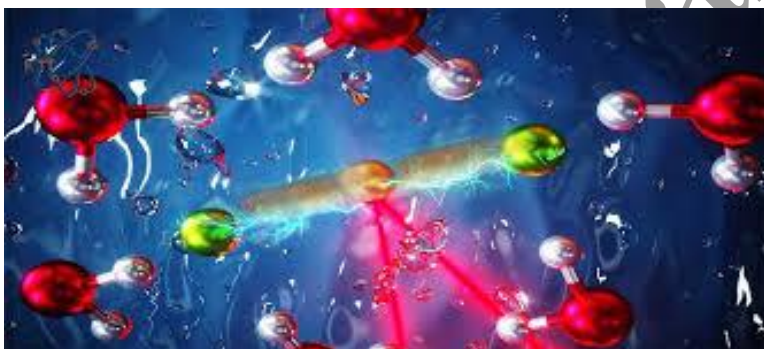


## فصل دوم: رفتار اتم‌ها با یکدیگر

اگر به رفتار پدیده‌های مختلف در طبیعت نگاه کنیم، همه پدیده‌ها تمایل دارند که به شرایط پایدار برسند. به طور مثال رودخانه‌ها با حرکت از ارتفاعات به سمت دریاها و اقیانوس‌ها به پایداری می‌رسند، البته ممکن است این پایداری دائمی نباشد و بعد از مدتی دوباره به دلیل شرایط جدید ثبات و پایداری آب‌ها در دریاها تغییر کند. اتم‌ها نیز در طبیعت تمایل دارند به شرایط پایدار برسند، اتم‌ها با ایجاد پیوند شیمیایی با یکدیگر به پایداری می‌رسند. هدف از ایجاد پیوند شیمیایی رسیدن به ساختار الکترونی کامل است.



### ۱- ساختار الکترونی کامل

عنصرهای گروه ۸ اصلی جدول تناوبی دارای ساختار الکترونی کامل هستند، یعنی مدار آخر آنها به طور کامل از الکترون پر شده است. این عناصر خودبخود به شرایط پایدار رسیده‌اند، بنابراین تمایل چندانی برای ایجاد پیوند شیمیایی با سایر اتم‌ها ندارند. به این عناصر که همگی نافلز هستند گازهای نجیب یا بی اثر گفته می‌شود، سایر عناصر تمایل دارند ساختار الکترونی خود را شبیه ساختار الکترونی گازهای نجیب کنند.

مثال: کدام یک از عنصرهای زیر دارای ساختار الکترونی کامل هستند؟

ج-  ${}_{10}\text{Ne}$

ب-  ${}_{8}\text{O}$

الف-  ${}_{11}\text{Na}$



**پاسخ:** گزینه الف درست است، عنصرهای سایر گزینهها همگی نافلز هستند و ساختار اشتراکی دارند، در گزینه الف لیتیم فلز و هیدروژن نافلز است بنابراین ترکیب یونی است.

\* قاعده بالا در مورد بعضی از ترکیبات صدق نمی‌کند، به طور مثال سولفوریک اسید ( $H_2SO_4$ ) و آمونیوم کلرید ( $NH_4Cl$ ) با وجود اینکه در ساختار خود فقط عنصرهای نافلز دارند اما هر دو ترکیبات یونی هستند.

**سؤال:** کدام ترکیب زیر یک ترکیب یونی است؟

الف -  $NH_3$       ب -  $CO_2$       ج -  $HCl$       د -  $NH_4Cl$

**پاسخ:** گزینه د درست است، آمونیوم کلرید یک ترکیب یونی است، سایر گزینهها ترکیبات مولکولی هستند.

## ۱-۲ ترکیبات یونی

ترکیبات یونی از تبادل الکترونی میان اتمها ساخته می‌شوند. ذرات تشکیل دهنده این ترکیبات یونها هستند، اتمی که الکترون از دست می‌دهد به یون مثبت یا کاتیون و اتمی که الکترون می‌گیرد به یون منفی یا آنیون تبدیل می‌شود. در این ترکیبات فلزها کاتیون و نافلزها آنیون هستند.

**مثال:** در ترکیب  $MgCl_2$  نسبت آنیون به کاتیون را حساب کنید؟

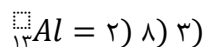
**جواب:** در ترکیب بالا منیزیم کاتیون و کلر آنیون است، زیرا اولی فلز و دومی نافلز است، در این ترکیب تعداد اتمهای منیزیم ۱ و تعداد اتمهای کلر ۲ است، بنابراین نسبت آنیون به کاتیون ۲ می‌شود.

## ۱-۱-۲ یون مثبت (کاتیون)

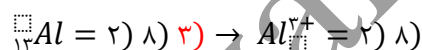
در حالت عادی تعداد الکترون‌ها با پروتون‌ها در اتم برابر است. هنگامی که اتم فلزی با از دست دادن الکترون به ساختار الکترونی کامل گازهای نجیب می‌رسد، تعداد پروتون‌ها در اتم در مقایسه با الکترون‌ها افزایش می‌یابد و اتم دارای بار مثبت می‌شود.

**مثال:** اتم Al با عدد اتمی ۱۳ برای رسیدن به ساختار الکترونی کامل به چه یونی تبدیل می‌شود؟

**جواب:** ساختار الکترونی آلومینیوم به صورت زیر است:



آلومینیوم با از دست دادن ۳ الکترون به ساختار الکترونی کامل ۸-۲ اتم نئون می‌رسد، بنابراین به یون ۳ بار مثبت تبدیل می‌شود.

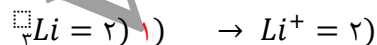


\* فلزاتی مانند لیتیم (۳Li) و بریلیم (۴Be) با تبدیل شدن به یون مثبت مدار آخر آنها دو تایی می‌شود.

**سؤال:** کدام عنصر بعد از تبدیل شدن به یون در لایه آخر خود هشت الکترون ندارد؟

الف- فلورئور    ب- کلر    ج- سدیم    د- لیتیم

**پاسخ:** گزینه د درست است، با توجه به ساختار الکترونی لیتیم ۱-۲ با از دست دادن یک الکترون مدار آخرش دو تایی شبیه گاز هلیم می‌شود.

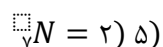


## ۲-۱-۲ یون منفی (آنیون)

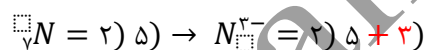
اتم نافلزی که با دریافت الکترون به ساختار الکترونی کامل گازهای نجیب می‌رسد. با دریافت الکترون تعداد الکترون‌ها در اتم افزایش می‌یابد و اتم دارای بار منفی می‌شود. برای نام‌گذاری یون‌های منفی به آخر اسم اتم «ید» اضافه می‌کنیم، به طور مثال یون منفی اتم کلر، کلرید می‌شود.

**مثال:** اتم N با عدد اتمی ۷ برای رسیدن به ساختار الکترونی کامل به چه یونی تبدیل می‌شود؟

**جواب:** ساختار الکترونی نیتروژن به صورت زیر است:



نیتروژن با گرفتن ۳ الکترون به ساختار الکترونی کامل ۲-۸ اتم نئون می‌رسد، بنابراین به یون ۳ بار منفی نیتريد تبدیل می‌شود.



\* فلزات گروه ۱ جدول تناوبی با از دست دادن یک الکترون به یون ۱ بار مثبت و فلزات گروه ۲ جدول تناوبی با از دست دادن دو الکترون به یون ۲ بار مثبت تبدیل می‌شوند.

\* نافلزات گروه ۷ جدول تناوبی (هالوژن‌ها) با گرفتن یک الکترون به یون ۱ بار منفی تبدیل می‌شوند.

\* اتم هیدروژن هم می‌تواند به یون ۱ بار منفی ( $H^-$ ) و هم به یون ۱ بار مثبت ( $H^+$ ) تبدیل شود.

**سؤال:** نوع یون حاصل از کدام عنصر زیر با بقیه متفاوت است؟

الف -  $Na$  ۱۱      ب -  $Ca$  ۲۰      ج -  $O$  ۸      د -  $K$  ۱۹

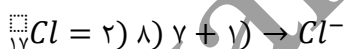
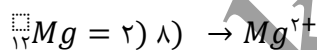
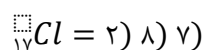
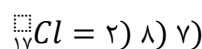
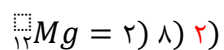
**پاسخ:** گزینه ج درست است، سدیم، کلسیم و پتاسیم هر سه فلز هستند و به یون مثبت تبدیل می‌شوند، اما اکسیژن نافلز است و به یون منفی تبدیل می‌شود.

## ۳-۱-۲ پیوند یونی

پیوندی که به دلیل جاذبه میان یون‌های مثبت و منفی تشکیل می‌شود، در هنگام تشکیل این پیوند الکترون‌ها از یون مثبت به یون منفی تبادل می‌شوند. برای نام‌گذاری ترکیب یونی ابتدا نام فلز و بعد نام نافلز همراه با «ید» می‌آید.

**مثال:** نحوه تشکیل ترکیب یونی منیزیم کلرید را نشان دهید؟

**جواب:** با توجه به اینکه کلر یک الکترون می‌گیرد و منیزیم دو الکترون از دست می‌دهد، به ازای هر یک اتم منیزیم به دو اتم کلر نیاز داریم:



به همین دلیل فرمول شیمیایی این ترکیب  $MgCl_2$  می‌شود.

\* با استفاده از ظرفیت یونی اتم‌ها می‌توان فرمول شیمیایی ترکیب‌های یونی را به دست آورد، کافی است ظرفیت یونی کاتیون و آنیون را بدون علامت مثبت و منفی به صورت ضربدری در زیروند اتم‌ها قرار داد. همچنین توجه کنید عدد ۱ در زیروندها نوشته نمی‌شود.

**سؤال:** فرمول شیمیایی ترکیب سدیم اکسید کدام گزینه است؟

الف - NaO

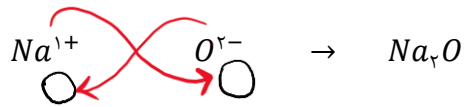
ب -  $NaO_2$

ج -  $NaO_3$

د - NaO

**پاسخ:** گزینه د درست است، سدیم به یون ۱ بار مثبت تبدیل می‌شود و ظرفیت یونی آن ۱ است و ظرفیت

یونی اکسیژن ۲ است:



**سؤال:** نسبت شمار کاتیون به آنیون در آلومینیم اکسید در کدام گزینه آمده است؟

الف- ۳ به ۲      ب- ۲ به ۳      ج- ۱ به ۱      د- ۲ به ۱

**پاسخ:** گزینه ب درست است، با توجه به اینکه آلومینیم به یون ۳ بار مثبت و اکسیژن به یون ۲ بار منفی

تبدیل می‌شوند، فرمول شیمیایی آلومینیم اکسید  $Al_2O_3$  است، بنابراین نسبت کاتیون (فلز) به آنیون (نافلز) ۲ به ۳ است.

\* اگر ظرفیت یونی اتم‌ها با هم برابر باشد، هیچ عددی در زیروند اتم‌ها نوشته نمی‌شود. به طور مثال در مورد ترکیب منیزیم اکسید به جای نوشتن  $Mg_2O_2$  فقط  $MgO$  می‌نویسیم.

**سؤال:** اگر ترکیبات یونی  $AO$  و  $A_2D$  وجود داشته باشد، آنگاه فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از  $A$  و

$D$  کدام گزینه می‌تواند باشد؟

الف-  $A_2D_2$       ب-  $A_2D_3$       ج-  $AD_2$       د-  $A_2D$

پاسخ: گزینه الف درست است، با توجه به اینکه اکسیژن به یون ۲ بار منفی تبدیل می‌شود، اتم  $A$  یون ۲ بار

مثبت است، همچنین می‌توان نتیجه گرفت اتم  $D$  یون ۳ بار منفی است ( $Al^{3+}$ )، بنابراین داریم



\* ترکیبات یونی دارای ویژگی‌های زیر هستند:

- ۱- ترکیبات یونی مولکول ندارند و به صورت بلوری از کنار هم قرار گرفتن یون‌ها تشکیل می‌شوند.
- ۲- ترکیبات یونی بسیار سخت هستند، با این وجود شکننده هستند و در اثر ضربه خرد می‌شوند.
- ۳- اغلب آنها در آب حل می‌شوند و باعث افزایش چگالی و نقطه جوش مایعات می‌شوند.
- ۴- این ترکیبات در حالت جامد رسانای جریان برق نیستند، اما در حالت محلول یا مذاب جریان برق را از خود عبور می‌دهند.

**سؤال:** کدام ویژگی را نمی‌توان از ویژگی‌های نمک‌ها دانست؟

الف- خرد شدن بر اثر ضربه ب- رسانایی الکتریکی در حالت جامد ج- سخت بودن د- نقطه ذوب و جوش بالا

**پاسخ:** گزینه ب درست است، نمک‌های ترکیبات یونی هستند و در حالت جامد رسانای جریان الکتریسیته

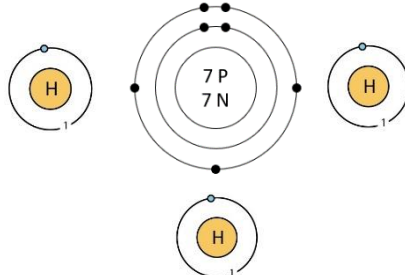
نیستند.

## ۲-۲ ترکیبات مولکولی (کووالانسی)

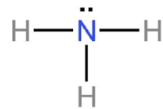
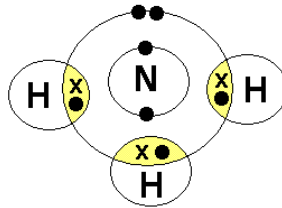
در ترکیبات مولکولی، عنصرها با پیوندهای اشتراکی (کووالانسی) به هم وصل می‌شوند. در این پیوند الکترون‌ها در مدارهای اتم‌های نافلز به اشتراک گذاشته می‌شوند. اتم‌های شرکت کننده در پیوند به تعداد مساوی الکترون به اشتراک می‌گذارند، اگر در پیوند دو الکترون اشتراکی باشد پیوند از نوع یگانه (ساده) خواهد بود. پیوندی که دارای ۴ الکترون اشتراکی باشد پیوند دوگانه و پیوندی که دارای ۴ الکترون اشتراکی باشد پیوند سه‌گانه نامیده می‌شود. پیوند یگانه را با یک خط (-)، پیوند دوگانه به دو خط (=) و پیوند سه‌گانه با سه خط ( $\equiv$ ) نمایش داده می‌شوند.

مثال: پیوند کووالانسی میان اتم‌های آمونیاک را رسم کنید.

جواب: فرمول شیمیایی آمونیاک  $\text{NH}_3$  است، بنابراین در این ترکیب ۳ هیدروژن و ۱ نیتروژن وجود دارد،



همان طور که از تصویر بالا مشخص است، اتم هیدروژن برای کامل شدن به سه الکترون و اتم‌های هیدروژن برای کامل شدن به یک الکترون نیاز دارند، به همین سه پیوند کووالانسی در ترکیب آمونیاک تشکیل می‌شود که در هر پیوند دو الکترون وجود دارد.



هر دو الکترون پیوندی را می‌توان با یک خط نشان داد:

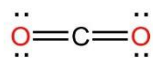
در ترکیب آمونیاک سه پیوند کووالانسی یگانه وجود دارد.

سؤال: به ترتیب از راست به چپ، در تشکیل ۳ مولکول کربن‌دی‌اکسید، تعداد ..... پیوند اشتراکی

تشکیل و تعداد ..... الکترون اشتراکی وجود دارد و در پایان در لایه آخر هر اتم کربن ..... الکترون

دیده می‌شود؟

الف- ۸-۸-۴      ب- ۱۲-۲۴-۴      ج- ۱۲-۲۴-۸      د- ۴-۸-۴



پاسخ: گزینه ج درست است، با توجه به ساختار مولکولی کربن‌دی‌اکسید:

در هر مولکول آن ۴ پیوند اشتراکی وجود دارد، بنابراین سه مولکول ۱۲ پیوند اشتراکی دارند، در هر پیوند اشتراکی ۲ الکترون وجود دارد، پس ۲۴ الکترون اشتراکی در آنها وجود دارد، در ترکیبات مولکولی اتم‌ها ساختار الکترونی خود را تکمیل می‌کنند کربن ۴ الکترون در مدار آخر خود دارد پس ۸ تایی می‌شود.

**سؤال:** در کدام مورد تعداد کل الکترون‌های درگیر در پیوند یا انتقال یافته در حین تشکیل پیوند بیشتر است؟

الف -  $MgCl_2$     ب -  $AlCl_3$     ج -  $H_2O$     د -  $CO_2$

**پاسخ:** گزینه د درست است، در ترکیب‌های یونی  $MgCl_2$  و  $AlCl_3$  به ترتیب ۲ و ۳ الکترون انتقال می‌یابد، در ساختار آب دو پیوند اشتراکی وجود دارد پس ۴ الکترون اشتراکی می‌شود، در ساختار دی‌اکسید کربن ۴ پیوند اشتراکی وجود دارد در نتیجه ۸ الکترون به اشتراک گذاشته‌اند.

۱-۲-۲ ظرفیت پیوندی

تعداد پیوندهای اطراف هر عنصر با توجه به ظرفیت پیوندی آن عنصر مشخص می‌شود. تعداد الکترون‌های مورد نیاز برای رسیدن به ساختار الکترونی کامل گازهای نجیب ظرفیت پیوندی یک عنصر را مشخص می‌کند.

**مثال:** ظرفیت پیوندی عنصرهای کربن، نیتروژن، اکسیژن و هیدروژن را مشخص کنید؟

**جواب:** ظرفیت پیوندی عنصرها بر اساس تعداد الکترون‌های مورد نیاز برای کامل شدن ساختار الکترونی مشخص می‌شود:

$${}^6_6C = 2) 4 \rightarrow \text{ظرفیت پیوندی} = 8 - 4 = 4$$

$${}^7_7N = 2) 5 \rightarrow \text{ظرفیت پیوندی} = 8 - 5 = 3$$

$${}^8_8O = 2) 6 \rightarrow \text{ظرفیت پیوندی} = 8 - 6 = 2$$

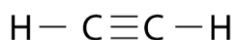
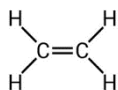
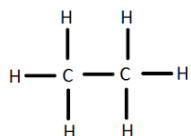
$$\text{دقت} = 2 - 1 = 1 \rightarrow \text{ظرفیت پیوندی} = 4 - 2 = 2$$

به همین دلیل در ترکیبات مختلف همیشه در اطراف کربن ۴ خط، نیتروژن ۳ خط، اکسیژن ۲ خط و هیدروژن ۱ خط وجود دارد.

با استفاده از ظرفیت پیوندی به راحتی می‌توان ساختار مولکولی ترکیبات را رسم کرد، برای اینکار کافی است به این نکته دقت کنیم که در اطراف هر عنصر باید به تعداد ظرفیت پیوندی خط وجود داشته باشد.

**مثال:** ساختار مولکولی ترکیبات اتان ( $C_2H_6$ )، اتن ( $C_2H_4$ ) و اتین ( $C_2H_2$ ) را رسم کنید؟

**جواب:** با توجه به ظرفیت پیوندی ۴ برای کربن و ظرفیت پیوندی ۱ برای هیدروژن باید دقت کنیم در اطراف آنها همین تعداد خط وجود داشته باشند، بنابراین:



اتان دارای ۷ پیوند اشتراکی است که همه آنها یگانه هستند؛ اتن دارای ۶ پیوند اشتراکی است که یکی از آنها دوگانه و ۴ پیوند دیگر یگانه هستند؛ اتین دارای ۵ پیوند اشتراکی است که یکی از آنها سه‌گانه و ۲ پیوند دیگر یگانه است.

**سؤال:** چند درصد از الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌های موجود در مولکول کربن دی‌اکسید، در پیوند کووالانسی

شرکت کرده‌اند؟

د- ۱۰۰٪

ج- ۵۰٪

ب- ۲۵٪

الف- ۹٪

**پاسخ:** گزینه ج درست است، لایه ظرفیت همان آخرین مدار الکترونی است، هر کربن ۴ الکترون و هر اکسیژن ۶ الکترون در مدار آخر خود دارند، بنابراین روی هم ۱۶ الکترون در مدار آخر اتم‌های تشکیل دهنده کربن-دی‌اکسید وجود دارد، با توجه به ساختار مولکولی کربن‌دی‌اکسید ۸ الکترون در پیوند کووالانسی شرکت کرده-



$$\frac{\text{تعداد الکترون‌های پیوندی}}{\text{تعداد کل الکترون‌های لایه ظرفیت}} = \frac{8}{16} \times 100 = 50\%$$

### ۳- قانون پایستگی جرم

قانون پایستگی جرم در واکنش‌های شیمیایی به دو صورت زیر قابل تعریف است:

۱- جرم واکنش دهنده‌ها در یک واکنش شیمیایی با جرم فرآورده‌ها برابر است.

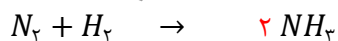
۲- تعداد اتم‌های هر عنصر در سمت فرآورده‌ها با واکنش دهنده‌ها برابر است.

**مثال:** با توجه به قانون پایستگی جرم برای تولید ۱۰ مولکول آمونیاک به چند مولکول نیتروژن و هیدروژن نیاز است؟

**جواب:** واکنش شیمیایی تولید گاز آمونیاک به صورت زیر است:

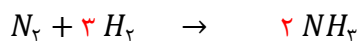


با توجه به قانون پایستگی جرم، باید تعداد اتم‌های هر عنصر در سمت چپ و راست با هم مساوی باشند:

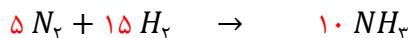


با قرار دادن ۲ پشت مولکول آمونیاک تعداد نیتروژن‌ها با هم برابر می‌شوند، اما تعداد هیدروژن‌ها در سمت

راست ۶ عدد می‌شوند، بنابراین باید ضریب ۳ پشت گاز هیدروژن قرار دهیم:



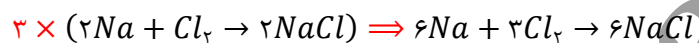
برای اینکه تعداد مولکول‌های آمونیاک ۱۰ شوند، همه را در ۵ ضرب می‌کنیم، بنابراین به ترتیب به ۵ و ۱۵ مولکول نیتروژن و هیدروژن نیاز داریم.



**سؤال:** در یک ارلن مایر ۶ اتم سدیم و ۶ مولکول دو اتمی کلر وجود دارد. اگر عدد جرمی سدیم و کلر به ترتیب ۲۳ و ۳۵/۵ واحد باشد و با انداختن یک قطره آب بین آنها واکنش ایجاد شود، جرم سدیم کلرید تولید شده چند واحد است؟

الف- ۵۸/۵      ب- ۳۵۱      ج- ۵۶۴      د- ۱۰۵۳

**پاسخ:** گزینه ب درست است، با توجه به قانون پایستگی جرم داریم:



بنابراین به ازای ۶ اتم سدیم فقط ۳ مولکول دو اتمی کلر وارد واکنش می‌شوند، با محاسبه جرم واکنش دهنده‌ها می‌توان جرم فرآورده‌ها را محاسبه کرد،

$$(6 \times 23) + (3 \times (35/5 + 35/5)) = 351$$