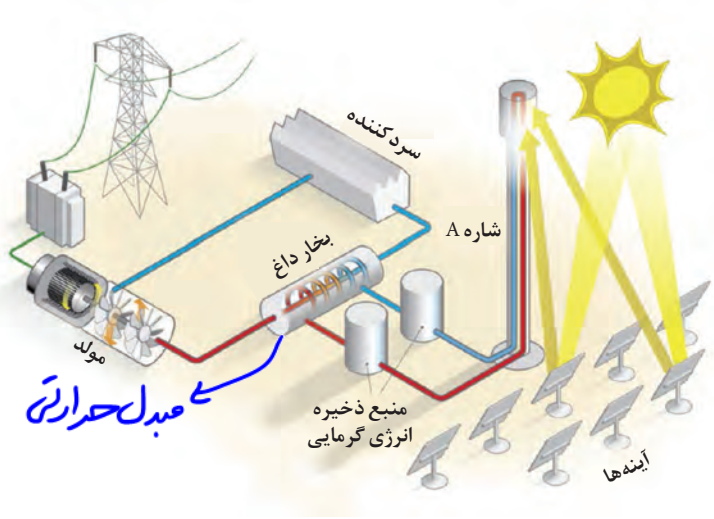
با هم بیندیشیم

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.



نور خورشید پس از برخورد به آینه‌ها، در بالای برج به شاره یونی می‌تابد و آن را به شدت داغ می‌کند. شاره یونی در مبدل حرارتی گرمای خود را به آب می‌دهد و آن را تبخیر می‌کند. شاره یونی خنک شده مجدداً به بالای برج باز می‌گردد و بخار آب به توربین (مولد الکتریکی) می‌خورد و باعث تولید جریان برق می‌شود. در سردکننده بخار کم انرژی، به صورت مایع درمی‌آید و مجدداً به مبدل حرارتی وارد می‌شود. منبع ذخیره انرژی گرمایی باعث می‌شود شب‌ها نیز این مجموعه به کار خود ادامه دهد.

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

آ) پرتوهای خورشیدی را روی برج گیرنده متمرکز می‌کنند. آینه‌ها

ب) شاره‌ای بسیار داغ که باعث تولید بخار داغ می‌شود. شاره A (شاره یونی)

پ) شاره‌ای که توربین را به حرکت در می‌آورد. شاره مولکولی (آب)

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

ماده	نقطه ذوب (°C)	نقطه جوش (°C)
N_2	−۲۱۰	−۱۹۶
HF	−۸۳	۱۹
NaCl	۸۰۱	۱۴۱۳

نیروهای بین مولکولی
وان در والس
پیوند هیدروژنی
پیوند یونی

آ) کدام ماده در گسترهٔ دمایی کمتری به حالت مایع است؟ چرا؟

N_2 ـ تفاوت نقطهٔ ذوب و جوش آن کم است.

ب) کدام ماده را به جای شاره A پیشنهاد می‌کنید؟ چرا؟

NaCl ـ نقطهٔ جوش بالایی دارد و در گسترهٔ دمایی وسیع‌تری به حالت مایع است.

۳ـ با خط 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 بیشتر / کمتر باشد، آن ماده در گسترهٔ دمایی بیشتری به حالت مایع بوده و نیروهای جاذبه میان ذره‌های سازندهٔ مایع قوی‌تر / ضعیف‌تر است.

هر چه نیروهای بین ذره‌ای بیشتر باشد، ماده در گسترهٔ دمایی وسیع‌تری به حالت مایع می‌باشد.

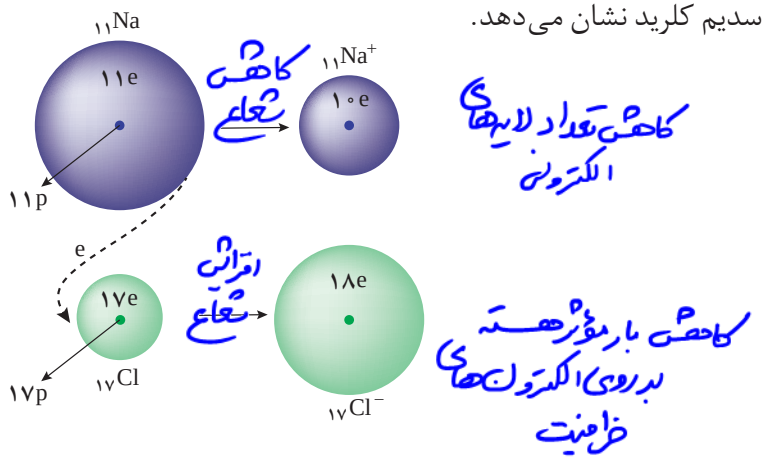
از واکنش فلز سدیم با گاز کلر، جامد یونی سفید رنگی بر جای می‌ماند که همان نمک خوراکی است. نور و گرمای زیاد آزاد شده در این واکنش نشان می‌دهد که بسیار گرماده است.

دریافتید که با متمرکزشدن 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.

داده‌های تجربی نشان می‌دهند که گسترهٔ دمایی سدیم کلرید مذاب در این فناوری در حدود $^{\circ}C$ ۸۵۰ ـ ۱۳۵۰ 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؟

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.

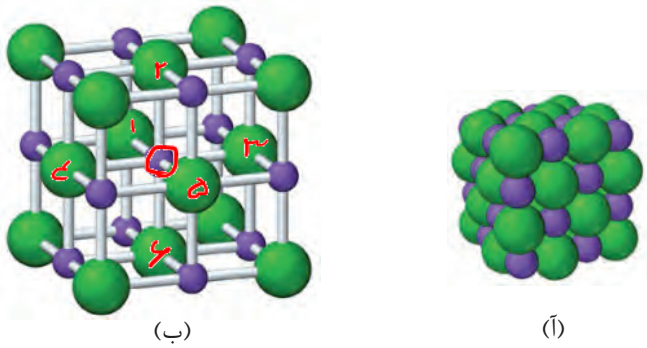


شکل ۸ ـ دادوستد الکترون میان اتم‌ها. چرا شعاع اتم‌ها هنگام تبدیل به یون تغییر می‌کند؟

پس از دادوستد الکترون و تشکیل یون‌ها، میان یون‌های ناهمنام، نیروی جاذبه و میان یون‌های همنام، نیروی دافعه پدید می‌آید. اگر هر یک از یون‌ها همانند کره‌ای باردار باشد، انتظار می‌رود 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

در بحث پیوند یونی، سدیم کلرید و فلزها مشاهده می‌شود.

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



(ب) (آ)

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

- واژه شبکه بلوری برای توصیف آرایش سه بعدی و منظم اتم‌ها، مولکول‌ها و یون‌ها در حالت جامد به‌کار می‌رود.
- 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 می کند، 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] می گویند، بنابراین عدد کوئوردیناسیون هر یک از یون‌های Na^+ و Cl^- در بلور سدیم کلرید با هم مساوی و برابر با ۶ است (چرا؟). ← شکل ۹

با هم بیندیشیم

۱ـ توضیح دهید چرا برای توصیف ترکیب‌های یونی در منابع علمی معتبر هیچ‌گاه واژه‌هایی مانند مولکول و فرمول مولکولی به‌کار نمی‌رود؟ زیرا این دسته از ترکیب‌ها از یون تشکیل شده‌اند و دارای مولکول نیستند.

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 $^{1-}$ ۷۱، ۱۳۳	O $^{2-}$ ۷۳، ۱۴۰		Li $^{1+}$ ۱۵۲، ۷۶
سوم	Cl $^{1-}$ ۹۹، ۱۸۱	S $^{2-}$ ۱۰۲، ۱۸۴	Mg $^{2+}$ ۱۶۰، ۷۲	Na $^{1+}$ ۱۸۶، ۱۰۲

در یک دوره از چپ به راست: شعاع اتمی ↓ شعاع یونی کاتیون‌ها ↓ شعاع یونی آنیون‌ها ↓ $Na^+ > Mg^{2+}$ $S^{2-} > Cl^-$ (شعاع کاتیون < شعاع آنیون)

در یک گروه: از بالا به پایین شعاع اتمی ↑ $Na > Li$ و $S > O$ شعاع یونی ↑ $Na^+ > Li^+$ و $S^{2-} > O^{2-}$

به طور کلی از نظر شعاع: $M > M^+ > M^{2+} > M^{3+}$ $X < X^- < X^{2-} < X^{3-}$

۱ـ Coordination Number

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.

کاتیون	شعاع (pm)	نسبت بار به شعاع	آنیون	شعاع (pm)	نسبت بار به شعاع
Na^+	۱۰۲	$۹/۸۰ \times ۱۰^{-۳}$	F^-	۱۳۳	$۷/۵ \times ۱۰^{-۳}$
K^+	۱۳۸	$۷/۲۴ \times ۱۰^{-۳}$	Cl^-	۱۸۱	$۵/۵۲ \times ۱۰^{-۳}$
$Mg^{۲+}$	۷۲	$۲/۷۷ \times ۱۰^{-۲}$	$O^{۲-}$	۱۴۰	$۱/۴۳ \times ۱۰^{-۲}$
$Ca^{۲+}$	۹۹	$۲/۰۲ \times ۱۰^{-۲}$	$S^{۲-}$	۱۸۴	$۱/۰۹ \times ۱۰^{-۲}$

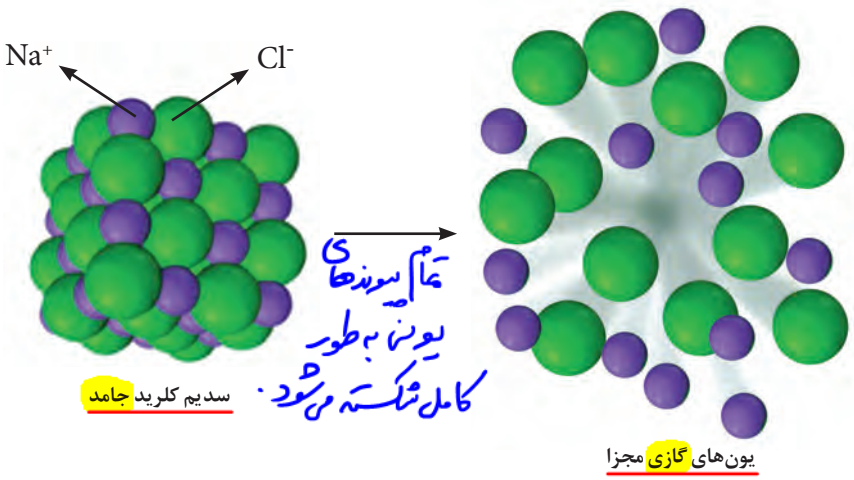
آ) چگالی بار کدام کاتیون کمتر و کدام یک بیشتر است؟ چرا؟

ب) چگالی بار کدام آنیون کمتر و کدام یک بیشتر است؟ چرا؟

پ) پیش‌بینی کنید نیروی جاذبه میان کدام کاتیون با کدام آنیون از همه قوی‌تر است؟ چرا؟

ت) پیش‌بینی کنید نیروی جاذبه میان کدام کاتیون با کدام آنیون از همه ضعیف‌تر است؟ چرا؟

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 فرو پاشی آن یا جدا کردن کامل یون‌ها از یکدیگر به انرژی بیشتری نیاز است. شکل ۱۰، فروپاشی شبکه یونی سدیم کلرید را نشان می‌دهد.



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

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

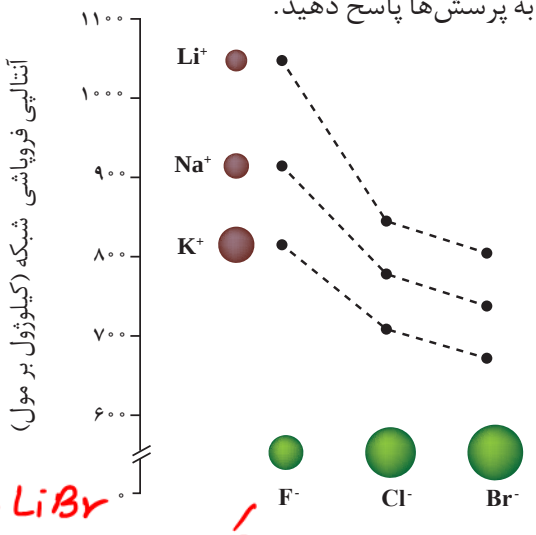
۱ـ در هر مورد با خط زدن واژه نادرست، هر یک از عبارت‌های زیر را کامل کنید:

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

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

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



آ) با افزایش شعاع کاتیون فلزهای قلیایی، آنتالپی فروپاشی شبکه چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید. کاهش می‌یابد - چراکه هرچه بار کاتیون کاهش یافته است.

ب) با افزایش شعاع آنیون هالید، آنتالپی فروپاشی شبکه چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید. کاهش می‌یابد - چراکه هرچه بار آنیون کاهش یافته است.

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

مقایسه آنتالپی فروپاشی شبکه (مقایسه ردیفی)

$NaF < Na_2O$

$MgF_2 < MgO$

$NaF < MgF_2$

$Na_2O < MgO$ (مقایسه ستونی)

$MgO > NaF$ (مقایسه قطری)

$MgF_2 > Na_2O$ → نشان می‌دهد که بار کاتیون نسبت به بار آنیون اولویت دارد

اولویت‌های مقایسه ΔH فروپاشی:

① بار کاتیون

② بار آنیون

③ شعاع یونی کاتیون و آنیون

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

آ) درباره درستی جمله زیر گفت‌وگو کنید.

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

بار الکتریکی کاتیون و آنیون ↑ ⟸ آنتالپی فروپاشی شبکه ↑

ب) آیا می‌توان میان آنتالپی فروپاشی شبکه و نقطه ذوب جامدهای یونی رابطه‌ای در نظر گرفت؟ توضیح دهید. هرچه آنتالپی فروپاشی شبکه افزایش یابد نقطهٔ ذوب نیز افزایش می‌یابد.

چگالی بار ↑ ⟸ ΔH فروپاشی ↑ ⟸ نقطه ذوب ↑

فلزها، عنصرهایی شکل‌پذیر با جلایی زیبا

مواد از جمله فلزها همواره برای زندگی انسان و ادامهٔ آن ضروری و ارزشمند بوده‌اند به‌طوری که تمدن‌های آغازی نیز براساس گسترهٔ کاربری آنها نام‌گذاری شده‌اند.

پس از دورهٔ سنگی، در دورهٔ برنز و سپس آهن، جوامع دچار دگرگونی و رشد چشمگیری شدند و این خود نشان از جایگاه برجستهٔ فلزها در تمدن بشری دارد. این عنصرها هنوز هم کلید رشد، گسترش و ارتقای کیفیت زندگی به شمار می‌روند، آن‌چنان که بسیاری باور دارند پایداری جامعه پیشرفته با فناوری کارآمد به گستردگی استفاده از عنصرهای فلزی وابسته است.

می‌دانید که فلزها بخش عمده عنصرهای جدول دوره‌ای را تشکیل می‌دهند، عنصرهایی که در هر چهار دستهٔ s، p، d و f جای داشته اما رفتارهای فیزیکی و شیمیایی متنوعی دارند.

داشتن جلا، رسانایی الکتریکی، رسانایی گرمایی و شکل‌پذیری از جمله رفتارهای فیزیکی فلزها بوده در حالی که واکنش‌پذیری و تنوع اعداد اکسایش از جمله رفتارهای شیمیایی آنهاست.

به نظر شما این رفتارها از چه ساختاری سرچشمه می‌گیرند؟ شبکه بلوری فلزها با ساختار مواد کووالانسی، مولکولی و یونی چه تفاوت هایی دارد؟

در دستهٔ s بجز H و He سایر عناصر فلزهستند.

در دستهٔ p عناصری مانند Ga، Al، Pb، Sn و ... فلزهستند.

عناصر دسته‌های d و f همگی فلزهستند.