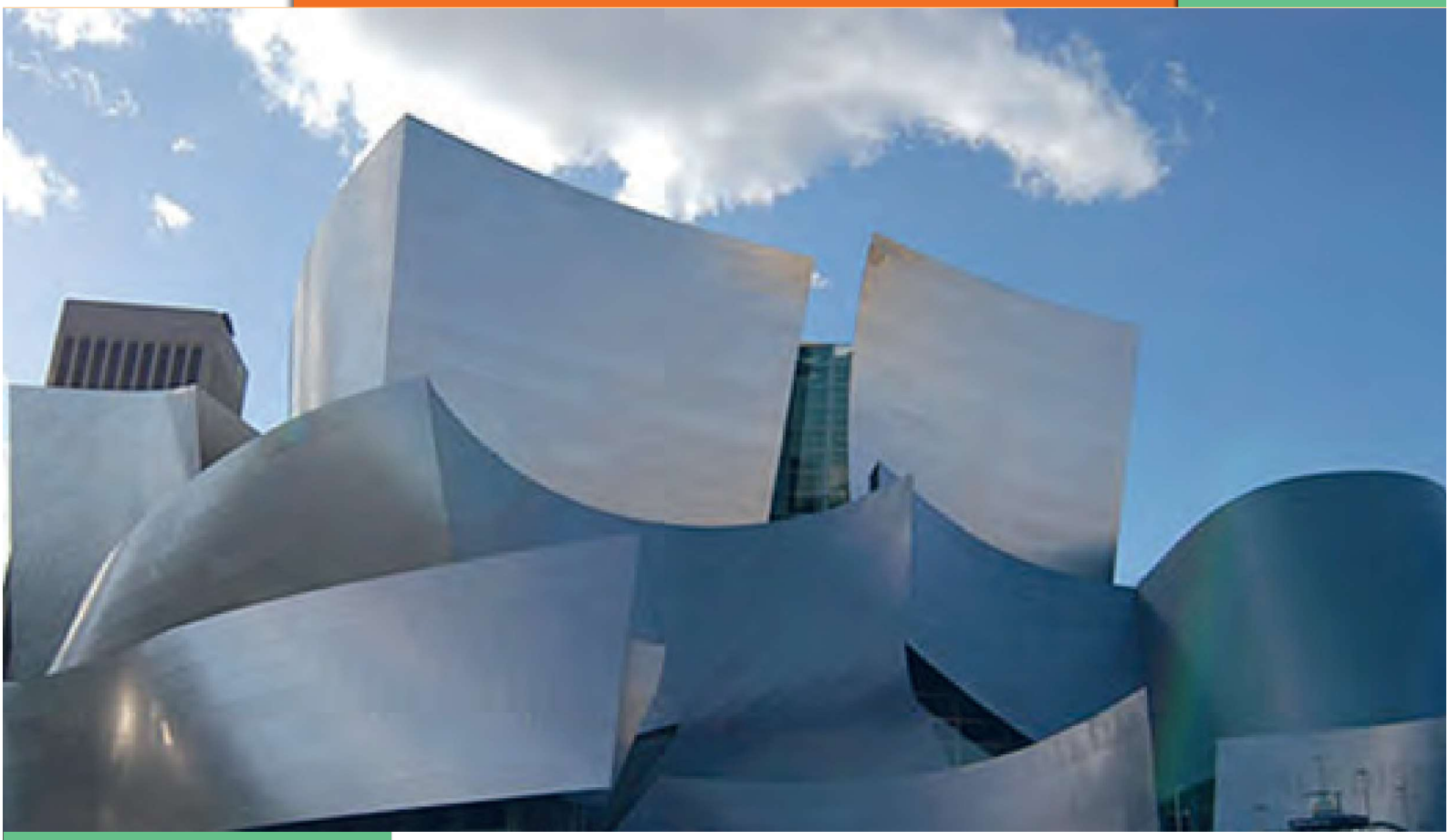
# فصل ۳ شیمی جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری



إِنّا جَعَلْنا ما عَلَي الْأَرْضِ زِينَةً لَها لِنَبْلُوَهُمْ أَيُّهُمْ أَحْسَنُ عَمَلاً... **(سوره کهف، آیه ۷)**

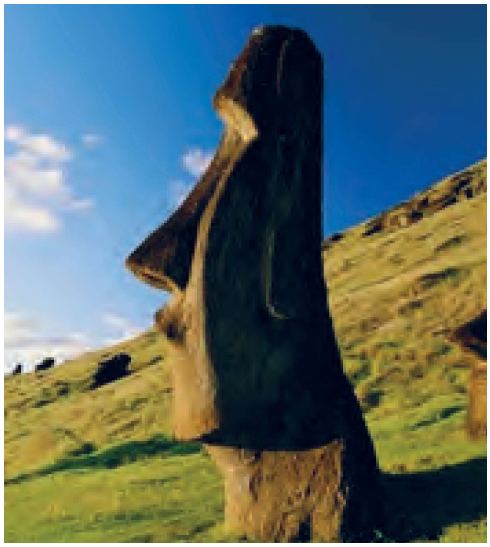
مسلماً ما آنچه را روی زمین است، زینت زمین قرار دادیم تا آنان را آزمایش کنیم که کدامشان در عمل نیکوترند.

آفریدگار هستی به ما فرصتی به نام زندگی بخشیده است تا برای پر رنگ کردن نقش و تأثیر خود در این جهان پهناور پیوسته تلاش کنیم. تلاشی آگاهانه و هدفمند برای آفریدن آثاری جاودانه، آن چنان که آینه‌ای باشد از شکرانه امروز و سرمایه‌ای ارزشمند برای آیندگان. پویندگان چنین راهی در این پهنه، پیوسته به کشف اسرار می‌پردازند از جمله آنکه چگونه شمار بسیاری ماده با رفتارهای گوناگون، تنها از شمار معینی اتم با آرایش و چیدمانی نظام‌مند پدید آمده‌اند. شیمی دانشی است که به ما کمک می کند تا هوشمندانه از مواد در خلق آثاری هنرمندانه، زیبا و ماندگار بهره ببریم.

انسان از دیر باز مواد ضروری برای زندگی خود را از خوان نعمت‌های الهی گسترده شده در جای‌جای زمین تأمین کرده و برای رفع نیاز آنها را تغییر داده است. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که در تغییر این مواد، افزون بر محیط و شیوهٔ زندگی، آیین‌ها، آداب و رسوم و حتی ادبیات و افسانه‌ها نیز نقش داشته‌اند. با این توصیف، هر یک از آثار به‌جای مانده ازگذشتگان در جهان را می‌توان نمادی از هنر زمان خویش دانست که افزون بر زیبایی، بازتابی از ماندگاری آن اثر نیز به‌شمار می‌رود (ش ل ۱).

آ) تنگ آبخوری دورهٔ ساسانی

ب) سفال نه‌ای از ایران باستان



پ) مجسمهٔ موآی در جزیرهٔ ایستر

**شکل ۱ـ** نمونه‌های فلزی، سفالی و سنگی به جای مانده از گذشتگان

## آیا می‌دانید

خاک‌رس از نخستین مواد در دسترس بشر به‌شمار می‌رود. این مخلوط به دلیل تفاوت در نوع و مقدار اجزای سازنده بسیار متنوع است، به طوری که فر ورده‌های آن گستره‌ای از آجر تا ظروف چینی را در بر می‌گیرد. سفال معروف به جادوی آب و خاک از کهن‌ترین دست سا ه‌های انسان است که از خاک رس ساخته می‌شود.

بدیهی است که مواد اولیه برای ساخت چنین آثاری افزون بر فراوانی و در دسترس بودن، باید واکنش‌پذیری کم، استحکام زیاد و پایداری مناسبی داشته باشند. توجه کنید که عمر طولانی این آثار، تأییدی بر این ویژگی‌ها است و هر چه عمر یادگار به‌جا مانده بیشتر باشد، گفتنی‌های بیشتری با خود دارد، گفتنی‌هایی که اسرار هنر، زیبایی و ماندگاری را فاش می‌کند. با رشد و پیشرفت علوم به ویژه شیمی، پرده از این اسرار برداشته شد تا پایه‌ای برای ساخت سازه‌ها و بناهای امروزی و در خور ستایش فراهم گردد.

شیمی‌دان‌ها در گام نخست، 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. موادی با خواص ویژه که کاربردهای معین داشتند. برخی بر این باورند که چنین موادی را می‌توان مبنای کار و کلید موفقیت طراحان، هنرمندان و مهندسان برای خلق سازه‌های زیبا و ماندگار امروزی دانست.

## خود را بیازمایید

خاک رس مخلوطی از مواد گوناگون است. جدول زیر **درصد جرمی**[1] مواد سازندهٔ نوعی **خاک رس**[2] 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| درصد جرمی | ۴۶/۲۰ | ۳۷/۷۴ | ۱۳/۳۲ | ۱/۲۴ | ۰/۹۶ | ۰/۴۴ | ۰/۱ |

درصد جرمی هر ماده در نمونه، گرم آن ماده را در صد گرم از نمونه نشان می‌دهد.

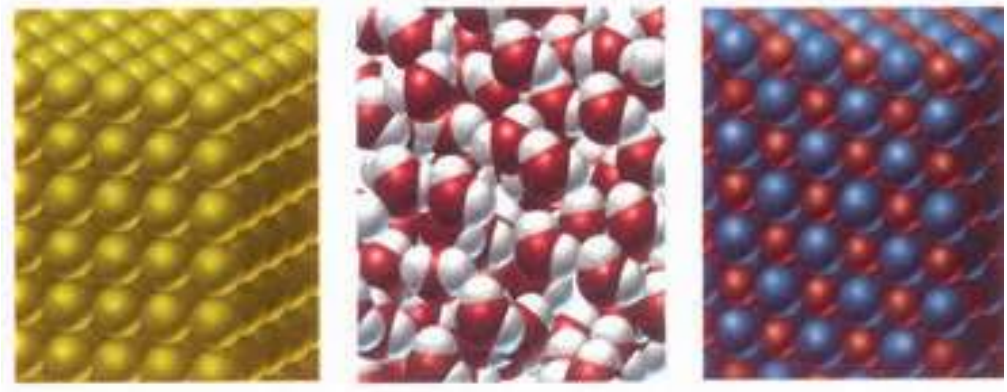
۱ـ با توجه به داده‌های جدول به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

آ) نام شیمیایی هر یک از مواد موجود در این نوع خاک را بنویسید.

ب) سرخ فام بودن این نوع خاک رس را به وجود کدام ماده نسبت می‌دهید؟

پ) پیش‌بینی کنید هنگام پختن سفالینه‌های تهیه شده از این نوع خاک رس، از جرم کدام ماده به مقدار بیشتری کاسته می‌شود؟ چرا؟

۲ـ اگر اجزای این مخلوط نخست جداسازی شده سپس خالص‌سازی شوند، پیش‌بینی کنید ساختار ذره‌ای هریک از این اجزا در حالت خالص و جامد (به جز $SiO_2$) با کدام الگوی زیر همخوانی دارد؟ چرا؟



(آ) (ب) (پ)

با مواد سازندهٔ نوعی خاک رس آشنا شدید که مخلوطی از اکسیدها را دربرمی‌گیرد. یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که $SiO_2$ افزون برخاک‌های 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. آیا م دانید چه ساختاری باعث این رفتار ویژه می‌شود؟

نمونه ای از نقشکند روی سنگ در گنجنامه همدان.

۱ـ Mass Percent
۲ـ Clay

## سیلیس، زیبا، سخت و ماندگار

**سیلیس، زیبا، سخت و ماندگار**

- سیلیسیم پس از اکسیژن فراوان‌ترین عنصر در پوستهٔ جامد زمین است، به طوری 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.

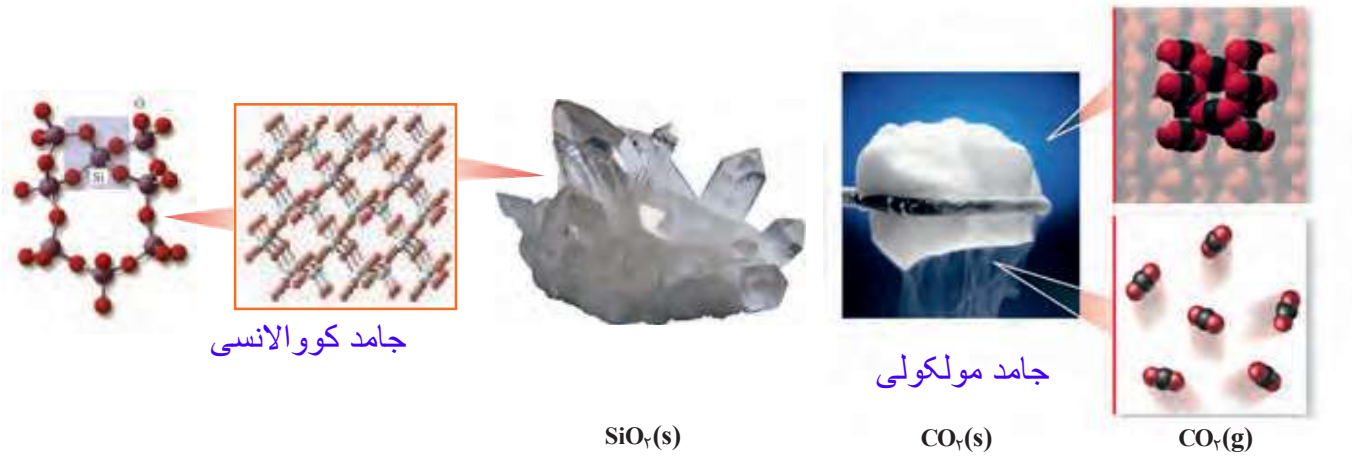
سیلیس خالص به دلیل داشتن خواص نوری ویژه در ساخت منشورها و عدسی‌ها به کار می‌رود.

**شکل ۲ـ** نمونه‌ای از سیلیسیم، سیلیس و یخ خشک

برای آشکار شدن این موضوع باید ساختار هر یک از آنها را بررسی و با یکدیگر مقایسه کرد.

### با هم بیندیشیم

۱ـ با توجه به شکل‌های زیر به پرسش‌های داده شده پاسخ دهید.




۱ـ Silica
۲ـ Quartz

آ) از شیمی ۱ به یاد دارید که مواد مولکولی در ساختار خود مولکول‌های مجزا دارند. کدام ماده جزو مواد مولکولی است؟

ب) ماده کووالانسی مجموعه ای از اتم‌های بسیاری است که با هم پیوندهای اشتراکی دارند. بر این اساس کدام ماده، کووالانسی است؟

۲ـ پیش‌بینی کنید کدام ماده:

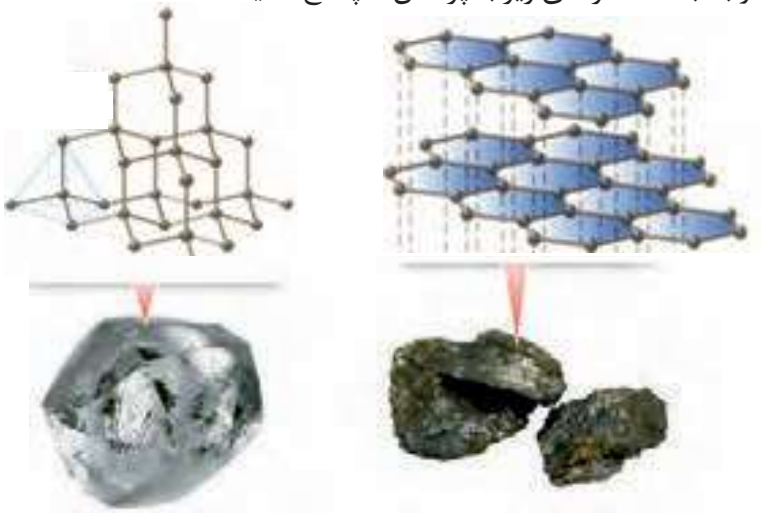
آ) سخت‌تر است؟ چرا؟

ب) نقطه ذوب پایین‌تری دارد؟ چرا؟

دریافتید که موادی مانند کربن‌دی‌اکسید و آب، مواد مولکولی به شمار می‌روند زیر ذره‌های سازندهٔ آنها مولکول‌های مجزا هستند، اما موادی مانند سیلیس، شامل شمار بسیار زیادی از اتم‌های سیلیسیم و اکسیژن با پیوندهای اشتراکی Si–O–Si بوده و دارای ساختاری به هم پیوسته و غول‌آساست. ساختاری که دلیلی بر سختی بالا و دیرگداز بودن چنین موادی است. از آنجا که این مواد در دما و فشار اتاق به حالت جامد هستند، آنها را با نام جامد کووالانسی نیز می‌خوانند. یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که عنصرهای اصلی سازندهٔ جامدهای کووالانسی در طبیعت، کربن و سیلیسیم هستند، دو عنصری که از آنها تاکنون یون تک اتمی در هیچ ترکیبی شناخته نشده است، زیرا اتم‌های $_{6}C$ و $_{14}Si$ با تشکیل پیوندهای اشتراکی به آرایش الکترونی هشت‌تایی می‌رسند.

## خود را بیازمایید

۱ـ گرافیت و الماس از جمله دگرشکل‌های طبیعی کربن بوده که جزو جامدهای کووالانسی هستند. با توجه به ساختارهای زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



(۱) (۲)

پختن نان سنگک بر روی دانه‌های درشت سنگ را می‌توان نشانه‌ای از مقاومت گرمایی سیلیس دانست.

### آیا می‌دانید

سختی یک کانی، میزان مقاومت آن را در برابر خراشیده شدن نشان می‌دهد و با یکای موس (Mohs) سنجیده می‌شود. الماس و کوارتز از سخت‌ترین مواد موجود در طبیعت هستند که به ترتیب درجه سختی ۱۰ و ۷ دارند.

### آیا می‌دانید

فرایند ذوب یک ماده خالص در دما و فشار معین رخ می‌دهد که در آن دما و فشار، ماده از حالت جامد به مایع تبدیل می‌شود.

در این فرایند، میانگین انرژی جنبشی ذره‌های سازنده ماده در حالت جامد (اتم‌ها در جامد کووالانسی و مولکول‌ها در ماده مولکولی) به تدریج افزایش می‌یابد تا جایی که ذره‌ها می‌توانند با لغزیدن روی یکدیگر، از جایی به جای دیگر حرکت کنند. در این شرایط حالت مایع پدید می‌آید.

نقش زیبای مداد بر کاغذ.

آ) کدام ساختار، جامد کووالانسی با چینش دو بُعدی اتم‌ها و کدام یک، جامد کووالانسی با چینش سه بُعدی اتم‌ها را نشان می‌دهد؟

ب) با توجه به اینکه گرافیت موجود در مغز مداد بر روی کاغذ اثر به‌جا می‌گذارد، کدام ساختار با این ویژگی همخوانی دارد؟ توضیح دهید.

پ) چرا در ساخت مته‌ها و ابزار برش شیشه از الماس استفاده می‌شود؟

ت) کدام چگالی (۲/۲۷ یا ۳/۵۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب) را به گرافیت می‌توان نسبت داد؟ چرا؟

۲ـ باتوجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید:

| پیوند | C-C | Si-Si |
|---|---|---|
| میانگین آنتالپی ($kJmol^{-1}$) | ۳۴۸ | ۲۲۶ |

آ) اگر سیلیسیم خالص ساختاری همانند الماس داشته باشد، پیش‌بینی کنید نقطه ذوب الماس بالاتر است یا سیلیسیم؟ چرا؟

ب) اگر آنتالپی پیوند **O**–Si بیشتر از پیوند Si–Si و ساختار Si(s) با $SiO_2$(s) مشابه باشد، توضیح دهید چرا سیلیسیم در طبیعت به حالت خالص یافت نشده و به‌طور عمده به شکل سیلیس یافت می‌شود؟

## گرافن، گونه‌ای به ضخامت یک اتم

**شکل ۳ـ** مدل گلوله و میله برای نمایش گرافن.

گرافن، تک لایه‌ای از گرافیت است که در آن، اتم‌های کربن با پیوندهای اشتراکی حلقه‌های شش‌گوشه تشکیل داده‌اند (شکل ۳). چنین ساختاری با الگویی مانند کندوی زنبور عسل، استحکام ویژه‌ای دارد به‌طوری که مقاومت کششی آن حدود ۱۰۰ برابر فولاد است. از آنجا که ضخامت گرافن به اندازه یک اتم کربن است، می‌توان آن را یک گونه شیمیایی دو بعدی دانست و انتظار می‌رود شفاف و انعطاف‌پذیر باشد. یافته‌های تجربی نیز این ویژگی‌های گرافن را تأیید می‌کنند. یک روش ساده برای تهیهٔ گرافن استفاده از گرافیت و نوارچسب نازک برای جدا کردن لایه‌هایی از آن است (شکل ۴).

**شکل ۴ـ** تهیه گرافن با استفاده از نوار چسب

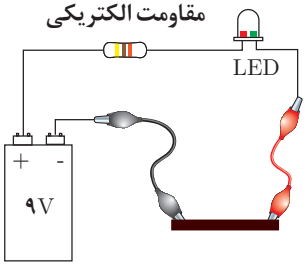
در این روش، نخست مقداری گرد گرافیت را بین دو تکه نوار چسب فشار م دهند. سپس یکی از نوارچ ب‌ها را جدا می‌کنند. به این ترتیب لایه‌هایی از گرافیت روی سطح چسبنده نوارچسب قرار م گیرد. در ادامه، این نوارچسب را به سطح چسبنده نوارچسب سوم چسبانده، فشار می‌دهند و از هم جدا می‌کنند تا لایه نازک‌تری از گرافیت روی نوار چسب سوم باقی بماند. با ادامه این کار لایه‌ای به ضخامت نانومتر در برخی قسمت‌های نوار چسب باقی می‌ماند که همان گرافن است.

## در میان تار نما ها

با مراجعه به منابع علمی معتبر دربارهٔ کاربردهای گرافن اطلاعا جمع‌آوری و در کلاس ارائه کنید.

## کاوش کنید ۱

درباره «**رسانایی الکتریکی گرافن**» کاوش کنید.




**وسایل و مواد مورد نیاز**: لامپ **LED**، باتری ۹ ولتی ، سیم، سوکت، مقاومت ۳۳۰ اهمی، مداد و کاغذ.

۱ـ مداری مطابق شکل روبه‌رو بسازید.

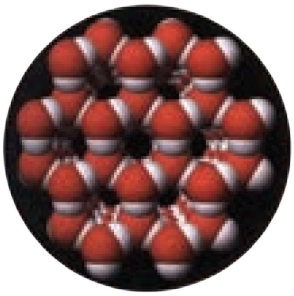
۲ـ با یک مداد نرم، چهار گوشه‌ای ضخیم و تیره روی کاغذ بکشید، به طوری که حدود ۳ تا ۴ سانتی‌متر طول و حدود ۱/۵ سانتی‌متر عرض داشته باشد، سپس مستطیل را با مداد به طور کامل سیاه کنید.

۳ـ نوک فلزی دو سیم رابط را با مستطیل گرافیتی که ضخامتی در حدود چند نانومتر دارد تماس دهید سپس به لامپ نگاه کنید، چه رخ می‌دهد؟

۴ـ دو نقطهٔ اتصال را به هم نزدیک یا از هم دور کنید، چه تغییری در شدت روشنایی لامپ پدید می‌آید؟

## سا ه‌های یخی، زیبا با ظاهری سخت اما زودگداز

با ساختار و رفتار سیلیس به عنوان نماینده‌ای از جامدهای کووالانسی آشنا شدید. ماده‌ای که در حالت خالص و تر ش‌خورده، شفاف، زیبا و سخت است. یخ نیز ظاهری شبیه به آن دارد ه‌طوری که سا ه‌های یخی شفاف بوده و هنر به کار رفته در آنها، خود جلوه‌گر زیبایی است (ش ل ۵).



دانهٔ برف یک سازهٔ یخی طبیعی است که مبنای تشکیل آن حلقه‌های شش گوشه است.

اغلب ترکیب‌های آلی جزو مواد مولکولی هستند.

**شکل ۵ـ** نمونه‌هایی از سازه‌های یخی

می‌دانید مولکول‌های $H_2O$ در ساختار یخ در یک آرایش منظم و سه بُعدی 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 سیلیس همه اتم‌ها با پیوندهای اشتراکی به یکدیگر متصل شده‌اند.

## خود را بیازمایید

۱ـ با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت زیر را کامل کنید.

در ساختار یک جامد کووالانسی / مولکولی، میان همهٔ / شمار معینی از اتم‌ها پیوندهای اشتراکی وجود دارد به همین دلیل چنین موادی نقطهٔ ذوب بالایی / پایینی دارند و دیرگداز هستند.

۲ـ واژه‌های شیمیایی رایج مانند مادهٔ مولکولی، فرمول مولکولی و نیروهای بین مولکولی را برای توصیف کدام مواد زیر م توان به کار برد؟ چرا؟

$C_6H_{14}(l), SiO_2(s), NaCl(s), HF(g), C(s, \text{گرافیت}), Cl_2(g)$

## آیا می‌دانید

هر نمونه از گاز نجیب حاوی اتم‌هایی با برهم کنش‌های وان‌دروالس است، به‌همین دلیل گازهای نجیب، مواد مولکولی به‌شمار می‌روند. گویی هر نمونه از گاز نجیب از مولکول‌های تک‌اتمی تشکیل شده است.

دریافتید که مولکول‌ها، واحدهای سازندهٔ مواد مولکولی هستند، واحدهای مجزایی که شامل دو یا چند اتم با پیوندهای اشتراکی بوده و نقشی کلیدی در تعیین خواص و رفتار این دسته از مواد دارند. رفتار فیزیکی مواد مولکولی به نوع و قدرت نیروهای بین مولکولی آنها بستگی دارد. برای نمونه آنتالپی تبخیر و نقطه جوش یک ترکیب مولکولی به حالت مایع

**رفتار فیزیکی مواد مولکولی به چه چیزی وابسته است؟ مثال بزنید؟**

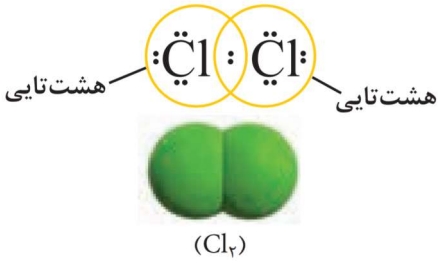
## رفتارشیمیایی مواد مولکولی به چه چیزی وابسته است؟ مثال بزنید؟

- رفتار در میدان الکتریکی
- تنوع در عدد اکسایش
- واکنش پذیری
- انحلال پذیری
- قدرت اسیدی و بازی

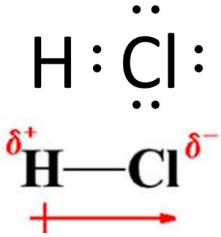
به نیروهای بین مولکولی آن وابسته است، در حالی که رفتار شیمیایی آ به‌طور عمده به پیوندهای اشتراکی (جفت الکترون‌های پیوندی) و جفت الکترون‌های ناپیوندی موجود در مولکول وابسته است.

## رفتار مولکول‌ها و توزیع الکترون‌ها

در شیمی ۱ آموختید که ساختارلوویس، الکترون‌های ظرفیت اتم‌های سازندهٔ یک گونهٔ شیمیایی را طوری نمایش می‌دهد که هر اتم بر اساس توزیع جفت الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی از قاعدهٔ هشت‌تایی پیروی می‌کند به جز اتم هیدروژن که تنها یک جفت الکترون پیوندی یا یک پیوند اشتراکی پیرامون آن نمایش داده می‌شود. توزیع این جفت الکترون‌ها در هر مولکول نقش مهمی در تعیین رفتار آن به ویژه در میدان الکتریکی دارد.



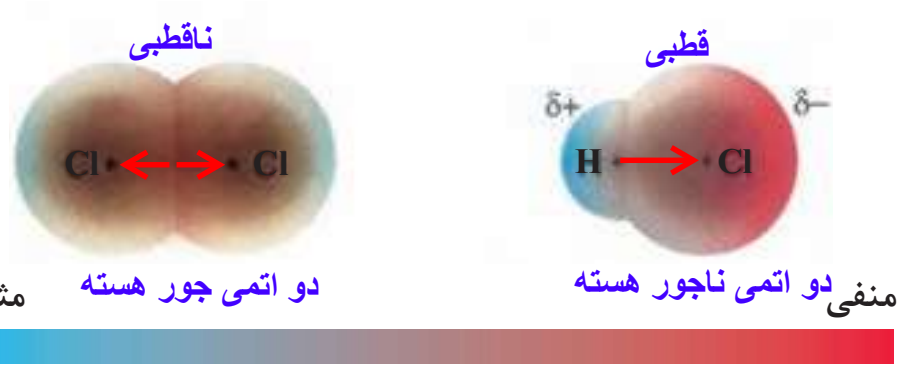

$(Cl_2)$



ساده‌ترین مولکول‌ها، دواتمی هستند. مولکول‌هایی مانند $H_2$ و $Cl_2$ که از دو اتم یکسان تشکیل شده‌اند، **مولکول دو اتمی جور هسته**[1] نامیده می‌شوند. چنین مولکول‌هایی در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند، به دیگر سخن، گشتاور دو قطبی آنها صفر بوده و مولکول‌های ناقطبی هستند. از سوی دیگر مولکول‌های دو اتمی مانند HCl، **مولکول دواتمی ناجور هسته**[2] بوده و قطبی هستند. شکل ۶، توزیع الکترون‌ها را بر اساس نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی برای این مولکول‌ها نشان می‌دهد.

نکته






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

### نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی برای مولکول های دو اتمی چگونه است؟

**شکل ۶ـ** نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی برای نمایش احتمال حضور الکترون‌ها در مولکول‌های دواتمی

آ) ناجور هسته ب) جور هسته. رنگ سرخ تراکم بیشتر و رنگ آبی تراکم کمتر بار الکتریکی را نشان می‌دهد. ← نکته مهم

بار جزئی مثبت — بار جزئی منفی

### آیا می‌دانید

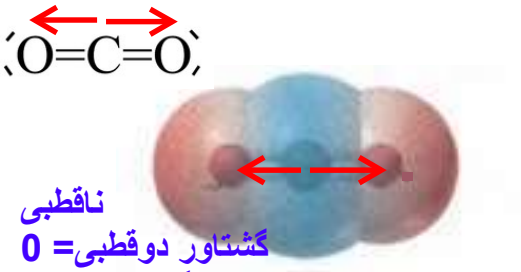
نقشه‌های پتانسیل الکتروستاتیکی ابزاری مناسب برای بررسی تراکم بار الکتریکی روی اتم‌های سازندهٔ یک گونه شیمیایی است. این نقشه‌ها به شیمی‌دان‌ها کمک می‌کنند تا واکنش‌پذیری، قدرت اسیدی، قدرت بازی و... را برای گونه‌های شیمیایی پ ش‌بینی و با یکدیگر مقایسه کنند.

**نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی چیست؟**

۱ـ Homonuclear Diatomic Molecule
۲ـ Heteronuclear Molecule

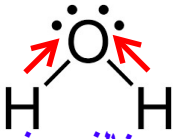
براساس شکل ۶، توزیع یکنواخت و متقارن الکترون‌ها در مولکول‌های دو اتمی جور هسته، نشانهٔ ناقطبی بودن آن است در حالی که در مولکول‌های دو اتمی ناجور هسته، توزیع الکترون‌ها یکنواخت نبوده و تراکم بار الکتریکی روی اتم‌های سازندهٔ آن یکسان نیست، در این شرایط به اتمی که تراکم بار الکتریکی روی آن بیشتر است، **بار جزئی**[1] منفی (δ−) و به دیگری بار جزئی مثبت (δ+) نسبت می‌دهند. بدیهی است چنین مولکول‌هایی گشتاور دوقطبی بزرگ‌تر از صفر دارند.

آیا می‌دانید نقشهٔ پتانسیل مولکول‌های سه اتمی چگونه است؟ شکل ۷، دو نمونه از این نقشه‌ها را نشان می‌دهد.




ناقطبی
گشتاور دوقطبی= 0
در میدان الکتریکی جهت گیری نمی کند

(ب)




قطبی
گشتاور دوقطبی مخالف صفر
در میدان الکتریکی جهت گیری می کند

(آ)

**شکل ۷ـ** نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی آ) آب، ب) کربن‌دی‌اکسید

در مولکول خطی کربن‌دی‌اکسید، تراکم بار الکتریکی بر روی اتم‌های اکسیژن بیشتر از اتم کربن است، از این رو به اتم‌های اکسیژن بار جزئی منفی (δ−) و به اتم کربن بار جزئی مثبت (δ+) نسبت داده می‌شود، هر چندکه به دلیل توزیع متقارن بار الکتریکی پیرامون اتم مرکزی، این مولکول در میدان الکتریکی جهت گیری نمی کند و گشتاور دوقطبی آن صفر است.

اگرچه در مولکول خمیدهٔ آب تراکم بار الکتریکی روی هسته اتم اکسیژن بیشتر است اما این مولکول بر خلاف کربن‌دی‌اکسید در میدان الکتریکی جهت‌گیری می کند (چرا؟).

**چون گشتاور دوقطبی یا برآیند بردارها در اطراف اتم مرکزی مخالف صفر است**

## آیا می‌دانید

شیمی‌دان‌ها در مباحث نظری برای توجیه بارهای الکتریکی جزئی در یـ گونهٔ شیمیایی از یک کمیت نسبی به نام الکترونگاتیوی بهره می‌گیرند. کمیتی که برای اتم‌های یک عنصر در گونه‌های شیمیایی مختلف، متفاوت است.

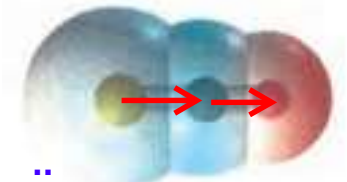
**نکته** در مولکول خطی سه اتمی، هسته هر سه اتم سازندهٔ آن بر روی یک خط راست قرار دارند.

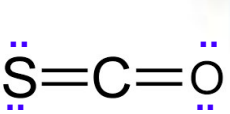
$CO_2$

**نکته** 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.

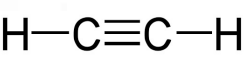
## خود را بیازمایید

۱ـ شکل زیر نقشهٔ پتانسیل مولکول‌های کربونیل سولفید (SCO) و اتین ($C_2H_2$) را نشان می‌دهد. با توجه به آنها گشتاور دو قطبی کدام مولکول برابر با صفر است؟ چرا؟






کربونیل سولفید




اتین

ناقطبی
گشتاور دوقطبی= 0
در میدان الکتریکی جهت گیری نمی کند

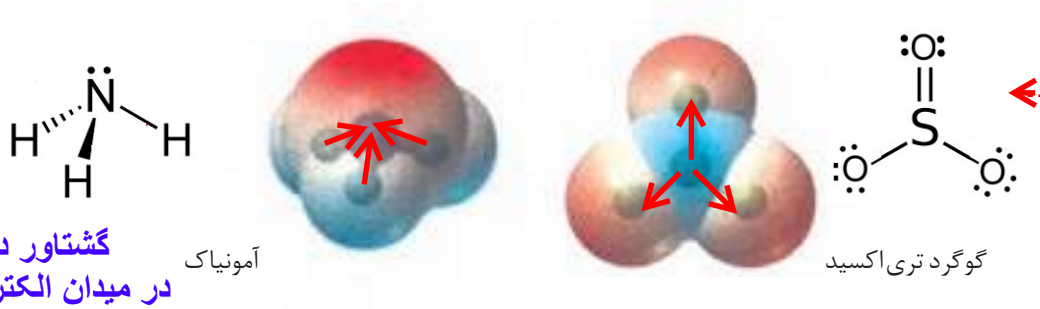
قطبی
گشتاور دوقطبی مخالف صفر
در میدان الکتریکی جهت گیری می کند

۱ـ Partial Charge

پتانسیل الکتروستاتیکی در مولکول های چهار اتمی چگونه است؟

ناقطبی
گشتاور دوقطبی= 0
در میدان الکتریکی جهت گیری نمی کند

۲ـ با توجه به نقشهٔ پتانسیل مولکول های آمونیاک و گوگرد تری اکسید به پرسش ها پاسخ دهید.




قطبی
گشتاور دوقطبی مخالف صفر
در میدان الکتریکی جهت گیری می کند

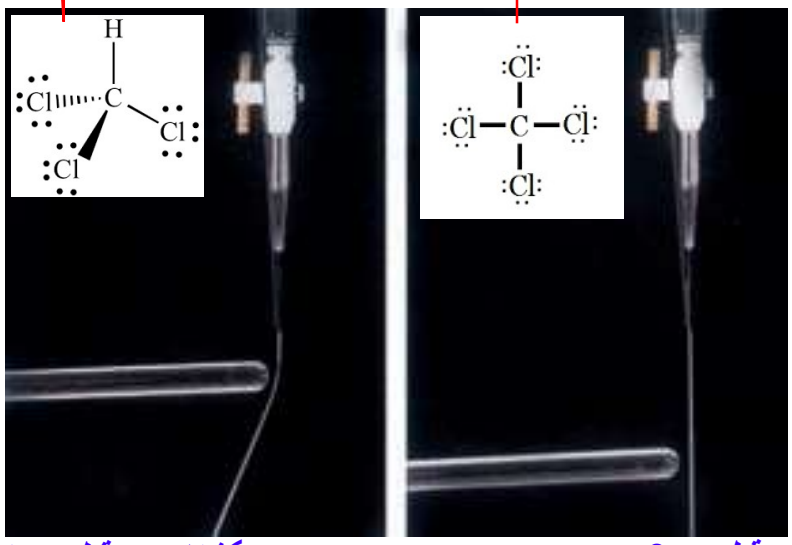
آمونیاک

گوگرد تری اکسید

آ) با بیان دلیل، هر یک از اتم‌ها را در نقشه‌های بالا با $(\delta+)$ و $(\delta-)$ نشا دار کنید.
آبی و قرمز

ب) کدام مولکول قطبی و کدام ناقطبی است؟ چرا؟

۳ـ با توجه به شکل‌های زیر با دلیل پ ش‌بینی کنید کدام مایع، کلروفرم ($CHCl_3$) و کدام‌یک کربن‌تتراکلرید ($CCl_4$) است؟




ناقطبی
گشتاور دوقطبی= 0
در میدان الکتریکی جهت گیری نمی کند

قطبی
گشتاور دوقطبی مخالف صفر
در میدان الکتریکی جهت گیری می کند

## آیا می‌دانید

کلروفرم، مایعی بی‌رنگ بوده که بخار آن سمی و اعتیادآور است. در گذشته از آن به عنوان مادهٔ بیهوش‌کنندهٔ بیمار در اتاق عمل استفاده می‌شد.

$CHCl_3$

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

ویژگی های خاص و منحصر به فرد خورشید را بنویسید؟

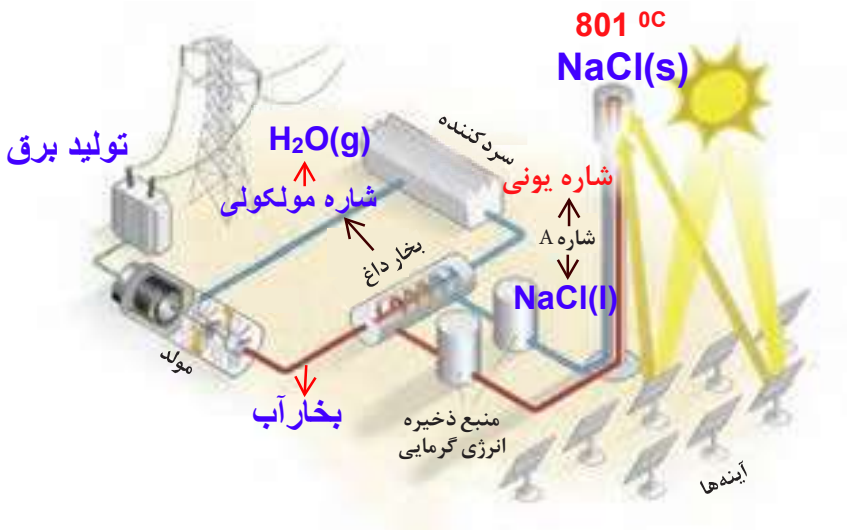
خورشید بزرگ‌ترین منبع انرژی برای زمین است. منبعی تجدیدپذیر که انرژی خود را با پرتوهای الکترومغناطیسی به سوی ما گسیل م دارد. بدیهی است که بهره‌گیری بیشتر از این انرژی پاک، کاهش رد پای زیست محیطی را به دنبال خواهد داشت. دانشمندان برای استفاده بهینه از انرژی خدادادی و رایگان خورشید به دنبال فنا ری‌هایی هستند که بتوانند بخشی از آن را ذخیره نموده و به شکل انرژی الکتریکی وارد چرخه مصرف نمایند (به‌ویژه شب‌هنگام که نیاز به آن بیشتر احساس می‌شود). گفتنی است که برای تبدیل پرتوهای خورشیدی به انرژی الکتری ی به دانش و فناوری پیشرفته نیازمند است، از این رو تنها در برخی کشورهای توسعه یافته انجام می‌شود.

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

## با هم بیندیشیم

نمایی از مجتمع فناوری تولید انرژی الکتریکی از پرتوهای خورشیدی.

شکل زیر نمایی از فناوری پیشرفته برای تولید انرژی الکتریکی از پرتوهای خورشیدی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل به پرسش‌ها پاسخ دهید.




**شاره یا سیال چیست؟**
**ماده ای است که می تواند جاری شود و شکل ظرف را به خود می گیرد**

۱ـ مشخص کنید هر یک از جمله‌های زیر، توصیف کدام بخش از این فناوری است؟

آ) پرتوهای خورشیدی را روی برج گیرنده متمرکز می‌کنند. **آینه ها**

ب) شاره‌ای بسیار داغ که باعث تولید بخار داغ می‌شود. **شاره یونی NaCl(l)**

پ) شاره‌ای که توربین را به حرکت در می‌آورد. **شاره مولکولی $H_2O(l)$**

۲ـ با توجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید:

**گستره دمایی مایع بودن**

| ماده | نقطهٔ ذوب (°C) | نقطهٔ جوش (°C) | |
|---|---|---|---|
| $N_2$ | −۲۱۰ | −۱۹۶ | 14 |
| HF | −۸۳ | ۱۹ | 102 |
| NaCl | ۸۰۱ | ۱۴۱۳ | 612 |

**ترکیب مولکولی**

**ترکیب یونی**

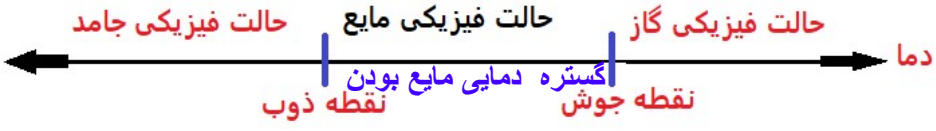
آ) کدام ماده در گسترهٔ دمایی کمتری به حالت مایع است؟ چرا؟ **$N_2$**
**چون اختلاف دمای ذوب و جوش آن کم است**

ب) کدام ماده را به جای شاره A پیشنهاد می‌کنید؟ چرا؟ **NaCl(l)**
**چون گستره دمایی مایع آن زیاد است**

۳ـ با خ زدن واژه نادرست در هر مورد، جملهٔ زیر را کامل کنید.

مطابق یک قاعدهٔ کلی هر چه تفاوت بین نقطه ذوب و جوش یک مادهٔ خالص ~~کمتر~~ بیشتر باشد، آن ماده در گسترهٔ دمایی بیشتری به حالت مایع بوده و نیروهای جاذبه میان ذره‌های سازندهٔ مایع ~~ضعیف‌تر~~ قوی‌تر است.

**نکته بسیار مهم**



## فناوری تولید انرژی الکتریکی از پرتو های خورشیدی را بنویسید؟

دریافتید که با متمرکز شدن پرتوهای خورشیدی بر روی گیرندهٔ برج، دمای سدیم کلرید مذاب (شاره یونی) افزایش می‌یابد و این شاره بسیار داغ به منبع ذخیره انرژی گرمایی سرازیر می‌شود تا حتی در روزهای ابری و شب‌هنگام، انرژی لازم برای تبدیل آب به بخار داغ را فراهم کند. بخار داغ، توربین را برای تولید انرژی الکتریکی به حرکت در می‌آورد.

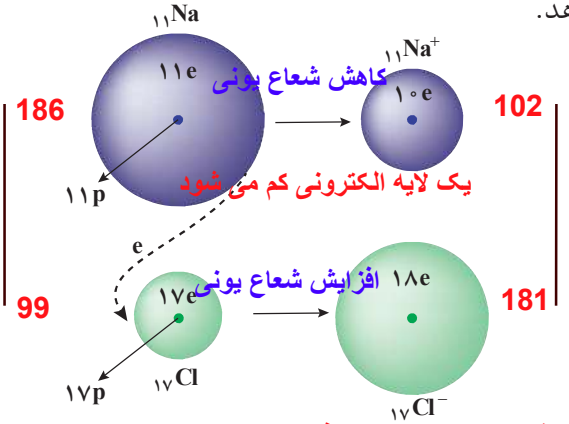
**نکته** داده‌های تجربی نشان می‌دهند که گسترهٔ دمایی سدیم کلرید مذاب در این فناوری در حدود $^{\circ}C$ ۱۳۵۰ ـ ۸۵۰ است، گسترهٔ دمایی که برای مواد مولکولی نمی‌توان انتظار داشت!

آیا می‌دانید این ویژگی نشان‌دهنده چه نوع نیروی جاذبه میان ذره‌ها است؟ و چه ساختاری برای سدیم کلرید تصویر می‌کند؟

**چگونه یک جامد یونی دوتایی به وجود می آید؟**

## چینش زیبا، منظم و سه بعدی یون‌ها در جامد یونی

می‌دانید که هر ترکیب یونی دوتایی را می‌توان فراوردهٔ واکنش یک فلز با یک نافلز دانست، واکنشی که در آن اتم‌ها با یکدیگر الکترون دادوستد می‌کنند. در واکنش‌هایی از این دست، اتم فلز با از دست دادن الکترون و اتم نافلز با به‌دست آوردن الکترون، به ترتیب به کاتیون و آنیون تبدیل می‌شوند. شکل ۸، دادوستد الکترون میان اتم‌های سدیم و کلر را هنگام تشکیل سدیم کلرید نشان می‌دهد.




**Na>Cl->Na⁺>Cl**

**لایه الکترونی ثابت است، اما بعلت دافعه بین الکترون ها در لایه اندازه یون بزرگتر می شود**

**شکل ۸ ـ** دادوستد الکترون میان اتم‌ها. چرا شعاع اتم‌ها هنگام تبدیل به یون تغییر می‌کند؟

● از واکنش فلز سدیم با گاز کلر، جامد یونی سفید رنگی بر جای می‌ماند که همان نمک خوراکی است. نور و گرمای زیاد آزاد شده در این واکنش نشان می‌دهد که بسیار گرماده است.

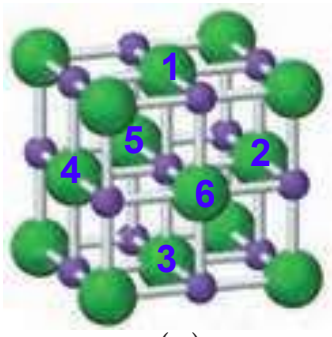
پس از دادوستد الکترون و تشکیل یون‌ها، میان یون‌های ناهمنام، نیروی جاذبه و میان یون‌های همنام، نیروی دافعه پدید می‌آید. اگر هر یـ از یون‌ها همانند کره‌ای باردار باشد، انتظار مـ رود نیروهای جاذبه و دافعه از همهٔ جهت‌ها به آن وارد شود، به دیگر سخن این نیروها به‌شمار معینی از یون‌ها محدود نشده بلکه میان همهٔ آنها و در فاصله‌های گوناگون وارد می‌شود. وجود سدیم کلرید و دیگر جامدهای یونی در طبیعت نشان می‌دهد که نیروهای جاذبه میان یون‌های ناهمنام بر نیروهای دافعه میان یون‌های همنام غالب است، آن چنان که شمار بسیار زیادی از یون‌ها به سوی یکدیگر کشیده می‌شوند. چنین روندی، دلیل پدید آمدن

**دلیل پدید آمدن آرایش منظمی از یون ها در سه بعد و تشکیل شبکه بلوری جامد یونی چیست؟**

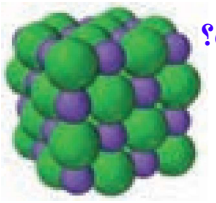
## شبکه بلور چیست؟

واژه شبکه بلوری برای توصیف آرایش سه بعدی و منظم اتم‌ها، مولکول‌ها و یون‌ها در حالت جامد به‌کار می‌رود.

آرایش منظمی از یون‌ها در سه‌بعد و تشکیل شبکه بلوری جامد یونی است (شکل ۹).




(ب)



(آ)

**شکل ۹ـ** آرایش یون‌ها در شبکه بلوری سدیم کلرید آ) فضا پرکن ب) گلوله و میله

## فرمول شیمیایی هر ترکیب یونی نشان دهنده چیست؟

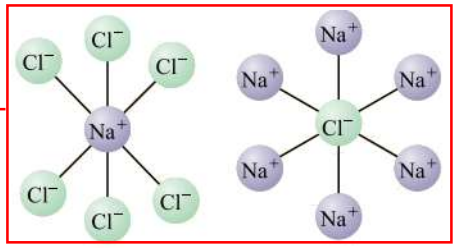
فرمول شیمیایی هر ترکیب یونی، ساده‌ترین نسبت کاتیون‌ها و آنیون‌های سازندهٔ آن را نشان می‌دهد.

## آیا می‌دانید

در بسیاری از ترکیب‌های یونی عدد کوئوردیناسیون کاتیون و آنیون یکسان نیست. کلسیم فلوئورید از جمله آنها است. در این ترکیب یونی عدد کوئوردیناسیون کاتیون، ۸ و عدد کوئوردیناسیون آنیون، ۴ است.

با کمی دقت در شکل ۹، در می‌یابید که آرایش یون‌ها در سرتاسر شبکه بلوری سدیم کلرید به‌عنوان نمایندهٔ جامدهای یونی از یک الگوی تکراری پیروی می‌کند، به‌طوری که هر کاتیون با شمار معینی آنیون و هر آنیون با شمار معینی کاتیون احاطه شده است. به شمار نزدیک‌ترین یون‌های ناهمنام موجود پیرامون هریون در شبکه بلور، عدد **کوئوردیناسیون**[1] می‌گویند، بنابراین عدد کوئوردیناسیون هر یک از یون‌های $Na^+$ و $Cl^-$ در بلور سدیم کلرید با هم مساوی و برابر با ۶ است (چرا؟).

## عدد کوئوردیناسیون چیست؟




## با هم بیندیشیم

۱ـ توضیح دهید چرا برای توصیف ترکیب‌های یونی در منابع علمی معتبر هیچ‌گاه واژه‌هایی مانند مولکول و فرمول مولکولی به‌کار نمی‌رود؟

**در شبکه بلوری تر کیب یونی، یون ها ی مثبت و منفی بصورت جفت های مشخص یونی کنار هم قرار نگرفته اند و واحد های مجزا و مشخصی بصورت مولکول در شبکه بلوری وجود ندارد**

۲ـ جدول زیر اندازهٔ شعاع برخی یون‌های متداول را در مقایسه با اندازهٔ اتم سازندهٔ آنها نشان می‌دهد. در مورد این جدول با یکدیگر گفت‌وگو کنید و روندهای موجود در آن را توضیح دهید.

| گروه / دوره | ۱۷ | ۱۶ | ۲ | ۱ |
|---|---|---|---|---|
| دوم | F ۱- ۷۱، ۱۳۳ | O ۲- ۷۳، ۱۴۰ | | Li ۱+ ۱۵۲، ۷۶ |
| سوم | Cl ۱- ۹۹، ۱۸۱ | S ۲- ۱۰۲، ۱۸۴ | Mg ۲+ ۱۶۰، ۷۲ | Na ۱+ ۱۸۶، ۱۰۲ |

## توضیح سوال 2

**شعاع یونی**

۱- 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 کاتیون آن < شعاع اتمی فلز

۲- 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 آنیون آن > شعاع اتمی نافلز

۳- در هر گروه از بالا به پایین شعاع یونی نیز مانند شعاع اتمی افزایش می‌یابد.

۴- در میان یون‌های هم الکترون هر چه بار یون مثبت‌تر باشد، شعاع یونی کوچک‌تر و هر چه بار یون منفی‌تر باشد، شعاع یونی بزرگ‌تر است:

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

۱ـ Coordination Number

## چگالی بار یون چیست؟ و رابطه آن را بنویسید؟

$= \frac{4}{3}\pi r^3$

چگالی بار یون ← مقدار بار یون / شعاع یون یا بار خالص یون / حجم یون

۳ـ اگر هریون را کره‌ای باردار در نظر بگیرید، چگالی بار هم‌ارز با نسبت بار به حجم آن است.

کمیتی که می‌تواند برای مقایسهٔ میزان برهم‌کنش میان یون‌ها به کار رود. نسبت ساده‌تری که می‌توان به کاربرد، نسبت مقدار بار یون به شعاع آن است. با این توصیف جدول زیر را کامل کنید و به پرسش‌ها پاسخ دهید.

چگالی بار یون $= \frac{1}{\text{شعاع}}$ ← شعاع $= 138$ $7.24 \times 10^{-3}$

| کاتیون | شعاع (pm) | نسبت بار به شعاع | آنیون | شعاع (pm) | نسبت بار به شعاع |
|---|---|---|---|---|---|
| $Na^+$ | ۱۰۲ | $۹/۸۰ \times ۱۰^{-۳}$ | $F^-$ | ۱۳۳ | $7.5 \times 10^{-3}$ |
| $K^+$ | 138 | $۷/۲۴ \times ۱۰^{-۳}$ | $Cl^-$ | ۱۸۱ | $5.5 \times 10^{-3}$ |
| $Mg^{2+}$ | 72 | $۲/۷۷ \times ۱۰^{-۲}$ | $O^{2-}$ | ۱۴۰ | $1.4 \times 10^{-2}$ |
| $Ca^{2+}$ | ۹۹ | $2.02 \times 10^{-2}$ | $S^{2-}$ | ۱۸۴ | $۱/۰۹ \times ۱۰^{-۲}$ |

چگالی بار $= \frac{2}{99} = 2.02 \times 10^{-2}$

$Mg^{2+} > Ca^{2+} > Na^+ > K^+$ (گروه دوم / گروه اول)

$O^{2-} > S^{2-} > F^- > Cl^-$

آ) چگالی بار کدام کاتیون کمتر و کدام یک بیشتر است؟ چرا؟ $Mg^{2+}$ $K^+$

ب) چگالی بار کدام آنیون کمتر و کدام یک بیشتر است؟ چرا؟ $O^{2-}$ $Cl^-$

پ) پیش‌بینی کنید نیروی جاذبه میان کدام کاتیون با کدام آنیون از همه قوی‌تر است؟ چرا؟ $Mg^{2+}$ , $O^{2-}$

ت) پ ش‌بینی کنید نیروی جاذبه میان کدام کاتیون با کدام آنیون از همه ضعیف‌تر است؟ چرا؟ $K^+$ , $Cl^-$

### نکات بسیار مهم

۱ ـ در هر گروه از بالا به پایین چگالی بار یون کاهش می‌یابد

زیرا: ۱- مقدار بار یون‌ها برابر است. ۲- شعاع یون‌ها افزایش می‌یابد.

۲ ـ هرچه چگالی بار آنیون و چگالی بار کاتیون بیشتر باشد:

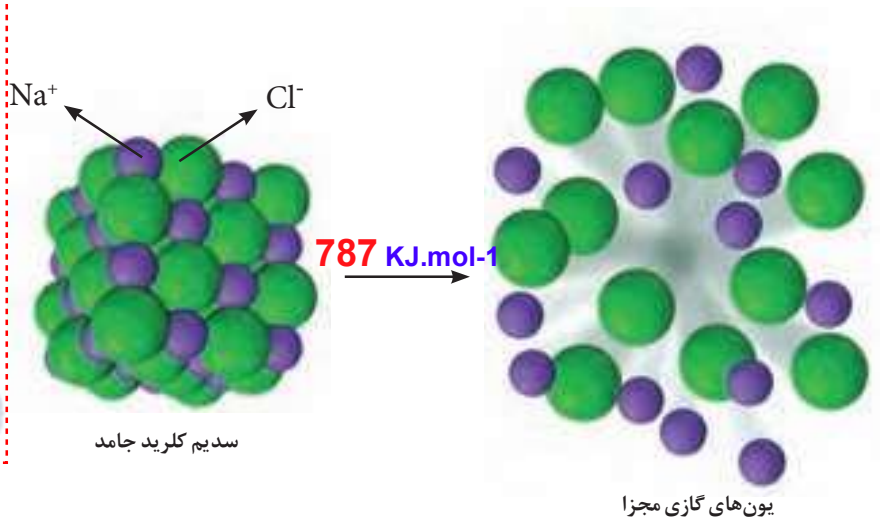
نیروی جاذبهٔ میان یون‌ها بیشتر ⇩ استحکام و پایداری شبکه بیشتر

اینک می‌پذیرید که نوع و بار یون‌ها و در نتیجه قدرت نیروی جاذبه میان آنها در شبکه بلوری، کلیدی برای درک رفتار آنهاست. هر چه نیروی جاذبه میان یون‌ها قوی‌تر باشد، استحکام شبکه یونی بیشتر بوده و برای فروپاشی آن یا جدا کردن کامل یون‌ها از یکدیگر به انرژی بیشتری نیاز است. شکل ۱۰، فروپاشی شبکه یونی سدیم کلرید را نشان می‌دهد.

### نکته

هر چه 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




**شکل ۱۰ـ** فروپاشی شبکه یونی سدیم کلرید و تبدیل آن به یون‌های گازی مجزا

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. $\Delta H_{\text{فروپاشی}}(NaCl(s)) = ۷۸۷\ kJ.mol^{-1}$ , $NaCl(s) + ۷۸۷kJ \rightarrow Na^+(g) + Cl^-(g)$

۱۱ Na سدیم
۱۹ K پتاسیم
۱۷ Cl کلر
۳۵ Br برم

آنتالپی فروپاشی شبکه = بار یون ها / شعاع یون ها

NaCl → $Na^+$ $Cl^-$ KBr → $K^+$ $Br^-$

$r_{Na^+} < r_{K^+}$ و $r_{Cl^-} < r_{Br^-}$

چگالی بار یون های سازنده سدیم کلرید بیشتر است

چگالی بار با فروپاشی شبکه یونی رابطه مستقیم دارد

**NaCl(s)**

انرژی لازم برای فروپاشی شبکه یونی سدیم کلرید برابر با $۷۸۷\ kJmol^{-1}$ بوده و

**KBr(s)**

بیشتر از پتاسیم برمید ($۶۸۹\ kJmol^{-1}$) است، زیرا چگالی بار یون‌های سازندهٔ شبکه در سدیم کلرید به ترتیب بیشتر از یون‌های سازنده در پتاسیم برمید است. در شیمی می‌توان چنین مقایسه‌ای را با دو معادلهٔ واکنش به صورت زیر نمایش داد:

$$NaCl(s) + ۷۸۷\ kJ \rightarrow Na^+(g) + Cl^-(g)$$

$$KBr(s) + ۶۸۹\ kJ \rightarrow K^+(g) + Br^-(g)$$

گرمای مصرف شده در فشار ثابت برای واکنش‌هایی از این دست را آنتالپی فروپاشی شبکه می‌نامند و با $\Delta H_{\text{فروپاشی}}$ نمایش می‌دهند. بنابراین:

$$\Delta H_{\text{فروپاشی}}(NaCl,s) = +۷۸۷\ kJ\ mol^{-1}$$
$$\Delta H_{\text{فروپاشی}}(KBr,s) = +۶۸۹\ kJ\ mol^{-1}$$

## خود را بیازمایید

۱ـ در هر مورد با خط زدن واژه نادرست،هر یک از عبارت‌های زیر را کامل کنید:

آنتالپی فروپاشی شبکه چیست؟

آ) آنتالپی فروپاشی، گرمای ارلد / مصرف شده در فشار ثابت برای فروپاشی یک مول / گرم از شبکه یونی و تبدیل آن به اتم‌های / یون‌های گازی سازنده است.

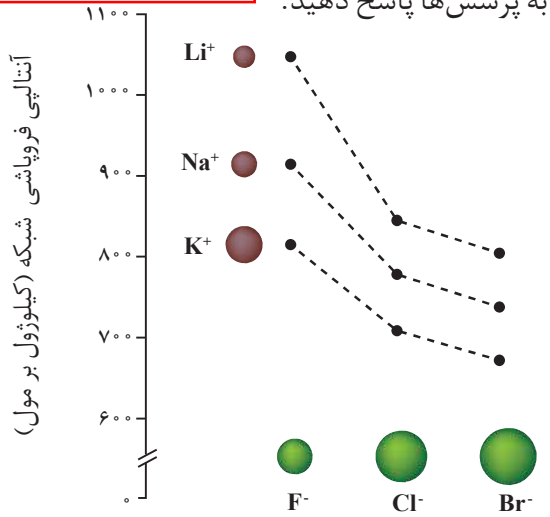
نکته

ب) هر چه بار / چگالی بار یون‌های سازندهٔ یک جامد یونی کمتر باشد، شبکهٔ آن آسان‌تر / دشوارتر فروپاشیده می‌شود.

۲ـ با توجه به داده‌های متن درس پیش‌بینی کنید کدام آنتالپی فروپاشی شبکه را می‌توان به **KCl(s)** نسبت داد؟ چرا؟ $۷۱۷\ kJmol^{-1}$، ۶۴۹ یا ۱۰۳۷

$\Delta H_{\text{فروپاشی}}(NaCl,s) = +۷۸۷\ kJ\ mol^{-1}$
$\Delta H_{\text{فروپاشی}}(KBr,s) = +۶۸۹\ kJ\ mol^{-1}$
⇨ KCl(s)

۳ـ با توجه به نمودار زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.




بررسی چگالی بار

| گروه(بالا به پایین) | دوره(چپ به راست) | |
|---|---|---|
| | آنیون ها | کاتیون ها |
| بار یون ثابت است. شعاع یونی افزایش می یابد. ⇩ چگالی بار کاهش می یابد. | بار یون ها کاهش شعاع یونی کاهش (تاثیر بار بیشتر از شعاع یون است.) ⇩ چگالی بار آنیون کاهش می یابد | شعاع یونی کاهش بار یون ها افزایش ⇩ چگالی بار کاتیون افزایش می یابد |

مقایسهٔ انرژی فروپاشی شبکه: $LiF > NaF > KF > RbF > CsF$

مقایسهٔ انرژی فروپاشی شبکه هالیدهای یک فلز قلیایی: $NaF > NaCl > NaBr > NaI$



آنتالپی فروپاشی شبکه = بار یون ها / شعاع یون ها

## آنتالپی فرپاشی شبکه با چگالی بار رابطه مستقیم دارد

آ) با افزایش شعاع کاتیون فلزهای قلیایی، آنتالپی فروپاشی شبکه چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید. **کاهش می یابد، زیرا آنتالپی فروپاشی شبکه با شعاع یونی کاتیون ها رابطه وارونه دارد**

ب) با افزایش شعاع آنیون هالید، آنتالپی فروپاشی شبکه چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید. **کاهش می یابد، زیرا آنتالپی فروپاشی شبکه با شعاع یونی آنیون ها رابطه وارونه دارد**

۴ـ با توجه به جدول زیر که آنتالپی فروپاشی شبکه را برای برخی ترکیب‌های یونی نشان می‌دهد، به پرسش‌ها پاسخ دهید.

| آنیون / کاتیون | $F^-$ | $O^{2-}$ |
|---|---|---|
| $Na^+$ | ۹۲۶ | ۲۴۸۸ |
| $Mg^{2+}$ | ۲۹۶۵ | ۳۷۹۸ |

آنتالپی فروپاشی شبکه $\begin{cases} NaF = 926 \\ MgF_2 = 2965 \end{cases} \Rightarrow$ بار کاتیون $Mg^{2+} > Na^+$.

**با بار کاتیون رابطه مستقیم دارد**

آنتالپی فروپاشی شبکه $\begin{cases} NaF = 926 \\ Na_2O = 2488 \end{cases} \Rightarrow$ بار آنیون $O^{2-} > F^-$

**با بار آنیون رابطه مستقیم دارد**

آ) درباره درستی جمله زیر گفت‌وگو کنید.

«آنتالپی فروپاشی شبکه هم با بار الکتریکی کاتیون و هم با بار الکتریکی آنیون، رابطهٔ مستقیم دارد».

**آنتالپی فروپاشی شبکه = بار یون ها / شعاع یون ها**

ب) آیا می‌توان میان آنتالپی فروپاشی شبکه و نقطه ذوب جامدهای یونی رابطه‌ای در نظر گرفت؟ توضیح دهید. **آنتالپی فروپاشی شبکه یونی بیشتر باشد، برای ذوب کردن آن شبکه، به انرژی بیشتری نیاز دارد پس بین نقطه ذوب و آنتالپی فروپاشی رابطه مستقیم وجود دارد**

**آنتالپی فروپاشی شبکه**

مقایسهٔ آنتالپی فروپاشی شبکه بدون استفاده از چگالی بار:

**نکات بسیار مهم**

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

مقایسهٔ آنتالپی فروپاشی شبکه: $MgO > MgF_2$ ⇨ MgO: 2 x 2 x 2=8 ; MgF2: 3 x1 x2 =6 ⇨ MgO > MgF2

۲- هر چه حاصل (بار کاتیون×بار آنیون×تعداد یون در یک واحد فرمولی) $A =$ بیشتر باشد، آنتالپی فروپاشی بیشتر است.

مقایسهٔ آنتالپی فروپاشی شبکه: $AlF_3 > MgO$ ⇨ AlF3: 4 x 1 x 3=12 ; MgO: 2 x 2 x 2=8 ⇨ AlF3 > MgO

۳- با شعاع آنیون و کاتیون سازندهٔ شبکه رابطهٔ عکس دارد.

مقایسهٔ انرژی فروپاشی شبکه: $LiF > NaF > KF > RbF > CsF$

مقایسهٔ انرژی فروپاشی شبکه هالیدهای یک فلز قلیایی: $NaF > NaCl > NaBr > NaI$

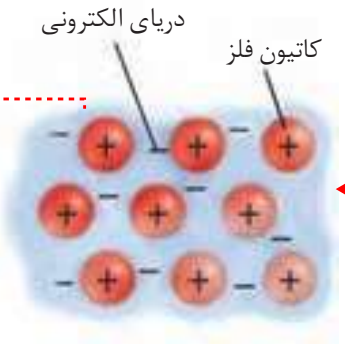
هرچه چگالی بار یون‌های سازندهٔ یک جامد یونی بیشتر باشد، شبکهٔ آن دشوارتر فروپاشیده می‌شود و نیروی جاذبهٔ میان آن‌ها قوی‌تر است.

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.

**پیوند فلزی چیست؟**

**نیروی جاذبه قوی است که بین کاتیون های فلزی و دریای الکترونی برقرار می شود**

## با هم بیندیشیم




۱ـ این شکل یک الگوی ساده از شبکهٔ بلوری فلزها را نشان می‌دهد که برای توجیه برخی رفتارهای فیزیکی آنها ارائه شده و به **مدل دریای الکترونی**[1] معروف است.

براساس این مدل، ساختار فلزها آرایش منظمی از کاتیون‌ها در سه بعد است که در فضای میان آنها سست‌ترین الکترون‌های موجود در اتم، دریایی را ساخته‌اند و در آن آزادانه جابه‌جا می‌شوند. با این توصیف به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

آ) پیش‌بینی کنید کدام الکترون‌ها (درونی ـ ظرفیت)، دریای الکترونی را می‌سازند؟ چرا؟

**چون سست و ناپایدارند**

ب) کدام ویژگی دریای الکترونی سبب می‌شود که هر الکترون موجود در آن را نتوان تنها متعلق به یک اتم معین دانست؟ **چون سستند و ازادانه می توانند جابجا شوند**

پ) دربارهٔ درستی جملهٔ زیر با یکدیگر گفت‌وگو کنید.

«دریای الکترونی عاملی است که چیدمان کاتیون‌ها را در شبکه بلوری فلز حفظ می‌کند.»

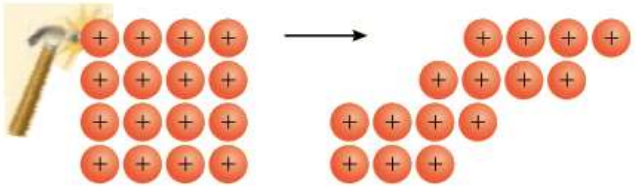
**نیروی جاذبه قوی که بین کاتیون های فلزی و دریای الکترونی برقرار می شود مانع از فروپاشی شبکه بلوری فلز می شود**

۲ـ با توجه به شکل‌های داده شده به پرسش‌ها پاسخ دهید.

**فلزها، چکش‌خوار و رسانای برق**

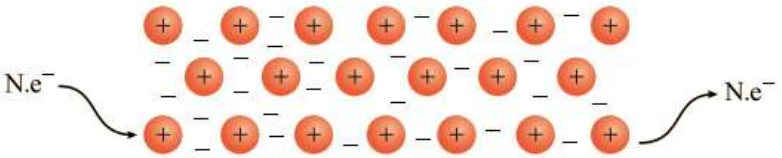
فلزها خاصیت چکش‌خواری و شکل‌پذیری دارند، زیرا در اثر وارد کردن ضربه به آن‌ها لایه‌ای از کاتیون‌ها روی هم می‌لغزند اما دریای الکترونی هم جابه‌جا شده و دوباره در فضای بین کاتیون‌ها قرار می‌گیرد.

چکش خواری



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.

رسانایی الکتریکی




آ) هر یک از شکل‌ها نشان‌دهندهٔ کدام رفتار فیزیکی فلز است؟

ب) رفتار فلز را در هر یک از این دو شکل با توجه به الگوی دریای الکترونی توجیه کنید.

۱ـ Electron Sea Model

## پیوند با زندگی

«**رنگ، نماد زیبایی**»

طبیعت زیستگاهی برای ما و آزمایشگاهی بزرگ برای علوم‌تجربی است که در آن رنگ و رنگ‌آمیزی یـ از خوشایندترین جلوه‌ها است و به انسان لذتی همراه با آرامش می‌بخشد. آیا می‌دانید چرا پوشش بهاری به رنگ سبز، ابرها به رنگ سفید و گل رُز به رنگ سرخ دیده می‌شود؟ آیا می‌دانید چرا محلول ترکیب‌های برخی فلزهای واسطه به رنگ‌های گوناگون دیده می‌شوند؟

**یاد آوری**

به‌طور کلی 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 گسترهٔ ۴۰۰ nm تا ۷۰۰ nm است و چشم ما آنها را می‌بیند.

**نکته** از این رو اگر در محیطی نور مرئی نباشد، انسان نمی‌تواند پیرامون خود را ببیند. شکل ۱۱، نشان می‌دهد که مواد رنگی بخشی از نور سفید تابیده شده را جذب و باقی‌ماندهٔ آن را عبور می‌دهند یا بازتاب می‌کنند.

**شکل ۱۱ـ** تابیدن نور و دیدن مواد رنگی

براساس شکل ۱۱، اگر یک نمونه ماده همهٔ طول موج‌های مرئی را بازتاب کند، به رنگ سفید و اگر همهٔ آنها را جذب کند، به رنگ سیاه دیده می‌شود، همچنین چشم ما مواد رنگی را با طول موج‌های عبوری یا بازتاب شده از آنها می‌بیند. اینک می‌پرسید که مواد رنگی چه ساختاری دارند؟

**رنگ دانه چیست؟**

سازندهٔ اصلی یک ماده رنگی که به آن رنگ می‌بخشد، **رنگ دانه**[1] نام دارد، برای نمونه $TiO_2$، $Fe_2O_3$ و دوده از جمله رنگ دانه‌های معدنی هستند که به ترتیب رنگ‌های سفید، قرمز و سیاه ایجاد می‌کنند. در گذشته انسان، این مواد رنگی را از منابع طبیعی همچون گیاهان، جانوران و برخی کانی‌ها تهیه می‌کرد. **نکته**

## آیا می‌دانید

سبز، آبی و قرمز سه نور اصلی هستند. هنگامی که دو تا از آنها مخلوط شوند نورهای فرعی زرد، فیروزه‌ای و ارغوانی پدید می‌آید. از مخلوط هر سه، تنها نور سفید پدید می‌آید.

۱ـ Pigment

## آیا می‌دانید

رنگدانه‌های آلی گستره وسیعی دارند به‌طوری‌که شمار آنها بسیار زیاد و متنوع است. از این مو در غذا، نساجی و... استفاده می‌شود.

امروزه پیشرفت و گسترش تولید فر ورده‌های صنعتی آن چنان سریع و چشمگیر است که این فراورده‌ها در رقابتی اقتصادی افزون بر جنبه‌های کمّی و کیفی از دیدگاه زیباشناختی، باید رنگ و رنگ‌آمیزی مناسب و جذابی نیز داشته باشند. چنین اهمیتی باعث تولیدرنگ‌های ساختگی گوناگونی شده است. رنگ‌هایی که در صنایع غذایی، نساجی، ساختمانی و... به‌کار می‌روند.

**نکته**

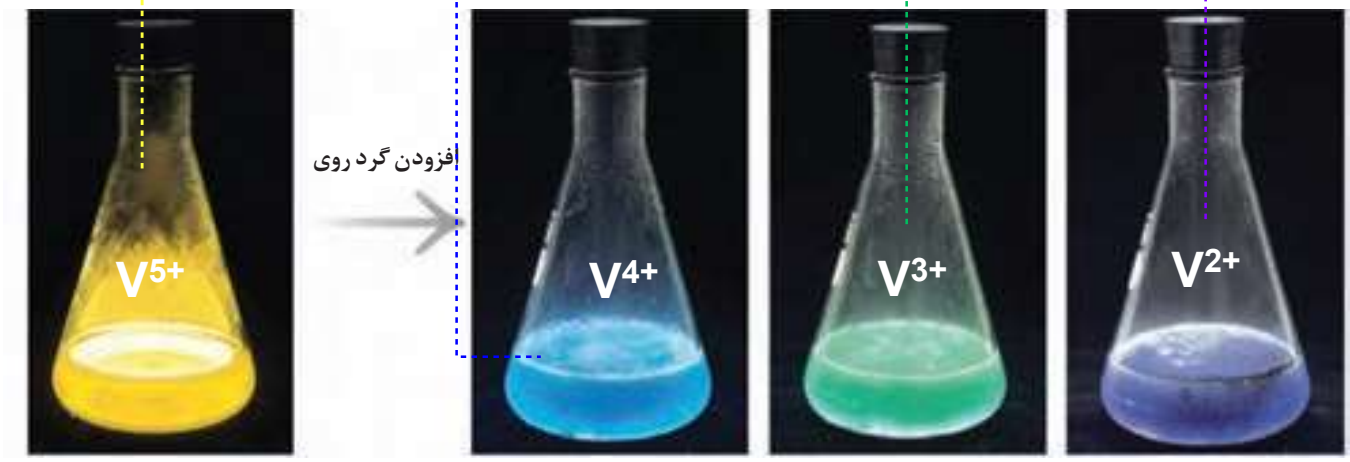
توجه کنید **رنگ**[1] هایی که برای پوشش سطح استفاده می‌شوند، نوعی کلویید هستند که لایهٔ نازکی روی سطح ایجاد می‌کنند تا افزون بر زیبایی، مانع خوردگی در برابر اکسیژن، رطوبت و مواد شیمیایی گردد.

$_{23}V:[Ar]3d^3 4S^2$

## بساز

### خود را بیازمایید

شکل زیر پیشرفت واکنش فلز روی با محلو نمکی از وانادیم (Ⅴ) را نشان می‌دهد.




محلولی از نمک وانادیم (Ⅴ) | محلولی از نمک وانادیم (Ⅳ) | محلولی از نمک وانادیم (III) | محلولی از نمک وانادیم (II)

با توجه به شکل به پرسش‌های داده شده پاسخ دهید.

آ) آرایش الکترونی اتم وانادیم ($_{23}V$) را بنویسید. $_{23}V:[Ar]3d^3 4S^2$

ب) آرایش الکترونی وانادیم را در حالت‌های اکسایش (II) و (III) بنویسید. $_{23}V^{2+}:[Ar]3d^3$ $_{23}V^{3+}:[Ar]3d^2$

پ) توضیح دهید چرا در هر مرحله رنگ محلول متفاوت از دیگری است؟

**با تغییر عدد اکسایش فلز واسطه وانادیم در هر مرحله، جذب و بازتاب نور توسط رنگ دانه های سازنده آن تغییر می کند**

ت) در این واکنش، وانادیم (Ⅴ) کدام نقش را دارد (اکسنده یا کاهنده)؟ چرا؟

**اکسنده، زیرا عدد اکسایش آن کاهش یافته است**

---

۱ـ Color

## تیتانیم، فلزی فراتر از انتظار

$_{22}Ti: [Ar]3d^2 4S^2$

فلزها افزون بر رفتارهای مشابه، تفاوت‌های آشکاری در برخی رفتارها نشان می‌دهند، در واقع هر فلز افزون بر رفتارهای مشترک، رفتارهای ویژهٔ خود را نیز دارد.

برای نمونه 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، نقطه ذوب و تنوع اعداد اکسایش با آنها تفاوت دارند.

در میان عنصرهای دسته **d** از دورهٔ چهارم جدول دوره‌ای، تیتانیم ($_{22}Ti$) با ویژگی‌های باورنکردنی، فلزی فراتر از انتظار است. ماندگاری و استحکام مناسب از جملهٔ این ویژگی‌هاست.

### با هم بیندیشیم

جدول زیر برخی ویژگی‌های تیتانیم را در مقایسه با فولاد زنگ نزن نشان می‌دهد. با توجه به جدول به پرسش‌های داده شده پاسخ دهید.

| ماده / ویژگی | تیتانیم | مقایسه | فولاد |
|---|---|---|---|
| نقطه ذوب ($^\circ C$) | ۱۶۶۷ | < | ۱۵۳۵ |
| چگالی ($g\ mL^{-1}$) | 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 |

آ) هنگامی که موتور جت کار می‌کند همه اجزای سازنده (ثابت و متحرک) دمای بالایی دارند. تیتانیم بر اساس کدام ویژ ی‌ها برای ساخت این موتور به کار رفته است؟ توضیح دهید.

ب) توضیح دهید چرا امروزه در ساخت پروانه کشتی اقیانوس‌پیما به جای فولاد از تیتانیم استفاده می‌کنند؟

پ) ساخت بناهای هنرمندانه، زیبا و ماندگار همانند موزهٔ گوگنهایم با پوشش بیرونی تیتانیم، از چه مزایایی برخوردار است؟ توضیح دهید.

### برخی از کاربردهای تیتانیم در صنعت

۱- ساخت موتور جت ⟸ (علت) داشتن نقطه ذوب بالا - داشتن چگالی کم

۲- ساخت پروانه کشتی های اقیانوس پیما ⟸ (علت) واکنش ندادن با ذره های موجود درآب دریا

۳- ساخت بناهای هنرمندانه. زیبا و ماندگار ⟸ (علت) مقاومت در برابر خوردگی و سایش و داشتن جلاء

۴- ساخت بدنه دوچرخه ⟸ (علت) چگالی کم - داشتن استحکام بالا

### آیا می‌دانید

تیتانیم، نهمین عنصر فراوان در پوستهٔ جامد زمین است. این عنصر در طبیعت به حالت آزاد یافت نمی‌شود و از جمله کانی‌های آن $TiO_2$ و $FeTiO_3$ است.

از آنجا که تهیه فلز تیتانیم خالص، گران و دشوار است، اغلب از $TiO_2$ در صنایع اولیه استفاده می‌شود.

ترکیبی که پایدار، غیر سمی و منعکس‌کننده مناسبی برای پرتوهای فرابنفش خورشید است. از این رنگ سفید در کرم‌های ضدآفتاب و صنایع کاغذ استفاده می‌شود.

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

نمایی از موتور جت

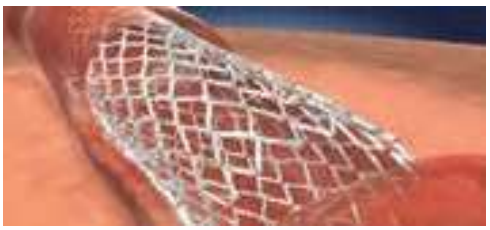
موزه گوگنهایم در اسپانیا

اثر حافظه را میتوان به این صورت تعریف کرد که اگر در دمایی خاص تغییر شکلی بر اثر اعمال نیرو صورت بگیرد، با حذف نیرو، این تغییر شکل بدون تغییر باقی میماند. اگر در دمایی بالاتر ، از دمای تغییر شکل، این نیرو حذف شود به شکل قبلی خود بازمیگردد

## نیتینول چیست؟ و کاربرد آن در صنعت و پزشکی را نام ببرید؟

تیتانیم افزون بر ویژگی‌های یادشده به ش ل آلیاژهای گوناگون نیز کاربرد گسترده‌ای در صنعت یافته است. برای نمونه **نیتینول**[1] آلیاژی از نیکل و تیتانیم بوده که به آلیاژ هوشمند معروف است. این آلیاژ در ساخت فراورده‌های صنعتی و پزشکی به‌کار می‌رود (ش ل ۱۲).

(آ)



(ب)

(پ)

آ) سازه فلزی در ارتودنسی ب) استنت بر ی رگ‌ها پ) قاب عینک

**شکل ۱۲ـ** برخی کاربردهای تیتانیم

## کاربرد های پزشکی نیتینول

۱ـ Nitinol