

# فهرست

## فصل اول

- مولکول‌ها در خدمت تندرستی  
عبارت‌های مفهومی  
پرسش‌های چهارگزینه‌ای  
پاسخ عبارت‌های مفهومی  
پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای

## فصل دوم

- آسایش و رفاه در سایه شیمی  
عبارت‌های مفهومی  
پرسش‌های چهارگزینه‌ای  
پاسخ عبارت‌های مفهومی  
پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای

## فصل سوم

- شیمی، جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری  
عبارت‌های مفهومی  
پرسش‌های چهارگزینه‌ای  
پاسخ عبارت‌های مفهومی  
پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای

## فصل چهارم

- شیمی، راهی به سوی آینده روشن‌تر  
عبارت‌های مفهومی  
پرسش‌های چهارگزینه‌ای  
پاسخ عبارت‌های مفهومی  
پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای

## ضمائم

- پیوست ۱  
پیوست ۲  
پیوست ۳

BOOK BANK

# شیمی جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری

- شیمی، هنر، زیبایی و ماندگاری
- سیلیس، زیبا، سخت و ماندگار
- گرافن، گونه‌ای به ضخامت اتم
- سازه‌های یخی، زیبا و سخت اما زودگذار
- رفتار مولکول‌ها و توزیع الکترون‌ها
- هنرنمایی شاره (سیال)‌های مولکولی و یونی برای تولید برق
- چینش زیبا، منظم و سه‌بعدی یون‌ها در جامد یونی
- فلزها، عنصرهایی شکل‌پذیر با جلایی زیبا
- رنگ، نماد زیبایی

CitaMelix  
BOOK BANK

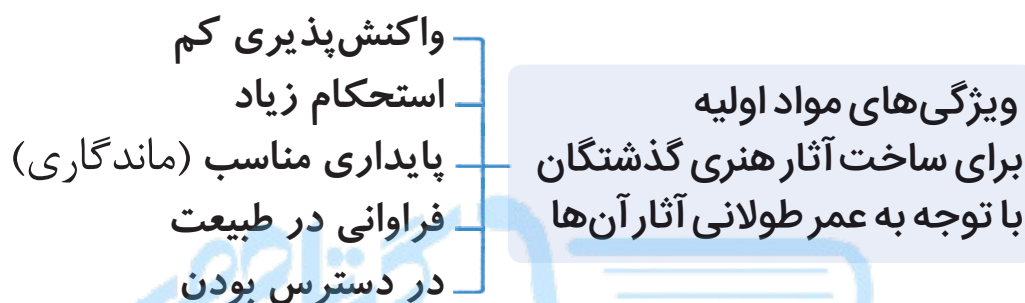
## شیمی جلوه ای از هنر، زیبایی و ماندگاری : درس نامه

### شیمی، هنر، زیبایی و ماندگاری

✓ شیمی دانشی است که به ما کمک می کند تا هوشمندانه از مواد در خلق آثاری هنرمندانه، زیبا و ماندگار بهره ببریم.

✓ آثار هنری به جای مانده از گذشتگان در جهان را می توان نمادی از هنر زمان خویش دانست که بازتابی از موارد زیر است:

#### ۱ زیبایی آثار به جای مانده      ۲ ماندگاری آثار



شیمی دان ها در مطالعه آثار گذشتگان برای دستیابی به خلق سازه های زیبا و ماندگار امروزی مراحل زیر را طی می کنند:

**گام ۱** بررسی نوع، مقدار، ساختار و رفتار مواد سازنده آثار به جای مانده.

**گام ۲** دستیابی به مواد جدیدتر با خواص ویژه و کاربرد معین با بهره گیری

از دانش شیمی.

**خاک رس:** نوعی خاک که مخلوطی از مواد گوناگون از جمله اکسیدهای فلزی، نافلزی و شبه فلزی و سایر مواد است.

جدول زیر برخی مواد از جمله اکسیدها و درصد جرمی هر یک از آنها را در یک نمونه خاک رس استخراج شده از یک معدن طلا را نشان می دهد:

فرمول شیمیایی ماده موجود در خاک رس	نام ماده شیمیایی	درصد جرمی
$\text{SiO}_2$	سیلیسیم دی اکسید (سیلیس)	۴۶ / ۲۰
$\text{Al}_2\text{O}_3$	آلومینیم اکسید	۳۷ / ۷۴
$\text{H}_2\text{O}$	آب	۱۳ / ۳۲

درصد جرمی	نام ماده شیمیایی	فرمول شیمیایی ماده موجود در خاک رس
۱/۲۴	سدیم اکسید	$\text{Na}_2\text{O}$
۰/۹۶	آهن (III) اکسید	$\text{Fe}_2\text{O}_3$
۰/۴۴	منیزیم اکسید	$\text{MgO}$
۰/۱	طلا و دیگر مواد ...	Au و دیگر مواد

### چند نکته

۱ سرخ‌فام بودن این نوع خاک رس به دلیل وجود آهن (III) اکسید ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) در آن است.

۲ با توجه به درصد جرمی‌های داده‌شده در این نوع خاک رس:

درصد جرمی:  $\text{SiO}_2 > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{H}_2\text{O} > \dots$

۳ هنگام پختن سفالینه‌های تهیه‌شده از این نوع خاک رس، به علت گرمای زیاد و تبخیر آب، از جرم  $\text{H}_2\text{O}$  و خاک رس اولیه کاسته می‌شود.

۴ در خاک رس معمولاً، انواع جامدها از جمله جامدهای یونی، جامدهای مولکولی، جامدهای کووالانسی و جامدهای فلزی وجود دارد.

### درصد جرمی

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

درصد جرمی را در واقع می‌توان نوعی درصد خلوص دانست؛ بنابراین برای محاسبه آن همانند درصد خلوص می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد.

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم ماده مورد نظر}}{\text{جرم کل نمونه موجود}} \times 100$$

$$\Rightarrow \text{جرم ماده مورد نظر} = \frac{\text{درصد جرمی}}{100} \times \text{جرم کل نمونه موجود}$$

شیمی جلوه ای از هنر، زیبایی و ماندگاری : درس نامه

مثال ۱

در ۲ کیلوگرم سنگ هالیت مقدار ۲۰۰ گرم ناخالصی گزارش شده است. درصد خلوص (جرمی) سدیم کلرید در این کانه، کدام است؟

- ۲۰ (۱)      ۴۰ (۲)      ۸۰ (۳)      ۹۰ (۴)

پاسخ | گزینه ۴ در رابطه درصد جرمی باید جرم ماده خالص و جرم نمونه بر حسب یک نوع یکای جرم باشند. پس  $2 \text{ kg} = 2000 \text{ g}$

$$\text{درصد خلوص (درصد جرمی) NaCl} = \frac{\text{جرم NaCl خالص}}{\text{جرم سنگ هالیت}} \times 100$$

$$= \frac{1800 \text{ g}}{2000 \text{ g}} \times 100 = 90\%$$

مثال ۲

درصد جرمی سیلیس در یک نمونه خاک رس ۴۵٪ گزارش شده است. از هر تن این نمونه خاک، چند کیلوگرم سیلیس قابل استخراج است؟ بازده درصدی فرایندهای استخراج سیلیس را ۶۰٪ در نظر بگیرید.

- ۲۵۰ (۱)      ۲۷۰ (۲)  
۳۷۰ (۳)      ۴۵۰ (۴)

پاسخ | گزینه ۲ یک تن خاک رس معادل ۱۰۰۰ کیلوگرم است:

$$\text{kg SiO}_2 \text{ نظری} = 1000 \text{ kg خاک} \times \frac{45}{100} = 450 \text{ kg SiO}_2$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow 60 = \frac{\text{مقدار عملی kg SiO}_2}{450 \text{ kg SiO}_2} \times 100$$

$$\Rightarrow \text{مقدار عملی} = 450 \times \frac{60}{100} = 270 \text{ kg SiO}_2$$

مثال ۳

درصد جرمی سدیم در ترکیب خالصی از سدیم سولفات کدام است؟  
 (Na = ۲۳, S = ۳۲, O = ۱۶ : g.mol<sup>-1</sup>)  
 ۳۶/۵۰ (۴)      ۳۲/۳۹ (۳)      ۱۸/۲۵ (۲)      ۱۶/۱۹ (۱)

**پاسخ | گزینه ۳** فرمول شیمیایی سدیم سولفات به صورت Na<sub>۲</sub>SO<sub>۴</sub> است. در هر مول آن، ۲ مول سدیم وجود دارد؛ بنابراین می توان نوشت:

$$\text{Na درصد} = \frac{۲\text{Na}}{۲\text{Na} + \text{S} + ۴\text{O}} \times ۱۰۰ = \frac{(۲ \times ۲۳) \text{ g}}{(۱۴۲) \text{ g}} \times ۱۰۰ = ۳۲ / ۳۹ \%$$

مثال ۴

اگر از تجزیه گرمایی کامل ۲۰۰ g کلسیم کربنات، مقدار ۳۶ لیتر گاز کربن دی اکسید در شرایط STP تولید شده باشد، درصد جرمی کلسیم کربنات در نمونه به کار رفته کدام است؟ (Ca = ۴۰, C = ۱۲, O = ۱۶ : g.mol<sup>-1</sup>)  
 ۸۶ (۴)      ۸۵ (۳)      ۸۳/۵ (۲)      ۸۰/۳۵ (۱)

**پاسخ | گزینه ۱** معادله موازنه شده واکنش عبارت است از:

$$\text{CaCO}_3(\text{s}) \xrightarrow{\Delta} \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$$

ابتدا مقدار گرم کلسیم کربنات لازم برای تولید ۳۶ لیتر کربن دی اکسید در شرایط STP را محاسبه می کنیم:

$$? \text{ g CaCO}_3 = ۳۶ \text{ L CO}_2 \times \frac{۱ \text{ mol CO}_2}{۲۲/۴ \text{ L CO}_2} \times \frac{۱ \text{ mol CaCO}_3}{۱ \text{ mol CO}_2}$$

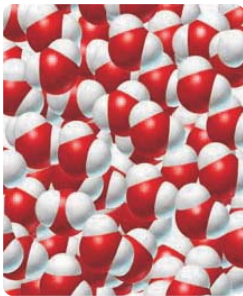
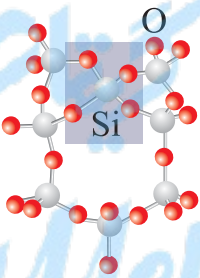
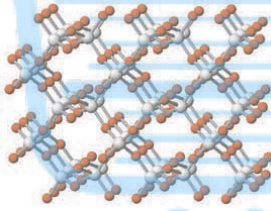
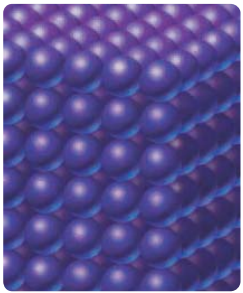
$$\times \frac{۱۰۰ \text{ g CaCO}_3}{۱ \text{ mol CaCO}_3} = ۱۶۰/۷۱ \text{ g CaCO}_3$$

حالا می توان درصد جرمی نمونه را به دست آورد:

$$\text{درصد جرمی کلسیم کربنات} = \frac{\text{جرم CaCO}_3}{\text{کل نمونه}} \times ۱۰۰ = \frac{۱۶۰/۷۱ \text{ g}}{۲۰۰ \text{ g}} \times ۱۰۰ = ۸۰/۳۵ \%$$

### ◀ انواع جامدها

در جدول زیر ۴ نوع جامد با هم مقایسه شده اند:

نوع جامدها	الگوی ساختاری جامد	برخی نمونه ها
جامدهای مولکولی (مواد مولکولی)		یخ ( $H_2O$ )، یخ خشک ( $CO_2(s)$ )، ید ( $I_2$ )، گوگرد (S)
جامدهای کووالانسی	 	سیلیسیس ( $SiO_2$ )، الماس (C)، گرافیت (C)، سیلیسیس کربید ( $SiC$ )، گرافن (C)
جامدهای یونی		سدیم کلرید ( $NaCl$ )، پتاسیم برمید ( $KBr$ )، پتاسیم کلرید ( $KCl$ )
جامدهای فلزی (فلزها)		طلا (Au)، آهن (Fe)، تیتانیوم (Ti)

جدول زیر برخی ویژگی‌های مهم انواع جامدها را نشان می‌دهد:

نوع جامد	ویژگی
مولکولی	ذره‌های سازنده: مولکول‌های مجزا نیروهای بین ذره‌ها: وان‌دروالسی یا هیدروژنی دمای ذوب: پایین / نارسانای جریان الکتریکی
کووالانسی	ذره‌های سازنده: اتم‌ها با شبکه‌های غول‌آسا نیروهای بین ذره‌ها: پیوندهای اشتراکی (کووالانسی) دمای ذوب: بسیار بالا / نارسانای جریان الکتریکی (به جز گرافیت) / سختی بالا (به جز گرافیت)
یونی	ذره‌های سازنده: کاتیون‌ها و آنیون‌ها (یون‌ها) نیروهای بین ذره‌ها: پیوند یونی در همه جهت‌ها / سخت اما شکننده در برابر ضربه / دمای ذوب و جوش: بالا / در حالت مذاب یا محلول رسانای جریان الکتریکی ولی در حالت جامد نارسانای برق
فلزی	ذره‌های سازنده: کاتیون‌های فلزی ثابت در دریایی از الکترون‌های آزاد نیروهای بین ذره‌ها: جاذبه‌های یون - الکترون دمای ذوب و جوش: اغلب بالا همواره رسانای جریان الکتریکی هستند. / چکش‌خوار و شکل‌پذیر

**نکته ۲۲** از جامدهای کووالانسی، گرافیت رسانای جریان الکتریکی است و به دلیل ساختار لایه‌ای آن، ماده‌ای نرم به شمار می‌رود.

**نکته ۲۳** کووالانسی > یونی > مولکولی: تنوع و شمار مواد در طبیعت

### سیلیس، زیبا، سخت و ماندگار

✓ سیلیسیم (Si) پس از اکسیژن، فراوان‌ترین عنصر در پوسته جامد زمین است.

✓ ترکیب‌های گوناگون دو عنصر O و Si بیش از ۹۰٪ پوسته جامد زمین را تشکیل می‌دهند.



## شیمی جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری : درس‌نامه

### سیلیس ( $\text{SiO}_2$ )

فراوان‌ترین اکسید در پوسته جامد زمین است. اتم‌های Si و O با پیوندهای اشتراکی  $\text{Si} - \text{O} - \text{Si}$  به هم متصل شده‌اند. واحدهای مجزا  $\text{SiO}_2$  ندارد، بلکه ساختاری پیوسته و شبکه‌ای غول‌آسا دارد.

یک اکسید شبه‌فلزی نامحلول در آب و اندکی خاصیت اسیدی ضعیف دارد. نمونه خالص  $\text{SiO}_2$ ، کوارتز نام دارد. ماسه از نمونه‌های ناخالص  $\text{SiO}_2$  است.



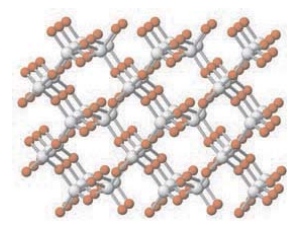

جزء جامدهای کووالانسی است. دیرگداز است و سختی بالایی دارد. به دلیل داشتن خواص نوری ویژه، از سیلیس خالص در ساخت منشورها و عدسی استفاده می‌شود.

### ◀ مقایسه Si و C

در جدول زیر دو عنصر Si و C با هم مقایسه شده‌اند:

ویژگی	نام عنصر	کربن (□)	سیلیسیم (Si)
عدد اتمی		۶	۱۴
شماره گروه در جدول دوره‌ای		۱۴	۱۴
مدل الکترون - نقطه‌ای		$\cdot\dot{\text{C}}\cdot$ (۴ الکترون ظرفیتی دارد.)	$\cdot\dot{\text{Si}}\cdot$ (۴ الکترون ظرفیتی دارد.)
خصلت		نافلز	شبه‌فلز
تمایل به تشکیل یون پایدار		ندارد	ندارد
اکسیدها		$\text{CO}_2$ (کربن دی‌اکسید) $\text{CO}$ (کربن مونواکسید)	$\text{SiO}_2$ (سیلیس)

تفاوت‌ها و شباهت‌های  $\text{SiO}_2$  و  $\text{CO}_2$  در جدول زیر ارائه شده است:

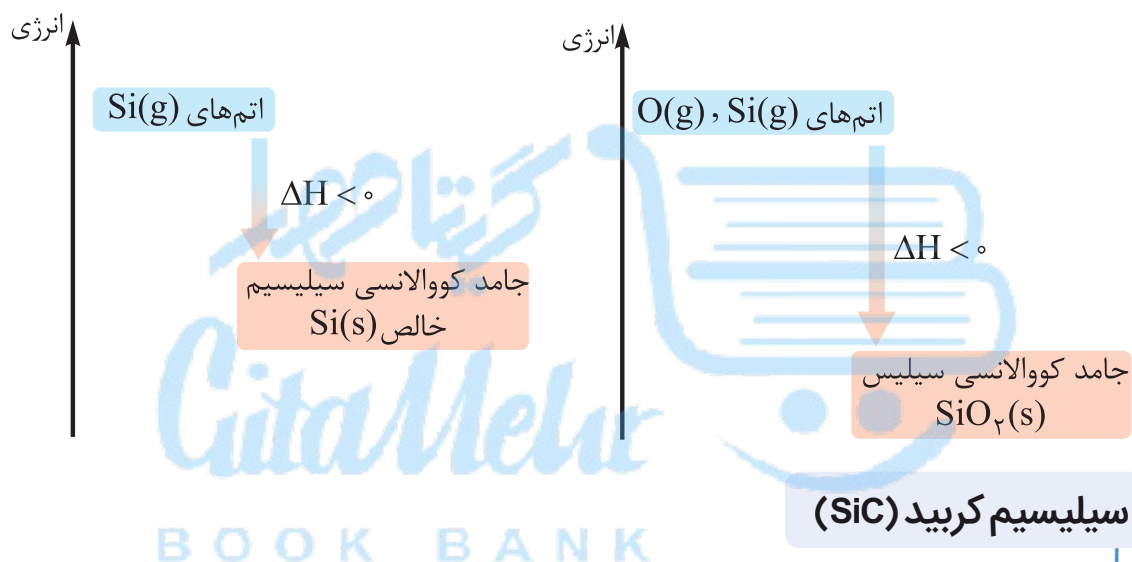
سیلیس ( $\text{SiO}_2$ )	کربن دی‌اکسید ( $\text{CO}_2$ )	نوع اکسید ویژگی
جامد کووالانسی	ماده (جامد) مولکولی (یخ خشک $\text{CO}_2(\text{s})$ )	نوع جامد
شبکه به هم پیوسته و غول آسا 	خطی سه‌اتمی 	ساختار
جامد با سختی بالا (استحکام بالا)	پایین	سختی
بالا (در دما و فشار اتاق جامد است.)	پایین (در دما و فشار اتاق گاز است.)	دمای ذوب و جوش
ساختاری به هم پیوسته و غول آسا از پل‌های $\text{Si} - \text{O} - \text{Si}$ 	مولکول‌های مجزا $\text{CO}_2$ 	ذره‌های سازنده
پیوندهای اشتراکی	جاذبه‌های وان‌دروالسی	نیروی بین ذره‌ها

## شیمی جلوه ای از هنر، زیبایی و ماندگاری: درس نامه

پخته شدن نان سنگک بر روی دانه های درشت سنگ را می توان نشانه ای از مقاومت گرمایی سیلیس دانست.

**نکته** از آن جا که پایداری  $\text{SiO}_2$  از  $\text{Si}$  خالص بیشتر است، سیلیسیم در طبیعت به حالت خالص یافت نمی شود بلکه به طور عمده به شکل سیلیسی ( $\text{SiO}_2$ ) یافت می شود.

به نمودارهای زیر دقت کنید: خالص  $\text{SiO}_2 > \text{Si}$ : پایداری در طبیعت



جزء جامدهای کووالانسی است.

به عنوان یک ساینده ارزان قیمت در تهیه سنباده به کار می رود.

ساختاری شبیه الماس دارد. (شبکه غول آسا و به هم پیوسته)

شامل شمار بسیار زیادی از اتم های سیلیسیم و کربن با پیوندهای

اشتراکی  $\text{Si} - \text{C} - \text{Si}$  است.

سختی و دمای ذوب آن از الماس کم تر ولی از سیلیسیم بیشتر است.

هر اتم سیلیسیم با ۴ اتم کربن و هر اتم کربن نیز با ۴ اتم سیلیسیم

پیوند کووالانسی یگانه دارد.

## ◀ دگرشکل‌های کربن

گرافیت و الماس از جمله دگرشکل‌های طبیعی کربن بوده که در جدول‌های ۱ و ۲ با هم مقایسه شده‌اند:

جدول (۱)

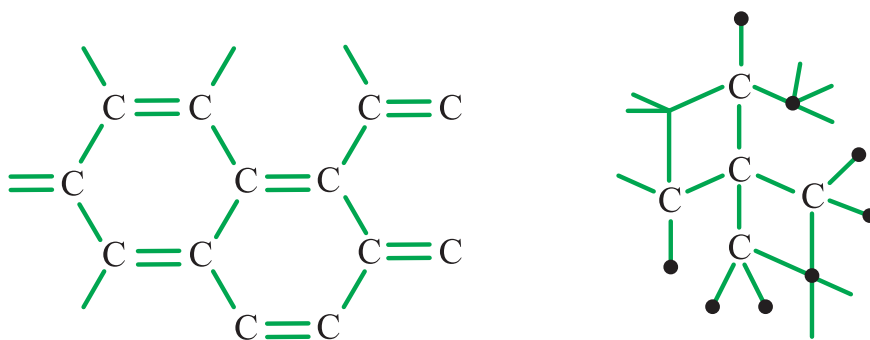
الماس	گرافیت	دگرشکل
		ساختار
		

جدول (۲)

الماس	گرافیت	ویژگی
شبه‌کهای غول‌آسا	لایه‌لایه، غول‌آسا متشکل از حلقه‌های شش‌گوشه کربنی	نوع ساختار
جامد کووالانسی	جامد کووالانسی	نوع جامد
چینش سه‌بعدی اتم‌های کربن (شبه‌ک سه‌بعدی غول‌آسا)	چینش دوبعدی اتم‌های کربن (صفحات غول‌آسا)	چینش اتم‌ها
$3/51 \text{ g.cm}^{-3}$ بسیار بالا	$2/27 \text{ g.cm}^{-3}$	چگالی
بسیار سخت (سخت‌ترین ماده طبیعت)	بسیار پایین (نرم) (به دلیل نیروی ضعیف بین لایه‌ها)	سختی
اتم‌های کربن	اتم‌های کربن	ذره‌های سازنده
پیوندهای اشتراکی (میان تمام اتم‌ها)	پیوندهای اشتراکی (میان اتم‌های درون هر لایه) نیروی وان‌دروالسی (بین لایه‌ها)	نیروی بین ذره‌ها
ساخت مته‌ها و ابزار برش شیشه، جواهرات	مغز مداد	برخی کاربردها

## شیمی جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری: درس‌نامه

**نکته ۲۲** در الماس، هر اتم کربن با ۴ پیوند اشتراکی یگانه به چهار اتم کربن دیگر متصل است اما در گرافیت هر اتم کربن با ۴ پیوند (۲ پیوند یگانه و یک پیوند دوگانه) به ۳ اتم کربن دیگر متصل است.



گرافیت

الماس

**نکته ۲۳** با توجه به این که آنتالپی و استحکام پیوند  $C-C$  از  $Si-Si$  بیشتر است. چنانچه سیلیسیم خالص ساختاری همانند الماس داشته باشد (که دارد)، نقطه ذوب الماس بالاتر از سیلیسیم است.

آنتالپی پیوند:  $C-C > Si-Si$

سیلیسیم خالص > الماس: دمای ذوب  $\Rightarrow$

**نکته ۲۴** با توجه به میانگین آنتالپی پیوندهای  $C-C$ ،  $Si-Si$  و  $C-Si$  که در جدول زیر آمده است، می‌توان نوشت:

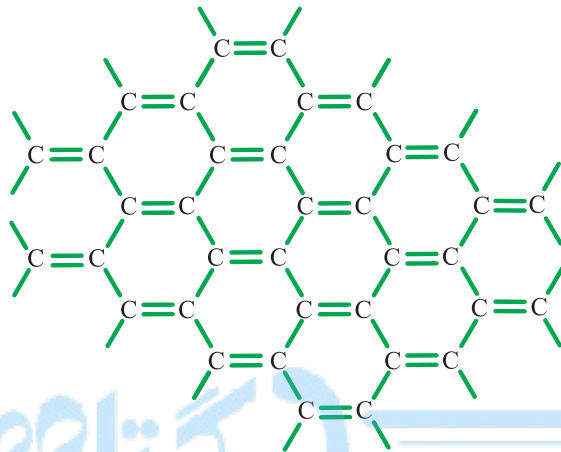
نوع پیوند	$C-C$	$Si-C$	$Si-Si$
میانگین آنتالپی پیوند ( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ )	۳۴۸	۳۱۸	۲۲۶

سیلیسیم خالص > سیلیسیم کربید > الماس: میانگین آنتالپی پیوند

سیلیسیم خالص > سیلیسیم کربید > الماس: سختی و دمای ذوب  $\Rightarrow$

## گرافن، گونه‌ای به ضخامت اتم

گرافن، تک لایه‌ای از گرافیت است که در آن اتم‌های کربن با پیوندهای اشتراکی حلقه‌های شش گوشه به ضخامت یک اتم کربن تشکیل داده‌اند.



ساختار گرافن: هر اتم کربن با ۴ پیوند اشتراکی به ۳ اتم کربن دیگر متصل شده است.



## ویژگی‌های گرافن

- ۱ در ساختار گرافن: هر شش اتم کربن یک شش گوشه و از اتصال این شش گوشه‌ها، ساختاری لایه‌ای شبیه کندوی زنبور عسل تشکیل داده‌اند.
  - ۲ گرافن یک جامد کووالانسی دوبعدی به ضخامت یک اتم کربن است، به همین دلیل شفاف و انعطاف‌پذیر است (برخلاف گرافیت).
  - ۳ با وجود ضخامت نانومتری گرافن، ساختار آن استحکام ویژه‌ای دارد، به طوری که مقاومت کششی آن حدود ۱۰۰ برابر فولاد است.
  - ۴ گرافن رسانای جریان الکتریسیته است.
- تهیه گرافن: یک روش تهیه گرافن، استفاده از گرد گرافیت و نوارچسب نازک برای جدا کردن لایه‌هایی نازک با ضخامتی در حد نانومتر از آن است.

### مثال

چند مورد از مقایسه های زیر درست اند؟

– دمای ذوب:  $C$  (الماس)  $> SiO_2 > SiC$

– (گرافیت)  $SiC > SiO_2 > C$ : سختی

– طول پیوند:  $C - C > Si - C > Si - Si$

– (گرافن)  $C > SiO_2 > C$  (گرافیت): رسانایی الکتریکی

۲ (۲)

۱ (۱)

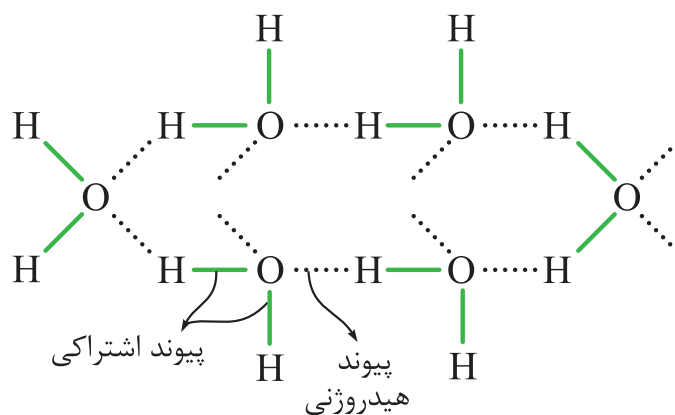
۴ (۴)

۳ (۳)

پاسخ | گزینه ۱ فقط مورد اول درست است.

### سازه های یخی، زیبا و سخت اما زودگذار

یخ ظاهری شبیه به سیلیس دارد به طوری که سازه های یخی شفاف بوده و هنر به کار رفته در آنها، خود جلوه گر زیبایی است. این زیبایی خود، مدیون آرایش سه بعدی و منظم مولکول های  $H_2O$  در ساختار یخ است.



مولکول های  $H_2O$  در ساختار یخ، با تشکیل حلقه های شش گوشه، شبکه ای همانند کندوی زنبور عسل با استحکام ویژه پدید می آورند.

در جدول زیر، سیلیس به عنوان یک جامد کووالانسی با یخ به عنوان یک جامد مولکولی با هم مقایسه شده‌اند:

ویژگی	ماده	سیلیس (SiO <sub>2</sub> (s))	یخ (H <sub>2</sub> O(s))
نوع جامد	جامد کووالانسی	جامد مولکولی	جامد مولکولی
واحدهای سازنده	پل‌های —Si—O—Si—	مولکول‌های H <sub>2</sub> O	مولکول‌های H <sub>2</sub> O
واحدهای مجزا	ندارد (شبکه گول‌آسا و پیوسته دارد.)	دارد (مولکول‌های H <sub>2</sub> O)	دارد (مولکول‌های H <sub>2</sub> O)
نیروهای نگه‌دارنده ساختار	پیوندهای اشتراکی میان همه اتم‌ها	پیوندهای اشتراکی درون مولکول + پیوندهای هیدروژنی میان مولکول‌ها	پیوندهای اشتراکی درون مولکول + پیوندهای هیدروژنی میان مولکول‌ها
دمای ذوب	بسیار بالا (۱۷۱۰ °C) دیرگداز	پایین (۰ °C) (زودگداز)	پایین (۰ °C) (زودگداز)
استحکام و سختی	استحکام زیاد و سختی بالا	استحکام کم و سختی پایین	استحکام کم و سختی پایین
ساختار بلور	آرایش منظم و سه‌بعدی اتم‌ها دارای شش گوشه‌هایی همانند کندوی زنبور عسل	آرایش منظم و سه‌بعدی مولکول‌ها دارای شش گوشه‌هایی همانند کندوی زنبور عسل	آرایش منظم و سه‌بعدی مولکول‌ها دارای شش گوشه‌هایی همانند کندوی زنبور عسل

**نکته ۲۲** استفاده از واژه مولکولی، فرمول مولکولی و نیروهای بین‌مولکولی برای جامدهای کووالانسی، یونی و فلزی مجاز نیست.

✓ در ساختار یک جامد کووالانسی (مانند سیلیس) در مقایسه با یک جامد مولکولی (مانند یخ)، میان همه اتم‌ها پیوندهای اشتراکی وجود دارد، به همین دلیل چنین موادی دمای ذوب بالایی دارند و دیرگداز هستند.

**تعریف ۱** مواد مولکولی به موادی گفته می‌شود که واحدهای سازنده آن‌ها مولکول‌ها هستند. (مانند: یخ، ید و ...)

**۲** مولکول؛ واحدهای مجزایی شامل دو یا چند اتم با پیوندهای اشتراکی بوده و نقش کلیدی در تعیین خواص و رفتار مواد مولکولی دارند.



### دو نوع رفتار مواد مولکولی

**رفتار فیزیکی:** به نوع و قدرت نیروهای بین مولکولی آن‌ها بستگی دارد؛ مانند: آنتالپی تبخیر، نقطه جوش، دمای ذوب و ...

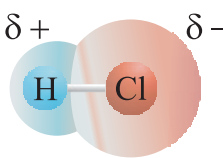
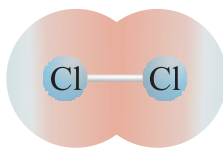
**رفتار شیمیایی:** به طور عمده به پیوندهای اشتراکی و جفت الکترون‌های ناپیوندی موجود در مولکول آن‌ها بستگی دارد؛ مانند: واکنش پذیری شیمیایی، آنتالپی پیوند، آنتالپی سوختن و ...

### رفتار مولکول‌ها و توزیع الکترون‌ها

توزیع جفت الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی در هر مولکول نقش مهمی در تعیین رفتار آن به ویژه در میدان الکتریکی دارد به طوری که اگر این توزیع در مولکول یکنواخت و متقارن باشد، مولکول ناقطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت گیری نمی کند.

**نکته** یکی از عواملی که می تواند تقارن و توزیع یکنواخت بارهای الکتریکی را در مولکول‌های چنداتمی به هم بزند، وجود جفت الکترون‌های ناپیوندی روی اتم مرکزی است.

ساده ترین مولکول‌ها، مولکول‌های دواتمی هستند که در دو دسته جور هسته و ناجور هسته در جدول زیر با هم مقایسه شده اند:

دواتمی ناجور هسته (اتم‌های غیر یکسان)	دواتمی جور هسته (اتم‌های یکسان)	نوع مولکول ویژگی
		نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی
HI, HCl, HF NO, CO و ...	$H_2, I_2, Cl_2$ $F_2, O_2, N_2$ و ...	نمونه‌ها

اتم‌های تشکیل‌دهنده مولکول	دو اتم یکسان (جور هسته)	دو اتم متفاوت (ناجور هسته)
بیشترین احتمال حضور الکترون‌های پیوندی	فضای بین دو هسته	پیرامون هسته اتم با خاصیت نافلزی بیشتر
چگونگی توزیع الکترون‌ها در مولکول	مقارن (یکسان و یکنواخت)	نامقارن (غیریکسان و غیریکنواخت)
گشتاور دو قطبی	$\mu = 0$	$\mu > 0$
قطبیت مولکول	ناقطبی	قطبی
جهت‌گیری در میدان الکتریکی	ندارند	دارند

✓ نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی برای نمایش احتمال حضور الکترون‌ها در مولکول‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این نقشه، به اتمی که تراکم بار الکتریکی روی آن بیشتر است، بار جزئی منفی ( $\delta^-$ ) نسبت داده می‌شود و آن را با رنگ قرمز نشان می‌دهند. در این نقشه به اتم دیگر نیز بار جزئی مثبت ( $\delta^+$ ) نسبت و با رنگ آبی نمایش داده می‌شود. احتمال حضور جفت‌الکترون‌های پیوندی، پیرامون هسته اتم با خصلت نافلزی بیشتر، بالاتر است.

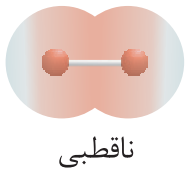
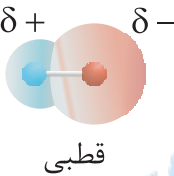
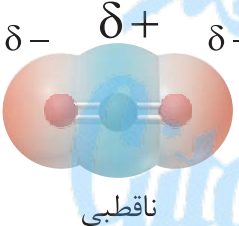
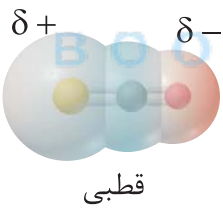
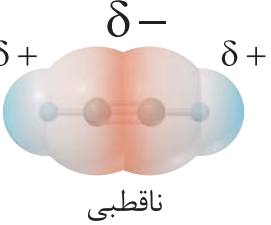
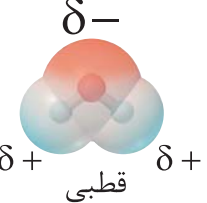
### یادآوری

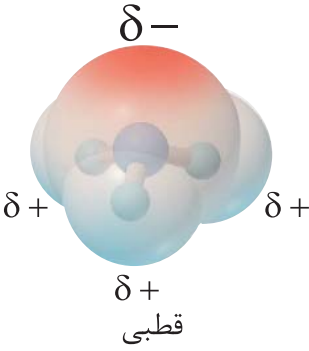
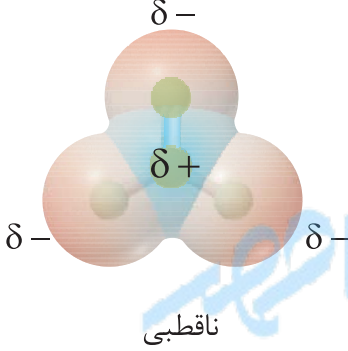
در شیمی یازدهم یاد گرفتید که خصلت نافلزی در جدول دوره‌ای از چپ به راست افزایش می‌یابد، هم‌چنین آموختید که در گروه‌های نافلزی، خصلت نافلزی از بالا به پایین کاهش می‌یابد.

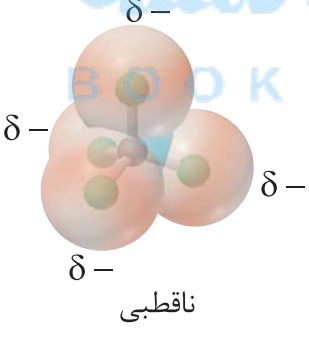
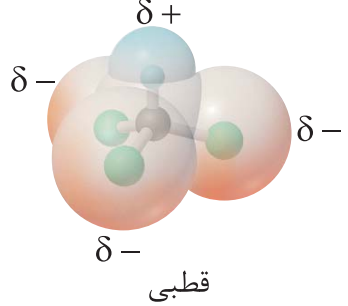
## شیمی جلوه ای از هنر، زیبایی و ماندگاری : درس نامه

✓ نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی یک مولکول، در واقع روشی تجربی برای تشخیص قطبیت مولکول ها است.

جدول زیر نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی چند مولکول را با هم مقایسه کرده است:

نام مولکول	فرمول مولکولی	شکل مولکول	نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی
فلوئور	$F_2$	خطی دو اتمی	 ناقطبی
هیدروژن فلوئورید	HF	خطی دو اتمی	 قطبی
کربن دی اکسید	$CO_2$	خطی سه اتمی	 ناقطبی
کربونیل سولفید	SCO	خطی سه اتمی	 قطبی
اتین	$C_2H_2$	خطی چهار اتمی	 ناقطبی
آب	$H_2O$	خمیده (شکل V)	 قطبی

 <p>قطبی</p>	<p>هرم با قاعده سه ضلعی (هرمی)</p>	<p><math>\text{NH}_3</math></p>	<p>آمونیاک</p>
 <p>ناقطبی</p>	<p>سه ضلعی مسطح</p>	<p><math>\text{SO}_3</math></p>	<p>گوگرد تری اکسید</p>

نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی	شکل مولکول	فرمول مولکولی	نام مولکول
 <p>ناقطبی</p>	<p>چهاروجهی منتظم</p>	<p><math>\text{CCl}_4</math></p>	<p>کربن تتراکلرید</p>
 <p>قطبی</p>	<p>چهاروجهی نامنتظم</p>	<p><math>\text{CHCl}_3</math></p>	<p>کلروفرم</p>

در کل می توان نوشت:



گشتاور دو قطبی	قطبیت مولکول	توزیع الکترون ها در مولکول
$(\mu = 0)$	ناقطبی	یکنواخت (مقارن)
$(\mu > 0)$	قطبی	غیریکنواخت (نامقارن)

همان طور که در نقشه های پتانسیل الکتروستاتیکی دیده می شود، برای قطبی بودن یک مولکول دو شرط زیر لازم است:

- ۱ تراکم بار الکتریکی روی یک اتم بیشتر باشد.
- ۲ بار الکتریکی پیرامون اتم مرکزی، به صورتی نامقارن و غیریکنواخت توزیع شده باشد.

### ◀ تشخیص مولکول های قطبی از ناقطبی

راهنمایی های زیر به شما در تشخیص مولکول های قطبی از ناقطبی، کمک می کند:

- ۱ مولکول های دواتمی تشکیل شده از اتم های یکسان (جورهسته)، ناقطبی اند. مانند:  $H_2, O_2, N_2, I_2, Cl_2, F_2, Br_2$  و ...
- ۲ مولکول های دواتمی تشکیل شده از اتم های متفاوت (ناجورهسته)، قطبی اند. مانند:  $HF, HI, HCl, HBr, NO$  و ...
- ۳ مولکول هایی که روی اتم مرکزی خود، الکترون ناپیوندی دارند. قطبی اند. مانند:  $H_2O, NH_3, SO_2, PCl_3, OF_2$  و ...
- ۴ مولکول هایی که دارای ساختار خمیده (V شکل) یا هرمی هستند، قطبی اند. مانند: آب (  )، آمونیاک (  ) و ...

### مثال

کدام دسته از مولکول‌های زیر همگی در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند؟



**پاسخ | گزینه ۴**  $CO$  یک مولکول دواتمی ناجورهسته است و

$O_3$  و  $PF_3$  هم در ساختار خود، روی اتم مرکزی دارای جفت‌الکترون ناپیوندی‌اند. بنابراین هر سه مولکول قطبی‌اند و در میدان الکتریکی

جهت‌گیری می‌کنند.



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

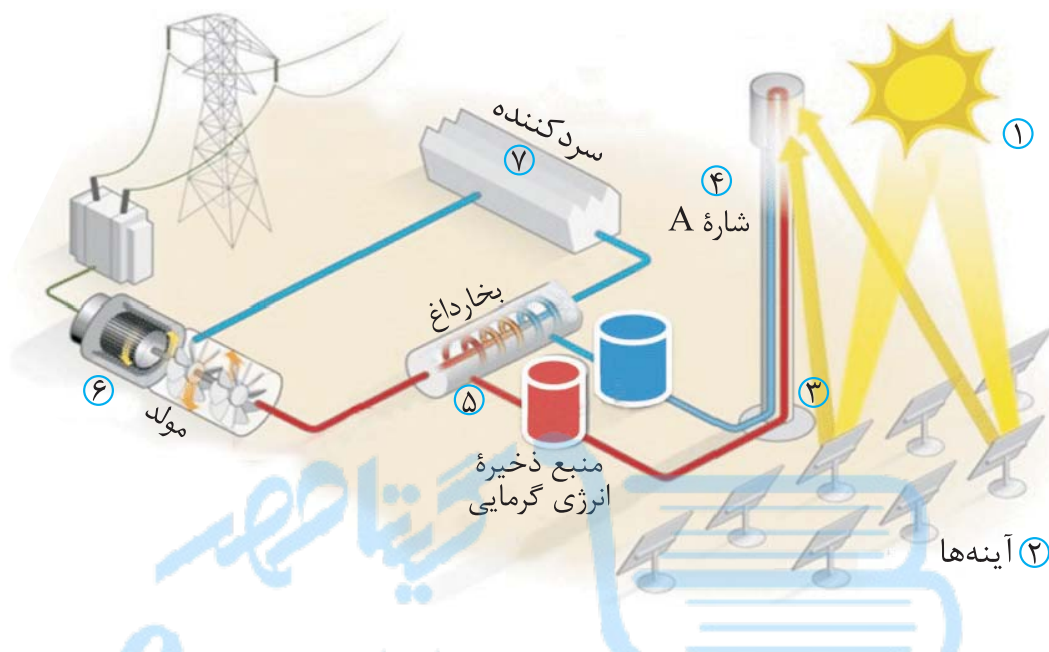
دانشمندان برای استفاده بهینه از انرژی خدادادی و رایگان خورشید به دنبال فناوری‌هایی هستند که بتوانند بخشی از آن را ذخیره نموده و به شکل انرژی الکتریکی وارد چرخه مصرف نمایند.

#### چرا خورشید؟

- خورشید بزرگ‌ترین منبع انرژی برای زمین است.
- خورشید منبع تجدیدپذیر انرژی است که پرتوهای الکترومغناطیسی را به سوی ما گسیل می‌دارد.
- بهره‌گیری از انرژی پاک خورشیدی، کاهش رد پای زیست‌محیطی را به دنبال خواهد داشت.
- به کمک دانش و فناوری پیشرفته می‌توان انرژی پرتوهای خورشیدی را به انرژی الکتریکی تبدیل کرد.

## شیمی جلوه ای از هنر، زیبایی و ماندگاری : درس نامه

شکل زیر شمایی از فناوری پیشرفته برای تولید انرژی الکتریکی از پرتوهای خورشیدی را نشان می دهد:



### مراحل تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی:

در این فناوری مراحل تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی عبارتند از:

- ۱ برخورد نور خورشید به آینه ها
- ۲ آینه ها پرتوهای خورشیدی را بر روی برج گیرنده متمرکز می کنند.
- ۳ با متمرکز شدن پرتوهای خورشیدی بر روی گیرنده برج، دمای سدیم کلرید مذاب (شاره یونی) افزایش می یابد.
- ۴ شاره بسیار داغ سدیم کلرید مذاب (شاره A) به منبع ذخیره انرژی گرمایی سرازیر می شود.
- ۵ منبع ذخیره انرژی گرمایی حتی در روزهای ابری و شب هنگام، با عبور دادن شاره یونی از مجاورت شاره مولکولی (آب)، گرمای لازم برای تبدیل آب به بخار داغ آب را فراهم می کند.

۶ بخار داغ آب، توربین انرژی الکتریکی (مولد) را به حرکت درمی‌آورد تا منجر به تولید انرژی الکتریکی (برق) شود.

۷ بخار داغ آب پس از به حرکت درآوردن مولد الکتریکی، به بخش سردکننده منتقل می‌شود تا دوباره در چرخه تولید بخار قرار گیرد.

✓ در فناوری پیشرفته تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی شاهد هنرنمایی شاره‌های مولکولی و یونی به صورت زیر هستیم:

۱ سدیم کلرید مذاب به عنوان یک شاره یونی، به دلیل تفاوت زیاد بین نقطه ذوب ( $801^{\circ}\text{C}$ ) و نقطه جوش ( $1413^{\circ}\text{C}$ ) به عنوان یک منبع ذخیره انرژی گرمایی استفاده می‌شود. (هنرنمایی شاره یونی)

۲ بخار داغ آب به عنوان یک شاره مولکولی، با به حرکت درآوردن توربین مولد الکتریکی سبب تولید انرژی الکتریکی می‌شود. (هنرنمایی شاره مولکولی)

**نکته** به طور کلی، هر چه تفاوت میان 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. این گونه مایع‌ها، برای استفاده به عنوان یک شاره ذخیره انرژی گرمایی بسیار مناسب هستند.

✓ گستره دمایی سدیم کلرید مذاب در فناوری تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی در حدود  $1350^{\circ}\text{C} - 850^{\circ}\text{C}$  درجه سلسیوس، یعنی حدود  $500^{\circ}\text{C}$  است؛ به عبارتی گستره مایع بودن آن برابر است با:

$$1350^{\circ}\text{C} - 850^{\circ}\text{C} = 500^{\circ}\text{C}$$

**نکته** گستره دمایی مایع بودن در ترکیب‌های یونی بیشتر از مواد مولکولی است که بیانگر قوی‌تر بودن جاذبه میان ذره‌های سازنده (یون‌ها) در ترکیب‌های یونی می‌باشد. (جدول)



## شیمی جلوه ای از هنر، زیبایی و ماندگاری : درس نامه

ماده خالص	نوع ماده	نقطه ذوب (°C)	نقطه جوش (°C)	گستره دمایی مایع بودن (°C)
N <sub>۲</sub>	مولکولی	-۲۱۰	-۱۹۶	-۱۹۶ - (-۲۱۰) = ۱۴
HF	مولکولی	-۸۳	۱۹	۱۹ - (-۸۳) = ۱۰۲
NaCl	یونی	۸۰۱	۱۴۱۳	۱۴۱۳ - ۸۰۱ = ۶۱۲

گستره دمایی مایع بودن:  $\text{NaCl} > \text{HF} > \text{N}_2$

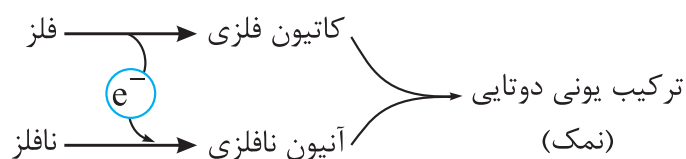
⇒ نیروی جاذبه بین ذره‌ها:  $\text{NaCl} > \text{HF} > \text{N}_2$

**نکته** ترکیب‌هایی که در دما و فشار اتاق به حالت مایع هستند، جزء مواد مولکولی به شمار می‌آیند.

**چینش زیبا، منظم و سه‌بعدی یون‌ها در جامد یونی** 

◀ **چگونگی تشکیل ترکیب‌های یونی دوتایی**

**تعریف** ترکیب یونی دوتایی به ترکیبی گفته می‌شود که از یک نوع کاتیون فلزی و یک نوع آنیون نافلزی تشکیل شده است؛ مانند:  $\text{NaCl}$ ،  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ،  $\text{Li}_2\text{O}$ ،  $\text{MgBr}_2$  و ...

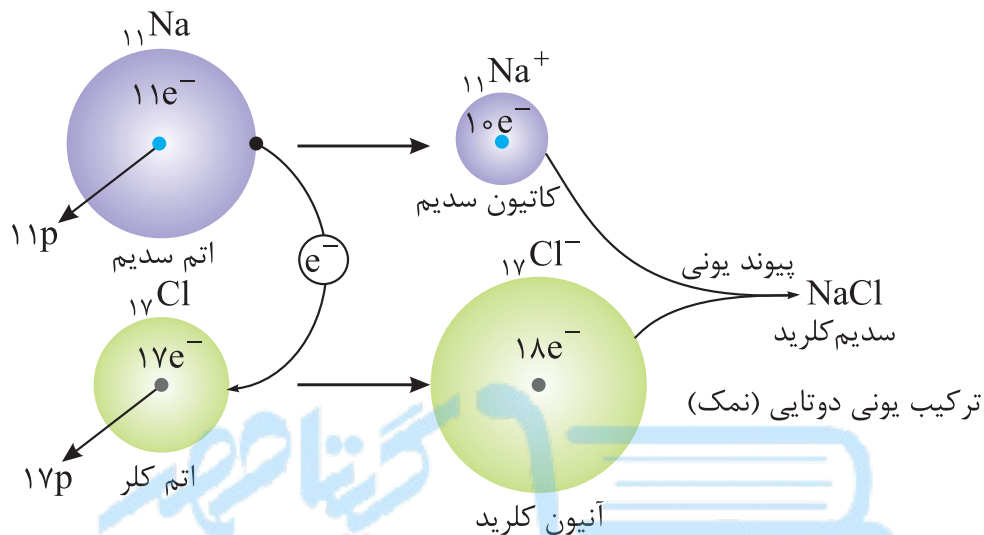


شرایط تشکیل ترکیب یونی دوتایی:

اتم فلزی به اتم نافلزی یک یا چند الکترون داده و هر یک به ترتیب تبدیل به کاتیون و آنیون می‌شوند که با جاذبه یونی (پیوند یونی) میان یون‌های ناهم‌نام ترکیب یونی دوتایی حاصل می‌شود.

## ◀ چگونگی تشکیل نمک سدیم کلرید

به دادوستد الکترون میان اتم‌های سدیم و کلر به هنگام تشکیل نمک خوراکی توجه کنید:



**نکته** فلز سدیم در حالت مذاب با گاز زردرنگ کلر در شرایط مناسب با هم واکنش می‌دهند.

### درواکنش فلز سدیم با گاز کلر

فلز سدیم در حالت مذاب با گاز زردرنگ کلر در شرایط مناسب با هم واکنش می‌دهند.

جامد سفیدرنگی به نام سدیم کلرید ( $\text{NaCl}$ ) تشکیل می‌شود.

نور و گرمای زیادی آزاد می‌شود (واکنش بسیار گرماده است).

در تبدیل فلز به کاتیون، شعاع کاهش می‌یابد:  $\text{Na}^+ < \text{Na}$  شعاع

در تبدیل نافلز به آن‌یون شعاع افزایش می‌یابد:  $\text{Cl}^- > \text{Cl}$  شعاع

معادله موازنه‌شده واکنش:  $2\text{Na}(l) + \text{Cl}_2(g) \rightarrow 2\text{NaCl}(s)$

پیوند یونی به نیروی جاذبه بسیار قوی بین کاتیون‌ها و آن‌یون‌ها در ترکیب یونی که نوعی پیوند شیمیایی قوی به شمار می‌آید.