

ترکیب های یونی

**خط ویژه** سوم این بفش کوپولو توی کنکور ۱ الی ۲ تست هستش و از موم ترین قسمت های اون می شه به فرمول نویسی و نام گذاری ترکیب های شیمیایی و هم چنین مقایسه انرژی شبکه بامدرات یونی اشاره کرد. البته توی سال های افیر، طراکان کنکور علاقه نسبتاً زیادی به مسایل آب تبلور هم نشون دارن، ولی از اون بایی که توی این کتاب، هرف بررسی مسائل نیستش، می تونین روش سریع حل مسایل آب تبلور رو توی بلد دو م یار بگیرین.

**قاعده هشتایی (اوکت):** همه اتمها تمایل دارن، آرایش الکترونی لایه ظرفیت خود را پایدار کنن. ملاک این پایداری قاعده هشتایی (اوکت) است. هشتایی شدن تعداد الکترون های موجود در بیرونی ترین لایه الکترونی (لایه ظرفیت) و دستیابی به آرایش الکترونی گازهای نجیب مبنایی برای سنجش پایداری اتمها و در واقع میزان واکنش پذیری آن هاست. **انجام شدنی ترین واکنشها آنهایی هستنند که طی آنها اتمها به آرایش هشتایی پایدار دست می یابن.**

← به جز هلیوم (He)، تمام گازهای نجیب آرایش لایه ظرفیت هشتایی (ns<sup>2</sup>np<sup>6</sup>) دارن.  
**فلزها:** عنصرهایی هستنند که اتم آنها با از دست دادن الکترون های ظرفیت خود، اغلب به آرایش هشتایی گاز نجیب دوره قبل از خود می رسن و به یون مثبت (کاتیون) تبدیل می شون.

**نافلزها:** عنصرهایی هستنند که اتم آنها با گرفتن الکترون، اغلب لایه ظرفیت خود را به آرایش هشتایی گاز نجیب هم دوره خود (دوره بعد از خود) می رسانن و به یون منفی (آنیون) تبدیل می شون.

← به جدول زیر دقت کنین.

| شماره گروه       | ۱              | ۲               | ۱۳              | ۱۴            | ۱۵              | ۱۶              | ۱۷             |
|------------------|----------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|
| فرمول یون پایدار | M <sup>+</sup> | M <sup>2+</sup> | M <sup>3+</sup> | تشکیل نمی دهد | X <sup>3-</sup> | X <sup>2-</sup> | X <sup>-</sup> |

← دو مقایسه مهم زیر را به خاطر بسپارین.

شعاع اتمی فلز < شعاع کاتیون آن

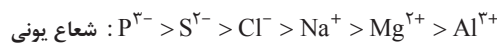
شعاع اتمی نافلز > شعاع آنیون آن

**مقایسه شعاع یونها:** در چهار حالت زیر شعاع یونها را بررسی می کنیم: (ریاضی دافل ۹۱)

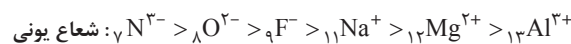
۱) **در یک گروه جدول تناوبی:** مقایسه شعاع یونی در یک گروه جدول تناوبی، مشابه مقایسه شعاع اتمی است و از بالا به پایین با افزایش عدد اتمی، شعاع یونی افزایش می یابد.

۲) **در یک تناوب جدول تناوبی:** با توجه به اختلاف بار یونها، هرچه بار منفی یون بیشتر باشد، شعاع آن بزرگتر و هرچه بار مثبت یون بیشتر باشد، شعاع آن کوچکتر است.

**مثال:** مقایسه شعاع یونی عنصرهای تناوب سوم به صورت زیر است:

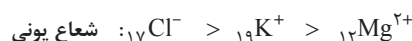


۳) **یونهای هم الکترون:** در بین گونههایی که تعداد الکترون های برابر دارن، یونی که بار منفی بیشتری دارد، شعاع بزرگتری خواهد داشت و یونهای با بار مثبت بیشتر، شعاع کوچکتری دارن. برای مثال:



۴) **یونهایی که هم الکترون نیستنند:** ابتدا تعداد لایه های الکترونی را مقایسه می کنیم. یون با تعداد لایه الکترونی بیشتر، شعاع بزرگتری خواهد داشت. اگر تعداد لایه های الکترونی برابر بود، یونی که بار منفی بیشتری دارد، شعاع بزرگتر و یونی که بار مثبت بیشتری دارد، شعاع کوچکتری خواهد داشت.

**مثال:** شعاع  $\text{Cl}^-$ ،  $\text{K}^+$ ،  $\text{Mg}^{2+}$  را با هم مقایسه می کنیم.



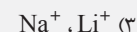
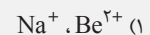
تعداد لایه ها: ۳ لایه = ۳ لایه > ۲ لایه

بار الکترونیکی: ۱- > ۱+

|    |     |
|----|-----|
| IA | IIA |
| Li | Be  |
| Na | Mg  |

**تست:** با توجه به موقعیت عنصرها در جدول روبه‌رو که بخشی از جدول تناوبی است، اندازه کدام یون به ترتیب از همه کوچک‌تر و کدام یک از همه بزرگ‌تر است؟ (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید.)

(ریاضی دافل ۹۱)



**پاسخ:** به‌طور کلی، در یک گروه از بالا به پایین، شعاع یونی همانند شعاع اتمی، افزایش می‌یابد. از سویی در بین یون‌های هم‌الکترون، هرچه تعداد پروتون‌های هسته یون بیشتر باشد، شعاع آن کوچک‌تر است. بر این اساس:

کوچک‌ترین شعاع یونی متعلق به  $\text{Be}^{2+}$  است.  $\Rightarrow \begin{cases} \text{Be}^{2+} < \text{Li}^+ \\ \text{Be}^{2+} < \text{Mg}^{2+} \end{cases}$  شعاع یونی

بزرگ‌ترین شعاع یونی متعلق به  $\text{Na}^+$  است.  $\Rightarrow \begin{cases} \text{Na}^+ > \text{Li}^+ \\ \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} \end{cases}$  شعاع یونی

گزینه ۱

**یون تک‌اتمی:** به هر یونی که از یک اتم، آن هم بر اثر گرفتن یا از دست دادن یک یا چند الکترون تشکیل می‌شود یون تک‌اتمی می‌گویند. یون تک‌اتمی، کاتیون یا آنیونی است که تنها از یک اتم تشکیل شده است.

**نام‌گذاری یون‌های تک‌اتمی:** نکات زیر را به‌خاطر بسپارید:

۱) نام کاتیون‌های تک‌اتمی با نام عنصر آن‌ها در حالت خنثی تفاوتی ندارد و فقط قبل از نام عنصر، کلمه «یون» اضافه می‌شود، مانند یون کلسیم ( $\text{Ca}^{2+}$ )، یون هیدروژن ( $\text{H}^+$ )، یون سدیم ( $\text{Na}^+$ ).

۲) برای نام‌گذاری آنیون‌های تک‌اتمی، علاوه بر به‌کار بردن کلمه یون پیش از نام آنیون، به انتهای نام نافلز (یا ریشه نام آن) پسوند «ید» اضافه می‌کنیم، مانند یون هیدرید ( $\text{H}^-$ )، یون نیتريد ( $\text{N}^{3-}$ )، یون اکسید ( $\text{O}^{2-}$ ).

۳) تعیین بار برخی از یون‌ها، به‌ویژه یون فلزهای واسطه، با به‌کار بردن قاعده هشتایی امکان‌پذیر نیست. زیرا این یون‌ها بدون داشتن آرایش الکترونی گاز نجیب به پایداری نسبی می‌رسند. هم‌چنین برخی از فلزهای اصلی دو نوع کاتیون با دو ظرفیت متفاوت تشکیل می‌دهند، مانند قلع (Sn) و سرب (Pb). اگر عنصری بتواند بیش از یک نوع کاتیون تشکیل دهد، بار آن را با عددهای رومی در داخل پرانتز مشخص می‌کنیم.

← اغلب  $\text{Sc}^{3+}$  تمام یون‌های فلزهای واسطه به آرایش هشتایی (اوکتت) نمی‌رسند. تنها برخی از آن‌ها مانند  ${}_{21}\text{Sc}^{3+}$  به آرایش گاز نجیب دوره قبل از خود ( $\text{Ar}$ ) رسیده‌اند. (تجربی دافل ۹۱)

| دسته عنصر     | بار یون‌ها | عنصر  | فرمول یون                           | نام یون                  |
|---------------|------------|-------|-------------------------------------|--------------------------|
| عنصرهای واسطه | ۱+ و ۲+    | مس    | $\text{Cu}^{2+}$ و $\text{Cu}^+$    | مس (I) و مس (II)         |
|               |            | کروم  | $\text{Cr}^{3+}$ و $\text{Cr}^{2+}$ | کروم (II) و کروم (III)   |
|               |            | منگنز | $\text{Mn}^{3+}$ و $\text{Mn}^{2+}$ | منگنز (II) و منگنز (III) |
|               | ۲+ و ۳+    | آهن   | $\text{Fe}^{3+}$ و $\text{Fe}^{2+}$ | آهن (II) و آهن (III)     |
|               |            | کبالت | $\text{Co}^{3+}$ و $\text{Co}^{2+}$ | کبالت (II) و کبالت (III) |
|               |            | نیکل  | $\text{Ni}^{3+}$ و $\text{Ni}^{2+}$ | نیکل (II) و نیکل (III)   |
| عنصرهای اصلی  | ۲+ و ۴+    | قلع   | $\text{Sn}^{4+}$ و $\text{Sn}^{2+}$ | قلع (II) و قلع (IV)      |
|               |            | سرب   | $\text{Pb}^{4+}$ و $\text{Pb}^{2+}$ | سرب (II) و سرب (IV)      |

← برای نام‌گذاری یون عنصرهایی که تنها یک نوع کاتیون تشکیل می‌دهند، هرگز عدد رومی به کار نمی‌بریم.

← فلزهای واسطه روی ( $\text{Zn}^{2+}$ )، کادمیم ( $\text{Cd}^{2+}$ )، نقره ( $\text{Ag}^+$ )، اسکاندیم ( $\text{Sc}^{3+}$ )، آلومینیم ( $\text{Al}^{3+}$ )، فلزهای گروه‌های اول یا فلزهای قلیایی ( $\text{M}^+$ ) و فلزهای گروه‌های دوم یا فلزهای قلیایی‌خاکی ( $\text{M}^{2+}$ ) همگی فقط یک نوع کاتیون تشکیل می‌دهند.

**یون چنداتمی:** به هر یونی که از دو یا چند اتم یکسان یا متفاوت تشکیل شده است، یون چنداتمی گویند. در ساختار یون‌های چنداتمی، اتم‌ها با یکدیگر پیوند کووالانسی دارند و در واکنش‌ها به‌صورت یک واحد مستقل عمل می‌کنند. این یون‌ها می‌توانند آنیون یا کاتیون باشند.

**خط ویژه** هر کی روی فرمول نویسی و نام‌گذاری ترکیب‌های شیمیایی مسلط نباشه، هر روز ۰.۵٪ تست‌های شیمی رو از دست می‌ده. علاوه بر این که معمولاً به تست مستقیم از این مبحث مطرح می‌شه، برای حل تعداد زیادی از تست‌های لنگور باید حداقل فرمول یا نام به ترکیب رو بلد باشی. برای نمونه، هتماً آگه فرای حل مسئله هم باشی، تا فرمول شیمیایی ترکیب‌ها رو ندونی و تئونی معارله واکنش مربوط به اون رو بنویسی، نمی‌تونی مسئله رو حل کنی. پس بدون تردید بهت می‌گم که جدول زیر، مهم‌ترین جدول توی درس شیمی هستش.

در جدول زیر نام و فرمول شیمیایی مهم‌ترین یون‌های چنداتمی آورده شده است. آن‌ها را به‌خاطر بسپارید.

| فلزهای واسطه                 |           | گروه ۱۴                     |                | گروه ۱۵                   |                  | گروه ۱۶            |                | گروه ۱۷          |           |
|------------------------------|-----------|-----------------------------|----------------|---------------------------|------------------|--------------------|----------------|------------------|-----------|
| فرمول یون                    | نام یون   | فرمول یون                   | نام یون        | فرمول یون                 | نام یون          | فرمول یون          | نام یون        | فرمول یون        | نام یون   |
| $\text{MnO}_4^{2-}$          | منگنات    | $\text{C}_2^{2-}$           | کاربید         | $\text{NH}_4^+$           | آمونیم           | $\text{O}_2^{2-}$  | پراکسید        | $\text{ClO}^-$   | هیپوکلریت |
| $\text{MnO}_4^-$             | پرمنگنات  | $\text{CO}_3^{2-}$          | کربنات         | $\text{N}_3^-$            | آزید             | $\text{O}_2^-$     | سوپراکسید      | $\text{ClO}_2^-$ | کلریت     |
| $\text{CrO}_4^{2-}$          | کرومات    | $\text{HCO}_3^-$            | هیدروژن کربنات | $\text{NO}_2^-$           | نیتريت           | $\text{OH}^-$      | هیدروکسید      | $\text{ClO}_3^-$ | کلرات     |
| $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ | دی‌کرومات | $\text{C}_4\text{O}_4^{2-}$ | اکسالات        | $\text{NO}_3^-$           | نیترات           |                    |                | $\text{ClO}_4^-$ | پرکلرات   |
|                              |           | $\text{CN}^-$               | سیانید         |                           |                  | $\text{HS}^-$      | هیدروژن سولفید |                  |           |
|                              |           |                             |                | $\text{PO}_4^{3-}$        | فسفات            |                    |                |                  |           |
|                              |           |                             |                | $\text{HPO}_4^{2-}$       | هیدروژن فسفات    | $\text{SO}_3^{2-}$ | سولفیت         |                  |           |
|                              |           |                             |                | $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ | دی هیدروژن فسفات | $\text{HSO}_3^-$   | هیدروژن سولفیت |                  |           |
|                              |           |                             |                |                           |                  | $\text{SO}_4^{2-}$ | سولفات         |                  |           |
|                              |           |                             |                |                           |                  | $\text{HSO}_4^-$   | هیدروژن سولفات |                  |           |

بار یون در یون‌های چنداتمی نه به اتم خاصی، بلکه به کل مجموعه (\*اتم مرکزی) تعلق دارد.

چنان‌چه یک نافلز، یون‌های چنداتمی با تعداد اکسیژن‌های متفاوت تشکیل دهد، پسوند «-ات» نماینده یون با تعداد اکسیژن بیشتر و پسوند «-یت» نماینده یون با تعداد اکسیژن کم‌تر است. مانند نیترات ( $\text{NO}_3^-$ ) و نیتريت ( $\text{NO}_2^-$ ). البته یون‌های پرمنگنات ( $\text{MnO}_4^-$ )، منگنات ( $\text{MnO}_4^{2-}$ )، کرومات ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) و دی‌کرومات ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) از این قاعده مستثنی هستند.

یون چنداتمی، یونی است که بیش از یک اتم (\*اتم) بیش از یک نوع اتم داشته باشد. مانند آزید ( $\text{N}_3^-$ ) که یک یون چنداتمی است.

**بنیان:** چنان‌چه از مولکول اسید، یک یا چند یون  $\text{H}^+$  جدا شود، به باقی‌مانده آن، ریشه یا بنیان اسید گفته می‌شود.

**ظرفیت بنیان:** برابر تعداد بار منفی آن بنیان است. مثلاً ظرفیت سولفات ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) برابر دو است.

(تجربی داخل ۱۰)

**تست:** نام کدام دو یون درست نوشته شده است؟

- ۱)  $\text{S}^{2-}$  (سولفید)،  $\text{MnO}_4^{2-}$  (پرمنگنات)  
 ۲)  $\text{SO}_3^{2-}$  (سولفیت)،  $\text{C}_4\text{O}_4^{2-}$  (اکسالات)  
 ۳)  $\text{ClO}^-$  (کلرید)،  $\text{ClO}_3^-$  (کلرات)  
 ۴)  $\text{N}^{3-}$  (نیتريت)،  $\text{NO}_2^-$  (نیتريد)

**پاسخ:** نام درست یون‌های  $\text{SO}_3^{2-}$  و  $\text{C}_4\text{O}_4^{2-}$  به‌ترتیب یون سولفیت و یون اکسالات است.

بررسی گزینه‌های نادرست:

۱) نام درست  $\text{MnO}_4^{2-}$  یون منگنات است و یون پرمنگنات به  $\text{MnO}_4^-$  گفته می‌شود.

۳) نام  $\text{ClO}^-$  یون هیپوکلریت است و یون کلرید، نام  $\text{Cl}^-$  می‌باشد.

۴) در این گزینه نام یون‌های  $\text{NO}_2^-$  و  $\text{N}^{3-}$  جابه‌جا نوشته شده است. یون نیتريت نام  $\text{NO}_2^-$  و یون نیتريد نام  $\text{N}^{3-}$  است.

**پیوند یونی:** نیروی جاذبه‌ای است که بین یون‌های با بار **ناهم‌نام** ایجاد می‌شود. به این صورت که الکترون‌های لایه ظرفیت فلز به لایه ظرفیت نافلز انتقال می‌یابد و فلز به یون مثبت (کاتیون) و نافلز به یون منفی (آنیون) تبدیل می‌شود. پیوند یونی معمولاً  $(\ominus)$  همیشه) میان یک فلز و یک نافلز یا دو اتم با اختلاف الکترونگاتیوی زیاد (بیشتر از ۱/۷) تشکیل می‌شود.

در تمام نمک‌ها پیوندهای یونی وجود دارد. ساختار نمک‌ها نشان می‌دهد که این نیروی جاذبه، تنها محدود به یک کاتیون و یک آنیون نیست  $(\ominus)$  است. بلکه در تمام جهت‌ها  $(\ominus)$  یک جهت) و میان همه یون‌های **ناهم‌نام**  $(\ominus)$  هم‌نام) مجاور و در فواصل مختلف وجود دارد.

**شناسایی ترکیب‌های یونی:** هر ترکیب شیمیایی که از یون‌های با بار مخالف تشکیل شده باشد، یک ترکیب یونی یا نمک نامیده می‌شود.

برای شناسایی ترکیب‌های یونی به چند نکته توجه کنید:

۱ پیوند میان یک فلز (به جز Be) با یک نافلز اغلب از نوع یونی است (مانند NaCl).

۲ هالیدهای آلومینیم (به جز  $AlF_3$ ) دارای پیوند کووالانسی هستند و ترکیب یونی به‌شمار نمی‌روند.

۳ بور (B) و سیلیسیم (Si) شبه‌فلز هستند و پیوند آن‌ها با نافلزها، یونی به حساب نمی‌آید.

۴ ترکیب‌های بریلیم (Be) با نافلزها کووالانسی است و یونی به‌شمار نمی‌آیند.

۵ پیوند میان یک کاتیون فلزی (به جز Be) و آنیون‌های چنداتمی از نوع یونی است (مانند  $Al(NO_3)_3$ ).

۶ ترکیب‌های یون آمونیم  $(NH_4^+)$  همگی از نوع یونی هستند (مانند  $NH_4NO_3$ ).

**خصلت یونی پیوند:** به اختلاف الکترونگاتیوی میان اتم‌های درگیر در پیوند بستگی دارد. هرچه اختلاف الکترونگاتیوی میان دو اتم بیشتر باشد، خصلت یونی پیوند میان آن دو بیشتر است.

**ویژگی ترکیب‌های یونی:** تمام ترکیب‌های یونی به علت وجود نیروهای جاذبه قوی بین یون‌های آن‌ها در بعضی خواص مشترکند:

۱ بیشتر ترکیب‌های یونی نقطه ذوب و جوش بالایی دارند.

۲ اغلب ترکیب‌های یونی سخت و شکننده‌اند.

۳ در حالت محلول یا مذاب جریان برق را از خود عبور می‌دهند ولی در حالت جامد **نارسانا** هستند، زیرا در حالت جامد، یون‌ها در محل‌های به نسبت ثابتی واقع شده‌اند.  $(\ominus)$  جامدهای یونی رسانای جریان برق هستند. (تقریبی  $10^9$  و  $10^2$ )

۴ مجموع بار مثبت  $(\ominus)$  تعداد) کاتیون‌ها برابر مجموع بار منفی  $(\ominus)$  تعداد) آنیون‌هاست، به طوری که ترکیب یونی در مجموع از لحاظ بار الکتریکی، خنثی است.

۵ در شرایط معمولی جامد هستند.

۶ واحد مستقل و مجزا به صورت مولکول در آن‌ها وجود ندارد.

اغلب  $(\ominus)$  تمام) ترکیب‌های یونی در حلال‌های قطبی حل می‌شوند (تقریبی  $10^9$ ) و در حلال‌های ناقطبی، نامحلول‌اند. اما برخی از ترکیب‌های یونی مانند AgCl در حلال‌های قطبی مثل آب حل نمی‌شوند و به صورت رسوب باقی می‌مانند. (تقریبی  $10^9$ )

### تست: کدام مطلب نادرست است؟

(تقریبی  $10^9$ )

۱) جامدهای یونی به نسبت، سخت و شکننده‌اند.

۲) نقطه ذوب و نقطه جوش بیشتر جامدهای یونی زیاد است.

۳) جامد یونی برخلاف انواع دیگر جامدها، رسانای جریان برق است.

۴) اغلب جامدهای یونی در حلال‌های قطبی حل می‌شوند.

**پاسخ:** جامدهای یونی فقط در حالت محلول یا مذاب رسانای جریان برق هستند و در حالت جامد رسانا نمی‌باشند. زیرا در حالت جامد، یون‌ها جز حرکت ارتعاشی، حرکت دیگری ندارند.

### فرمول‌نویسی ترکیب‌های یونی: چهار مرحله زیر را رعایت می‌کنیم: (تقریبی $10^9$ )

۱ جدول مربوط به یون‌های چنداتمی و تک‌اتمی را به خاطر بسپارید.

۲ نماد شیمیایی کاتیون را در سمت چپ و نماد شیمیایی آنیون را در سمت راست می‌نویسیم.

۳ یک ترکیب یونی از نظر بار الکتریکی خنثی است، بنابراین بار آنیون را زیروند کاتیون و بار کاتیون را زیروند آنیون قرار می‌دهیم.

۴ زیروندها را تا جایی که ممکن است با یک‌دیگر ساده می‌کنیم.

در نوشتن فرمول شیمیایی ترکیب‌های یونی، ضریب موجود در فرمول یون‌هایی مثل پراکسید  $(O_2^{2-})$ ، کاربید  $(C_4^{4-})$  هیچ‌گاه ساده نمی‌شوند. مانند فرمول شیمیایی سدیم پراکسید  $(Na_2O_2)$ .

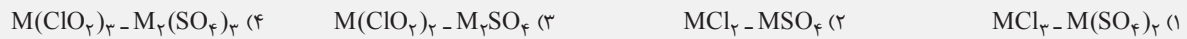
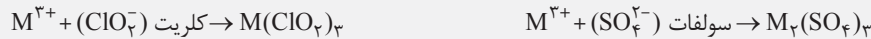
**نام‌گذاری ترکیب‌های یونی:** قواعد زیر را رعایت می‌نماییم:

۱ ابتدا کاتیون و آنیون آن را شناسایی کرده و سپس طبق قاعده زیر آن را نام‌گذاری می‌کنیم.

نام کاتیون + نام آنیون

- ۲ در نامگذاری همه ترکیب‌های «فلز + نافلز» از قوانین نامگذاری ترکیب‌های یونی پیروی می‌شود.
- ۳ اگر کاتیون موجود در ترکیب موردنظر، فلزی با بیش از یک نوع ظرفیت باشد، در نامگذاری ترکیب، نوشتن ظرفیت آن به‌وسیله عددهای رومی الزامی است. برای مثال، نامگذاری  $\text{CuNO}_3$  به‌صورت «مس نیترات» نادرست و شکل درست آن «مس(I) نیترات» می‌باشد.
- ترکیب یونی چندتایی:** منظور از چندتایی، تعداد عنصرها یا نوع اتم‌های سازنده آن (\* تعداد اتم‌های آن) می‌باشد. برای مثال  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  یک ترکیب یونی سه‌تایی می‌باشد زیرا از سه نوع اتم S، O و Al تشکیل شده است.

(ریاضی داخل ۹۰)

**تست:** اگر فرمول نیتريد فلز اصلي M به صورت MN باشد، فرمول سولفات و کلریت آن کدام است؟**پاسخ:** با توجه به فرمول یون نیتريد ( $\text{N}^{3-}$ )، فرمول یون پایدار فلز اصلي M به صورت  $\text{M}^{3+}$  است:**تست:** نسبت تعداد آنیون‌ها به تعداد کاتیون‌ها در ترکیب ردیف ..... از ستون II با نسبت تعداد کاتیون‌ها به تعداد آنیون‌ها در ترکیب ردیف ..... از ستون I جدول روبه‌رو، برابر است.

| ردیف | ستون I              | ستون II             |
|------|---------------------|---------------------|
| ۱    | کلسیم هیدروژن فسفات | سزیم فسفات          |
| ۲    | لیتیم دی‌کرومات     | روی پرکلرات         |
| ۳    | پتاسیم پرمنگنات     | سدیم هیدروژن سولفات |
| ۴    | آلومینیم کلرات      | منیزیم هیپوکلریت    |

(تبری داخل ۸۶)

از ستون I جدول روبه‌رو، برابر است.

۲، ۱ (۱)

۴، ۳ (۲)

۳، ۲ (۳)

۱، ۴ (۴)

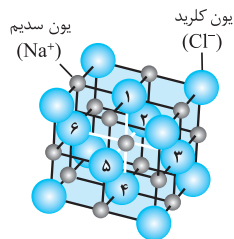
**پاسخ:** در جدول زیر نسبت تعداد آنیون به کاتیون در ترکیب‌های ستون II و

نسبت تعداد کاتیون به آنیون در ترکیب‌های ستون I تعیین شده است:

| ردیف | ستون I                             | تعداد آنیون / تعداد کاتیون | ستون II                     | تعداد آنیون / تعداد کاتیون |
|------|------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| ۱    | $\text{CaHPO}_4$                   | $\frac{1}{1}$              | $\text{Cs}_3\text{PO}_4$    | $\frac{3}{1}$              |
| ۲    | $\text{Li}_4\text{Cr}_2\text{O}_7$ | $\frac{1}{2}$              | $\text{Zn}(\text{ClO}_4)_2$ | $\frac{1}{2}$              |
| ۳    | $\text{KMnO}_4$                    | $\frac{1}{1}$              | $\text{NaHSO}_4$            | $\frac{1}{1}$              |
| ۴    | $\text{Al}(\text{ClO}_3)_3$        | $\frac{3}{1}$              | $\text{Mg}(\text{ClO})_2$   | $\frac{3}{1}$              |

**شبكة بلور:** به ساختاری که بر اثر چیده شدن ذره‌های سازنده یک جسم در سه بعد به‌وجود می‌آید، شبکه بلور آن جسم می‌گویند. (تبری داخل ۹۰ و ۹۳) به‌عبارت دیگر، شبکه بلور آرایش سه‌بعدی (\* دوبعدی) و منظم اتم‌ها، مولکول‌ها یا یون‌ها در یک بلور گفته می‌شود. آرایش یون‌ها در ترکیب‌های یونی به‌صورت یک الگوی تکراری است و هر یون در جای خود با چند یون که بار ناهم‌نام دارند، پیوند برقرار می‌کند. آرایش یون‌ها در بلور یک نمک، بسته به اندازه نسبی کاتیون و

آنیون از الگوی خاصی پیروی می‌کند و این الگو در سراسر بلور تکرار می‌شود. (تبری خارج ۹۰)

**عدد کوئوردیناسیون:** به تعداد نزدیک‌ترین یون‌های ناهم‌نام (\* هم‌نام) موجود پیرامون هر یون در شبکه بلور، عددکوئوردیناسیون می‌گویند. (تبری داخل ۹۰ - ریاضی خارج ۹۱) برای مثال، همان‌طور که در شکل روبه‌رو می‌بینید، در بلور  $\text{NaCl}$  هر یون

سدیم به‌وسیله شش یون کلرید و هر یون کلرید به‌وسیله شش یون سدیم احاطه شده است. گرچه عدد کوئوردیناسیون یون‌های

سدیم و کلرید در بلور سدیم کلرید، برابر ۶ می‌باشد (تبری داخل ۹۲)، اما محاسبه‌ها نشان می‌دهد که نیروی جاذبه‌ای حاصل در

بلور  $\text{NaCl}$  در مجموع  $1/76$  برابر نیروی جاذبه موجود میان یک جفت  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  تنها است.**انرژی شبکه بلور:** مقدار انرژی آزادشده به هنگام تشکیل یک مول جامد یونی از یون‌های (\* عنصرهای) گازی (\* جامد) سازنده آن است. (ریاضی و تبری داخل ۹۲)**مثال:** انرژی شبکه بلور سدیم کلرید برابر  $787/5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  است.

← با توجه به گرماگیر بودن تشکیل یون‌های فلزی (فرایند یونش فلز)، آزاد شدن انرژی در اثر تشکیل شبکه بلور و ایجاد پایداری بیش‌تر، دلیل اصلی تشکیل ترکیب‌های یونی است. (تهری فارچ ۹۳)

← انرژی شبکه بلور ناشی از برهم‌کنش بین کاتیون‌ها و آنیون‌ها است. با توجه به این‌که جاذبه میان یک جفت  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  درون شبکه بلور،  $1/76$  برابر یک جفت خارج از شبکه بلور می‌باشد، انرژی شبکه بلور  $\text{NaCl}$ ،  $1/76$  برابر انرژی برهم‌کنش یک جفت یون  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  ضربدر عدد آووگادرو است. (تهری فارچ ۹۳)

**خط ویژه** مقایسه انرژی شبکه پادرات یونی یکی از پر تست‌ترین قسمت‌های کتاب درسی توی سال‌های اخیر بوده. عوامل مؤثر بر انرژی شبکه رو نفوش، بفورش. ☺

**عوامل مؤثر بر انرژی شبکه بلور:** به ترتیب عبارتند از: (ریاضی داخل ۹۳)

1) انرژی شبکه بلور با مقدار بار کاتیون و آنیون سازنده آن رابطه مستقیم دارد، به‌طوری‌که هر اندازه مقدار بار کاتیون و آنیون بیشتر باشد، انرژی شبکه بلور بالاتر است. برای مقایسه بار کاتیون و آنیون چند ترکیب یونی مختلف از رابطه زیر استفاده می‌کنیم. (n تعداد کاتیون و آنیون در فرمول ترکیب و  $|q_+q_-|$  قدر مطلق حاصل‌ضرب بار کاتیون و آنیون است.) (تهری داخل و فارچ ۹۳)

$$|q_+q_-| n \propto \text{انرژی شبکه بلور}$$

**مثال:** انرژی شبکه بلور  $\text{AlF}_3$  را با  $\text{MgO}$  مقایسه می‌کنیم.  $\text{AlF}_3$  چهار کاتیون و آنیون ( $n = 4$ ) و  $\text{MgO}$  دو کاتیون و آنیون ( $n = 2$ ) دارد.

$\text{MgO} < \text{AlF}_3$ : انرژی شبکه

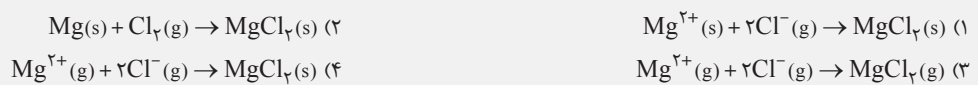
$$2 |(+2)(-2)| < 4 |(+3)(-1)|$$

2) اگر بند (۱) مؤثر نبود، انرژی شبکه با شعاع کاتیون و آنیون رابطه وارونه دارد، به‌طوری‌که هر چه اندازه یا شعاع کاتیون و آنیون کوچک‌تر باشد، انرژی شبکه بلور بیشتر می‌شود. (تهری فارچ ۹۱) برای مثال انرژی شبکه بلور هالیدهای یک فلز قلیایی (مانند Na) با افزایش عدد اتمی هالیدها، کم‌تر می‌شود. زیرا شعاع یونی در یک گروه با افزایش عدد اتمی، کاهش می‌یابد و چون شعاع کاتیون ثابت است، انرژی شبکه کم خواهد شد. (ریاضی فارچ ۹۱)

$\text{NaF} > \text{NaCl} > \text{NaBr} > \text{NaI}$ : انرژی شبکه

(ریاضی داخل ۹۲)

**تست:** انرژی آزاد شده در کدام واکنش را، انرژی شبکه بلور منبذیم کلرید می‌گویند؟



**پاسخ:** انرژی شبکه بلور، انرژی آزاد شده به‌هنگام تشکیل یک مول جامد یونی، از یون‌های گازی سازنده آن است.



توجه داشته باشید که انرژی آزاد شده در واکنش گزینه ۲، آنتالپی تشکیل ( $\Delta H_f$ ) منبذیم کلرید از عنصرهای سازنده‌اش می‌باشد که در بخش ۲ شیمی سال سوم همین کتاب با آن آشنا می‌شوید.

(تهری داخل ۹۰)

**تست:** کدام روند در مورد انرژی شبکه بلور ترکیب‌های داده‌شده، درست است؟



**پاسخ:** مقایسه درست انرژی شبکه بلور ترکیب‌ها در چهار گزینه داده‌شده به‌صورت زیر است:

$\text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{FeO} > \text{FeCl}_2$ : انرژی شبکه بلور (۱ و ۳)

$\text{Al}_2\text{O}_3 > \text{AlF}_3 > \text{MgO}$ : انرژی شبکه بلور (۲)

$\text{MgO} > \text{MgF}_2 > \text{Na}_2\text{O}$ : انرژی شبکه بلور (۴)

**نقطه ذوب و جوش ترکیب‌های یونی:** انرژی شبکه می‌تواند معیار خوبی برای اندازه‌گیری قدرت پیوند در ترکیب‌های یونی باشد. به‌طور کلی هرچه انرژی

شبکه بلور یک ترکیب یونی بیشتر باشد، نقطه ذوب و جوش آن بالاتر خواهد بود. (تهری فارچ ۹۱)

**مثال:** به مقایسه انرژی شبکه و نقطه ذوب و جوش ترکیب‌های زیر توجه کنید:

$\text{KF} > \text{KBr}$ : نقطه ذوب و جوش  $\rightarrow \text{KF} > \text{KBr}$ : انرژی شبکه

$\text{NaCl} > \text{RbCl}$ : نقطه ذوب و جوش  $\rightarrow \text{NaCl} > \text{RbCl}$ : انرژی شبکه

← با توجه به جدول کتاب درسی مقایسه‌های زیر را به خاطر بسپارید.





۵- شمار یون‌های ناهم‌نام پیرامون هر یون در شبکه بلور را ..... آن می‌گویند. نیروی جاذبه میان یون‌ها در شبکه بلور سدیم کلرید .....

انرژی جاذبه‌ی میان یک جفت یون تنها است و انرژی شبکه بلور هالیدهای فلزهای قلیایی از بالا به پایین ..... می‌یابد. (ریاضی فارغ ۹۱)

- (۱) درجه پیوند - بیشتر از - افزایش  
 (۲) درجه پیوند - برابر با - کاهش  
 (۳) عدد کوئوردیناسیون - بیشتر از - کاهش  
 (۴) عدد کوئوردیناسیون - برابر با - کاهش

(تجربی فارغ ۹۱)

۶- کدام مطلب نادرست است؟

- (۱) هرچه شعاع یون‌ها بزرگ‌تر باشد، انرژی شبکه بلور ترکیب یونی بیشتر است.  
 (۲) نقطه ذوب جامد یونی با انرژی شبکه بلور آن به‌طور کلی رابطه مستقیم دارد.  
 (۳) هرچه بار الکتریکی یون‌ها بیشتر باشد، انرژی شبکه‌ی بلور ترکیب یونی بیشتر است.  
 (۴) نیروی جاذبه بین یون‌ها در جامد یونی، در تمام جهتها بین یون‌های ناهم‌نام مجاور وجود دارد.

(تجربی داخل ۹۲)

۷- کدام گزینه، درست است؟

- (۱) عدد کوئوردیناسیون یون‌های  $Na^+$  و  $Cl^-$  در شبکه بلور سدیم کلرید، یکسان و برابر ۸ است.  
 (۲) شکنندگی بلور NaCl به‌دلیل نیروهای دافعه‌ای است که بر اثر ضربه و جابه‌جایی لایه‌ها در شبکه ایجاد می‌شود.  
 (۳) انرژی آزاد شده هنگام تشکیل یک جامد یونی از عنصرهای تشکیل‌دهنده آن، انرژی شبکه بلور آن، نامیده می‌شود.  
 (۴) جامدهای یونی رسانای جریان برق‌اند و با گذر دادن جریان برق به یون‌های گازی تشکیل‌دهنده خود، تجزیه می‌شوند.

۸- نسبت شمار کاتیون به شمار آنیون در ردیف ..... از ستون II با نسبت شمار آنیون به کاتیون در ردیف ..... از ستون I جدول زیر، برابر

(تجربی فارغ ۹۲)

است. (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید.)

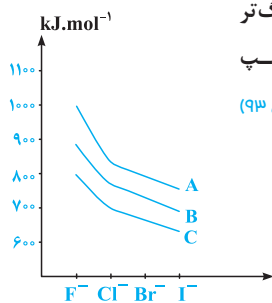
| ردیف | ستون            | II             | I |
|------|-----------------|----------------|---|
| ۱    | روی سولفید      | منیزیم نیتريد  |   |
| ۲    | آهن (III) اکسید | سدیم فسفات     |   |
| ۳    | کلسیم پرمنگنات  | آلومینیم فسفید |   |

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

۹- با توجه به شکل روبه‌رو، A، B و C نشان‌دهنده انرژی شبکه بلور هالیدهای یون‌های کدام عنصرها باند و با بزرگ‌تر شدن کاتیون هم‌گروه، درباره کدام هالوژن، انرژی شبکه بیش‌تر تغییر می‌کند؟ (گزینه‌ها را از راست به چپ

(ریاضی داخل ۹۳)

بخوانید.)



(۱) F - Li و K ، Na

(۲) I - K و Li ، Na

(۳) F - K و Na ، Li

(۴) I - Li و Na ، K

(تجربی فارغ ۹۳)

۱۰- فرمول شیمیایی کدام سه ترکیب از نگاه ضریب استوکیومتری، مشابه هم است؟

- (۱) آمونیوم هیدروکسید، آلومینیم هیدروکسید، گالیم هیدروکسید  
 (۲) سدیم هیدروژن‌کربنات، کلسیم هیدروژن‌فسفات، منیزیم هیدروژن‌سولفات  
 (۳) گوگرد (VI) اکسید، دی‌نیتروژن تری‌اکسید، اسکاندیم اکسید  
 (۴) فریک اکسید، آلومینیم اکسید، کبالت (III) سولفات

(تجربی فارغ ۹۳)

۱۱- کدام گزینه نادرست است؟

- (۱) انرژی شبکه بلور اکسیدهای فلزهای واسطه با افزایش عدد اکسایش فلز، بیش‌تر می‌شود.  
 (۲) با وجود گرماگیر بودن تشکیل یون‌های فلزی، وجود انرژی شبکه بلور، دلیل اصلی تشکیل ترکیب‌های یونی است.  
 (۳) انرژی شبکه بلور سدیم کلرید، برابر نیروی جاذبه میان یک زوج از یون‌های  $Na^+$  و  $Cl^-$  ضرب‌در عدد آووگادرو است.  
 (۴) در اثر گذر جریان برق از ترکیب‌های یونی مذاب، برخلاف محلول آن‌ها، همواره یون‌ها در واکنش وارد می‌شوند.



## پاسخ آزمونک بخش ۳ سال دوم



## ۴ ۱ بررسی چهار گزینه:

(۱) برخی از جامدهای یونی مانند  $\text{AgCl}$ ، در آب نامحلول هستند.

(۲) از آن جا که یون‌ها در یک جامد یونی نمی‌توانند آزادانه حرکت کنند، جامدهای یونی رسانای الکتریکی نیستند و فقط در حالت محلول یا مذاب می‌توانند جریان برق را از خود عبور دهند.

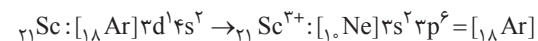
(۳) به تعداد نزدیک‌ترین یون‌های ناهم‌نام موجود پیرامون هر یون، عدد کوئوردیناسیون آن یون می‌گویند.

(۴) شبکه بلور جامدهای یونی، از چیدمان یون‌های مثبت و منفی با نظم ویژه‌ای در سه بُعد فضا ایجاد می‌شود.

۴ ۲ فرمول شیمیایی کلسیم فسفات،  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  است.

۱ ۳ جامدهای یونی در حالت جامد رسانای برق نیستند و فقط در حالت محلول یا مذاب، جریان برق را هدایت می‌کنند.

۲ ۴ اتم  $^{21}\text{Sc}$  یون پایدار  $^{21}\text{Sc}^{3+}$  را تشکیل می‌دهد که دارای آرایش الکترونی هشتایی  $18\text{Ar}$  است:



۳ ۵ شمار نزدیک‌ترین یون‌های ناهم‌نام پیرامون هر یون در شبکه بلور را عدد کوئوردیناسیون آن می‌گویند. تجربه نشان می‌دهد که به‌علت گستردگی اثر نیروهای جاذبه در همه جهتها در شبکه‌ی بلور  $\text{NaCl}$ ، نیروی جاذبه‌ای حاصل در مجموع حدود  $1/76$  برابر نیروی جاذبه موجود میان یک جفت  $\text{Na}^+\text{Cl}^-$  تنها است. همچنین، انرژی شبکه بلور هالیدهای فلزهای قلیایی از بالا به پایین با افزایش شعاع اتمی، کاهش می‌یابد.

۱ ۶ انرژی شبکه بلور جامدهای یونی، با مقدار بار یون‌ها رابطه مستقیم و با شعاع یون‌ها رابطه معکوس دارد. هرچه شعاع یون‌ها بزرگ‌تر باشد، انرژی شبکه بلور کم‌تر است.

## ۲ ۷ بررسی چهار گزینه:

(۱) عدد کوئوردیناسیون یون‌های  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  در شبکه بلور  $\text{NaCl}$  برابر ۶ است.

(۲) شکنندگی بلور ترکیب‌های یونی مانند  $\text{NaCl}$  در اثر ضربه، به‌دلیل جابه‌جایی لایه‌ها و قرارگرفتن یون‌های هم‌نام در مقابل هم‌دیگر و ایجاد دافعه است.

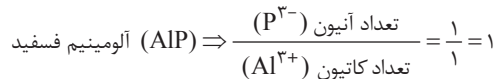
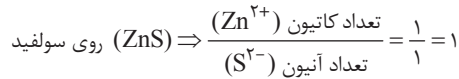
(۳) انرژی شبکه بلور، انرژی آزادشده هنگام تشکیل یک مول جامد یونی از یون‌های گازی سازنده آن است.

(۴) ترکیب‌های یونی در حالت جامد نارسانا هستند و فقط در حالت محلول یا مذاب جریان الکتریسیته را از خود عبور می‌دهند.

۱ ۸ نسبت شمار کاتیون به شمار آنیون در ترکیب‌های ردیف ۱ و ردیف ۲ از

ستون II، به‌ترتیب برابر با نسبت شمار آنیون به شمار کاتیون در ترکیب‌های ردیف ۳

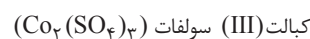
و ردیف ۱ از ستون I می‌باشد. بنابراین پاسخ درست، جفت عددهای ۳،۱ و ۱،۲ هستند که فقط مورد اول در گزینه‌ها وجود دارد.



۳ ۹ انرژی شبکه بلور با شعاع یون‌ها رابطه عکس دارد. بنابراین نمودارهای A، B و C به‌ترتیب مربوط به Li، Na و K می‌باشند و تا همین‌جا پاسخ سؤال مشخص می‌شود. در ضمن با توجه به نمودار، تغییر انرژی شبکه بلور با  $\text{F}^-$  بیشتر از سایر هالوژن‌ها است.

۴ ۱۰ منظور طراح از ضریب استوکیومتری، نسبت تعداد کاتیون به آنیون (برای ترکیب‌های یونی) و نسبت تعداد اتم سمت چپ به اتم سمت راست برای ترکیب‌های مولکولی است.

تنها گزینه‌ای که نسبت تعداد کاتیون به آنیون یا همان ضریب استوکیومتری برای هر سه ترکیب مشابه یک‌دیگر می‌باشد، گزینه ۴ است:



## ۳ ۱۱ بررسی چهار گزینه:

(۱) انرژی شبکه بلور اکسیدهای فلزهای واسطه، با افزایش عدد اکسایش (افزایش بار) فلز افزایش می‌یابد.

(۲) با توجه به گرماگیر بودن تشکیل یون‌های فلزی (فرایند یونش فلز)، آزاد شدن انرژی در اثر تشکیل شبکه بلور و ایجاد پایداری بیشتر، دلیل اصلی تشکیل ترکیب‌های یونی است.

(۳) انرژی شبکه بلور عبارت از مقدار انرژی آزادشده به هنگام تشکیل ۱ مول (به تعداد عدد آووگادرو) جامد یونی از یون‌های گازی سازنده آن است. این مقدار انرژی ناشی از ایجاد برهم‌کنش بین کاتیون‌ها و آنیون‌ها است. با توجه به این‌که جاذبه میان یک جفت  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  درون شبکه بلور  $1/76$  برابر یک جفت خارج از شبکه است، در مورد  $\text{NaCl}$ ، انرژی شبکه بلور، برابر  $1/76$  برابر انرژی برهم‌کنش یک جفت یون  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  ضربدر عدد آووگادرو است.

(۴) با توجه به محث برقکافت (بخش ۴ شیمی پیش‌دانشگاهی) در اثر عبور جریان برق از ترکیب‌های یونی محلول در آب، در برخی موارد ممکن است در کاتد یا آند، آب به‌جای یون‌های حاصل در واکنش‌ها شرکت کند، ولی در مورد نمک‌های مذاب، چون آب در محیط وجود ندارد، فقط یون‌ها در واکنش‌های مربوط به برقکافت شرکت می‌کنند.

## ترکیب‌های کووالانسی

**خط ویژه:** سوم این بفش توی لنگور ۲ الی ۳ تست هستش که یکی از اون‌ها همیشه به شکل هندسی مولکول‌ها مربوط می‌شه.

**نیروهای درون مولکولی:** اتم‌ها را به یکدیگر متصل کرده و مولکول‌ها را به وجود می‌آورند.

**نیروهای بین مولکولی:** باعث می‌شوند مولکول‌ها در کنار یکدیگر قرار گیرند.

**پیوند کووالانسی:** از نیروهای درون مولکولی و جاذبه‌ای است که برخلاف تشکیل پیوند یونی، اتم‌ها برای رسیدن به آرایش گاز نجیب (آرایش هشتایی) به جای از دست دادن یا پذیرفتن الکترون، آن‌ها را میان خود به اشتراک می‌گذارند. در این حالت میان دو اتم پیوندی به وجود می‌آید که پیوند کووالانسی نامیده می‌شود.

← نیرویی که دو اتم را در یک پیوند کووالانسی به هم متصل نگه می‌دارد، ممکن است از نیروی میان یک جفت کاتیون و آنیون قوی‌تر باشد.

**ترکیب مولکولی:** ترکیبی است که از مولکول‌های جدا از هم تشکیل شده و بین مولکول‌ها، نیروهای ضعیف وان‌دروالسی یا پیوند هیدروژنی وجود دارد. در این دسته از ترکیب‌ها، برخلاف ترکیب‌های دیگر، مولکول‌های جدا از هم قابل تشخیص است. مانند: پد (I<sub>۲</sub>) نفتالن (C<sub>۱۰</sub>H<sub>۸</sub>) و ...

← در مقایسه خواص ترکیب‌های مولکولی و یونی نکات زیر را به خاطر بسپارید:

1 نقطه ذوب و جوش ترکیب‌های یونی نسبت به ترکیب‌های مولکولی بالاتر است.

2 ترکیب‌های مولکولی در هر حالتی نارسانا هستند، در حالی که ترکیب‌های یونی در حالت مذاب یا محلول در آب، رسانای خوبی برای جریان برق می‌باشند.

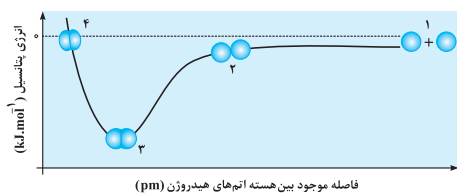
← گازهای نجیب در حالت جامد، جزو جامدهای مولکولی محسوب می‌شوند با این تفاوت که ذره‌های تشکیل دهنده جامد، اتم‌ها هستند. در واقع گازهای نجیب، تک‌اتمی هستند.

**خط ویژه:** بررسی نمودار زیر توی سال‌های افیر، برپوری مورد علاقه طراحان لنگور بوده.

**نیروهای جاذبه و دافعه در تشکیل پیوند کووالانسی:** هنگامی که دو اتم به یکدیگر نزدیک می‌شوند، میان آن‌ها نیروهای جاذبه‌ای و دافعه‌ای به وجود می‌آید که عبارتند از:

1 جاذبه میان هسته یک اتم و الکترون‌های اتم دیگر      2 دافعه میان الکترون‌های دو اتم      3 دافعه میان هسته‌های دو اتم

پیش از تشکیل پیوند کووالانسی، اثر نیروهای جاذبه بسیار بیشتر از مجموع نیروهای دافعه است و این نیروهای جاذبه‌ای دو اتم را به سوی هم می‌کشاند. در هنگام تشکیل پیوند کووالانسی، اثر نیروهای جاذبه بسیار بیشتر از (\*) برابر مجموع نیروهای دافعه‌ای است. این نیروی جاذبه اضافی دو اتم را به سمت یکدیگر می‌کشاند و اساس تشکیل پیوند کووالانسی به شمار می‌آید.



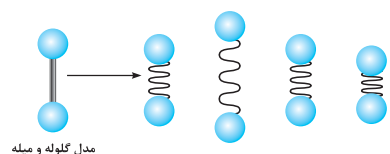
پس از تشکیل پیوند کووالانسی نیروهای جاذبه و دافعه، برابر (\*) مساوی صفر) می‌شوند و اتم‌ها در فاصله‌ای تعادلی (\*) ثابتی) نسبت به هم قرار می‌گیرند.

← با توجه به نمودار مقابل، موقعیت‌های ۱ و ۲ نشان‌دهنده وضعیت دو اتم پیش از تشکیل پیوند کووالانسی هستند. در موقعیت ۳ پیوند میان دو اتم برقرار شده است. پایدارترین وضعیت برای دو اتم در موقعیت ۳ رقم می‌خورد که دو اتم در پایین‌ترین سطح انرژی قرار دارند. (تهری فارچ ۹۳) در موقعیت ۴ فاصله تعادلی میان هسته دو اتم، از طول پیوند کمتر شده است.

- |               |   |               |                    |
|---------------|---|---------------|--------------------|
| نیروهای دافعه | > | نیروهای جاذبه | : موقعیت‌های ۱ و ۲ |
| نیروهای دافعه | = | نیروهای جاذبه | : موقعیت ۳         |
| نیروهای دافعه | < | نیروهای جاذبه | : موقعیت ۴         |

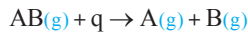
← با توجه به این‌که شیب نمودار در سمت چپ، بیشتر از سمت راست آن است، می‌توان گفت انرژی لازم برای فشرده کردن دو اتم بیشتر از (\*) برابر انرژی لازم برای دور کردن دو اتم از یکدیگر است. (تهری فارچ ۹۱)

**طول پیوند:** به فاصله تعادلی (\*) ثابت) میان هسته‌های دو اتم در یک پیوند کووالانسی گفته می‌شود. (تهری فارچ ۹۳) یکای طول پیوند پیکومتر است. (1 pm = 10<sup>-۱۲</sup> m)



پیوند کووالانسی را می‌توان به صورت یک فنر در نظر گرفت. هنگامی که دو اتم از یکدیگر دور می‌شوند، نیروهای جاذبه‌ای و هنگامی که دو اتم به یکدیگر نزدیک می‌شوند نیروهای دافعه‌ای، اتم‌ها را به حالت اولیه باز می‌گردانند. در واقع اتم‌ها در امتداد محور پیوند نوسان می‌کنند. اما نوسان آن‌ها به گونه‌ای است که همواره هسته‌های آن‌ها در یک فاصله تعادلی از یکدیگر قرار می‌گیرند.

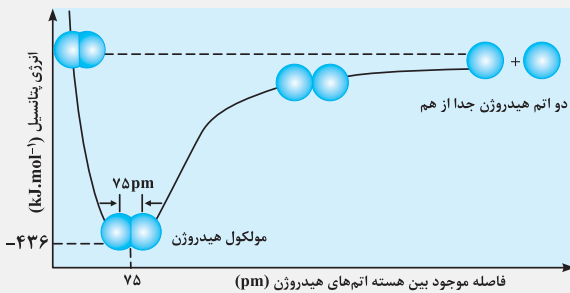
**انرژی پیوند:** انرژی لازم (\*آزاد شده) برای شکستن (\*تشکیل) یک مول پیوند (\*یک پیوند) کووالانسی در حالت گازی (\*جامد) و تولید اتم‌های جدا از هم گازی است. واحد آن  $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  می‌باشد. انرژی پیوند همواره عددی مثبت است.



← عوامل موثر بر انرژی پیوند عبارتند از:

- اختلاف الکترونگاتیوی:** هر چه اختلاف الکترونگاتیوی اتم‌های درگیر در پیوند بیشتر باشد، انرژی پیوند بیشتر است.
- طول پیوند:** هر چه شعاع اتمی اتم‌های طرفین پیوند کوچک‌تر باشد، طول پیوند کوتاه‌تر و انرژی پیوند بیشتر است.
- مرتب‌ه پیوند (یگانه، دوگانه، یا سه‌گانه بودن پیوند):** هر چه مرتبه پیوند میان دو اتم معین بیشتر باشد، طول پیوند کوتاه‌تر و انرژی پیوند بیشتر است. (تجربی رافل ۹۱ و ۹۲)

(تجربی قارج ۹۱)



**نست:** با توجه به شکل زیر، کدام عبارت نادرست است؟

- کاهش طول پیوند  $\text{H}_2$  به کمتر از  $75 \text{ pm}$  سبب کاهش انرژی پیوندی می‌شود.
- در حالت پایه در مولکول‌های  $\text{H}_2$  فاصله تعادلی  $75 \text{ pm}$  بین هسته اتم‌ها وجود دارد.
- انرژی لازم برای جدا کردن دو اتم  $\text{H}$  از یکدیگر، همواره بیشتر از انرژی لازم برای فشرده کردن آن‌ها است.
- با صرف  $436 \text{ kJ}$  انرژی می‌توان دو مول اتم  $\text{H}$  را آزاد کرد.

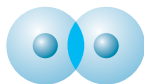
**پاسخ:** با توجه به قرینه بودن انرژی پتانسیل و انرژی پیوند، هرچه انرژی پتانسیل کم‌تر (منفی‌تر) باشد، انرژی پیوند، بیشتر است و برعکس.

**بررسی چهار گزینه:**

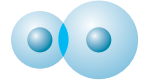
- همان‌طور که در نمودار دیده می‌شود، با کاهش فاصله بین دو هسته (کاهش طول پیوند) به کمتر از  $75 \text{ pm}$ ، انرژی پتانسیل افزایش و در نتیجه انرژی پیوند کاهش می‌یابد.
- به کم‌ترین حالت انرژی، حالت پایه گفته می‌شود. با توجه به نمودار، در حالت پایه، فاصله تعادلی بین هسته اتم‌های هیدروژن در مولکول  $\text{H}_2$  برابر  $75 \text{ pm}$  است.
- با توجه به این‌که شیب نمودار در فواصل کم‌تر از  $75 \text{ pm}$  بیشتر از شیب نمودار در فواصل بیشتر از  $75 \text{ pm}$  است، انرژی لازم برای فشرده کردن دو اتم  $\text{H}$ ، بیشتر از انرژی لازم برای جدا کردن آن‌ها از یکدیگر است.
- با صرف  $436 \text{ kJ}$  انرژی، می‌توان یک مول پیوند  $\text{H}-\text{H}$  را شکست و دو مول اتم  $\text{H}$  جدا از هم تولید کرد.

**خط ویژه - مبدا بصری یکی از آسون‌ترین قسمت‌های کتاب درسیه که احتمال مطرح شدنش توی کنکور کم نیست.**

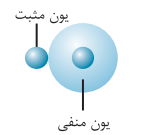
**انواع پیوند میان دو اتم:** براساس اختلاف الکترونگاتیوی بین اتم‌ها، پیوند میان اتم‌ها در سه دسته طبقه‌بندی می‌شود: (ریاضی رافل ۹۱ - ریاضی قارج ۹۲)



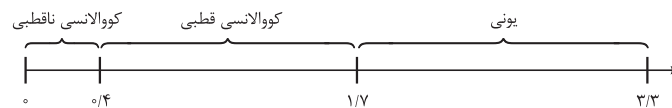
۱ **کووالانسی ناقطبی:** اگر تفاوت الکترونگاتیوی بین دو اتم کمتر از  $0.4$  باشد، پیوند کووالانسی ناقطبی تشکیل می‌دهند. (ریاضی قارج ۹۳)



۲ **کووالانسی قطبی:** اگر تفاوت الکترونگاتیوی بین دو اتم در گستره  $0.4$  تا  $1.7$  باشد، پیوند بین آن‌ها کووالانسی قطبی در نظر گرفته می‌شود. توزیع الکترون‌ها در این پیوند بین دو اتم یکسان نیست. به طوری که اتم الکترونگاتیوتر بیشتر از اتم دیگر، جفت الکترون پیوندی را به سمت خود جذب می‌کند.



۳ **یونی:** اگر تفاوت الکترونگاتیوی بین دو اتم بیش از  $1.7$  باشد، در گروه پیوندهای یونی طبقه‌بندی می‌شود. (تجربی قارج ۹۳)



← اگر اختلاف الکترونگاتیوی بین دو اتم دقیقاً برابر  $0.4$  باشد، پیوند مورد نظر  $50\%$  خصلت قطبی داشته و در مرز پیوندهای قطبی و ناقطبی قرار دارد. البته در مواردی پیوند با اختلاف الکترونگاتیوی  $0.4$ ، پیوند ناقطبی در نظر گرفته می‌شود. برای نمونه، اغلب از قطبی بودن پیوند  $\text{C}-\text{H}$  در ترکیب‌های آلی چشم‌پوشی می‌شود.

← اگر اختلاف الکترونگاتیوی بین دو اتم دقیقاً  $1.7$  باشد، پیوند مورد نظر  $50\%$  خصلت یونی داشته و در واقع یک پیوند کووالانسی در نظر گرفته می‌شود که در آستانه یونی شدن قرار دارد. برای مثال اختلاف الکترونگاتیوی پیوندهای  $\text{Si}-\text{O}$  (سیلیسیم و اکسیژن)،  $\text{Ge}-\text{O}$  (ژرمانیم و اکسیژن) و  $\text{Sn}-\text{O}$  (قلع و اکسیژن) برابر  $1.7$  است. پس همگی این پیوندها در آستانه یونی شدن قرار می‌گیرند.