فصل سوم
شیمی جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری

مواد سازندهٔ آثار باستانی

- شیمی دانشی است که به ما کمک می‌کند تا هوشمندانه از مواد در خلق آثاری هنرمندانه، زیبا و ماندگار بهره ببریم.
- انسان از دیرباز مواد ضروری برای زندگی خود را از جای جای زمین تأمین کرده و برای رفع نیاز، آن‌ها را تغییر داده است.
- مواد اولیه که در ساخت آثار به جای مانده از گذشتگان استفاده شده است، افزون بر فراوانی و در دسترس بودن، باید واکنش‌پذیری کم، استحکام زیاد و پایداری مناسبی داشته باشند.
- شیمی‌دان‌ها ابتدا نوع، مقدار، ساختار و رفتار مواد سازندهٔ آثار به‌جا مانده را بررسی کردند، سپس با بهره‌گیری از دانش شیمی توانستند به مواد جدیدتری دست یابند.

خاک رس

- خاک رس مخلوطی از مواد گوناگون است. فرمول شیمیایی، نام، نوع جامد و درصد جرمی مواد سازنده خاک رس استخراج شده از یک معدن طلا به صورت زیر است:

توجه: مواد سازندهٔ این نوع از خاک رس را مخلوطی از اکسیدها در بر می‌گیرد.

- در بین مواد سازندهٔ خاک رس بیش‌ترین درصد فراوانی مربوط به سیلیس (SiO_2) و کم‌ترین درصد فراوانی مربوط به طلا (Au) و دیگر مواد است:

مقایسهٔ درصد فراوانی مواد سازندهٔ خاک رس : $SiO_2 > Al_2O_3 > H_2O > Na_2O > Fe_2O_3 > MgO >$ Au و مواد دیگر

- سرخ‌فام بودن خاک رس به دلیل وجود آهن (III) اکسید (Fe_2O_3) می‌باشد.
- با حرارت دادن و پختن سفال‌های تهیه شده از این نوع رس (خاک رس معدن طلا)، جرم H_2O کاهش می‌یابد ولی جرم سایر مواد تغییری نمی‌کند (درصد جرمی آن‌ها بیش‌تر هم می‌شود).

اجزای سازنده خاک رس

- درصد جرمی هر ماده در نمونه، گرم آن را در صد گرم نمونه نشان می‌دهد:

$$\text{درصد جرمی محلول‌ها} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰۰$$

فرمول شیمیایی	SiO_2	Al_2O_3	H_2O	Na_2O	Fe_2O_3	MgO	Au و دیگر مواد
نام	سیلیس	آلومینیم اکسید	آب	سدیم اکسید	آهن (III) اکسید	منیزیم اکسید	طلا و دیگر مواد
نوع جامد	کووالانسی	یونی	مولکولی	یونی	یونی	یونی	فلزی
درصد جرمی	۴۶/۲۰	۳۷/۷۴	۱۳/۳۲	۱/۲۴	۰/۹۶	۰/۴۴	۰/۱

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم ماده موردنظر}}{\text{جرم کل نمونه}} \times ۱۰۰$$

@DaneshSad

سیلیس، زیبا، سخت و ماندگار

- سیلیسیم پس از اکسیژن فراوان‌ترین عنصر در پوسته جامد زمین است، به‌طوری که ترکیب‌های گوناگون این دو عنصر بیش از ۹۰٪ پوستهٔ جامد زمین را تشکیل می‌دهند. ← سیلیس (SiO_2) فراوان‌ترین اکسید در این لایه از سیارهٔ ما به شمار می‌رود.
- کوارتز از جمله نمونه‌های خالص و ماسه از جمله نمونه‌های ناخالص سیلیس است.
- سیلیس افزون بر خاک‌های رس، یکی از سازنده‌های اصلی بسیاری از سنگ‌ها، صخره‌ها و نیز شن و ماسه است.
- شبکهٔ بلوری سیلیس، ساختار منظمی از اتم‌های سیلیسیم و اکسیژن در سه بعد است. سیلیس، شامل شمار بسیار زیادی از اتم‌های Si و O با پیوندهای اشتراکی $Si-O-Si$ بوده و دارای ساختاری به هم پیوسته و غول آساست.
- چند ویژگی سیلیس: ۱- در دما و فشار اتاق، جامد است. ۲- سختی بالایی دارد. ۳- دیرگداز است. ۴- مقاومت گرمایی بالایی دارد. ۵- وجود این ماده باعث استحکام و ماندگاری سازه‌های سنگی و نقش‌کندهای روی آن‌ها شده است.
- سیلیس به عنوان نماینده‌ای از جامدهای کووالانسی، در حالت خالص و تراش‌خورده، شفاف، زیبا و سخت است.
- سیلیس خالص به دلیل داشتن خواص نوری ویژه در ساخت منشورها و عدسی‌ها به کار می‌رود.

الماس و گرافیت

- مقایسه الماس و گرافیت

الماس	گرافیت
۱- الماس، جامدی کووالانسی است.	۱- گرافیت، جامدی کووالانسی است.
۲- یکی از دگرشکل‌های طبیعی کربن است.	۲- یکی از دگرشکل‌های طبیعی کربن است.
۳- الماس شبکه‌ای سه‌بعدی دارد.	۳- گرافیت دارای چینش دوبعدی و ساختاری لایه‌ای است.
۴- بسیار سخت و محکم است و ظاهری شفاف دارد.	۴- بسیار نرم و لغزنده است و ظاهری تیره دارد.
۵- الماس رسانایی الکتریکی نداشته و نارسانا است.	۵- گرافیت رسانای خوب جریان الکتریکی است.
۶- کاربرد: ساخت مته‌ها و ابزار برش شیشه و جواهرسازی	۶- کاربرد: استفاده در مغز مداد و الکترود
۷- نوع پیوند بین اتم‌ها: پیوند اشتراکی	۷- نوع پیوند بین اتم‌ها: پیوند اشتراکی

- مقایسهٔ الماس و گرافیت

الماس > گرافیت : مقایسهٔ پایداری ⇒ گرافیت > الماس :سطح انرژی

گرافیت > الماس : انرژی پتانسیل ⇒ گرافیت > الماس : آنتالپی سوختن

مقایسهٔ چگالی : الماس ($3/51\ g.cm^{-3}$) > گرافیت ($2/27\ g.cm^{-3}$)

چند نکته در مورد کربن و سیلیسیم

- کربن (C) و سیلیسیم (Si) هر دو متعلق به گروه ۱۴ جدول دوره‌ای بوده و در لایهٔ ظرفیت خود ۴ الکترون دارند.
- C یک نافلز است که فقط به حالت گرافیت رسانایی الکتریکی بالایی دارد در حالی که Si شبه فلز است و رسانایی الکتریکی کمی دارد.
- Si سومین عنصر فراوان زمین و C سومین عنصر فراوان سیاره مشتری است.
- سیلیسیم، فسفر و گوگرد از جمله عنصرهای اکسیژن دوست هستند به‌طوری که در طبیعت به شکل نمک‌های اکسیژن‌دار یافت می‌شوند. یکی از یون‌های چند اتمی که سیلیسیم با اکسیژن تشکیل می‌دهد یون سیلیکات با فرمول SiO_4^{4-} است.

@DaneshSad

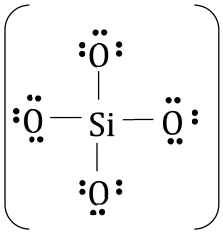
- سیلیسیم کربید (SiC) یک جامد کووالانسی و ساینده ارزان است که در تهیه سنباده به کار می‌رود.
- نقطهٔ ذوب الماس بالاتر از نقطهٔ ذوب سیلیسیم است زیرا آنتالپی پیوند $C-C$ بیش‌تر از $Si-Si$ است.
- سه جامد کووالانسی سیلیسیم (Si) و سیلیسیم کربید (SiC) و الماس ساختاری مشابه دارند و در تمام آنها هر اتم با چهار اتم مجاور پیوند کووالانسی دارد، مقایسهٔ سختی آن‌ها به صورت زیر است:

مقایسهٔ سختی : $C(s, \text{الماس}) > SiC(s) > Si(s)$

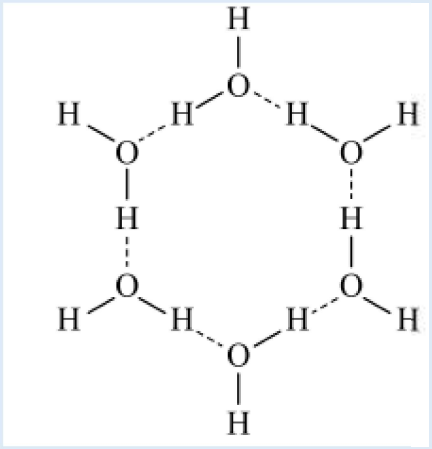
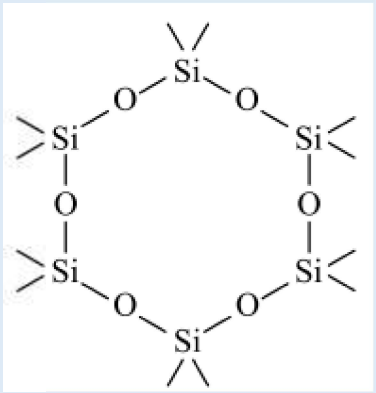
- مقایسهٔ نقطهٔ ذوب جامدهای کووالانسی الماس، سیلیسیم، سیلیسیم کربید و سیلیس به صورت زیر است:

مقایسهٔ نقطهٔ ذوب : الماس > سیلیسیم کربید > سیلیسیم

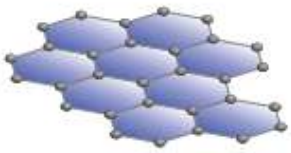
۴ –



نتیجهٔ مقایسهٔ یخ و سیلیس

یخ $(H_2O(s))$	سیلیس $(SiO_2(s))$
۱- خالص، شفاف و سخت است. ۲- دارای آرایش منظم و سه‌بعدی با تشکیل حلقه‌های شش گوشه‌ای. ۳- یخ، جامد مولکولی است. ۴- یخ نقطهٔ ذوب پایینی دارد و زودگداز است. ۵- دارای پیوند اشتراکی بین اتم‌ها و پیوند هیدروژنی بین مولکول‌ها.  توجه: در رأس شش‌ضلعی‌ها اتم اکسیژن قرار گرفته، و روی هر اتم اکسیژن ۲ جفت ناپیوند قرار دارد. ۶- هر ضلع این شش‌ضلعی از یک پیوند اشتراکی $O-H$ و یک پیوند هیدروژنی $O \ldots H$ تشکیل شده است. ۷- هر اتم اکسیژن دارای ۲ پیوند اشتراکی با اتم‌های هیدروژن در داخل مولکول و ۲ پیوند هیدروژن با هیدروژن‌های ۲ مولکول مجاور است.	۱- خالص، شفاف و سخت است. ۲- دارای آرایش منظم و سه‌بعدی با تشکیل حلقه‌ها ۳- سیلیس، جامد کووالانسی است. ۴- سیلیس نقطهٔ ذوب بالایی دارد و دیرگداز است. ۵- فقط دارای پیوند اشتراکی بین اتم‌ها.  توجه: هر اتم سیلیسیم دارای ۴ پیوند با اتم‌های اکسیژن و هر اتم اکسیژن دارای ۲ پیوند با ۲ اتم سیلیسیم مجاور است. ۶- روی هر اتم اکسیژن ۲ جفت ناپیوندی قرار دارد.

گرافن، گونه‌ای دو بعدی به ضخامت یک اتم کربن



- گرافن، تک لایه‌ای از گرافیت است.
- در گرافن اتم‌های کربن با پیوندهای اشتراکی حلقه‌های شش‌گوشه تشکیل داده‌اند.
- ساختار گرافن استحکام ویژه‌ای دارد به طوری که مقاومت کششی آن حدود ۱۰۰ برابر فولاد است.
- از آنجا که ضخامت گرافن به اندازه یک اتم کربن است می‌توان آن را یک گونهٔ شیمیایی دوبعدی دانست.
- گرافن شفاف و انعطاف‌پذیر است. (برخلاف گرافیت)
- یک روش ساده برای تهیهٔ گرافن جدا کردن لایه‌های گرافیت با استفاده از نوار چسب است

@DaneshSad

مقایسهٔ جامدهای کووالانسی و مواد مولکولی

مواد مولکولی	جامدهای کووالانسی
۱- شمار معینی اتم با پیوند (های) اشتراکی به هم متصل شده و مولکول‌ها را می‌سازند. ۲- مولکول‌ها، واحدهای سازندهٔ مواد مولکولی هستند. ۳- در مواد مولکولی نیروهای بین مولکولی وجود دارد. ۴- رفتار فیزیکی مواد مولکولی (آنتالپی تبخیر و نقطهٔ ذوب و جوش و ...) به نوع و قدرت نیروهای بین مولکولی بستگی دارد. توجه: رفتار شیمیایی مواد مولکولی به طور عمده به پیوندهای اشتراکی و جفت الکترون‌های ناپیوندی موجود در مولکول وابسته است. ۵- اغلب مواد مولکولی سخت و شکننده نیستند. ۶- جامدهای مولکولی رسانای جریان برق نیستند. ۷- نقطهٔ ذوب اغلب مواد مولکولی پایین است. ۸- عنصرهایی که جزء مواد مولکولی هستند: اکسیژن (O_2) + هیدروژن (H_2) + نیتروژن (N_2) + عنصرهای گروه ۱۷ ۹- ترکیب‌هایی که در دما و فشار اتاق به حالت مایع و گاز هستند جزء مواد مولکولی به شمار می‌روند.	۱- در ساختار یک جامد کووالانسی، شمار بسیار زیادی اتم با پیوندهای اشتراکی به یکدیگر متصل شده‌اند. ۲- در ساختار جامدهای کووالانسی مولکول‌های مجزا و مستقل نداریم. اتم‌ها، واحدهای سازندهٔ جامدهای کووالانسی هستند. ۳- جامدهای کووالانسی نیروی بین مولکولی ندارند، چون مولکول ندارند. ۴- برای تبدیل جامدهای کووالانسی به حالت مایع و بخار باید بر پیوندهای اشتراکی بین اتم‌ها غلبه کرد. ۵- جامدهای کووالانسی سخت و شکننده هستند. (به جز گرافیت) ۶- جامدهای کووالانسی رسانای جریان برق نیستند. (به جز گرافیت و سیلیسیم) ۷- نقطهٔ ذوب جامدهای کووالانسی بالا است. ۸- عنصرهای کربن، سیلیسیم و ژرمانیم که جزء مواد کووالانسی هستند: ۹- تنوع و شمار جامدهای کووالانسی کمتر از مواد مولکولی است.

نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی

- شیمی‌دان‌ها برای نمایش توزیع الکترون‌ها و بررسی تراکم بار الکتریکی روی اتم‌های سازندهٔ یک گونهٔ شیمیایی از نقشهٔ پتانسیل الکتریکی استفاده می‌کنند.
- نمونه‌ای از نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی در مولکول‌های دواتمی:



آ) احتمال حضور جفت الکترون پیوندی پیرامون هستهٔ اتم کلر بیش‌تر بوده زیرا خاصیت نافلزی آن بیش‌تر است، از این‌رو احتمال حضور الکترون‌های پیوندی روی هسته‌ها، یکسان و متقارن نیست.

ب) احتمال حضور جفت الکترون پیوندی در فضای بین دو هسته بیش‌تر است، گویی بیش‌تر وقت خود را آنجا می‌گذرانند، از این‌رو احتمال حضور آن‌ها روی هسته‌ها، یکسان و متقارن است.

- توجه کنید که رنگ سرخ تراکم بیش‌تر و رنگ آبی تراکم کمتر بار الکتریکی را نشان می‌دهد.
- پیوند بین دو اتم غیریکسان را می‌توان با یک بردار که نوک بردار در جهت اتمی با بار جزئی منفی (δ^-) است نشان داد. مانند:

$$\overset{\delta^+}{H}-\overset{\delta^-}{Cl}\longrightarrow$$

مولکول‌های قطبی و ناقطبی

- مولکول‌های قطبی

۱- در این مولکول‌ها توزیع الکترون‌ها متقارن نبوده و تراکم بار الکتریکی روی اتم‌های سازندهٔ مولکول یکسان نیست.

۲- به اتمی که تراکم بار الکتریکی روی آن بیشتر است، بار جزئی منفی (δ^-) و به دیگری بار جزئی مثبت (δ^+) نسبت می‌دهند.

۳- به دلیل داشتن دو سر مثبت و منفی، هنگام قرار گرفتن در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند.

@DaneshSad

۴- بدیهی است چنین مولکول‌هایی گشتاور دوقطبی بزرگ‌تر از صفر دارند.

۵- مولکول‌های دواتمی ناجور هسته (مولکول‌هایی که دو اتم متفاوت دارند) قطبی هستند.

- مولکول‌های ناقطبی

۱- در این مولکول‌ها الکترون‌ها به طور یکنواخت و متقارن توزیع شده‌اند. (در مولکول‌های دو اتمی جور هسته توزیع بار الکتریکی علاوه بر تقارن، یکسان و یکنواخت نیز هست)

۲- فاقد سرهای مثبت و منفی در دو سر مولکول هستند (به عبارتی دو سر مولکول از لحاظ بار الکتریکی متقارن خواهد بود.)

۳- در صورت قرار گرفتن در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند.

۴- گشتاور دوقطبی آن‌ها برابر صفر یا تقریباً برابر صفر می‌باشد.

۵- مولکول‌های دواتمی جور هسته (مولکول‌هایی که دو اتم یکسان دارند) ناقطبی هستند.

بررسی قطبی بودن مولکول با توجه به ساختار لوویس

- شرط قطبی بودن مولکول

۱- مولکول‌های دواتمی: اگر دو اتم متصل به هم یکسان نباشند (مولکول‌های دواتمی ناجور هسته) قطبی هستند، مانند: HF

۲- مولکول‌های چند اتمی: اگر یکی از دو شرط زیر را دارا باشد قطبی هستند:

الف) اتم مرکزی دارای جفت الکترون ناپیوندی باشد، مانند: NF_3 ، SO_2، H_2O، O_3 و ...

ب) اتم‌های پیرامون اتم مرکزی متفاوت باشند، مانند: $CHCl_3$ ، HCN و N_2O

۳- همهٔ مولکول‌هایی که از یک نوع اتم تشکیل شده باشند الزاما ناقطبی نیستند، مانند: O_3

۴- تمام مولکول‌هایی که شکل خمیده دارند قطبی هستند، مانند: SO_2 و H_2O

توجه: در شکل‌های خمیده اتم مرکزی به دو اتم دیگر متصل شده و دارای یک یا دو جفت الکترون ناپیوندی است.

۵- مولکول‌های دی‌متیل‌اتر $(CH_3 - O - CH_3)$ و کربونیل‌سولفید (SCO) و کلروفرم $(CHCl_3)$ قطبی است.

- شرط ناقطبی بودن مولکول

۱- مولکول‌های دواتمی: اگر دو اتم متصل به هم یکسان باشند (مولکول‌های دواتمی جور هسته) ناقطبی هستند. مانند: F_2، H_2 ...

۲- اتم مرکزی فاقد جفت الکترون ناپیوندی بوده و با پیوندهای اشتراکی به اتم‌های یکسانی متصل باشد مانند: CH_4 ، SO_3، CO_2 و CCl_4

۳- مولکول‌های خطی (مولکول‌هایی که اتم مرکزی فاقد جفت ناپیوندی است و به دو اتم دیگر متصل شده است.) می‌توانند قطبی یا ناقطبی باشند. مثلا HCN و CO_2 هر دو خطی هستند، HCN قطبی و CO_2 ناقطبی است.

۴- تمام هیدروکربن‌ها (آلکان‌ها، آلکن‌ها و آلکین‌ها) ناقطبی هستند مثلاً پروپان و اتن و اتین ناقطبی هستند.

هنرنمایی شاره (سیال)های مولکولی و یونی برای تولید برق

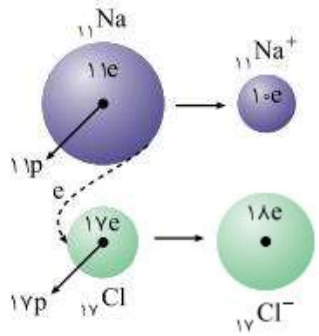
- خورشید منبعی تجدیدپذیر است که انرژی خود را با پرتوهای الکترومغناطیسی به سوی ما گسیل می‌دهد.
- بهره‌گیری بیشتر از این انرژی پاک، کاهش ردپای زیست محیطی را به دنبال خواهد داشت ⟵ دانشمندان برای استفاده بهینه از انرژی خدادادی و رایگان خورشید به دنبال فناوری‌هایی هستند که بتوانند بخشی از آن را ذخیره نموده و به شکل انرژی الکتریکی وارد چرخهٔ مصرف نمایند.
- در فناوری پیشرفته برای تولید انرژی الکتریکی از پرتوهای خورشیدی با متمرکز شدن پرتوهای خورشیدی دمای شاره افزایش پیدا کرده و این شاره بسیار داغ به منبع ذخیره انرژی گرمایی سرازیر می‌شود تا حتی در روزهای ابری و شب هنگام، انرژی لازم برای تبدیل آب به بخار داغ را فراهم کند. بخار داغ، توربین را برای تولید انرژی الکتریکی به حرکت درمی‌آورد.

برخورد نور خورشید به آینه‌ها ← انعکاس نور خورشید روی برج گیرنده ← دریافت انرژی خورشیدی توسط شارهٔ یونی و افزایش دمای آن ← انتقال انرژی گرمایی شارهٔ یونی به آب ← حرکت توربین توسط شارهٔ مولکولی (بخار آب) و تولید برق

@DaneshSad

- در این فناوری از ماده‌ای به عنوان شاره استفاده می‌شود که تفاوت بین نقطهٔ ذوب و جوش آن بیشتر باشد ← شاره در گسترهٔ دمایی بیشتری به حالت مایع بوده و نیروهای جاذبهٔ میان ذره‌های سازندهٔ مایع قوی‌تر باشد.
- در ضمن بین NaCl، HF و N_2 از NaCl به عنوان شاره یونی استفاده می‌شود زیرا اختلاف بین نقطهٔ ذوب و جوش آن بیشتر است.
- شارهٔ یونی (سدیم کلرید) به عنوان منبع ذخیره انرژی گرمایی عمل می‌کند در حالی که شارهٔ مولکولی (بخار آب) برای به حرکت در آوردن توربین مولد الکتریکی به کار می‌رود.
- گسترهٔ دمایی سدیم کلرید مذاب در این فناوری در حدود ۱۳۵۰ °C تا ۸۵۰ است، گسترهٔ دمایی که برای مواد مولکولی نمی‌توان انتظار داشت.
- گستره دمای مایع بودن مس ۲۵۰۰°C تا ۱۰۸۳ و گستره مایع بودن اکسیژن ۱۸۳°C− تا ۲۱۷- است.

تشکیل ترکیب یونی



- هر ترکیب یونی دوتایی (مانند NaCl) را می‌توان فراوردهٔ واکنش یک فلز با یک نافلز دانست.
- در واکنش‌هایی که منجر به تشکیل ترکیب یونی می‌شوند، اتم‌ها با یکدیگر الکترون داد و ستد می‌کنند به این صورت که اتم‌های فلز با از دست دادن الکترون و اتم‌های نافلز با به دست آوردن الکترون به ترتیب به کاتیون‌ها و آنیون‌ها تبدیل می‌شوند.
- در تشکیل ترکیب‌های یونی اتم‌های فلز با از دست دادن الکترون به آرایش گاز نجیب دورهٔ قبل از خود می‌رسند:

$$_{11}Na: [_{10}.Ne]3s^1 \xrightarrow{\text{Na یک الکترون از دست می‌دهد}} {}_{11}Na^+: [_{10}.Ne]$$

- اتم‌های نافلز با گرفتن الکترون به آرایش گاز نجیب هم دورهٔ خود می‌رسند:

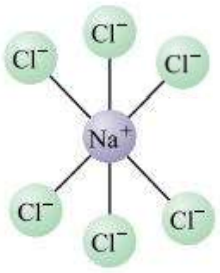
$$_{17}Cl: [_{10}.Ne]3s^2 3p^5 \xrightarrow{\text{Cl یک الکترون می‌گیرد}} {}_{17}Cl^-: : [_{10}.Ne] \underbrace{3s^2 3p^6}_{\text{لایهٔ آخر هشت‌تایی}} = [_{18}Ar]$$

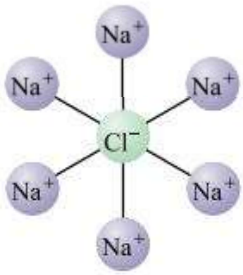
- از واکنش فلز سدیم با گاز کلر، جامد یونی سفید رنگی برجای می‌ماند که همان نمک خوراکی است. نور و گرمای آزاد شده در این واکنش نشان می‌دهد که بسیار گرماده است.
- پس از تشکیل ترکیب‌های یونی، یون‌های تشکیل شده نسبت به عناصر اولیه، پایدارتر بوده و سطح انرژی پایین‌تری دارند.
- عناصر واسطه با تشکیل کاتیون اغلب به آرایش گاز نجیب نمی‌رسند و فقط تعداد کمی از آن‌ها مانند اسکاندیم با از دست دادن الکترون به آرایش گاز نجیب دورهٔ قبل از خود می‌رسند.

$$_{21}Sc: [_{18}Ar]3d^1 4s^2 \rightarrow {}_{21}Sc^{3+}: [_{18}Ar]$$

شبکهٔ بلوری

- واژه شبکه بلوری برای توصیف آرایش سه بعدی و منظم اتم‌ها، مولکول‌ها و یون‌ها در حالت جامد به کار می‌رود.
- پس از داد و ستد الکترون و تشکیل یون‌ها، میان یون‌های ناهم‌نام، نیروی جاذبه و میان یون‌های هم‌نام، نیروی دافعه پدید می‌آید.
- نیروهای جاذبه و دافعه به شمار معینی از یون‌ها محدود نمی‌شود بلکه میان همهٔ یون‌ها و در فاصله‌های گوناگون وارد می‌شود.
- وجود جامدهای یونی در طبیعت نشان می‌دهد که نیروهای جاذبه میان یون‌های ناهم‌نام بر نیروهای دافعهٔ میان یون‌های هم‌نام غالب است.
- غالب بودن جاذبه بر دافعه سبب می‌شود که شمار بسیار زیادی یون به سوی یکدیگر کشیده شوند. چنین روندی، دلیل پدید آمدن آرایش منظمی از یون‌ها در سه بعد و تشکیل شبکه بلوری جامد یونی است.





- به شمار نزدیک‌ترین یون‌های ناهم‌نام پیرامون هر یون، عدد کوئوردیناسیون می‌گویند.
- عدد کوئوردیناسیون یون‌های مثبت و منفی در بلور سدیم کلرید با یکدیگر مساوی و برابر ۶ است.
- فرمول شمیایی هر ترکیب یونی ساده‌ترین نسبت کاتیون‌ها و آنیون‌های سازندهٔ آن را نشان می‌دهد.

@DaneshSad

- به کار بردن واژه‌هایی ماند مولکول و فرمول مولکولی برای توصیف ترکیب‌های یونی درست نیست.
- هر چند مجموع بار آنیون‌ها با مجموع بار کاتیون‌ها در یک شبکه بلوری برابر و شبکه بلوری خنثی است، اما لزومی ندارد که حتماً شمار آنیون‌ها با شمار کاتیون‌ها برابر باشد: Al_2O_3: $2Al^{3+}$, $3\ O^{2-}$

شعاع یونی

- هنگامی که اتم یک فلز الکترون از دست می‌دهد و تبدیل به کاتیون می‌شود، جاذبهٔ هسته بر روی الکترون‌های باقی‌مانده بیشتر می‌شود و در نتیجه شعاع آن کاهش می‌یابد.

شعاع اتمی فلز > شعاع کاتیون آن

- هنگامی که اتم یک نافلز الکترون می‌گیرد و تبدیل به آنیون می‌شود، جاذبهٔ هسته بر روی الکترون‌های ظرفیتی کمتر می‌شود و در نتیجه شعاع آن افزایش می‌یابد.

شعاع اتمی نافلز < شعاع آنیون آن

- در هر گروه از بالا به پایین شعاع یونی نیز مانند شعاع اتمی افزایش می‌یابد.
- در میان یون‌های هم‌الکترون هر چه بار یون مثبت‌تر باشد، شعاع یونی کوچک‌تر و هر چه بار یون منفی‌تر باشد، شعاع یونی بزرگ‌تر است:
- در میان یون‌های هم ردیف، همواره شعاع آنیون‌ها بیشتر از کاتیون‌ها است.
- هم شعاع آنیون‌ها و هم شعاع کاتیون‌های یک ردیف از سمت چپ به راست در حال کاهش است اما شیب تغییرات شعاع کاتیون‌های یک ردیف بسیار بیشتر از آنیون‌های آن ردیف است (مثل شعاع اتمی فلزات و نافلزات یک ردیف)

مقایسهٔ شعاع یونی: $N^{3-} > O^{2-} > F^- > Na^+ > Mg^{2+} > Al^{3+}$

- مقایسه شعاع یون‌های $F^-, O^{2-}, K^+, Ca^{2+}$ نیاز به مشاهدات تجربی دارد.

مقایسه شعاع یونی: $O^{2-} > K^+ > F^- > Ca^{2+}$

چگالی بار یون‌ها

- کمیتی است که می‌تواند برای مقایسهٔ میزان برهم‌کنش میان یون‌ها به کار رود.
- چگالی بار یون هم‌ارز است با:

چگالی بار یون ← $\frac{\text{مقدار بار یون}}{\text{شعاع یون}}$ یا $\frac{\text{بار خالص یون}}{\text{حجم یون}}$

- در هر گروه از بالا به پایین چگالی بار یون کاهش می‌یابد زیرا:
  ۱- مقدار بار یون‌ها برابر است.
  ۲- شعاع یون‌ها افزایش می‌یابد.
- هرچه چگالی بار آنیون و چگالی بار کاتیون بیشتر باشد:

نیروی جاذبهٔ میان یون‌ها بیشتر ← استحکام و پایداری شبکه بیشتر ← فروپاشی شبکه و جدا کردن کامل یون‌ها دشوارتر

- دو مقایسهٔ مهم دربارهٔ چگالی بار یون‌ها:

مقایسهٔ چگالی بار چند کاتیون از گروه‌های ۱ و ۲ : $\underbrace{Mg^{2+} > Ca^{2+}}_{\text{گروه دوم}} > \underbrace{Na^+ > K^+}_{\text{گروه اول}}$

مقایسهٔ چگالی بار چند آنیون از گروه‌های ۱۶ و ۱۷ : $O^{2-} > S^{2-} > F^- > Cl^-$

@DaneshSad

آنتالپی فروپاشی شبکه

- آنتالپی فروپاشی شبکه ($\Delta H_{\text{فروپاشی}}$): گرمای مصرف شده در فشار ثابت، برای فروپاشی یک مول از شبکه یونی و تبدیل آن به یون‌های گازی سازندهٔ آن. بنابراین $\Delta H_{\text{فروپاشی}}$ همواره عددی مثبت است.

$$NaCl(s) + ۷۸۷\ kJ \rightarrow Na^{+}(g) + Cl(g)^{-} \quad , \quad \Delta H_{\text{فروپاشی}}(NaCl(s)) = ۷۸۷\ kJ.mol^{-۱}$$

- مقایسهٔ آنتالپی فروپاشی شبکه بدون استفاده از چگالی بار:

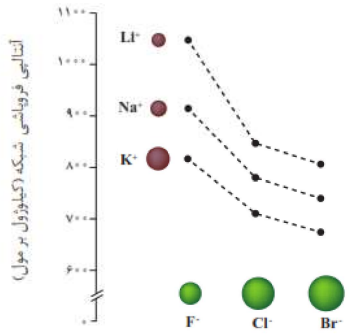
۱- با بار کاتیون و آنیون سازندهٔ شبکه رابطهٔ مستقیم دارد. (هر چه مجموع اندازهٔ بار بیش‌تر ⟸ آنتالپی فروپاشی بیش‌تر)

مقایسهٔ آنتالپی فروپاشی شبکه : $MgO > MgF_{۲}$

۲- در بار برابر هرچه شعاع کاتیون یا آنیون کم‌تر باشد آنتالپی فروپاشی بیشتر خواهد بود.

مقایسهٔ آنتالپی فروپاشی شبکه : $AlF_{۳} > MgO$

۳- با توجه به نمودار زیر که به مقایسه آنتالپی فروپاشی هالیدهای گروه ۱ پرداخته است توجه به چند نکته مهم الزامی است.



الف) آنتالپی فروپاشی تمام این ترکیبات زیر ۱۱۰۰ است، زمانی که یکی از یون‌های سازنده شبکه بلور بار ۲ داشته باشد این عدد بالای ۲۰۰۰ خواهد بود.

ب) در مقایسه آنتالپی فروپاشی این ترکیبات چون بار آنها با هم برابر است باید هم شعاع آنیون‌ها و هم کاتیون‌های آنها را با هم مقایسه کنید و برای مقایسه بعضی از آن‌ها باید به سراغ مشاهدات تجربی بروید.

- هرچه چگالی بار یون‌های سازندهٔ یک جامد یونی بیش‌تر باشد، شبکهٔ آن دشوارتر فروپاشیده می‌شود و نیروی جاذبهٔ میان آن‌ها قوی‌تر است.
- اغلب هر چه آنتالپی فروپاشی شبکه یک ترکیب یونی بیش‌تر باشد، نقطهٔ ذوب آن نیز بالاتر است؛ بنابراین برای مقایسهٔ نقطهٔ ذوب ترکیب‌های یونی، باید آنتالپی فروپاشی شبکهٔ آن‌ها را مقایسه کرد.

ترکیب‌های یونی رسانا یا نارسانا

- ترکیب‌های یونی در حالت جامد (s) رسانای جریان برق نیستند:

ترکیب‌های یونی در حالت جامد ← یون‌ها ثابت‌اند و تقریباً بی‌حرکت ← نارسانا هستند.

- ترکیب‌های یونی در حالت مذاب (l) یا محلول (aq) رسانای جریان برق هستند:

ترکیب‌های یونی در حالت مذاب و محلولی ← یون‌ها آزادانه حرکت می‌کنند. ← رسانا هستند.

- عبور جریان برق از ترکیب‌های یونی ضمن انجام یک واکنش شیمیایی باعث تجزیهٔ آن‌ها می‌شود:

$$۲\ NaCl(l) \xrightarrow{\text{عبور جریان برق}} ۲\ Na(l) + Cl_{۲}(g)$$

- ترکیب‌های یونی سخت و شکننده هستند و خاصیت چکش‌خواری ندارند

وارد کردن ضربه به ترکیب یونی ← جابه‌جایی یون‌ها و قرار گرفتن یون‌های هم‌نام کنار هم ← ایجاد دافعهٔ شدید و به هم ریختن شبکهٔ بلور ← ترکیب‌های یونی شکننده بوده و چکش‌خوار هستند.

@DaneshSad

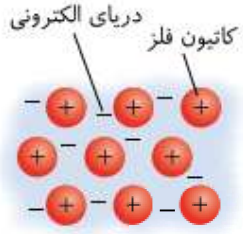
فلزها، عنصرهایی شکل‌پذیر با جلایی زیبا

- پس از دورهٔ سنگی، در دورهٔ برنز و سپس آهن، جوامع دچار دگرگونی و رشد چشم‌گیری شدند و این خود نشان از جایگاه برجستهٔ فلزها در تمدن بشری دارد.
- فلزها هنوز هم کلید رشد، گسترش و ارتقای کیفیت زندگی به شمار می‌روند.
- فلزها بخش عمدهٔ عنصرهای جدول دوره‌ای را تشکیل می‌دهند و در هر چهار دستهٔ d,p,s و f جای دارند اما رفتارهای فیزیکی و شیمیایی متنوعی دارند:

رفتار فیزیکی: داشتن جلا، رسانایی الکتریکی، رسانایی گرمایی و شکل‌پذیری

رفتارهای شیمیایی: واکنش‌پذیری و تنوع اعداد اکسایش

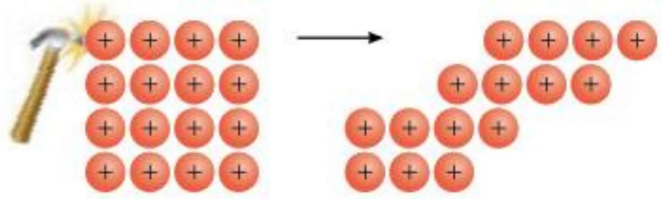
- مدل دریای الکترونی یک الگوی ساده از شبکهٔ بلوری فلزها را نشان می‌دهد و برای توجیه برخی رفتارهای فیزیکی آن‌ها (مانند رسانایی الکتریکی و چکش‌خواری و تفاوت استحکام و نقطه ذوب و جوش) ارائه شده است.



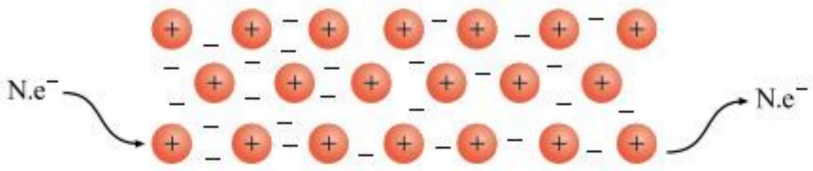
- براساس مدل دریای الکترونی، ساختار فلزها آرایش منظمی از کاتیون‌ها در سه‌بعد است که در فضای میان آن‌ها سست‌ترین الکترون‌های موجود در اتم (الکترون‌های ظرفیت) دریایی را ساخته‌اند و در آن آزادانه جابه‌جا می‌شوند.
- دریای الکترونی عاملی است که چیدمان کاتیون‌ها را در شبکه بلوری فلز حفظ می‌کند.
- بیشتر بودن تعداد الکترون‌های ظرفیتی یا همان دریای الکترونی باعث رسانایی و چکش خواری بیشتر و همچنین ایجاد جاذبه قوی‌تر در شبکه بلور و افزایش استحکام و بالا رفتن نقطه ذوب و جوش فلز خواهد شد به همین دلیل است که اغلب، فلزات واسطه از فلزات اصلی در این ویژگی‌ها پررنگ‌تر هستند.

فلزها، چکش‌خوار و رسانای برق

- فلزها خاصیت چکش‌خواری و شکل‌پذیری دارند، زیرا در اثر وارد کردن ضربه به آن‌ها لایه‌ای از کاتیون‌ها روی هم می‌لغزند اما دریای الکترونی هم جابه‌جا شده و دوباره در فضای بین کاتیون‌ها قرار می‌گیرد.



- فلزها در تمام حالت‌ها (حالت جامد و حالت مذاب) رسانایی الکتریکی دارند، در واقع به دلیل جابه‌جایی آزادانهٔ الکترون‌ها در دریای الکترونی، الکترون‌ها می‌توانند از یک منبع مثلاً باتری وارد فلز شده و برای حفظ تعادل بین دریای الکترونی و کاتیون‌ها، در شبکه باقی نمانده و خارج شوند. این جاری شدن الکترون موجب رسانایی می‌شود.



رنگ، نماد زیبایی

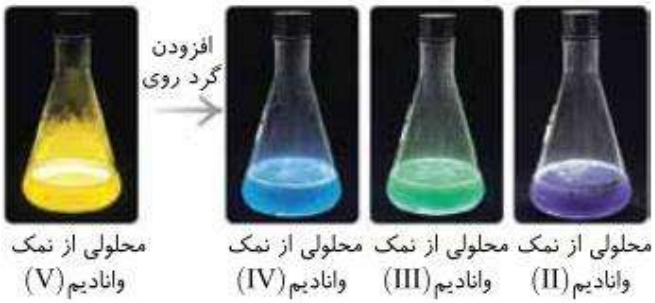
- احساس و درک رنگ به دلیل نورهایی است که از محیط پیرامون به چشم ما می‌رسد ← این نورها همان پرتوهای الکترومغناطیسی که طول موج آن‌ها در گستره ۴۰۰nm تا ۷۰۰nm است.
- اگر یک نمونهٔ ماده همهٔ طول موج‌های مرئی را بازتاب کند، به رنگ سفید و اگر همهٔ آن‌ها را جذب کند، به رنگ سیاه دیده می‌شود.

← مواد رنگی بخشی از نور سفید تابیده شده را جذب و باقی‌ماندهٔ آن را عبور می‌دهند یا بازتاب می‌کنند.

@DaneshSad



- سازندهٔ اصلی یک مادهٔ رنگی که به آن رنگ می‌بخشد، رنگ‌دانه نام دارد، برای نمونه TiO_2 و Fe_2O_3 و دوده از جمله رنگ‌دانه‌های معدنی هستند که به ترتیب رنگ‌های سفید، قرمز و سیاه ایجاد می‌کنند.
- رنگ‌هایی که برای پوشش سطح استفاده می‌شوند، نوعی کلوییدند که لایهٔ نازکی روی سطح ایجاد می‌کنند تا افزون بر زیبایی، مانع خوردگی در برابر اکسیژن، رطوبت و مواد شیمیایی گردد.
- محلول نمک‌های وانادیم (V)، وانادیم (IV)، وانادیم (III) و وانادیم (II) به ترتیب به رنگ‌های زرد، آبی، سبز و بنفش دیده می‌شوند.



تیتانیم، فلزی فراتر از انتظار

- هر فلز افزون بر رفتارهای مشترک با سایر فلزها، رفتارهای ویژهٔ خود را نیز دارد ← فلزهای دسته d همانند فلزهای دسته s و p، دارای ویژگی‌هایی مانند جلا، رسانایی الکتریکی، رسانایی گرمایی و نیز شکل‌پذیری هستند، اما در ویژگی‌هایی مانند سختی، نقطهٔ ذوب و تنوع اعداد اکسایش با آن‌ها تفاوت دارند.
- تیتانیم ($_{22}Ti$) با ویژگی‌های باور نکردنی، فلزی فراتر از انتظار است. این فلز بسیار سبک بوده و دارای نقطهٔ ذوب بالایی می‌باشد. همچنین فلز تیتانیم در برابر خوردگی و سایش نیز مقاوم است و با ذره‌های موجود در آب دریا به میزان ناچیزی واکنش می‌دهد.
- کاربردهای تیتانیم در صنعت:

۱- استفاده در ساخت بدنهٔ دوچرخه $\xleftarrow{\text{علت}}$ چگالی کم و داشتن استحکام بالا

۲- استفاده در ساخت موتور جت $\xleftarrow{\text{علت}}$ داشتن نقطه ذوب بالا و داشتن چگالی کم

۳- ساخت پروانهٔ کشتی‌های اقیانوس‌پیما $\xleftarrow{\text{علت}}$ واکنش ندادن با ذره‌های موجود در آب دریا

۴- ساخت بناهای هنرمندانه، زیبا و ماندگار مقاومت در برابر خوردگی و سایش و داشتن جلا

- تیتانیم به شکل آلیاژهای گوناگون نیز کاربرد گسترده‌ای در صنعت دارد ← نیتینول آلیاژی از Ti و Ni بوده که به آلیاژ هوشمند معروف است. تیتانیم در ساخت فراورده‌های صنعتی و پزشکی مانند: سازهٔ فلزی در ارتودنسی، استنت برای رگ‌ها و قاب عینک به کار می‌رود

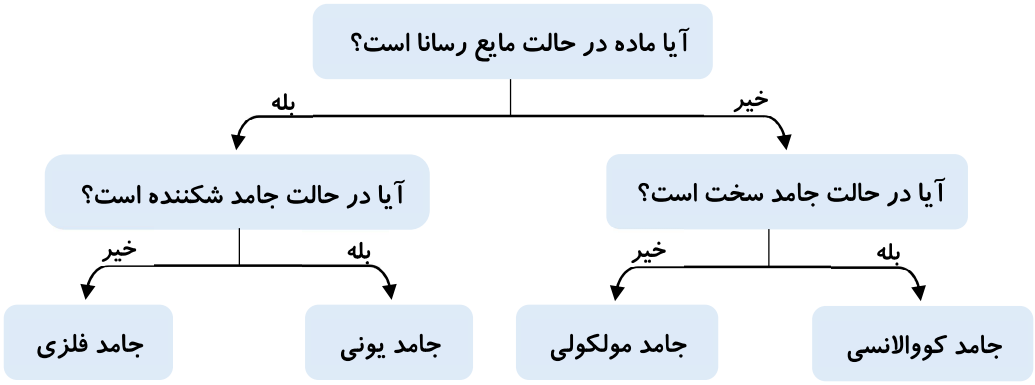
مقایسهٔ تیتانیم و فولاد در صنعت

- نقطهٔ ذوب و مقاومت در برابر خوردگی تیتانیم بیشتر از فولاد است.
- چگالی و واکنش با ذره‌های آب در فولاد بیشتر از تیتانیم است.
- مقاومت در برابر سایش تیتانیم و فولاد تقریباً برابر است

روش تشخیص انواع جامدهای بلوری

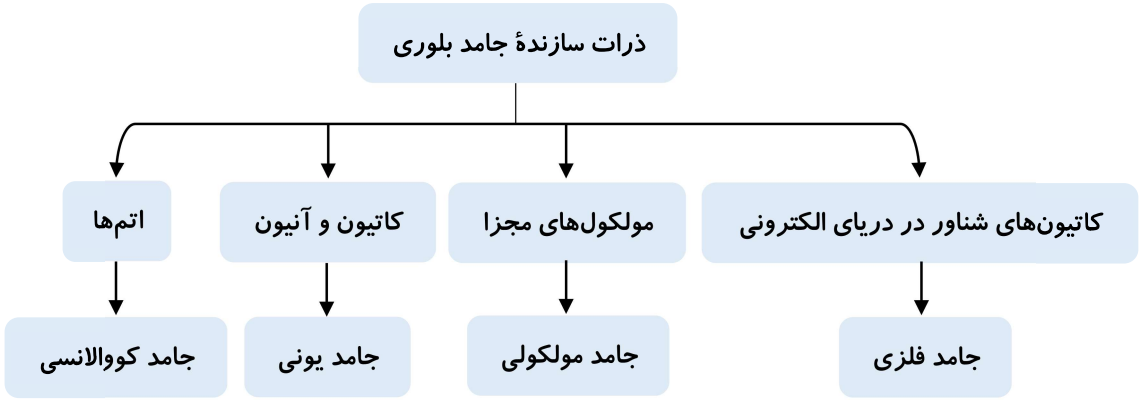
- جامدهای یونی برخلاف جامدهای فلزی سخت و شکننده هستند.
- جامدهای فلزی و یونی برخلاف جامدهای مولکولی و کووالانسی رسانای جریان برق هستند.

@DaneshSad



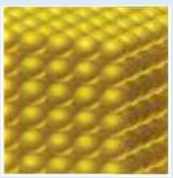
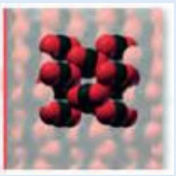
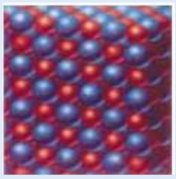
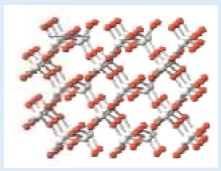
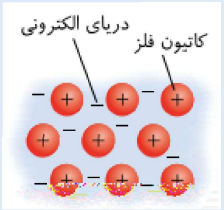
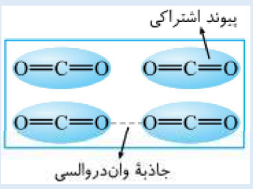
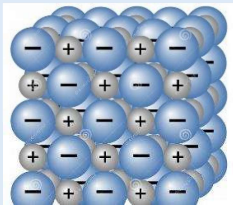
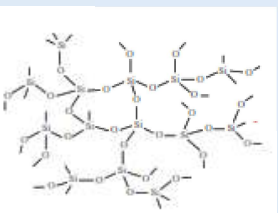
مقایسهٔ ساختار ذره‌ای انواع جامدهای بلوری

- ذره‌های سازندهٔ انواع جامدهای بلوری با هم متفاوت است، با دانستن نوع ذرات سازندهٔ یک جامد می‌توان به نوع جامد پی برد.



مقایسهٔ ساختار ذره‌ای انواع جامدهای بلوری

- مقایسهٔ ساختار ذره‌ای جامدهای بلوری:

جامد فلزی	جامد مولکولی	جامد یونی	جامد کووالانسی
			
			

@DaneshSad

هر چهار جامد بلوری در یک نگاه

	جامد فلزی	جامد مولکولی	جامد یونی	جامد کووالانسی
ذره‌های سازندهٔ بلور	کاتیون‌ها + دریای الکترونی	مولکول‌های مجزا	کاتیون‌ها + آنیون	اتم‌ها
رسانایی الکتریکی	همواره رسانا	نارسانا	نارسانا (به‌جزء در حالت مذاب + محلول)	نارسانا (گرافیت رسانا است.)
دمای ذوب نسبی	اغلب بالا	پایین	بالا	خیلی بالا
سختی	برخی نرم و اغلب سخت	اغلب نرم (یخ سخت است)	سخت و شکننده	بسیار سخت
مثال‌های مهم	تمام فلزهای جدول دوره‌ای (sb، Na، Mg، Al، Fe، Sn و ...)	۱- ید $(I_2(s))$ ۲- یخ $(H_2O(s))$ ۳- اتانول (C_2H_5OH) ۴- فسفر سفید $(P_4(s))$ ۵- یخ خشک $(CO_2(s))$	۱- اکسیدهای فلزی (Na_2O و MgO) ۲- هیدریدهای فلزی (NaH و CaH_2) ۳- فلز + نافلز (به جز Be) ۴- یون‌های چند اتمی (Na_4SiO_4)	۱- الماس و گرافیت ۲- سیلیسیم (Si) ۳- سیلیس (SiO_2) ۴- سیلیسیم کربید (SiC)

@DaneshSad