فهرست

فصل اول

مولکول‌ها در خدمت تندرستی ۸
عبارت‌های مفهومی ۵۱
پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۵۵
پاسخ عبارت‌های مفهومی ۶۱
پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۶۵

فصل دوم

آسایش و رفاه در سایهٔ شیمی ۷۳
عبارت‌های مفهومی ۱۲۹
پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۱۳۳
پاسخ عبارت‌های مفهومی ۱۴۳
پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۱۴۶

فصل سوم

شیمی، جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری ۱۵۶
عبارت‌های مفهومی ۱۹۹
پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۲۰۳
پاسخ عبارت‌های مفهومی ۲۱۰
پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۲۱۴

فصل چهارم

شیمی، راهی به سوی آیندهٔ روشن‌تر ۲۱۹
عبارت‌های مفهومی ۲۶۱
پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۲۶۵
پاسخ عبارت‌های مفهومی ۲۷۴
پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۲۷۸

ضمائم

پیوست ۱ ۲۸۵
پیوست ۲ ۲۸۹
پیوست ۳ ۲۹۲

فصل ۳

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 زودگداز
- 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

شیمی، هنر، زیبایی و ماندگاری

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

✔ **آثار هنری** به جای مانده از گذشتگان در جهان را می‌توان نمادی از هنر زمان خویش دانست که بازتابی از موارد زیر است:

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

ویژگی‌های مواد اولیه برای ساخت آثار هنری گذشتگان با توجه به عمر طولانی آثار آن‌ها

- **واکنش‌پذیری کم**
- **استحکام زیاد**
- **پایداری مناسب** (ماندگاری)
- **فراوانی در طبیعت**
- **در دسترس بودن**

شیمی‌دان‌ها در مطالعهٔ آثار گذشتگان برای دستیابی به خلق سازه‌های زیبا و ماندگار امروزی **مراحل زیر را** طی می‌کنند:

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

گام ۲ دستیابی به مواد جدیدتر با خواص ویژه و کاربرد معین با بهره‌گیری از **دانش شیمی**.

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

جدول زیر برخی مواد از جمله اکسیدها و درصد جرمی هر یک از آن‌ها را در یک نمونه خاک رس استخراج‌شده از یک **معدن طلا** را نشان می‌دهد:

فرمول شیمیایی مادهٔ موجود در خاک رس	نام مادهٔ شیمیایی	درصد جرمی
SiO_2	سیلیسیم دی‌اکسید (سیلیس)	۴۶ / ۲۰
Al_2O_3	آلومینیم اکسید	۳۷ / ۷۴
H_2O	آب	۱۳ / ۳۲

فرمول شیمیایی مادهٔ موجود در خاک رس	نام مادهٔ شیمیایی	درصد جرمی
Na_2O	سدیم اکسید	۱/۲۴
Fe_2O_3	آهن (III) اکسید	۰/۹۶
MgO	منیزیم اکسید	۰/۴۴
Au و دیگر مواد	طلا و دیگر مواد ...	۰/۱

چند نکته

۱ **سرخ‌فام** بودن این نوع خاک رس به دلیل وجود **آهن (III) اکسید** (Fe_2O_3) در آن است.

۲ با توجه به درصد جرمی‌های داده‌شده در این نوع خاک رس:
درصد جرمی: $SiO_2 > Al_2O_3 > H_2O > \cdots$

۳ **هنگام پختن** سفالینه‌های تهیه‌شده از این نوع خاک رس، به علت گرمای زیاد و تبخیر آب، از جرم H_2O 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 محاسبهٔ آن همانند درصد خلوص می‌توان از رابطهٔ زیر استفاده کرد.

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم مادهٔ مورد نظر}}{\text{جرم کل نمونهٔ موجود}} \times ۱۰۰$$

$$\Rightarrow \text{جرم مادهٔ موردنظر} = \text{جرم کل نمونهٔ موجود} \times \frac{\text{درصد جرمی}}{۱۰۰}$$

مثال ۱

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

۱) ۲۰ ۲) ۴۰ ۳) ۸۰ ۴) ۹۰

پاسخ | گزینهٔ ۴ در رابطهٔ درصد جرمی باید جرم مادهٔ خالص و جرم نمونه برحسب یک نوع یکای جرم باشند. پس $۲\,kg = ۲۰۰۰\,g$

$$\text{درصد خلوص (درصد جرمی) } NaCl = \frac{\text{جرم خالص } NaCl}{\text{جرم سنگ هالیت}} \times ۱۰۰$$

$$= \frac{۱۸۰۰\,g}{۲۰۰۰\,g} \times ۱۰۰ = ٪۹۰$$

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.

۱) ۲۵۰ ۲) ۲۷۰

۳) ۳۷۰ ۴) ۴۵۰

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

$$\underset{\text{نظری}}{?\,kg\,SiO_۲} = ۱۰۰۰\,kg\,\text{خاک} \times \frac{۴۵}{۱۰۰} = ۴۵۰\,kg\,SiO_۲$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times ۱۰۰ \Rightarrow ۶۰ = \frac{\text{عملی } kg\,SiO_۲}{۴۵۰\,kg\,SiO_۲} \times ۱۰۰$$

$$\Rightarrow \text{مقدار عملی} = ۴۵۰ \times \frac{۶۰}{۱۰۰} = ۲۷۰\,kg\,SiO_۲$$

مثال ۳

درصد جرمی سدیم در ترکیب خالصی از سدیم سولفات کدام است؟
$(Na = ۲۳, S = ۳۲, O = ۱۶ : g.mol^{-۱})$

۱) ۱۶/۱۹ ۲) ۱۸/۲۵ ۳) ۳۲/۳۹ ۴) ۳۶/۵۰

پاسخ | گزینهٔ ۳ فرمول شیمیایی سدیم سولفات به صورت $Na_۲SO_۴$ است. در هر مول آن، ۲ مول سدیم وجود دارد؛ بنابراین می‌توان نوشت:

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

مثال ۴

اگر از تجزیهٔ گرمایی کامل ۲۰۰ g کلسیم کربنات، مقدار ۳۶ لیتر گاز کربن دی‌اکسید در شرایط STP تولید شده باشد، درصد جرمی کلسیم کربنات در نمونهٔ به کار رفته کدام است؟ $(Ca = ۴۰, C = ۱۲, O = ۱۶ : g.mol^{-۱})$

۱) ۸۰/۳۵ ۲) ۸۳/۵ ۳) ۸۵ ۴) ۸۶

پاسخ | گزینهٔ ۱ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش عبارت است از:

$$CaCO_۳(s) \xrightarrow{\Delta} CaO(s) + CO_۲(g)$$

ابتدا مقدار گرم کلسیم کربنات لازم برای تولید ۳۶ لیتر کربن دی‌اکسید در شرایط STP را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,CaCO_۳ = ۳۶\,L\,CO_۲ \times \frac{۱\,mol\,CO_۲}{۲۲/۴\,L\,CO_۲} \times \frac{۱\,mol\,CaCO_۳}{۱\,mol\,CO_۲}$$

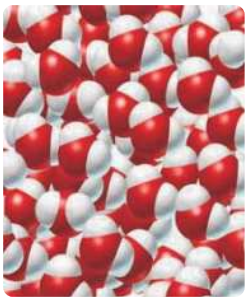
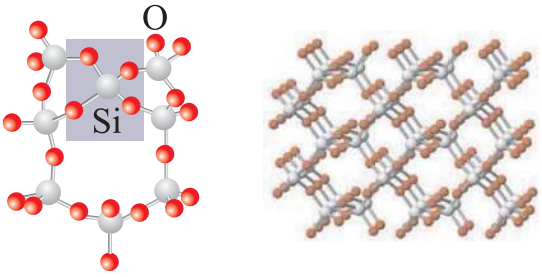
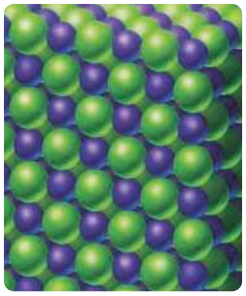
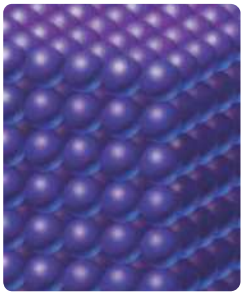
$$\times \frac{۱۰۰\,g\,CaCO_۳}{۱\,mol\,CaCO_۳} = ۱۶۰/۷۱\,g\,CaCO_۳$$

حالا می‌توان درصد جرمی نمونه را به دست آورد:

$$\text{درصد جرمی کلسیم کربنات} = \frac{\text{جرم } gCaCO_۳}{\text{کل نمونه } g} \times ۱۰۰ = \frac{۱۶۰/۷g}{۲۰۰g} \times ۱۰۰ = ٪۸۰/۳۵$$

انواع جامدها

در جدول زیر **۴ نوع جامد** با هم مقایسه شده‌اند:

نوع جامدها	الگوی ساختاری جامد	برخی نمونه‌ها
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)، سیلیسیم کربید (SiC)، گرافن (C)
جامدهای یونی		سدیم کلرید (NaCl)، پتاسیم برمید (KBr)، پتاسیم کلرید (KCl)
جامدهای فلزی (فلزها)		طلا (Au)، آهن (Fe)، تیتانیم (Ti)

جدول زیر برخی ویژگی‌های مهم انواع جامدها را نشان می‌دهد:

نوع جامد	ویژگی
مولکولی	ذره‌های سازنده: مولکول‌های مجزا نیروهای بین ذره‌ها: وان‌درواالسی 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 (به‌جز گرافیت) / سختی بالا (به‌جز گرافیت)
یونی	ذره‌های سازنده: کاتیون‌ها و آنیون‌ها (یون‌ها) نیروهای بین ذره‌ها: پیوند یونی در همهٔ 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 ـ الکترون دمای ذوب و جوش: اغلب بالا همواره رسانای جریان الکتریکی هستند. / چکش‌خوار و شکل‌پذیر

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

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

سیلیس، زیبا، سخت و ماندگار

- **سیلیسیم (Si)** پس از اکسیژن، **فراوان‌ترین** عنصر در **پوستهٔ جامد** زمین است.
- **ترکیب‌های گوناگون** دو عنصر O و Si بیش از ۹۰٪ پوستهٔ جامد زمین را تشکیل می‌دهند.

سیلیس (SiO_2)

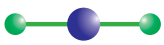
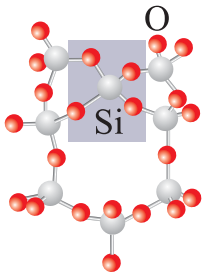
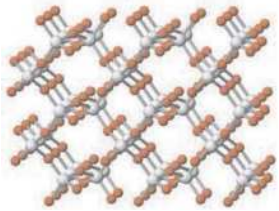
- فراوان‌ترین اکسید در پوستهٔ جامد زمین است.
- اتم‌های Si و O با پیوندهای اشتراکی Si — O — Si به هم متصل شده‌اند.
- واحدهای مجزا SiO_2 ندارد، بلکه ساختاری پیوسته و شبکه‌ای غول‌آسا دارد.
- یک اکسید شبه‌فلزی نامحلول در آب و اندکی خاصیت اسیدی ضعیف دارد.
- نمونهٔ خالص SiO_2، **کوارتز** نام دارد. ماسه از نمونه‌های ناخالص 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.

مقایسهٔ Si و C

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

ویژگی / نام عنصر	کربن (C)	سیلیسیم (Si)
عدد اتمی	۶	۱۴
شمارهٔ گروه در جدول دوره‌ای	۱۴	۱۴
مدل الکترون ـ نقطه‌ای	·Ċ· (۴ الکترون ظرفیتی دارد.)	·Si· (۴ الکترون ظرفیتی دارد.)
خصلت	نافلز	شبه‌فلز
تمایل به تشکیل یون پایدار	ندارد	ندارد
اکسیدها	CO_2 (کربن دی‌اکسید) CO (کربن مونواکسید)	SiO_2 (سیلیس)

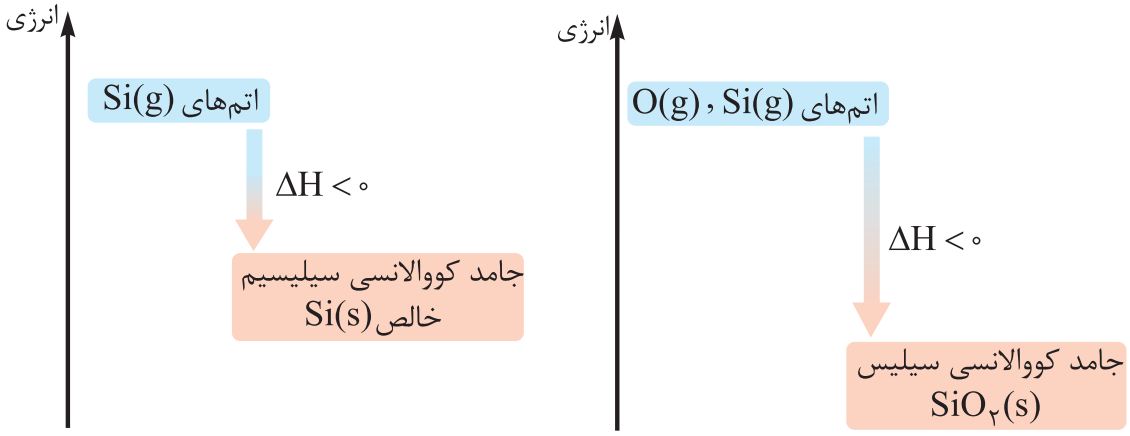
تفاوت‌ها و **شباهت‌های** CO_2 و SiO_2 در جدول زیر ارائه شده است:

نوع اکسید / ویژگی	کربن دی‌اکسید (CO_2)	سیلیس (SiO_2)
نوع جامد	ماده (جامد) مولکولی (یخ خشک $CO_2(s)$)	جامد کووالانسی
ساختار	خطی سه‌اتمی 	شبکهٔ به هم پیوسته و غول‌آسا 
سختی	پایین	جامد با سختی بالا (استحکام بالا)
دمای ذوب و جوش	پایین (در دما و فشار اتاق گاز است.)	بالا (در دما و فشار اتاق جامد است.)
ذره‌های سازنده	مولکول‌های مجزا CO_2	ساختاری به هم پیوسته و غول‌آسا از پل‌های $Si-O-Si$ 
نیروی بین ذره‌ها	جاذبه‌های وان‌درووالسی	پیوندهای اشتراکی

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

نکته از آن‌جا که **پایداری** SiO_2 از Si خالص بیشتر است، سیلیسیم در طبیعت به حالت خالص یافت نمی‌شود بلکه به طور عمده به شکل **سیلیسی** (SiO_2) یافت می‌شود.

به نمودارهای زیر دقت کنید: خالص Si < SiO_2 :پایداری در طبیعت



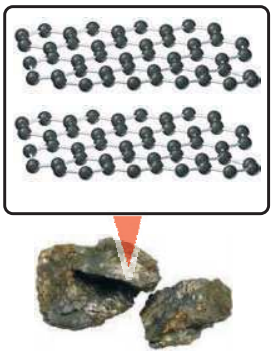
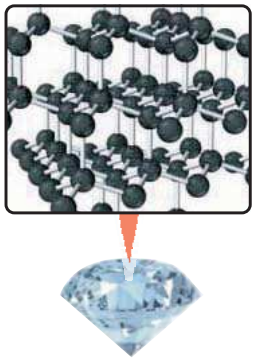
سیلیسیم کربید (SiC)

- جزء جامدهای کووالانسی است.
- به عنوان یک ساینده ارزان‌قیمت در تهیهٔ سنباده به کار می‌رود.
- ساختاری شبیه الماس دارد. (شبکهٔ غول‌آسا و به هم پیوسته)
- شامل شمار بسیار زیادی از اتم‌های سیلیسیم و کربن با پیوندهای اشتراکی Si — C — Si است.
- سختی و دمای ذوب آن از الماس کم‌تر 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:

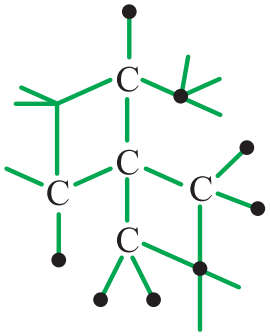
جدول (۱)

دگرشکل	گرافیت	الماس
ساختار		

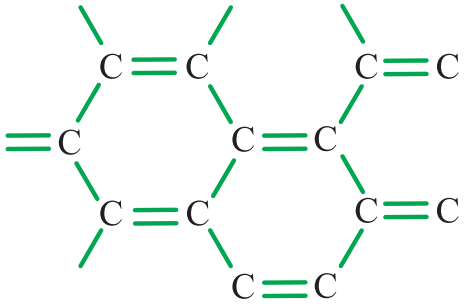
جدول (۲)

ویژگی	گرافیت	الماس
نوع ساختار	لایه‌لایه، غول‌آسا متشکل از حلقه‌های شش‌گوشهٔ کربنی	شبکه‌ای غول‌آسا
نوع جامد	جامد کووالانسی	جامد کووالانسی
چینش اتم‌ها	چینش دوبعدی اتم‌های کربن (صفحات غول‌آسا)	چینش سه‌بعدی اتم‌های کربن (شبکهٔ سه‌بعدی غول‌آسا)
چگالی	$۲/۲۷\ g.cm^{-۳}$	$۳/۵۱\ g.cm^{-۳}$ بسیار بالا
سختی	بسیار پایین (نرم) (به دلیل نیروی ضعیف بین لایه‌ها)	بسیار سخت (سخت‌ترین مادهٔ طبیعت)
ذره‌های سازنده	اتم‌های کربن	اتم‌های کربن
نیروی بین ذره‌ها	پیوندهای اشتراکی (میان اتم‌های درون هر لایه) نیروی وان‌درووالسی (بین لایه‌ها)	پیوندهای اشتراکی (میان تمام اتم‌ها)
برخی کاربردها	مغز مداد	ساخت مته‌ها و ابزار برش شیشه، جواهرات

نکته 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.



الماس



گرافیت

نکته با توجه به این‌که **آنتالپی و استحکام پیوند** C — C از Si — Si بیشتر است. چنان‌چه سیلیسیم خالص ساختاری همانند الماس داشته باشد (که دارد)، **نقطهٔ ذوب** الماس بالاتر از سیلیسیم است.

آنتالپی پیوند: C — C > Si — Si

دمای ذوب: الماس > سیلیسیم خالص

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

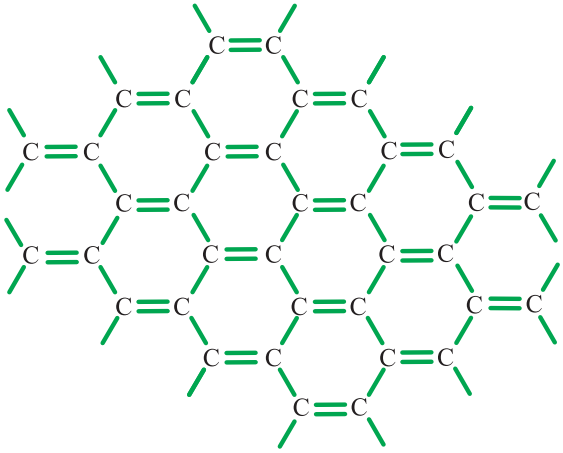
نوع پیوند	C — C	Si — C	Si — Si
میانگین آنتالپی پیوند ($kJ.mol^{-1}$)	۳۴۸	۳۱۸	۲۲۶

میانگین آنتالپی پیوند: C — C (در الماس) > Si — C (در سیلیسیم کربید) > Si — Si (سیلیسیم)

سختی و دمای ذوب: سیلیسیم خالص > سیلیسیم کربید > الماس

گرافن، گونه‌ای به ضخامت اتم

گرافن، تک لایه‌ای از گرافیت است که در آن اتم‌های کربن با پیوندهای اشتراکی حلقه‌های شش‌گوشه 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 شش‌گوشه و از اتصال این شش‌گوشه‌ها، 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.

تهیهٔ گرافن: یک روش تهیهٔ گرافن، استفاده از گرد گرافیت و نوارچسب نازک برای جداکردن لایه‌هایی نازک با ضخامتی در حد نانومتر از آن است.

مثال

چند مورد از مقایسه‌های زیر درست‌اند؟

- **دمای ذوب:** $C(\text{الماس}) > SiO_2 > SiC$
- **سختی:** $SiC > SiO_2 > C(\text{گرافیت})$
- **طول پیوند:** $C-C > Si-C > Si-Si$
- **رسانایی الکتریکی:** $C(\text{گرافن}) > SiO_2 > C(\text{گرافیت})$

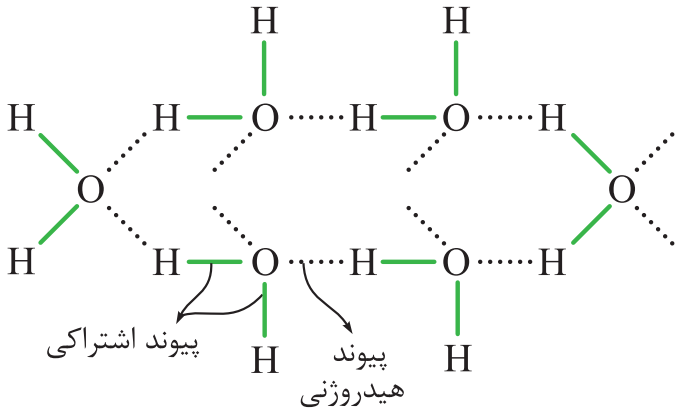
۱) ۱ ۲) ۲

۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ گزینهٔ ۱ فقط مورد اول درست است.

سازه‌های یخی، زیبا و سخت اما زودگذار

یخ ظاهری شبیه به سیلیس دارد به طوری که سازه‌های یخی شفاف بوده و هنر به کار رفته در آن‌ها، خود جلوه‌گر زیبایی است. این زیبایی خود، مدیون آرایش سه‌بعدی و منظم مولکول‌های H_2O در ساختار یخ است.



مولکول‌های H_2O در ساختار یخ، با تشکیل حلقه‌های شش‌گوشه، شبکه‌ای همانند کندوی زنبور عسل با استحکام ویژه پدید می‌آورند.

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

ویژگی / ماده	سیلیس ($SiO_2(s)$)	یخ ($H_2O(s)$)
نوع جامد	جامد کووالانسی	جامد مولکولی
واحدهای سازنده	پل‌های —Si—O—Si—	مولکول‌های H_2O
واحدهای مجزا	ندارد (شبکهٔ غول‌آسا و پیوسته دارد.)	دارد (مولکول‌های H_2O)
نیروهای نگه‌دارندهٔ ساختار	پیوندهای اشتراکی میان همهٔ اتم‌ها	پیوندهای اشتراکی درون مولکول + پیوندهای هیدروژنی میان مولکول‌ها
دمای ذوب	بسیار بالا ($1710\ ^\circ C$) دیرگداز	پایین ($0\ ^\circ C$) (زودگداز)
استحکام و سختی	استحکام زیاد و سختی بالا	استحکام کم و سختی پایین
ساختار بلور	آرایش منظم و سه‌بعدی اتم‌ها دارای شش‌گوشه‌هایی همانند کندوی زنبور عسل	آرایش منظم و سه‌بعدی مولکول‌ها دارای شش‌گوشه‌هایی همانند کندوی زنبور عسل

نکته استفاده از واژهٔ 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 همهٔ 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 سازندهٔ 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 بین‌مولکولی آن‌ها بستگی دارد؛ مانند: آنتالپی تبخیر، نقطهٔ جوش، دمای ذوب و ...

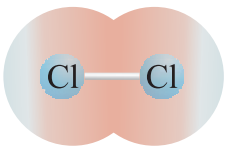
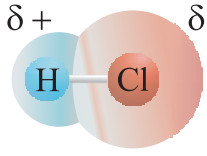
رفتار شیمیایی: به طور عمده به پیوندهای اشتراکی و جفت الکترون‌های ناپیوندی موجود در مولکول آن‌ها بستگی دارد؛ مانند: واکنش‌پذیری شیمیایی، آنتالپی پیوند، آنتالپی سوختن و ...

رفتار مولکول‌ها و توزیع الکترون‌ها

توزیع جفت‌الکترون‌های 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 جهت‌گیری نمی‌کند.

نکته یکی از عواملی که می‌تواند تقارن و توزیع یکنواخت بارهای الکتریکی را در مولکول‌های چنداتمی به هم بزند، وجود جفت‌الکترون‌های ناپیوندی روی اتم مرکزی است.

ساده‌ترین مولکول‌ها، مولکول‌های دواتمی هستند که در دو دستهٔ جورهسته و ناجورهسته در جدول زیر با هم مقایسه شده‌اند:

ویژگی / نوع مولکول	دواتمی جورهسته (اتم‌های یکسان)	دواتمی ناجورهسته (اتم‌های غیریکسان)
نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی		
نمونه‌ها	H_2 ، I_2 ، Cl_2 F_2 ، O_2 ، N_2 و ...	HI، HCl، HF NO، CO و ...

اتم‌های تشکیل‌دهندهٔ مولکول	دو اتم یکسان (جورهسته)	دو اتم متفاوت (ناجورهسته)
بیشترین احتمال حضور الکترون‌های پیوندی	فضای بین دو هسته	پیرامون هستهٔ اتم با خاصیت نافلزی بیشتر
چگونگی توزیع الکترون‌ها در مولکول	متقارن (یکسان و یکنواخت)	نامتقارن (غیریکسان و غیریکنواخت)
گشتاور دوقطبی	$\mu = 0$	$\mu > 0$
قطبیت مولکول	ناقطبی	قطبی
جهت‌گیری در میدان الکتریکی	ندارند	دارند

✔ نقشهٔ 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.

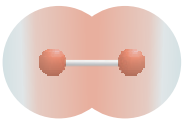
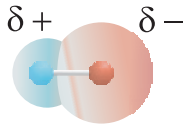
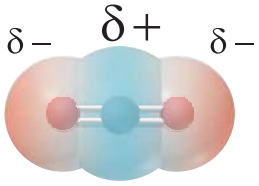
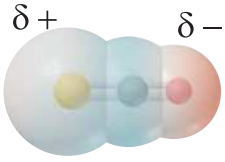
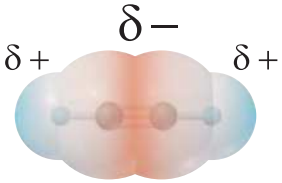
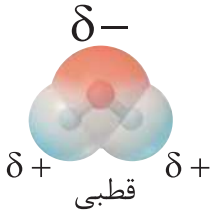
احتمال حضور جفت‌الکترون‌های پیوندی، پیرامون هستهٔ اتم با خصلت **نافلزی بیشتر**، بالاتر است.

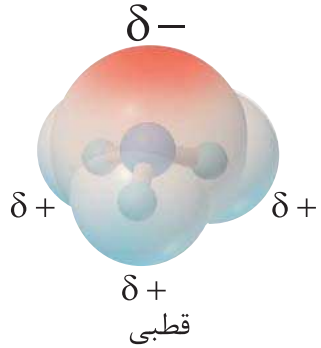
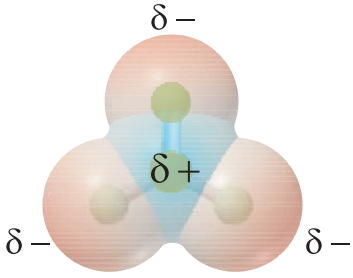
یادآوری

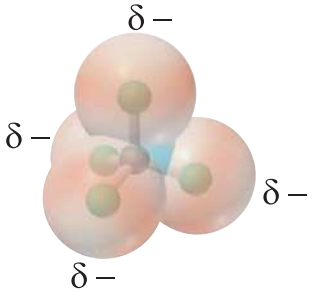
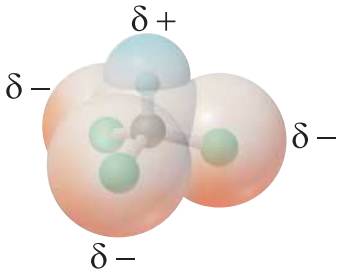
در شیمی یازدهم یاد گرفتید که خصلت نافلزی در جدول دوره‌ای از چپ به راست افزایش می‌یابد، هم‌چنین آموختید که در گروه‌های نافلزی، خصلت نافلزی از بالا به پایین کاهش می‌یابد.

✔ نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی یک مولکول، در واقع روشی تجربی برای تشخیص قطبیت مولکول‌ها است.

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

نام مولکول	فرمول مولکولی	شکل مولکول	نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی
فلوئور	F_2	خطی دواتمی	 ناقطبی
هیدروژن فلوئورید	HF	خطی دواتمی	 قطبی
کربن دی‌اکسید	CO_2	خطی سه‌اتمی	 ناقطبی
کربونیل سولفید	SCO	خطی سه‌اتمی	 قطبی
اتین	C_2H_2	خطی چهاراتمی	 ناقطبی
آب	H_2O	خمیده (شکلV)	 قطبی

آمونیاک	NH_3	هرم با قاعدهٔ سه‌ضلعی (هرمی)	 قطبی
گوگرد تری‌اکسید	SO_3	سه‌ضلعی مسطح	 ناقطبی

نام مولکول	فرمول مولکولی	شکل مولکول	نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی
کربن تتراکلرید	CCl_4	چهاروجهی منتظم	 ناقطبی
کلروفرم	$CHCl_3$	چهاروجهی نامنتظم	 قطبی

در کل می‌توان نوشت:

توزیع الکترون‌ها در مولکول	قطبیت مولکول	گشتاور دوقطبی
یکنواخت (متقارن)	ناقطبی	$(\mu = 0)$
غیریکنواخت (نامتقارن)	قطبی	$(\mu > 0)$

همان‌طور که در نقشه‌های پتانسیل الکتروستاتیکی دیده می‌شود، برای قطبی‌بودن یک مولکول دو شرط زیر لازم است:

۱ تراکم بار الکتریکی روی یک اتم بیشتر باشد.

۲ بار الکتریکی پیرامون اتم مرکزی، به صورتی **نامتقارن و غیریکنواخت** توزیع شده باشد.

تشخیص مولکول‌های قطبی از ناقطبی

راهنمایی‌های زیر به شما در تشخیص مولکول‌های قطبی از ناقطبی، کمک می‌کند:

۱ **مولکول‌های دواتمی** تشکیل‌شده از اتم‌های یکسان (جورهسته)، **ناقطبی‌اند.** مانند: H_2 ، O_2 ، N_2 ، I_2 ، Cl_2 ، F_2 ، Br_2 و ...

۲ **مولکول‌های دواتمی** تشکیل‌شده از اتم‌های متفاوت (ناجورهسته)، **قطبی‌اند.** مانند: NO، HBr، HCl، HI، HF و ...

۳ مولکول‌هایی که روی اتم مرکزی خود، الکترون **ناپیوندی** دارند. قطبی‌اند. مانند: $\ddot{O}H_2$ ، NH_3: ، SO_2: ، PCl_3: ، OF_2: و ...

۴ مولکول‌هایی که دارای ساختار **خمیده** (Vشکل) یا **هرمی** هستند، **قطبی‌اند.** مانند: آب ( )، آمونیاک ( ) و ...

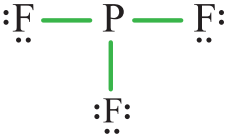
مثال

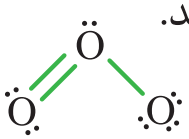
کدام دسته از مولکول‌های زیر همگی در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند؟

۱) SO_3 ، H_2O و CO_2 ۲) H_2O ، CO_2 و NH_3

۳) NH_3 ، CH_4 و H_2O ۴) O_3 ، CO و PF_3

پاسخ | گزینهٔ 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.





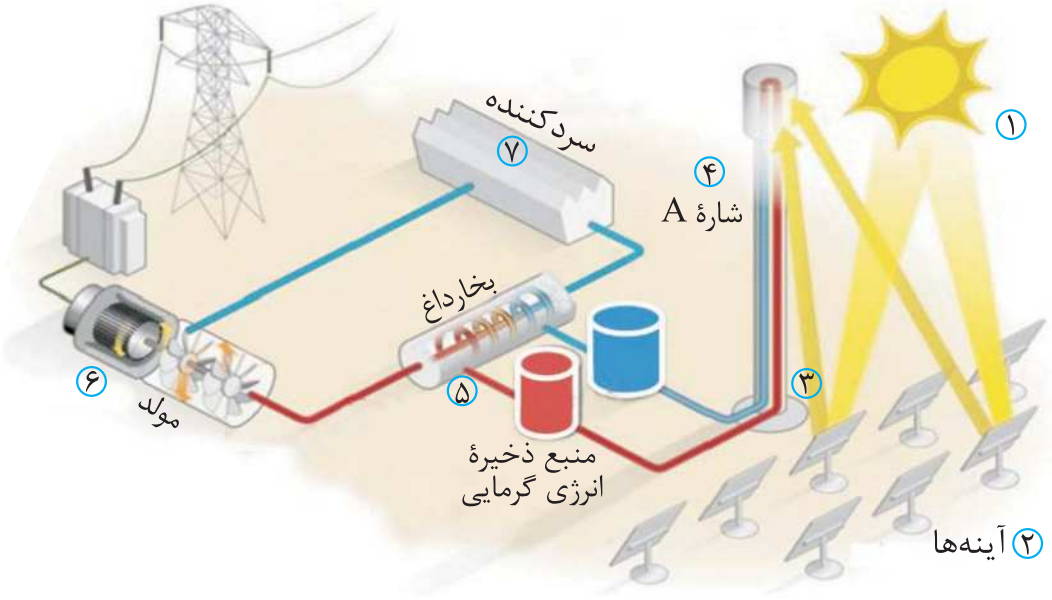
هنرنمایی شاره (سیال)های مولکولی و یونی برای تولید برق

دانشمندان برای استفادهٔ 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.

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.

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



مراحل تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی:

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

۱ برخورد نور خورشید به آینه‌ها

۲ آینه‌ها پرتوهای خورشیدی را بر روی برج گیرنده متمرکز می‌کنند.

۳ با متمرکزشدن پرتوهای خورشیدی بر روی گیرندهٔ برج، دمای سدیم کلرید مذاب (شارهٔ یونی) افزایش می‌یابد.

۴ شارهٔ بسیار داغ سدیم کلرید مذاب (شارهٔ A) به منبع ذخیرهٔ انرژی گرمایی سرازیر می‌شود.

۵ منبع ذخیرهٔ انرژی گرمایی حتی در روزهای ابری و شب‌هنگام، با عبوردادن شارهٔ یونی از مجاورت شارهٔ مولکولی (آب)، گرمای لازم برای تبدیل آب به بخار داغ آب را فراهم می‌کند.

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 چرخهٔ تولید بخار قرار گیرد.

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

۱ سدیم کلرید مذاب به عنوان یک شارهٔ یونی، به دلیل تفاوت زیاد بین نقطهٔ ذوب ($۸۰۱\ ^\circ C$) و نقطهٔ جوش ($۱۴۱۳\ ^\circ C$) به عنوان یک منبع ذخیرهٔ انرژی گرمایی استفاده می‌شود. (هنرنمایی شارهٔ یونی)

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

نکته به طور کلی، هر چه تفاوت میان نقطهٔ ذوب و جوش یک مادهٔ خالص **بیشتر** باشد، آن ماده در گسترهٔ دمایی بیشتری به **حالت مایع** بوده و نیروهای جاذبهٔ میان ذره‌های سازندهٔ مایع **قوی‌تر** است. این گونه مایع‌ها، برای استفاده به عنوان یک شارهٔ ذخیرهٔ انرژی گرمایی بسیار مناسب هستند.

✓ گسترهٔ دمایی سدیم کلرید مذاب در فناوری تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی در حدود ۱۳۵۰ ـ ۸۵۰ درجهٔ سلسیوس، یعنی حدود $۵۰۰\ ^\circ C$ است؛ به عبارتی گسترهٔ مایع‌بودن آن برابر است با:

$$۱۳۵۰\ ^\circ C - ۸۵۰\ ^\circ C = ۵۰۰\ ^\circ C$$

نکته گسترهٔ دمایی مایع‌بودن در ترکیب‌های یونی بیشتر از مواد مولکولی است که بیانگر قوی‌تربودن جاذبهٔ میان ذره‌های سازنده (یون‌ها) در ترکیب‌های یونی می‌باشد. (جدول)

مادهٔ خالص	نوع ماده	نقطهٔ ذوب ($^\circ C$)	نقطهٔ جوش ($^\circ C$)	گسترهٔ دمایی مایع‌بودن ($^\circ C$)
N_2	مولکولی	-210	-196	$-196-(-210)=14$
HF	مولکولی	-83	19	$19-(-83)=102$
NaCl	یونی	801	1413	$1413-801=612$

گسترهٔ دمایی مایع‌بودن: $NaCl > HF > N_2$

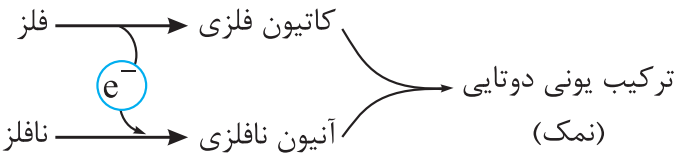
نیروی جاذبهٔ بین ذره‌ها : $NaCl > HF > N_2$ ⟹

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: $NaCl$، Al_2O_3، $MgBr_2$، Li_2O و ...

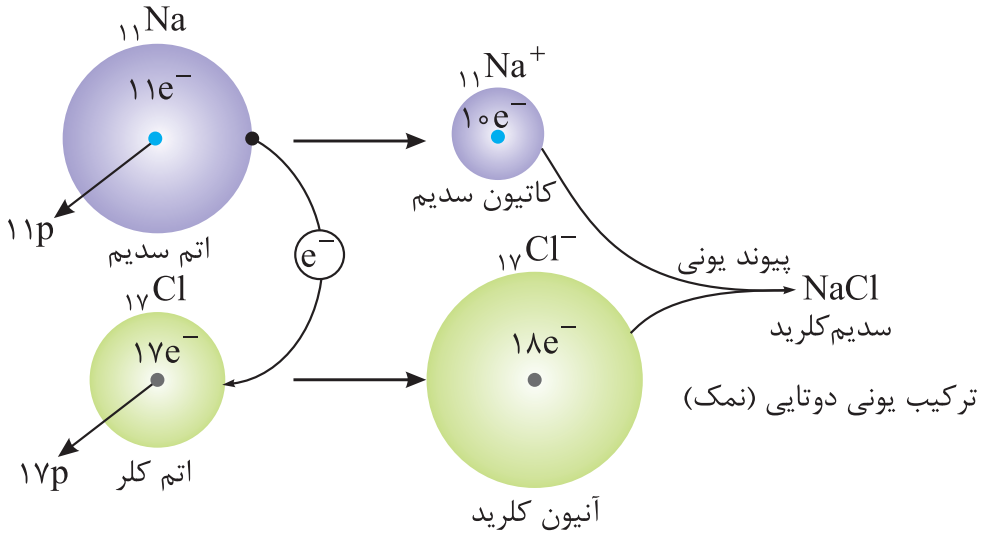


شرایط تشکیل ترکیب یونی دوتایی:

اتم فلزی به اتم نافلزی یک یا چند الکترون داده و هر یک به ترتیب تبدیل به کاتیون و آنیون می‌شوند که با جاذبهٔ 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.

در واکنش 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 ($NaCl$) تشکیل می‌شود.
- نور و گرمای زیادی **آزاد می‌شود** (واکنش بسیار گرماده است).
- در تبدیل فلز به کاتیون، شعاع کاهش می‌یابد: شعاع: $Na^+ < Na$
- در تبدیل نافلز به آنیون شعاع افزایش می‌یابد: شعاع: $Cl^- > Cl$
- **معادلهٔ موازنه‌شدهٔ** واکنش: $2Na(l) + Cl_2(g) \rightarrow 2NaCl(s)$

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