

# شیمی ۱

کیهان زادگاه الفبای هستی

فصل ۱



استاد: دکتر حسن پلویی

## نظریه مهبانگ (Big Bang) در پیدایش کیهان

مورد قبول‌ترین نظریه در مورد پیدایش عالم نظریه مهبانگ است که طبق آن همه مکان-زمان و نیز انرژی لازم جهت ساخت جهان در نقطه بسیار کوچک متمرکز بوده که به دلایلی نامعلوم انفجار بزرگی به نام مهبانگ روی داده و جهان کنونی در چندین مرحله ایجاد شده است.

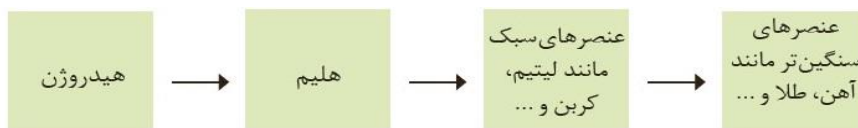
✓ **مرحله ۱:** در کسری از ثانیه مهبانگ انجام شده و انرژی آزاد می‌شود. دمای اولیه کیهان بسیار بالا بوده است که با سرد شدن آن به تدریج ذرات زیر اتمی یعنی الکترون، پروتون و نوترون به وجود می‌آیند.

✓ **مرحله ۲:** ذرات ریز اتمی کنار یکدیگر قرار گرفته و عناصر سبک یعنی هیدروژن و تا حدی هلیوم تولید می‌شوند.

✓ **مرحله ۳:** با کاهش مداوم دما، ابرهای گازی از هیدروژن و هلیوم، «سحابی» ایجاد می‌کنند.

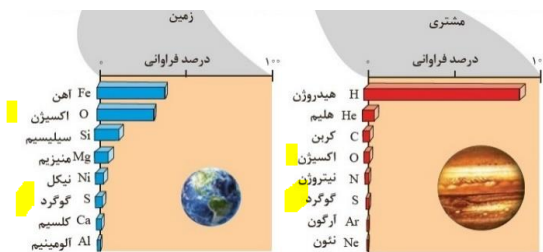
✓ **مرحله ۴:** سحابی متراکم شده و به تدریج ستارگان ایجاد می‌شوند که دمای بالای آنها باعث تبدیل هیدروژن به هلیوم می‌شود که طی این فرآیند هسته‌ای، با تبدیل عنصرهای سبک‌تر به سنگین‌تر انرژی بسیار زیادی به دلیل تبدیل ماده به انرژی آزاد می‌شود که طبق رابطه انیشتین یعنی  $E = m.c^2$  قابل محاسبه است.

در خورشید در اثر تبدیل هیدروژن به هلیوم، در هر ثانیه ۵ میلیارد کیلوگرم از جرم آن کاسته شده و تبدیل به انرژی می‌شود.



این انرژی بسیار بیشتر از انرژی حاصل از واکنش‌های شیمیایی انجام شده در زمین می‌باشد. با افزایش دمای ستاره به تدریج عناصر سبکی مانند لیتیم و کربن و در ادامه عناصر سنگین‌تر مانند آهن و طلا تولید می‌شود.

✓ **مرحله ۵:** با کاهش مقدار هیدروژن ستاره، معمولاً انفجار ستاره رخ داده و عناصر موجود در آن در فضا پخش شده و این عناصر پایه‌گذار تشکیل سیارات و ستارگان دیگر خواهند بود.



سیارات را می‌توان با توجه به نوع و فراوانی عناصر آنها به دو دسته سیارات سنگی (زمین) و گازی (مشتری) تقسیم کرد:

در بین ۸ عنصر فراوان دو سیاره زمین و مشتری:

۱- از نظر فراوانی:  $Fe > O > Si$  زمین

مشتری:  $H > He > C$

۲- دو عنصر O و S در هر دو سیاره مشترک هستند.

۳- در مشتری عنصر فلزی وجود ندارد و ۸ عنصر فراوان آن نافلزند ولی ۵ عنصر از ۸ عنصر فراوان در زمین فلز هستند.

فضاپیمای ویجر ۱ و ۲

یکی از روش های شناخت نوع عناصر سازنده و ترکیب های شیمیایی اتمسفر و ترکیب درصد این مواد در سیارات سامانه خورشیدی ارسال فضاپیما به فضا می باشد. دو فضاپیمای ویجر ۱ و ۲ در سال ۱۹۷۷ به فضا پرتاب شده و اطلاعات زیادی از موارد ذکر شده حاصل آنالیز داده های این دو فضاپیما هستند که در حال حاضر از سامانه خورشیدی خارج شده اند. این دو فضاپیما نقش بسزایی در تعیین نقشه فیزیکی و شیمیایی چهار سیاره مشتری، زحل، اورانوس و نپتون داشتند.

رابطه انیشتین:

آلبرت انیشتین برای محاسبه انرژی تولید شده در واکنش های هسته ای رابطه  $E = m \cdot c^2$  را ارائه کرد.

$E = m \cdot c^2 = 5 \times 10^9 \times (3 \times 10^8)^2$        $c$ : سرعت نور  $(3 \times 10^8 \frac{m}{s})$        $m$ : جرم ناپدید شده بر حسب کیلوگرم

$E = 4,5 \times 10^{24} \text{ J}$        $5 \times 10^9 \text{ kg}$        $E$ : انرژی آزاد شده بر حسب ژول

مثال: در خورشید در هر ثانیه ۵ میلیون تن از جرم آن به دلیل فرآیندهای هسته ای به انرژی تبدیل می شود. مقدار انرژی آزاد شده طی این فرایند در هر ثانیه چند ژول می باشد؟

تست ۱: چه تعداد از مطالب زیر درست اند؟

- نظریه مهبانگ تنها نظریه در مورد تشکیل جهان بوده و طبق آن جهان کنونی از انفجار نقطه ای بسیار کوچک و تراکم انرژی بسیار زیاد تولید شده است.
- ستارگان زادگاه تولید ذرات زیر اتمی و عناصر می باشند.
- سحابی ها زادگاه تولد ستارگان هستند.
- هر چه دمای ستاره ای بیشتر باشد شرایط برای ایجاد عناصر سنگینی مانند آهن و طلا فراهم تر است.
- نخستین عنصر تولید شده در جهان هیدروژن می باشد که بلافاصله بعد از مهبانگ تولید شده است.

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

تست ۲: کدام گزینه نادرست است؟

- ۱) فراوان ترین عناصر سیاره مشتری و ستارگان جوان، هیدروژن و هلیم می باشد
- ۲) سیاره مشتری و زمین دارای دو عنصر مشترک می باشند.
- ۳) ترتیب فراوانی عناصر در کره زمین  $Fe > O > Si$  می باشد.
- ۴) از جمله اهداف ارسال ویجر تهیه شناسنامه فیزیکی و شیمیایی چهار سیاره سامانه خورشیدی بوده است.

تست ۳: در اثر تبدیل ۱ عدد نوترون به انرژی، تقریباً چند ژول انرژی آزاد می شود؟

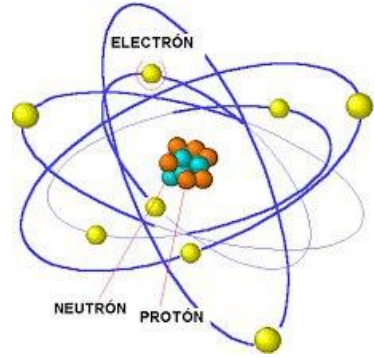
(جرم یک نوترون  $1/7 \times 10^{-27}$  گرم است)

۴)  $4/5 \times 10^{-16}$       ۳)  $4/5 \times 10^{-19}$       ۲)  $1/5 \times 10^{-10}$       ۱)  $1/5 \times 10^{-7}$

Dr. Hasan Poloei

ذرات زیر اتمی (بنیادی)

$\text{C}^{\ominus}$	$\text{N}$	$\text{O}$	$\text{F}$	$\text{Ne}$	$\text{Na}^+$
$p=6$ $e=6$	$p=7$ $e=7$	$p=8$ $e=8$	$p=9$ $e=9$	$p=10$ $e=10$	$p=11$ $e=11$



اتم از ذرات ریز تر یا زیر اتمی ساخته شده است که سه ذره مهم شامل

الکترون، پروتون و نوترون می باشند.

- ✓ **پروتون** ( ${}^1_1p$ ): بار الکتریکی نسبی  $+1$  و جرم نسبی  $1$  داشته و در هسته اتم قرار دارد. چنانچه در اتم تعداد آن تغییر کند، عنصری با خواص متفاوت ایجاد می شود.
- ✓ **نوترون** ( ${}^1_0n$ ): بار الکتریکی نسبی  $0$  و جرم نسبی  $1$  داشته و در هسته اتم قرار دارد. چنانچه در اتم فقط تعداد آن تغییر

کند، عنصر عوض نمی شود بلکه تبدیل به ایزوتوپ به همان عنصر می شود.

- ✓ **الکترون** ( ${}^{-1}_1e$ ): بار الکتریکی نسبی  $-1$  و جرم نسبی تقریباً  $0$  داشته و در لایه هایی با انرژی مشخص اطراف هسته حرکت می کند. چنانچه در اتم فقط تعداد آن تغییر کند، عنصر عوض نمی شود بلکه تبدیل به یون همان عنصر می شود.

نکته:

۱- در فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی، فقط امکان کم یا زیاد شدن تعداد الکترون ها وجود دارد.

۲- در اتم خنثی تعداد  $e$  با تعداد  $p$  برابر است.

- یون مثبت به تعداد بار مثبت، الکترون از دست داده است، یعنی به تعداد بار مثبت الکترون کمتر از پروتون است.
- یون منفی به تعداد بار منفی، الکترون گرفته است، یعنی به تعداد بار منفی، الکترون بیشتر از پروتون دارد.

۳- در اتم خنثی و یون ها تعداد نوترون بزرگتر یا برابر با تعداد پروتون می باشد

غیر از هیدروژن سبک و یون آن.

$n \geq p$

**عدد اتمی (Z)**: به تعداد پروتون های اتم عدد اتمی نیز می گویند.  $Z = p$

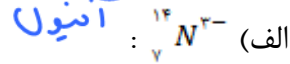
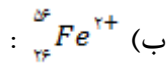
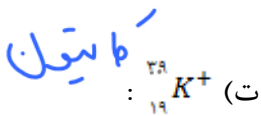
**عدد جرمی (A)**: به مجموع تعداد پروتون و نوترون اتم عدد جرمی می گویند.

$A = p + n$

بنابراین  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$  به این معناست که عنصر آهن دارای ۲۶ پروتون و در نتیجه چون

خنثی است، ۲۶ الکترون بوده و عدد جرمی آن ۵۶ می باشد و به عبارتی تعداد نوترون آن  $56 - 26 = 30$  می باشد.

مثال ۱: تعداد ذرات زیر اتمی در گونه های زیر را مشخص کنید:



$p=19$   
 $n=39-19=20$   
 $e=19-1=18$

$p=26$   
 $n=56-26=30$   
 $e=26-2=24$

$p=7$   
 $n=14-7=7$   
 $e=7-(-3)=10$

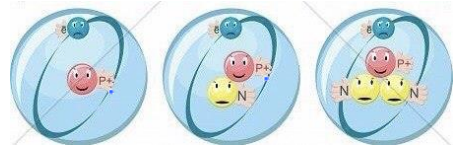




$$n = p^+ + e^-$$

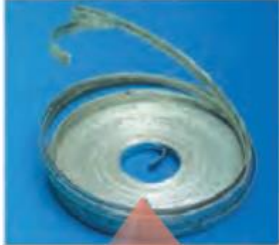
۱۴      ۲۳      ۳۲  
ایزوتوپ (هم مکان)

اتم‌هایی از یک عنصر که عدد اتمی یکسان اما عدد جرمی متفاوت دارند.

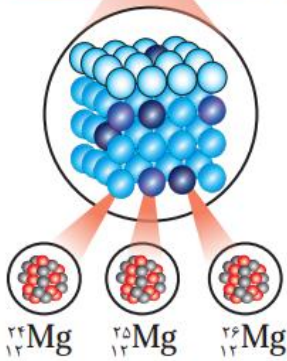


به عبارتی تعداد پروتون یکسان اما تعداد نوترون متفاوت دارند.

- چون تفاوت در تعداد نوترون‌ها روی خواص شیمیایی اتم تاثیری ندارد، بنابراین ایزوتوپ‌های یک عنصر خواص شیمیایی یکسان اما برخی خواص فیزیکی وابسته به جرم آنها متفاوت است (چگالی و دمای ذوب و جوش)
- ایزوتوپ‌های یک عنصر همگی در جدول دوره‌ای عناصر در یک مکان قرار می‌گیرند.



به عنوان مثال عنصر منیزیم دارای سه ایزوتوپ طبیعی  $^{24}_{12}Mg$  ،  $^{25}_{12}Mg$  و  $^{26}_{12}Mg$  می‌باشد که همگی در خانه شماره ۱۲ جدول قرار می‌گیرند.



۳- درصد فراوانی یک ایزوتوپ نشان دهنده تعداد آن به ازای ۱۰۰ اتم عنصر مورد نظر در طبیعت است.

درصد فراوانی ایزوتوپ‌های یک عنصر متفاوت است. معمولا ایزوتوپ سبک‌تر درصد فراوانی بیشتر دارد. قطعا هر چه ایزوتوپی فراوان‌تر باشد، پایداری آن بیشتر است.

به عنوان مثال عنصر هیدروژن سه ایزوتوپ طبیعی دارد که ترتیب فراوانی و پایداری آنها به این ترتیب می‌باشد:  $^1H > ^2H > ^3H$

• هنگام عکس‌برداری از دندان‌ها در رادیولوژی باید با استفاده از پوشش‌های سربی از غده تیروئید در برابر پرتوهای پرنرژی و خطرناک محافظت کرد.

۴- بسیاری از ایزوتوپ‌ها هسته ناپایدار داشته و بر اثر واکنش‌های فروپاشی هسته‌ای با آزاد کردن ذره‌های پرنرژی و انرژی تبدیل به اتمی پایدار می‌شوند. (رادیوایزوتوپ)

۵- اغلب هسته‌هایی که نسبت نوترون به پروتون در آنها بزرگتر یا مساوی با ۱,۵ است ناپایدار بوده و «رادیو ایزوتوپ» می‌باشند: احتمالا رادیو ایزوتوپ  $\frac{n}{p} \geq 1/5$

۶- نیم‌عمر: مدت زمانی که طول می‌کشد تا نصف هسته‌های پرتوزا واپاشیده شده و نصف دیگر دست نخورده بمانند را «نیم‌عمر» اتم رادیو ایزوتوپ گویند.

به عنوان مثال  $^3H$  رادیو ایزوتوپ می‌باشد و نیم‌عمر آن ۱۲ سال است، یعنی اگر ۱۰۰ گرم از آن را در نظر بگیریم بعد از ۱۲ سال، ۵۰ گرم آن واپاشیده شده و ۵۰ گرم آن دست‌نخورده می‌ماند. بنابراین بعد از ۱۲ سال دیگر (کلا ۲۴ سال) ۲۵ گرم از آن دست‌نخورده می‌ماند و ...

۷- هر چه نیم‌عمر رادیو ایزوتوپی بیشتر باشد، در مدت زمان طولانی‌تری از بین می‌رود و در نتیجه پایدارتر است.

Dr. Hassan Poloei

Handwritten notes and calculations:

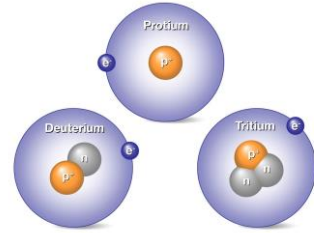
$$t = 0 \quad m_0 = 100g$$

$$\frac{1}{2} m_0 = 50g \quad -50g$$

$$\frac{1}{4} m_0 = 25g \quad -75g$$

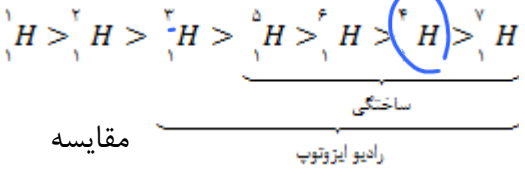
۸- عنصر هیدروژن دارای هفت ایزوتوپ است:

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	$2/3 \times 10^{-22}$ ثانیه
درصد فراوانی در طبیعت	۹۹/۹۸۸۵	۰/۰۱۱۴	ناچیز	(ساختگی)	(ساختگی)	(ساختگی)	(ساختگی)



الف) سه ایزوتوپ سبک تر طبیعی هستند ( $^1\text{H}, ^2\text{H}, ^3\text{H}$ )  
 ب) دو ایزوتوپ اول پایدارند اما ایزوتوپ سوم ( $^3\text{H}$ ) رادیو ایزوتوپ بوده و نیمه عمر آن ۱۲,۳ سال می باشد.  
 پ) چهار ایزوتوپ دیگر ساختگی بوده و در طبیعت وجود نداشته و نیم عمر آنها بسیار کوتاه (حدود  $10^{-22}$  ثانیه) می باشد.

ت) ترتیب پایداری ایزوتوپ های هیدروژن:



۹- درصد ایزوتوپ های مطرح شده در کتاب درسی و فراوانی آنها:

$\text{درصد} = \frac{\text{میز}}{\text{کل}} \times 100$

الف) عنصر منیزیم دارای سه ایزوتوپ طبیعی  $^{24}_{12}\text{Mg} < ^{25}_{12}\text{Mg} < ^{26}_{12}\text{Mg}$  می باشد.

ب) عنصر لیتیم دارای دو ایزوتوپ طبیعی  $^6\text{Li} > ^7\text{Li}$  می باشد:

پ) عنصر کلر دارای دو ایزوتوپ طبیعی  $^{35}_{17}\text{Cl} < ^{37}_{17}\text{Cl}$  می باشد.

ت) عنصر هیدروژن دارای سه ایزوتوپ طبیعی:  $^1\text{H} < ^2\text{H} < ^3\text{H}$  می باشد.

درصد فراوانی  $^7\text{Li} = \frac{47}{7} \times 100 = 671.4\%$

۱۰- سبک ترین ایزوتوپ هیدروژن یعنی  $^1\text{H}$  تنها اتمی است که فاقد نوترون است.

۱۱- از ۱۱۸ عنصر شناخته شده، تنها ۹۲ عنصر در طبیعت یافت می شوند و ۲۶ عنصر دیگر ساختگی می باشند و در واکنشگاه (رآکتور) هسته ای ساخته می شوند. در ضمن بسیاری از ایزوتوپ های ۹۲ عنصری که در طبیعت یافت می شوند نیز بطور ساختگی تولید می شوند و در طبیعت وجود ندارند.

تست ۱: کدامیک از اتم  $^m_{n-3}A$ ،  $^{m+r}_{n+r}C$  و  $^{m-r}_{n-r}D$  هم مکان هستند؟

- (۱) B و A
- (۲) D و B
- (۳) D و A
- (۴) C و A

تست ۲: چند مورد از عبارات زیر درست است؟

- هسته همه رادیو ایزوتوپ ها ناپایدار بوده و با گذشت زمان متلاشی می شوند.
- درصد فراوانی  $^3\text{H}$  در طبیعت ناچیز و بعد از حدود ۲۴ سال ۷۵٪ آن متلاشی می شود.
- هر چه درصد فراوانی ایزوتوپی در طبیعت بیشتر باشد، نیم عمر آن بیشتر است.

دست کویه

صبر استلانی

$m_0$

$\frac{1}{2}m_0$

$\frac{1}{4}m_0$

$\frac{1}{8}m_0$

$(m_0 - \frac{1}{2}m_0)$

$(\frac{1}{2}m_0 - \frac{1}{4}m_0)$

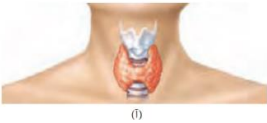
$(\frac{1}{4}m_0 - \frac{1}{8}m_0)$

- اغلب هسته‌های که نسبت پروتون به نوترون آنها برابر یا بزرگتر تر ۱,۵ است پرتوزا هستند.  $\frac{p}{n} \times$
  - فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر دو عنصر منیزیم و لیتیم بیشتر از ایزوتوپ‌های دیگر آنهاست.  $\times$
- ۵ (۴)      ۴ (۳)      ۳ (۲)      ۲ (۱)

تست ۳: کدام گزینه در مورد ایزوتوپ‌های هیدروژن نادرست است؟

- (۱) دارای چهار ایزوتوپ ساختگی است که پایدارترین آنها  $^1_1H$  است.  $\checkmark$
  - (۲) هفت ایزوتوپ دارد که دو ایزوتوپ غیر پرتوزا می‌باشند.  $\checkmark$
  - (۳) ایزوتوپی که تعداد ذرات زیراتمی در آن برابر است، فراوان‌ترین ایزوتوپ هیدروژن می‌باشد.  $\times$
  - (۴) نیم‌عمر ایزوتوپی که تعداد نوترون آن دو برابر پروتون است حدود ۱۲ سال می‌باشد.  $\checkmark$
- تست ۴: ایزوتوپ‌های یک عنصر در چه موارد زیر حتما شباهت دارند؟
- دمای ذوب - مکان آن‌ها در جدول دوره‌ای - عدد جرمی - واکنش‌پذیری - چگالی - مجموع  
شمار ذرات زیراتمی - مجموع شمار ذرات باردار - خواص فیزیکی ترکیبات آنها
- ۶ (۴)      ۵ (۳)      ۴ (۲)      ۳ (۱)

تکنسیم  $^{99}_{43}Tc$  رادیوایزوتوپی ساختگی



شکل ۴-۱: غده پروانه‌ای شکل تیروئید در بدن انسان (ب) تصویر غده تیروئید سالم (پ) تصویر غده تیروئید ناسالم

۱- نخستین عنصری که در واکنشگاه (راکتور) هسته‌ای توسط انسان ساخته شد.

۲- همه تکنسیم موجود در جهان باید به طور مصنوعی و از واکنش‌های هسته‌ای تولید می‌شود.

۳- این رادیوایزوتوپ در تصویربرداری پزشکی کاربرد دارد. از جمله در تصویربرداری غده تیروئید. زیرا یون پدید  $I^-$  با یونی که حاوی  $^{99}_{43}Tc$  است، اندازه مشابهی دارد و غده تیروئید

هنگام جذب یون پدید، یون تکنسیم را نیز جذب می‌کند. چون یون تکنسیم از خود پرتو خارج می‌کند، امکان تصویربرداری از این غده فراهم می‌شود.

۴- به دلیل نیم‌عمر کوتاه این رادیو ایزوتوپ، نمی‌توان مقادیر زیادی از این عنصر را تهیه و برای مدت طولانی نگهداری کرد.

تست: چه تعداد از عبارتهای زیر در مورد  $^{99}_{43}Tc$  درست است؟

- نخستین عنصری است که در واکنشگاه هسته‌ای ساخته شد و در تصویربرداری پزشکی کاربرد دارد.  $\checkmark$
- اندازه آن مشابه یون پدید  $I^-$  است در نتیجه توسط غده تیروئید جذب می‌شود.  $\times$
- به دلیل پرتوزا بودن، با جذب یون آن توسط غده تیروئید امکان تصویربرداری از این غده فراهم می‌شود.  $\checkmark$
- همه تکنسیم موجود در جهان به طور ساختگی تولید شده و می‌توان مقدار زیادی از این عنصر را نگهداری و انبار کرد.  $\times$

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



اورانیوم  $^{92}\text{U}$

- ۱- اورانیوم سنگین تری عنصری است که به طور طبیعی در زمین وجود دارد. به عبارتی همه عناصر با عدد اتمی بیشتر از ۹۲ به طور ساختگی تولید شده و در طبیعت وجود ندارند. (عناصر ۹۳ تا ۱۱۸)
- ۲- این عنصر شناخته شده ترین فلز پرتوزا است و دارای چند ایزوتوپ می باشد که از رادیو ایزوتوپ  $^{235}_{92}\text{U}$  به عنوان سوخت هسته‌ای در رآکتورهای اتمی برای تولید برق و نیز بمب اتمی استفاده می شود.
- ۳- در یک مخلوط طبیعی کمتر از ۰,۷ درصد از اتم‌های اورانیوم را  $^{235}_{92}\text{U}$  می دهد. به فرآیندی که درصد اورانیوم  $^{235}$  را افزایش می دهند، «غنی سازی ایزوتوپی» می گویند که فقط در ده کشور جهان از جمله ایران انجام می شود.
- ۴- پسماند رآکتورهای اتمی هنوز خاصیت پرتوزایی دارد و در نتیجه دفع پسماند آنها چالش برانگیز است.

تست: کدام گزینه درست است؟

۰/۰۷٪

- ۱) کمتر از ۷ درصد از اورانیوم طبیعت را اورانیوم  $^{235}$  تشکیل می دهد. **X**
- ۲) به افزایش درصد اتم‌های اورانیوم، غنی سازی ایزوتوپی گویند. **X**
- ۳) از همه ایزوتوپ های اورانیوم می توان برای تولید برق و ساخت بمب اتمی استفاده کرد. **X**
- ۴) حدود ۰/۷۸٪ عناصر شناخته شده تا کنون، در طبیعت یافت می شوند. **✓**

$$\frac{92}{118} \times 100$$




رادیو ایزوتوپ

## دیگر کاربردهای رادیوایزوتوپ ها

با وجودیکه رادیوایزوتوپها خطرناک هستند، اما پیشرفت دانش و فناوری، انسان را موفق به مهار و استفاده از آنها کرده است.

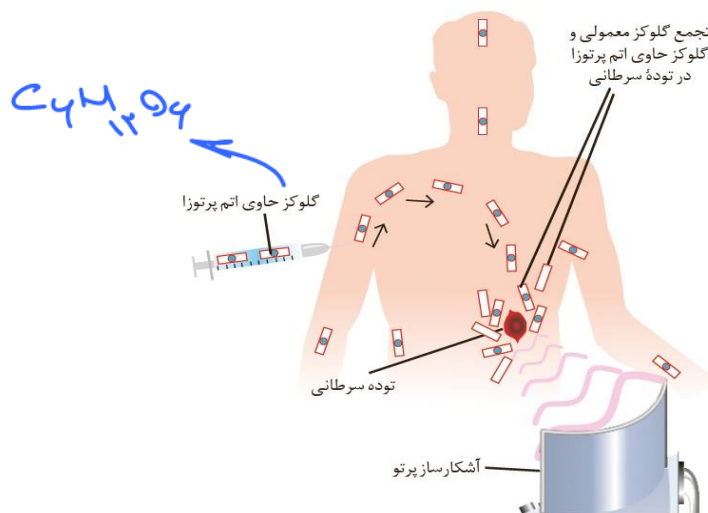
۱- علاوه بر استفاده از رادیوایزوتوپها در رآکتور هسته‌ای برای تولید برق، از آنها در پزشکی، کشاورزی و ..... نیز کمک گرفته می‌شود.

۲- از  $^{59}Fe$  به عنوان یک رادیوایزوتوپ در تصویربرداری از دستگاه گردش خون استفاده می‌شود. 

۳- رادیوایزوتوپهای مس ( $Cu$ ) نیز کاربردهای گوناگونی دارند.

۴- از جمله موارد استفاده از رادیوایزوتوپها، تشخیص توده‌های سرطانی به کمک گلوکز نشان‌دار می‌باشد. (مولکول گلوکزی که حاوی اتم پرتوزاست). می‌دانیم که توده‌های سرطانی به دلیل رشد سریع نیازمند برداشت گلوکز زیاد هستند.

با تزریق گلوکز نشان‌دار به بدن فرد و برداشت زیاد گلوکز توسط توده‌های سرطانی، می‌توان به کمک «آشکارساز پرتو»، محل و اندازه توده سرطانی را تشخیص داد.



۵- رادیوایزوتوپها علاوه بر کاربرد تشخیصی در پزشکی، کاربرد درمانی نیز دارند و می‌توان برای از بین بردن توده‌های سرطانی و ... از آنها بهره گرفت.

۶- مقادیر بسیار کمی مواد پرتوزا در محیط اطراف ما وجود دارند. از جمله گاز رادون که در لایه‌های زیرین زمین در واکنش‌های هسته‌ای تولید شده و به تدریج به سطح زمین می‌رسند.

۷- دود سیگار و قلیان مقدار قابل توجهی مواد پرتوزا دارند. در نتیجه اغلب افرادی که به سرطان ریه دچار می‌شوند سیگاری هستند.



۸- رادیوایزوتوپهای تکنسیم و فسفر از جمله رادیوایزوتوپهایی هستند که در ایران نیز تولید می‌شوند.

تست ۱: در میان مطالب زیر چند مورد نادرست است؟

- آ- از ایزوتوپ های پایدار  $^{59}\text{Fe}$  و  $^{99}\text{Tc}$  برای تصویربرداری در پزشکی استفاده می شود. **X**
  - ب- با تزریق گلوکز نشان دار، توده های سرطانی فقط این نوع گلوکز را جذب کرده و تصویر توده سرطانی توسط آشکارساز پرتو جذب می شود. **X**
  - پ- گلوکز نشان دار، گلوکزی است که همه اتم های آن پرتوزا می باشد. **X**
  - ت- رادیوایزوتوپ های فسفر، تکنسیم و اورانیوم در ایران به طور ساختگی تولید می شوند. **X**
- ۱ (۱)      ۲ (۲)      ۳ (۳)      ۴ (۴)

جدول دوره ای عنصرها

واریزی  
بعضا  
واسن  
می دهند

فلز ←

- ۱- در این جدول عنصرها بر اساس افزایش «عدد اتمی» مرتب شده اند. (۱ تا ۱۱۸)
- ۲- اساس این جدول توسط مندلیف پایه گذاری شد و سپس توسط «اتحادیه شیمی محض و کاربردی» یعنی آیوپاک (IUPAC)، به شکل امروزی ارائه شد.
- ۳- این جدول شامل ۱۸ گروه یا ستون یا خانواده و ۷ دوره تناوب یا ردیف می باشد که همه ۱۱۸ عنصر طبیعی و ساختگی را در خود جای داده است.
- ۴- با پیدایش هر دوره، خواص عنصرها به طور تقریباً مشابه از چپ به راست تکرار می شود. (علت نامگذاری به جدول دوره ای)
- ۵- خواص عناصر یک دوره شباهت چندانی با یکدیگر ندارند (غیر از تعداد لایه برابر) و از یک فلز شروع شده و به نافلزات و گاز نجیب ختم می شوند.
- ۶- عناصری که در یک گروه قرار دارند، خواصی بسیار شبیه یکدیگر دارند.

Dr. Hasan Poloei

۷- هر خانه به یک عنصر با همه ایزوتوپ های آن تعلق دارد و برخی اطلاعات شیمیایی عنصر شامل نماد شیمیایی، عدد اتمی، نام و جرم اتمی میانگین آن است. عدد اتمی هر عنصر بالای نماد آن عنصر نوشته می شود که شماره خانه عنصر نیز نامیده می شود.

۸- با کمک جدول دوره ای می توان به اطلاعات عنصر سریع و آسان دسترسی پیدا کرد و نیز پیش بینی رفتار عناصر گوناگون را انجام داد.

۹- گروه یک، فلزات قلیایی نامیده می شوند که تولید کاتیون +۱ می نمایند.  
گروه دو، فلزات قلیایی خاکی نامیده می شوند که تولید کاتیون +۳ می نمایند.

گروه هفده: هالوژن ها (نمک ساز) که تولید آنیون -۱ می نمایند.

گروه هجده: گازهای نجیب یا بی اثر نامیده می شوند که امکان تولید یون و واکنش چندانی ندارند.

۱۰- نماد شیمیایی هر عنصر یک یا دو حرفی است:  $Na, H$

۱۱- برای سرعت عمل بیشتر در تست، بهتر است نام، نماد و عدد اتمی ۳۶ عنصر اول حفظ شود.

ضمنا برای حفظ گروه های اصلی و عناصر واسطه دوره چهارم، می توان از رمزهای زیر کمک گرفت.

دوره ۳  
دوره ۱۳

دوره ۴  
دوره ۷

خود را بیازمایید

۱- با استفاده از جدول دوره ای، موقعیت (دوره و گروه) عنصرهای آلومینیم ( $Al_{13}$ )،

کلسیم ( $Ca_{20}$ )، منگنز ( $Mn_{25}$ ) و سلنیم ( $Se_{34}$ ) را تعیین کنید.

۲- هلیوم ( $He_2$ )، عنصری است که تمایل به انجام واکنش شیمیایی ندارد. پیش بینی کنید

کدام یک از عنصرهای زیر رفتاری مشابه با آن دارد؟ چرا؟  
عنصرهای  $Ar_{18}$  (آ)،  $C_6$  (ب)،  $S_{16}$  (پ)

۳- اتم فلوئور ( $F_9$ ) در ترکیب با فلزها به یون فلوئورید ( $F^-$ ) تبدیل می شود. اتم کدام یک از

عنصرهای زیر می تواند آنیونی با بار الکتریکی همانند یون فلوئورید تشکیل دهد؟ چرا؟

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

۴- از اتم آلومینیم ( $Al_{13}$ )، یون پایدار  $Al^{3+}$  شناخته شده است. پیش بینی کنید اتم کدام یک

از عنصرهای زیر می تواند به کاتیونی مشابه  $Al^{3+}$  در ترکیبها تبدیل شود؟

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

تست: کدام گزینه در مورد جدول دوره ای عنصرها درست است؟

(۱) بر اساس افزایش عدد اتمی مرتب شده و اطلاعاتی از جمله عدد جرمی هر عنصر را در بردارد.

(۲) خواص عنصرهایی که در یک دوره قرار دارند تقریبا مشابه یکدیگر است.

(۳) هر خانه در آن متعلق به یک عنصر و ایزوتوپ های آن است.

(۴) با اطلاعات موجود در هر خانه، می توان عدد اتمی، نماد شیمیایی و جرم مولی ایزوتوپهای

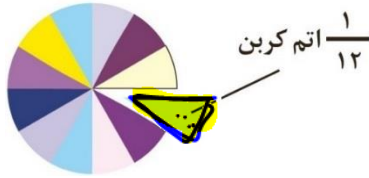
آن را کسب کرد.



یکای جرم اتمی عناصر amu و جرم اتمی

همان گونه که برای بیان و مقایسه جرم مواد، یکاهایی مانند گرم، کیلوگرم، تن و ... تعریف شده‌اند، برای جرم ذرات زیراتمی، اتم‌ها، مولکول‌ها و یون‌ها می‌توان یکایی به نام *amu* تعریف کرد و جرم نسبی این ذرات بسیار سبک را با آن بیان کرد.

واحد جرم اتمی یا amu:



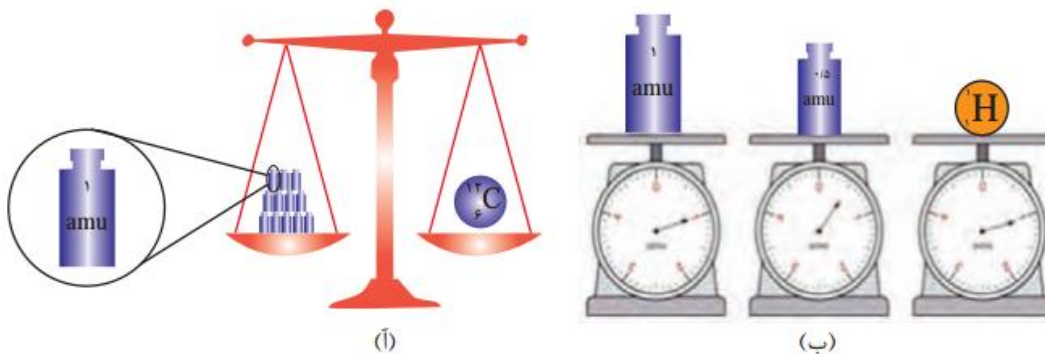
تعریف:  $\frac{1}{12}$  جرم اتم کربن  $^{12}_6C$  را «واحد جرم اتمی» در نظر می‌گیرند.

واحد جرم اتمی یا *atomic mass unit* را به طور مخفف با *amu* یا *U*

نیز بیان می‌شود که نام دیگر آن «واحد کربنی» است.

جرم اتمی:

منظور از «جرم اتمی» اتم‌ها، مقایسه جرم اتم مورد نظر با *amu* می‌باشد.  $\frac{14}{12} amu = \frac{4}{3} amu$  به عنوان مثال جرم اتمی  $^7_3Li$  را می‌توان حدود  $7 amu$  یا  $7u$  در نظر گرفت. به این معنی که ۱ اتم



شکل ۱-۱ (آ) اگر جرم یک ایزوتوپ کربن-۱۲ را برابر با عدد ۱۲ در نظر بگیریم، سپس این عدد را به ۱۲

بخش یکسان تقسیم کنیم، هر بخش را *amu* می‌نامند؛ به این ترتیب مقیاسی به دست می‌آید که به کمک آن می‌توان جرم همه اتم‌ها را اندازه‌گیری کرد. (ب) اگر در این ترازوی فرضی به جای ایزوتوپ کربن-۱۲، اتم هیدروژن قرار گیرد، جرم  $1/008 amu$  به دست می‌آید.

یکای جرم اتمی را با نماد *u* نیز نشان می‌دهند. برای نمونه جرم اتمی میانگین هیدروژن برابر با  $1/008 amu$  یا  $1/008 u$  است.

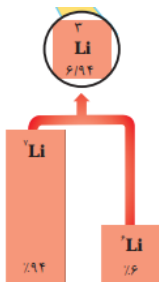
$^7Li$  حدوداً ۷ برابر واحد کربنی جرم دارد. و نیز جرم اتمی ایزوتوپ دیگر لیتیم حدود  $6 amu$  است هر چند جرم اتمی میانگین *Li* در جدول دوره‌ای  $6/94$  است که در جدول دوره ای مقدار میانگین آمده است.

۳- جرم اتمی میانگین *H* برابر  $1/008 amu$  است.

۴-  $1 amu = 1/66 \times 10^{-24} gr$

۵- «جرم اتمی» یک اتم تقریباً برابر «عدد جرمی» آن است، زیرا جرم پروتون و نوترون

تقریباً  $1 amu$  بوده و جرم الکترون نیز بسیار ناچیز و حدود  $\frac{1}{1836}$  جرم پروتون یا نوترون است.



نام ذره	نماد*	بار الکتریکی نسبی	جرم (amu)
الکترون	$e^-$	-1	$9.109 \times 10^{-31}$
پروتون	$p^+$	+1	$1.6726 \times 10^{-27}$
نوترون	$n^0$	0	$1.6749 \times 10^{-27}$

۶- جرم و نماد ذرات بنیادی:

۷- جرم اتمی اتم  $^{12}C$  دقیقاً برابر با  $1 \text{ amu}$  است.

۸- دانشمندان به کمک «دستگاه طیف‌سنج جرمی»، جرم اتم‌ها را با دقت زیاد اندازه‌گیری می‌کنند.

پیوند با ریاضی

۱- اگر بدانید که میانگین جرم هر اتم هیدروژن  $1.008 \text{ g}$  است، حساب کنید نمونه‌ی یک گرمی از عنصر هیدروژن، چند اتم دارد؟

$1 \text{ atom} = 1.67 \times 10^{-24} \text{ g}$   
 $1 \text{ atom H} = 1.67 \times 10^{-24} \text{ g}$   
 $1 \text{ amu} = 1.66 \times 10^{-24} \text{ g}$

۲- به عدد  $6.02 \times 10^{23}$  که در پرسش ۱ به دست آمد، عدد آووگادرو می‌گویند و آن را با  $N_A$  نشان می‌دهند. اگر  $N_A$  اتم هیدروژن در یک نمونه موجود باشد، جرم نمونه چند گرم است؟

تست ۱: کدام گزینه درست است؟

$1 \text{ atom H} = 1.67 \times 10^{-24} \text{ g}$   
 $1 \text{ g H} = 6.02 \times 10^{23} \text{ atom H}$

۱) با تعریف  $\text{amu}$  توسط شیمی دانها، میتوان جرم ذرات بنیادی اتم، ایزوتوپ های مختلف و نیز جرم مولکول‌ها را بر حسب آن بیان و مقایسه کرد.

۲) منظور از «جرم اتمی» جرم یک واحد  $\text{amu}$  است که  $1.66 \times 10^{-24}$  گرم می‌باشد.

۳) عدد جرمی یک اتم دقیقاً برابر با جرم اتمی آن است.

۴) در اتم  $^{12}_6C$  مجموع شمار پروتون و نوترون ۱۳ بوده و جرم اتمی آن نیز دقیقاً ۱۳ برابر واحد کربنی است.

تست ۲: چه تعداد از مطالب زیر نادرست‌اند؟

- جرم پروتون و نوترون کمی بیش از  $1 \text{ u}$  و جرم الکترون حدود  $\frac{1}{1836}$  می‌باشد. ✓
- جرم الکترون  $> 1 \text{ amu} >$  جرم پروتون  $>$  جرم نوترون ✓
- یکی از دلایل تفاوت اندک بین عدد جرمی یک اتم و جرم اتمی آن، وجود الکترون‌ها در اتم است. ✓
- اگر جرم اتمی یک اتم  $23.04$  باشد، می‌توان گفت که یک اتم از آن حدود  $23$  برابر کربن  $^{12}C$  جرم دارد. ✗
- اگر جرم اتمی یک اتم  $56/1 \text{ u}$  باشد، در یک اتم از آن مجموع تعداد  $p$  و  $n$ ،  $56$  عدد می‌باشد. ✓

(۱) ۰ (۲) ۱ (۳) ۲ (۴) ۳

تست ۳: اگر جرم الکترون به ترتیب  $\frac{1}{1836}$  جرم دو ذره پروتون و نوترون فرض شود، جرم الکترون‌ها در اتم

$m_e = \frac{1}{1836} m_p = \frac{1}{1836} m_n$

$m_n = m_p$

$e = z$   
 $p = z$   
 $n = z$

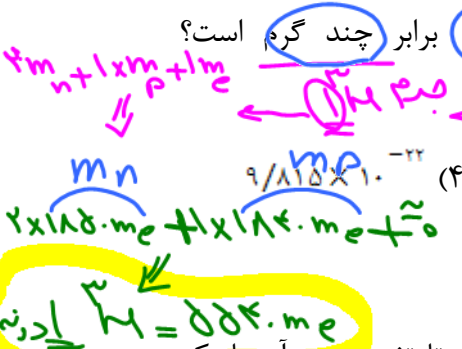
$z \times m_e$   
 $z \times m_p + z \times m_n$   
 $z \times \frac{1}{1836} m_n$   
 $z \times m_n (1 + \frac{1}{1836})$

$m_p = 184 \cdot m_e$

$m_n = 185 \cdot m_e$

تست ۴: اگر جرم پروتون برابر جرم الکترون و جرم نوترون ۱۸۵۰ برابر جرم الکترون باشد و جرم

الکترون برابر با  $0.00054 \text{ amu}$  باشد، جرم تقریبی یک اتم  $^3\text{H}$  برابر چند گرم است؟



$(1 \text{ amu} = 1/66 \times 10^{-24} \text{ gr})$

$1 m_e = 0.00054 \text{ amu}$

$^3\text{H} = 0.00054 \text{ amu} \times \frac{1 \text{ amu}}{1.66 \times 10^{-24} \text{ gr}} \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ gr} = 4.96 \times 10^{-23} \text{ gr}$

تست ۵: چند الکترون در اثر مالش باید از سطح یک کره پلاستیکی جدا شود تا تغییر وزن آن با یک

ترازوی با حساسیت ۰٫۱ میلی گرم قابل اندازه گیری باشد و این تعداد الکترون به تقریب چند کولن

بار الکتریکی دارد؟ (جرم الکترون حدود  $9 \times 10^{-31} \text{ گرم}$  و بار الکتریکی آن  $1/6 \times 10^{-19} \text{ کولن}$  است)

$Q = n \cdot e = 1.11 \times 10^{23} \cdot 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} = 1.78 \times 10^4 \text{ C}$

جرم اتمی میانگین یک عنصر ( $\bar{M}$ )

۱- با توجه به اینکه بسیاری از عناصر دارای دو یا چند ایزوتوپ هستند، می بایست «جرم اتمی میانگین» آنها را بدست آورید. در ضمن در جدول دوره ای عناصر نیز «جرم اتمی میانگین» ایزوتوپ های یک عنصر بیان می شود. به عنوان مثال کلر دارای دو ایزوتوپ ۳۵ و ۳۷ است که فراوانی آنها به ترتیب برابر ۷۵٪ و ۲۵٪ می باشد و جرم اتمی میانگین آنها ۳۵٫۵ خواهد بود.

۲- برای بدست آوردن «جرم اتمی میانگین» یک عنصر از دو رابطه زیر می توان استفاده کرد: رابطه کلاسیک:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3 + \dots}{F_1 + F_2 + F_3 + \dots}$$

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

رابطه تستی:  
۳- در روابط بالا

$\bar{M}$ : جرم اتمی میانگین  
۴- در رابطه کلاسیک:  $F_1, F_2, \dots$  و ... فراوانی ایزوتوپ مورد نظر می باشد، به عنوان مثال برای عنصر کلر ۷۵ و ۲۵ قرار داده می شود.

در رابطه تستی:  $F_1$  و  $F_2$  و ... نسبت فراوانی ایزوتوپ مورد نظر می باشد. به عنوان مثال برای عنصر کلر  $\frac{75}{100}$  و  $\frac{25}{100}$  قرار داده می شود.

Dr. Hasan Polouri

$\frac{25}{30} \times 100$   
 $\frac{27}{30} \times 100$

$F_1 \leftarrow 75\% \leftarrow M_1$   
 $F_2 \leftarrow 25\% \leftarrow M_2$

$\bar{M} = \frac{25 \times 75 + 27 \times 25}{75 + 25} = 25.5 \text{ amu}$   
 $\bar{M} = 25 + (27 - 25) \times \frac{25}{100} = 25.5 \text{ amu}$

$\bar{M} = 25 + 2 \times \frac{25}{100} = 25.5$

$\frac{25}{24} \times 100$   
 $\frac{27}{24} \times 100$

می باشد. اگر

مثال: عنصر بور دارای دو ایزوتوپ  $^{10}B$  و  $^{11}B$  در یک نمونه طبیعی به ازای ۶ عدد  $^{10}B$  (تعداد ۲۴ عدد  $^{11}B$  موجود باشد، جرم اتمی میانگین این عنصر چند  $\text{amu}$  است؟

روش کلاسیک:  $\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} = \frac{10 \times 6 + 11 \times 24}{30} = 10.8 \text{ amu}$

روش تستی:  $\bar{M} = M_1 + (M_2 - M_1) F_2 = 10 + (11 - 10) \times \frac{24}{30} = 10.8 \text{ amu}$

تست ۱: عنصر A دارای سه ایزوتوپ  $^{18}A$ ،  $^{17}A$  و  $^{16}A$  است. اگر درصد فراوانی سبک ترین ایزوتوپ ۲۰٪ و جرم اتمی میانگین A برابر ۱۶.۴ باشد، درصد فراوانی دو ایزوتوپ دیگر به ترتیب کدامند؟ (عدد جرمی را به تقریب معادل جرم اتمی هر یک از ایزوتوپ ها بگیرید)

$F_1 + F_2 + F_3 = 100 \Rightarrow 20 + F_2 + F_3 = 100 \Rightarrow F_2 + F_3 = 80 \Rightarrow F_3 = 80 - F_2$

۲۰، ۶۰ (۴)      ۳۰، ۵۰ (۳)      ۴۰، ۴۰ (۲)      ۶۰، ۲۰ (۱)

$16.4 = \frac{18 \times 20 + 17 \times F_2 + 16 \times (80 - F_2)}{100} \Rightarrow 16.4 = \frac{18 \times 20 + 17 \times F_2 + 16 \times (80 - F_2)}{100}$

تست ۲: عنصر  $^{29}A$  دارای سه ایزوتوپ با تعداد نوترون های ۳۴، ۳۵ و x است. اگر در یک نمونه بیست تایی از این عنصر تعداد سه ایزوتوپ به ترتیب ۱، ۶ و ۴ عدد باشد و جرم اتمی میانگین آنها ۶۳/۹ باشد، x چند است؟

$F_1 + F_2 + F_3 = 100 \Rightarrow 20 + F_2 + F_3 = 100 \Rightarrow F_2 + F_3 = 80 \Rightarrow F_3 = 80 - F_2$

$\bar{M} = 29 + (34 - 29) \times \frac{1}{20} + (35 - 29) \times \frac{6}{20} + (x - 29) \times \frac{4}{20}$

۳۸ (۴)      ۳۶ (۳)      ۳۴ (۲)      ۳۷ (۱)

تست ۳: عنصر A دارای چهار ایزوتوپ با عدد جرمی ۴۹، ۵۱، ۵۳ و ۵۴ است. اگر مجموع فراوانی دو ایزوتوپ اول ۶۵ و فراوانی ایزوتوپ سوم ۱۵ درصد باشد، درصد فراوانی دو ایزوتوپ اول به ترتیب از راست به چپ کدامند؟ (جرم اتمی میانگین عنصر A برابر ۵۰/۹۵ است)

$F_1 + F_2 + F_3 + F_4 = 100 \Rightarrow 65 + F_3 + F_4 = 100 \Rightarrow F_3 + F_4 = 35$

$\bar{M} = 49 + (51 - 49) \times \frac{F_2}{100} + (53 - 49) \times \frac{15}{100} + (54 - 49) \times \frac{F_4}{100}$

$50.95 = 49 + (51 - 49) \times \frac{F_2}{100} + (53 - 49) \times \frac{15}{100} + (54 - 49) \times \frac{F_4}{100}$

$F_4 = 100 \times (48 + 15) = 20$

$F_2 = 17.5$

$F_1 = 47.5$

Dr. Hasan Poloei



تست ۴: با توجه به داده‌های جدول زیر، جرم مولکولی ترکیب  $A_2K_2$  چند  $amu$  است؟

ایزوتوپ	$^{45}A$	$^{47}A$	$^{35}X$	$^{37}X$
درصد	۱۰	۹۰	۲۰	۸۰
فراوانی	$\bar{m}_A = 40 + 2 \times 90$	$\bar{m}_X = 38 + 2 \times 80 = 34,4$		

$3 \times M_A + 2 \times M_X$   
 $3 \times 41,8 + 2 \times 34,4 = 213,9$

$C = 12 \text{ amu}$   
 $O = 16 \text{ amu}$   
 $CO_2 = 1 \times 12 + 2 \times 16 = 44 \text{ amu}$

۲۱۳/۶ (۱)  
 ۱۹۸/۵ (۳)

تست ۵: منیزیم طبیعی دارای سه ایزوتوپ  $^{24}Mg$ ،  $^{25}Mg$  و  $^{26}Mg$  می‌باشد که جرم اتمی آنها به ترتیب  $23/99$ ،  $24/99$  و  $25/98$  و درصد فراوانی آنها به ترتیب  $79\%$ ،  $10\%$  و  $11\%$  می‌باشد. فلئور تنها به صورت  $^{19}F$  با جرم اتمی  $18/99 \text{ amu}$  وجود دارد. جرم  $MgF_2$  حدود چند  $amu$  است؟

$\bar{m}_{Mg} = 24 + (25-24) \times \frac{10}{100} + (26-24) \times \frac{11}{100} = 24,2$   
 $MgF_2 = 1 \times 24,2 + 2 \times 19 = 42,2$

ایزوتوپ‌ها و تنوع مولکولی

مثال: اگر اتم اکسیژن سه ایزوتوپ  $^{16}O$ ،  $^{17}O$  و  $^{18}O$  دارا باشد و اتم هیدروژن را نیز با ایزوتوپ‌های طبیعی‌اش در نظر بگیریم:

(الف) چند نوع مولکول اکسیژن ( $O_2$ ) وجود دارد؟ 6

(ب) چند نوع مولکول هیدروژن ( $H_2$ ) متصور است؟ 6

(پ) چند نوع مولکول  $H_2O$  در طبیعت وجود دارد؟

$3 \times 3 = 9$  (تعداد حالات  $H_2O$ )

(ت) نسبت جرم سبک‌ترین به سنگین‌ترین مولکول هیدروژن پراکسید ( $H_2O_2$ ) چند است؟

$\frac{34}{42} = \frac{17}{21}$

(۱) جرم اتمی  $H$  برابر با  $1/0.08$  واحد کربنی است.

(۲) اگر نیمه عمر رادیو ایزوتوپی ۶ ساعت باشد، بعد از ۱۸ ساعت  $12,5\%$  آن دست نخورده خواهد بود.

(۳) با توجه به ایزوتوپ‌های طبیعی لیتیم و هیدروژن، ترکیب لیتیم هیدرید ( $LiH$ ) با جرم‌های متفاوت محتمل است.

(۴) جرم یک اتم  $^{12}C$  برابر  $12 \times 1/66 \times 10^{-27}$  گرم است.

$1 \text{ amu}$



مول (n) =  $\frac{1,000,000}{1,000} = 1,000$

با توجه به اندازه بسیار کوچک ذرات بنیادی، اتم‌ها و مولکول‌ها، در آزمایشگاه و صنعت نمی‌توان با یک عدد از آن‌ها کار کرد. در نتیجه می‌توان تعداد بسیار زیادی از آنها را در نظر گرفته و این تعداد را مبنای کار قرار داد.

**تعریف مول (n):** به تعداد  $6.02 \times 10^{23}$  عدد از اتم، مولکول، یون یا ذرات زیراتمی، ۱ مول از آنها گویند.

عدد  $1 \text{ mol} = 6.02 \times 10^{23}$

**نکته:** تعداد  $6.02 \times 10^{23}$  عدد اتم و ... را به افتخار آووگادرو، «عدد آووگادرو» یا  $N_A$  می‌گویند.

عدد اتم سدیم  $1 \text{ mol Na} = 6.02 \times 10^{23}$  عدد اتم سدیم  $1 \text{ mol Na} = 6.02 \times 10^{23}$

عدد مولکول آب  $1 \text{ mol H}_2\text{O} = 6.02 \times 10^{23}$

فردی ≈ آدمی

جرم مولی

به جرم ۱ مول یعنی  $6.02 \times 10^{23}$  اتم یا مولکول و ... بر حسب گرم، جرم مولی آن گویند.

۱- یکای جرم مولی گرم بر مول  $\left(\frac{g}{mol}\right)$  می‌باشد.

به عنوان مثال:

الف) جرم مولی آهن ( $^{56}\text{Fe}$ ) برابر  $56/85$  گرم بر مول است:

عدد اتم Fe  $1 \text{ mol Fe} = 6.02 \times 10^{23}$   $56/85 \text{ g Fe}$

ب) جرم مولی کربن  $12/01$  گرم بر مول است:

عدد اتم C  $1 \text{ mol C} = 6.02 \times 10^{23}$   $12/01 \text{ g C}$

پ)  $1 \text{ mol H} = 6.02 \times 10^{23}$   $1/008 \text{ g H}$  عدد اتم H

ت) جرم مولی اکسیژن  $16$  گرم بر مول است:

عدد اتم O  $1 \text{ mol O} = 6.02 \times 10^{23}$   $16 \text{ g O}$

ث) جرم مولی مولکول آب ( $\text{H}_2\text{O}$ )  $18/016$  گرم بر مول است:

زیرا دارای ۲ مول هیدروژن ( $2 \times 1/008 \text{ g}$ ) و یک مول اکسیژن می‌باشد:

$2 \times 1/008 + 1 \times 16 = 18/016 \text{ g H}_2\text{O}$

$1 \text{ mol H}_2\text{O} = 6.02 \times 10^{23}$   $18/016 \text{ g H}_2\text{O}$  عدد مولکول  $\text{H}_2\text{O}$

۲- سه مفهوم **عدد جرمی**، **جرم اتمی** و **جرم مولی** از نظر عددی تقریباً (نه دقیقاً) با هم برابرند، ولی هر کدام محتوا و مفهوم متفاوتی را می‌رسانند.

به عنوان مثال در مورد  $^{56}\text{Fe}$  می‌توان گفت:

الف) یک عدد اتم آهن  $56$  عدد پروتون و نوترون دارد. (عدد جرمی)

$Na = 23 \frac{g}{1 \text{ mol}}$

$1 \text{ mol Na} = 23 \text{ g Na} = 6.02 \times 10^{23}$  عدد  $Na$

Dr. Hasan Poloei

ب) یک عدد اتم آهن حدود ۵۶ برابر واحد کربنی جرم دارد. (جرم اتمی)

پ) یک مول ( $6.02 \times 10^{23}$  عدد) اتم آهن، حدود ۵۶ گرم جرم دارند. (جرم مولی)

۳- عدد جرمی یک اتم، عددی طبیعی است، اما جرم اتمی و جرم مولی عددی در حدود عدد جرمی اتم مورد نظر هستند ولی نه کاملاً برابر با آن.

۴- در مورد اتم  $^{12}C$ ، عدد جرمی و جرم اتمی دقیقاً ۱۲ می‌باشد.

۵- رایج‌ترین یکای اندازه‌گیری جرم در آزمایشگاه «گرم» می‌باشد. در نتیجه با دانستن جرم نمونه و جرم مولی، می‌توان تعداد اتم‌ها یا مولکول‌های موجود در آن نمونه را به دست آورد.

تست: کدام گزینه درست می‌باشد؟

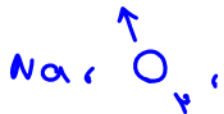
۱) یک مول گاز هیدروژن ( $H_2$ )، تعداد  $2N_A$  اتم دارد.

۲) شمار اتم‌های موجود در یک مول از هر ماده را عدد آووگادرو یا  $N_A$  گویند.  $\times$

۳) جرم یک مول اتم بر حسب گرم را جرم اتمی آن گویند.  $\times$

۴) در  $^{23}Na$ ، عدد جرمی، جرم اتمی و جرم مولی آن تقریباً ۲۳ می‌باشد.

اتم دارد  $1 \text{ mol } O_2 = 2 \times N_A$



کسر تبدیل و تبدیل یکاهای یک کمیت به یکدیگر

۱- کسر تبدیل یا عامل تبدیل، بیان رابطه بین دو یکای یک کمیت می‌باشد.

به عنوان مثال کسر تبدیل متر و سانتی‌متر:  $\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}}$  یا  $\frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}$

و یا تبدیل تومان و دلار:  $\frac{1 \text{ دلار}}{5000 \text{ تومان}}$  یا  $\frac{5000 \text{ تومان}}{1 \text{ دلار}}$

حال می‌توان برای تبدیل مقدار یک کمیت از یک یکا به یکای دیگر از این کسر استفاده کرد.

مثال ۱: ۰/۴ متر چند سانتی متر است؟

$x_{cm} = 0.4 \text{ m} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 40 \text{ cm}$

مثال ۲: یک میلیون تومان چند دلار است؟

$x_{\text{دلار}} = 1000000 \text{ تومان} \times \frac{1 \text{ دلار}}{5000 \text{ تومان}} = 200 \text{ دلار}$

۲- برای تبدیل یک کمیت از یک یکا به یکای دیگر، ممکن است نیاز به استفاده از دو یا چند کسر تبدیل شویم:

$\frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}}$     $\frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}}$

مثال: ۳۵۰۰۰ میلی‌گرم چند تن است؟

$x_{\text{تن}} = 35000 \text{ mg} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ تن}}{1000 \text{ kg}} = 35 \times 10^{-5} \text{ تن}$

کسر تبدیل و تبدیل دو کمیت به یکدیگر

۱- کسر تبدیل، می‌تواند بیان رابطه بین یکای دو کمیت متفاوت نیز باشد:

به عنوان مثال کسر تبدیل مسافت طی شده توسط نور در یک ثانیه:  $\frac{3 \times 10^8 \text{ m}}{1 \text{ s}}$  یا  $\frac{15}{3 \times 10^8 \text{ m}}$

و یا کسر تبدیل بین مول و تعداد:  $\frac{1 \text{ mol}}{6.02 \times 10^{23} \text{ عدد}}$  یا  $\frac{6.02 \times 10^{23} \text{ عدد}}{1 \text{ mol}}$

مثال ۱: فاصله خورشید تا زمین ۱۵۰ میلیون کیلومتر است. چند ثانیه طول می‌کشد تا نور خورشید به زمین برسد؟

سریعاً نذر  $\frac{3 \times 10^8 \text{ m}}{1 \text{ s}}$

$$x \text{ ثانیه} = 150 \times 10^6 \text{ km} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ s}}{3 \times 10^8 \text{ m}} = 500 \text{ s}$$

مثال ۲: در ساچمه‌ای از جنس آهن به جرم ۲/۲۳۴ گرم، چند مول آهن وجود دارد؟ ( $Fe = 55.85 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )

$$x \cdot \text{mol Fe} = 2.234 \text{ g Fe} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{55.85 \text{ g Fe}} = 0.04 \text{ mol Fe}$$

۲- کسرهای تبدیل را می‌توان بارها نوشت تا در نهایت به یکای مدنظر برسیم.

۳- بنابراین از کسر تبدیل یا عامل تبدیل، برای حل مسائل شیمی، فیزیک و بسیاری از مسائل مطرح شده در زندگی می‌توان استفاده کرد.

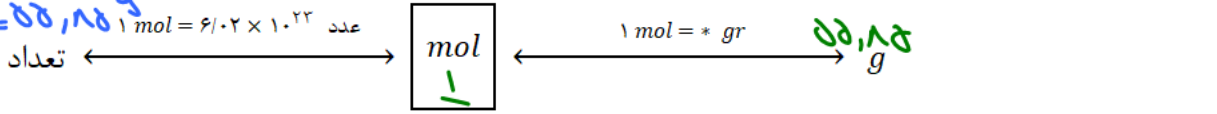
۴- در شیمی برای سهولت کار در تبدیل کمیت‌ها به یکدیگر، می‌توان مسائل مطرح شده بین مول، گرم و

تعداد را به سه دسته کلی تقسیم کرد.

تیپ ۱: معلوم و مجهول یک جسم است:

$$\text{تعداد Fe} = 5.0 \text{ g Fe} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{55.85 \text{ g Fe}} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ ذرات}}{1 \text{ mol Fe}}$$

اگر اطلاعات داده شده (معلوم) و اطلاعات خواسته شده (مجهول) در مورد یک جسم (یک گونه) باشد، الف: روش تشریحی (روش زنجیره‌ای یا کسر تبدیل): از الگوریتم زیر استفاده می‌شود:



در الگوریتم بالا علامت \* بیانگر جرم مولی است که در مورد هر اتم متفاوت است. ✓ زیروندها در فرمول شیمیایی بیانگر نسبت تعداد یا مول می‌باشد که در مسائل بیان مولی مد نظر است.

ب: روش تستی: از کسرهای هم ارز (تناسب) استفاده می‌کنیم

کسر مولی	کسر جرمی	کسر تعدادی	کسر حجمی گاز	کسر حجمی گاز
$\frac{\text{مول}}{\text{زیروند}}$	$\frac{\text{گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{زیروند}}$	$\frac{\text{تعداد}}{6.02 \times 10^{23} \times \text{زیروند}}$	$\frac{\text{لیتر}}{\text{حجم مولی} \times \text{زیروند}}$	$\frac{\text{چگالی} \times \text{لیتر}}{\text{جرم مولی} \times \text{زیروند}}$

✓ اگر کسر مورد نظر برای یک جسم بیان شود، به جای زیر بند، ۱ قرار می‌گیرد

Dr. Hasan Poloui



خود را بیازمایید

۱- با استفاده از  $1 \text{ mol Al} = 27 \text{ g Al}$  و  $1 \text{ mol S} = 32 \text{ g S}$  حساب کنید:

(آ) ۵ مول آلومینیم، چند گرم دارد؟  
 (ب) ۸٪ گرم گوگرد، چند مول گوگرد است؟

$$? \text{ g Al} = 5 \text{ mol Al} \times \frac{27 \text{ g Al}}{1 \text{ mol Al}} = 135 \text{ g Al}$$

$$? \text{ mol S} = 0.08 \text{ g S} \times \frac{1 \text{ mol S}}{32 \text{ g S}} = 0.0025 \text{ mol S}$$

۲- دانش آموزی برای تعیین شمار اتم‌های موجود در ۱/۲ مول فلز روی، محاسبه زیر را به درستی انجام داده است. هر یک از جاهای خالی را پر کنید.

$$? \text{ atom Zn} = \frac{1}{2} \text{ mol Zn} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ atom Zn}}{1 \text{ mol Zn}} = 3.01 \times 10^{23} \text{ atom Zn}$$

۳- حساب کنید  $9.03 \times 10^{20}$  اتم مس، چند مول و چند گرم مس است؟

$$? \text{ mol Cu} = \frac{9.03 \times 10^{20} \text{ atom Cu}}{6.02 \times 10^{23} \text{ atom Cu}} = 1.5 \times 10^{-3} \text{ mol Cu}$$

$$? \text{ g Cu} = 1.5 \times 10^{-3} \text{ mol Cu} \times \frac{63.5 \text{ g Cu}}{1 \text{ mol Cu}} = 0.095 \text{ g Cu}$$

مثال ۱:  $3/0.1 \times 10^{22}$  عدد اتم کلسیم چند گرم دارند؟ ( $\text{Ca} = 40 \text{ gr/mol}$ )

$$x \cdot \text{gr} \cdot \text{Ca} = \frac{3/0.1 \times 10^{22} \text{ عدد} \times \frac{1 \text{ mol Ca}}{6.02 \times 10^{23} \text{ عدد}} \times \frac{40 \text{ g Ca}}{1 \text{ mol Ca}}}{1} = 2 \text{ gr Ca}$$

مثال ۲: در هر لیتر هوا ۰/۱۱ گرم کربن دی اکسید وجود دارد در هر لیتر هوا چند عدد مولکول  $\text{CO}_2$  وجود دارد؟ ( $\text{C} = 12$  ،  $\text{O} = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )

$$x \cdot \text{عدد} \cdot \text{CO}_2 = \frac{0.11 \text{ g CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{6.02 \times 10^{23} \text{ عدد}} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ عدد}}{1 \text{ mol CO}_2} \approx 1/5 \times 10^{20} \text{ عدد}$$

تست: تعداد اتم‌ها در کدام گزینه بیشتر است؟ ( $\text{O} = 16$  ،  $\text{U} = 238 \text{ g/mol}$ )

- (۱) ۰/۱ مول Cu
- (۲) ۰/۳۲ گرم اتم اکسیژن
- (۳)  $3/0.1 \times 10^{22}$  عدد اتم هیدروژن
- (۴) ۲/۳۵ گرم اتم اورانیوم

فرمول شیمیایی مواد عنصری (آزاد یا ساده):

از ۱۱۸ عنصر شناخته شده، فرمول شیمیایی ۱۱۰، عنصر تک اتمی است ( $\text{He}$  ،  $\text{Fe}$  و ... ) عنصر به شکل دو اتمی بیان می‌شوند ( $\text{H}_2$  ،  $\text{N}_2$  ،  $\text{O}_2$  ،  $\text{F}_2$  ،  $\text{Cl}_2$  ،  $\text{Br}_2$  ،  $\text{I}_2$ ) و فسفر دارای فرمول شیمیایی  $\text{P}_4$  می‌باشد.

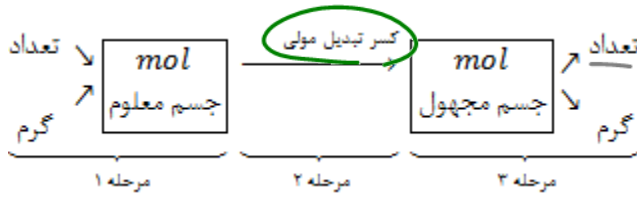
مواد عنصری:  $\text{Fe}$  ،  $\text{Cu}$  ،  $\text{N}_2$  ،  $\text{O}_2$  ، ...  
 انواع مواد:  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ،  $\text{H}_2\text{O}$  ، ...  
 مواد مرکب (ترتیب):

Dr. Hasan Poloui



تیپ ۲: معلوم و مجهول دو جسم است:

اگر اطلاعات داده شده (معلوم) در مورد یک جسم (گونه) باشد و اطلاعات خواسته شده در مورد یک جسم (گونه) دیگر بود، از الگوریتم زیر استفاده می‌کنیم.



✓ برای تبدیل مول جسم معلوم به مول جسم مجهول از کسر تبدیل مولی استفاده می‌کنیم. به عنوان مثال در  $H_2O$ :

$(C=12 \frac{g}{mol}, O=16 \frac{g}{mol})$

کسر تبدیل مولی بین مولکول  $H_2O$  و عنصر  $H$  آن:

$$\frac{1 \text{ mol } H_2O}{2 \text{ mol } H} \quad \text{یا} \quad \frac{2 \text{ mol } H}{1 \text{ mol } H_2O}$$

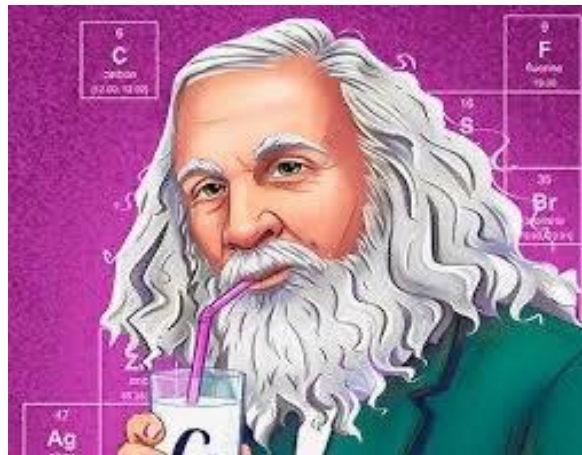
Handwritten calculation:  $\frac{2 \text{ mol } H}{1 \text{ mol } H_2O} \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{2 \text{ mol } H} = 1 \text{ mol } H_2O$

کسر تبدیل مولی بین مولکول  $H_2O$  و عنصر  $O$  آن:

$$\frac{1 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol } O} \quad \text{یا} \quad \frac{1 \text{ mol } O}{1 \text{ mol } H_2O}$$

کسر تبدیل مولی بین دو عنصر  $H$  و  $O$  مولکول  $H_2O$ :

$$\frac{2 \text{ mol } H}{1 \text{ mol } O} \quad \text{یا} \quad \frac{1 \text{ mol } O}{2 \text{ mol } H}$$



$(CO_2)$ :  $1 \text{ mol } CO_2 = 1 \text{ mol } C = 2 \text{ mol } O$

مثال ۱: در ۰/۱۸۸ گرم  $CO_2$  چند اتم اکسیژن وجود دارد؟  

$$x \text{ عدد } O = 0.188 \text{ g } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{44 \text{ g } CO_2} \times \frac{2 \text{ mol } O}{1 \text{ mol } CO_2} \times \frac{6.02 \times 10^{23}}{1 \text{ mol } O} = 2.408 \times 10^{23} \text{ عدد } O$$

مثال ۲: در مقداری  $Fe_2O_3$  به ازای ۰/۲۴ گرم اتم اکسیژن چند گرم آهن وجود دارد؟  
 $(Fe = 56, O = 16 \text{ g.mol}^{-1})$

$$x \text{ g } Fe = 0.24 \text{ g } O \times \frac{1 \text{ mol } O}{16 \text{ g } O} \times \frac{2 \text{ mol } Fe}{3 \text{ mol } O} \times \frac{56 \text{ g } Fe}{1 \text{ mol } Fe} = 0.56 \text{ g } Fe$$

۲- ممکن است یک یا حتی دو مرحله از مراحل سه گانه حذف و یا در یک یا دو مرحله نیاز به تعداد بیشتری کسر تبدیل شود.

مثال ۳: در چند میلی گرم  $C_7H_6$  ۰/۰۱۶ مول اتم وجود دارد؟  
 $(C = 12, H = 1 \text{ g.mol}^{-1})$

$$x \text{ mg } C_7H_6 = 0.016 \text{ mol اتم} \times \frac{1 \text{ mol } C_7H_6}{8 \text{ mol اتم}} \times \frac{30 \text{ g } C_7H_6}{1 \text{ mol } C_7H_6} \times \frac{1000 \text{ mg } C_7H_6}{1 \text{ g } C_7H_6} = 60 \text{ mg } C_7H_6$$

تست ۱: در ۱/۰۸ لیتر از یک نمونه از آب دریا با چگالی  $1 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$  که شامل ۲۰٪ ناخالصی است، چند

$m.l = cm^3 = cc = 1.7 \text{ L}$

مول آب وجود دارد؟  
 $(H = 1, O = 16 \text{ g/mol})$

۵۵/۵ (۴)

۵۲/۸ (۳)

۵۱ (۲)

۵۰ (۱)

$? \text{ mol } H_2O = 1.8 \text{ L} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ g}}{1 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mol}}{18 \text{ g}} = 100 \text{ mol}$

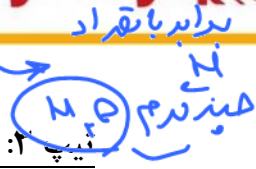
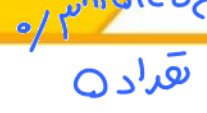
تست ۲: تعداد  $SF_n$  عدد مولکول  $SF_n$  جرمی برابر ۵/۴ گرم دارند، کدام  $n$  است؟  
 $(S = 32, F = 19 \text{ g.mol}^{-1})$

$g SF_n = 3.125 \times \frac{1 \text{ mol } SF_n}{(19n + 32)} \Rightarrow n = 4$

۳- بدیهی است از کسرهای تبدیل برای بیان رابطه بین ذرات ریزاتی و اتم یا مولکول و .... نیز استفاده کرد.

مثال ۴: در ۰/۴۶ گرم  $Na^+$  چند عدد ذره باردار وجود دارد؟  
 $(Na = 23 \text{ g.mol}^{-1})$

$$x \text{ عدد ذره باردار} = 0.46 \text{ g } Na^+ \times \frac{1 \text{ mol } Na^+}{23 \text{ g } Na^+} \times \frac{21 \text{ mol ذره باردار}}{1 \text{ mol } Na^+} \times \frac{6.02 \times 10^{23}}{1 \text{ mol ذره باردار}} = 2.5 \times 10^{23}$$



تیب ۲: معلوم و مجهول دو جسم کاملاً مجزا:

برای هر جسم بطور جداگانه کسرهای تبدیل نوشته و با توجه به اطلاعات سوال، رابطه‌ی مورد نظر بین دو جسم را برقرار می‌نماییم:

تست ۱- تعداد اتم‌های هیدروژن موجود در ۵/۱ گرم  $NH_3$ ، چند برابر شمار اتم‌های اکسیژن موجود

در ۰/۸ گرم  $SO_2$  است؟  $(N = 14, H = 1, S = 32, O = 16 \text{ g.mol}^{-1})$

$$10 \cdot (4) \times \frac{1 \text{ mol } NH_3}{17 \text{ g}} \times \frac{3 \text{ mol } H}{1 \text{ mol } NH_3} \times \frac{N_A}{1 \text{ mol } H} = 19 N_A$$

$$0 = 18 \times \frac{1 \text{ mol } SO_2}{64 \text{ g}} \times \frac{2 \text{ mol } O}{1 \text{ mol } SO_2} \times \frac{N_A}{1 \text{ mol } O} = 1.2 N_A$$

تست ۲- تعداد اتم‌های موجود در ۳۲۰ گرم گاز اکسیژن با تعداد اتم‌های هیدروژن موجود در چند گرم

$CH_3OH$  برابر است؟  $(C = 12, H = 1, O = 16 \text{ g.mol}^{-1})$

$$320 \cdot (2) \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32 \text{ g}} \times \frac{2 \text{ mol } O}{1 \text{ mol } O_2} \times \frac{N_A}{1 \text{ mol } O} = 10 N_A$$

$$160 \cdot (1) \times \frac{1 \text{ mol } CH_3OH}{32 \text{ g}} \times \frac{4 \text{ mol } H}{1 \text{ mol } CH_3OH} \times \frac{N_A}{1 \text{ mol } H} = 16 N_A$$

تست ۳- تعداد اتم‌ها در ۲ گرم گاز اکسیژن ( $O_2$ ) برابر تعداد مولکول در ۸ گرم  $(XO_2)$  است. جرم مولی  $X$

$$2 \cdot (2) \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32 \text{ g}} \times \frac{2 \text{ mol } O}{1 \text{ mol } O_2} \times \frac{N_A}{1 \text{ mol } O} = \frac{1}{8} N_A$$

$$8 \cdot (4) \times \frac{1 \text{ mol } XO_2}{2 \cdot (16 + X) \text{ g}} \times \frac{2 \text{ mol } O}{1 \text{ mol } XO_2} \times \frac{N_A}{1 \text{ mol } O} = \frac{1}{8} N_A$$

تست ۴- تعداد الکترون‌ها در ۷/۲ گرم  $Mg^{2+}$  با تعداد نوترون‌ها در چند گرم از  $Fe^{2+}$  برابر است؟

$$7.2 \cdot (2) \times \frac{1 \text{ mol } Mg^{2+}}{24 \text{ g}} \times \frac{12 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } Mg^{2+}} \times \frac{N_A}{1 \text{ mol } e^-} = 1.2 N_A$$

$$56 \cdot (4) \times \frac{1 \text{ mol } Fe^{2+}}{56 \text{ g}} \times \frac{26 \text{ mol } n}{1 \text{ mol } Fe^{2+}} \times \frac{N_A}{1 \text{ mol } n} = 26 N_A$$

$(H = 1, C = 12, O = 16, Fe = 56, Cu = 64 \text{ g.mol}^{-1})$

- $1.06 \times 10^9$  اتم مس، ۱/۹۲ میلی‌گرم جرم دارد. ✓
- شمار مول‌ها در ۸ گرم مس، دو برابر شمار مول‌ها در ۳/۵ گرم آهن است. ✓
- عدد جرمی هر عنصر، همان جرم مشخص شده آن در جدول دوره‌ای عنصرهاست. ✗
- شمار اتم‌ها در ۲ گرم آب خالص، از شمار اتم‌ها در ۱ گرم  $CO_2$  بیشتر است. ✓
- در ۰/۱ مول  $SO_4^{2-}$  تعداد الکترون‌ها  $\Delta N_A$  است (عدد اتمی  $O$  و  $S$  به ترتیب ۸ و ۱۶ می‌باشد) ✓

$$2 \cdot (4) \quad 3 \cdot (3) \quad 4 \cdot (2) \quad 5 \cdot (1)$$

Dr. Hasan Poloei



نور، کلید شناخت جهان

جهان از مجموعه‌ای از کمیت‌های حیرت‌آور از جمله (A) ماده (ذرات بنیادی، اتم، مولکول و ...) (B) نیروها (نیروی مغناطیسی، نیروی گرانش و ...) (C) امواج الکترومغناطیس (نور مرئی و نامرئی) تشکیل یافته است.

امواج الکترومغناطیس (نور):

نوعی انرژی است که دارای ویژگی‌های زیر است:

(۱) فاقد جرم بوده و برای انتشار نیاز به محیط مادی ندارند.

(۲) همه امواج الکترومغناطیس در خلاء با سرعت  $3 \times 10^8 \frac{m}{s}$  حرکت می‌کنند.

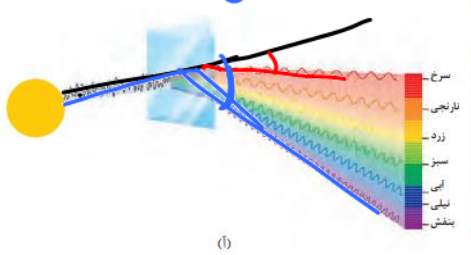
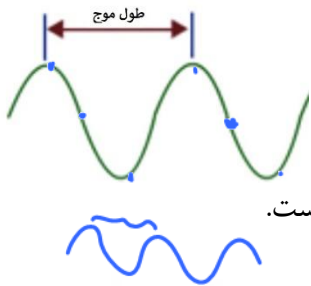
(۳) فاصله دو نقطه یکسان (هم فاز) را «طول موج» گویند. ( $\lambda$ )

(۴) به هر بسته یک موج، فوتون یا پرتو گویند.

(۵) هرچه طول موج فوتون کمتر باشد انرژی آن بیشتر است.

انحراف آن در منشور بیشتر است.

● نور کلیدی است که با استفاده از آن می‌توان رازهای آفرینش را رمزگشایی کرد و شاید بتوان گفت که نور، کلید قفل صندوقچه رازهای جهان است.



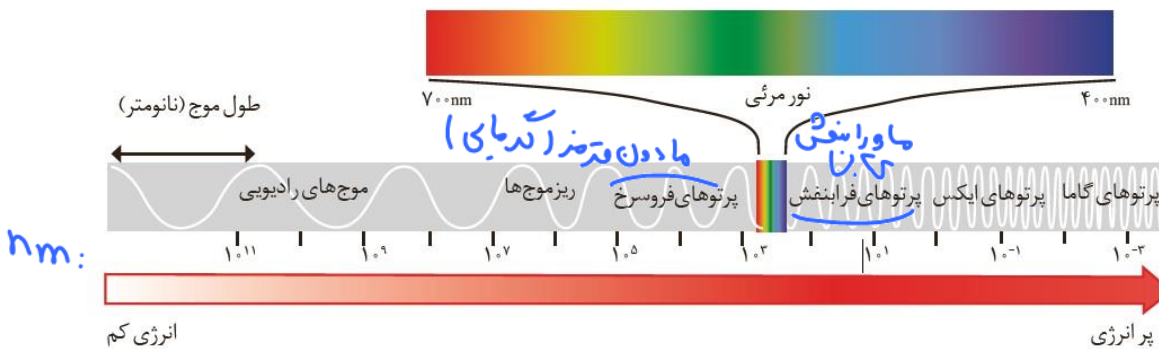
(۶) نور مرئی بخش کوچکی از امواج الکترومغناطیس با طول موج ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر می‌باشند (هر نانومتر،  $10^{-9}$  متر است) که به ترتیب از ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر شامل:

شکل ۱۴-آ) نور خورشید هنگام عبور از منشور تجزیه می‌شود. ب) رنگین کمان، گستره‌ای از رنگ‌های سرخ تا بنفش را در برمی‌گیرد.

( $\lambda$ ) طول موج



(۷) طیف امواج الکترومغناطیس:



گاما > ایکس > فرابنفش (U.V) > نور مرئی > فرورسرخ (مادون قرمز) > ریزموجها > امواج رادیویی: طول موج ( $\lambda$ )

۸) تقریباً می‌توان گفت نور خورشید همه موج‌های الکترومغناطیس با طول موج‌های مختلف از بسیار ریز (گاما) تا بسیار بلند (امواج رادیویی) را داراست. به عبارتی طیف حاصل از تجزیه نور خورشید توسط منشور، «پیوسته» می‌باشد.

۹) منظور از «نور سفید»، نوری است که همه طول موج‌های مرئی را داراست. مانند نور خورشید

۱۰) ترتیب انرژی و انحراف در منشور امواج الکترومغناطیس، عکس ترتیب فوق است.

۱۱) از سطح همه مواد در هر دمایی، امواج الکترومغناطیس با طول موج‌هایی از مادون قرمز تا فرابنفش، تابش می‌شود. در دمای اتاق این پرتوهای گسیل شده در محدوده مادون قرمز (فرو سرخ) هستند که چشم انسان قادر به دیدن آنها نیست. اما با افزایش دمای جسم، پرتوهای گسیل شده از جسم انرژی بیشتری داشتند (طول موج کمتر) که امکان رویت آن با چشم امکان‌پذیر خواهد شد. مانند نور قرمز و یا نور زرد شعله شمع و یا نور آبی شعله اجاق گاز، هرچه دمای جسم بیشتر باشد، اصولاً طول موج‌های گسیل شده از جسم، ریزتر و پر انرژی‌تر خواهند بود.

خود را بیازمایید

مشاهده کردید که پرتوهای گوناگون، طول موج‌های متفاوتی دارند. با توجه به این ویژگی به نظر شما هریک از دماهای داده شده به کدام شکل مربوط است؟ چرا؟

۱۷۵ °C (آ)      ۲۷۵ °C (ب)      ۸۰۰ °C (پ)

۲۷۵ °C

۱۷۵ °C

۸۰۰ °C



و برعکس در مورد طول موج قرمز

و دمای بیشتر

زیرا طول موج آبی زرد سرد و انرژی بیشتر دارد

۱۲) با آنکه چشم انسان فقط قادر به رویت طول موج‌های ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتری می‌باشد، اما به کمک ابزارهایی می‌توان پرتوی با طول موج نامرئی را تبدیل به پرتو مرئی کرده و به نوعی پرتوهای نامرئی قابل رویت شوند. به عنوان مثال ریموت تلویزیون پرتو نامرئی از نوع مادون قرمز از خود گسیل می‌کند که دوربین موبایل این پرتو را به نور مرئی تبدیل کرده و قابل رویت می‌شوند.



۱۳) ستاره‌شناسان برای بردن به دمای ستارگان و نوع عناصر سازنده آنها از دستگاهی به نام «طیف‌سنج نوری» استفاده می‌کنند. این دستگاه با تجزیه نور ستارگان، نوع پرتوهای گسیل شده از آنها را مشخص کرده و به این شکل نوع عناصر و دمای ستاره مورد نظر مشخص می‌شود.



تست ۱: چه تعداد از موارد زیر در مورد امواج الکترومغناطیس نادرست است؟

- ا- هرچه طول موج آنها کمتر باشد، انرژی و سرعت انتشار آنها در خلاء بیشتر است. X
- ب- منظور از نور، دسته‌ای از پرتوهای الکترومغناطیس است که طول موج ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر دارند و چشم انسان قادر به رویت آنهاست. X
- پ- از سطح همه مواد در هر دمایی نور مرئی گسیل می‌شود. X
- ت- با کمک «طیف‌سنج جرمی» می‌توان از پرتوهای گسیل شده از مواد گوناگون، اطلاعات ارزشمندی درباره آنها به دست آورد. X
- ث) به طور کلی هرچه دمای یک جسم بالاتر باشد، پرتوهایی با طول موج بلندتر از خود گسیل می‌کند. X

سرعت انتشار در خلاء در هر مادی  $\frac{c}{n}$  است

نور

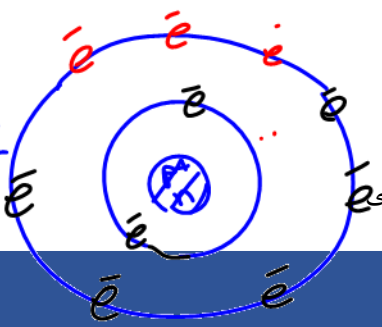
نور مرئی

لونه‌تر

تست ۲: کدام گزینه نادرست است؟

- ۱) طول موج : آبی > سبز > نارنجی
- ۲) انرژی : فرابنفش > ریز موج > قرمز
- ۳) انحراف در منشور : نور مرئی > فرابنفش > گاما
- ۴) تفاوت طول موج با اشعه ایکس : فرابنفش > بنفش > رادیویی

منظومه‌های (بور اوستی) (لوانسکی)

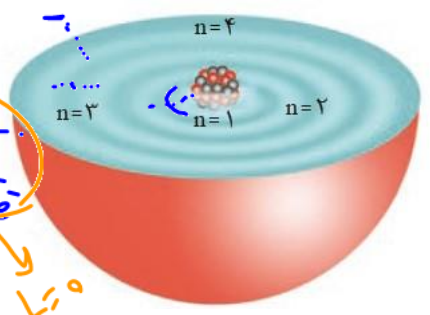


مدل لایه‌ای اتم

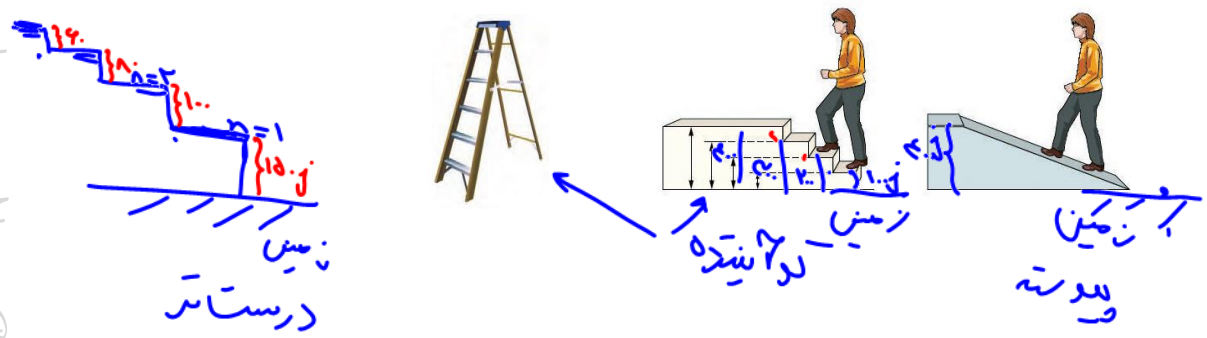
۱- طبق این مدل اتمی، اتم کره‌ای در نظر گرفته می‌شود که هسته (پروتون‌ها و نوترون‌ها) در فضایی بسیار کوچک در مرکز آن قرار دارد و الکترون‌ها در فضایی بسیار بزرگتر و در لایه‌هایی پیرامون هسته توزیع می‌شوند.

۲- در هر لایه، بخش پرنگ نشان دهنده این است که الکترون‌های آن لایه در بیشتر مواقع در آن فاصله از هسته قرار دارند، هرچند یک الکترون در هر لایه‌ای که باشد در همه نقاط پیرامون هسته حضور دارد ولی احتمال حضور آن در لایه خود بیشتر است.

۳- به «مدل لایه‌ای»، «مدل کوانتومی» یا مدل «لایه‌ای - کوانتومی» نیز می‌گویند. «کوانتیده» به معنای «پیمانه‌ای» یا «گسسته» می‌باشد. چون سطوح انرژی الکترون‌ها پیوسته نیست و به عبارتی هر الکترون فقط مقدار مشخصی انرژی می‌تواند دارا باشد، بنابراین به این مدل، مدل کوانتومی نیز گفته می‌شود.



Dr. Hasan Polouri



عدد کوآنتومی اصلی ( $n$ )

۱- هر لایه را با نماد  $n$  نشان می دهند و به شماره هر لایه، «عدد کوآنتومی اصلی» می گویند.

نزدیکترین لایه به هسته، عدد کوآنتومی اصلی ۱ داراست:  $n = 1$

و به هفتمین لایه اتم، عدد کوآنتومی اصلی ۷ نسبت می دهیم:  $n = 7$

۲- هرچه عدد کوآنتومی اصلی ( $n$ )، بیشتر باشد، انرژی الکترون های آن بیشتر و در نتیجه الکترون ها ناپایدارترند (سطح انرژی و پایداری همواره رابطه عکس دارند)

۳- حداکثر تعداد الکترون در هر لایه از رابطه  $2n^2$  به دست می آید.

پس حداکثر تعداد الکترون در لایه اول:  $2 \times 1^2 = 2$

حداکثر تعداد الکترون در لایه دوم:  $2 \times 2^2 = 8$

عدد کوآنتومی فرعی ( $L$ )

۱- هر لایه ( $n$ ) به تعداد شماره خود، زیر لایه دارد.

به عبارتی لایه اول اتم دارای ۱ زیر لایه و لایه دوم اتم دارای ۲ زیر لایه می باشد و ...

۲- به اولین زیر لایه ی هر لایه «عدد کوآنتومی فرعی» یا  $L = 0$  نسبت می دهند و نماد آن  $s$  است به دومین

زیر لایه ی هر لایه «عدد کوآنتومی فرعی» یا  $L = 1$  نسبت می دهند و نماد آن  $p$  است و ...

۳- حداکثر تعداد الکترون در هر زیر لایه از رابطه  $4L + 2$  به دست می آید.

۴- مقادیر قابل قبول برای  $L$  های یک  $n$ :  $0, 1, 2, \dots, (n-1)$

نماد زیر لایه	$s$	$p$	$d$	$f$	$g$
عدد کوآنتومی فرعی ( $L$ )	۰	۱	۲	۳	۴
حداکثر گنجایش زیر لایه	۲	۶	۱۰	۱۴	۱۸

لایه	حداکثر $e$	زیر لایه ها
$n=1$	2	$1s^2$
$n=2$	8	$2s^2, 2p^6$
$n=3$	18	$3s^2, 3p^6, 3d^{10}$
$n=4$	32	$4s^2, 4p^6, 4d^{10}, 4f^{14}$
$n=7$	98	$7s^2, 7p^6, 7d^{10}, 7f^{14}, 7g^{18}$

۵- نماد هر زیر لایه به صورت  $nL$  نوشته می شود که  $n$  «عدد کوآنتومی اصلی» یا لایه را بیان می کند و  $L$  «عدد کوآنتومی فرعی» یا نوع زیر لایه مدنظر را مشخص می کند. به عنوان مثال:

$2s \xrightarrow{\text{یعنی}} n=2, L=0$

Dr. Hasan Poloui



$2P \xrightarrow{\text{یعنی}} n = 2, L = 1$

$4f \xrightarrow{\text{یعنی}} n = 4, L = 3$

۶- تعداد الکترون‌های هر زیر لایه را در بالای نماد آن زیر لایه قرار می‌دهیم:  $2p^6$


۷- انرژی الکترون‌های یک زیر لایه، دقیقاً با یکدیگر برابر است.

به عنوان مثال در لایه دوم اتم ( $n = 2$ )، انرژی ۸ الکترون آن یکپارچه نیست ( $2s^2, 2p^6$ ) ولی ۲ الکترون زیر لایه  $2s$  انرژی یکسان دارند و ۶ الکترون زیر لایه  $2p$  نیز کاملاً هم انرژی هستند. هر چند انرژی الکترون‌های  $2p$  اندکی بیشتر از الکترون  $2s$  می‌باشد.

زیر لایه	مقادیر ممکن برای L	تعداد زیر لایه‌ها	عدد کوانتومی اصلی	لایه
$1s^2$	۰	۱	$n = 1$	لایه اول
$2s^2, 2p^6$	۰, ۱	۲	$n = 2$	لایه دوم
$3s^2, 3p^6, 3d^{10}$	۰, ۱, ۲	۳	$n = 3$	لایه سوم
$4s^2, 4p^6, 4d^{10}, 4f^{14}$	۰, ۱, ۲, ۳	۴	$n = 4$	لایه چهارم

۸- تفاوت انرژی دو الکترون از دو لایه متفاوت، به طور کلی بیشتر از تفاوت انرژی دو الکترون از دو زیر لایه موجود در یک لایه است.

به عنوان مثال الکترون‌های زیر لایه‌های  $2s$  و  $2s$  تفاوت انرژی بیشتری از الکترون‌های دو زیر لایه  $2s$  و  $2p$  دارند.

تست ۱: کدام گزینه درست است؟ 

(۱) حداکثر تعداد الکترون در لایه سوم اتم ۱۸ می‌باشد و احتمال حضور آنها فقط در محدوده لایه سوم اتم می‌باشد.

(۲) انرژی الکترون‌ها هم به عدد کوانتومی اصلی و هم فرعی وابسته است.

(۳) لایه پنجم اتم دارای ۵ زیر لایه است و حداکثر شماره زیر لایه آن  $L = 5$  است.

(۴) حداکثر تعداد الکترون یک زیر لایه از رابطه  $2n^2$  به دست می‌آید.

تست ۲: چه تعداد از مطالب زیر در مورد لایه چهارم اتم درست می‌باشد؟

• دارای چهار سطح انرژی است. ✓

• حداکثر گنجایش آن ۳۲ الکترون می‌باشد. ✓

• عدد کوانتومی فرعی زیر لایه‌های آن ۱، ۲، ۳، ۴ است. ✗

• اولین لایه‌ای است که زیر لایه‌ای با  $L = 2$  داراست. ✓

• زیر لایه‌ای با اعداد کوانتومی  $n = 4$  و  $L = 4$  در آن وجود ندارد. ✓

(۱) ۲

(۲) ۳

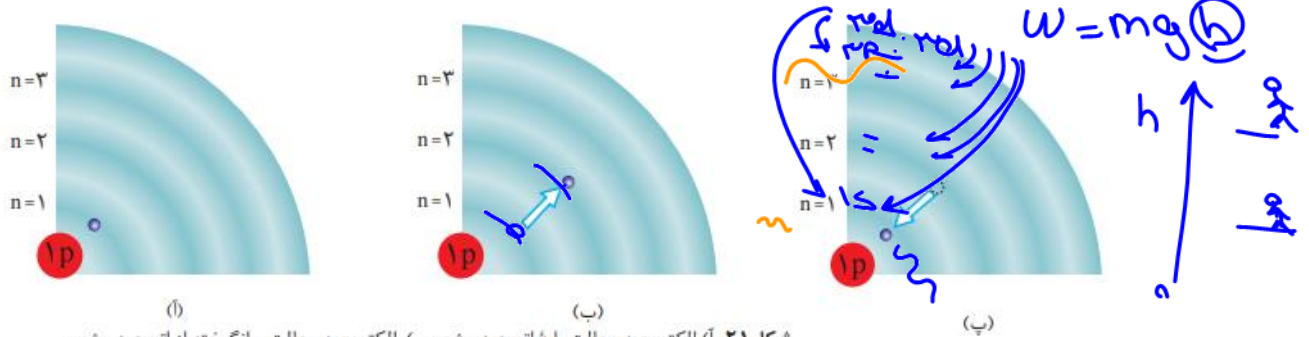
(۳) ۴

(۴) ۵

$$E = m \cdot c^2$$

طیف نشری خطی عنصرها

تولید طیف نشری عنصرها: چنانچه بخارات رقیق یک عنصر را درون لامپ قرار دهیم، با برقراری جریان برق، الکترون‌ها با گرفتن انرژی از حالت پایه خارج شده و به لایه‌های بالاتر می‌روند. (برانگیختگی)، با بازگشت



شکل ۲۱-آ) الکترون در حالت پایه اتم هیدروژن، ب) الکترون در حالت برانگیخته از اتم هیدروژن و پ) بازگشت الکترون به حالت پایه

الکترون‌های برانگیخته به لایه‌های پایین‌تر، تفاوت انرژی الکترون‌ها به شکل «پرتو نوری» آزاد می‌شود.

اگر توسط منشور این پرتوها را از یکدیگر جدا کرده و بر روی صفحه‌ای بتابانیم، به «طیف نشری» آن عنصر ایجاد می‌شود.

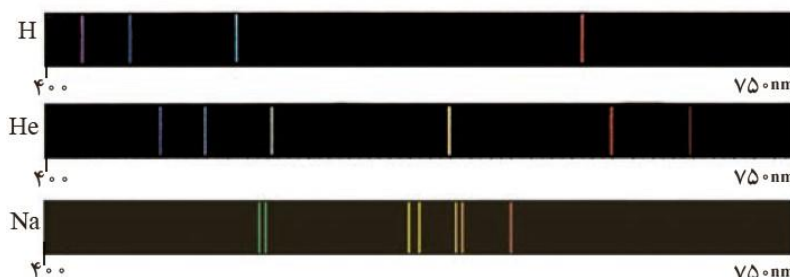


طیف نشری عنصرها خطی است نه پیوسته زیرا:

۱- انتقال الکترون از یک لایه به لایه دیگر «کوآنتومی» یا «پیمانهای» است، در نتیجه نور حاصل از انتقال

یک الکترون به لایه‌های پایین‌تر انرژی و در نتیجه طول موج کاملاً مشخصی خواهد داشت. در نتیجه طیف نشری عنصرها خطی است نه پیوسته.

۲- «طیف نشری خطی» یک عنصر منحصر به فرد است، به عبارتی «طیف نشری خطی» هر عنصر مانند اثر انگشت انسان‌ها، متفاوت است. علت این است که: انرژی لایه‌های یک اتم وابسته به «عدد اتمی» عنصر است.



بنابراین در عنصرهای مختلف انرژی هر لایه و تفاوت انرژی لایه‌ها مختص همان عنصر بوده و با عناصر دیگر متفاوت است. در نتیجه طول موج پرتوهای گسیل شده (نشر شده) در هر عنصر منحصر به آن عنصر است.

۳- تعداد خطها در محدوده مرئی:

عنصر  $H$  و  $Li$ : ۴ خط  
عنصر  $He$ : ۶ خط  
عنصر  $Na$ : ۷ خط  
عنصر  $Ne$ : ۲۲ خط

۴- برای شناسایی عنصر مجهول می‌توان از «طیف نشری خطی» آن استفاده کرد. طیف نشری آن را به دست آورده و با طیف عنصرهای مختلف مقایسه کرده و به این شکل نوع عنصر مجهول به دست می‌آید. (مانند خط نماد یا بارکد کالاها) اخترشناسان به این شکل به عنصرهای ستارگان و ... پی می‌برند.  
۵- خطی بودن طیف نشری عنصرها شیمی‌دان‌ها را مجاب کرد که ساختار الکترونی اتم کوانتومی است. «نیلز بور» با بررسی طیف نشری خطی هیدروژن مدل اتمی کوانتومی خود را ارائه کرد. اما مدل بور فقط قادر به توجیه طیف نشری خطی  $H$  بود. دانشمندان برای توجیه طیف نشری خطی دیگر عنصرها، مدلی کامل‌تر که همان مدل «لایه‌ای - کوانتومی» است را ارائه کردند.

### تولید نور توسط عنصرها با افزایش دمای آنها:

۱- روش دیگر ایجاد تابش نور توسط عنصرها (غیر از جریان الکتریسیته)، افزایش دمای آنهاست. همان اتفاقی که در ستارگان می‌افتد.  
۲- چنانچه یک فلز یا نمک‌های آن را در معرض شعله قرار دهیم، براساس رنگ ایجاد شده می‌توان نوع فلز را تشخیص داد. علت این است که چون طول موج‌های تولید شده توسط هر عنصر مختص همان عنصر است، در نتیجه با برانگیخته شدن الکترون‌های هر عنصر توسط حرارت و نشر نور، رنگ شعله برای هر عنصر اختصاصی خواهد بود.

۲- رنگ شعله مس ( $Cu$ ) و نمک‌های آن: سبز

رنگ شعله لیتیم ( $Li$ ) و نمک‌های آن: سرخ

رنگ شعله سدیم ( $Na$ ) و نمک‌های آن: زرد

۳- رنگ‌های متفاوت حاصل از انفجار گلوله‌های آتش بازی نیز بر همین اصل استوار است.

۴- نور زرد لامپ‌هایی که خیابان‌ها را روشن می‌کند نیز به دلیل بخار سدیم است.

نور سرخ فام لامپ‌های تبلیغاتی برای ایجاد نوشته‌های نورانی به دلیل نئون می‌باشد.

تست ۱: کدام گزینه نادرست است؟

(۱) چنانچه سطوح انرژی الکترون‌ها پیوسته می‌بود، طیف نشری آنها نیز می‌بایست همه طول موج‌های ممکن را دارا بوده و پیوسته می‌شد.

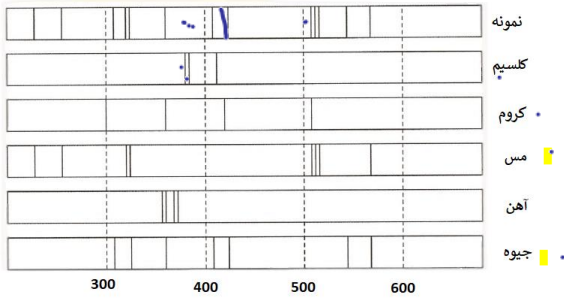
(۲) برای برانگیخته کردن الکترون‌های عناصر می‌توان از جریان برق یا حرارت دادن استفاده کرد.

(۳) رنگ شعله  $LiNO_3$  (لیتیم نترات)، همانند  $LiCl$  (لیتیم کلرید)، سرخ می‌باشد.

(۴) تعداد خطوط در طیف نشری خطی عنصرهای هیدروژن و لیتیم چهار خط می‌باشد.

(در ناصیه مرئی ۱۲)

تست ۲: از طیف‌سنجی یک سفال قدیمی، طیف نمونه به دست آمده است. با توجه به طیف نشری خطی چند



فلز داده شده، در این سفال چه فلزاتی وجود دارد؟

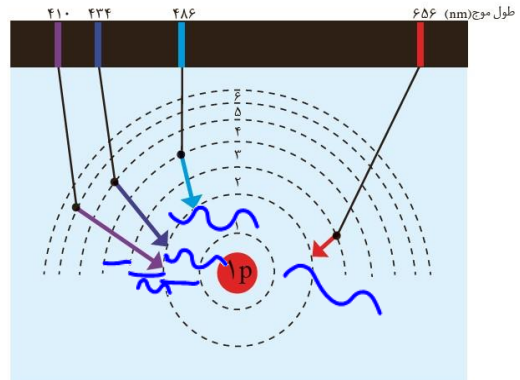
- (۱) مس و جیوه
- (۲) مس و کروم
- (۳) کلسیم و کروم
- (۴) کلسیم و جیوه

H

طیف نشری خطی هیدروژن

- ۱- چنانچه هیدروژن را در لامپ‌های مخصوص توسط جریان الکتریسیته برانگیخته نماییم، اتم‌های هیدروژن شروع به تولید نور می‌کنند، با عبور نور حاصل از یک منشور طیف نشری خطی هیدروژن که شامل چهار خط در ناحیه مرئی است به دست می‌آید.
- ۲- چهار پرتو تولید شده ناشی از انتقال الکترون برانگیخته شده از لایه‌های ۶، ۵، ۴، ۳ به لایه ۲ می‌باشد. (لایه پایه الکترون برای عنصر هیدروژن لایه  $n = 1$  است)
- ۳- سقوط الکترون‌ها احتمالات زیادی دارد که هر کدام منجر به تولید پرتوی با طول موج مشخص می‌شود ولی تنها چهار انتقال فوق منجر به تولید نور مرئی می‌شود.

رنگ خط	طول موج	نوع انتقال الکترون
بنفش	۴۱۰	از $n = 6$ به $n = 2$
آبی	۴۳۴	از $n = 5$ به $n = 2$
سبز	۴۸۶	از $n = 4$ به $n = 2$
قرمز	۶۵۶	از $n = 3$ به $n = 2$



۴- در عنصر هیدروژن تفاوت سطوح انرژی لایه‌ها یکسان نیست و هرچه دو لایه به هسته نزدیکتر باشند، تفاوت انرژی آنها بیشتر است. به عنوان مثال اختلاف انرژی  $n = 1$  و  $n = 2$  بیشتر از اختلاف انرژی  $n = 2$  و  $n = 3$  می‌باشد.

تست: کدام یک از مطالب زیر در مورد اتم هیدروژن درست است؟

- آ- با انتقال الکترون از لایه ۵ به ۲ انرژی جذب می‌شود و پرتوی با طول موج آبی تولید می‌شود. X
- ب- در اثر انتقال الکترون از لایه ۶ به ۱ پرتوی با طول موج کمتر از ۴۰۰ نانومتر آزاد می‌شود. ✓
- پ- انرژی پرتو گسیل شده از  $n = 2$  به  $n = 3$  بیشتر از  $n = 4$  به  $n = 2$  می‌باشد. ✓
- ت- خطی بودن طیف اتمی هیدروژن نشان می‌دهد که الکترون‌ها هر نوع سطح انرژی ممکن را می‌توانند دارا باشند. X

(۴) پ ، ت

(۳) ب ، پ ، ت

(۲) ب ، پ

(۱) آ ، ب ، پ

Dr. Hasan Poloei



توزیع الکترون‌ها و زیر لایه‌ها (قاعده آفبا)

قاعده آفبا یا بناگذاری: ترتیب پر شدن زیر لایه‌ها از الکترون به ترتیب سطح انرژی کمتر (زیر لایه است، پایداری بیشتر زیر لایه)

۱- طبق این اصل ترتیب پر شدن زیر لایه‌ها به شکل زیر است:

اولویت اول: ابتدا زیر لایه‌ای پر می‌شود که  $n+L$  آن کمتر باشد. به عنوان مثال بین دو زیر لایه  $2s$  و  $2p$ ، زیر لایه  $2s$  زودتر می‌شود:

$$2s: n+L = 2+0 = 2$$

$$2p: n+L = 2+1 = 3$$

اولویت دوم: اگر مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی ( $n+L$ ) برای دو زیر لایه یکسان باشد، زیر لایه‌ای که  $n$  کمتر دارد زودتر از الکترون پر می‌شود:

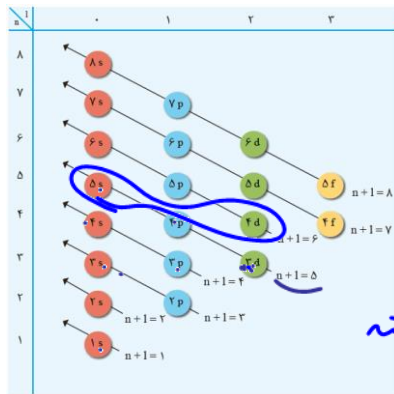
به عنوان مثال  $3p$  زودتر از  $4s$  پر می‌شود:

$$4s: n+L = 4+0 = 4$$

$$3p: n+L = 3+1 = 4$$

مثال: آرایش الکترونی  $K$ :

$$K = 1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^6 / 4s^1$$



۲- ترتیب پر شدن زیر لایه‌ها طبق اصل آفبا به شکل زیر خواهد بود:

$$1s^2 - [2s^2 2p^6] - [3s^2 3p^6] - [4s^2 3d^{10} 4p^6] - [5s^2 4d^{10} 5p^6]$$

۳- ترتیب فوق ترتیب پر شدن زیر لایه‌هاست، اما ترتیب نوشتن زیر لایه‌ها در آرایش الکترونی گسترده، با توجه به فاصله زیر لایه‌ها به هسته بوده و به شکل زیر است:

$$1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^6 3d^{10} / 4s^2 4p^6 4d^{10} 4f^{14} / 5s^2$$

مثال ۱: آرایش الکترونی گسترده  $Sc$ :

ابتدا طبق قاعده آفبا:

$$Sc: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$$

اما چون زیر لایه  $3d$  متعلق به لایه سوم است، پس نسبت به  $4s$  باید به هسته نزدیکتر باشد، بنابراین آرایش الکترونی گسترده  $Sc$  خواهد بود:

$$Sc: 1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^6 3d^1 / 4s^2$$

مثال ۲: آرایش الکترونی  $Fe$  را نوشته و به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف) تعداد لایه‌های الکترونی: ۴

ب) تعداد لایه‌های الکترونی پر شده: ۲

پ) تعداد زیرلایه‌ها: ۷

ت) تعداد زیرلایه‌های پر شده: ۴

ث) آخرین زیرلایه‌ای که الکترون وارد آن شده:  $3d$

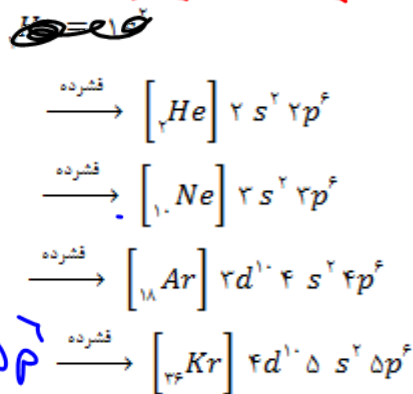
ج) تعداد الکترون با  $L=1$ :  $(3p^6, 2p^6) 12$

ح) تعداد الکترون با  $L=1, n=2$ :  $(3p^6) 6$

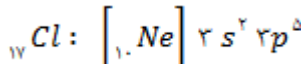
خ) تعداد الکترون با  $L=2, n=3$ :  $(3d^6) 6$

۴- آرایش الکترونی گسترده و نیز فشرده گازهای نجیب:

- ۲ He:  $1s^2$
- ۱۰ Ne:  $1s^2 / 2s^2 2p^6$
- ۱۸ Ar:  $1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^6$
- ۳۶ Kr:  $1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^6 3d^{10} / 4s^2 4p^6$
- ۵۴ Xe: ...



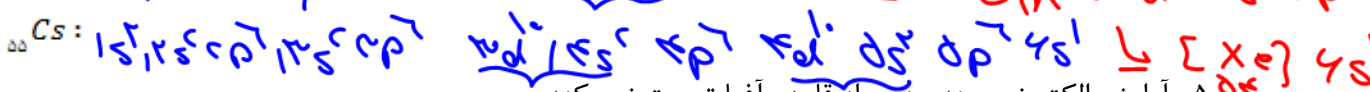
مثال ۱: آرایش الکترونی فشرده عنصرهای  $Cl$  و  $Sr$  را بنویسید:



$Cl: 1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^5$

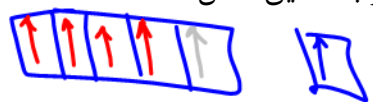
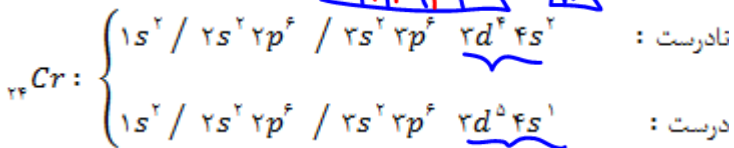
$Sr: 1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 3d^{10}, 4s^2, 4p^6, 4d^{10}, 5s^2$

مثال ۲: آرایش الکترونی گسترده و فشرده عنصرهای زیر را بنویسید:



۵- آرایش الکترونی چند عنصر از قاعده آفبا تبعیت نمی‌کند.

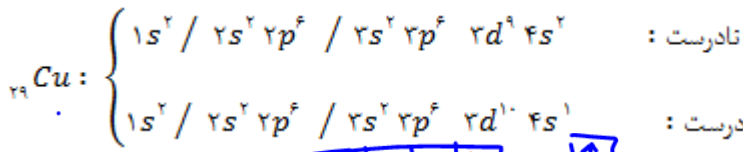
دسته اول: اگر آرایش الکترونی عنصری به  $ns^2, (n-1)d^5$  ختم شود، شکل درست آن  $ns^1, (n-1)d^5$  خواهد بود:



عنصر زیرین کروم یعنی مولیبدن ( $Mo$ ) نیز به همین شکل است.

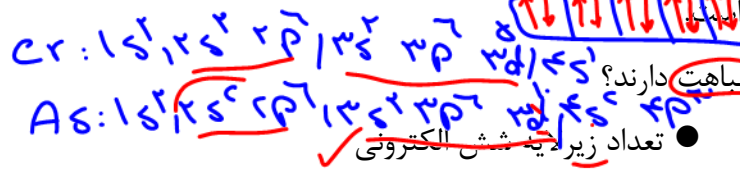
Dr. Hasan Poloei

دسته دوم: اگر آرایش الکترونی عنصری به  $(n-1)d^1, ns^2$  ختم شود، شکل درست آن  $(n-1)d^1, ns^1$  خواهد بود.



خواهد بود:  $3d^9 4s^2$  /  $3d^{10} 4s^1$

عنصر زیرین مس یعنی نقره ( $^{47}Ag$ ) نیز به همین شکل تست: دو عنصر  $^{24}Cr$  و  $^{33}As$  در چه تعداد از موارد زیر شابهت دارند؟

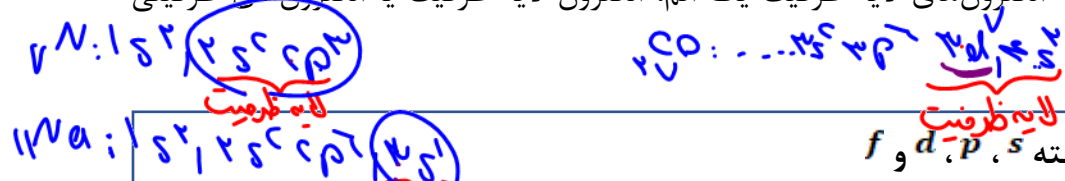


- تعداد لایه  $\checkmark$   $4$   $\times$   $4$
- تعداد لایه نیمه پر  $\times$   $1$   $\checkmark$   $3$
- تعداد الکترون با  $n=2$   $\checkmark$   $8$   $\times$   $8$
- تعداد الکترون با  $L=2$   $\times$   $6$   $\checkmark$   $6$
- مجموع  $n+L$  دورترین زیرلایه از هسته  $\times$   $7$   $\checkmark$   $7$
- تعداد الکترون با  $L=1, n=2$   $\checkmark$   $6$   $\times$   $6$

دارند:  $5(4)$  /  $4(3)$  /  $4+1=5$  /  $4+0=4$

لایه ظرفیت و الکترون های ظرفیتی

لایه ظرفیت: زیرلایه یا زیرلایه هایی از اتم که الکترون های آن رفتار و خواص شیمیایی آن را تعیین می کنند. الکترون های ظرفیتی: به الکترون های لایه ظرفیت یک اتم، الکترون لایه ظرفیت یا الکترون های ظرفیتی گویند.



عصرهای دسته s, p, d, f

توجه به اینکه آخرین الکترون در چه زیرلایه ای وارد شده، عصرهای جدول دوره ای را به چهار دسته تقسیم بندی می کنیم:

عصرهای دسته s

- آخرین الکترون آنها وارد زیر لایه s می شود:  $ns^1$  یا  $ns^2$  (منظور از n شماره دوره عنصر می باشد)



- شامل گروه های ۱ و ۲ و نیز He می باشند.
- اکثر این عناصر فلزند غیر از H و He
- لایه ظرفیت این عناصر همان زیرلایه s آخر است (ns)
- دوره یا تناوب: بزرگترین ضریب زیرلایه (n)
- گروه: الکترون های ظرفیتی (توان ns)

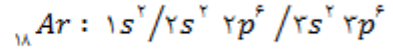
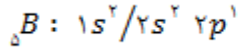
مثال: آرایش الکترونی  $^{38}Sr$  و  $^{19}K$  را نوشته و لایه آخر، لایه ظرفیت، تعداد الکترون های ظرفیتی و گروه و دوره آنها را تعیین کنید.



Dr. Hasan Poloei

✓ عنصرهای دسته p:

۱- آخرین الکترون آنها وارد زیرلایه p می شود:  $ns^2 np^x$  (n شماره دوره بوده و x از ۱ تا ۶ خواهد بود)



۲- شامل گروه های ۱۳ تا ۱۸ می باشند (غیر از He)

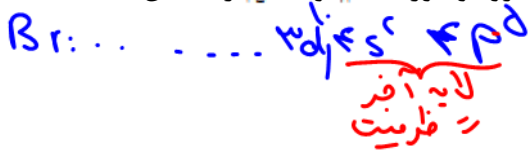
۳- همه نافلزات در این دسته قرار می گیرند (غیر از H و He)، همچنین همه شبه فلزات و تعدادی فلز نیز در این دسته قرار دارند.

۴- لایه ظرفیت این عناصر، همان لایه آخر می باشد: ns و np

۵- دوره یا تناوب: بزرگترین ضریب زیرلایه (n)

۶- گروه: الکترون های ظرفیتی + ۱۰

مثال: لایه آخر، لایه ظرفیت، تعداد الکترون لایه ظرفیت و گروه و دوره Al و Br را تعیین کنید.

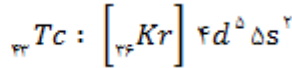
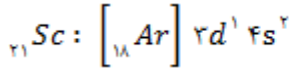


۱۰ + ۲ + ۵ = ۷ دوره  
 ۴ دوره

نکته: به عنصرهای دسته S و P، عناصر اصلی می گویند.

✓ عنصرهای دسته d (واسطه):

۱- آخرین الکترون آنها وارد زیرلایه d می شود:  $(n-1)d^x, ns^2$  (n شماره دوره بوده و x از ۱ تا ۱۰ خواهد بود)



۲- شامل گروه های ۳ تا ۱۰ می باشند.

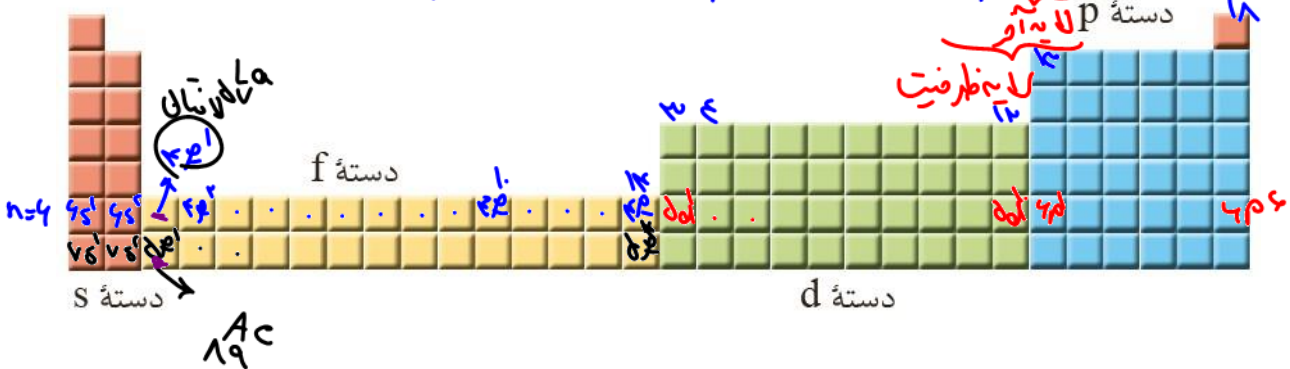
۳- همه عنصرهای دسته d فلزند. (فلزات واسطه)

۴- لایه ظرفیت این عناصر، دو زیر لایه آخر می باشد: ns و (n-1)d

۵- دوره یا تناوب: بزرگترین ضریب زیرلایه (n)

۶- گروه: الکترون های ظرفیتی

مثال: لایه آخر لایه ظرفیت، تعداد الکترون لایه ظرفیت و گروه و دوره Cu و Cd را تعیین کنید.

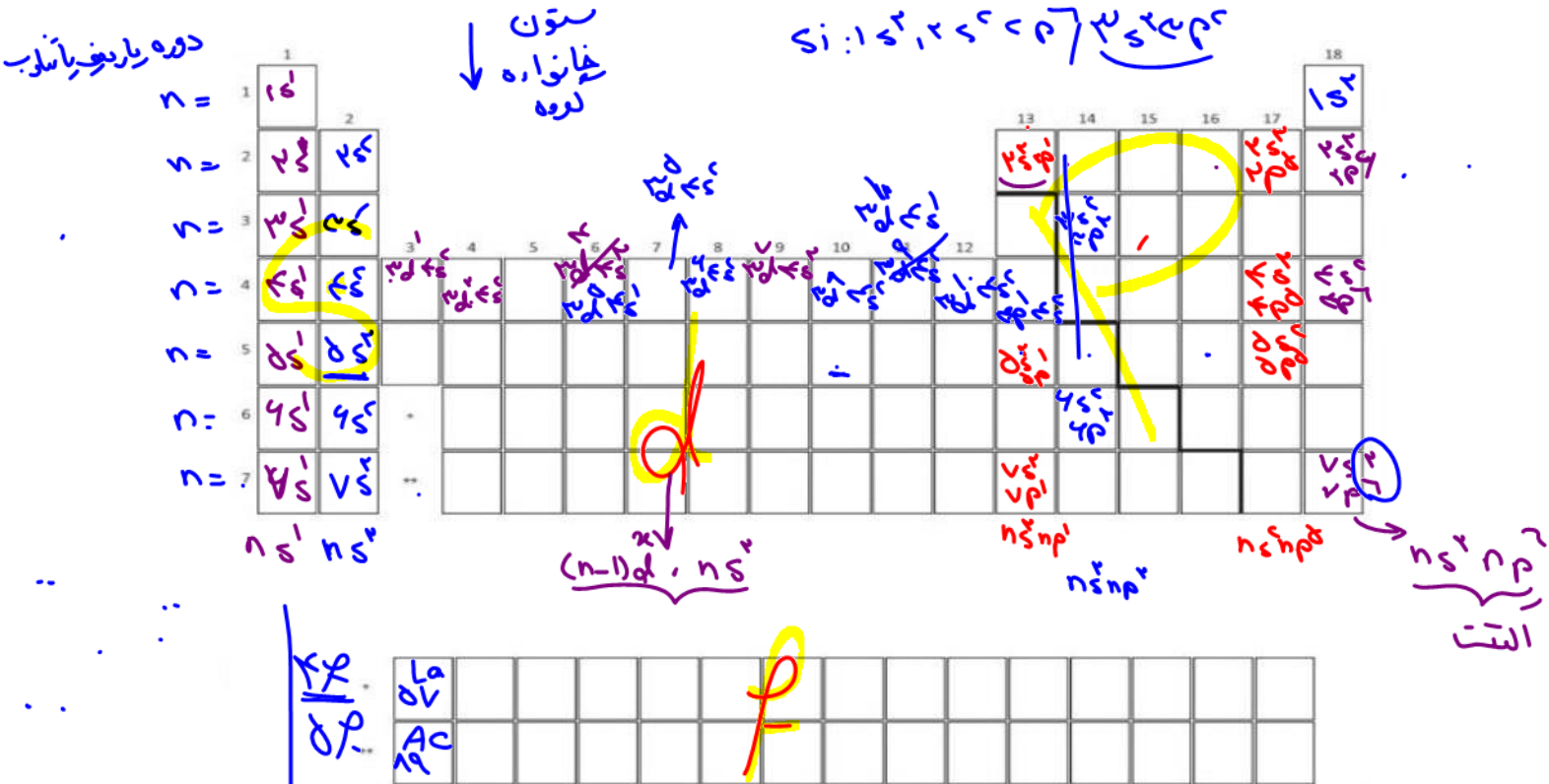


Dr. Hasan Poloei



✓ عنصرهای دسته f (واسطه داخلی):

- ۱- آخرین الکترون آنها وارد زیرلایه 4f یا 5f می شود.
- ۲- لانتانیدها: شامل ۱۴ عنصر بوده و زیرلایه 4f آنها در حال پر شدن است. همگی در گروه ۳ و دوره ۶ قرار دارند.
- ۳- آکتینیدها: شامل ۱۴ عنصر بوده و زیرلایه 5f آنها در حال پر شدن است. همگی در گروه ۳ و دوره ۷ قرار دارند.
- ۴- همه این ۲۸ عنصر فلزند.
- ۵- این عنصرها را به شکل دو ردیف ۱۴ تایی در پایین جدول دوره‌ای قرار می دهند. هرچند محل درست آنها نیز در داخل جدول می باشد.



تست ۱: کدام ۳ عنصر در زیرلایه p بالاترین لایه اشغال شده اتم خود، الکترون ندارند؟

${}_{39}G, {}_{31}Z, {}_{27}A$  (۲)

${}_{39}G, {}_{30}X, {}_{27}A$  (۱)

${}_{36}E, {}_{31}Z, {}_{21}M$  (۴)

${}_{36}E, {}_{30}X, {}_{21}M$  (۳)

تست ۲: اگر تفاوت شمار الکترون‌ها و نوترون‌های اتم عنصر A برابر ۹ باشد، عدد اتمی عنصر A و شمار الکترون‌های لایه ظرفیت اتم آن کدامند؟

۵، ۳۳ (۴)

۳، ۳۳ (۳)

۵، ۳۱ (۲)

۳، ۳۱ (۱)

تست ۳: اگر اتم عنصری دارای ۱۷ الکترون با  $L = 1$  باشد، آخرین زیرلایه اشغال شده اتم آن دارای ... الکترون است و این عنصر در دوره ..... و گروه ..... جدول تناوبی جای دارد.

- (۱) ۵ - چهارم - هفدهم  
(۲) ۵ - پنجم - چهاردهم  
(۳) ۷ - پنجم - چهاردهم  
(۴) ۷ - چهارم - هفدهم

تست ۴: اگر شمار الکترون‌های زیرلایه  $4s$  اتم عنصر  $A$  دو برابر شمار الکترون‌های این زیرلایه در اتم  $B$  و شمار الکترون‌های زیرلایه  $3d$  اتم آن برابر نصف شمار الکترون‌های این زیرلایه در اتم  $B$  باشد،  $A$  و  $B$  به ترتیب کدام دو عنصر دوره چهارم جدول دوره‌ای‌اند؟

- (۱)  ${}_{29}Cu$  ،  ${}_{24}Cr$   
(۲)  ${}_{29}Cu$  ،  ${}_{25}Mn$   
(۳)  ${}_{30}Zn$  ،  ${}_{24}Cr$   
(۴)  ${}_{30}Zn$  ،  ${}_{25}Mn$

### پیدا کردن گروه و دوره عنصرها

#### روش ۱: با استفاده از آرایش الکترونی:

دوره: بزرگترین ضریب زیر لایه‌ها

گروه:  $s$  دسته الکترون‌های لایه ظرفیت:  $ns^x$

$p$  دسته الکترون‌های لایه ظرفیت:  $(ns^2 np^x) + 10$

$d$  دسته الکترون‌های لایه ظرفیت:  $ns^2 (n-1)d^x$

دسته  $f$ : گروه ۳

#### روش ۲: با استفاده از عدد اتمی گازهای نجیب:

در این روش تفاوت عدد اتمی عنصر مورد نظر با نزدیکترین گاز نجیب را به دست می‌آوریم که دو حالت زیر متصور است:

حالت ۱: از گاز نجیب بعدی:  ${}^2He$

گروه: (عدد اتمی عنصر - عدد اتمی گاز نجیب بعدی) - ۱۸  ${}^{10}Ne$

دوره: برابر با دوره گاز نجیب مورد نظر  ${}^{18}Ar$

حالت ۲: از گاز نجیب قبلی:  ${}^{36}Kr$

گروه: عدد اتمی گاز نجیب قبلی - عدد اتمی عنصر  ${}^{54}Xe$

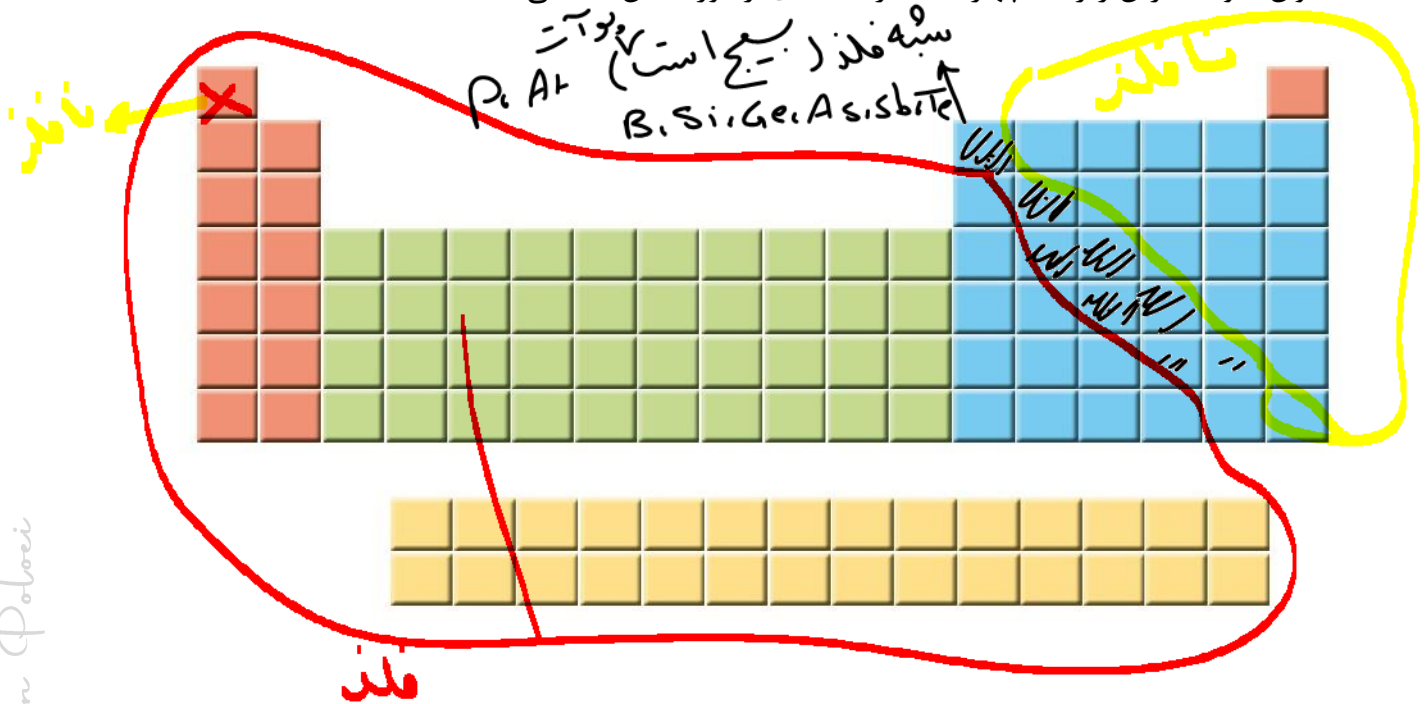
دوره: یک دوره پایین‌تر از گاز نجیب مورد نظر  ${}^{86}Rn$

نکته: دقت شود که در دوره‌های ۱ تا ۳ فلزات واسطه وجود ندارند.

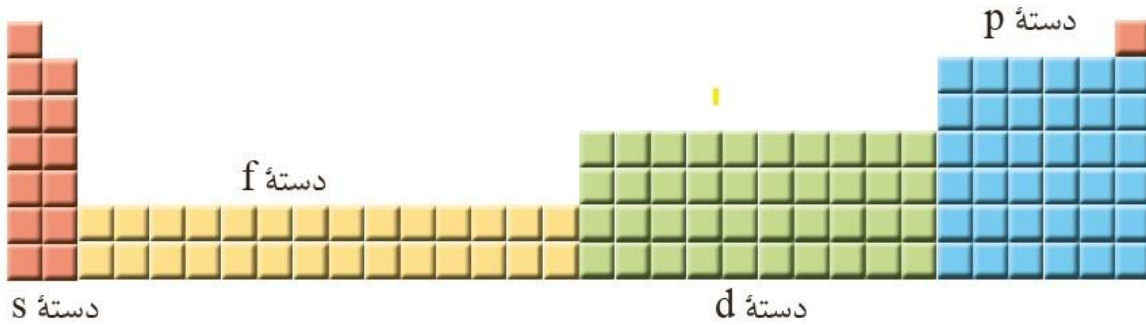
مثال: گروه و دوره عنصرهای  ${}^{53}I$  ،  ${}^{47}Ag$  ،  ${}_{20}Ca$  ،  ${}_{43}Tc$  و  ${}_{13}Al$  را با استفاده از عدد اتمی گازهای نجیب به دست آورید.

نکاتی از جدول دوره‌های عنصرها

- ۱- به عناصر دسته  $s$  (گروه ۱ و ۲) و دسته  $p$  (گروه ۱۳ تا ۱۸) عناصر اصلی و به عناصر دسته  $d$  (گروه ۳ تا ۱۲) و نیز دسته  $f$ ، عناصر فرعی یا واسطه گفته می‌شود.
- ۲- ترتیب پر شدن زیر لایه‌ها در جدول دوره‌ای، طبق اصل آفبا می‌باشد. به عبارتی در دو عنصر اول ( $He, H$ ) الکترون وارد زیر لایه  $1s$  می‌شود و در دو عنصر بعد ( $Be, Li$ ) الکترون وارد زیر لایه  $2s$  می‌شود و در ۶ عنصر بعدی الکترون وارد زیر لایه  $2p$  می‌شود و . . . . .
- ۳- همه گروه‌های اصلی از دوره دوم به بعد قرار دارند (غیر از گروه ۱۸)
- ۴- عنصر هیدروژن تنها عنصری است که گروه مشخصی ندارد هر چند در بالای گروه ۱ قرار می‌گیرد.
- ۵- عنصرهای واسطه (دسته  $d$ ) از دوره چهارم وارد جدول دوره‌ای می‌شوند.
- ۶- ضریب آخرین زیر لایه  $s$  در هر دوره، با شماره دوره ( $n$ ) برابر است:  $ns$  به عنوان نمونه آخرین زیر لایه‌ی دو عنصر دسته  $s$  در دوره چهارم ( $Ca, K$ )،  $4s$  می‌باشد.
- ۷- ضریب آخرین زیر لایه  $p$  در هر دوره، با شماره دوره ( $n$ ) برابر است:  $np$  به عنوان نمونه آخرین زیر لایه‌ی شش عنصر دسته  $p$  در دوره سوم،  $2p$  می‌باشد.
- ۸- ضریب آخرین زیر لایه  $d$  در هر دوره، از شماره دوره ( $n$ ) یک واحد کمتر است:  $(n-1)d$  به عنوان نمونه آخرین زیر لایه ده عنصر دسته  $d$  در دوره چهارم،  $2d$  می‌باشد.
- ۹- ضریب آخرین زیر لایه  $f$  در هر دوره، از شماره دوره ( $n$ ) دو واحد کمتر است:  $(n-2)f$  به عنوان نمونه آخرین زیر لایه چهارده عنصر دسته  $f$  در دوره شش،  $4f$  می‌باشد.



- ۱۰- عناصر دسته  $s$  از دوره اول وارد جدول می‌شوند.
- عناصر دسته  $p$  از دوره دوم وارد جدول می‌شوند.
- عناصر دسته  $d$  از دوره چهارم وارد جدول می‌شوند.
- عناصر دسته  $f$  از دوره ششم وارد جدول می‌شوند.



۱۱- تعداد عنصرها در دوره اول: دو عنصر

تعداد عنصرها در دوره‌های دوم و سوم: ۸ عنصر

تعداد عنصرها در دوره‌های چهارم و پنجم: ۱۸ عنصر

تعداد عنصرها در دوره‌های ششم و هفتم: ۳۲ عنصر

۱۲- هر چند «لایه» و «دوره» را با  $n$  نشان می‌دهند، اما دقت شود که منظور از لایه، فضای اطراف هسته است که الکترون‌ها در آن در حال حرکت هستند اما منظور از دوره یا تناوب ردیف‌هایی افقی در جدول تناوبی می‌باشد.

**سوال:** الف) حداکثر گنجایش الکترون در لایه سوم اتم چند الکترون است؟

ب) در دوره سوم جدول تناوبی حداکثر چند الکترون وارد لایه سوم اتم می‌شود؟

پ) در دوره سوم جدول دوره‌ای چند عنصر وجود دارد؟

۱۳- عنصرهای یک گروه (خانواده یا ستون) به دلیل یکسان بودن آرایش الکترونی در لایه ظرفیت، خواص شیمیایی مشابه یکدیگر دارند.

۱۴- تنها شباهت عناصر یک دوره، تعداد لایه برابر آنهاست، عناصر هر دوره به شماره دوره خود لایه دارند.

۱۵- عنصرهای جدول دوره‌ای به سه دسته فلز، شبه فلز و نافلز تقسیم می‌شوند. شبه فلزات

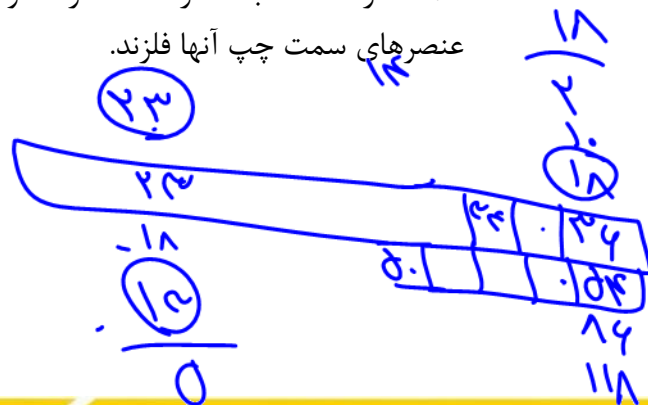
عنصرهای  $(Te, Sb, As, Ge, Si, B)$  مانند مرزی

بین دو دسته دیگر قرار دارند. عنصرهای

سمت راست شبه فلزات، نافلزند و

عنصرهای سمت چپ آنها فلزند.

Handwritten notes at the bottom of the table:  $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^2$







تست ۱: کدام گزینه در مورد جدول دوره‌ای نادرست است؟

- ۱) تعداد عنصرها در گروه ۳ و دوره ششم و هفتم برابر بوده و شامل ۳۲ عنصر می‌باشند.
- ۲) در عنصرهای واسطه دوره پنجم زیرلایه  $5d$  در حال پر شدن است.
- ۳) از میان ۱۱۸ عنصر، همگی دارای گروه مشخصی هستند غیر از عنصر هیدروژن
- ۴) آرایش الکترونی لایه ظرفیت عناصر یک گروه مشابه یکدیگر می‌باشد غیر از عنصر هلیم

تست ۲: چه تعداد از مطالب زیر نادرست است؟

- شباهت عنصرهای یک گروه به مراتب بیشتر از عنصرهای یک دوره می‌باشد.
  - عنصرهای یک دوره تنها در تعداد زیرلایه‌ها مشابه یکدیگرند.
  - حداکثر گنجایش لایه چهارم اتم ۳۲ الکترون می‌باشد که در عنصرهای دوره چهارم الکترون-ها وارد این لایه می‌شوند.
  - عنصری که دارای ۵ زیرلایه دو الکترونی است، متعلق به گروه ۴ و دوره ۴ می‌باشد.
  - در پانزدهمین عنصر جدول دوره‌ای مجموع  $n + L$  الکترون‌های آخرین زیرلایه ۱۲ است.
- ۱ (۱)                      ۲ (۲)                      ۳ (۳)                      ۴ (۴)



سوال ۱: به پرسش‌های زیر در مورد عنصرهای دوره دوم پاسخ دهید:

- الف) چه زیرلایه‌هایی در آنها در حال پر شدن است؟
- ب) در چند عنصر، لایه اول اتم پر شده است؟
- پ) در چند عنصر، لایه دوم اتم پر شده است؟
- ت) چند عنصر، دارای چهار الکترون  $L = 0$  می‌باشند؟

سوال ۲: به پرسش‌های زیر در مورد عنصرهای دوره سوم پاسخ دهید:

- الف) چه زیرلایه‌هایی در آنها در حال پر شدن است؟
- ب) در چند عنصر، لایه دوم اتم تکمیل شده است؟
- پ) در چند عنصر، لایه سوم اتم تکمیل شده است؟
- ت) چند عنصر دارای ۶ الکترون با  $L = 0$  می‌باشند؟
- ث) چند عنصر الکترون (هایی) با  $n + L = 4$  دارا هستند؟

سوال ۳: به پرسش‌های زیر در مورد عنصرهای دوره چهارم پاسخ دهید؟

- الف) چه زیرلایه‌هایی در آنها در حال گرفتن الکترون می‌باشد؟
- ب) در چند عنصر، لایه سوم اتم پر شده است؟
- پ) در چند عنصر، زیرلایه  $4s$  نیمه پر است؟
- ت) در چند عنصر، زیرلایه  $3d$  نیمه پر است؟
- ث) در چند عنصر ۱۰ الکترون با  $L = 2$  وجود دارد؟
- ج) چند عنصر زیرلایه نیمه پر دارند؟



تست ۱: چه تعداد از موارد زیر درست اند؟

- بین عنصرهای  ${}_{21}Sc$  و  ${}_{33}As$  یازده عنصر وجود دارند که دو عنصر از آنها از اصل آفبا پیروی نمی‌کنند.
- در ساختار یک اتم، مجموع گنجایش لایه‌های اول و دوم و سوم از لایه چهارم کمتر است.
- در کلیه عناصر دوره پنجم، لایه اصلی چهارم اتم پر شده است.
- شمار الکترون‌های لایه ظرفیت  ${}_{34}Se$  با تعداد الکترون‌های  $L = 2$  در  ${}_{26}Fe$  برابر است.
- زیرلایه‌هایی که مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی آنها برابر با ۵ می‌باشد، سه زیر لایه می‌باشند.

(۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴) ۵

تست ۲: کدام گزینه نادرست است؟

- (۱) در یک لایه الکترونی هیچ‌گاه مجموع  $n + L$  برای دو زیر لایه یکسان نیست.
- (۲) در عنصر  ${}_{17}Cl$  مجموع  $n + L$  الکترون‌های زیرلایه آخر مجموعاً برابر بیست می‌باشد.
- (۳) در عنصر  ${}_{28}Ni$  تعداد الکترون‌های دارای  $L = 2$  و برابر با تعداد الکترون  $L = 0$  است.
- (۴) ترتیب پر شدن زیرلایه‌ها طبق قاعده آفبا:  $6s \rightarrow 5d \rightarrow 4f \rightarrow 6p$

### ساختار اتم و رفتار آن

- ۱- با توجه به این که گازهای نجیب در طبیعت به شکل تک اتمی هستند، می‌توان گفت این عناصر واکنش‌پذیر نبوده یا واکنش‌پذیری بسیار کمی دارند. علت این است که این گازها در لایه ظرفیت خود ۸ الکترون دارند. (غیر از  $He$ ) و به حالت پایداری رسیده‌اند. به عبارتی گازهای نجیب حالت «هشت‌تایی» یا «اکتت» دارند.
- ۲- دیگر عنصرها نیز برای رسیدن به حالت پایدار «اکتت» با یکدیگر وارد واکنش می‌شوند تا با اشتراک الکترون یا گرفتن و یا از دست دادن الکترون به حالت «هشت‌تایی» در لایه آخر خود برسند.
- ۳- با توجه به این که در عنصرهای اصلی (دسته  $s$  و  $p$ )، هر عنصر به شماره یکان گروه خود الکترون ظرفیتی دارد، این عنصرها برای رسیدن به حالت اکتت به شکل زیر عمل می‌نمایند:  
الف) نافلزات: با گرفتن ۱، ۲ یا ۳ الکترون تبدیل به آنیون شده و به آرایش گاز نجیب همان دوره می‌رسند. و یا با اشتراک الکترون بین دو اتم به آرایش هشت‌تایی می‌رسند.  
ب) فلزات: با از دست دادن ۱، ۲ یا ۳ الکترون تبدیل به کاتیون شده و به آرایش گاز نجیب دوره ماقبل خود می‌رسند.  
پ) شبه فلزات: چون امکان تشکیل یون ندارند، صرفاً با اشتراک الکترون بین دو اتم به آرایش گاز نجیب همان دوره می‌رسند.

آرایش الکترون - نقطه ای

۱- «گیلبرت نیوتن لوویس» برای توضیح و پیش بینی رفتار اتم ها، آرایشی به نام آرایش الکترون-نقطه ای ارائه کرد.

۲- برای رسم این آرایش، ابتدا نماد عنصر را نوشته سپس چهار محل در اطراف نماد عنصر در نظر گرفته و به تعداد الکترون های ظرفیتی عنصر، یکی یکی و در یک جهت نقطه در این مکان ها قرار می دهیم. به عنوان نمونه مدل الکترون - نقطه ای دو عنصر  $N$  و  $B$

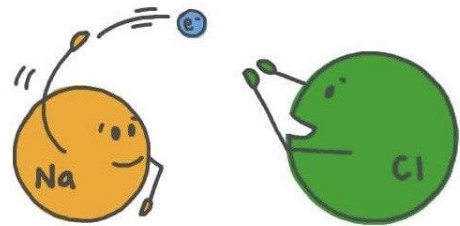


۳- مدل الکترون - نقطه ای عنصرهای اصلی:

شماره گروه	1	2	13	14	15	16	17	18
آرایش لایه ظرفیت	$ns^1$	$ns^2$	$ns^2 np^1$	$ns^2 np^2$	$ns^2 np^3$	$ns^2 np^4$	$ns^2 np^5$	$ns^2 np^6$
تعداد الکترون ظرفیتی	1	2	3	4	5	6	7	8
ساختار الکترون - نقطه ای	$\dot{X}$	$\dot{X}\cdot$	$\dot{X}\cdot$	$\cdot\ddot{X}\cdot$	$\cdot\ddot{X}\cdot$	$\cdot\ddot{X}\cdot$	$\cdot\ddot{X}\cdot$	$:\ddot{X}:$

تشکیل یون، پیوند یونی و ترکیبات یونی

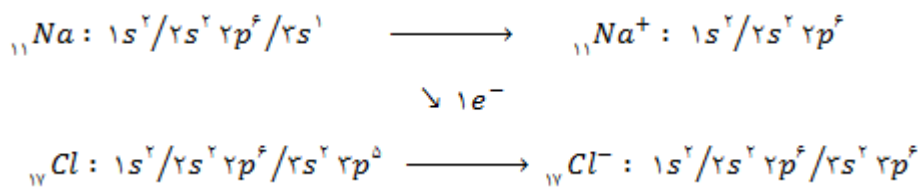
همانگونه که ذکر شد فلزات اصلی تمایل دارند تا با از دست دادن الکترون به آرایش گاز نجیب دوره قبل از خود و نافلزات نیز تمایل به گرفتن الکترون و رسیدن به آرایش گاز نجیب بعد از خود (در همان دوره) دارند. بنابراین در صورتی که یک عنصر فلزی و نافلزی در مجاورت یکدیگر قرار گیرند، با مبادله الکترون



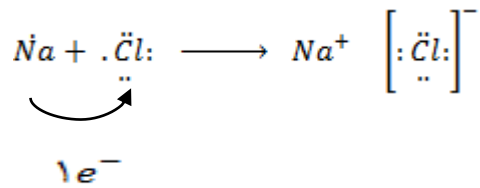
بین آنها، هر دو به خواسته خود رسیده و پایدار شده و بین کاتیون و آنیون حاصل، جاذبه و یا پیوندی ایجاد می شود که به آن «پیوند یونی» می گویند. به ترکیب شیمیایی حاصل نیز «ترکیب یونی» یا «جامد یونی» اطلاق می شود.

مثال ۱: مراحل ایجاد سدیم کلرید ( $NaCl$ ):

با استفاده از آرایش الکترونی:

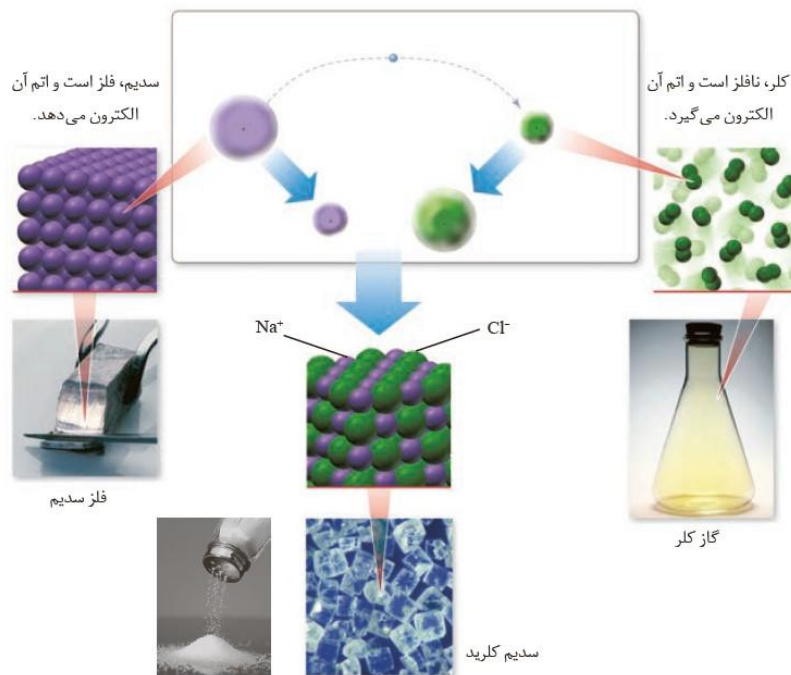
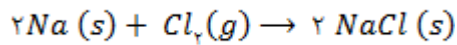


بیان الکترون - نقطه‌ای:



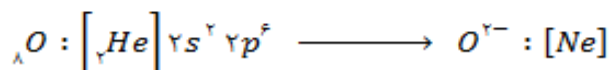
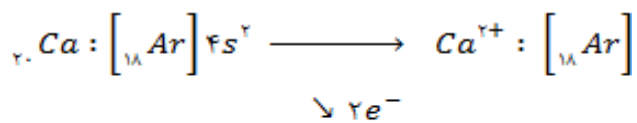
یون  $Na^+$  به آرایش الکترونی گاز نجیب دوره قبل خود ( $Ne$ ) و یون کلرید ( $Cl^-$ ) به آرایش گاز نجیب هم دوره خود یعنی ( $Ar$ ) رسیده‌اند.

واکنش انجام شده:

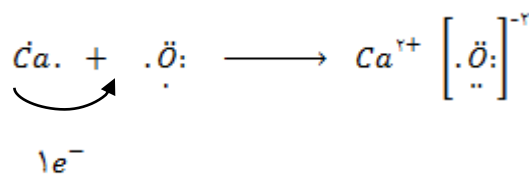


نکته: سدیم جامد نقره‌ای رنگ، کلر گاز زرد رنگ و سدیم کلرید جامدی سفید رنگ است.

مثال ۲: تشکیل کلسیم اکسید ( $CaO$ ):



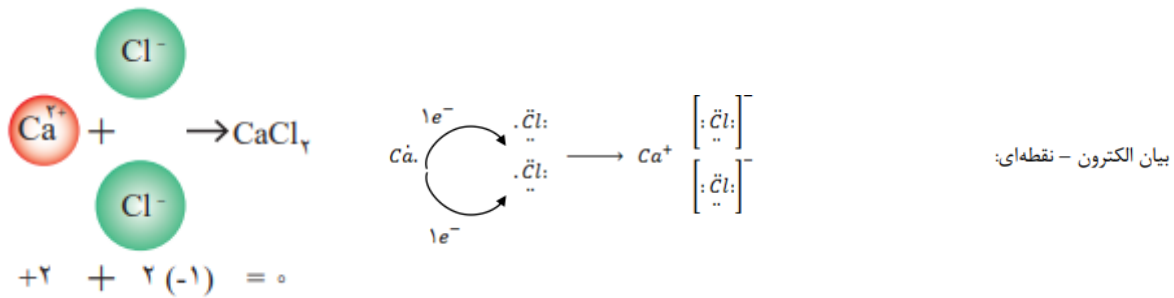
با استفاده از آرایش الکترونی:



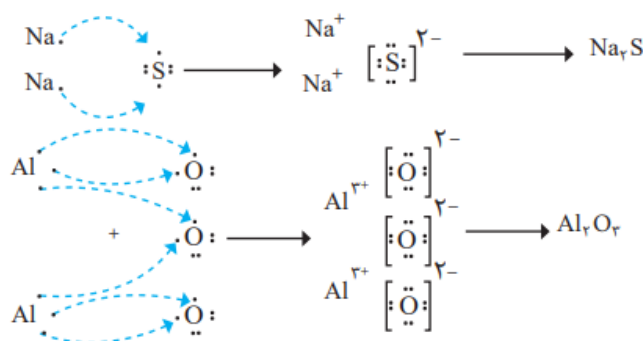
بیان الکترون نقطه‌ای:



مثال ۳: تشکیل کلسیم کلرید ( $CaCl_2$ ):



مثال ۴: تشکیل آلومینوم اکسید ( $Al_2O_3$ ) و سدیم اکسید ( $Na_2O$ ):



نکته ۱: ترکیبات یونی در کل خنثی هستند. زیرا مجموع بار کاتیون‌ها برابر با مجموع بار آنیون‌هاست از این ویژگی می‌توان برای نوشتن فرمول شیمیایی ترکیبات یونی دوتایی (ترکیبات یونی که از دو عنصر ساخته شده‌اند)، بهره برد.

نکته ۲: شعاع یون مثبت، کوچکتر از شعاع اتم خنثی آن است.

شعاع یون منفی، بزرگتر از شعاع اتم خنثی آن است.

✓ یون‌های متداول عنصرهای اصلی:

گروه ۱	گروه ۲	گروه ۱۳	گروه ۱۴	گروه ۱۵	گروه ۱۶	گروه ۱۷
$Li^+$ لیتیم				$N^{3-}$ نیتريد	$O^{2-}$ اکسید	$F^-$ فلوئورید
$Na^+$ سدیم	$Mg^{2+}$ منیزیم	$Al^{3+}$ آلومینوم		$P^{3-}$ فسفید	$S^{2-}$ سولفید	$Cl^-$ کلرید
$K^+$ پتاسیم	$Ca^{2+}$ کلسیم	$Ga^{3+}$ گالیم				$Br^-$ برمید
$Rb^+$ روبیديوم	$Sr^{2+}$ استرانسیم		$Sn^{2+}, Sn^{4+}$ قلع IV و II			$I^-$ یدید
$Cs^+$ سزیم	$Ba^{2+}$ باریم		$Pb^{2+}, Pb^{4+}$ سرب IV و II			

عنصر هیدروژن یون متداول  $H^-$  (هیدرید) ایجاد می‌کند.

✓ یون‌های متداول فلزات واسطه:

یون پایدار و متداول فلزات واسطه اکثراً به آرایش گاز نجیب نمی‌رسند، یون پایدار عنصرهای دوره چهارم:

$Sc^{2+}$	$Ti^{2+}$ $Ti^{3+}$	$V^{2+}$ $V^{3+}$ $V^{4+}$ $V^{5+}$	$Cr^{2+}$ $Cr^{3+}$	$Mn^{2+}$ $Mn^{3+}$	$Fe^{2+}$ $Fe^{3+}$	$Co^{2+}$ $Co^{3+}$	$Ni^{2+}$ $Ni^{3+}$	$Cu^{+}$ $Cu^{2+}$	$Zn^{2+}$
اسکاندیوم	تیتانیوم II III	وانادیوم II III IV V	کروم II III	منگنز II III	آهن II III	کبالت II III	نیکل II III	مس I II	روی

● یون نقره ( $Ag^{+}$ ) نیز جزء کاتیون مهم می‌باشد.

نکته: در مورد کاتیون‌هایی که بیش از یک یون متداول دارند، میبایست بار یون به شکل عدد رومی بعد از نام فلز ذکر شود.

فرمول شیمیایی ترکیبات یونی دوتایی

در سمت چپ نماد شیمیایی فلز (کاتیون) و در سمت راست نماد شیمیایی نافلز (آنیون) را نوشته و بار هر یک را «زیروند» یا «اندیس» دیگری قرار می‌دهیم و در صورت امکان زیروندها را ساده می‌نماییم:




✓ نامگذاری ترکیبات یونی دوتایی:

ابتدا نام کاتیون و سپس نام آنیون را پسوند «ید» ذکر می‌کنیم.

در صورتی که کاتیون دارای دو یا چند یون باشد، میبایست بار یون به کار رفته را با عدد رومی ذکر کنیم:

$K_2O$ :	پتاسیم اکسید	$AlN$ :	آلومینوم نیتريد
$CaCl_2$	کلسیم کلريد	$NaCl$ :	سدیم کلريد
$Fe_3O_4$ :	آهن III اکسید	$FeO$	آهن II اکسید
$Cu_2S$ :	مس I سولفید	$CuS$ :	مس II سولفید

نکته: به ترکیبات یونی که دارای دو عنصر هستند، ترکیبات یونی دوتایی می‌گویند. 

سوال ۱: فرمول شیمیایی ترکیبات زیر را بنویسید: 

سدیم نیتريد - آلومینیوم فلوئورید - پتاسیم برمید - اسکاندیوم سولفید - اسکاندیوم فسفید - کروم III اکسید - کروم II یدید - کروم III نیتريد

سوال ۲: نام ترکیبات زیر را بنویسید:



سوال ۳: با نوشتن آرایش الکترونی چگونگی تشکیل یون پایدار برای دو عنصر  $A$  و  $B$  را نوشته و فرمول شیمیایی نمادین ترکیب یونی حاصل از آنها را بنویسید.

سوال ۴: یون متداول عنصرهای  $X$ ،  $Z$ ،  $Y$  و  $G$  را به کمک عدد اتمی گازهای نجیب مشخص کنید.

تست ۱: اگر عنصر  $X$  دارای ۹ الکترون با  $L = 1$  باشد، کدام گزینه در مورد آن نادرست است؟

(۱) یون پایدار  $X^{-2}$  داشته که به آرایش  $Ar$  می‌رسد.

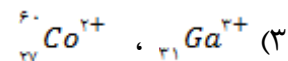
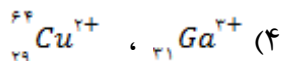
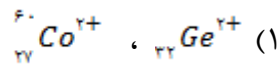
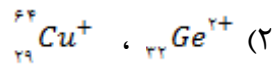
(۲) با عنصر آهن ترکیبات یونی به فرمول  $Fe_3X_4$  و  $FeX$  ایجاد می‌کند.

(۳) عنصر سمت راست آن در جدول دوره‌های، نافلزی از دوره چهارم می‌باشد.

(۴) خواص شیمیایی آن مشابه عنصر  $Y$  می‌باشد.

تست ۲: آرایش الکترونی  $Zn^{2+}$  به ترتیب با آرایش الکترونی کدام گونه یکسان بوده و شمار نوترون‌های

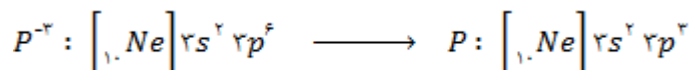
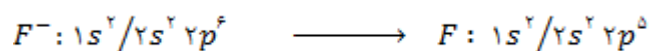
آن با کدام گونه برابر است؟



نکته: غیر از گازهای نجیب، کربن، بریلیم و شبه فلزات نیز یون پایدار ایجاد نمی‌کنند.

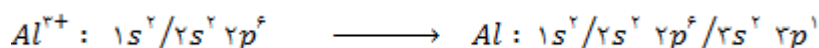
به دست آوردن آرایش الکترونی عنصر از آرایش یون آن:

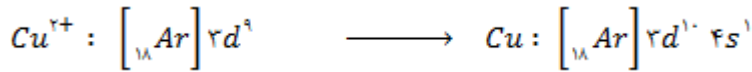
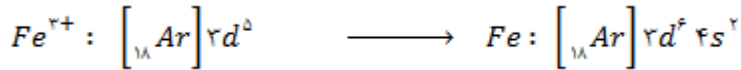
(A) آنیون (یون منفی): اگر به تعداد بار منفی یون، الکترون از دورترین زیرلایه‌ی یون کم شود، آرایش الکترونی عنصر (خنثی) به دست می‌آید:



(B) کاتیون (یون مثبت): اگر به تعداد بار مثبت یون، الکترون به زیرلایه یا زیرلایه‌های بعدی اضافه کنیم،

آرایش الکترونی عنصر (خنثی) به دست می‌آید:  $Li^+ : 1s^2 \longrightarrow Li : 1s^2 / 2s^1$

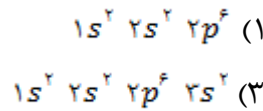
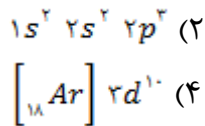




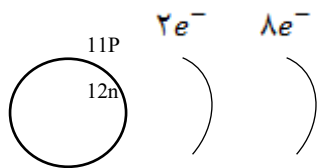
**سوال:** اگر آرایش الکترونی  $x^{2-} = \left[ \text{Ar} \right]$  و  $y^{3+} = \left[ \text{Kr} \right] 4d^2$  باشد، گروه، دوره و عدد اتمی عناصر  $x$  و  $y$  را به دست آورید.

**نکته:** آرایش الکترونی ختم به زیرلایه  $d$ ، قطعاً متعلق به یک کاتیون است.

**تست ۱:** کدام آرایش الکترونی را هم می‌توان به یک اتم خنثی، هم به یک کاتیون و هم به یک آنیون پایدار نسبت داد؟



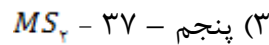
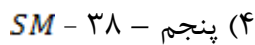
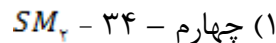
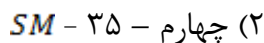
**تست ۲:** با توجه به شکل می‌توان دریافت که . . . . .



(۱) اتم نئون است. (۲) یون فلئورید است.

(۳) کاتیون فلزی از دوره سوم است. (۴) کاتیون فلزی از گروه دوم است.

**تست ۳:** اگر شمار الکترون‌های یون تک اتمی  $M$  برابر ۳۶ باشد، این عنصر می‌تواند در دوره . . . . . جدول دوره‌ای جای داشته باشد، تعداد ذرات مثبت هسته آن، . . . . . باشد و با گوگرد ترکیبی با فرمول . . . . . تشکیل دهد.



**تست ۴:** در کدام گزینه آرایش الکترونی کاتیون و آنیون هر دو ترکیب مشابه آرایش الکترونی گاز نجیب دوره سوم می‌باشد؟  $(Na, Mg, S, Cl, Ca, Br)$



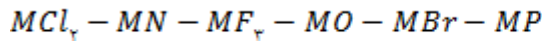
**تست ۵:** اگر عنصری در گروه ۱۴ و دوره ششم جای داشته باشد، چند مورد از مطالب زیر درباره آن درست است؟

- یا عنصر  $Y$  خواص شیمیایی مشابهی دارد.
- ترکیبی با فرمول  $XO_2$  می‌تواند تشکیل دهد.





تست ۲: چنانچه فلز  $M$  دو نوع سولفید به فرمول‌های  $MS$  و  $M_2S_3$  ایجاد کند، فرمول چند ترکیب قابل قبول است؟



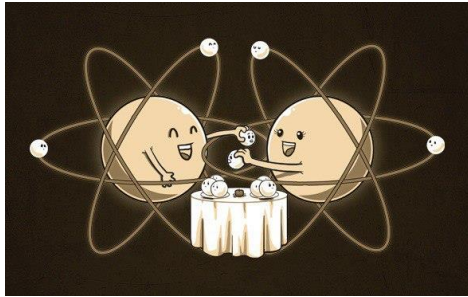
۲ (۴)

۳ (۳)

۴ (۲)

۵ (۱)

### پیوند کووالانسی و مواد مولکولی

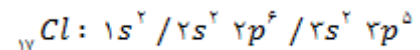


در مبحث پیوند یونی بیان شد که در اثر مجاورت فلز و نافلز، عنصر فلز الکترون به عنصر نافلز داره و هر دو به آرایش پایدار (معمولاً گاز نجیب) می‌رسند و به جاذبه کاتیون و آنیون ایجاد شده «پیوند یونی» می‌گویند.

حال سوالی که مطرح می‌شود این است که اتم‌های نافلز و شبه فلز در اثر واکنش با یکدیگر چگونه به آرایش پایدار می‌رسند و

چگونه به یکدیگر متصل می‌شوند؟ پاسخ این پرسش برقراری پیوند کووالانسی (اشتراکی) بین آنهاست: پیوند کووالانسی: در اثر اشتراک الکترون‌های منفرد (تنها) بین دو اتم نافلز یا شبه فلز، «جفت الکترون پیوندی» ایجاد می‌شود که این جفت الکترون با حرکت به دور هسته‌ی دو اتم باعث اتصال آنها به یکدیگر شده و «پیوند کووالانسی» ایجاد می‌شود.

مثال: تشکیل پیوند اشتراکی بین دو اتم کلر و تولید مولکول دو اتمی کلر ( $Cl_2$ )؛ هر اتم کلر در لایه ظرفیت خود ۷ الکترون دارد (سه جفت الکترون و یک الکترون منفرد)، در اثر مجاورت دو اتم کلر به یکدیگر، الکترون‌های منفرد آنها تولید یک جفت الکترون مشترک کرده که با چرخش به دور هر دو هسته، دو اتم را به یکدیگر متصل می‌کنند و از طرفی هر دو اتم کلر به آرایش اکتت می‌رسند:



بنابراین در مولکول کلر حاصل ( $Cl_2$ )، در کل ۶ جفت الکترون ناپیوندی و یک جفت الکترون پیوندی در لایه ظرفیت اتم‌ها خواهیم داشت.

**نکته ۱:** جفت الکترون پیوندی (پیوند کووالانسی) را می‌توان به شکل دو نقطه بین دو اتم نشان داد (مدل الکترون - نقطه‌ای) و یا هر جفت الکترون پیوندی را به شکل یک خط، بین دو اتم رسم کرد (مدل الکترون - خطی)

✓ **ماده مولکولی:** در اثر اتصال نافلزات و شبه فلزات توسط دو یا چندین پیوند کووالانسی، بسته‌ها یا پکیج‌های مشخص و مجزایی ایجاد می‌شود، به هر بسته که دارای دو یا چندین یا هزاران اتم می‌باشد، «مولکول» و به این مواد «مواد مولکولی» گویند.

		تشکیل مولکول از اتم‌ها
		آرایش الکترونی - نقطه‌ای مولکول
		مدل فضایی
$O_2$	$H_2O$	فرمول مولکولی

✓ **فرمول مولکولی:** به فرمول شیمیایی مواد مولکولی، «فرمول مولکولی» می‌گویند. فرمول مولکولی مختص ترکیبات مولکولی است (نه یونی) که در آن افزون بر نوع عنصرهای سازنده، شمار اتم‌های هر عنصر در مولکول

.... و  $Cl_2$ ،  $O_2$ ،  $H_2O$ ،  $CO_2$ ،  $CH_4$ ،  $HCl$ ،  $C_6H_{12}O_6$

نیز بیان شده است:

به عبارتی فرمول مولکولی یک مولکول نشان دهنده نوع عنصرهای سازنده و شمار اتم‌های هر عنصر مولکول مورد نظر را نشان می‌دهد.

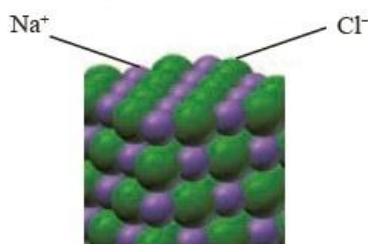
**نکته ۲:** در ترکیبات یونی بسته مشخصی وجود ندارد. به عنوان مثال هر چند فرمول شیمیایی نمک طعام  $NaCl$  می‌باشد اما در شبکه بلوری آن مولکول مشخصی وجود نداشته و هر  $Na^+$  و  $Cl^-$  توسط شش یون مخالف احاطه می‌شود که ساده‌ترین نسبت یون‌ها را به شکل  $NaCl$  به عنوان فرمول شیمیایی بیان می‌کنیم.

تشخیص ترکیبات مولکولی: فاقد فلزند (فقط نافلز و شبه فلز دارند)

تشخیص ترکیبات یونی: نافلز + فلز

نکته ۳: بریلیم ( $Be$ ) با آنکه فلز است اما یون و پیوند یونی ایجاد نکرده و صرفاً پیوند کووالانسی و در نتیجه ماده مولکولی ایجاد می‌کند:

$BeF_2$ ،  $BeO$







نکته ۱: اگر تعداد عنصر سمت چپ برابر با ۱ باشد، پیشوند «مونو» استفاده نمی‌شود.

مثال:

$N_2O_5$ :	دی نیتروژن تری اکسید	$PCl_5$ :	فسفر تری کلرید
$CO_2$ :	کربن دی اکسید	$SiF_4$ :	سیلیسیم تترا فلئوئورید
$CO$ :	کربن مونو اکسید	$NO$ :	نیتروژن مونواکسید

نکته ۲: فرمول نویسی و نامگذاری ترکیبات آلی ( $CH_4$  و ...) و نیز اسیدها ( $HCl$  و ...) روش منحصر به خود را دارند که در سال آینده به طور مفصل بیان می‌شود.

### رسم ساختار لوویس مولکول

- برای بیان شکل و ساختار مولکول‌ها از چند روش مختلف استفاده می‌شود. از جمله «مدل فضا پر کن»، «مدل گلوله - میله» و «مدل لوویس».
- «مدل لوویس» را می‌توان به دو شکل «مدل الکترون - نقطه‌ای» و «مدل الکترون - خطی» ترسیم کرد.

### مراحل رسم ساختار لوویس مولکول:

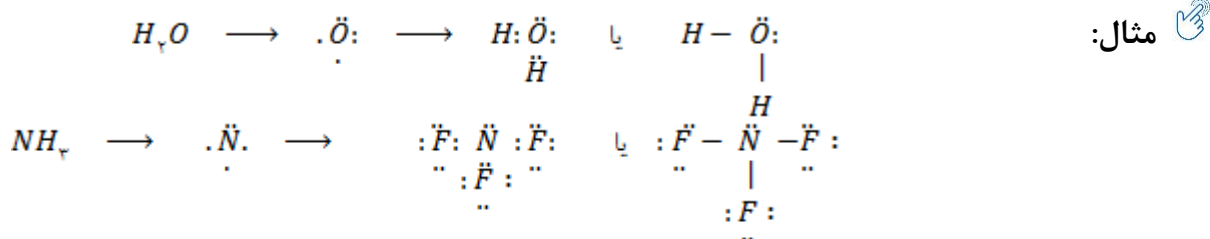
مرحله ۱: آرایش الکترون نقطه‌ای اتم مرکزی را رسم می‌کنیم.  
(اتم مرکزی اتمی است که ظرفیت بالاتری دارد. به عبارتی اولین عنصر در فرمول مولکولی، معمولاً اتم مرکزی است، غیر از H)



مرکزی است، غیر از H)



مرحله ۲: هر کدام از اتم‌های اطراف را با رسم آرایش الکترون نقطه‌ای آنها در مجاورت الکترون منفرد اتم مرکزی قرار می‌دهیم، به شکلی که تک الکترون هر اتم کنار یکدیگر قرار گرفته و تشکیل یک جفت الکترون پیوندی یا همان پیوند کووالانسی کنند.



سوال ۱: ساختار لوویس مولکول‌های  $PCl_5$ ،  $OBr_2$ ،  $SF_6$  را رسم کنید.



(HCl)



(NH<sub>3</sub>)



(CH<sub>4</sub>)

• مدل فضا پرکن برای برخی مولکول‌ها

### خود را بیازمایید

۱- آرایش الکترون - نقطه‌ای را برای هر یک از مولکول‌های زیر رسم کنید.

(آ) هیدروژن کلرید (HCl)

(ب) آمونیاک (NH<sub>3</sub>)

(پ) متان (CH<sub>4</sub>)

۲- جرم مولی هر یک از ترکیب‌های داده شده در پرسش بالا را با استفاده از داده‌های جدول دوره‌ای به دست آورید.

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

نمونه، جرم مولی آب برابر است با:  $16/00 + 2 \times 1/008 = 18/016 \text{ g mol}^{-1}$



**نکته ۱:** برای رسم مولکول‌های دو اتمی (فاقد اتم مرکزی)، کافیست دو اتم را مجاور یکدیگر قرار داده و لوویس مولکول حاصل را رسم کرد:

**سوال ۲:** مولکول‌های F<sub>2</sub> ، H<sub>2</sub> ، HCl ، O<sub>2</sub> ، N<sub>2</sub> را رسم کنید.

**نکته ۳:** دو اصل زیر را بعد از اتم رسم ساختار لوویس حتماً در نظر بگیرید:

(A) غیر از H اتم‌های کناری به آرایش هشت تایی می‌رسند. (اکتت)

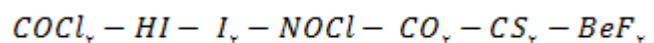
(B) هیچ اتمی الکترون منفرد نداشته باشد. (غیر از NO ، NO<sub>2</sub>)

**نکته ۴:** عنصری مانند اکسیژن (O) در صورتی که اتم کناری باشد، معمولاً پیوند دوگانه ایجاد می‌کند.

**نکته ۵:** رسم ساختار لوویس بیان شده در این فصل، حالت ابتدایی داشته و در فصل دوم به طور کامل تر و علمی تر تدریس می‌شود.

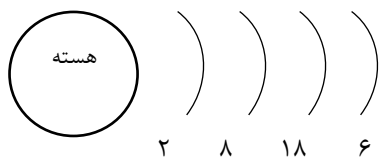
**سوال ۳:** ساختار لوویس مولکول‌های زیر را رسم کرده و تعداد اتم اکتت شده و تعداد پیوند کووالانسی و

نیز نسبت جفت الکترون‌های پیوندی به نام پیوندی در هر مولکول را بنویسید.





تست ۱: اگر برش قسمتی از اتم  $M$  به شکل روبرو باشد.



کدام گزینه در مورد آن درست است؟

(۱) فرمول اکسید آن می تواند  $MO_7$  باشد

(۲) فرمول ترکیب آن با هیدروژن  $H_7M$  است.

(۳) ترکیب آن با کلسیم  $Ca_7M_7$  می باشد.

(۴) یون پایدار آن  $M^{2+}$  است.

تست ۲: چه تعداد از مطالب زیر نادرست است؟

• در ساختار لوویس  $CH_4$  همه اتمها به آرایش گاز نجیب رسیده اند.

• ساختار لوویس  $PF_5$  و  $AlF_3$  مشابه یکدیگر است.

• نسبت شمار الکترون های ناپیوندی به پیوندی در  $CCL_4$  برابر ۳ می باشد.

• ساختار الکترون - نقطه ای  $CO_2$  و  $CS_2$  بسیار شبیه یکدیگرند.

• فرمول کلرید عنصر  $_{15}X$  به شکل  $XCl_3$  می باشد.

۳ (۴)

۲ (۳)

۱ (۲)

۰ (۱)

تست ۳: کدام گزینه درست است؟

(۱) مدل فضا پرکن مولکول های  $NH_3$  و  $BCL_3$  مشابه یکدیگر است.

(۲) اگر آرایش الکترونی عنصری به  $2p^2$  ختم شود، فرمول برمید آن  $XCl_5$  است.

(۳) ساختار لوویس کربن دی اکسید به شکل  $O=C=O$  می باشد.

(۴) فرمول ترکیب هیدروژن دار  $_{33}M$  به شکل  $MH_7$  می باشد.

تست ۴: چه تعداد از موارد زیر در مورد عنصر  $_{16}X$  درست است؟

• با عنصر  $_{25}Y$  ترکیبی مولکولی به فرمول  $XY_2$  ایجاد می کند.

• با عنصر  $_{17}A$  ترکیبی یونی به فرمول  $A_2X_3$  و  $A_3X_2$  ایجاد می کند.

• در ساختار الکترون - نقطه ای کلرید آن به فرمول  $XCl_7$  هفت جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد.

• فرمول ترکیب هیدروژن دار آن  $H_7X$  می باشد.

• با گرفتن یا اشتراک دو الکترون به آرایش هشت تایی گاز نجیب می رسد.

۵ (۴)

۴ (۳)

۳ (۲)

۲ (۱)

1A	2A											3A	4A	5A	6A	7A	8A
Li <sup>+</sup>														N <sup>3-</sup>	O <sup>2-</sup>	F <sup>-</sup>	
Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>											Al <sup>3+</sup>		P <sup>3-</sup>	S <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	
K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	3B	4B	5B	6B	7B	8B				1B	2B			Se <sup>2-</sup>	Br <sup>-</sup>	
Rb <sup>+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Sc <sup>3+</sup>	Ti <sup>2+</sup> Ti <sup>4+</sup>	V <sup>2+</sup> V <sup>3+</sup>	Cr <sup>2+</sup> Cr <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup> Mn <sup>4+</sup>	Fe <sup>2+</sup> Fe <sup>3+</sup>	Co <sup>2+</sup> Co <sup>3+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Cu <sup>+</sup> Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>						
Cs <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>									Ag <sup>+</sup>	Cd <sup>2+</sup>		Sn <sup>2+</sup>			I <sup>-</sup>	
										Au <sup>+</sup> Au <sup>3+</sup>			Pb <sup>2+</sup>				

استاد، سخته کرد، ترکید، پکید!

کسی جلوی سینما باشو برید!

نگو الوعجواد، ایچجا تیمار ستانه.

نله برید آسمون، سیب رو بگیره!!!

فدای کله ی برات آئی اتم...

هلینا کرباسی فر

به مگس کله سرمه ای باید راه داد.

سر تیب وحید کریمی منو فرستاد کلمبیا با نیما و کورش زندگی کنم.

راز کرانه.

Dr. Hasan Poloui



تمرین های دوره ای

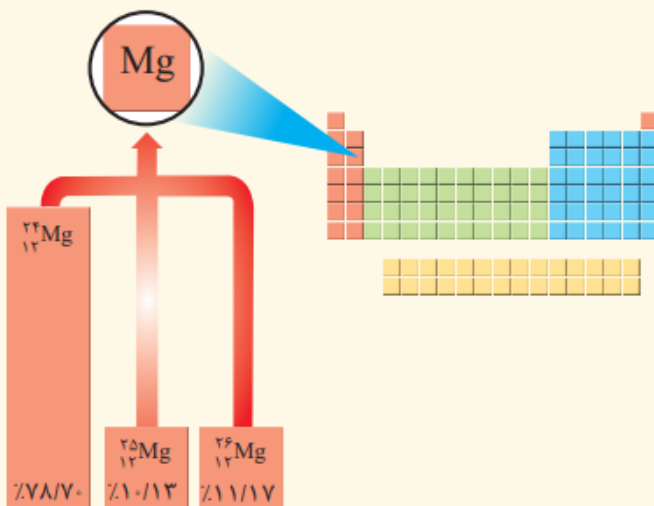
تمرین های دوره ای

- بررسی نمونه ای از یک شهاب سنگ نشان داد که در این شهاب سنگ ایزوتوپ های  $^{54}\text{Fe}$ ,  $^{56}\text{Fe}$ ,  $^{57}\text{Fe}$  وجود دارد.
  - آرایش الکترونی  $^{26}\text{Fe}$  را رسم کنید.
  - موقعیت آهن را در جدول دوره ای عناصر مشخص کنید.
  - آهن به کدام دسته از عناصر جدول تعلق دارد؟
  - آیا آرایش الکترونی ایزوتوپ های آهن یکسان است؟ چرا؟
- با استفاده از آرایش الکترون - نقطه ای اتم ها در هر مورد، روند تشکیل، نام و فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از واکنش اتم های داده شده را مشخص کنید.
 

(آ) $^{19}\text{K}$ با $^9\text{F}$	(ب) $^{20}\text{Ca}$ با $^{7}\text{N}$	(پ) $^{13}\text{Al}$ با $^9\text{F}$
-------------------------------------	--	--------------------------------------

۳- با توجه به شکل:

(آ) جرم اتمی میانگین منیزیم را به دست آورید.



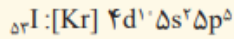
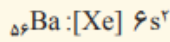
(ب) مفهوم هم مکانی را توضیح دهید.

- هرگاه یک جریان الکتریکی متناوب و  $110^\circ$  ولتی به یک خیار شور اعمال شود، خیار شور مانند شکل زیر شروع به درخشیدن می کند. علت ایجاد نور رنگی را توضیح دهید.



● این آزمایش توسط یک شیمی دان در شرایط ایمن و درون آزمایشگاه انجام شده است، از انجام چنین آزمایش هایی در بیرون از آزمایشگاه و در نبود معلم، خودداری کنید.

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



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

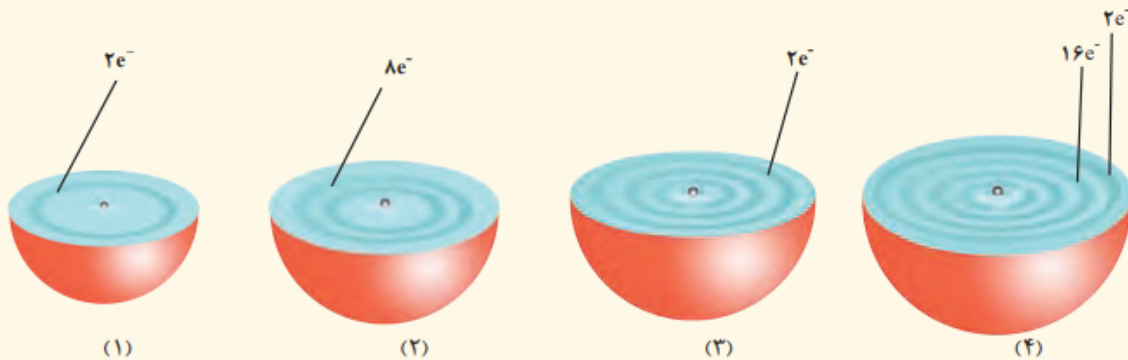
۶- اگر میانگین جرم هر اتم بور (B)، در حدود  $10^{-23} \times 1/794$  باشد، جرم مولی آن را حساب و با جدول دوره‌ای مقایسه کنید.

۷- گرافیت دگر شکلی از کربن است. در سده شانزدهم میلادی تکه بزرگی از گرافیت خالص کشف شد که بسیار نرم بود. به دلیل شکل ظاهری آن، مردم می‌پنداشتند که گرافیت از سرب تشکیل شده است. امروزه با آنکه می‌دانیم مغز مداد از جنس گرافیت است، اما این ماده همچنان به سرب مداد معروف است. در  $1/36^\circ\text{C}$  گرم گرافیت خالص، چند مول کربن و چند اتم کربن وجود دارد؟

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

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

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

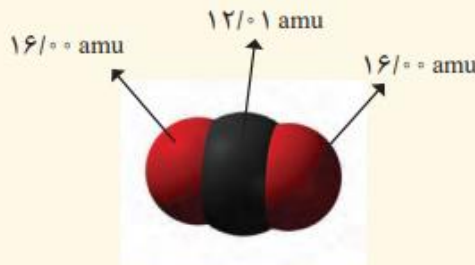


آ) موقعیت هر عنصر را در جدول دوره‌ای تعیین کنید.

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

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

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



۱۰- دانش‌آموزی با استفاده از مدل فضاپرکن کربن دی‌اکسید

مطابق شکل روبه‌رو توانست، جرم یک مولکول از آن را برحسب amu

به‌درستی محاسبه کند.

آ) روش کار او را توضیح دهید.

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

پ) جرم مولی کربن دی‌اکسید را با استفاده از داده‌ها در جدول

دوره‌ای به‌دست آورید.

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

آورید.  $\text{Cl}_2$ ،  $\text{HCl}$ ،  $\text{NaCl}$ ،  $\text{CaF}_2$ ،  $\text{SO}_3$ ،  $\text{Al}_2\text{O}_3$

۱۱- به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

آ) پتاسیم سه ایزوتوپ با نمادهای  ${}^39\text{K}$ ،  ${}^40\text{K}$ ،  ${}^41\text{K}$  دارد، با توجه به جرم اتمی میانگین پتاسیم در جدول دوره‌ای عنصرها،

مشخص کنید که بیشترین درصد فراوانی مربوط به کدام ایزوتوپ است؟

ب) برم دو ایزوتوپ با نمادهای  ${}^{79}\text{Br}$  (با جرم اتمی  $78.92 \text{ amu}$ ) و  ${}^{81}\text{Br}$  (با جرم اتمی  $80.92 \text{ amu}$ ) دارد و جرم اتمی

میانگین آن برابر با  $79.9 \text{ amu}$  است. آیا نتیجه‌گیری زیر درست است؟ چرا؟

«درصد فراوانی ایزوتوپ‌های برم تقریباً برابر است.»

۱۲- با مراجعه به جدول دوره‌ای عنصرها، فرمول چند ترکیب یونی دوتایی را بنویسید که فرمول عمومی آنها به شکل زیر

باشد (X و Y می‌توانند نماینده عنصرهای گوناگون باشند) (توجه: برای پاسخ دادن به این پرسش، ۱۸ عنصر اول جدول

دوره‌ای عنصرها به‌جز برلییم (Be)، بور (B) و آلومینیم (Al) را در نظر بگیرید.)

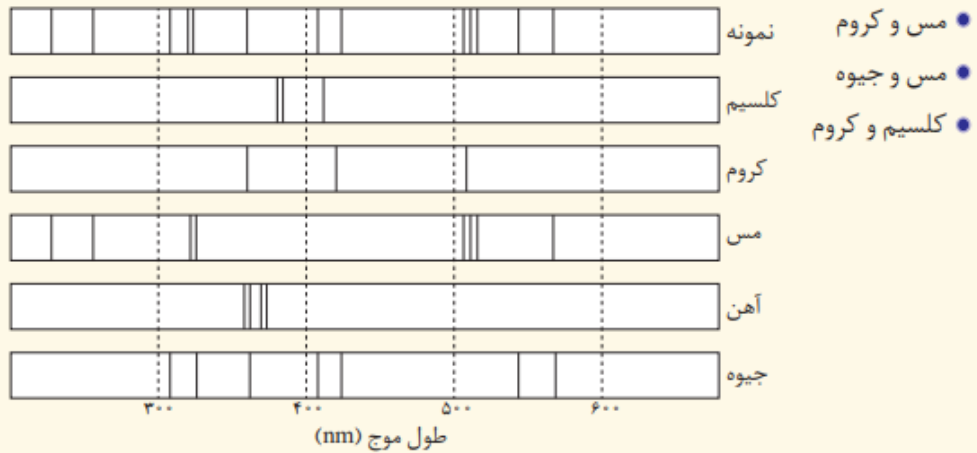
آ) XY

ب)  $\text{X}_2\text{Y}$

پ)  $\text{XY}_2$

ت)  $\text{X}_3\text{Y}$

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

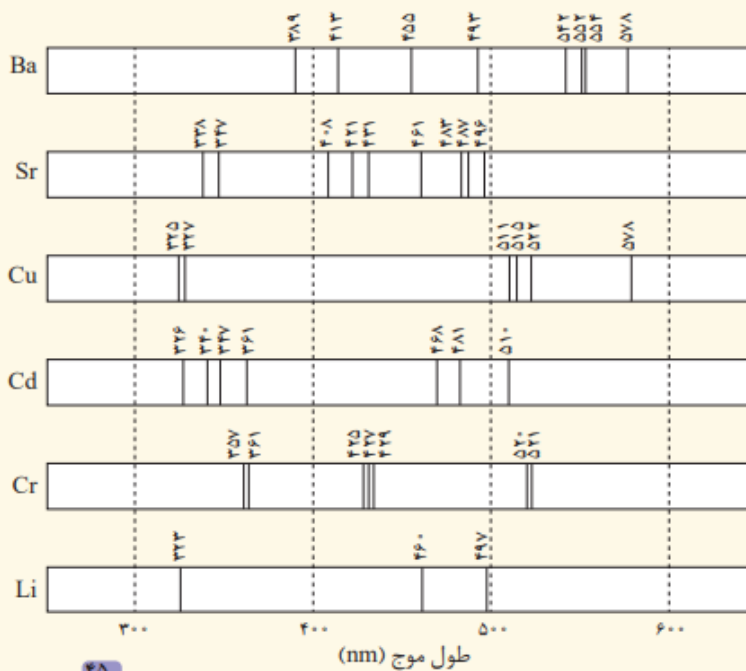


ب) طیف‌های نشری خطی دو نمونه مجهول، طول موج‌های زیر را نشان می‌دهند.

● (نمونه ۱) ۳۶۱، ۴۶۸، ۴۸۱، ۵۱۱، ۵۱۵، ۵۲۲ و ۵۷۸ nm

● (نمونه ۲) ۳۵۷، ۳۶۱، ۴۰۸، ۴۲۱، ۴۲۵، ۴۲۷، ۴۲۹، ۴۳۱، ۴۶۱، ۴۸۵، ۴۹۶ و ۵۲۱ nm

با توجه به آنها و طیف نشری خطی عنصرهای داده شده در شکل زیر، پیش‌بینی کنید در هر نمونه چه فلزهایی وجود دارد؟ (گاهی تعدادی از خط‌های طیف نشری خطی عنصرها به دلیل شدت کم مشاهده نمی‌شوند.)

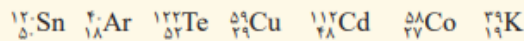


۴۵

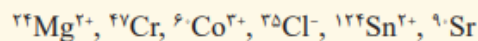


۱۴- عنصر Z یکی از عنصرهای دوره سوم جدول دوره‌ای عنصرهاست که در ساختار آرایش الکترون نقطه‌ای آن سه الکترون تک (جفت نشده) وجود دارد. اتم این عنصر می‌تواند در برخی واکنش‌ها سه الکترون به اشتراک بگذارد و در برخی واکنش‌ها سه الکترون بگیرد. آرایش الکترونی آن را رسم کنید.

۱۵- اتم‌های زیر را برحسب کاهش تعداد نوترون مرتب کنید.



۱۶- با مراجعه به جدول دوره‌ای عنصرها، در کدام گونه‌های شیمیایی زیر تعداد نوترون‌ها برابر با مجموع «تعداد پروتون‌ها و نصف تعداد الکترون‌ها» است؟



۱۷- درباره اتم مس ( ${}_{29}\text{Cu}$ ) در حالت پایه، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

(آ) آرایش الکترونی آن را نوشته و شماره گروه و دوره آن را تعیین کنید.

(ب) چند الکترون با عدد کوانتومی  $l = 0$  و چند الکترون با عدد کوانتومی  $l = 2$  دارد؟

(پ) در بیرونی‌ترین لایه آن چند الکترون وجود دارد؟

(ت) در بیرونی‌ترین زیرلایه آن چند الکترون وجود دارد؟

(ث) چند زیرلایه نیمه پر و پر وجود دارد؟



تست ۸: کدام موارد از مطالب زیر، درست‌اند؟ (تجربی - دی ۱۴۰۱)

(الف) بور، براساس مدل اتمی خود توانست طیف نشری خطی عناصرها را توجیه کند.

(ب) هر نوار در طیف نشری - خطی عناصرها، نوری با انرژی و طول موج معین است.

(پ) بور با بررسی دقیق طیف نشری خطی اتم هیدروژن، مدلی برای اتم عناصرها ارائه کرد.

(ت) دانشمندان برای توجیه چگونگی نشر نور توسط عناصرها، ساختار لایه‌ای برای اتم‌ها پیشنهاد کردند.

(۱) الف - پ (۲) ب - ت (۳) پ - ت (۴) الف - ب

تست ۹: اگر آرایش الکترونی یون‌های تک اتمی  $A^{2+}$  و  $B^{2-}$  به  $2p^6$  ختم شود، تفاوت عدد اتمی دو عنصر برابر ..... است.

.. است و این دو عنصر می‌توانند با یکدیگر یک ترکیب ..... با فرمول شیمیایی ..... تشکیل دهند. (ریاضی - ۸۸)

(۱) ۴ - کووالانسی -  $AB$  (۲) ۵ - یونی -  $AB_2$

(۳) ۴ - یونی -  $AB$  (۴) ۵ - کووالانسی -  $AB_2$

تست ۱۰: شمار پروتون‌های  $M^{2+}$  برابر  $0.8$  شمار نوترون‌های آن است. عنصر  $M$  با کدام عنصر هم دوره است و در این یون

چند لایه از الکترون پر شده است؟ (تجربی - ۱۳۹۹)

(۱)  $2 - {}_{26}A$  (۲)  $4 - {}_{26}A$  (۳)  $2 - {}_{16}D$  (۴)  $4 - {}_{16}D$

تست ۱۱: اگر آلومینیوم در واکنش با هر یک از گازهای اکسیژن و فلوئور  $1.0 \times 10^{-2} \times 0.1$  الکترون از دست دهد، نسبت جرم

آلومینیوم فلوئورید تولید شده به جرم آلومینیوم اکسید تولید شده به تقریب کدام است؟

(ریاضی - ۱۳۹۹) ( $Al = 27, O = 16, F = 19 \text{ g/mol}$ )

(۱)  $1/56$  (۲)  $1/65$  (۳)  $2/35$  (۴)  $3/35$

تست ۱۲: کدام گزینه نادرست است؟ ( $H = 1, O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$ )

(۱) اگر جرم مولی در عنصر  $A$  و  $B$  به ترتیب  $80$  و  $40$  باشد، شمار اتم‌ها در  $0.1$  مول  $A$  دو برابر شمار اتم‌ها در  $0.1$  مول  $B$  است.

(۲) در  $0.36$  گرم آب،  $1.0 \times 10^{23}$  اتم وجود دارد.

(۳)  $1.0 \times 10^{23}$  مولکول  $NH_3$ ، شامل  $2/1 \times 10^{23}$  اتم است.

(۴)  $0.02$  مول یون فلوئورید، شامل  $2.04 \times 10^{23}$  الکترون است. ( ${}_{9}F$ )

تست ۱۳: کدام گزینه درست است؟

(۱) مولکول‌های  $O_2$ ،  $N_2$  و  $HCN$  دارای پیوند سه گانه می‌باشند.

(۲) با عبور دادن جریان برق از «خيار شور» الکترون‌ها برانگیخته شده و با بازگشت به لایه‌های پایین‌تر، نور تولید می‌شود.

(۳) در مدل اتمی جدید، الکترون‌ها در فضایی بسیار کوچک نسبت به هسته اتم و در لایه‌هایی پیرامون آن در نظر گرفته می‌شوند.

(۴) عنصرهای  $M$  و  $X$  ترکیب مولکولی با فرمول  $Mx_3$  تولید می‌کنند.