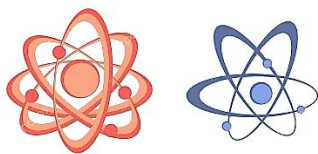


به نام خداوند بخشنده و مهربان



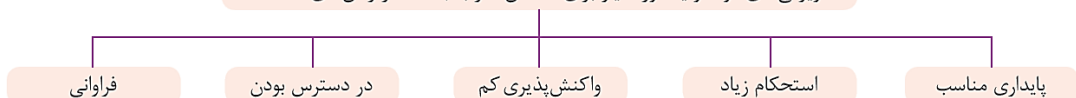
دوپینگ شیمی گروه آموزشی ماز

خلاصه نکات فصل سوم شیمی پایه دوازدهم

اهمیت نکات حفظی این فصل در شیمی کنکور: ★★★★★

- مواد اولیه برای ساخت آثار به جای مانده از گذشتگان، دارای ویژگی‌های خاصی هستند. از جمله این ویژگی‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

ویژگی‌های مواد اولیه مورد نیاز برای ساختن آثار به‌جامانده از زمان‌های گذشته



عمر طولانی این آثار، تأییدی بر این ویژگی‌ها است.

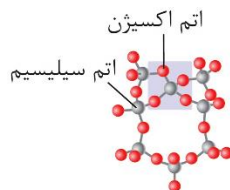
- شیمی‌دان‌ها در قدم اول نوع، مقدار، ساختار و رفتار مواد سازنده آثار به جا مانده را بررسی کردند و سپس با بهره‌گیری از دانش شیمی توانستند به مواد جدیدتری دست یابند. موادی با خواص ویژه که کاربردهای معین داشتند.
- برخی از دانشمندان بر این باور هستند که موادی با کاربردهای ویژه را می‌توان مبنای کار و کلید موفقیت طراحان، هنرمندان و مهندسان برای خلق سازه‌های زیبا و ماندگار امروزی دانست.
- خاک رس مخلوطی از مواد گوناگون است. این خاک، مخلوطی از اکسیدهای گوناگون را در برمی‌گیرد. جدول زیر درصد جرمی مواد سازنده نوعی خاک رس را نشان می‌دهد که از یک معدن طلا استخراج شده است.

| ماده          | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $H_2O$ | $Na_2O$ | $Fe_2O_3$ | $MgO$ | $Au$ و دیگر مواد |
|---------------|---------|-----------|--------|---------|-----------|-------|------------------|
| ترتیب فراوانی | ۱       | ۲         | ۳      | ۴       | ۵         | ۶     | ۷                |

در رابطه با این نوع از خاک رس، به مطالب زیر دقت کنید:

- سرخ فام بودن این نوع خاک رس به دلیل وجود  $Fe_2O_3$  در ساختار آن است.
- هنگام پختن سفالینه‌های تهیه شده از این نوع خاک رس، با افزایش دما، مقداری از آب موجود در آن تبخیر شده و به همین خاطر، درصد جرمی آب در این نوع از خاک کاهش می‌یابد. طی این فرایند، درصد جرمی سایر اجزای سازنده خاک رس افزایش می‌یابد.
- همان طور که در جدول بالا مشاهده می‌کنید، در یک نمونه خاک رس،  $SiO_2$  (سیلیسیم دی‌اکسید) بیش‌ترین درصد جرمی را دارد.
- $SiO_2$  افزون بر خاک‌های رس، یکی از سازنده‌های اصلی بسیاری از سنگ‌ها، صخره‌ها و نیز شن و ماسه است. وجود این ماده باعث استحکام و ماندگاری سازه‌های سنگی و نقشکندهای روی آن‌ها شده است.
- فراوان‌ترین عناصر سازنده کهری زمین به ترتیب  $O$ ،  $Si$  و  $Fe$  هستند. از طرفی، فراوان‌ترین عناصر سازنده پوسته زمین به ترتیب  $O$  و  $Si$  هستند. به همین خاطر است که ترکیب‌های گوناگون دو عنصر  $O$  و  $Si$ ، بیش از ۹۰٪ پوسته جامد زمین را تشکیل می‌دهند. بر این اساس، می‌توان گفت سیلس ( $SiO_2$ ) فراوان‌ترین اکسید در این لایه از سیاره ما به شمار می‌رود.
- کوارتز از جمله نمونه‌های خالص و ماسه از جمله نمونه‌های ناخالص سیلیس است. در واقع، ماسه نمونه‌ای از سیلیس به همراه ناخالصی است.
- سیلیس خالص به دلیل داشتن خواص نوری ویژه در ساخت منشورها و عدسی‌ها به کار می‌رود.
- پختن نان سنگک بر روی دانه‌های درشت سنگ را می‌توان نشانه‌ای از مقاومت گرمایی بالای سیلیس دانست.
- مواد کووالانسی مجموعه‌ای از اتم‌های بسیار هستند که با هم پیوندهای اشتراکی داشته و یک شبکه‌ی غول‌آسا را ایجاد می‌کنند. برای مثال، سیلیس، سیلیسیم، گرافیت و الماس از جمله جامدهای کووالانسی هستند. مواد کووالانسی به دلیل وجود پیوند اشتراکی میان همه‌ی اتم‌های خود، نسبت به مواد مولکولی دارای نقطه ذوب بالاتر و درجه سختی بیش‌تری هستند.
- مولکول‌های  $H_2O$  در ساختار یخ، در یک آرایش منظم و سه‌بُعدی با تشکیل حلقه‌های شش گوشه، شبکه‌ای همانند کندوی زنبور عسل با استحکام ویژه پدید می‌آورند. در این ساختار هر اتم اکسیژن به دو اتم هیدروژن با پیوند اشتراکی و به دو اتم هیدروژن از مولکول‌های دیگر با پیوندهای هیدروژنی متصل است. این در حالی است که در ساختار سیلیس، همه اتم‌ها (اتم‌های سیلیسیم و اکسیژن) با پیوندهای اشتراکی به یکدیگر متصل شده‌اند.

- سیلیس، شامل شمار بسیار زیادی از اتم‌های سیلیسیم و اکسیژن با پیوندهای اشتراکی  $Si - O - Si$  بوده و دارای ساختاری به هم پیوسته و غول آسا است. ساختاری که دلیلی بر سختی بالا و دیرگداز بودن چنین موادی است. ساختار سیلیس به صورت زیر است:



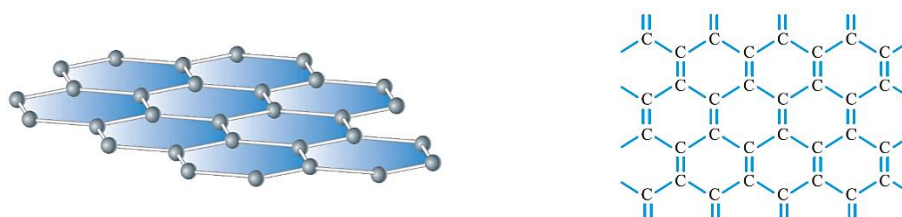
- مواد کوالانسی در دما و فشار اتاق به حالت جامد هستند؛ بنابراین، مواد مورد نظر را با نام جامد کوالانسی نیز می‌خوانند.
- عنصرهای اصلی سازنده جامدهای کوالانسی در طبیعت، کربن و سیلیسیم هستند. از این دو عنصر تاکنون یون تک اتمی در هیچ ترکیبی شناخته نشده است، زیرا اتم‌های  $C$  و  $Si$  با تشکیل پیوندهای اشتراکی به آرایش الکترونی هشت تایی می‌رسند. البته، اتم‌های سیلیسیم و کربن در ساختار برخی از یون‌های چنداتمی مثل کربنات و سیلیکات یافت می‌شوند.
- در جدول زیر به بررسی تعدادی از جامدهای کوالانسی می‌پردازیم:

| اتم‌های تشکیل دهنده | تعداد بعد در شبکه بلوری | شفافیت | موارد استفاده |                           |
|---------------------|-------------------------|--------|---------------|---------------------------|
| سیلیس               | $Si$ و $O$              | ۳      | ✓             | ساخت منشور و عدسی         |
| سیلیسیم             | فقط $Si$                | ۳      | ✗             | -                         |
| سیلیسم کربید        | $C$ و $Si$              | ۳      | ✗             | ساخت سنباده               |
| گرافیت              | فقط $C$                 | ۲      | ✗             | ساخت مغز مداد             |
| گرافن               | فقط $C$                 | ۲      | ✓             | -                         |
| الماس               | فقط $C$                 | ۳      | ✓             | ساخت مته و ابزار برش شیشه |

- گرافیت و الماس از جمله دگرشکل‌های طبیعی کربن بوده که جزو جامدهای کوالانسی هستند. گرافیت به دلیل ساختار لایه‌ای خود، دارای چگالی کم‌تری نسبت الماس است. همچنین این ویژگی چند لایه بودن گرافیت، سبب شده که گرافیت در مقایسه با الماس درجه‌ی سختی کمتری داشته باشد و با کشیدن آن بر روی کاغذ، لایه‌هایی از گرافیت جدا شده و بر روی کاغذ باقی بمانند.
- تصاویر زیر، نمایی از ساختار گرافیت و الماس را نشان می‌دهد:



- گرافن، تک لایه‌ای از گرافیت است که در آن، اتم‌های کربن با پیوندهای اشتراکی، حلقه‌های شش گوشه تشکیل داده‌اند. چنین ساختاری با الگویی مانند کندوی زنبور عسل، استحکام ویژه‌ای دارد به طوری که مقاومت کششی آن حدود ۱۰۰ برابر فولاد است.
- یک روش ساده برای تهیه گرافن استفاده از گرافیت و نوارچسب نازک برای جدا کردن لایه‌هایی از آن است. در این روش، نخست مقداری گرد گرافیت را بین دو تکه نوار چسب فشار می‌دهند و سپس، یکی از نوارچسب‌ها را جدا می‌کنند. با ادامه این فرایند، لایه‌ای به ضخامت نانومتر در برخی قسمت‌های نوار چسب باقی می‌ماند که همان گرافن است. ساختار گرافن به صورت زیر است:



- توجه داریم که در ساختار گرافیت و گرافن، حدود یک سوم از پیوندهای کربن-کربن دوگانه هستند. این در حالی است که در ساختار الماس، همه پیوندهای کربن-کربن یگانه هستند.

- در قرن ۱۶ میلادی، قطعه بزرگی از گرافیت خالص کشف شد که بسیار نرم بود. به دلیل شکل ظاهری این ماده، مردم آن زمان می‌پنداشتند که گرافیت از سرب تشکیل شده است. امروزه با آن که می‌دانیم مغز مداد از جنس گرافیت است، اما این ماده هنوز به سرب مداد معروف است.
- در جدول زیر، به مقایسه‌ی جامدهای کوالانسی حاصل از کربن می‌پردازیم.

| گرافیت | گرافن | الماس |
|--------|-------|-------|
| ✓      | ✓     | ✗     |
| ✓      | ✓     | ✗     |
| ✗      | ✗     | ✓     |
| ✓      | ✓     | ✓     |
| ✗      | ✓     | ✓     |
| بیشتر  | بیشتر | کمتر  |

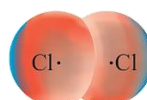
- برای ذوب کردن یا خرد کردن سیلیس و سایر جامدهای کوالانسی، باید بر پیوندهای اشتراکی بین اتم‌های موجود در این مواد غلبه کنیم. بر این اساس، جامدهای کوالانسی دیرگداز بوده و علاوه بر سختی زیاد، نقطه ذوب بالایی دارند.
- سیلیسیم در طبیعت به حالت خالص یافت نمی‌شود و به طور عمده به شکل سیلیس ( $SiO_2$ ) وجود دارد. در واقع چون آنتالپی پیوند  $Si - O$  بزرگتر از آنتالپی پیوند  $Si - Si$  است، یک نمونه از سیلیس پایداری بیشتری در مقایسه با سیلیسیم خالص دارد و به همین خاطر، اغلب اتم‌های  $Si$  موجود در طبیعت در ساختار سیلیس جای می‌گیرند.
- ساختار الماس مانند ساختار سیلیسیم خالص است، اما نقطه ذوب این جامد کوالانسی بالاتر از نقطه ذوب سیلیسیم است. در واقع برای ذوب کردن الماس و سیلیسیم، باید بر نیروی پیوندهای  $C - C$  و  $Si - Si$  موجود در بلور این مواد غلبه کنیم و از آنجا که آنتالپی پیوند  $C - C$  بیشتر از آنتالپی پیوند  $Si - Si$  است، پس برای ذوب کردن الماس به انرژی بیشتری نیاز بوده و نقطه ذوب این ماده بالاتر است.
- سیلیسیم کربید با فرمول شیمیایی  $SiC$  یک سایندۀ ارزان قیمت است که در دسته جامدهای کوالانسی قرار می‌گیرد. سیلیسیم کربید، ساختاری مشابه الماس و سیلیسیم دارد و از آن در تهیه سمباده استفاده می‌شود.
- به موادی که در ساختار خود مولکول‌های مجزا دارند، مواد مولکولی می‌گویند. برای مثال،  $H_2O$  و  $CO_2$  از جمله مواد مولکولی هستند.
- اغلب ترکیب‌های آلی جزو مواد مولکولی هستند. توجه داریم که واژه‌های شیمیایی رایج مانند ماده مولکولی، فرمول مولکولی و نیروهای بین مولکولی را صرفاً برای مواد مولکولی به کار می‌بریم و برای جامدهای کوالانسی و ترکیب‌های یونی، نمی‌توان از این واژه‌ها استفاده کرد.
- همه‌ی ترکیب‌هایی که در دما و فشار اتاق به حالت مایع و یا گاز هستند را در دسته مواد مولکولی قرار می‌دهیم.
- رفتار فیزیکی مواد مولکولی به نوع و قدرت نیروهای بین مولکولی آن‌ها بستگی دارد؛ در حالی که رفتار شیمیایی این مواد به طور عمده به پیوندهای اشتراکی (جفت الکترون‌های پیوندی) و جفت الکترون‌های ناپیوندی موجود در مولکول آن‌ها وابسته است.
- رفتارهای فیزیکی و شیمیایی مواد مولکولی به شرح جدول زیر هستند:

|                    |                                                                                  |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| رفتار فیزیکی مواد  | آنتالپی تبخیر - نقطه ذوب و جوش - چگالی مواد - حالت فیزیکی مواد (جامد، مایع، گاز) |
| رفتار شیمیایی مواد | آنتالپی سوختن - واکنش پذیری                                                      |

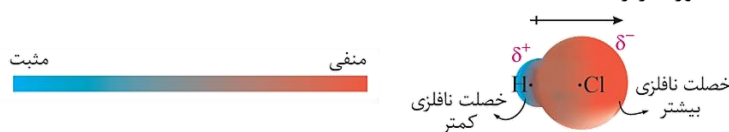
- هر اتم بر اساس توزیع جفت الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی از قاعده هشت تایی پیروی می‌کند به جز اتم هیدروژن که تنها یک جفت الکترون پیوندی یا یک پیوند اشتراکی پیرامون آن نمایش داده می‌شود و رادیکال‌هایی مانند  $NO$  و  $NO_2$  که دارای اتم‌هایی هستند که از قاعده هشت تایی پیروی نمی‌کنند.
- توزیع جفت الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی در هر مولکول نقش مهمی در تعیین رفتار آن به ویژه در میدان الکتریکی دارد.
- ساده‌ترین مولکول‌ها، دواتمی هستند. مولکول‌هایی مانند  $H_2$  و  $Cl_2$  که از دو اتم یکسان تشکیل شده‌اند، مولکول دو اتمی جور هسته نامیده می‌شوند. چنین مولکول‌هایی در میدان الکتریکی جهت گیری نمی‌کنند. به عبارت دیگر، گشتاور دو قطبی آنها برابر با صفر بوده و مولکول‌های ناقطبی هستند. نقشه پتانسیل الکترواستاتیکی این مولکول‌ها به صورت زیر است:

مثبت

منفی

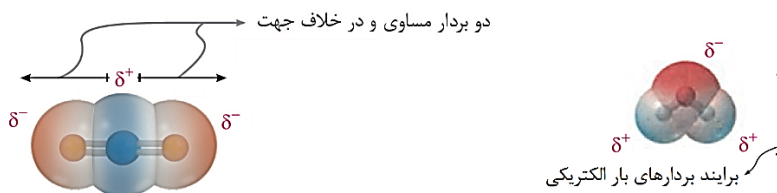


- مولکول‌های دو اتمی مانند  $HCl$ ،  $HF$  و  $NO$ ، مولکول دو اتمی ناجور هسته بوده و قطبی هستند. برای مثال، نقشه پتانسیل الکترواستاتیکی مولکول‌های هیدروژن کلرید به صورت زیر است:



در رابطه با نقشه پتانسیل الکترواستاتیکی مولکول‌ها، به موارد زیر توجه کنید:

- نقشه پتانسیل الکترواستاتیکی نمایش احتمال حضور الکترون‌ها در مولکول‌ها را نشان می‌دهد. در این ساختار، رنگ سرخ تراکم بیشتر و رنگ آبی تراکم کمتر بار الکتریکی منفی را نشان می‌دهد.
- در مولکول‌های ناجور هسته مانند  $HCl$ ، احتمال حضور جفت الکترون پیوندی پیرامون هسته اتمی با خاصیت نافلزی بیشتر (اتم کلر)، بیشتر است. به همین خاطر، می‌توان گفت در این مولکول‌ها احتمال حضور الکترون‌های پیوندی روی هسته اتمی، یکسان و متقارن نیست.
- در مولکول‌های جور هسته، احتمال حضور جفت الکترون پیوندی در فضای بین دو هسته بیشتر است. الکترون‌های پیوندی در این مولکول‌ها بیش‌تر وقت خود را در فضای بین دو هسته می‌گذرانند. به همین خاطر، احتمال حضور الکترون‌ها روی هسته‌ها یکسان و متقارن است.
- به اتمی که تراکم بار الکتریکی روی آن بیش‌تر است، بار جزئی منفی ( $\delta^-$ ) و به اتم دیگر، بار جزئی مثبت ( $\delta^+$ ) نسبت می‌دهند.
- یکی از عواملی که می‌تواند تقارن و توزیع یکنواخت بارهای الکتریکی را در مولکول‌های چند اتمی به هم بزند، وجود جفت الکترون‌های ناپیوندی روی اتم مرکزی است. هر مولکولی که اتم مرکزی آن دارای جفت الکترون ناپیوندی باشد، حتماً قطبی خواهد بود.
- در یک مولکول، صورتی که برآیند حاصل از بارهای جزئی مثبت و منفی صفر شود، آن مولکول ناقطبی است و در غیر این صورت، قطبی است. به عنوان مثال، مولکول آب قطبی و مولکول کربن دی‌اکسید ناقطبی است. به ساختارهای زیر توجه کنید:

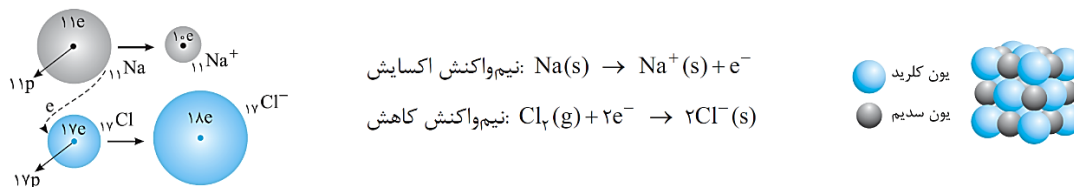


- مواد قطبی دارای حداقل یکی از شروط مقابل هستند: ۱- اتصال دو اتم ناهم‌جور به یکدیگر ۲- وجود جفت الکترون ناپیوندی روی اتم مرکزی
- ۳- اتصال اتم‌هایی از عناصر متفاوت به اتم مرکزی
- کلروفرم ( $CHCl_3$ )، برخلاف کربن تتراکلرید ( $CCl_4$ )، به دلیل اتصال اتم مرکزی آن به اتم‌های متفاوت، یک ماده قطبی است.
- دی‌متیل اتر ( $C_2H_6O$ )، یک ترکیب قطبی است، در حالی که پروپان ( $C_3H_8$ )، همانند سایر هیدروکربن‌ها، یک ترکیب ناقطبی است.
- در جدول زیر، به بررسی تعدادی از ترکیب‌های معرفی شده در کتاب درسی می‌پردازیم:

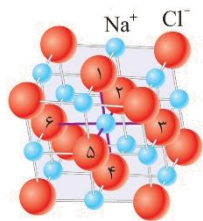
| نام ترکیب                     | آب                                         | کربن دی‌اکسید | اتین          | کربونیل سولفید                    | گوگرد تری اکسید            | آمونیاک                             |
|-------------------------------|--------------------------------------------|---------------|---------------|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| فرمول ترکیب                   | $H_2O$                                     | $CO_2$        | $C_2H_2$      | $SCO$                             | $SO_3$                     | $NH_3$                              |
| نقشه‌ی پتانسیل الکترواستاتیکی |                                            |               |               |                                   |                            |                                     |
| نوع ساختار                    | سه اتمی غیر خطی (شکل V)                    | سه اتمی خطی   | چهار اتمی خطی | سه اتمی خطی                       | چهار اتمی مسطح (مثلثی شکل) | چهار اتمی غیر مسطح                  |
| قطبی                          | ✓                                          | ✗             | ✗             | ✓                                 | ✗                          | ✓                                   |
| دلیل قطبیت                    | وجود جفت الکترون ناپیوندی بر روی اتم مرکزی | -             | -             | اتصال اتم‌های متفاوت به اتم مرکزی | -                          | وجود الکترون ناپیوندی روی اتم مرکزی |

- مولکول‌هایی با گشتاور دوقطبی بزرگ‌تر از صفر، در میدان الکتریکی جهت‌گیری پیدا کرده و یک باریکه مایع از آن‌ها توسط میله باردار از مسیر خود منحرف می‌شود.

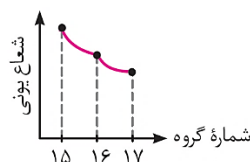
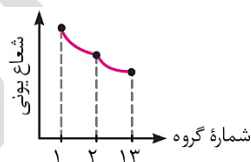
- هر ترکیب یونی دوتایی را می توان فرآورده واکنش یک فلز با یک نافلز دانست. در این واکنش، اتمها با یکدیگر الکترون دادوستد می کنند. در واکنش هایی از این دست، اتم فلز با از دست دادن الکترون و اتم نافلز با به دست آوردن الکترون، به ترتیب به کاتیون و آنیون تبدیل می شوند.
- از واکنش فلز سدیم با گاز کلر، جامد یونی سفید رنگی بر جای می ماند که همان نمک خوراکی است. نور زرد رنگ و گرمای زیاد آزاد شده در این واکنش نشان می دهد که بسیار گرماده است. تصویر زیر، نمایی از این واکنش را نشان می دهد:



- پس از دادوستد الکترون و تشکیل یون ها، میان یون های ناهمنام، نیروی جاذبه و میان یون های هم نام، نیروی دافعه پدید می آید. اگر هر یک از یون ها همانند کره ای باردار باشد، انتظار می رود نیروهای جاذبه و دافعه از همه جهتها به آن وارد شود. به عبارت دیگر، این نیروها به شمار معینی از یون ها محدود نشده بلکه میان همه آن ها و در فاصله های گوناگون وارد می شود.
- وجود سدیم کلرید و دیگر جامدهای یونی در طبیعت نشان می دهد که نیروهای جاذبه میان یون های ناهمنام بر نیروهای دافعه میان یون های هم نام غالب است؛ آن چنان که شمار بسیار زیادی از یون ها به سوی یکدیگر کشیده می شوند. چنین روندی، دلیل پدید آمدن آرایش منظمی از یون ها در سه بعد و تشکیل شبکه بلوری جامد یونی است.
- واژه شبکه بلوری برای توصیف آرایش سه بعدی و منظم اتم ها، مولکول ها و یون ها در حالت جامد به کار می رود.
- آرایش یون ها در سرتاسر یک شبکه بلوری از یک الگوی تکراری پیروی می کند، به طوری که هر کاتیون با شمار معینی آنیون و هر آنیون با شمار معینی کاتیون احاطه شده است.



- شکل مقابل آرایش آرایش یون ها در شبکه بلوری سدیم کلرید را نشان می دهد:
- به شمار نزدیک ترین یون های ناهمنام موجود پیرامون هر یون در شبکه بلور، عدد کوئوردیناسیون می گویند. به طور مثال با توجه به شکل مقابل، عدد کوئوردیناسیون یون های  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  در بلور سدیم کلرید برابر با ۶ است.
- بار کاتیون  $\times$  عدد کوئوردیناسیون کاتیون = شمار نزدیک ترین یون های ناهمنام پیرامون هر کاتیون
- بار آنیون  $\times$  عدد کوئوردیناسیون آنیون = شمار نزدیک ترین یون های ناهمنام پیرامون هر آنیون
- می دانیم که شعاع اتم ها در یک دوره با افزایش شماره گروه کاهش پیدا می کند و همچنین در یک گروه با افزایش شماره گروه، شعاع اتم ها افزایش پیدا می کند.
- برای مقایسه شعاع یون هایی با تعداد الکترون یکسان (یون های هم الکترون)، یونی که تعداد پروتون کمتری در ساختار هسته خود دارد، شعاع بیش تری دارد، زیرا جاذبه هسته بر آخرین لایه الکترونی آن کم تر می شود. برای مثال، مقایسه شعاع چند یون هم الکترون به صورت زیر است:



- به طور کلی آنیون ها اندازه ای بیشتر از اتم خنثای خود دارند و کاتیون ها در مقایسه با اتم خنثای خود، کوچک تر هستند.
- اگر هر یون را کره ای باردار در نظر بگیریم، چگالی بار هم ارز با نسبت بار به حجم آن یون است. چگالی بار، کمیتی است که می تواند برای مقایسه میزان برهمکنش میان یون ها به کار رود. نسبت ساده تری که می توان به کاربرد، نسبت مقدار بار یون به شعاع آن است. در این رابطه، داریم:

$$\text{بار الکتریکی الکترون} \times \text{تعداد الکترون های مبادله شده برای تولید یون از اتم خنثی} = \frac{\text{بار یون}}{\text{حجم یون}} = \text{چگالی بار}$$

$$\text{بار الکتریکی الکترون} = \frac{4}{3} \pi \times (\text{شعاع یون})^3$$

- در زیر به مقایسه ی اندازه ی شعاع و چگالی بار یون های گروه ۱ و ۲ از دوره های دوم و سوم جدول دوره ای می پردازیم.

$$\text{شعاع یون: } K^+ > Na^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+}$$

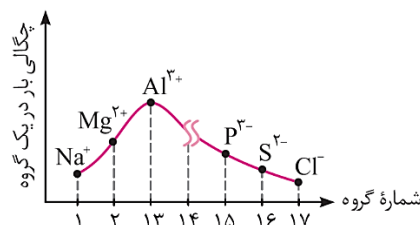
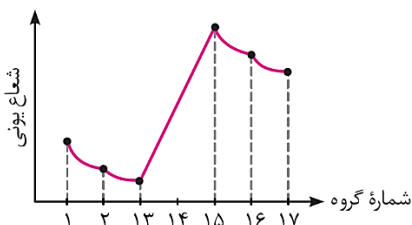
$$\text{چگالی بار یون: } Mg^{2+} > Ca^{2+} > Na^+ > K^+$$

- اکنون به مقایسه‌ی اندازه‌ی شعاع و چگالی بار یون‌های گروه ۱۶ و ۱۷ از دوره دوم و سوم می‌پردازیم:

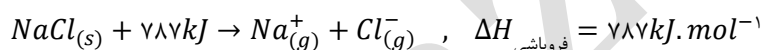
شعاع یون:  $S^{2-} > Cl^{-} > O^{2-} > F^{-}$

چگالی بار یون:  $O^{2-} > S^{2-} > F^{-} > Cl^{-}$

- بین ترکیب‌های یونی ایجاد شده از عناصر بالا، ترکیب یونی  $MgO$  بیشترین نیروی جاذبه و  $KCl$  کمترین نیروی جاذبه میان یون‌ها را دارد.
- در نمودار زیر تغییرات شعاع یون‌ها و چگالی بار یون‌های دوره‌ی سوم جدول را بررسی می‌کنیم:



- بر اساس نمودارهای بالا، در دوره‌ی سوم، یون فسفید بیشترین شعاع را داشته و یون آلومینیم نیز دارای بیشترین چگالی بار است.
- نوع و بار یون‌ها و در نتیجه قدرت نیروی جاذبه میان آن‌ها در شبکه بلوری، کلیدی برای درک رفتار ترکیب‌های یونی است. هر چه نیروی جاذبه میان یون‌ها قوی‌تر باشد، استحکام شبکه یونی بیش‌تر بوده و برای فروپاشی آن به انرژی بیش‌تری نیاز است.
- هرچه چگالی بار یون‌های سازنده یک شبکه یونی بیش‌تر باشد، انرژی لازم برای فروپاشی آن شبکه بیش‌تر است.
- گرمای مصرف شده در فشار ثابت برای فروپاشی یک ترکیب یونی (تبدیل یک مول از شبکه‌ی بلوری یک ترکیب یونی به یون‌های گازی مجزا) را آنتالپی فروپاشی شبکه می‌نامند و آن را با  $\Delta H_{\text{فروپاشی}}$  نمایش می‌دهند. به طور مثال آنتالپی واکنش زیر، سدیم کلرید است:

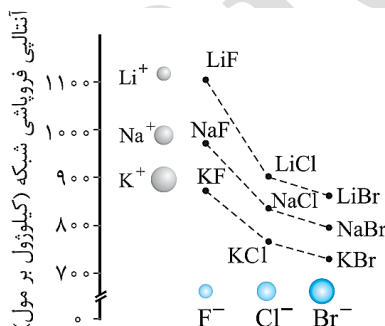


- برای مقایسه‌ی آنتالپی فروپاشی ترکیب‌های یونی، به ترتیب روبرو عمل می‌کنیم: ۱- هرچه مجموع قدرمطلق بار یون‌های موجود در ترکیب بیش‌تر باشد، آنتالپی فروپاشی آن ترکیب بیش‌تر است. ۲- در صورت برابر بودن مجموع قدرمطلق بار یون‌ها، چگالی بار آنیون و کاتیون موجود در بلور دو ترکیب را با هم مقایسه می‌کنیم. ترکیبی که دارای یون‌هایی با چگالی بار بالاتر باشد،  $\Delta H_{\text{فروپاشی}}$  بالاتری دارد. برای مثال، داریم:



- در ترکیب اول، مجموع قدرمطلق بارهای آنیون و کاتیون مساوی ۴ است، پس این ترکیب بیشترین  $\Delta H_{\text{فروپاشی}}$  را دارد. سپس برای مقایسه‌ی  $\Delta H_{\text{فروپاشی}}$  در  $MgF_2$  و  $Na_2O$ ، به سراغ چگالی بار می‌رویم زیرا مجموع قدرمطلق بارهای آنیون و کاتیون در این دو ترکیب برابر با ۳ است. از طرفی، چون در  $NaF$  مجموع قدرمطلق بارهای آنیون و کاتیون برابر ۲ است، این ترکیب کمترین  $\Delta H_{\text{فروپاشی}}$  را دارد.

- میان آنتالپی فروپاشی شبکه و نقطه ذوب جامدهای یونی رابطه‌ای مستقیم وجود دارد. ترکیبی با  $\Delta H_{\text{فروپاشی}}$  بالاتر، دمای ذوب بیش‌تری دارد.
- نمودار مقابل، آنتالپی فروپاشی شبکه بلور هالیدهای فلزهای قلیایی را مقایسه می‌کند:

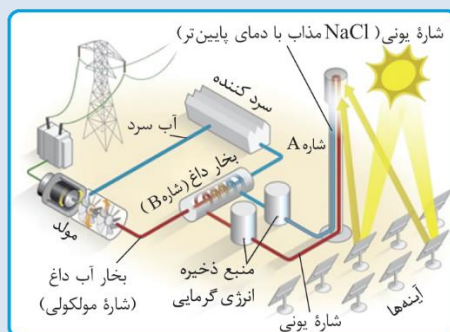


- با افزایش شعاع کاتیون فلزهای قلیایی، آنتالپی فروپاشی شبکه کاهش پیدا می‌کند. همچنین با افزایش شعاع آنیون هالید، آنتالپی فروپاشی شبکه کاهش پیدا می‌کند.
- بالا بودن نقطه ذوب و جوش ترکیب‌های یونی، از جمله ویژگی‌های مهم این مواد است. در این ترکیب‌ها، بخاطر قوی بودن جاذبه میان یون‌ها، نقطه ذوب و جوش تفاوت زیادی داشته و به همین خاطر، از این مواد در برخی از نیروگاه‌های خورشیدی استفاده می‌شود.
- مطابق یک قاعده کلی هر چه تفاوت بین نقطه ذوب و جوش یک ماده خالص بیش‌تر باشد، آن ماده در گستره دمایی بیش‌تری به حالت مایع بوده و نیروهای جاذبه میان ذره‌های سازنده مایع قوی‌تر است.

در رابطه با نیروگاه‌های خورشیدی، به مطالب زیر توجه کنید:

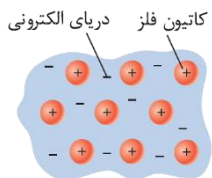
- خورشید بزرگ‌ترین منبع انرژی برای زمین است. منبعی تجدیدپذیر که انرژی خود را با استفاده از پرتوهای الکترومغناطیسی به سوی ما گسیل می‌دارد. بدیهی است که بهره‌گیری بیش‌تر از این انرژی پاک، کاهش ردپای زیست محیطی را به دنبال خواهد داشت.

- دانشمندان برای استفاده بهینه از انرژی خدادادی و رایگان خورشید، به دنبال فناوری‌هایی هستند که بتوانند بخشی از آن را ذخیره نموده و به شکل انرژی الکتریکی وارد چرخه مصرف نمایند. این نیاز، به ویژه در هنگام شب بیش‌تر احساس می‌شود.
- برای تبدیل پرتوهای خورشیدی به انرژی الکتریکی، به دانش و فناوری پیشرفته نیازمند است و به همین خاطر، این فرایند فقط در برخی کشورهای توسعه یافته انجام می‌شود.
- شکل زیر نمایی از فناوری پیشرفته برای تولید انرژی الکتریکی از پرتوهای خورشیدی را نشان می‌دهد:



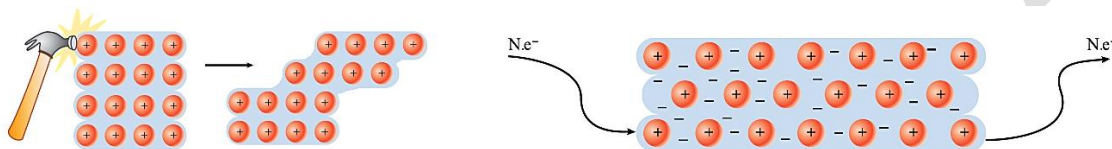
- در این فرایند پرتوهای خورشیدی پس از بازتاب از سطح آینه‌ها، در بالاترین نقطه برج متمرکز شده و انرژی خود را به سیال A که در حال عبور کردن از این قسمت است منتقل می‌کنند و موجب افزایش دمای این ماده می‌شوند. شاره A پس از افزایش دما به سمت منبع ذخیره انرژی گرمایی جریان پیدا کرده در این مخزن باقی می‌ماند.
- در هنگام نیاز به انرژی الکتریکی، شاره A از منبع ذخیره انرژی گرمایی به طرف محل انتقال حرارت جاری شده و بخشی از انرژی خود را به شاره B (آب) می‌دهد و آن را به بخار تبدیل می‌کند. پس از انتقال حرارت، دمای شاره A مجددا کاهش پیدا کرده و این ماده دوباره به سمت برج گیرنده جاری می‌شود. در این فرایند، وظیفه شاره A رساندن حرارت خورشید به شاره B است.
- بخار آب تولید شده در مخزن انتقال حرارت، به سمت یک توربین (مولد) حرکت کرده و با چرخاندن آن سبب تولید انرژی الکتریکی می‌شود. پس از به حرکت درآوردن توربین، بخار آب به سمت سردکننده جاری می‌شود تا دوباره در چرخه تولید بخار قرار بگیرد.
- ماده‌ای که به عنوان شاره A انتخاب می‌شود، باید ظرفیت گرمایی بالایی داشته و در گستره‌ی دمای بزرگی به حالت مایع باشد تا بتواند انرژی گرمایی خورشید را برای مدت طولانی‌تری نگه دارد. از سدیم کلرید که یک شاره یونی است، به عنوان این شاره استفاده می‌کنیم.
- گستره دمای  $NaCl$  مذاب در این فناوری بین  $1350^{\circ}C$  تا  $850^{\circ}C$  است. مواد مولکولی در این گستره دمای نمی‌توانند به حالت مایع باشند.
- از آن‌جا که مجموع بار الکتریکی کاتیون‌ها و آنیون‌های در هر ترکیب یونی با هم برابر است، ترکیبات یونی از لحاظ بار الکتریکی خنثی هستند.
- ترکیب‌های یونی در حالت جامد رسانای جریان الکتریسیته نیستند اما با ذوب کردن این مواد یا انحلال آن‌ها در آب، یک محلول الکترولیت به دست می‌آید.
- شبکه بلور ترکیبات یونی شامل تعداد زیادی یون می‌شود که با یک آرایش ویژه و منظم در کنار هم قرار گرفته‌اند. در این حالت، نیروهای جاذبه ایجاد شده بین یون‌ها نام‌نام سبب حفظ پیوستگی بلور جامد یونی می‌شود. با وارد شدن یک نیروی خارجی (مثل ضربه) به بلور ترکیب یونی، لایه‌های سازنده این ترکیب جابه‌جا شده و یون‌های هم‌نام موجود در آن در مقابل یکدیگر قرار می‌گیرند. در چنین شرایطی، نیروی دافعه ایجاد شده میان یون‌های هم‌نام باعث شکستن شبکه بلور و جداسدن قطعات آن از هم می‌شوند.
- تنوع و شمار مواد مولکولی (مثل آب و متان) بیشتر از مواد یونی (مثل سدیم کلرید و کلسیم اکسید) است و تنوع و شمار مواد یونی نیز بیشتر از مواد کووالانسی (مثل گرافیت و سیلیسیم کربید) است.
- به کمک آزمون شعله، می‌توانیم نوع کاتیون فلزی موجود در یک ترکیب یونی را پیدا کنیم. برای این منظور، مقداری از محلول نمک موردنظر را با افشانه روی شعله می‌پاشیم و با توجه به تغییر رنگ شعله، نوع کاتیون فلزی موجود در آن ترکیب را پیدا می‌کنیم.
- تمدن‌های آغازی بر اساس گستره کاربری فلزها که همواره برای زندگی انسان و ادامه آن ضروری و ارزشمند بوده‌اند، نام‌گذاری شده‌اند.
- پس از دوره سنگی، در دوره برنز (آلیاژی از قلع و مس) و سپس در دوره آهن، جوامع دچار دگرگونی و رشد چشمگیری شدند.
- فلزها هنوز هم کلید رشد، گسترش و ارتقای کیفیت زندگی به شمار می‌روند؛ آن‌چنان که بسیاری باور دارند پایداری جامعه پیشرفته با فناوری کارآمد به گستردگی استفاده از عنصرهای فلزی وابسته است.

- فلزها بخش عمده عنصرهای جدول دوره‌ای را تشکیل می‌دهند. این عناصر در هر ۴ دسته s, p, d و f جدول دوره‌ای جای داشته و به طور کلی، خواص مشابهی دارند. البته، برخی از رفتارهای فیزیکی و شیمیایی فلزها متنوع و متفاوت از هم است.
- داشتن جلا، رسانایی الکتریکی، رسانایی گرمایی و شکل پذیری، از جمله رفتارهای فیزیکی فلزها هستند، در حالی که واکنش پذیری و تنوع اعداد اکسایش از جمله رفتارهای شیمیایی آن‌ها است.



- شکل مقابل یک الگوی ساده از شبکه بلوری فلزها را نشان می‌دهد که برای توجیه برخی رفتارهای فیزیکی آن‌ها ارائه شده و به مدل دریای الکترون معروف است:
- بر اساس مدل دریای الکترونی، ساختار فلزها آرایش منظمی از کاتیون‌ها در سه بعد است که در فضای میان آنها سست‌ترین الکترون‌های موجود در اتم که همان الکترون لایه ظرفیت هستند، دریایی را ساخته و در آن آزادانه جابه‌جا می‌شوند.

- در مدل دریای الکترونی، به دلیل حرکت آزادانه الکترون‌ها، نمی‌توان هر الکترون موجود در بلور فلز را تنها متعلق به یک اتم معین دانست.
- دریای الکترونی عاملی است که چیدمان کاتیون‌ها را به دلیل جاذبه‌ای که با آن‌ها ایجاد می‌کند در شبکه بلوری فلز حفظ می‌کند. همچنین این الکترون‌ها هستند که باعث خاصیت چکش‌خواری و رسانایی الکتریکی فلزات می‌شوند. تصاویر زیر، نمایی از این دو ویژگی را نشان می‌دهد:



- فلزها افزون بر رفتارهای مشابه، تفاوت‌های آشکاری در برخی رفتارها نشان می‌دهند. در واقع، هر فلز افزون بر رفتارهای مشترک، رفتارهای ویژه خود را نیز دارد. برای نمونه فلزهای دسته d همانند فلزهای دسته s و p، دارای ویژگی‌هایی مانند جلا، رسانایی الکتریکی، رسانایی گرمایی و شکل پذیری هستند، اما در ویژگی‌هایی مانند سختی، نقطه ذوب و تنوع اعداد اکسایش با آن‌ها تفاوت دارند.
- در میان عنصرهای دسته d از دوره چهارم جدول تناوبی، تیتانیوم ( ${}^{22}\text{Ti}$ ) با ویژگی‌های باورنکردنی، فلزی فراتر از انتظار است. ماندگاری و استحکام مناسب از جمله این ویژگی‌ها است.
- جدول زیر برخی ویژگی‌های تیتانیوم را با فولاد زنگ نزن مقایسه می‌کند:

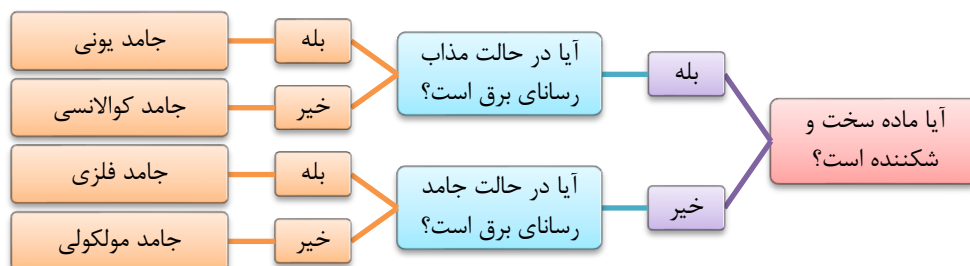
| ویژگی                             | ماده | تیتانیوم | مقایسه | فولاد |
|-----------------------------------|------|----------|--------|-------|
| نقطه ذوب (°C)                     |      | ۱۶۶۷     | <      | ۱۵۳۵  |
| چگالی (g.mL <sup>-۱</sup> )       |      | ۴/۵۱     | >      | ۷/۹۰  |
| واکنش با ذره‌های موجود در آب دریا |      | ناچیز    | >      | متوسط |
| مقاومت در برابر خوردگی            |      | عالی     | <      | ضعیف  |
| مقاومت در برابر سایش              |      | عالی     | ≈      | عالی  |

- در جدول زیر به چند مورد از موارد مصرف تیتانیوم و علت استفاده‌ی آن می‌پردازیم.

| مورد استفاده                                                      | دلیل استفاده                             |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| ساخت برخی از اجزای ثابت و متحرک موتور جت                          | بالا بودن نقطه ذوب تیتانیوم              |
| ساخت پروانه کشتی اقیانوس پیما                                     | مقاومت در برابر خوردگی و واکنش‌پذیری کم  |
| پوشش بیرونی بناهای هنرمندانه، زیبا و ماندگار همانند موزه گوگنهایم | مقاومت بالا در برابر خوردگی              |
| آلیاژ نیتینول، در ساخت فراورده‌های صنعتی و پزشکی                  | شرکت در ساختار آلیاژهای هوشمند           |
| بدنه‌ی دوچرخه                                                     | چگالی کم و مقاومت در برابر خوردگی و سایش |

- نیتینول آلیاژی از نیکل و تیتانیوم است که به آلیاژ هوشمند معروف است. از این آلیاژ در ساخت فراورده‌های صنعتی و پزشکی مانند استنت برای رگ‌ها، سازه ارتودنسی و قاب عینک کاربرد دارد. واکنش تهیه صنعتی تیتانیوم به صورت  $\text{TiCl}_4 + 2\text{Mg} \rightarrow \text{Ti} + 2\text{MgCl}_2$  است.
- واکنش استخراج آهن به وسیله تیتانیوم به صورت  $2\text{Fe} + 3\text{TiO}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{Ti}$  است. دلیل انجام شدن این واکنش، کاهنده‌تر بودن  $\text{Ti}$  نسبت به  $\text{Fe}$  است.

- برای تشخیص نوع مواد مختلف، می‌توانیم طبق نمودار زیر عمل کنیم:



- ترتیب تنوع مواد ذکر شده در جدول بالا در طبیعت به صورت روبرو است:
- احساس و درک رنگ به دلیل نورهایی است که از محیط پیرامون به چشم ما می‌رسد. در واقع، این نورها همان پرتوهای الکترومغناطیسی بوده که طول موج آن‌ها در گستره بین  $400\text{nm}$  تا  $700\text{nm}$  است و چشم ما آن‌ها را می‌بیند.
- اگر در محیطی نور مرئی نباشد، انسان نمی‌تواند پیرامون خود را ببیند. رفتار نور در برخورد با اجسام مختلف، تفاوت دارد. در جدول زیر، رفتار مختلف نور را بررسی می‌کنیم.

| نور جذب شده                              | نور بازتاب شده         |          |
|------------------------------------------|------------------------|----------|
| -                                        | همه‌ی طول موج‌های مرئی | جسم سفید |
| همه‌ی طول موج‌های مرئی                   | -                      | جسم سیاه |
| همه‌ی طول موج‌های مرئی به جز رنگ خود جسم | رنگ جسم                | جسم رنگی |

- سازنده اصلی یک ماده رنگی که به آن رنگ می‌بخشد، رنگدانه نام دارد. برای نمونه،  $TiO_2$  سفید رنگ بوده و  $Fe_2O_3$  قرمز رنگ است. دوده نیز یک رنگدانه به رنگ سیاه است. این مواد، از جمله رنگ‌دانه‌های معدنی هستند. در گذشته انسان، این مواد رنگی را از منابع طبیعی همچون گیاهان، جانوران و برخی کانی‌ها تهیه می‌کرد.
- امروزه پیشرفت و گسترش تولید فراورده‌های صنعتی آن چنان سریع و چشمگیر است که این فراورده‌ها در رقابتی اقتصادی افزون بر جنبه‌های کمی و کیفی، از دیدگاه زیباشناختی، باید رنگ و رنگ آمیزی مناسب و جذابی نیز داشته باشند. چنین اهمیتی باعث تولید رنگ‌های ساختگی گوناگونی شده است. رنگ‌هایی که در صنایع غذایی، نساجی و ساختمانی به کار می‌روند.
- رنگ‌هایی که برای پوشش سطح استفاده می‌شوند (رنگ‌های پوششی)، نوعی کلویید هستند که لایه نازکی روی سطح ایجاد می‌کنند تا افزون بر زیبایی، مانع خوردگی در برابر اکسیژن، رطوبت و مواد شیمیایی گردد.
- وانادیم یک عنصر از دسته‌ی d است که اعداد اکسایش متفاوتی دارد. در جدول زیر محلول نمک‌های مختلف وانادیم در شرایطی با اعداد اکسایش متفاوت را بررسی می‌کنیم:

| محلولی از نمک وانادیم (II)       | محلولی از نمک وانادیم (III)      | محلولی از نمک وانادیم (IV)                  | محلولی از نمک وانادیم (V)                   | محلول                  |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------|
| بنفش                             | سبز                              | آبی                                         | زرد                                         | رنگ محلول              |
| $[_{18}\text{Ar}]\text{Vd}^{3+}$ | $[_{18}\text{Ar}]\text{Vd}^{2+}$ | وانادیم در این محلول به شکل یون چنداتی است. | وانادیم در این محلول به شکل یون چنداتی است. | آرایش الکترونی وانادیم |

- با افزودن مقدار کافی گرد  $Zn$  به محلول نمک وانادیم، با اکسایش  $Zn$  و مشاهده تغییر رنگ محلول، می‌توانیم عدد اکسایش وانادیم در محلول ایجاد شده را تشخیص دهیم.