی، کاتیون یا آنیونی است که تنها از یک اتم تشکیل شده است، مانند  $\text{Na}^+$ ،  $\text{Mg}^{2+}$ ،  $\text{F}^-$  و  $\text{O}^{2-}$ .

ب- یون چند اتمی، کاتیون یا آنیونی است که از دو یا چند اتم یکسان یا متفاوت تشکیل شده است، مانند  $\text{NH}_4^+$  و  $\text{ClO}_4^-$ .

۲ برای نامیدن کاتیون‌های تک‌اتمی، پیش از نام عنصر، کلمه یون را اضافه می‌کنیم، مانند:

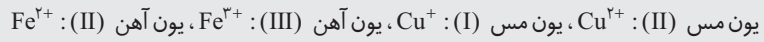
یون سدیم:  $\text{Na}^+$       یون منیزیم:  $\text{Mg}^{2+}$

آ- برخی از فلزهای واسطه، می‌توانند بیش از یک یون پایدار تشکیل دهند. برای مثال آهن، یون‌های  $2+$  و  $3+$  و مس یون‌های  $1+$  و  $2+$  تشکیل

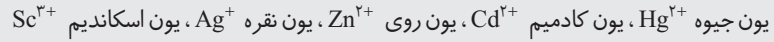




می دهند. برای نامیدن این یون‌ها، بار آن‌ها را با عدد رومی داخل پرانتز بعد از نام فلز می آوریم، یعنی:



**نکته:** برخی از فلزهای واسطه مانند نقره، روی، کادمیم و جیوه، فقط یک نوع کاتیون تک اتمی ایجاد می کنند. این یون‌ها عبارتند از:



ب- برای نشان دادن بار یون عنصرهایی که تنها یک کاتیون تشکیل می دهند، مانند یون سدیم ( $\text{Na}^+$ ) و منیزیم ( $\text{Mg}^{2+}$ ) (همه یون‌های

فلزهای گروه ۱ و ۲ و  $\text{Al}^{3+}$ ) هرگز عدد رومی به کار نمی بریم. برای مثال نام گذاری یون به صورت منیزیم (II) درست نیست.

پ- در جدول زیر فهرست تعدادی از فلزهایی که بیش از یک نوع کاتیون تک اتمی تشکیل می دهند، آمده است.

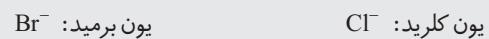
عنصر	فرمول یون	نام جدید	نام قدیمی
کرم	$\text{Cr}^{2+}$	یون کروم (II)	یون کرومو
	$\text{Cr}^{3+}$	یون کروم (III)	یون کرمیک
منگنز	$\text{Mn}^{2+}$	یون منگنز (II)	
	$\text{Mn}^{3+}$	یون منگنز (III)	
آهن	$\text{Fe}^{2+}$	یون آهن (II)	یون فرو
	$\text{Fe}^{3+}$	یون آهن (III)	یون فریک
کبالت	$\text{Co}^{2+}$	یون کبالت (II)	
	$\text{Co}^{3+}$	یون کبالت (III)	
مس	$\text{Cu}^+$	یون مس (I)	یون کوپرو
	$\text{Cu}^{2+}$	یون مس (II)	یون کوپریک
قلع	$\text{Sn}^{2+}$	یون قلع (II)	یون استانو
	$\text{Sn}^{4+}$	یون قلع (IV)	یون استانیک

همان‌طور که در جدول فوق مشاهده می شود، برخی از یون‌های فلزی، دارای نام‌های متداول خاصی هستند. در این یون‌ها برای ظرفیت

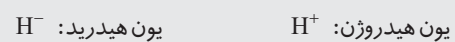
کوچک‌تر، از پسوند «و» و برای ظرفیت بزرگ‌تر، از پسوند «یک» استفاده می شود.

۳ برای نامیدن آنیون‌های تک اتمی، افزون بر به کار بردن کلمه یون پیش از نام آنیون، به انتهای نام نافلز (یا ریشه لاتین آن) پسوند «ید»

اضافه می کنیم، مانند:



**نکته:** هیدروژن تنها عنصری است که هم کاتیون تک اتمی و هم آنیون تک اتمی دارد:



**نکته:** البته تمام آنیون‌هایی که به «ید» ختم می شوند تک اتمی نیستند. برخی از آنیون‌ها چند اتمی نیز نامشان به این پسوند ختم می شود، مانند:



۴ کاتیون‌ها و آنیون‌های تک اتمی زیر را به خاطر بسپارید!

گروه ۱	گروه ۲	گروه ۱۳	گروه ۱۵	گروه ۱۶	گروه ۱۷
Li <sup>+</sup>			N <sup>۳-</sup> نیتريد	O <sup>۲-</sup> اكسيد	F <sup>-</sup> فلوئوريد
Na <sup>+</sup>	Mg <sup>۲+</sup>	Al <sup>۳+</sup>	P <sup>۳-</sup> فسفيد	S <sup>۲-</sup> سولفيد	Cl <sup>-</sup> كلريد
K <sup>+</sup>	Ca <sup>۲+</sup>				Br <sup>-</sup> برميد
Rb <sup>+</sup>	Sr <sup>۲+</sup>				I <sup>-</sup> يديد
Cs <sup>+</sup>	Ba <sup>۲+</sup>				

۵ مهم‌ترین یون‌های چنداتمی مربوط به گروه‌های مختلف به قرار زیر است. در ساختار یون‌های چنداتمی، اتم‌ها با یک‌دیگر پیوند کووالانسی دارند و در واکنش‌ها به صورت یک واحد مستقل عمل می‌کنند.

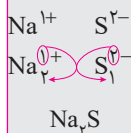
یون‌های متفرقه	گروه ۱۴	گروه ۱۵	گروه ۱۶	گروه ۱۷
پرمنگنات MnO <sub>۴</sub> <sup>-</sup>	سیانید CN <sup>-</sup>	آمونیم NH <sub>۴</sub> <sup>+</sup>	پراکسید O <sub>۲</sub> <sup>۲-</sup>	هیپوکلریت ClO <sup>-</sup>
مگنات MnO <sub>۴</sub> <sup>۲-</sup>	هیدروژن کربنات HCO <sub>۳</sub> <sup>-</sup>	نیتريت NO <sub>۲</sub> <sup>-</sup>	هیدروکسید OH <sup>-</sup>	کلریت ClO <sub>۲</sub> <sup>-</sup>
کرومات CrO <sub>۴</sub> <sup>۲-</sup>	کربنات CO <sub>۳</sub> <sup>۲-</sup>	نیتريت NO <sub>۳</sub> <sup>-</sup>	سولفیت SO <sub>۳</sub> <sup>۲-</sup>	کلرات ClO <sub>۳</sub> <sup>-</sup>
دی کرومات Cr <sub>۲</sub> O <sub>۷</sub> <sup>۲-</sup>	اکسالات C <sub>۲</sub> O <sub>۴</sub> <sup>۲-</sup>	فسفات PO <sub>۴</sub> <sup>۳-</sup>	سولفات SO <sub>۴</sub> <sup>۲-</sup>	پر کلرات ClO <sub>۴</sub> <sup>-</sup>
آزید N <sub>۳</sub> <sup>-</sup>	استات (اتانوات) CH <sub>۳</sub> COO <sup>-</sup>	دی‌هیدروژن فسفات H <sub>۲</sub> PO <sub>۴</sub>	هیدروژن سولفات HSO <sub>۴</sub> <sup>-</sup>	
		هیدروژن فسفات HPO <sub>۴</sub> <sup>۲-</sup>	هیدروژن سولفید HS <sup>-</sup>	

### قاعده فرمول نویسی ترکیب‌های یونی

مراحل فرمول نویسی ترکیب‌های یونی به صورت زیر است:

- ۱ نماد شیمیایی کاتیون و آنیون را کنار هم می‌نویسیم، به طوری که کاتیون در سمت چپ قرار گیرد.
- ۲ اگر بار کاتیون با بار آنیون متفاوت بود، برای این که مجموع بارهای مثبت با مجموع بارهای منفی یکسان شود، بار کاتیون را به عنوان زیروند آنیون و بار آنیون را به عنوان زیروند کاتیون قرار می‌دهیم. در ضمن چون باید ساده‌ترین نسبت بین یون‌ها برقرار باشد، زیروندها را ساده می‌کنیم. و در انتها، بار یون‌ها را حذف می‌کنیم.
- ۳ برای نام گذاری ترکیب‌های یونی، ابتدا نام کاتیون را آورده و سپس نام آنیون را به آن می‌افزاییم.

**مثال .** فرمول شیمیایی سدیم سولفید را بنویسید.



**پاسخ:** کاتیون را سمت چپ و آنیون را در سمت راست، کنار یک‌دیگر قرار می‌دهیم:

سپس بار هر یون را زیروند یون دیگر قرار می‌دهیم.

زیروند ۱ در فرمول شیمیایی ترکیب‌ها نوشته نمی‌شود، پس:

**مثال .** فرمول شیمیایی آلومینیم اکسید را بنویسید:



**پاسخ:**





**مثال .** فرمول شیمیایی مس (II) سولفات را بنویسید.



**پاسخ :**

به چند مثال دیگر که در جدول زیر ارائه شده است توجه فرمایید:

نام ترکیب	۱- نوشتن کاتیون در سمت چپ و آنیون در سمت راست	۲- قرار دادن بار هر یون به عنوان زیروند یون دیگر و ساده کردن زیروندها	۳- حذف بار یون‌ها
منیزیم نیتريد	$\text{Mg}^{2+} \text{N}^{3-}$	$\text{Mg}_3^{2+} \text{N}_2^{3-}$	$\text{Mg}_3 \text{N}_2$
آمونیم دی کرومات	$(\text{NH}_4^+) (\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$	$(\text{NH}_4^+)_2 (\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})_1$	$(\text{NH}_4)_2 \text{Cr}_2\text{O}_7$
کلسیم هیدروژن کربنات	$\text{Ca}^{2+} (\text{HCO}_3^-)$	$\text{Ca}_1^{2+} (\text{HCO}_3^-)_2$	$\text{Ca} (\text{HCO}_3)_2$
آلومینیم فسفات	$\text{Al}^{3+} (\text{PO}_4^{3-})$	بار یون‌ها مساوی است پس مرحله ۲ نداریم	$\text{AlPO}_4$
کلسیم هیپوکلریت	$\text{Ca}^{2+} (\text{ClO}^-)$	$\text{Ca}_1^{2+} (\text{ClO}^-)_2$	$\text{Ca} (\text{ClO})_2$

به بررسی تک تک گزینه‌ها می‌پردازیم:

$$\text{آمونیم سولفات } (\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4 \Rightarrow \frac{\text{شمار اتم‌های نیتروژن}}{\text{شمار اتم‌های اکسیژن}} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$$

$$\text{گزینه «۱» : کلسیم نیترات } \text{Ca} (\text{NO}_3)_2 \left\{ \begin{array}{l} \text{Ca}^{2+} \\ 2 \text{NO}_3^- \end{array} \Rightarrow \frac{\text{شمار کاتیون}}{\text{شمار آنیون}} = \frac{1}{2}$$

$$\text{گزینه «۲» : آلومینیم نیتريد } \text{AlN} \left\{ \begin{array}{l} \text{Al}^{3+} \\ \text{N}^{3-} \end{array} \Rightarrow \frac{\text{شمار کاتیون}}{\text{شمار آنیون}} = \frac{1}{1}$$

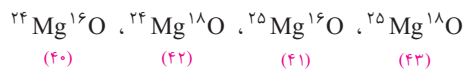
$$\text{گزینه «۳» : مس (II) سولفات } \text{Cu}_2 (\text{PO}_4)_3 \left\{ \begin{array}{l} 2 \text{Cu}^{2+} \\ 3 \text{PO}_4^{3-} \end{array} \Rightarrow \frac{\text{شمار کاتیون}}{\text{شمار آنیون}} = \frac{4}{3}$$

$$\text{گزینه «۴» : مس (II) کربنات } \text{PbCO}_3 \left\{ \begin{array}{l} \text{Pb}^{2+} \\ \text{CO}_3^{2-} \end{array} \Rightarrow \frac{\text{شمار کاتیون}}{\text{شمار آنیون}} = \frac{1}{1}$$

پس گزینه «۱» درست است.

### گزینه ۱۹

از واکنش مخلوطی از ایزوتوپ‌های  $^{16}\text{O}$  و  $^{18}\text{O}$  با ایزوتوپ‌های  $^{24}\text{Mg}$  و  $^{25}\text{Mg}$  اکسیدهایی با جرم مولی زیر به دست می‌آید:



همان‌طور که ملاحظه می‌شود هر چهار اکسید حاصل، جرم‌های مولی متفاوت دارند (پس **فعلاً گزینه‌های «۱» و «۴» حذف می‌شوند**). در ادامه داریم:

$$\frac{\text{جرم مولی سنگین‌ترین اکسید}}{\text{جرم مولی سبک‌ترین اکسید}} = \frac{43}{40} = 1.075$$

### گزینه ۲۰

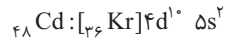
عبارت‌های درست و نادرست را معین می‌نماییم:

**(آ) درست است.** از آن‌جا که انرژی لایه‌های الکترونی پیرامون هسته هر اتم به عدد اتمی آن وابسته است، انرژی لایه‌ها و تفاوت انرژی میان

آن‌ها در اتم عنصرهای گوناگون (در این‌جا H و Li) **متفاوت است.**

**(ب) نادرست است.** در عنصرهای واسطه (مانند  $_{21}\text{Sc}$ ) سطح انرژی زیرلایه ns بالاتر از زیرلایه  $(n-1)d$  است.

**پ) درست است.** هلیم ( ${}^4\text{He}$ ) یک اتم دو الکترونی است و سطوح انرژی آن شبیه نمودار (II) است. همان طور که ملاحظه می شود  $n = 2$  به دو زیرلایه،  $n = 3$  به سه زیرلایه،  $n = 4$  به چهار زیرلایه و ... شکافته شده است. پس راه های انتقال الکترون از ترازهای بالاتر به ترازهای پایین تر بیش تر از اتم هیدروژن است، که این مطلب به معنای آن است که طیف نشری خطی هلیم، حاوی خطوط بیش تری است. (ت) نادرست است. به آرایش الکترونی  ${}_{48}\text{Cd}$  توجه نمایید:



آخرین الکترون ها به زیرلایه  $4d$  وارد می شوند. در لایه چهارم، چهار زیرلایه  $4s$ ،  $4p$ ،  $4d$  و  $4f$  وجود دارد که مجموع  $(n+1)$  آن ها عبارت است از:

	$4s$	$4p$	$4d$	$4f$
$n+1$	4	6	6	7

همان طور که ملاحظه می شود در لایه چهارم، کم ترین  $(n+1)$  مربوط به  $4s$  است نه  $4d$ .







پاسخنامه آزمون ۳: کل فصل اول

گزینه ۲

۱. **آ درست است.** یون  $A^{3+}$  دارای ۲۰ الکترون است، پس:  
جرم یک اتم برابر مجموع جرم پروتون و نوترون‌های آن است که به لحاظ عددی تقریباً برابر با عدد جرمی آن است:

$${}_{23}A^{3+} \Rightarrow N - e = 8 \Rightarrow N - 20 = 8 \Rightarrow N = 28$$

جرم اتم  $A = N + Z = 23 + 28 = 51 \text{ amu}$

در ضمن با توجه به آرایش الکترونی  ${}_{23}A$  می‌توان دریافت که در لایه ظرفیت آن، پنج الکترون وجود دارد:



**ب نادرست است.** قدرمطلق بار الکترون و یون  $H^+$  یکسان است و چون  $H^+$  فقط دارای یک پروتون است و جرم پروتون حدود ۲۰۰۰ مرتبه بیش‌تر از الکترون است، می‌توان نوشت:

$${}^1H^+ \Rightarrow \frac{\text{بار}}{\text{جرم}} = \frac{q}{m} = \frac{1}{2000} \times (\text{نسبت بار به جرم الکترون}) = \frac{1}{2000} \times (1/1836 \times 10^{-18}) = 8/18 \times 10^{-4} \frac{C}{g}$$

**پ درست است.** با توجه به این‌که تعداد الکترون‌های  $X$  و  $Y$  برابر است، می‌توان نوشت:

$$\left. \begin{array}{l} {}^A_Z X \Rightarrow e_X = Z \\ {}^A_{Z'} Y^{m-} \Rightarrow e_Y = Z' + m \end{array} \right\} \begin{array}{l} e_X = e_Y \\ \Rightarrow Z = Z' + m \end{array}$$

بنابراین عدد اتمی  $X$  (یعنی  $Z$ )  $m$  واحد بیش‌تر از عدد اتمی  $Y$  (یعنی  $Z'$ ) می‌باشد.

**ت نادرست است.** با سه ایزوتوپ اکسیژن، ۱۵ مولکول اوزون ( $O_3$ ) می‌توان تعریف نمود که حداقل دو اتم سازنده آن یکسان باشد با سه

ایزوتوپ اکسیژن، ۱۸ نوع مولکول  $O_3$  می‌توان رسم نمود که از میان آن‌ها فقط در حالت‌های  ${}^{18}O-{}^{16}O-{}^{16}O$ ،  ${}^{16}O-{}^{18}O-{}^{16}O$ ،  ${}^{16}O-{}^{16}O-{}^{18}O$  همهٔ اتم‌ها متفاوت هستند.

در مورد عبارت (ت) لطفاً به درس‌نامهٔ زیر توجه نمایید!

درس‌نامه ۲۹ n تا ایزوتوپ ← ؟ تا مولکول؟

اگر عنصر  $A$  دارای  $n$  ایزوتوپ باشد تعداد انواع مولکول‌های  $A_p$  از رابطهٔ مقابل قابل محاسبه است:

$$A_p \text{ تعداد انواع مولکول‌های } = 1 + 2 + \dots + n$$

به عنوان مثال هیدروژن دارای سه نوع ایزوتوپ طبیعی است پس تعداد انواع مولکول‌های  $H_p$  عبارتند از:

$$H_p \text{ تعداد مولکول‌های } H_p \Rightarrow \text{نوع } 1 + 2 + 3 = 6 \Rightarrow H-H, D-D, T-T, H-D, D-T, H-T$$

اگر  $A$  و  $B$  به ترتیب دارای  $n$  و  $m$  ایزوتوپ باشند تعداد انواع مولکول‌های  $BA_p$  از رابطهٔ زیر قابل محاسبه است:

$$BA_p \text{ تعداد انواع } = m(1 + 2 + \dots + n)$$

به عنوان مثال  $S$  و  $Cl$  به ترتیب دارای ۵ و ۲ ایزوتوپ هستند تعداد انواع مولکول‌های  $SCl_p$  برابر است با:

$$SCl_p \text{ تعداد مولکول‌های } SCl_p \text{ نوع } = 5(1 + 2) = 5 \times 3 = 15$$

اگر  $A$  و  $B$  به ترتیب دارای  $k$  و  $n$  ایزوتوپ باشند تعداد انواع مولکول‌های  $BA_m$  از رابطهٔ زیر قابل محاسبه است:

$$BA_m \text{ تعداد انواع } = k \times \frac{(m+n-1)!}{m!(n-1)!}$$

به عنوان مثال  $Si$  و  $Cl$  هر دو دارای دو نوع ایزوتوپ هستند تعداد انواع مولکول‌های  $SiCl_4$  برابر است با:

$$SiCl_4 \text{ تعداد مولکول‌های } SiCl_4 \text{ نوع } = 2 \times \frac{(4+2-1)!}{4!(2-1)!} = 2 \times \frac{5!}{4!1!} = 2 \times \frac{5 \times 4!}{4!} = 10$$

مولکول  $O_3$  را می توان به صورت  $OO_2$  در نظر گرفت که در این صورت تعداد انواع مولکول  $O_3$  برابر خواهد بود با:

$$O_3 \Rightarrow M_{O_3} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{100} = \frac{(45 \times 10) + (47 \times 90)}{100} = 46 / \text{amu}$$

↑ ۳ نوع ایزوتوپ O  
↑ تعداد مولکول های  $O_3$

## ۲. گزینه ۲

ابتدا جرم اتمی میانگین A و X را به طور جداگانه محاسبه می نماییم:

$$A \Rightarrow M_A = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{100} = \frac{(45 \times 10) + (47 \times 90)}{100} = 46 / \text{amu}$$

$$X \Rightarrow M_X = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{100} = \frac{(35 \times 20) + (37 \times 80)}{100} = 36 / \text{amu}$$

$$A_2 X_3 \Rightarrow M_{A_2 X_3} = 2(46 / 8) + 3(36 / 6) = 203 / 4 \text{amu}$$

و در ادامه می توان نوشت:

## ۳. گزینه ۱

به بررسی عبارتهای مطرح شده می پردازیم:

**عبارت اول: درست است.** آخرین عنصر دسته d، آخرین عنصر گروه ۱۲ است که عدد اتمی آن برابر ۱۱۲ می باشد. تعداد عنصرهای بین این دو عنصر برابر است با:

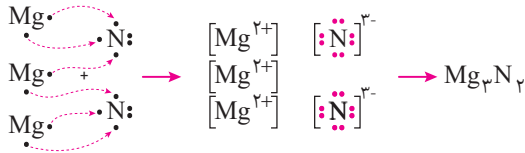
$$112 - 12 - 1 = 99 = \text{تعداد عنصرهای بین } Mg \text{ و عنصر } 112$$

**عبارت دوم: درست است.**

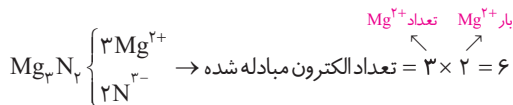
$$\% \text{ درصد ایزوتوپ } Mg^{26} = \frac{M_p F_p}{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_p F_p} \times 100 = \frac{11/17 \times 26}{(78/70 \times 24) + (10/13 \times 25) + (11/17 \times 26)}$$

$$\times 100 = 11/94 \approx 12\% \text{ درصد}$$

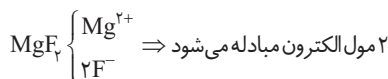
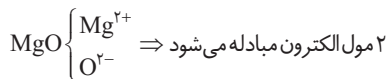
**عبارت سوم: درست است.** در تشکیل یک مول منیزیم نیتريد  $(Mg_3 N_2)$ ، ۶ مول الکترون مبادله می شود:



یا به طور ساده تر می توان نوشت:



این در حالی است که در تشکیل یک مول منیزیم اکسید  $(MgO)$  و یک مول منیزیم فلئوئورید  $(MgF_2)$  در مجموع ۴ مول الکترون مبادله می شود:



پس در تشکیل یک مول  $Mg_3 N_2$  بیش تر از مجموع شمار الکترون های مبادله شده در تشکیل یک مول از هر یک از  $MgO$  و  $MgF_2$  می باشد.

**عبارت چهارم: درست است.** برای این که محاسبات کوتاه تر شود بدین صورت عمل می کنیم: فرض می کنیم همه این ۶۴ اتم از نوع  $Mg^{24}$

$$24 \times 64 = 1536 \text{amu}$$

باشند، پس در این صورت جرم آن برابر خواهد بود با:





اما تعدادی از این‌ها  $(\frac{10}{100} \times 64)$  یک نوترون و تعدادی دیگر  $(\frac{11}{100} \times 64)$  دو نوترون بیش‌تر دارند، پس:

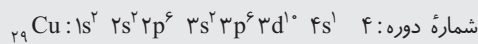
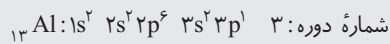
$$1536 + (\frac{10}{100} \times 64 \times 1) + (\frac{11}{100} \times 64 \times 2) = 1536 + 6.4 + 14.08 = 1556.48 \approx 1557 \text{amu}$$

#### گزینه ۱

### درس نامه ۳۰ تعیین موقعیت عنصرها در جدول دوره‌ای

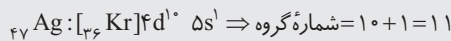
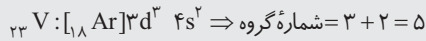
به کمک آرایش الکترونی اتم یک عنصر می‌توان شماره گروه و دوره آن عنصر را تعیین نمود.

**۱ تعیین شماره دوره (تناوب):** شماره بیرونی‌ترین لایه الکترونی، نشان‌دهنده شماره دوره عنصر است. به بیان دیگر **بزرگ‌ترین ضریب** در آرایش الکترونی (بزرگ‌ترین عدد کوانتومی اصلی  $(n)$ )، نشان‌دهنده شماره دوره عنصر مورد نظر است. به مثال‌های مقابل توجه نمایید:

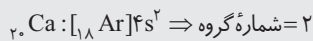


**۲ تعیین شماره گروه:** در تعیین شماره گروه، دو حالت وجود دارد:

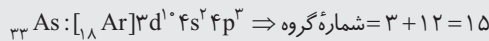
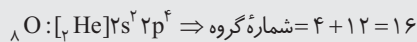
آ) اگر آرایش الکترونی به زیرلایه s ختم شده باشد، جمع توان زیرلایه s' و زیرلایه d مقابل آن (مجموع الکترون‌های  $(n-1)d ns$ ) و شماره گروه عنصر را نشان می‌دهد.



در صورتی که قبل از زیرلایه s، زیرلایه d نداشته باشیم، شماره گروه برابر توان s خواهد بود:



ب) اگر آرایش الکترونی به زیرلایه p ختم شده باشد، شماره گروه از رابطه روبه‌رو به دست می‌آید:



**۳ روش سرعتی در تعیین شماره دوره و گروه:** با توجه به این که گازهای نجیب در انتهای هر دوره جدول دوره‌ای قرار دارند، می‌توان از این عنصرها برای تعیین شماره دوره و گروه عنصرهای دیگر بهره گرفت.

**۳-۱: تعیین شماره دوره:** گازهای نجیب به ترتیب از بالا به پایین عبارتند از:

شماره دوره	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم
گاز نجیب	He	Ne	Ar	Kr	Xe	Rn
	۲	۱۰	۱۸	۳۶	۵۴	۸۶

در این روش لازم است که عدد اتمی گازهای نجیب را حفظ باشیم.

**مثال .** عنصری با عدد اتمی ۴۵ در کدام دوره جای دارد؟

**پاسخ:** چون عدد اتمی این عنصر از Xe کمتر است، پس این عنصر در دوره پنجم جای دارد.

**مثال .** عنصری با عدد اتمی ۳۹ در کدام دوره جای دارد؟

**پاسخ:** عدد اتمی ۳۹ از گاز نجیب Kr (یعنی دوره چهارم) رد شده و وارد دوره پنجم شده است. پس این عنصر متعلق به دوره پنجم می‌باشد.

**۳-۲: تعیین شماره گروه:** برای تعیین سریع‌تر شماره گروه عنصرها به دو صورت عمل می‌کنیم:

۱. در این روش نیازی به آخرین گاز نجیب یعنی Og ۱۱۸ نداریم!

۱. عدد اتمی گاز نجیب ماقبل را از عدد اتمی عنصر مورد نظر کم می کنیم؛ عدد به دست آمده همان عدد شماره گروه خواهد بود. به مثال های زیر توجه نمایید:

$$Z = 24 \xrightarrow{\text{گاز نجیب ماقبل [Ar]}_{18}} \Rightarrow 24 - 18 = 6 \text{ شماره گروه}$$

$$Z = 47 \xrightarrow{\text{گاز نجیب ماقبل [Kr]}_{36}} \Rightarrow 47 - 36 = 11 \text{ شماره گروه}$$

۲. عدد اتمی عنصر مورد نظر را از عدد اتمی گاز نجیب بعد، کم می کنیم، سپس عدد به دست آمده را از عدد ۱۸ کم می کنیم تا شماره گروه به دست آید. به مثال های زیر توجه نمایید:

$$Z = 24 \xrightarrow{\text{گاز نجیب بعد [Kr]}_{36}} \Rightarrow 36 - 24 = 12 \Rightarrow 18 - 12 = 6 \text{ شماره گروه}$$

$$Z = 47 \xrightarrow{\text{گاز نجیب بعد [Xe]}_{54}} \Rightarrow 54 - 47 = 7 \Rightarrow 18 - 7 = 11 \text{ شماره گروه}$$

**توجه!** لطفاً به هنگام تعیین دوره و گروه عنصرها به **روش سرعتی** به موارد زیر توجه نمایید:

۱. در مورد عددهای اتمی ۳ تا ۱۲ (عنصرهای دوره دوم و دو عنصر اول دوره سوم) بهتر است از روش های فوق استفاده نشود چون یک روش جواب درست و روش دیگر جواب نادرست می دهد<sup>۱</sup>. به مثال زیر توجه نمایید: ×

$$\text{B} \xrightarrow{\text{گاز نجیب ماقبل [He]}_2} \Rightarrow 5 - 2 = 3 \Rightarrow \text{شماره گروه} = 3 \text{ ، نادرست} \times$$

$$\text{B} \xrightarrow{\text{گاز نجیب بعد [Ne]}_{10}} \Rightarrow 10 - 5 = 5 \Rightarrow 18 - 5 = 13 \text{ ، درست} \checkmark$$

$$\text{Mg} \xrightarrow{\text{گاز نجیب ماقبل [Ne]}_{10}} \Rightarrow 12 - 10 = 2 \Rightarrow \text{شماره گروه} = 2 \text{ ، درست} \checkmark$$

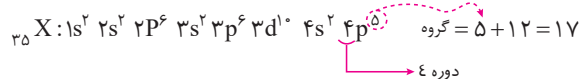
$$\text{Mg} \xrightarrow{\text{گاز نجیب بعد [Ar]}_{18}} \Rightarrow 18 - 12 = 6 \Rightarrow 18 - 6 = 12 \text{ ، نادرست} \times$$

*اصلاً بهتر است در این مورد برای حساب و کتاب از سر انگشتان مبارک استفاده کنید! اتفاقاً قبلی سریع تر به جواب می رسید!*

۲. در مورد عددهای اتمی ۱۳ تا ۱۸، شماره گروه برابر با عدد اتمی است. برای مثال Al در گروه ۱۳ و Cl در گروه ۱۷ جای دارد.

۳. عنصرهای دسته f (لانانیدها با عددهای اتمی ۵۷ تا ۷۰ و اکتینیدها با عددهای اتمی ۸۹ تا ۱۰۲) همگی در گروه ۳ جای دارند. پس در مورد این عنصرها به دفعه وقتتون رو صرف حساب و کتاب نکنین!!

عدد کوانتومی  $l = 1$  بیان گر زیرلایه p می باشد و اتمی که ۱۷ الکترون در زیرلایه p خود دارد، باید آرایش الکترونی آن به صورت زیر باشد:



همان طور که ملاحظه می شود آخرین زیرلایه اشغال شده اتم بالا (یعنی 4p) دارای ۵ الکترون است و این عنصر در دوره چهارم و گروه ۱۷ جدول دوره ای جای دارد.

### ۵. گزینه ۲

متن مورد نظر برگرفته از صفحه ۴ کتاب درسی است که ۳ مورد نادرست در آن وجود دارد؛ این موارد عبارتند از:

- ۱- دما و سن ← دما و اندازه ۲- مولکول هایی ← عنصرهایی ۳- اتم های سبک ← اتم های سنگین

### ۶. گزینه ۴

با توجه به توضیحات ارائه شده، آرایش الکترونی عنصر مورد نظر به صورت روبه رو است:

$${}_{33}X: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3 \quad \text{گروه} = 3 + 12 = 15$$

↓  
دوره ۴

۱. دلیل آن هم این است که دوره های دوم و سوم بین گروه های دوم تا سیزدهم هیچ عنصری وجود ندارد به همین دلیل روش اول برای عنصرهای گروه ۱ و ۲ دوره های دوم و سوم جوابگوست ولی برای عنصرهای گروه ۱۳ تا ۱۷ جوابگو نیست. به دلیل مشابه روش دوم برای عنصرهای گروه ۱ و ۲ دوره های دوم و سوم جوابگو نیست اما برای عنصرهای گروه ۱۳ تا ۱۷ جوابگوست.





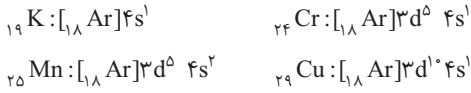
اکنون به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم:

(آ) درست است. گاز نجیب دوره چهارم  $Kr$  است (که در گروه ۱۸ جای دارد) عدد اتمی آن ۳۶ می‌باشد. پس اگر سه واحد از آن کم کنیم به عدد اتمی X می‌رسیم:

$$36 - 3 = 33$$

(ب) نادرست است. اتم X، در بیرونی‌ترین لایه خود (لایه چهارم) تنها ۵ الکترون دارد.

(پ) نادرست است.  $X$  با چهار عنصر  $K$ ،  $Cr$ ،  $Mn$  و  $Cu$  هم‌دوره است که در لایه ظرفیت خود، دارای زیرلایه نیم‌پر هستند:



(ت) درست است. با توجه به آرایش الکترونی  $X$  می‌توان نوشت:

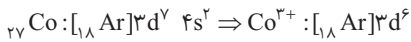
$$\left. \begin{aligned} n+1=4 \Rightarrow 3p^6, 4s^2 \Rightarrow 8e^- \\ n+1=5 \Rightarrow 3d^1, 4p^3 \Rightarrow 13e^- \end{aligned} \right\} \Rightarrow 13 - 8 = 5e^-$$

۷. گزینه ۲

عدد اتمی اولین عنصر دوره چهارم ۱۹ (K) است، پس اگر ۱۹ را با ۹ جمع کنیم عدد اتمی کبالت به دست می‌آید:

$$19 + 9 = 28 = \text{عدد اتمی کبالت}$$

در  $CoCl_2$  کاتیون به صورت  $Co^{3+}$  می‌باشد، پس می‌توان نوشت:



**تذکر:** لازم است که عدد اتمی ۳۸ عنصر اول جدول دوره‌ای را حفظ باشید!

۸. گزینه ۲

ابتدا باید محاسبه کنیم که در یک میلی‌گرم  $NaTcO_4$ ، چند گرم Tc وجود دارد:

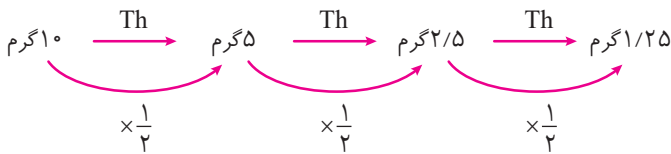
$$1mg = 10^{-3} g \quad NaTcO_4 \text{ جرم مولی} = 23 + 99 + 4(16) = 186 g \cdot mol^{-1}$$

$$\begin{matrix} \text{گرم Tc} & \text{گرم NaTcO}_4 \\ \left[ \begin{array}{cc} 99 & 186 \\ x & 10^{-3} \end{array} \right] & \Rightarrow x = 5/3 \times 10^{-4} g Tc \end{matrix}$$

اکنون با توجه به نمودار باید نیم عمر تکنسیم را به دست آوریم. برای این منظور به دو روش می‌توان عمل نمود.

**روش اول:** فرض می‌کنیم نیم عمر تکنسیم T ساعت است. باید مشخص کنیم چند نیم عمر باید بگذرد تا مقدار تکنسیم از ۱۰ گرم به ۱/۲۵

گرم برسد:



بنابراین پس از سه نیم عمر (۳T) جرم تکنسیم از ۱۰ گرم به ۱/۲۵ گرم کاهش می‌یابد. با توجه به نمودار زمان ۳T منطبق با ۱۸ ساعت

$$3T = 18h \Rightarrow T = T_{\frac{1}{2}} = 6h$$

است، پس:

$$\text{مقدار باقی مانده} = \left(\frac{1}{2}\right)^n \times \text{مقدار اولیه}$$

**روش دوم:**

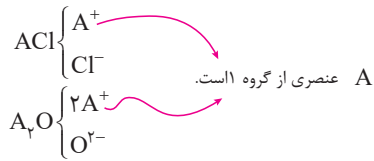
$$1/25 = 10 \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow 2^n \times 1/25 = 10 \Rightarrow 2^n = 8 \Rightarrow n = 3$$

$$\Delta t = n \times t_{\frac{1}{2}} \Rightarrow 18 = 3 \times t_{\frac{1}{2}} \Rightarrow t_{\frac{1}{2}} = 6h$$

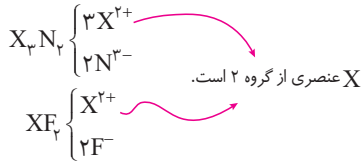
۲۴ ساعت معادل ۴ (۴×۶=۲۴) نیم‌عمر است، پس مقدار باقی‌مانده تکنسیم پس از ۲۴ ساعت برابر خواهد بود با:

$$10 \text{ گرم} \times \left(\frac{1}{2}\right)^4 = 5/3 \times 10^{-4} \times \left(\frac{1}{16}\right) = 3/3 \times 10^{-8} g Tc$$

۹. گزینه ۲

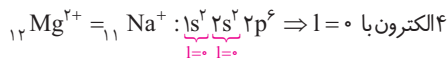


با توجه به این که اتم A با اتم های Cl و O ترکیب های یونی با فرمول ACl و A<sub>2</sub>O تشکیل می دهد. می توان دریافت که A عنصری از گروه اول است (عنصرهای گروه اول، کاتیون هایی با بار (+۱) ایجاد می کنند). A همان سدیم <sup>۱۱</sup>Na است (عنصری از گروه ۱ و دوره ۳)



از سوی دیگر با توجه به این که X با اتم های N و F ترکیب های یونی با فرمول X<sub>3</sub>N<sub>2</sub> و XF<sub>2</sub> تشکیل می دهد می توان دریافت که X عنصری از گروه دوم است (عنصرهای گروه ۲، کاتیون هایی با بار (+۲) ایجاد می کنند) X همان منیزیم، <sup>۱۲</sup>Mg است.

تعداد الکترون های A<sup>+</sup> (<sup>۱۱</sup>Na<sup>+</sup>) و X<sup>۲+</sup> (<sup>۱۲</sup>Mg<sup>۲+</sup>) یکسان و لذا آرایش الکترونی آنها هم یکسان است:



پس هر دو کاتیون Na<sup>+</sup> و Mg<sup>۲+</sup> دارای ۴ الکترون با l=0 هستند.

بررسی سایر گزینه ها:

گزینه «۱»: اتم هیچ عنصری در دوره سوم (مانند <sup>۱۱</sup>Na و <sup>۱۲</sup>Mg) الکترونی با l=۲ (زیر لایه d) ندارد.

گزینه «۳»: همان طور که در بالا عرض شد A و X به ترتیب در گروه اول و دوم هستند.

گزینه «۴»: مجموع شمار تک الکترون ها در آرایش الکترون - نقطه ای A (<sup>۱۱</sup>Na) و X (<sup>۱۲</sup>Mg) برابر با تعداد تک الکترون ها در آرایش الکترون - نقطه ای N می باشد:



۱۰. گزینه ۳

پرسش های ارائه شده را پاسخ دهیم:

آ) در دوره چهارم، ۱۸ عنصر وجود دارد، این در حالی است که در زیر لایه f (l=۳)، حداکثر ۱۴ الکترون جای می گیرد. بنابراین تعداد عنصرهای دوره چهارم ۴ واحد بیش تر از تعداد الکترون های زیر لایه l=۳ می باشد.

ب) درون خیارشور محلول سدیم کلرید (NaCl) وجود دارد. با برقراری جریان الکتریسیته اتم های سدیم برانگیخته می شوند و الکترون های آن با جذب انرژی به لایه های بالاتر انتقال می یابند که به هنگام برگشت به حالت پایه، نوری زرد رنگ را تابش می کنند.

پ) مدل اتمی بور تنها می توانست طیف نشری خطی هیدروژن را توجیه نماید از این رو دانشمندان به دنبال توجیه و علت ایجاد طیف نشری خطی دیگر عنصرها و نیز نشر نور از اتمها ساختاری لایه ای برای اتم ارائه کردند.

ت) با توجه به این که هر سال ۳۶۵ روز است، در طی یک سال،  $365 \times 10^{22}$  ذره انرژی به سوی زمین گسیل می شود. با توجه به رابطه انیشتین می توان نوشت:

$$E = mc^2 = 365 \times 10^{22} = m \times (3 \times 10^8)^2 \Rightarrow m = \frac{365 \times 10^{22}}{9 \times 10^{16}} = 40.56 \times 10^6 \text{ kg} = 40.56 \times 10^9 \text{ g}$$

۱۱. گزینه ۳

از آن جا که ایزوتوپ سنگین تر ۲ نوترون بیش تر از ایزوتوپ سبک تر دارد، جرم آن دو واحد بیش تر است:

$$M = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} \Rightarrow 204 / 4 = \frac{(M_1 \times 3) + [(M_1 + 2) \times 7]}{3 + 7} \Rightarrow M_1 = 203$$

ایزوتوپ سنگین تر    ایزوتوپ سبک تر



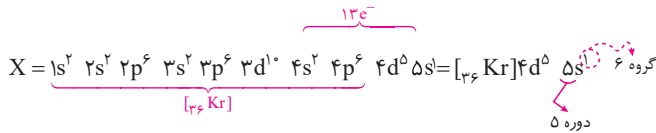


بس عدد جرمی ایزوتوپ سبکتر برابر ۲۰۳ است. از آنجا که تفاوت تعداد الکترون‌ها و نوترون‌ها در یون  $X^{3+}$  ایزوتوپ سبکتر برابر ۴۴ است می‌توان نوشت:

$$Z = \frac{|\Delta - q - A|}{2} = \frac{|44 - 3 - 203|}{2} = 81$$

### گزینه ۱

عدد کوانتومی  $l=0$  بیان‌گر زیرلایه s است و چون در اتم عنصر مورد نظر ۹ الکترون در این زیرلایه وجود دارد می‌توان دریافت که زیرلایه‌های ۱s، ۲s، ۳s و ۴s آن پر، اما زیرلایه ۵s نیم‌پر (۵s<sup>۱</sup>) است. از طرف دیگر چون در لایه چهارم آن ۱۳ الکترون وجود دارد می‌توان دریافت که آرایش الکترونی آن به صورت زیر است:



اکنون به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم:

**عبارت اول: درست است.** مطابق قاعده آفا باید ابتدا ۵s پر شود (به صورت ۵s<sup>۲</sup>) بعد ۴d. اما در این‌جا ۵s به‌طور کامل پر نشده است.

**عبارت دوم: نادرست است.** عدد اتمی عنصر مورد نظر برابر ۴۲ است ( $X_{42}$ ) و گازهای نجیب قبل و بعد آن به ترتیب عبارتند از  $Kr_{36}$  و  $Xe_{54}$  که به  $Kr_{36}$  نزدیک‌تر است، پس:

$$Xe_{54} - Kr_{36} = 18 \neq 42 - 36 = 6$$

**عبارت سوم: نادرست است.**  $X_{42}$  با  $Z_{51}$  هم‌دوره است (عنصرهای ۳۷ تا ۵۴ در دوره پنجم جدول دوره‌ای واقع‌اند)، اما با  $E_{75}$  هم‌گروه نیست. اگر ۴۲ را با ۳۲ جمع کنیم عدد اتمی عنصر هم‌گروه آن در دوره ششم به دست می‌آید ( $42 + 32 = 74$ ) توجه! گنجایش هر دوره به صورت زیر است:

دوره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
گنجایش	۲	۸	۸	۱۸	۱۸	۳۲	۳۲

**عبارت چهارم: نادرست است.** با توجه به آرایش الکترونی  $X_{42}$ ، شمار الکترون‌های ظرفیتی آن برابر ۶ است.  $XF_6$  نمی‌تواند یک ترکیب یونی باشد چون در این صورت باید حاوی کاتیون  $X^{6+}$  باشد که اصلاً چنین چیزی امکان‌پذیر نیست (حداکثر بار یک کاتیون پایدار (+۳) است).

### گزینه ۱

#### درس‌نامه ۳۱ ساختار لوویس

با مفهوم پیوند یونی آشنا شدیم و دیدیم که چگونه اتم‌ها برای رسیدن به آرایش الکترونی گاز نجیب به مبادله الکترون می‌پردازند. یکی دیگر از راه‌هایی که یک اتم می‌تواند به آرایش الکترونی گاز نجیب برسد این است که با یک یا چند اتم الکترون به اشتراک بگذارد. در این حالت میان دو اتم، پیوندی به وجود می‌آید که **پیوند اشتراکی (کووالانسی)** گفته می‌شود.

- **پیوند اشتراکی (کووالانسی):** پیوندی است که ناشی از **به اشتراک گذاشتن یک یا چند الکترون** بین دو اتم است. پیوند کووالانسی **غالباً** میان اتم‌های **نافلز** به جود می‌آید<sup>۱</sup> و از اتصال این اتم‌ها به یک‌دیگر مولکول‌ها به وجود می‌آیند.

- **ترکیب مولکولی:** به ترکیب‌های شیمیایی که در ساختار خود مولکول دارند، **ترکیب‌های مولکولی** می‌گویند.

- **فرمول مولکولی:** به فرمول شیمیایی که افزون بر نوع عنصرهای سازنده، شمار اتم‌های هر عنصر را نشان می‌دهد، فرمول مولکولی می‌گویند.

۱. پیوند اشتراکی (کووالانسی) منحصر به نافلزها نیست، بلکه در مواردی فلزها (مانند Be و Al) هم می‌تواند پیوند کووالانسی تشکیل دهند.



گیلبرت نیوتن لوویس (۱۹۴۶-۱۸۷۵) لوویس یکی از پیشتران دانش شیمی و بنیان‌گذار نظریه پیوند شیمیایی (کووالانسی) بود. این نظریه بر رسیدن اتم‌ها به آرایش گاز نجیب در مولکول‌ها تأکید دارد. آرایش الکترون - نقطه‌ای به افتخار وی ساختار لوویس نیز نامیده می‌شود. او بنیان‌گذار نظریه الکترونی اسید - باز بوده و واژه فوتون را برای ذره‌های سازنده نور پیشنهاد کرد. ۳۵ بار نامزد دریافت جایزه نوبل شد اما هیچ‌گاه نصیب او نشد! این ناکامی هیچ چیز از ارزشمندی و تأثیرگذاری کارهای علمی او کم نمی‌کند.

## آرایش الکترون - نقطه‌ای یا ساختار لوویس

آرایش الکترون - نقطه‌ای یا ساختار لوویس آرایشی است که برای نشان دادن الکترون‌های ظرفیتی اتم‌ها و چگونگی اتصال آن‌ها به یک‌دیگر به کار می‌رود. در ساختارهای لوویس، پیوندهای کووالانسی به وسیله جفت نقطه‌ها یا خط‌های کوتاه (-) نشان داده می‌شوند.

### قواعد رسم ساختارهای لوویس

برای رسم ساختارهای لوویس مراحل زیر را انجام می‌دهیم<sup>۱</sup>:

#### ۱ محاسبه شمار کل الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌های سازنده

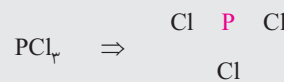
برای مثال  $PCl_3$  را در نظر بگیرید. تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت فسفر و کلر به ترتیب برابر ۵ و ۷ است:

$$= P + 3(Cl) = 5 + 3(7) = 26 \quad \text{تعداد کل الکترون‌های لایه ظرفیت}$$

**نکته:** اگر ترکیب دارای بار الکترونی باشد، به ازای هر بار منفی (-) یک الکترون اضافه کرده و به ازای هر بار مثبت (+) یک الکترون از مجموع شمار الکترون‌ها کم می‌کنیم.

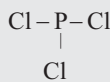
#### ۲ تعیین اتم مرکزی و چیدن اتم‌های اطراف آن

**اتم مرکزی** معمولاً اتمی است که در فرمول مولکولی، در سمت چپ نوشته می‌شود (به جز اتم هیدروژن)<sup>۲</sup>. مانند  $CH_4$ ،  $NH_3$ ،  $PCl_3$  و  $HCN$ . البته موارد استثنایی هم وجود دارد که در فرمول مولکولی، اتم سمت چپ، اتم مرکزی نیست. مانند  $Cl_2O$  که در آن اتم مرکزی O است نه Cl. پس در  $PCl_3$ ، اتم P اتم مرکزی است



#### ۳ اتصال اتم مرکزی به اتم‌های اطراف با پیوند یگانه

با اتصال اتم P به اتم‌های Cl داریم:



#### ۴ محاسبه الکترون‌های ظرفیتی باقی مانده و توزیع آن‌ها در اتم‌ها (با رعایت قاعده هشتایی)

**نکته:** به جفت الکترونی که در تشکیل پیوند کووالانسی شرکت می‌کند، **جفت الکترون پیوندی** و به جفت الکترونی که در تشکیل پیوند کووالانسی شرکت نمی‌کند و فقط به یکی از اتم‌ها تعلق دارد، **جفت الکترونی ناپیوندی** می‌گویند. (هر پیوند (-) معادل یک جفت الکترون پیوندی است)

**نکته:** اتم‌های هیدروژن همواره یک پیوند تشکیل می‌دهند، از این رو تنها با دو الکترون پایدار می‌شوند.

در  $PCl_3$  سه پیوند وجود دارد و هر پیوند معادل یک جفت الکترون است، پس:

$$PCl_3 \left\{ \begin{array}{l} = 26e^- \text{ شمار کل الکترون‌های ظرفیتی} \\ = 6e^- \text{ شمار کل الکترون‌های پیوندی} \end{array} \right\} \Rightarrow 26 - 6 = 20e^-$$

↓  
پیوند

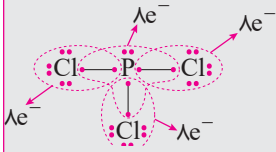
۱. در کتاب درسی رسم ساختار لوویس به صورت مقدماتی در فصل (۱) و به صورت پیشرفته‌تر در فصل (۲) ارائه شده است. اما ما که ولع آموختن و آموزان در این همه مطالب را به

صورت فوق پیشرفته‌تر در یک کلیج ارائه کرده‌ایم. پس مطالب این درس نامه را به دقت مطالعه کنید که در فصل (۲) توضیحات اضافی نخواستیم دارا

۲. در مولکول‌هایی با فرمول عمومی  $AB_n$ ، اتم A مرکزی است مانند  $NO_2$ ،  $Cl_2O$  و  $SF_6$ . یا این که بگوییم اتم مرکزی اتمی است که تعداد آن کم‌تر از بقیه است و اگر از دو اتم فقط یک عدد موجود باشد آن که شماره گروه کوچک‌تری دارد معمولاً اتم مرکزی است. مثلاً در  $CH_3Cl$ ، کربن اتم مرکزی است چون در گروه ۱۴ واقع است اما Cl در گروه ۱۷ است.







پس باید ۲۰ الکترون را میان اتم‌های P و Cl با رعایت قاعده هشتایی، توزیع نماییم:

**نکته:** مجموع الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی در مولکول، باید برابر با مجموع الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌های سازنده باشد.

نکته فوق را در مورد  $PCl_5$  می‌آزماییم:

**جفت الکترون‌های ناپیوندی تعداد پیوند**

$$\text{شمار کل الکترون‌های ظرفیتی اتم‌ها} = 5 \times (2) + 1 \times (2) = 12e^- = \text{مجموع الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی}$$

پس ساختار لوویس رسم شده برای  $PCl_5$  درست است.

**۵ تشکیل پیوند اضافی در صورت هشتایی نشدن اتم مرکزی**

اگر پس از مرحله (۴)، اتم مرکزی هشتایی نشده باشد، جفت الکترون‌های ناپیوندی اتم (های) مجاور را به یک پیوند جدید میان آن اتم (ها) و اتم مرکزی تبدیل کنیم تا با تشکیل پیوند (ها) اضافی به صورت دوگانه و سه‌گانه، اتم مرکزی به هشتایی پایدار برسد. لطفاً به مثال‌های زیر توجه نمایید:

**مثال . ساختار لوویس فرمالدهید ( $CH_2O$ ) را رسم نمایید.**

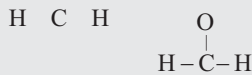


**پاسخ:** به مراحل زیر توجه نمایید:

۱- محاسبه شمار کل الکترون‌های ظرفیتی اتم‌ها:

$$C + 2(H) + O = 4 + 2(1) + 6 = 12e^-$$

۲- تعیین اتم مرکزی و چیدن اتم‌ها اطراف آن: C اتم مرکزی است (C، اتم سمت چپ در فرمول مولکولی است):



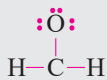
۳- اتصال اتم مرکزی به اتم‌های اطراف با پیوند یگانه:

۴- محاسبه الکترون‌های ظرفیتی باقی مانده و توزیع روی اتم‌ها:

$$CH_2O \left\{ \begin{array}{l} \text{شمار کل الکترون‌های ظرفیتی} = 12e^- \\ \text{شمار کل الکترون‌های پیوندی} = 3 \times (2) = 6e^- \end{array} \right\} \Rightarrow 12 - 6 = 6e^-$$

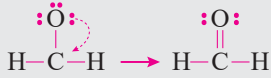
پیوند

با توزیع ۶ الکترون بر روی اتم‌ها (با رعایت قاعده هشتایی)، داریم:



۵- تشکیل پیوند اضافی در صورت هشتایی نشدن اتم مرکزی:

همان‌طور که می‌بینید اتم کربن هشتایی نشده است. پس باید یکی از جفت الکترون‌های ناپیوندی اکسیژن را به صورت یک پیوند اضافی



دریاباوریم:

**مثال . ساختار لوویس کربن دی‌اکسید ( $CO_2$ ) را رسم نمایید:**



**پاسخ:** به مراحل زیر توجه نمایید:

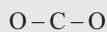
۱- محاسبه شمار کل الکترون‌های ظرفیتی اتم:

$$C + 2(O) = 4 + 2(6) = 16e^-$$

۲- تعیین اتم مرکزی و چیدن اتم‌های اطراف آن: C اتم مرکزی است.



۳- اتصال اتم مرکزی به اتم‌های اطراف با پیوند یگانه



۴- محاسبه الکترون‌های ظرفیتی باقی مانده و توزیع روی اتم‌ها:

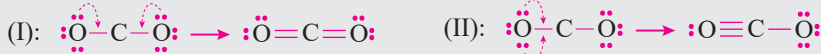
$$CO_2 \left\{ \begin{array}{l} \text{شمار کل الکترون‌های ظرفیتی} = 16e^- \\ \text{شمار کل الکترون‌های پیوندی} = 2 \times (2) = 4e^- \end{array} \right\} \Rightarrow 16 - 4 = 12e^-$$

پیوند



همان طور که ملاحظه می شود اتم کربن به هشتایی پایدار نرسیده است.

۵- تشکیل پیوند اضافی: برای تشکیل پیوندهای اضافی به دو صورت می توان عمل نمود:

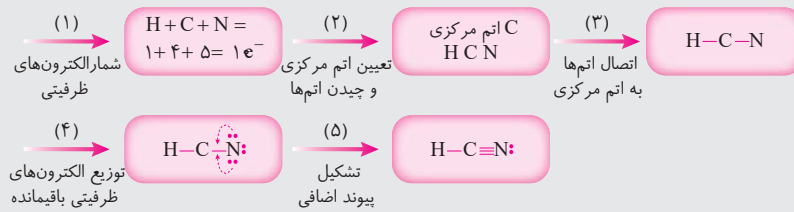


**نکته:** در رسم ساختار لوویس، نمایش پیوند دو گانه بر پیوند سه گانه مقدم است!

بنابراین ساختار (I) درست است.

### مثال . ساختار لوویس هیدروژن سیانید (HCN) را رسم کنید:

**پاسخ:** مراحل رسم ساختار لوویس HCN به صورت زیر است:



چند نکته به طور کلی:

۱ هرگاه اتم هالوژن، اتم کناری باشد، تنها یک پیوند کووالانسی تشکیل می دهد.

۲ اتم کربن، چهار پیوند تشکیل می دهد (البته در کربن مونوکسید CO، سه پیوند برقرار می کند)

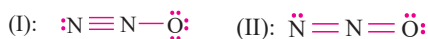
۳ اتم نیتروژن، سه پیوند تشکیل می دهد (در یون  $\text{NH}_4^+$ ، چهار پیوند برقرار می کند)

۴ اتم اکسیژن دو پیوند برقرار می کند.

اکنون بد نیست با توجه به فاعده های فوق، مراحل رسم ساختار لوویس مولکول های مطرح شده در کتاب درسی و هم چنین برخی مولکول های دیگر که در آزمون سراسری مکرراً آمده را بررسی نماییم.

مرحله (۱)	مرحله (۲)	مرحله (۳)	مرحله (۴)	مرحله (۵)
محاسبه شماره کل الکترونهاى لایه ظرفیت اتمهای سازنده	تعیین اتم مرکزی و چیدن اتمها اطراف آن	اتصال اتم مرکزی به اتمهای اطراف با پیوند یگانه	محاسبه الکترونهاى ظرفیتی باقی مانده و توزیع آنها روی اتمها (با رعایت قاعده هشتایی)	تشکیل پیوند اضافی در صورت هشتایی نشدن اتم مرکزی
$\text{H}_2\text{O}$ $\underbrace{(2 \times 1)}_{\text{H}} + \underbrace{(1 \times 6)}_{\text{O}} = 8$	H O H	H-O-H	$8 - 4 = 4e^-$ $\text{H}-\ddot{\text{O}}-\text{H}$	.....
$\text{NH}_3$ $\underbrace{(1 \times 5)}_{\text{N}} + \underbrace{(3 \times 1)}_{\text{H}} = 8$	H N H H	H-N-H   H	$8 - 6 = 2e^-$ $\text{H}-\ddot{\text{N}}-\text{H}$   H	.....

۱. البته در بعضی موارد کافی است پیوند سه گانه بر پیوند دو گانه مقدم باشد. برای مثال برای مولکول  $\text{N}_2\text{O}$  می توان دو ساختار زیر را در نظر گرفت که ساختار (I) با وجود



داشتن پیوند سه گانه بر ساختار (II) مقدم است.



مرحله (۱)	مرحله (۲)	مرحله (۳)	مرحله (۴)	مرحله (۵)
$\text{CH}_4$ $\underbrace{(1 \times 4)}_C + \underbrace{(4 \times 1)}_H = 8$	$\begin{array}{ccc} & \text{H} & \\ \text{H} & \text{C} & \text{H} \\ & \text{H} & \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$8 - 8 = 0$	.....
$\text{CCl}_4$ $\underbrace{(1 \times 4)}_C + \underbrace{(4 \times 7)}_{\text{Cl}} = 32$	$\begin{array}{ccc} & \text{Cl} & \\ \text{Cl} & \text{C} & \text{Cl} \\ & \text{Cl} & \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\   \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{Cl} \\   \\ \text{Cl} \end{array}$	$32 - 8 = 24e^-$ $\begin{array}{c} \text{:Cl:} \\   \\ \text{:Cl}-\text{C}-\text{Cl:} \\   \\ \text{:Cl:} \end{array}$	.....
$\text{CH}_2\text{Cl}_2$ $\underbrace{(1 \times 4)}_C + \underbrace{(2 \times 1)}_H + \underbrace{(2 \times 7)}_{\text{Cl}} = 20$	$\begin{array}{ccc} & \text{Cl} & \\ \text{H} & \text{C} & \text{Cl} \\ & \text{H} & \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{Cl} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$20 - 8 = 12e^-$ $\begin{array}{c} \text{:Cl:} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{Cl:} \\   \\ \text{H} \end{array}$	.....
$\text{NF}_3$ $\underbrace{(1 \times 5)}_N + \underbrace{(3 \times 7)}_F = 26$	$\begin{array}{ccc} \text{F} & \text{N} & \text{F} \\ & \text{F} & \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{F}-\text{N}-\text{F} \\   \\ \text{F} \end{array}$	$26 - 6 = 20e^-$ $\begin{array}{c} \text{:F:} \\   \\ \text{:F}-\text{N}-\text{F:} \\   \\ \text{:F:} \end{array}$	.....
$\text{SiBr}_4$ $\underbrace{(1 \times 4)}_{\text{Si}} + \underbrace{(4 \times 7)}_{\text{Br}} = 32$	$\begin{array}{ccc} & \text{Br} & \\ \text{Br} & \text{Si} & \text{Br} \\ & \text{Br} & \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{Br} \\   \\ \text{Br}-\text{Si}-\text{Br} \\   \\ \text{Br} \end{array}$	$32 - 8 = 24e^-$ $\begin{array}{c} \text{:Br:} \\   \\ \text{:Br}-\text{Si}-\text{Br:} \\   \\ \text{:Br:} \end{array}$	.....
$\text{O}_2$ $2 \times 6 = 12$	اتم مرکزی ندارد	O-O	$12 - 2 = 10e^-$ $\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}-\ddot{\text{O}}\text{:} \\ \curvearrowright \end{array}$	$\text{:}\ddot{\text{O}}=\ddot{\text{O}}\text{:}$
$\text{N}_2$ $2 \times 5 = 10$	اتم مرکزی ندارد	N-N	$10 - 2 = 8e^-$ $\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{N}}-\ddot{\text{N}}\text{:} \\ \curvearrowright \end{array}$	$\text{:}\text{N}\equiv\text{N}\text{:}$
$\text{NO}$ $\underbrace{(1 \times 5)}_N + \underbrace{(1 \times 6)}_O = 11$	اتم مرکزی ندارد	N-O	$11 - 2 = 9e^-$ $\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{N}}-\ddot{\text{O}}\text{:} \\ \curvearrowright \end{array}$	$\text{:}\ddot{\text{N}}=\ddot{\text{O}}\text{:}$ هر کاری کردیم N هشتایی نشد!!

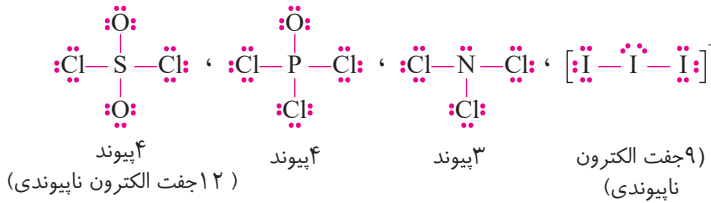
مرحله (۱)	مرحله (۲)	مرحله (۳)	مرحله (۴)	مرحله (۵)
$\begin{array}{c} \text{N}_2\text{O} \\ \underbrace{(2 \times 5)}_{\text{N}} + \underbrace{(1 \times 6)}_{\text{O}} = 16 \end{array}$	N N O	N-N-O	$16 - 4 = 12e^-$ 	$:\text{N} \equiv \text{N} - \ddot{\text{O}}:$
$\begin{array}{c} \text{CO} \\ \underbrace{(1 \times 4)}_{\text{C}} + \underbrace{(1 \times 6)}_{\text{O}} = 10 \end{array}$	اتم مرکزی ندارد C O	C-O	$10 - 2 = 8e^-$ 	$:\text{C} \equiv \text{O}:$
$\begin{array}{c} \text{SO}_2 \\ \underbrace{(1 \times 6)}_{\text{S}} + \underbrace{(2 \times 6)}_{\text{O}} = 18 \end{array}$	O S O	O-S-O	$18 - 4 = 14e^-$ 	$:\ddot{\text{O}} = \ddot{\text{S}} - \ddot{\text{O}}:$
$\begin{array}{c} \text{SO}_3 \\ (1 \times 6) + (3 \times 6) = 24 \end{array}$	O S O O	O-S-O O	$24 - 6 = 18e^-$ 	$:\ddot{\text{O}} = \ddot{\text{S}} - \ddot{\text{O}}:$ O
$\begin{array}{c} \text{SOCl}_2 \\ \underbrace{(1 \times 6)}_{\text{S}} + \underbrace{(1 \times 6)}_{\text{O}} + \underbrace{(2 \times 7)}_{\text{Cl}} = 26 \end{array}$	O Cl S Cl	O Cl-S-Cl	$26 - 6 = 20e^-$ 	.....
$\begin{array}{c} \text{SO}_2\text{Cl}_2 \\ \underbrace{(1 \times 6)}_{\text{S}} + \underbrace{(2 \times 6)}_{\text{O}} + \underbrace{(2 \times 7)}_{\text{Cl}} = 32 \end{array}$	O Cl S Cl O	O Cl-S-Cl O	$32 - 8 = 24e^-$ 	.....
$\begin{array}{c} \text{NOCl} \\ \underbrace{(1 \times 5)}_{\text{N}} + \underbrace{(1 \times 6)}_{\text{O}} + \underbrace{(1 \times 7)}_{\text{Cl}} = 18 \end{array}$	O N Cl	O-N-Cl	$18 - 4 = 14e^-$ 	$:\ddot{\text{O}} = \ddot{\text{N}} - \ddot{\text{Cl}}:$
$\begin{array}{c} \text{NO}_2\text{Cl} \\ \underbrace{(1 \times 5)}_{\text{N}} + \underbrace{(2 \times 6)}_{\text{O}} + \underbrace{(1 \times 7)}_{\text{Cl}} = 24 \end{array}$	Cl O N O	Cl O-N-O	$24 - 6 = 18e^-$ 	$:\ddot{\text{Cl}}:$ O-N-O
$\begin{array}{c} \text{O}_3 \\ 3 \times 6 = 18 \end{array}$	O O O	O-O-O	$18 - 4 = 14e^-$ 	$:\ddot{\text{O}} = \ddot{\text{O}} - \ddot{\text{O}}:$
$\begin{array}{c} \text{CS}_2 \\ \underbrace{(1 \times 4)}_{\text{C}} + \underbrace{(2 \times 6)}_{\text{S}} = 16 \end{array}$	S C S	S-C-S	$16 - 4 = 12e^-$ 	$:\ddot{\text{S}} = \text{C} = \ddot{\text{S}}:$
$\begin{array}{c} \text{OF}_2 \\ \underbrace{(1 \times 6)}_{\text{O}} + \underbrace{(2 \times 7)}_{\text{F}} = 20 \end{array}$	F O F	F-O-F	$20 - 4 = 16e^-$ 	.....





مرحله (۱)	مرحله (۲)	مرحله (۳)	مرحله (۴)	مرحله (۵)
$\frac{(1 \times 4)}{C} + \frac{(1 \times 6)}{O} + \frac{(2 \times 7)}{Cl} = 24$ $COCl_2$	$\begin{matrix} O \\   \\ Cl - C - Cl \end{matrix}$	$\begin{matrix} O \\   \\ Cl - C - Cl \end{matrix}$	$24 - 6 = 18e^-$ $\begin{matrix} :O: \\   \\ :Cl - C - Cl: \end{matrix}$	$\begin{matrix} :O: \\    \\ :Cl - C - Cl: \end{matrix}$
$\frac{(1 \times 5)}{P} + \frac{(1 \times 6)}{O} + \frac{(3 \times 7)}{Cl} = 32$ $POCl_3$	$\begin{matrix} O \\   \\ Cl - P - Cl \\   \\ Cl \end{matrix}$	$\begin{matrix} O \\   \\ Cl - P - Cl \\   \\ Cl \end{matrix}$	$32 - 8 = 24e^-$ $\begin{matrix} :O: \\   \\ :Cl - P - Cl: \\   \\ :Cl: \end{matrix}$	.....

در مولکول  $SO_4Cl_2$ ، اتم S، اتم مرکزی است و شمار پیوندهای کووالانسی آن برابر شمار پیوندهای کووالانسی  $POCl_3$  است:



همان طور که مشاهده می‌شود شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی لایه ظرفیت اتم در  $I_3^-$  کم‌تر از  $SO_4Cl_2$  است.

**توجه!** ساختار لوویس یون  $I_3^-$  را در بالا مشاهده نمودید اما در مورد رسم ساختار لوویس یون‌های چند اتمی هنوز صحبتی نکرده‌ایم. پس لطفاً برای چگونگی رسم ساختار این یون‌ها به درس‌نامه زیر توجه نمایید!

**درس‌نامه ۳۲ رسم ساختار لوویس یون‌های چند اتمی**

مراحل رسم ساختار لوویس یون‌های چند اتمی همانند مولکول‌ها است فقط باید به هنگام محاسبه شمار کل الکترون‌های ظرفیتی به ازای هر بار منفی (-) یک الکترون اضافه کرده و به ازای هر بار مثبت (+) یک الکترون از مجموع شمار الکترون‌ها کم کنیم. **لطفاً به پیکوتکی رسم ساختار لوویس یون که غلظت مفور آن‌ها در آزمون‌ها زیار است توجه نمایید!**




مرحله (۱)	مرحله (۲)	مرحله (۳)	مرحله (۴)	مرحله (۵)
محاسبه شمار کل الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌های سازنده	تعیین اتم مرکزی و چیدن اتم‌های اطراف مرکزی و چیدن اتم‌ها اطراف آن	اتصال اتم مرکزی به اتم‌های اطراف مرکزی و چیدن اتم‌ها با پیوند یگانه	محاسبه الکترون‌های ظرفیتی باقی‌مانده و توزیع آن‌ها روی اتم‌ها (با رعایت قاعده هشتایی)	تشکیل پیوند اضافی در صورت هشتایی نشدن اتم مرکزی
$\frac{(1 \times 5)}{O} + \frac{(4 \times 1)}{F} - 1 = 8$ $NH_4^+$	$\begin{matrix} H \\   \\ H - N - H \\   \\ H \end{matrix}$	$\begin{matrix} H \\   \\ H - N - H \\   \\ H \end{matrix}$	$8 - 8 = 0$ $\left[ \begin{matrix} H \\   \\ H - N - H \\   \\ H \end{matrix} \right]^+$	.....

مرحله (۱)	مرحله (۲)	مرحله (۳)	مرحله (۴)	مرحله (۵)
$\underbrace{(1 \times 5)}_N + \underbrace{(2 \times 1)}_H + 1 = 8$ <p>بارمنفی</p>	H N H	H-N-H	$8 - 4 = 4e^-$ $[H-\ddot{N}-H]^-$	.....
$\underbrace{(3 \times 1)}_H + \underbrace{(1 \times 6)}_O - 1 = 8$	H O H H	H-O-H H	$8 - 6 = 2e^-$ $[H-\ddot{O}-H]^+$	.....
$\underbrace{(1 \times 4)}_C + \underbrace{(3 \times 1)}_H + 1 = 8$	H C H H	H-C-H H	$8 - 6 = 2e^-$ $[H-\ddot{C}-H]^-$	.....
$\underbrace{(1 \times 3)}_{Al} + \underbrace{(4 \times 7)}_{Cl} + 1 = 32$	Cl Cl Al Cl Cl	Cl   Cl-Al-Cl   Cl	$32 - 8 = 24e^-$ $[ \begin{array}{c} \text{:Cl:} \\ \text{:Cl-Al-Cl:} \\ \text{:Cl:} \end{array} ]^-$	.....
$\underbrace{(1 \times 5)}_P + \underbrace{(4 \times 7)}_{Cl} - 1 = 32$	Cl Cl P Cl Cl	Cl   Cl-P-Cl   Cl	$32 - 8 = 24e^-$ $[ \begin{array}{c} \text{:Cl:} \\ \text{:Cl-P-Cl:} \\ \text{:Cl:} \end{array} ]^+$	.....
$\underbrace{(1 \times 5)}_N + \underbrace{(2 \times 6)}_O + 1 = 18$	O N O	O-N-O	$18 - 4 = 14e^-$ $\begin{array}{c} \text{:}\ddot{O}\text{:} \\ \text{:}\ddot{O}-N-\ddot{O}\text{:} \\ \text{:}\ddot{O}\text{:} \end{array}$	$[\text{:}\ddot{O}-N=\ddot{O}\text{:}]^-$ اتم N هشتایی نشده است.
$\underbrace{(1 \times 5)}_N + \underbrace{(3 \times 6)}_O + 1 = 24$	O N O O	O-N-O O	$24 - 6 = 18e^-$ $\begin{array}{c} \text{:}\ddot{O}\text{:} \\ \text{:}\ddot{O}-N-\ddot{O}\text{:} \\ \text{:}\ddot{O}\text{:} \end{array}$	$[\text{:}\ddot{O}-N=\ddot{O}\text{:}]^-$ اتم N هشتایی نشده است.





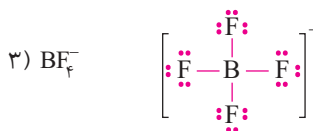
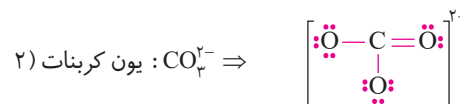
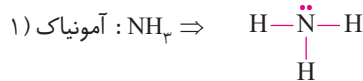
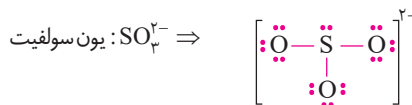
مرحله (۱)	مرحله (۲)	مرحله (۳)	مرحله (۴)	مرحله (۵)
$\underbrace{(1 \times 4)}_C + \underbrace{(3 \times 6)}_O + 2 = 24$ $\text{CO}_3^{2-}$	$\begin{array}{ccc} \text{O} & \text{C} & \text{O} \\ & & \text{O} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O}-\text{C}-\text{O} \\   \\ \text{O} \end{array}$	$24 - 6 = 18e^-$ <p>C هشتایی نشده است.</p>	$\left[ \begin{array}{c} \text{O}=\text{C}=\text{O} \\   \\ \text{O} \end{array} \right]^{2-}$
$\underbrace{(1 \times 6)}_S + \underbrace{(4 \times 6)}_O + 2 = 32$ $\text{SO}_4^{2-}$	$\begin{array}{ccc} & \text{O} & \\ \text{O} & \text{S} & \text{O} \\ & & \text{O} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\   \\ \text{O}-\text{S}-\text{O} \\   \\ \text{O} \end{array}$	$32 - 8 = 24e^-$	.....
$\underbrace{(1 \times 5)}_P + \underbrace{(4 \times 6)}_O + 3 = 32$ $\text{PO}_4^{3-}$	$\begin{array}{ccc} & \text{O} & \\ \text{O} & \text{P} & \text{O} \\ & & \text{O} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\   \\ \text{O}-\text{P}-\text{O} \\   \\ \text{O} \end{array}$	$32 - 8 = 24e^-$	.....
$\underbrace{(1 \times 7)}_I + \underbrace{(2 \times 7)}_{\text{Cl}} + 1 = 22$ $\text{ICl}_2^-$	$\text{Cl} \quad \text{I} \quad \text{Cl}$	$\text{Cl}-\text{I}-\text{Cl}$	$22 - 4 = 18e^-$	
$\underbrace{(1 \times 7)}_I + \underbrace{(2 \times 7)}_{\text{Cl}} - 1 = 20$ $\text{ICl}_2^+$	$\text{Cl} \quad \text{I} \quad \text{Cl}$	$\text{Cl}-\text{I}-\text{Cl}$	$20 - 4 = 16e^-$	.....
$\underbrace{(1 \times 4)}_C + \underbrace{(1 \times 5)}_N + 1 = 10$ $\text{CN}^-$	$\text{C} \quad \text{N}$	$\text{C}-\text{N}$	$10 - 2 = 8e^-$	$[:\text{C} \equiv \text{N}:]^-$
$\underbrace{(1 \times 4)}_C + \underbrace{(2 \times 5)}_N + 2 = 16$ $\text{CN}_2^{2-}$	$\text{N} \quad \text{C} \quad \text{N}$	$\text{N}-\text{C}-\text{N}$	$16 - 4 = 12e^-$ <p>C هشتایی نشده است.</p>	$[:\text{N}=\text{C}=\text{N}:]^{2-}$
$\underbrace{(1 \times 6)}_S + \underbrace{(1 \times 4)}_C + \underbrace{(1 \times 5)}_N + 1 = 16$ $\text{SCN}^-$	$\text{S} \quad \text{C} \quad \text{N}$	$\text{S}-\text{C}-\text{N}$	$16 - 4 = 12e^-$	$[:\text{S}-\text{C} \equiv \text{N}:]^-$
$(3 \times 7) + 1 = 22$ $\text{I}_3^-$	$\text{I} \quad \text{I} \quad \text{I}$	$\text{I}-\text{I}-\text{I}$	$22 - 4 = 18e^-$	

مرحله (۱)	مرحله (۲)	مرحله (۳)	مرحله (۴)	مرحله (۵)
$N^-$ $(3 \times 5) + 1 = 16$	N N N	N-N-N	$16 - 4 = 12e^-$  <p>N وسطی هشتایی نشده است.</p>	$[\ddot{N} \equiv N \equiv \ddot{N}]^-$
$NO^+$ $\frac{(1 \times 5)}{N} + \frac{(1 \times 6)}{O} - 1 = 10$	N O	N-O	$10 - 2 = 8e^-$ 	$[\ddot{N} \equiv \ddot{O}]^+$
$NO^+$ $\frac{(1 \times 5)}{N} + \frac{(2 \times 6)}{O} - 1 = 16$	O N O	O-N-O	$16 - 4 = 12$  <p>N هشتایی نشده است.</p>	$[\ddot{O} = N = \ddot{O}]^+$

**توجه!** در یون‌های چند اتمی، بار یون به همه اتم‌ها تعلق دارد نه فقط یک اتم!

### ۱۴. گزینه ۱

ساختار لوویس یون سولفیت ( $SO_3^{2-}$ ) و گونه‌های مطرح شده به صورت زیر است:



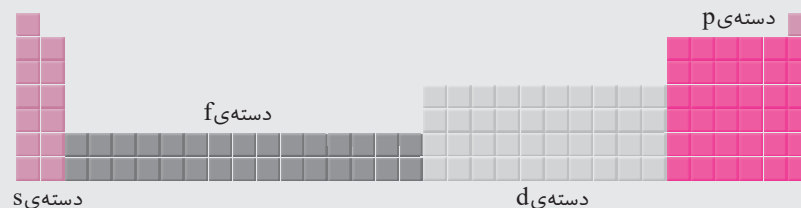
همان‌طور که مشاهده می‌شود ساختارهای لوویس  $SO_3^{2-}$  و  $NH_3$  شبیه یکدیگرند: هر دو سه پیوند یگانه دارند و اتم مرکزی در هر دو دارای یک جفت الکترون ناپیوندی است.

### ۱۵. گزینه ۴

#### درس نامه ۳۳ دسته‌بندی عناصرها بر اساس پر شدن زیر لایه‌ها

عناصرهای جدول دوره‌ای را بسته به این که کدام زیر لایه آن‌ها در حال پر شدن است می‌توان به چهار دسته تقسیم نمود. این چهار دسته عبارتند از:

۱- عناصرهای دسته s      ۲- عناصرهای دسته p      ۳- عناصرهای دسته d      ۴- عناصرهای دسته f

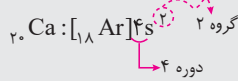
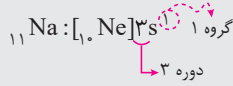






۱ **عنصرهای دسته s:** عنصرهایی هستند که زیرلایه s آن‌ها در حال پر شدن است.

- این دسته شامل همه عنصرهای گروه ۱ و ۲، هیدروژن و هلیوم (از گروه ۱۸) می‌باشد.
- آرایش الکترونی این عنصرها به  $ns^1$  و  $ns^2$  ختم می‌شود. از این رو تعداد الکترون‌های ظرفیتی آن‌ها برابر ۱ یا ۲ است. آرایش الکترونی عنصرهای گروه ۱ به  $ns^1$  و عنصرهای گروه ۲ به  $ns^2$  ختم می‌شود.
- شماره گروه این عنصرها برابر با تعداد الکترون‌های ظرفیتی آن‌ها و شماره دوره آن‌ها برابر با ضرب زیرلایه s بیرونی‌ترین لایه (بزرگ‌ترین  $n$ ) می‌باشد:



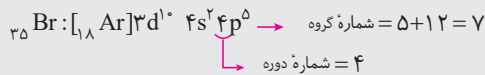
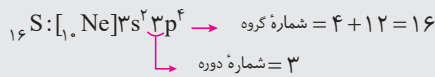
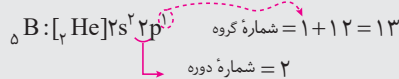
در مجموع ۱۴ عنصر در این دسته جای می‌گیرند: ۱۲ فلز (عنصرهای گروه ۱ و ۲) و ۲ نافلز (هیدروژن و هلیوم)

۲ **عنصرهای دسته p:** عنصرهایی هستند که زیرلایه p آن‌ها در حال پر شدن است.

- از آن‌جا که زیرلایه p حداکثر با شش الکترون پر می‌شود، عنصرهای این دسته شامل شش ستون است: گروه‌های ۱۳ تا ۱۸.
- آرایش الکترونی لایه ظرفیتی این عنصرها به صورت  $ns^2 np^b$  است، بنابراین تعداد الکترون‌های ظرفیتی آن‌ها بین ۳ تا ۸ است ( $1 \leq b \leq 6$ )
- شماره گروه این عنصرها از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$+12 \text{ توان } p \text{ آخرین لایه} = \text{شماره گروه عنصرهای دسته } p$$

شماره دوره این عنصرها همان ضرب زیرلایه p آخرین الکترونی (بزرگ‌ترین  $n$ ) است.



تعداد این عنصرها که در دوره‌های ۲ تا ۷ جای دارند برابر ۳۶ عنصر است که شامل فلز، نافلز و شبه‌فلز می‌باشند.

۳ **عنصرهای دسته d یا عنصرها واسطه:** عنصرهایی هستند که در زیرلایه d آن‌ها در حال پر شدن است.

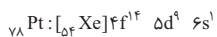
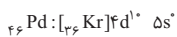
- از آن‌جا که در زیرلایه d حداکثر ۱۰ الکترون جای می‌گیرد، عنصرهای این دسته شامل ۱۰ ستون است: گروه‌های ۳ تا ۱۰
- در این عنصرها، لایه ظرفیتی شامل زیرلایه‌های  $ns$  و  $(n-1)d$  است ( $n$  آخرین لایه است).
- شماره گروه این عنصرها برابر با تعداد الکترون‌های ظرفیتی است (مجموع الکترون‌های زیرلایه‌های  $ns$  و  $(n-1)d$ ).
- شماره دوره این عنصرها برابر با ضرب بیرونی‌ترین زیرلایه s (بزرگ‌ترین  $n$ ) است.

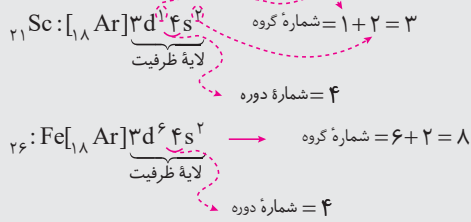
۱. البته می‌توان رابطه مورد نظر را به صورت زیر نیز نوشت:

$$+10 \text{ تعداد الکترون‌های لایه ظرفیتی } (np, ns) = \text{شماره گروه عنصرهای دسته } p$$

۲. البته ویژگی‌های دیگری هم دارند؛ مثل این‌که هر سه حالت فیزیکی جامد، مایع و گاز در آن‌ها یافت می‌شود (برم  $(Br_2)$  تنها نافلز مایع است) و یا این‌که شامل عنصرهای طبیعی و سافتگی می‌باشند، و ...

۳. در آرایش الکترونی این عنصرها، موارد بی‌نظمی متعددی دیده می‌شود حتی در عنصرهای یک گروه؛ مثلاً به آرایش الکترونی سه عنصر  ${}_{28}\text{Ni}$ ،  ${}_{46}\text{Pd}$  و  ${}_{78}\text{Pt}$  که در گروه ۱۰ جای دارند، توجه نمایید:



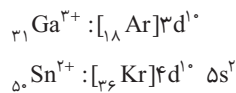


- این عناصر در دوره‌های ۴ تا ۷ جای دارند و شامل ۴۰ عنصر می‌باشند. این عناصر همگی فلز هستند.
- تکنسیم ( ${}_{43}\text{Tc}$ )، نخستین عنصر ساخت بشر در این دسته جای دارد.
- ۴- عنصرهای دسته f یا عنصرهای واسطه داخلی:** عنصرهایی هستند که زیرلایه f آن‌ها در حال پر شدن است.
- این عناصر شامل دوردیف ۱۴ تایی در پایین جدول دوره‌ای هستند و همگی متعلق به گروه ۳ هستند. شماره گروه این عناصر با تعداد الکترون‌های ظرفیت آن‌ها برابر نیست.
- این عناصر خود به دو دسته **لانتانیدها** و **اکتینیدها** تقسیم می‌شوند.
- لانتانیدها شامل ۱۴ عنصر هستند که **زیرلایه ۴f** آن‌ها در حال پر شدن است. عدد اتمی آن‌ها بین ۵۷ تا ۷۰ است. لانتانیدها در **دوره ششم** جدول جای دارند.
- اکتینیدها شامل ۱۴ عنصر هستند که **زیرلایه ۵f** آن‌ها در حال پر شدن است. عدد اتمی آن‌ها بین ۸۹ تا ۱۰۲ است. اکتینیدها در **دوره هفتم** جدول جای دارند. همه اکتینیدها پرتوزا هستند.
- اورانیوم  ${}_{92}\text{U}$  جزو اکتینیدها به شمار می‌آید.
- شماره دوره این عناصر همان ضریب زیرلایه s آخرین لایه (بزرگ‌ترین n) است.

اکنون به بررسی عبارت‌های مطرح شده می‌پردازیم:

**(آ) نادرست است:** هیدروژن ( $\text{H}_p$ ) در این دسته جای ندارد (در دسته s قرار دارد)

**(ب) نادرست است:** عبارت (ب) تلویحاً اشاره دارد که همه عنصرهای دسته p نافلزند و با تشکیل آنیون به آرایش گاز نجیب ( $ns^2 np^6$ ) می‌رسند در حالی که در میان عنصرهای این دسته فلز هم وجود دارد که کاتیون‌هایی تشکیل می‌دهند که آرایش الکترونی آن‌ها به زیرلایه p ختم نمی‌شود (به جز  $\text{Al}^{3+}$ ). مثلاً به آرایش الکترونی یون‌های  ${}_{31}\text{Ga}^{3+}$  و  ${}_{50}\text{Sn}^{2+}$  توجه نمایید:



**(پ) درست است:** دسته d یک بلوک  $6 \times 6$  است (زیرلایه‌های ۲p تا ۷p که گنجایش هر زیرلایه ۶ الکترون است) پس تعداد آن برابر ۳۶ عنصر است:

$$\text{درصد عنصرهای دسته p} = \frac{\text{تعداد کل عنصرهای دسته p}}{\text{تعداد کل عنصرهای دوره}} \times 100 = \frac{36}{118} \times 100 = 30.51\%$$

**(ت) درست است:** لایه الکترونی پنجم ( $n=5$ ) شامل زیرلایه‌های ۵s، ۵p، ۵d، ۵f و ۵g است که البته زیرلایه ۵g در حالت پایه اتم هیچ عنصری از الکترون اشغال نمی‌شود.

۱. علت این که به عنصرهای دسته f، **عناصرهای واسطه داخلی** می‌گویند این است که آخرین الکترون این عناصر وارد زیرلایه f می‌شود که نسبت به زیرلایه‌های s و p داخلی‌تر (به هسته نزدیک‌تر) محسوب می‌شود. به عنوان مثال به آرایش الکترونی  ${}_{65}\text{Tb}$  توجه نمایید:



همان‌طور که مشاهده می‌شود آخرین الکترون وارد زیرلایه ۴f شده است و چون زیرلایه ۴f نسبت به زیرلایه‌های ۵d، ۶s و ۶p داخلی‌تر است، لذا این عنصر یک عنصر واسطه داخلی به شمار می‌آید.

۲. آرایش الکترونی بسیاری از عنصرهای دسته f از قاعده آفبا پیروی نمی‌کند.

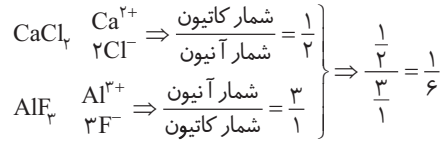




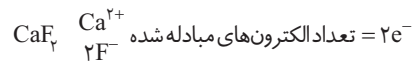
۱۶. گزینه ۳

به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم:

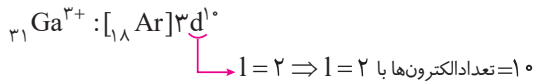
**(آ نادرست است:** F و D به ترتیب  $Ca_2$  و  $Cl_{17}$  هستند که ترکیب یونی حاصل از آن‌ها به صورت  $FD_2(CaCl_2)$  می‌باشد. از طرفی B و C به ترتیب  $Al_{13}$  و  $F_9$  هستند که ترکیب یونی حاصل به صورت  $BC_3(AlF_3)$  می‌باشد:



**(ب درست است:** A و E به ترتیب  $Na_{11}$  و  $S_{16}$  هستند که ترکیب یونی حاصل به صورت  $EA_2(Na_2S)$  می‌باشد. از طرفی ترکیب یونی حاصل از F و C به صورت  $FC_2(CaF_2)$  می‌باشد:



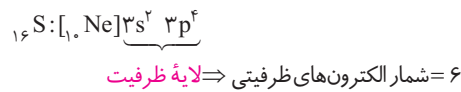
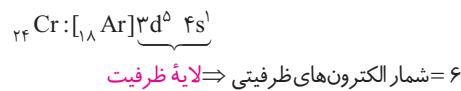
**(پ نادرست است:** عنصر زیرین  $B(Al_{13})$  در دورهٔ چهارم، گالیوم ( $Ga_{31}$ ) است که فرمول اکسید آن به صورت  $Ga_2O_3$  می‌باشد. آرایش الکترونی کاتیون  $Ga^{3+}$  به صورت زیر است:



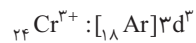
همان‌طور که ملاحظه می‌شود تعداد الکترون‌ها با  $l=2$  برابر ۱۰ است. از سوی دیگر تعداد عنصرهای دورهٔ پنجم و ششم، به ترتیب برابر ۱۸ و ۳۲ است که تفاوت آن‌ها برابر ۱۴ می‌باشد. بنابراین تعداد الکترون‌ها با  $l=2$  در یون  ${}_{31}Ga^{3+}$  کم‌تر از تفاضل تعداد عنصرهای دورهٔ پنجم و ششم است.

**(ت نادرست است:** D و E ( $S_{16}, Cl_{17}$ ) هر دو نافلزند و ترکیب حاصل ( $SCl_2$ ) یک ترکیب مولکولی است نه یونی! بنابراین در ساختار آن اصلاً یونی وجود ندارد!

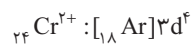
**(ث درست است:** Ga همان کروم ( $Cr_{24}$ ) است که تعداد الکترون‌های ظرفیتی آن برابر با  $E(S_{16})$  است:



یون پایدار گوگرد به صورت  $(S^{2-})$  است که آرایش الکترونی آن شبیه گاز نجیب آرگون است ( $[Ar] = [{}_{18}Ar] = [{}_{10}Ne]3s^2 3p^6 = [{}_{16}S^{2-}]$ ) این در حالی است که کروم حداکثر می‌توان یون سه بار مثبت ( $+3$ ) تشکیل دهد که آرایش آن کاملاً متفاوت با یون  $S^{2-}$  است:



البته کروم یون  $Cr^{2+}$  هم تشکیل می‌دهد که آرایش آن هم متفاوت با  $S^{2-}$  است.



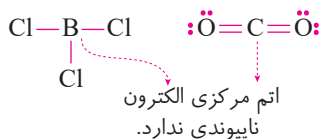
۱۷. گزینه ۲

هشتایی شدن لایهٔ ظرفیت و دست‌یابی به آرایش گاز نجیب، مبنای میزان واکنش‌پذیری اتم‌ها است. پس اتمی که در زیر لایهٔ s و p (که در مجموع با ۸ الکترون پر می‌شوند) بیرونی‌ترین لایهٔ الکترونی خود کم‌تر از هشت الکترون دارد، واکنش‌پذیر است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

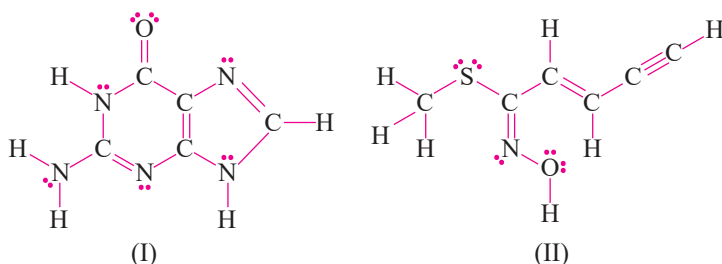
**گزینه ۱:** در واقع اتم عنصرهای گروه ۱۵، ۱۶ و ۱۷ به ترتیب با به دست آوردن الکترون ۳، ۲ و یک الکترون به آنیون‌هایی (به ترتیب با بار (-۳)، (-۲) و (-۱)) تبدیل می‌شود که آرایشی همانند گاز نجیب هم‌دوره خود دارد.

**گزینه ۳:** یون تک‌اتمی، یونی است که فقط از یک اتم تشکیل شده باشد مانند  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$ . یون‌های  $\text{N}_3^-$ ،  $\text{O}_3^{2-}$  و  $\text{Hg}_2^{2+}$  یون‌های چند اتمی به شمار می‌آیند.



**گزینه ۴:** در تشکیل  $\text{BCl}_3$  و  $\text{CO}_2$  اتم‌های مرکزی به ترتیب ۳ و ۴ الکترون در لایه ظرفیت خود دارند که همه را در تشکیل پیوندهای اشتراکی استفاده می‌کنند.

### ۱۸. گزینه ۳



ساختار لوویس تشکیل شده دو مولکول مورد نظر به صورت روبه‌رو است:

اکنون با دقت در ساختار هر دو مولکول می‌توان نوشت:

$$\left. \begin{array}{l} \text{مولکول (II)} \Rightarrow \frac{\text{شمار جفت الکترون‌های پیوندی}}{\text{شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی}} = \frac{19}{5} \\ \text{مولکول (I)} \Rightarrow \frac{\text{شمار جفت الکترون‌های پیوندی}}{\text{شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی}} = \frac{21}{7} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{19}{5} = \frac{19}{15} = 1/27$$

### ۱۹. گزینه ۳

به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم:

**عبارت اول: درست است.** انتقال‌هایی که از لایه‌های بالاتر به لایه‌های پایین‌تر هستند موجب نشر نور و در نتیجه ایجاد خطوط طیف نشری خطی می‌شوند و این انتقالات عبارتند از: A و B، E، F.

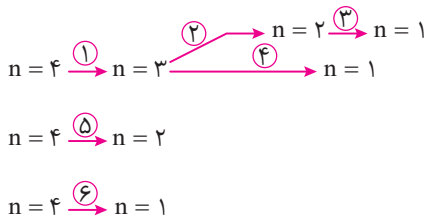
**عبارت دوم: درست است.** انتقال‌هایی که از لایه‌های بالاتر به لایه دوم ( $n=2$ ) باشد در محدوده طیف مرئی است و در شکل ارائه شده انتقال B در محدوده طیف مرئی قرار دارد (به رنگ بنفش است).

**عبارت سوم: درست است.** هرچه از هسته دورتر شویم فاصله بین لایه‌ها کاهش می‌یابد پس انتقال F در مقایسه با انتقال‌های E و A انرژی بیشتر و در نتیجه طول موج کم‌تری دارد.

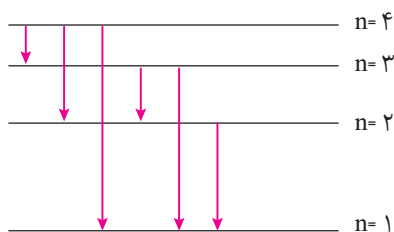
**عبارت چهارم: نادرست است.** در انتقال C، انرژی جذب می‌شود نه آزاد!

**عبارت پنجم: نادرست است.** در انتقال الکترون از  $n=4$  به

$n=1$  حالت‌های روبه‌رو امکان‌پذیر است:



پس در مجموع ۶ حالت امکان‌پذیر است. اگر این انتقال‌ها را بر روی نمودار نشان دهیم، داریم:



**نکته:** در اتم هیدروژن، تعداد خطوط طیف نشری هنگام انتقال از لایه  $n$  به لایه اول ( $n=1$ )، برابر  $\frac{n(n-1)}{2}$  است.

برای مثال در انتقال الکترون از  $n=4$  به  $n=1$  تعداد خطوط طیفی برابر است با:

$$\text{تعداد خطوط طیفی در انتقال } n=4 \text{ به } n=1 = \frac{n(n-1)}{2} = \frac{4 \times 3}{2} = 6$$





## ۲۰. گزینه ۲

به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم:

آ درست است. هدف ما در این با این نیست که از شما بخواهیم هر  $1 \text{ amu}$  را فقط کنید (په کار پیچیده‌ای) بلکه آشنا شدن با روش به دست آوردن آن است. همان‌طور که می‌دانید یک  $\text{amu}$  برابر است با  $\frac{1}{12}$  جرم کربن-۱۲. پس ابتدا باید جرم یک اتم  $^{12}\text{C}$  را به دست آوریم (جرم یک مول  $^{12}\text{C}$  برابر با ۱۲ گرم است):

گرم اتم کربن

$$\left[ \begin{array}{cc} N_A & 12 \\ 1 & x \end{array} \right] \Rightarrow x = 12 - \text{جرم یک اتم کربن} = \frac{12}{N_A}$$

و در ادامه می‌توان نوشت:

$$1 \text{ amu} = \frac{1}{12} \times (\text{جرم اتم } ^{12}\text{C}) = \frac{1}{12} \times \frac{12}{N_A} = \frac{1}{N_A} = \frac{1}{6.02 \times 10^{23}} = 1.66 \times 10^{-24} \text{ g}$$

$$1 \text{ amu} = \frac{1}{N_A} = 1.66 \times 10^{-24} \text{ g}$$

**نکته:** جرم  $1 \text{ amu}$  برابر است با:

ب) نادرست است. رنگ شعله ترکیبات لیتیم، ترکیبات مس و ترکیب‌های سدیم به ترتیب سرخ، سبز و زرد است. ترتیب طول موج این نورها به صورت زیر است:

سبز > زرد > سرخ: ترتیب طول موج  
(Li) (Na) (Cu)

پ) درست است. ابتدا جرم مولی  $\text{Li}_4\text{SO}_4$  و  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  را به دست می‌آوریم:

$$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 = 64 + 2(14 + 3(16)) = 188 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\text{Li}_4\text{SO}_4 = 2(7) + 32 + 4(16) = 110 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$1 \text{ mol Cu}(\text{NO}_3)_2 \sim 6 \text{ mol O} \Rightarrow 188 \text{ g Cu}(\text{NO}_3)_2 \sim 96 \text{ g O}$$

و در ادامه می‌توان نوشت:

$$g \text{ Cu}(\text{NO}_3)_2 \quad g \text{ O}$$

$$\left[ \begin{array}{cc} 188 & 96 \\ 1/188 & x \end{array} \right] \Rightarrow x = 0.96 \text{ g O}$$

$$1 \text{ mol Li}_4\text{SO}_4 = 4 \text{ mol O} \Rightarrow 110 \text{ g Li}_4\text{SO}_4 = 64 \text{ g O}$$

$$g \text{ Li}_4\text{SO}_4 \quad g \text{ O}$$

$$\left[ \begin{array}{cc} 110 & 64 \\ 3/3 & x \end{array} \right] \Rightarrow x = 1.92 \text{ g O}$$

$$\text{جرم اکسیژن} = 0.96 + 1.92 = 2.88 \text{ g}$$

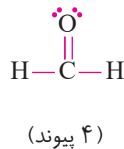
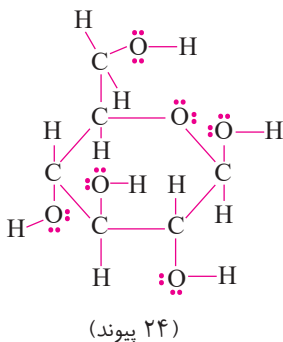
و در پایان داریم:

ت) نادرست است. فرمول مولکولی گلوکز  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  است که جرم مولی آن

$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 6(\text{CH}_2\text{O})$$

۶ برابر جرم مولی  $\text{CH}_2\text{O}$  است:

اگر ساختار لوویس این دو را مقایسه کنیم خواهیم دید که تعداد پیوندهای کووالانسی گلوکز هم، ۶ برابر  $\text{CH}_2\text{O}$  است:

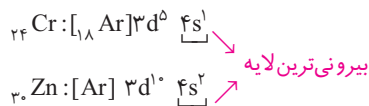


## پاسخنامه آزمون ۴: کل فصل اول

### ۱. گزینه ۴

تک تک عبارتها را بررسی می‌نماییم:

(آ) نادرست است: عنصرهای واسطه (دسته d) نیز در بیرونی‌ترین لایه الکترونی خود یک یا دو الکترون دارند مانند  ${}_{24}\text{Cr}$  و  ${}_{30}\text{Zn}$ :



(ب) درست است: با توجه به اطلاعات وارد شده می‌توان نوشت:

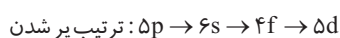
$$YX_p \Rightarrow \frac{pX}{Y} = 2/3 \Rightarrow X = 1/15Y$$

$$YE_p \Rightarrow \frac{pE}{Y} = 4 \Rightarrow E = 1/33Y$$

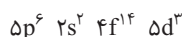
$$\frac{X}{YE} = \frac{1/15Y}{2 \times (1/33Y)} = 0/43$$

پس در مولکول  $XE_p$ ، داریم:

(پ) درست است: ترتیب پر شدن زیرلایه‌های مورد نظر به صورت مقابل است:

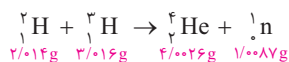


و با توجه به این که گنجایش زیرلایه‌های d, p, s و f به ترتیب برابر ۲، ۶، ۱۰ و ۱۴ الکترون است، طبق قاعده آفبا، ۲۵ الکترون در این زیرلایه‌ها به صورت زیر توزیع می‌شود:



بنابراین:  $\text{تعداد الکترون‌های موجود در } 5d = \frac{\text{تعداد کل الکترون‌ها}}{\text{تعداد الکترون‌های موجود در } 5d} \times 100 = \frac{3}{25} \times 100 = 12\%$

(ت) نادرست است: ابتدا باید مقدار کاهش جرم را محاسبه نماییم:



$$\Delta m = (2/014 + 3/016) - (4/0026 + 1/0087) = 0/0187\text{g} = 1/87 \times 10^{-5}\text{kg}$$

$$\Delta E = (\Delta m)C^2 = (1/87 \times 10^{-5}) \times (3 \times 10^8)^2 = 1/68 \times 10^{12}\text{J} = 1/68 \times 10^9\text{kJ} = 1/7 \times 10^9\text{kJ}$$

### ۲. گزینه ۳

با توجه به گزینه‌ها، عنصر X یا متعلق به گروه ۱۶ است یا گروه ۱۷. اگر متعلق به گروه ۱۶ باشد عدد اتمی آن نمی‌تواند ۵۳ یا ۵۵ باشد (رد گزینه‌های «۱» و «۴»). پس عنصر X متعلق به گروه ۱۷ است. اما اگر X متعلق به این گروه باشد عدد اتمی آن نمی‌تواند ۵۶ باشد (رد گزینه «۲»). پس فقط گزینه «۳» می‌ماند، یعنی عدد اتمی عنصر X برابر ۵۳ است ( ${}_{53}\text{I}$ ). کلسیم (که در گروه ۲ واقع است) یون  $\text{Ca}^{2+}$  و X (که در گروه ۱۷ قرار دارد) یون  $\text{X}^-$  تشکیل می‌دهد؛ بنابراین از واکنش این دو عنصر، یک ترکیب یونی با فرمول شیمیایی  $\text{CaX}_2$  (به دست می‌آید).

**نکته:** اگر عنصری در گروه فرد جدول دوره‌ای واقع باشد (به جز گروه ۳) عدد اتمی آن فرد و اگر در گروه زوج جدول دوره‌ای واقع باشد، عدد اتمی آن نیز عددی زوج است.

**توجه!** در گروه ۳، در مجموع ۳۲ عنصر جای دارد که عنصرهای دسته d آن ( ${}_{71}\text{Lu}$ ،  ${}_{72}\text{Y}$ ،  ${}_{73}\text{Sc}$ ) اعداد اتمی فرد دارند اما عنصرهای دسته f (که در مجموع ۲۸ عنصر هستند) دارای اعداد اتمی فرد یا زوج هستند.

### ۳. گزینه ۱

عبارت‌های (ب)، (پ) و (ث) درست‌اند، اما عبارت‌های (آ) و (ت) نادرست‌اند: اولین عنصر فراوان زمین آهن است که در واکنش با فراوان‌ترین نافلز زمین (یعنی اکسیژن) می‌تواند ترکیب یونی با فرمول  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  و  $\text{FeO}$  تشکیل دهد. این در حالی است که دومین عنصر فراوان زمین (یعنی منیزیم) فقط  $\text{MgO}$  تشکیل می‌دهد. در  $\text{FeO}$  و  $\text{MgO}$  نسبت شمار آتیون به کاتیون  $\frac{1}{1}$  و در  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  این نسبت برابر





$\frac{3}{4}$  است.

از سوی دیگر، یافته‌های دانشمندان نشان می‌دهد که عنصرها به‌طور **ناهمگون** در جهان هستی توزیع شده‌اند.

### گزینه ۳

ابتدا باید فراوانی سنگین‌ترین ایزوتوپ ( $^{22}\text{Ne}$ ) را به دست آوریم:

$$\left. \begin{array}{l} ^{20}\text{Ne} \Rightarrow F_p = 70 \\ ^{21}\text{Ne} \Rightarrow F_p \\ ^{22}\text{Ne} \Rightarrow F_p \end{array} \right\} \Rightarrow F_p + F_p = 30 \Rightarrow F_p = 30 - F_p$$

$$M = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{100} \Rightarrow 20/5 = \frac{(20 \times 70) + (21 \times F_p) + 22 \times (30 - F_p)}{100}$$

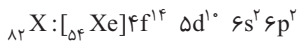
$$20 \cdot 50 = 1400 + 21 F_p + 660 - 22 F_p \Rightarrow F_p = 10 \Rightarrow F_p = 20$$

و در ادامه می‌توان نوشت:

$$\begin{array}{l} \text{تعداد } ^{20}\text{Ne} \\ \left[ \begin{array}{c} 70 \\ 10 \end{array} \right] \\ \text{تعداد } ^{22}\text{Ne} \\ \left[ \begin{array}{c} 20 \\ x \end{array} \right] \end{array} \Rightarrow x = \frac{20 \times 10 \cdot 20}{70} = 2 / 857 \times 10^{19} = 28 / 6 \times 10^{18} \text{ اتم } ^{22}\text{Ne}$$

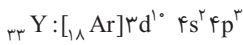
### گزینه ۱

با توجه به این که عنصر مورد نظر در گروه ۱۴ و دوره ششم جای دارد، آرایش الکترونی آن به صورت زیر است:



اکنون به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم:

- عبارت اول: **نادرست است.**  ${}_{33}\text{Y}$  در گروه ۱۵ جای دارد:



- عبارت دوم: **درست است.** با توجه به آرایش الکترونی اتم X می‌توان دریافت که این عنصر می‌تواند یون‌های  $\text{X}^{2+}$  و  $\text{X}^{3+}$  ایجاد نماید

( $\text{PbCl}_4$ )  $\text{XCl}_4$  است که می‌تواند یون‌های  $\text{Pb}^{2+}$  و  $\text{Pb}^{4+}$  ایجاد نماید. پس X می‌تواند ترکیبی به فرمول  $(\text{PbCl}_4)\text{XCl}_4$  تشکیل دهد.

- عبارت سوم: **نادرست است.** در آخرین زیرلایه اتم X ( $6p^2$ ) دو الکترون وجود دارد.

- عبارت چهارم: **نادرست است.** عدد‌های کوانتومی  $l=3$  و  $n=3$  بیان‌گر زیرلایه ۳f است که اصلاً وجود خارجی ندارد.

### گزینه ۳

به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم:

(آ) **درست است.**

(ب) **درست است:** اتم  ${}^{59}_{26}\text{Fe}$  یک رادیوایزوتوپ است که برای تصویربرداری از دستگاه گردش خون استفاده می‌شود زیرا یون‌های آن در

ساختار هموگلوبین قرار می‌گیرند در اتم  ${}^{59}_{26}\text{Fe}$ ، تعداد نوترون‌ها برابر ۳۳ است  ${}^{59}_{26}\text{Fe} \Rightarrow A = Z + N \Rightarrow 59 = 26 + N \Rightarrow N = 33$

(پ) **نادرست است:** به دو دلیل از تکنسیم برای تصویربرداری از غده تیروئید استفاده می‌شود اول این که پرتوزاست، دوم این که یون حاوی

آن، اندازه‌ای مشابه یون یدید ( $\text{I}^-$ ) دارد و غده تیروئید هنگام جذب یدید، این یون را نیز جذب می‌کند.

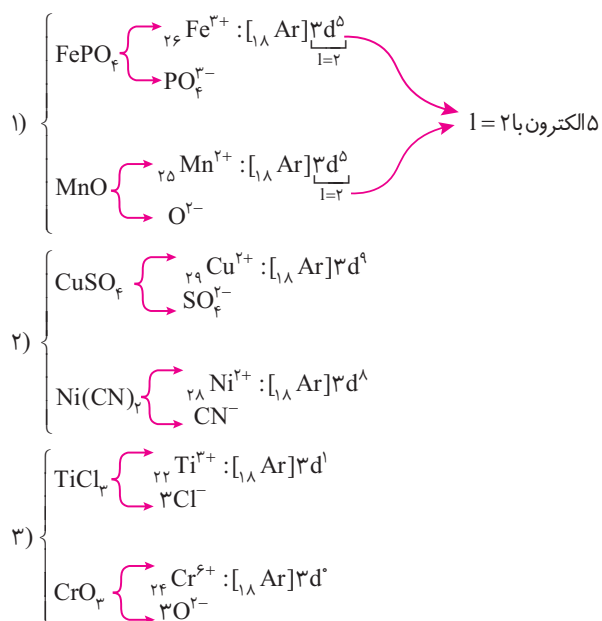
(ت) **نادرست است.** یون حاوی تکنسیم جایگزین یون‌های یدید نمی‌شود، بلکه هر دو توسط غده تیروئید جذب می‌شوند. با افزایش مقدار

این یون در غده تیروئید، امکان تصویربرداری فراهم می‌شود.

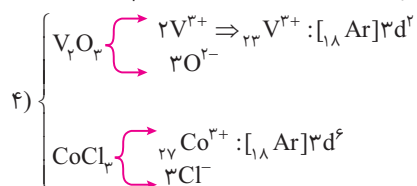
(ث) **درست است.**

## گزینه ۱

آرایش الکترونی کاتیون‌های را تک تک گزینه‌ها را رسم می‌کنیم:



**توجه:** یون  $\text{Cr}^{6+}$  نداریم و در اینجا منظور کروم با عدد اکسایش (+۶) است. با مفهوم عدد اکسایش بعداً آشنا خواهیم شد.



همان‌طور که ملاحظه می‌شود در گزینه «۱»، هر دو کاتیون به تعداد مساوی الکترون در زیرلایه  $3d$  دارند.

## گزینه ۲

موارد نادرست عبارتند از:

۱- گروه ۷ ← گروه ۳: گروه ۳ دارای ۳۲ عنصر است.

۲- ۷ عنصر ← ۶ عنصر. در ضمن تعداد عنصرهای هر یک از گروه‌های ۴ تا ۱۲ برابر ۴ است.

۳- جرم اتمی ← عدد اتمی

۴- بیش‌تر ← کم‌تر: عنصرهای گروه ۱۳ تا ۱۷ یک بلوک  $5 \times 6$  (۵ ستون ۶ تایی) هستند که تعداد آن‌ها برابر ۳۰ عنصر می‌باشد. این در

حالی است که عنصرهای گروه ۳ برابر ۳۲ است.

**توجه!** در متن مورد نظر منظور از ۳ اتم دارای عدد اتمی ۱۲ و ۲ اتم دارای عدد اتمی ۳ هستند اشاره به ایزوتوپ‌های منیزیم و لیتیم دارد.

## گزینه ۳

با توجه به داده‌های مسأله می‌توان نوشت:  $1/7$  واپاشی  $5730$  سال  $3/4$  واپاشی  $5730$  سال  $6/8$  واپاشی  $5730$  سال  $13/6$  واپاشی

$$\times \frac{1}{4} \quad \times \frac{1}{4} \quad \times \frac{1}{4}$$

عدد  $3/1$  واپاشی در هر دقیقه (در یک گرم کربن) به عدد  $3/4$  نزدیک‌تر است تا به عدد  $1/7$ ، از این رو به تقریب می‌توان گفت که عمر این

چوب سوخته حدود  $(2 \times 5730 = 11460 \Rightarrow 12000)$  سال است.





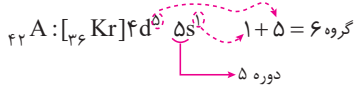


گزینه ۱

به بررسی تک تک عبارات می پردازیم:

- عبارت اول: درست است. ابتدا عدد اتمی A را به دست می آوریم:

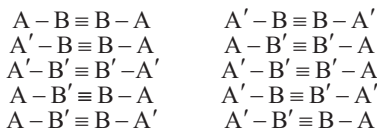
$$Z = \frac{|\Delta - q - A|}{2} = \frac{|12 - 2 - 94|}{2} = 42$$



- عبارت دوم: درست است.

- عبارت سوم: درست است. با اوصاف ذکر شده، عنصر مورد یک عنصر واسطه از دوره چهارم است و آن  ${}_{22}Ti$  است.

$${}_{22}Ti: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2 \Rightarrow \frac{\text{شمار الکترون های لایه سوم}}{\text{شمار الکترون های لایه دوم}} = \frac{10}{2} = 5$$



- عبارت چهارم: نادرست است. ۱۰ مولکول با ساختار  $A - B \equiv B - A$  وجود دارد:

گزینه ۳

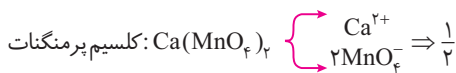
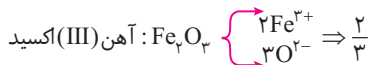
عبارت های (ب) و (ت) نادرست اند (رجوع کنید به درس نامه (۱) یا صفحه ۴۰ کتاب درسی):

- تا کنون بیش از ۱۲۰ مولکول دو یا چند اتمی در فضای بین ستاره ای شناخته شده ست.

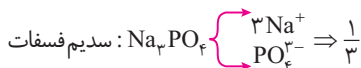
- در فضای بین ستاره ای افزون بر مولکول ها، گونه هایی با بار الکتریکی مثبت نیز وجود دارد.

گزینه ۱

در ستون (II) نسبت شمار کاتیون به آنیون به صورت زیر است:



و در ستون (I)، نسبت شمار آنیون به شمار کاتیون به صورت زیر است:



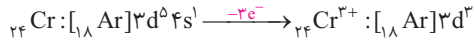
همان طور که ملاحظه می شود نسبت شمار کاتیون به آنیون در ردیف ۱ از ستون (II) (یعنی روی سولفید) با نسبت شمار آنیون به کاتیون

در ردیف ۳ از ستون (I) (یعنی آلومینیم فسفید) یکسان است.

گزینه ۴

به بررسی عبارت ها می پردازیم:

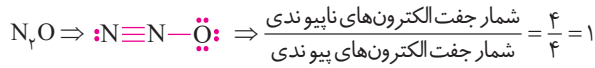
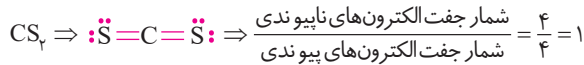
(آ) مجموع عددهای کوانتومی اصلی و فرعی  $(n+1)$  الکترون های جدا شده از  $Cr^{3+}$  برابر است با:



یک الکترون از 4s و دو الکترون از 3d جدا شده است:

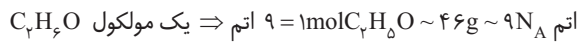
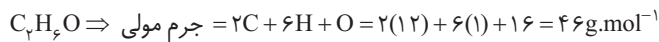
$$\left. \begin{aligned} 4s \rightarrow n+1 = 4+0 = 4 \Rightarrow 1 \times 4 = 4 \\ 3d \rightarrow n+1 = 3+2 = 5 \Rightarrow 2 \times 5 = 10 \end{aligned} \right\} 4+10 = 14$$

(ب) در  $\text{CS}_2$  و  $\text{N}_2\text{O}$ ، نسبت شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی به پیوندی برابر ۱ است:



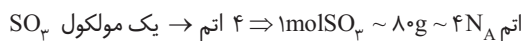
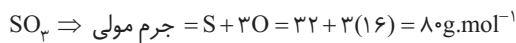
در  $\text{SO}_2$ ، این نسبت برابر با  $\frac{2}{3}$  است:

(پ) تعداد اتم‌های موجود در  $\text{SO}_3$  و  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  به قرار زیر است:



تعداد اتم  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  g

$$\left[ \begin{array}{cc} 46 & 9\text{N}_A \\ 2/3 & x \end{array} \right] \Rightarrow x = \frac{2/3 \times 9\text{N}_A}{46} = 0/45\text{N}_A \text{ اتم}$$

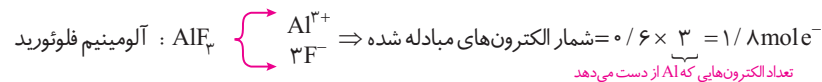


اتم  $\text{SO}_3$  g

$$\left[ \begin{array}{cc} 80 & 4\text{N}_A \\ 4 & x \end{array} \right] \Rightarrow x = \frac{4 \times 4\text{N}_A}{80} = 0/2\text{N}_A \text{ اتم}$$

پس تعداد اتم‌های موجود در  $2/3$  گرم  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  **بیش‌تر** از تعداد اتم‌ها در ۴ گرم  $\text{SO}_3$  است.

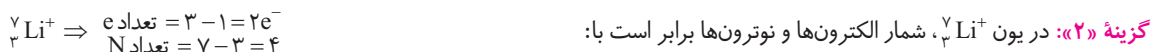
(ت) شمار الکترون‌های مبادله شده به قرار زیر است:



## ۱۴. گزینه ۱

از هفت ایزوتوپ شناخته شده هیدروژن پنج تایی آن پروتوزا (ناپایدار) است که عبارتند از:  ${}^3\text{H}$  و  ${}^4\text{H}$ ،  ${}^5\text{H}$ ،  ${}^6\text{H}$ ،  ${}^7\text{H}$

بررسی سایر گزینه‌ها:



**گزینه «۳»:** حدود  $\frac{1}{4}$  (۲۴/۲٪) اتم‌های کلر را ایزوتوپ سنگین‌تر ( ${}^{37}\text{Cl}$ ) و حدود  $\frac{3}{4}$  (۷۵/۸٪) آن‌ها را ایزوتوپ سبک‌تر ( ${}^{35}\text{Cl}$ ) تشکیل می‌دهد.

**گزینه «۴»:** جرم اتم  ${}^{12}\text{C}$  برابر ۱۲amu است، پس اگر جرم اتم عنصری  $2/32$  برابر جرم اتم  ${}^{12}\text{C}$  باشد، جرم اتمی آن برابر است با:

$$2/33 \times 12 = 27/96 \text{ amu}$$





### ۱۵. گزینه ۳

به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم:

(آ) امروزه برای اندازه‌گیری دمای اجسام داغ از **دماسنج فروسرخ** استفاده می‌کنند.

(ب) حدود هفت هزار سال پیش، انسان توانست با گرم کردن سنگ معدن مس با **ذغال‌سنگ**، فلز مس را به صورت مذاب استخراج کند.

(پ) هرچه دمای یک جسم داغ (یا شعله) **بالتر** باشد، رنگ آن جسم داغ یا شعله، طول موج **کوتاه‌تری** دارد. پس:

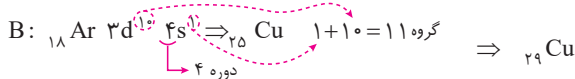
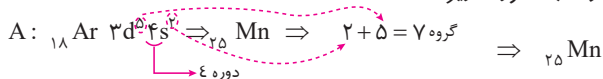
$$۸۰^{\circ}\text{C} > ۱۷۵^{\circ}\text{C} > ۲۷۵^{\circ}\text{C}$$

فرمز (سشوار) شکل (۳)  
زرد (شمع) شکل (۲)  
آبی (شعله گاز) شکل (۱)

(ت) از آزمایش روشن و خاموش کردن کنترل تلویزیون و نگاه کردن آن با دوربین موبایل می‌توان دریافت که نمایشگر موبایل می‌تواند نقش آشکارساز را برای پرتوهای غیرمرئی الکترومغناطیس، ایفا نماید.

### ۱۶. گزینه ۲

با توجه به توضیحات ارائه شده، آرایش الکترونی اتم عنصرهای A و B به صورت زیر است:



با شمارش الکترون‌های اتم A و B می‌توان دریافت که عدد اتمی این دو عنصر به ترتیب برابر ۲۵ و ۲۹ است. به عبارت دیگر A و B به ترتیب  $25\text{Mn}$  و  $29\text{Cu}$  هستند.

### ۱۷. گزینه ۳

به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم:

(آ) **درست است:** ایزوتوپ‌های یک عنصر و نیز ترکیب‌های آن‌ها، در تعداد نوترون‌ها و نیز برخی خواص وابسته به جرم مانند چگالی و نقطه انجماد با یک‌دیگر تفاوت دارند.

(ب) **درست است:** جرم یک اتم  $^{12}\text{C}$  برابر  $12\text{amu}$  است و جرم یون  $^{24}\text{Mg}^{2+}$  با اغماض از جرم دو الکترون برابر جرم  $^{24}\text{Mg}$  یعنی برابر  $24\text{amu}$  است. به عبارت دیگر جرم یک یون  $^{24}\text{Mg}^{2+}$  دو برابر جرم  $^{12}\text{C}$  می‌باشد:

$$^{24}\text{Mg}^{2+} \text{ جرم یون} = 2 \times ^{12}\text{C} \text{ جرم} = 2 \times 199 / 32 \times 10^{-25} \text{ g} = 398 / 64 \times 10^{-25} \text{ g}$$

(پ) **نادرست است:** با توجه به اطلاعات داده شده می‌توان نوشت:

$$\text{CH}_4 \text{ جرم مولی} = 12 + 4(1) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\text{SO}_4 \text{ مولکول} = 32 + 2(16) = 64 \text{ g.mol}^{-1} \Rightarrow 1 \text{ mol SO}_4 \sim 64 \text{ g} \sim 6 / 0.2 \times 10^{23}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 16 \\ 0.2 & x \end{bmatrix} \Rightarrow x = 3 / 2 \text{ g CH}_4$$

$$\begin{bmatrix} 60 / 0.2 \times 10^{23} & 64 \\ 1 / 50.5 \times 10^{23} & x \end{bmatrix} \Rightarrow x = \frac{1 / 50.5 \times 10^{23}}{60 / 0.2 \times 10^{23}} \times 64 = \frac{1}{4} \times 64 = 16 \text{ g}$$

پس جرم این دو برابر  $19 / 2$  گرم است.

(ت) **درست است:** جرم یک مولکول بنزالدهید ( $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$ ) برابر است با مجموع جرم اتم‌های آن

$$C_7H_6O \text{ جرم یک مول} = 7C + 6H + O = (7 \times 12 \text{amu}) + 6(1 \text{amu}) + (16 \text{amu}) = 106 \text{amu}$$

و جرم مولی آن هم برابر ۱۰۶ گرم بر مول است:

$$C_7H_6O \text{ جرم مولی} = (7 \times 12) + (6 \times 1) + 16 = 106 \text{g.mol}^{-1}$$

### ۱۸. گزینه ۲

درست یا نادرست بودن عبارت‌ها را مشخص می‌کنیم.

(آ) درست است: لطفاً به درس‌نامه زیر توجه فرمایید:

### درس‌نامه ۳۴ تعیین بار یک یون چند اتمی

برای تعیین بار یک یون چند اتمی می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$[\text{مجموع الکترون‌های به‌کار رفته در ساختار لوویس}] - [\text{مجموع عدد یکان شماره گروه اتم‌ها}] = \text{بار یک یون چند اتمی (q)}$$

**توجه!** منظور از الکترون‌های به‌کار رفته در ساختار لوویس، الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی است.

**مثال .** به چگونگی تعیین بار یون‌های چند اتمی زیر توجه نمایید:

تعداد جفت الکترون ناپیوندی تعداد پیوندها

$$[\ddot{\text{N}}=\text{N}=\ddot{\text{N}}:]^q \Rightarrow q = [3(\text{N})] - [4(2) + 4(2)] = [3 \times 5] - 16 = -1 \Rightarrow q = -1$$

**مثال .** با توجه به این که در یون  $[\text{N} \equiv \text{N} - \text{N} \equiv \text{N} - \text{N}]^q$ ، همه اتم‌ها از قاعده هشتایی پیروی می‌کنند، بار الکتریکی این یون

(ریاضی - ۸۸)

(q)، کدام است؟

$$+2 \quad (4) \qquad -2 \quad (3) \qquad +1 \quad (2) \qquad -1 \quad (1)$$

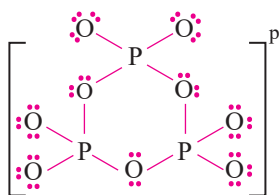
ابتدا به کمک قاعده هشتایی، الکترون‌های ناپیوندی اطراف هر اتم را تکمیل می‌کنیم:



تعداد جفت الکترون ناپیوندی تعداد پیوندها

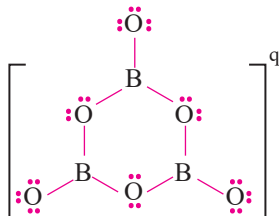
$$q = [5(\text{N})] - [8(2) + 4(2)] = [5 \times 5] - 24 = +1$$

اکنون با توجه به درس‌نامه فوق، بار این دو یون را تعیین می‌نماییم:



تعداد جفت الکترون ناپیوندی تعداد پیوندها

$$\Rightarrow P = [3P + 9O] - [12(2) + 24(2)] = [3 \times 5 + 9 \times 6] - [72] = 69 - 72 = -3$$



تعداد جفت الکترون ناپیوندی تعداد پیوندها

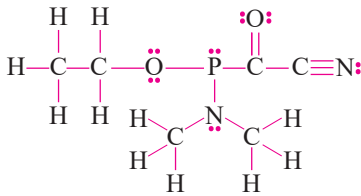
$$\Rightarrow q = [3B + 6O] - [9(2) + 15(2)] = [3(3) + 6(6)] - [48] = 45 - 48 = -3$$

پس  $\frac{p}{q} = \frac{-3}{-3} = 1$  می‌باشد.





(ب) نادرست است: با قرار دادن جفت الکترون‌های ناپیوندی، ساختار مورد نظر را تکمیل می‌نماییم:



$$\frac{\text{شمار جفت الکترون‌های پیوندی}}{\text{شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی}} = \frac{24}{7} \approx 3.43$$

(پ) نادرست است: ترکیب‌های  $\text{NO}_2$ ،  $\text{CF}_4$ ،  $\text{AlCl}_3$ ،  $\text{SO}_2$ ،  $\text{H}_2\text{S}$ ، مولکولی و  $\text{KNO}_3$ ،  $\text{TiF}_6$ ،  $\text{Li}_3\text{N}$  و  $\text{BaI}_2$  یونی‌اند. پس در مجموع ۴ ترکیب یونی وجود دارد.

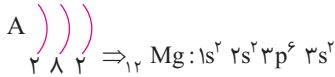
(ت) نادرست است: در یک ترکیب یونی، مجموع بار یون‌های مثبت همواره با مجموع بار یون‌های منفی برابر است. البته در بعضی موارد که نسبت کاتیون به آنیون ۱:۱ است (مانند  $\text{NaCl}$  و  $\text{MgO}$ )، شمار یون‌های مثبت با شمار یون‌های منفی برابر است. ترکیبی مانند  $\text{MgF}_2$ ، تعداد آنیون‌ها ( $\text{F}^-$ ) دو برابر تعداد کاتیون‌ها ( $\text{Mg}^{2+}$ ) است، اما مجموع بار آنیون‌ها (-۲) با مجموع بار کاتیون (+۲) برابر است.

### ۱۹. گزینه ۴

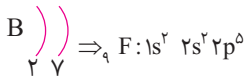
گازهای نجیب در گروه ۱۸ جدول تناوبی جای دارند و تفاوت عدد اتمی گاز نجیب دوره اول ( $\text{He}$ ) و دوره سوم ( $\text{Ar}$ ) برابر ۱۶ است. ( $18 - 2 = 16$ )

### ۲۰. گزینه ۳

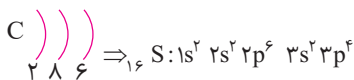
ابتدا ببینیم با چه عنصرهایی سر و کار داریم:



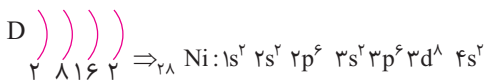
(۱) A دارای سه لایه الکترونی است و در لایه آخر ۲ الکترون دارد:



(۲) B دارای دو لایه الکترونی است و در لایه آخر ۷ الکترون دارد:



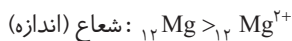
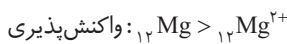
(۳) C دارای ۳ لایه الکترونی است و در لایه آخر، ۶ الکترون دارد:



(۴) D دارای ۴ لایه الکترونی است و در لایه آخر، ۲ الکترون دارد:

اکنون به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم:

(آ) درست است: منیزیم  ${}_{12}\text{Mg}$  (A) با از دست دادن ۲ الکترون به آرایش گاز نجیب  ${}_{10}\text{Ne}$  می‌رسد و پایدار می‌شود و از واکنش‌پذیری آن کاسته می‌شود. در ضمن هر یون مثبتی از اتم خنثای خود شعاع و اندازه کوچک‌تری دارد:



(ب) نادرست است: با توجه به آرایش الکترونی این اتم‌ها، مجموع تعداد زیرلایه‌های پر در B و D به ترتیب برابر ۲ و ۶ و در A و C به ترتیب ۴ و ۴ است؛ یعنی با هم برابر است.

(پ) نادرست است: در  ${}_{28}\text{Ni}$  (D) که یک عنصر واسطه است الکترون‌های ظرفیتی ابتدا وارد زیرلایه  $4s$  و سپس  $3d$  می‌شوند. یعنی آخرین الکترون وارد زیرلایه  $3d$  می‌شود که عددهای کوانتومی اصلی و فرعی آن به صورت  $l=2$  و  $n=3$  است:







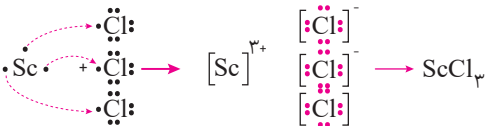
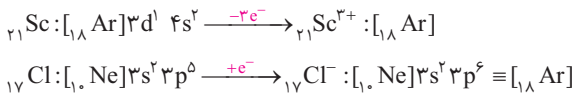
پاسخنامه آزمون ۵: کل فصل اول

گزینه ۲

۱. رجوع کنید به درسنامه ۲ یا مطالب صفحه ۳ کتاب درسی.  
**توجه!** در مورد عبارت (ث) لازم به توضیح است که سیاره مشتری در مقایسه با زمین از خورشید دورتر است، لذا دمای آن کم تر می باشد.  
 در ضمن چون یک سیاره گازی است، چگالی کم تری از زمین دارد (که یک سیاره سنگی است).

گزینه ۱

۲. به بررسی عبارت های مطرح شده می پردازیم:  
**- عبارت اول: نادرست است.** هرچه یک ایزوتوپ فراوان تر باشد، پایدارتر است. ایزوتوپ  $^{37}\text{Cl}$  فراوانی کم تری (۲۴/۲٪) از  $^{35}\text{Cl}$  (۷۵/۸٪) دارد. بنابراین پایداری آن کم تر است.  
**- عبارت دوم: درست است.** اولین عنصر واسطه، اسکاندیم ( $^{41}\text{Sc}$ ) است که با کلر ( $^{35}\text{Cl}$ ) ترکیبی یونی با فرمول شیمیایی  $\text{ScCl}_3$  می دهد که در آن هر دو به آرایش گاز نجیب  $^{18}\text{Ar}$  رسیده اند:



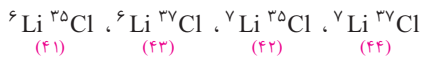
**- عبارت سوم: درست است.** ابتدا جرم اتمی میانگین کلر را به دست می آوریم:

$$M = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} = \frac{(37 \times 24/2) + 35 \times (75/8)}{100} = 35/48 = 35/5 \text{ amu}$$

پس جرم مولکولی میانگین  $\text{Cl}_3$  برابر  $35/5 \times 3 = 71 \text{ amu}$  است.

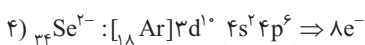
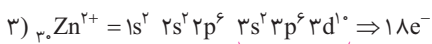
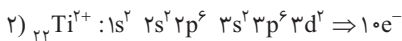
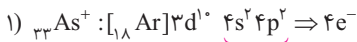
**- عبارت چهارم: نادرست است.** اولین گاز نجیب پرتوزا، رادون ( $^{86}\text{Rn}$ ) است که تفاوت عدد اتمی آن با کلر ( $^{35}\text{Cl}$ ) برابر ۶۹ است.  
 (۸۶ - ۱۷ = ۶۹)

**- عبارت پنجم: درست است.** از واکنش دو ایزوتوپ  $^{35}\text{Cl}$  و  $^{37}\text{Cl}$  با ایزوتوپ های  $^6\text{Li}$  و  $^7\text{Li}$ ، چهار لیتیم کلرید با جرم مولی متفاوت تشکیل می شود:



گزینه ۴

۱) آرایش الکترونی یون های مورد نظر به صورت زیر است:



همان طور که مشاهده می شود در  ${}_{34}\text{Se}^{2-}$ ، تعداد الکترون های بیرونی ترین لایه ( $n = 4$ ) برابر ۸ است.

## گزینه ۲

ابتدا باید انرژی آزاد شده به ازای تشکیل یک مول (۴ گرم) هلیوم را محاسبه نماییم:

$$m = 0.0024 \text{ g} = 2/4 \times 10^{-3} \text{ g} = 2/4 \times 10^{-6} \text{ kg}$$

$$E = mC^2 = (2/4 \times 10^{-6}) \times (3 \times 10^8)^2 = 2/16 \times 10^{11} \text{ J} = 2/16 \times 10^8 \text{ kJ}$$

سپس انرژی آزاد شده به ازای تشکیل ۰/۱۶ گرم هلیوم را به دست می‌آوریم:

**gHe      kJ**

$$\left[ \begin{array}{cc} 4 & 2/16 \times 10^8 \\ 0.16 & x \end{array} \right] \Rightarrow x = \frac{0.16 \times 2/16 \times 10^8}{4} = 8/64 \times 10^6 \text{ kJ}$$

و در ادامه انرژی لازم برای تولید یک تن مس را محاسبه می‌نماییم:

$$1 \text{ ton} = 10^3 \text{ kg} = 10^6 \text{ g}$$

$$1 \text{ mol Cu} = 64 \text{ g}$$

**gCu      kJ**

$$\left[ \begin{array}{cc} 64 & 16 \\ 10^6 & x \end{array} \right] \Rightarrow x = \frac{16 \times 10^6}{64} = 2/5 \times 10^5 \text{ kJ}$$

پس انرژی لازم برای یک روز برابر  $2/5 \times 10^5$  کیلوژول است. بنابراین می‌توان نوشت:

**روز      kJ**

$$\left[ \begin{array}{cc} 1 & 2/5 \times 10^5 \\ x & 8/64 \times 10^6 \end{array} \right] \Rightarrow x = \frac{8/64 \times 10^6}{2/5 \times 10^5} = 34/56 \sim 35 \text{ روز}$$

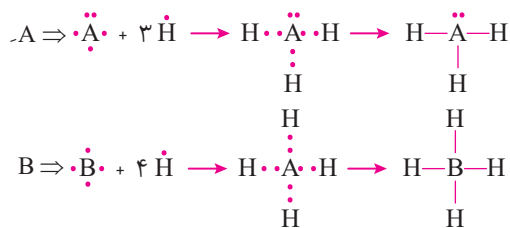
## گزینه ۳

به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم:

**(آ) درست است.** با توجه به توضیحات داده شده، عدد اتمی A و B به ترتیب ۲۱ و ۵۳ است ( ${}_{21}B, {}_{53}A$ ) و در جدول دوره‌ای بین دو عنصر، ۳۱ عنصر قرار گرفته است.

$$\text{عنصر } 31 = (53 - 21) - 1 = 31$$

**(ب) درست است.** A و B به ترتیب عنصرهایی از گروه ۱۵ و ۱۴ هستند که فرمول شیمیایی ترکیب هیدروژن‌دار آن‌ها به صورت  $AH_3$  و  $BH_4$  می‌باشد:



لطفاً به درس‌نامه زیر توجه فرمایید!

### درس‌نامه ۳۵ فرمول ترکیب‌های هیدروژن‌دار عنصرهای دسته s و p

**ظرفیت:** تعداد الکترون‌هایی که یک اتم مبادله می‌کند یا به اشتراک می‌گذارد، نشان‌دهنده ظرفیت آن اتم است.

برای نوشتن فرمول شیمیایی ترکیب‌های هیدروژن‌دار عنصرهای دسته s و p، ابتدا باید ظرفیت این عنصرها را بدانیم و برای این منظور باید موارد زیر را در نظر بگیریم:

**(آ) در عنصرهای گروه ۱، ۲، ۱۳ و ۱۴، ظرفیت در ترکیب با هیدروژن برابر عدد یکان شماره گروه است.** برای مثال  $Li$  و  $Be$  به ترتیب متعلق به گروه‌های ۱ و ۲ هستند، پس ظرفیت آن‌ها در ترکیب با هیدروژن به ترتیب برابر ۱ و ۲ است و فرمول ترکیب هیدروژن‌دار آن‌ها به ترتیب به صورت  $LiH$  و  $BeH_2$  می‌باشد. هم‌چنین C متعلق به گروه ۱۴ است، پس ظرفیت آن برابر ۴ بوده و فرمول ترکیب هیدروژن‌دار







آن به صورت  $CH_4$  می‌باشد.

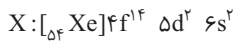
ب) در عنصرهای گروه‌های ۱۵، ۱۶ و ۱۷، ظرفیت در ترکیب با هیدروژن از رابطه زیر به دست می‌آید:

شماره گروه - ۱۸ = ظرفیت در ترکیب با هیدروژن

به عنوان مثال.  $N$  متعلق به گروه ۱۵ است، پس ظرفیت آن در ترکیب با هیدروژن برابر ۳ ( $18 - 15 = 3$ ) و فرمول ترکیب هیدروژن دار آن به صورت  $NH_3$  است. در جدول زیر فرمول کلی ترکیب‌های هیدروژن دار عنصرهای دسته s و p ارائه شده است.

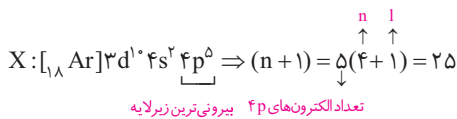
شماره گروه	۱	۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷
فرمول ترکیب هیدروژن دار	XH	$XH_2$	$XH_3$	$XH_4$	$XH_3$	$H_2X$	HX
مثال	LiH	$BeH_2$	$BH_3$	$CH_4$	$NH_3$	$H_2S$	HF

پ) نادرست است.  $l = 2$  بیان گر زیرلایه d است و اگر اتم عنصری ۲۲ الکترون در این زیرلایه داشته باشد معلوم می‌شود که در هر یک از زیرلایه‌های ۳d و ۴d و ۱۰، ۴d الکترون و در زیرلایه ۵d، دو الکترون دارد. پس آرایش الکترونی آن به صورت زیر خواهد بود:



یعنی زیرلایه‌های ۴s، ۴p، ۴d و ۴f آن کاملاً پر هستند. پس در لایه چهارم ( $n = 4$ ) مجموعاً ۳۲ الکترون وجود دارد که مجموع عدد کوانتومی اصلی ( $n$ ) آن‌ها برابر  $4 \times 32 = 128$  می‌باشد.

ت) نادرست است. زیرلایه ۳d زودتر از ۴p پر می‌شود پس اگر در آرایش الکترونی اتمی، تعداد الکترون‌های زیرلایه ۳d دو برابر زیرلایه ۴p باشد آرایش الکترونی آن به صورت زیر خواهد بود:



## ۶. گزینه ۲

جدول مورد نظر را به صورت زیر بازنویسی می‌نماییم:

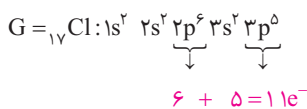
	گروه ۱۵	گروه ۱۶	گروه ۱۷
دوره ۲	$A(5N)$	$X(6O)$	$E(7F)$
دوره ۳	$Y(15P)$	$D(16S)$	$G(17Cl)$

اکنون به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم:

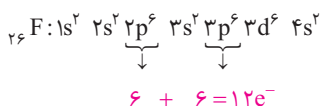
آ) درست است. از ۶ عنصر جدول فوق، سه عنصر اکسیژن ( $O$ )، نیتروژن ( $N$ ) و گوگرد ( $S$ ) یعنی ۵۰ درصد عنصرهای جدول فوق، در سیاره مشتری یافت می‌شوند. در ضمن رامسی با جداسازی  $O_2$  و  $N_2$  از هوا، گاز نجیب آرگون را کشف کرد.

ب) نادرست است. در دمای اتاق و فشار یک اتمسفر، چهار عنصر  $N_2$ ،  $O_2$ ،  $F_2$  و  $Cl_2$  (یعنی  $\frac{4}{6}$  عنصرها) به حالت گازی هستند.

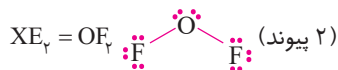
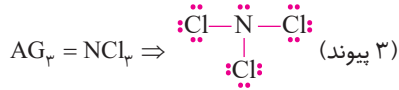
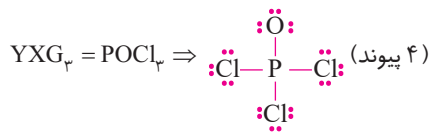
پ) درست است. در اتم  $^{35}_{17}Cl$ ، ۱۱ الکترون در زیرلایه p ( $l = 1$ ) وجود دارد.



اما در اتم  $^{56}_{26}Fe$  (که در تصویربرداری از گردش خون استفاده می‌شود) تعداد الکترون با  $l = 1$  برابر ۱۲ است:



ت) درست است:



### ۷. گزینه ۱

با توجه به فرمول ارائه شده می‌توان نوشت:

$$n = 2 \text{ به } n = 1 \text{ از یک الکترون کردن برای برانگیخته کردن لازم برای برانگیخته کردن یک الکترون از } n = 1 \text{ به } n = 2 \\ = -2/18 \times 10^{-18} \left( -\frac{3}{4} \right) = 1/635 \times 10^{-18} \text{ J. atom}^{-1}$$

از آنجا که انرژی لازم برای برانگیخته کردن یک مول اتم هیدروژن، خواسته شده می‌توان نوشت:

$$\left[ \begin{array}{c} \text{اتم} \\ 1 \\ \text{J} \\ 1/635 \times 10^{-18} \\ \text{J} \\ 6/02 \times 10^{23} \\ x \end{array} \right] \Rightarrow x = 6/02 \times 10^{23} \times 1/635 \times 10^{-18} \approx 9/842 \times 10^5 \text{ J} = 984/2 \text{ kJ}$$

و برای قسمت دوم سؤال می‌توان نوشت:

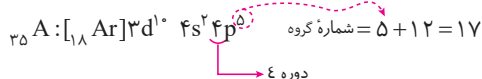
$$\frac{E_p - E_1}{E_p - E_1} = \frac{-2/18 \times 10^{-18} \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{1} \right)}{-2/18 \times 10^{-18} \left( \frac{1}{9} - \frac{1}{1} \right)} = \frac{3}{4} = \frac{27}{32} = 0/843 \sim 0/84$$

### ۸. گزینه ۴

همان‌گونه که می‌دانید در یک اتم همواره تعداد نوترون‌ها یا از تعداد پروتون‌ها بیشتر است یا با تعداد پروتون‌ها مساوی است ( $N \geq Z$ ). از آنجا که تفاوت عدد اتمی (تعداد پروتون‌ها) و شمار نوترون‌ها در اتم A برابر ۱۰ است، می‌توان نوشت:

$$N = Z + 10 \Rightarrow A = Z + N \Rightarrow 80 = Z + (Z + 10) \Rightarrow Z = 35$$

پس عدد اتمی A برابر ۳۵ است. برای تعیین گروه و دوره عنصر A می‌توان آرایش الکترونی آن را رسم کرد:



عنصرهای گروه ۱۷ (هالوژن‌ها) می‌توانند یون  $A^-$  و عنصرهای گروه ۱۰ (فلزهای قلیایی) می‌توانند یون  $M^+$  تشکیل دهند، پس، از واکنش این دو عنصر، ترکیب یونی MA به دست می‌آید.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه «۱»: عنصر A متعلق به گروه ۱۷ است.

گزینه «۲»: در مولکول  $A_2$ ، هر اتم فقط یک الکترون به اشتراک می‌گذارد.



گزینه «۳»: همان‌طور که در بالا می‌بینید آرایش الکترونی لایه ظرفیت اتم A به صورت  $4s^2 4p^5$  است.





### ۹. گزینه ۳

به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم:

- عبارت اول: درست است.  $1 \text{ amu}$  برابر  $\frac{1}{12}$  جرم اتم کربن -۱۲ است.

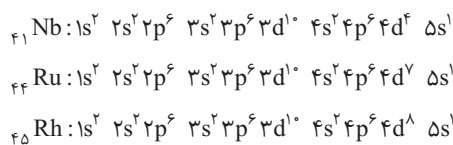
- عبارت دوم: درست است. جرم پروتون ( ${}^1_1\text{p}$ ) و نوترون ( ${}^1_0\text{n}$ ) اندکی بیش‌تر از  $1 \text{ amu}$  است و در شکل (۲) عقربه این مطلب را نشان می‌دهد.

- عبارت سوم: نادرست است. ذره‌های سازنده هسته اتم هلیوم ( ${}^4_2\text{He}$ ) شامل ۲ پروتون و ۲ نوترون است و چون جرم هر کدام از نوترون و پروتون اندکی بیش‌تر از  $1 \text{ amu}$  است لذا مجموع جرم آن‌ها هم اندکی بیش‌تر از  $4 \text{ amu}$  خواهد و عقربه ترازو کمی بیش‌تر از  $4 \text{ amu}$  را نشان خواهد داد.

- عبارت چهارم: درست است. اتم  ${}^1_1\text{H}$  شامل یک پروتون و یک الکترون است حتی با اگماض از جرم الکترون (که حدود  $\frac{1}{1836} \text{ amu}$  است) جرم پروتون از  $1 \text{ amu}$  ( $\frac{1}{12}$  جرم اتم کربن -۱۲) بیش‌تر است.

### ۱۰. گزینه ۴

ابتدا آرایش الکترونی  ${}_{38}\text{Sr}$  و سپس آرایش الکترونی اتم‌های داده شده را می‌نویسیم:



با توجه به آرایش الکترونی  ${}_{44}\text{Ru}$  و  ${}_{45}\text{Rh}$ ، آخرین زیرلایه ( $5s^1$ ) نیم‌پر است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه «۱»: در اتم  ${}_{44}\text{Ru}$ ، ۹ الکترون در زیرلایه‌های  $1s$ ،  $2s$ ،  $3s$ ،  $4s$  و  $5s$  جای دارد. (عدد کوانتومی فرعی زیرلایه  $s$  برابر صفر است  $l=0$ )

گزینه «۲»:  $l=2$  بیان‌گر زیرلایه  $d$  است که در اتم  ${}_{41}\text{Nb}$ ، ۱۴ الکترون در زیرلایه‌های  $3d$  و  $4d$  قرار دارد.

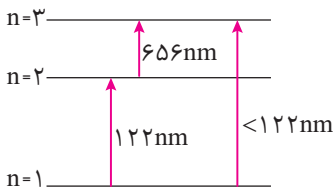
گزینه «۳»: در اتم  ${}_{45}\text{Rh}$  الکترون‌های موجود در زیرلایه‌های  $5s$  و  $4d$ ، الکترون‌های ظرفیتی به شمار می‌آیند که تعداد آن‌ها در این اتم برابر ۹ است.

### ۱۱. گزینه ۱

به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم:

- عبارت اول: درست است.

- عبارت دوم: نادرست است. با دور شدن از هسته انرژی لایه‌ها نیز افزایش می‌یابد، پس انتقال از  $n=1$  به  $n=3$  انرژی بیش‌تری از انتقال



$n=1$  به  $n=2$  و از  $n=2$  به  $n=3$  دارد. از طرفی انرژی با طول موج رابطه عکس دارد، پس طول موج انتقال از  $n=1$  به  $n=3$  کم‌تر از  $122 \text{ nm}$  خواهد بود. (توجه داشته باشید که طول موج جمع‌پذیر نیست یعنی نباید تصور کرد که چون طول موج انتقال از  $n=1$  به  $n=2$  و از  $n=2$  به  $n=3$  به ترتیب  $122$  و  $656 \text{ nm}$  است پس طول موج انتقال از  $n=1$  به  $n=3$   $656 + 122 = 778 \text{ nm}$  است!)

- عبارت سوم: درست است. انتقال الکترون از  $n=4$  به  $n=2$  نوری سبز رنگ تولید می‌کند که همان رنگ فلز مس (و ترکیبات آن) در شعله است.

- عبارت چهارم: درست است. پرتو نشر شده از کنترل تلویزیون در محدوده فروسرخ است که طول موج آن بیش تر از ۷۰۰nm می باشد.

۱۲. گزینه ۳

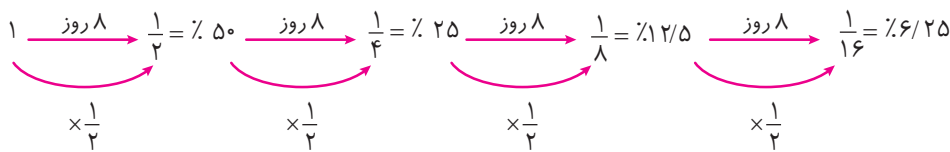
عبارت های مورد نظر را تکمیل می کنیم:

آ) می دانید که جرم یک الکترون حدود  $\frac{1}{1836}$  amu است و جرم ۱ amu برابر  $\frac{1}{N_A}$  پس

$$\text{جرم الکترون} = \frac{1}{1836} \text{ amu} = \frac{1}{1836} \times \frac{1}{N_A} = \frac{1}{1836} \times \frac{1}{6.02 \times 10^{23}} = \frac{1}{1.1 \times 10^{27}} = 9.1 \times 10^{-28} \text{ g}$$

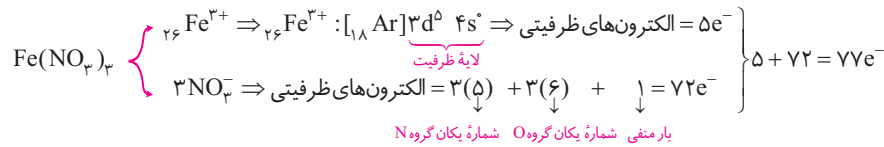
با توجه به این که جرم واقعی الکترون کمی بیش تر از مقدار فوق است ( $9.1 \times 10^{-28} \text{ g}$ )، می توان دریافت که جرم الکترون اندکی بیش تر از  $\frac{1}{1836}$  amu است.

ب) با توجه به این که نیم عمر یید -۱۳۱، ۸ روز است می توان نوشت:



۱۰٪ عددی بین ۶/۲۵٪ و ۱۲/۵٪ است، پس زمانی بین ۳ تا ۴ نیم عمر یعنی  $3 \times 8 = 24$  تا  $4 \times 8 = 32$  روز طول می کشد.

پ) نحوه محاسبه الکترون های ظرفیتی در  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ، صورت زیر است:

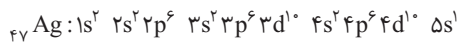


ت) سدیم (و ترکیبات آن) در شعله به رنگ زرد درمی آید و فقط خطوط طیفی ۵۸۹nm و ۵۹۰nm در محدوده طیف مرئی (۷۰۰-۴۰۰nm) هستند. پس این دو خط طیفی در طیف خطی نشری سدیم به رنگ زرد هستند.

۱۳. گزینه ۱

به بررسی عبارت ها می پردازیم:

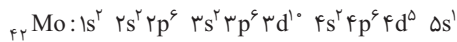
آ) درست است: آرایش الکترونی  $\text{Ag}_{47}$  به صورت زیر است:



همان طور که ملاحظه می شود در مجموع در زیرلایه های s ( $l=0$ ) ۹ الکترون وجود دارد:

$$l=0 \text{ درصد الکترون های دارای } = \frac{9}{47} \times 100 = 19/15\%$$

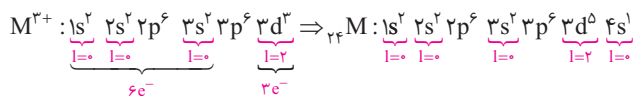
ب) درست است: آرایش الکترونی  $\text{Mo}_{42}$  به صورت زیر است:



در اتم  $\text{Mo}_{42}$ ، ۱۵ الکترون در زیرلایه d ( $l=2$ ) جای دارد، پس:

$$l=2 \text{ درصد الکترون های دارای } = \frac{15}{42} \times 100 = 35/71\% = 35/7\%$$

پ) درست است: با توجه به توضیحات ارائه شده، آرایش الکترونی یون  $\text{M}^{3+}$  و اتم M را رسم می کنیم:



با توجه به آرایش اتم  $\text{M}_{44}$  می توان نوشت:



$$\frac{l = \text{تعداد الکترون با } 0}{l = \text{تعداد الکترون با } 2} = \frac{y}{5} = 1/4$$

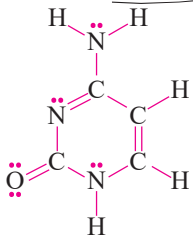
ت) درست است: با توجه به اطلاعات داده شده، می توان نوشت:

$${}_{b-2}^{a+1}A^{3+} \cdot {}_a^{b-}B^{-} \cdot {}_{2b+2}^{4a-1}C$$

$$(b-2) - 3 = 2(b-a) \Rightarrow b = 2a - 5$$

تعداد نوترونهای  $B^{-}$  تعداد الکترونهای  $A^{3+}$

$$C \text{ تعداد نوترونهای } = (4a-1) - (2b+2) = (4a-1) - (2(2a-5)+2) = 4a-1-4a+10-2=7$$



۱۴. گزینه ۳

ساختار لوویس مولکول داده شده را تکمیل می نمایم:

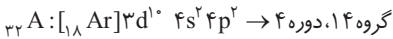
همان طور که دیده می شود، در این مولکول، ۱۶ پیوند کووالانسی (جفت الکترون پیوندی) و ۵ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد.

۱۵. گزینه ۳

با توجه به طیف نشری نمونه و طیف نشری خطی سایر عناصر فلزی می توان دریافت که نمونه مورد نظر دارای خطوط طیفی عنصرهای کلسیم، مس و آهن است پس در نمونه مورد نظر فلزهای کلسیم، مس و آهن است.

۱۶. گزینه ۴

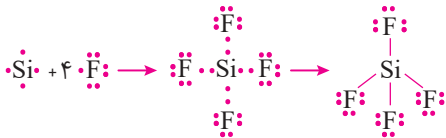
عنصر  $A$  در دوره چهارم و گروه چهاردهم جای دارد. پس عدد اتمی عنصر  $X$  که هم دوره  $A$  بوده و در گروه ۱۵ جای دارد برابر ۳۳ است.



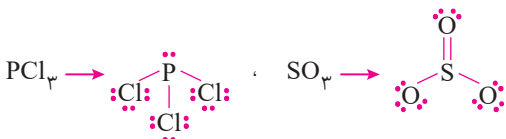
۱۷. گزینه ۲

به بررسی عبارت ها می پردازیم:

آ) درست است: عنصرهای ۹ و ۱۴ جدول دوره ای به ترتیب  $F$  و  $Si$  هستند که می توانند مولکولی با فرمول  $SiF_4$  تشکیل دهند که شبیه شکل (I) می باشد.



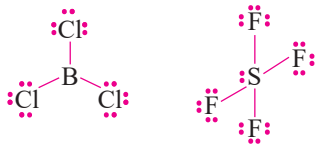
ب) نادرست است: شکل (II) مربوط به مولکول یا یونی چهار اتمی است که در آن یک جفت الکترون ناپیوندی بر روی اتم مرکزی قرار دارد. در  $SO_3$  اتم مرکزی فاقد جفت الکترون ناپیوندی است:



پ) نادرست است: شکل (III) مربوط به مولکول یا یونی است که در آن اتم مرکزی یک یا دو جفت الکترون ناپیوندی دارد. در  $N_2O$ ، اتم مرکزی فاقد جفت الکترون ناپیوندی است:



(ت) درست است: به ساختار لوویس  $BCl_3$  و  $SF_6$  توجه نمایید:



شاید تصور شود که  $BCl_3$  شبیه شکل (II) است ولی این تصور نادرست است چون B در  $BCl_3$  فاقد جفت الکترون ناپیوندی است.  $SF_6$  هم چون اتم مرکزی دارای جفت الکترون ناپیوندی است شباهتی به شکل (I) ندارد.

### ۱۸. گزینه ۱

به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم:

- عبارت اول: درست است.

- عبارت دوم: نادرست است. در جهان هستی حدود  $10^{13}$  میلیارد کهکشان وجود دارد که هر کهکشان در حدود  $400$  میلیارد ستاره در خود دارد، پس:

$$\text{ستاره} = 5/2 \times 10^{22} = 10^9 \times 400 \times 10^9 \times 10^9 = 10^{22} \times 4 \times 10^8 = 4 \times 10^{30} \text{ ستاره}$$

$$\text{ستاره} \text{ mol} = 0/086 = 0/08 \text{ mol} = \frac{1 \text{ ستاره}}{6/02 \times 10^{23}} \times 4 \times 10^{30} \text{ ستاره}$$

- عبارت سوم: نادرست است. با تکمیل ساختار لوویس، داریم:

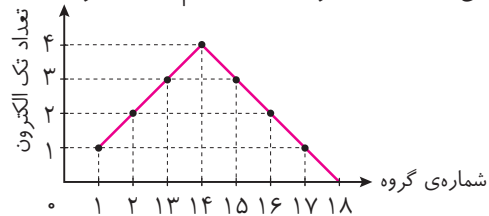


$$q = [\text{مجموع الکترون‌های به‌کار رفته در ساختار لوویس}] - [\text{مجموع عدد یکان شماره گروه اتم‌ها}]$$

$$= [2C + 3N] - [4(2) + 5(2)] = [2(4) + 3(5)] - 24 = 23 - 24 = -1$$

تعداد جفت الکترون‌های ناپیوندی تعداد پیوندها

- عبارت چهارم: درست است. نمودار تغییر تعداد الکترون‌های جفت نشده (تکی) در ساختار الکترون - نقطه‌ای اتم‌ها در عنصرهای دوره



دوم و سوم به صورت زیر است:

- عبارت پنجم: درست است. همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌شود، جرم اتم‌های اکسیژن بسیار دقیق است (بدون رقم اعشار) ولی جرم

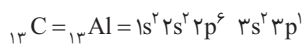
اتم کربن دارای رقم اعشار است. این می‌رساند که دانش‌آموز مورد نظر، مقیاس جرم اتم‌ها را اکسیژن ( $^{16}O$ ) انتخاب کرده است نه اتم

کربن - ۱۲؛ یعنی  $\frac{1}{6}$  جرم اتم  $^{16}O$ .

### ۱۹. گزینه ۲

به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم:

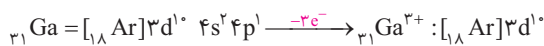
(آ) نادرست است: C در گروه ۱۳ دارد؛ C همان آلومینیم ( $Al_{13}$ ) است



اولاً B که هم گروه  $Al_{13}$  است تمایلی به از دست دادن الکترون ندارد و در واکنش‌ها الکترون به اشتراک می‌گذارد. ثانیاً عنصرهای دیگر

این گروه مانند  $Ga_{31}$  و ... حداکثر سه الکترون از دست می‌دهند و البته به آرایش گاز نجیب هم دوره قبل نمی‌رسند! به مثال زیر توجه

نمایید:





**پ) درست است:** B و C به ترتیب  ${}^{14}_7\text{N}$  و  ${}^{27}_{13}\text{Al}$  هستند و ترکیب یونی حاصل  $\text{AlN}$  (آلومینیم نیتريد) است:

$$\text{AlN جرم مولی} = 27 + 14 = 41 \text{ g.mol}^{-1}$$

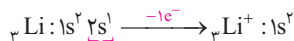
$$1 \text{ mol AlN} \sim 41 \text{ g} \sim 1 \text{ mol Al}^{3+} \sim 6/02 \times 10^{23} \text{ Al}^{3+}$$

یون  $\text{Al}^{3+}$   $\text{AlN}$  g

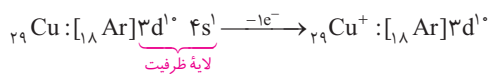
$$\left[ \begin{array}{cc} 41 & 6/02 \times 10^{23} \\ 8/2 & x \end{array} \right] \Rightarrow x = \frac{8/2}{41} \times 6/02 \times 10^{23} = 0/2 \times 6/02 \times 10^{23} = 1/204 \times 10^{23} \text{ Al}^{3+} \text{ یون}$$

**پ) درست است:** مولکول  $\text{N}_2$  پیوندهای سه گانه دارد ( $\text{N} \equiv \text{N}$ ): در حالی که مولکولهای دو اتمی دیگر ( $\text{I}_2, \text{Br}_2, \text{Cl}_2, \text{F}_2, \text{O}_2, \text{H}_2$ ) پیوندهای یگانه و دوگانه ( $\text{O}_2$ ) دارند.

**ت) نادرست است:** A و D به ترتیب  ${}^3\text{Li}$  و  ${}_{29}\text{Cu}$  هستند که در لایه ظرفیت خود به ترتیب ۱ و ۱۱ الکترون دارند:



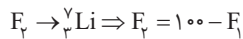
لایه ظرفیت



لایه ظرفیت

$\text{Li}$  با تشکیل ( $\text{Li}_2\text{O}$ ) همان یک الکترون موجود در لایه ظرفیت خود را از دست می دهد اما  ${}_{29}\text{Cu}$  با تشکیل ( $\text{CuCl}$ ) فقط یکی از ۱۱ الکترون ظرفیتی خود را از دست می دهد.

**ث) نادرست است:**  $\text{Li}$  (یا A) دارای دو ایزوتوپ  ${}^6\text{Li}$  و  ${}^7\text{Li}$  است:



$$M = \frac{M_1 \text{F}_1 + M_2 \text{F}_2}{\text{F}_1 + \text{F}_2} \Rightarrow 6/94 = \frac{6 \times \text{F}_1 + 7(100 - \text{F}_1)}{100} \Rightarrow 694 = 6\text{F}_1 + 700 - 7\text{F}_1 \Rightarrow \text{F}_1 = 6 \Rightarrow \text{F}_2 = 94$$

## ۲۰. گزینه ۲

### درس نامه ۳۶ بزرگترین ظرفیت در عنصرهای دسته s و p

در عنصرهای دسته s و p (به جز گروه ۱۸) بزرگترین ظرفیت عنصرها برابر عدد یکان شماره گروه آنهاست. برای نمونه عنصرهای گوگرد و کلر به ترتیب متعلق به گروههای ۱۶ و ۱۷ هستند، پس بزرگترین ظرفیت آنها به ترتیب برابر ۶ و ۷ است. هم چنین پتاسیم متعلق به گروه ۱ است، پس بزرگترین ظرفیت آن برابر ۱ است.

**نکته:** بالاترین ظرفیت فلئور (F) و اکسیژن ( $\text{O}$ ) که به ترتیب در گروههای ۱۷ و ۱۶ هستند به ترتیب برابر یک و دو است. در جدول زیر فرمول اکسید عنصرهای دسته s و p با بالاترین ظرفیت ارائه شده است.

شماره گروه	۱	۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷
آرایش الکترونی لایه ظرفیت	$ns^1$	$ns^2$	$ns^2 np^1$	$ns^2 sp^2$	$ns^2 np^3$	$ns^2 np^4$	$ns^2 np^5$
فرمول اکسید با بزرگترین ظرفیت	$X_2O$	XO	$X_2O_3$	$XO_2$	$X_2O_5$	$XO_3$	$X_2O_7$
مثال	$\text{Na}_2\text{O}$	MgO	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{CO}_2$	$\text{N}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	$\text{Cl}_2\text{O}_7$

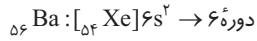
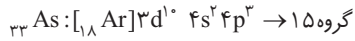
**نکته:** فرمول اکسید فسفر با بالاترین ظرفیت به صورت  $\text{P}_2\text{O}_5$  است نه  $\text{P}_4\text{O}_{10}$ !

**نکته:** کمترین ظرفیت عنصرهای گروه ۱۵، ۱۶ و ۱۷ برابر است با:

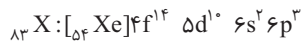
شماره گروه - ۱۸ = کمترین ظرفیت

برای مثال کمترین ظرفیت  ${}_{16}\text{S}$  و  ${}_{17}\text{Cl}$  که به ترتیب در گروه‌های ۱۶ و ۱۷ جای دارند برابر ۲ و ۱ است.

آرایش الکترونی  ${}_{33}\text{As}$  و  ${}_{56}\text{Ba}$  به صورت زیر است:



پس عنصر X در گروه ۱۵ و دوره ۶ جدول دوره‌ای جای دارد:



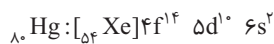
بالاترین ظرفیت عنصری که در گروه ۱۵ جای دارد برابر ۵ است نه ۳! در ضمن X با کلر نمی‌تواند ترکیب یونی با فرمول  $\text{XCl}_5$  تشکیل دهد چون در این صورت X باید کاتیونی با بار (+۵) تشکیل دهد که امکان‌پذیر نیست (ترکیب‌های پایدار فقط کاتیون‌هایی با بار حداکثر (+۳) تشکیل می‌دهند).

بررسی سایر گزینه‌ها:

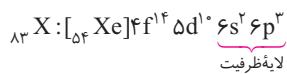
**گزینه «۱»:** اگر در آرایش الکترونی X، تعداد الکترون‌ها شمرده شود، عدد اتمی آن به دست می‌آید که برابر ۸۳ است. البته جور دیگر هم می‌توان عدد اتمی X را به دست آورد. چون X در دوره ۶ جای دارد و گاز نجیب این دوره هم  ${}_{86}\text{Rn}$  است کافی است از ۸۶، سه واحد کم کنیم تا برسیم به عدد اتمی عنصر X که در گروه ۱۵ جای دارد:

$$\text{عدد اتمی X} = 86 - 3 = 83$$

**گزینه «۳»:** عددهای کوانتومی  $l=3$  و  $n=4$  بیان‌گر زیرلایه ۴f هستند که در  ${}_{80}\text{Hg}$  هم این زیرلایه پر است:



**گزینه «۴»:** در لایه ظرفیت  ${}_{83}\text{X}$ ، ۲ الکترون در ۶s و ۳ الکترون در ۶p جای دارد پس:



$$\text{مجموع الکترون‌های لایه ظرفیت} = 2 \times (6+0) + 3(6+1) = 33$$

در  ${}_{83}\text{X}$  تعداد الکترون‌های موجود در زیرلایه d ( $l=2$ ) برابر ۳ است (همه زیرلایه‌های ۳d، ۴d و ۵d پر هستند). پس مجموع الکترون‌های لایه ظرفیت آن بیش‌تر از تعداد الکترون‌های با  $l=2$  می‌باشد.

