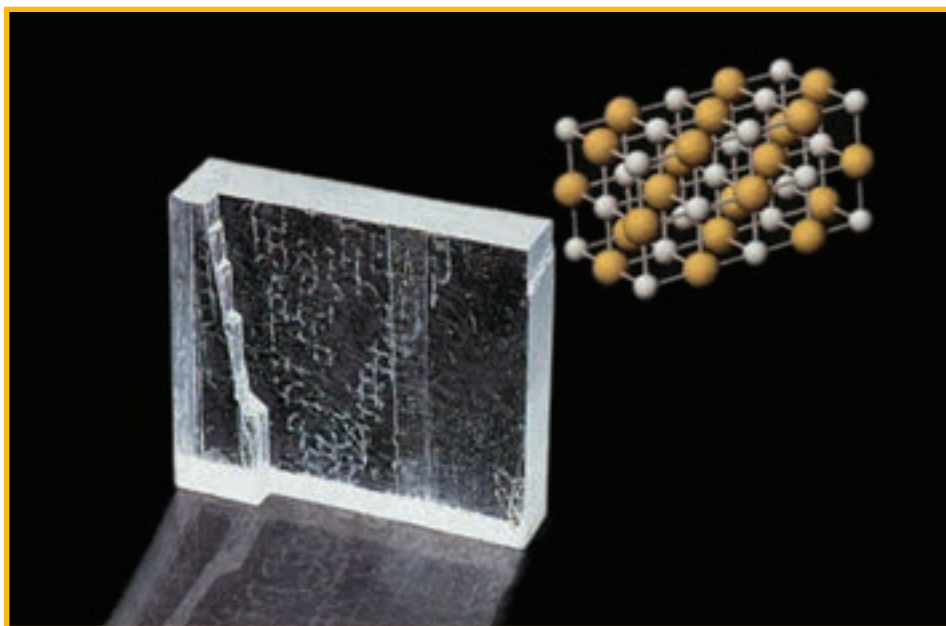


فصل سوم

پیوند یونی و ترکیب‌های یونی



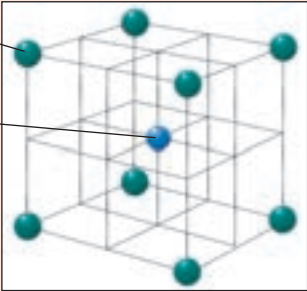
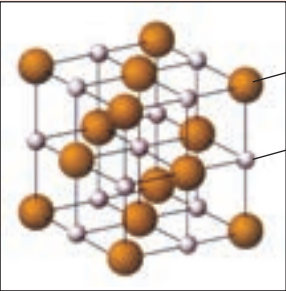
واحد یادگیری ۱

هدف‌های آموزشی

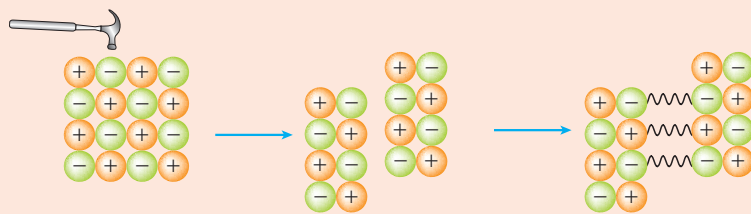
- ۱- انتظار می‌رود دانش آموز در پایان این واحد یادگیری:
 - ۱- با پیوند یونی آشنا شود.
 - ۲- نحوه تشکیل پیوند یونی را درک کند.
 - ۳- با عدد کوئوردیناسیون آشنا شود.
 - ۴- مهارت تشخیص ترکیب یونی از سایر ترکیب‌ها را در خود تقویت کند.
 - ۵- ویژگی‌های ترکیب‌های یونی را بشناسد.
 - ۶- علت هریک از ویژگی‌های ترکیب‌های یونی را درک کند و توضیح دهد.
 - ۷- با عوامل انتقال الکتریسته در محلول آشنا شود.

روش تدریس پیشنهادی: روش مشارکتی مبتنی بر IT

پیشنهاد می‌شود کاربرگ زیر را که از قبل تکثیر کرده‌اید، در اختیار گروه‌ها قرار دهید و از آنها بخواهید با بررسی تصویرها و فیلم‌های پیشنهادی (برای دانلود آنها به سایت گروه شیمی دفتر تألیف کتاب‌های درسی، بخش راهنمای معلم مراجعه کنید) و با کمک اعضای گروه، کاربرگ را کامل کنند. به دانش‌آموزان فرصت کافی بدهید و بر فعالیت آنها نظارت کنید. در صورت لزوم آنها را راهنمایی کنید.

کاربرگ کلاسی (گروهی - فردی)	صفحه ۱
نام و نام خانوادگی (نام اعضا):	تاریخ:
موضوع درس:	
<p>۱- تصویرهای زیر مربوط به شبکه بلور NaCl و CsCl می‌باشد.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>کلرید سزیم</p> <p>CsCl</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>کلرید سدیم</p> <p>NaCl</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">شکل ۱</p> <p>آ با توجه به تصویرها، چند یون کلرید در اطراف یون سزیم وجود دارد؟ ب) در اطراف یون سزیمی که در مرکز مکعب قرار دارد، چند یون کلرید وجود دارد؟ پ) در اطراف یون سدیمی که در مرکز مکعب قرار دارد، چند یون کلرید در نزدیک‌ترین فاصله نسبت به آن قرار دارد؟ ت) اگر عدد کوئوردیناسیون سدیم در نمک سدیم کلرید ۶ باشد، تعریفی برای عدد کوئوردیناسیون ارائه دهید.</p> <p>۲- فیلم شماره ۱ را ببینید و درباره پرسش‌های زیر در گروه بحث کنید. آ) آیا ترکیب یونی (NaCl) در حالت جامد رسانای جریانی الکتریکی است؟ ب) آیا ترکیب یونی در حالت محلول رسانای جریانی الکتریکی است؟ پ) آیا ترکیب یونی در حالت مذاب رسانای جریانی الکتریکی است؟ ت) باتوجه به بزرگنمایی نشان داده شده در فیلم، علت هریک از موارد بالا را توجیه کنید.</p>	

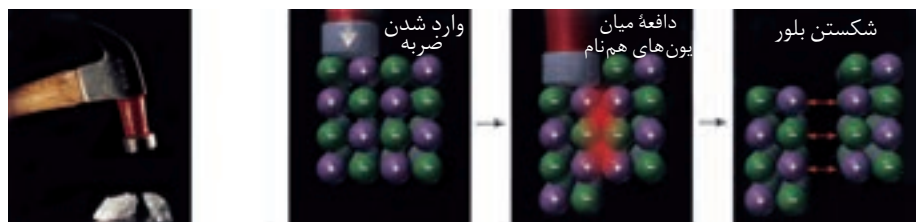
۳- با توجه به فیلم شماره ۲ توضیح دهید چرا بلور ترکیب‌های یونی در اثر ضربه می‌شکند؟



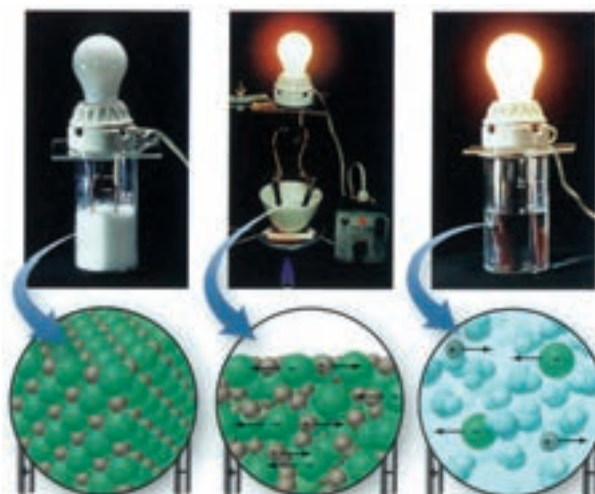
در ادامه کاربرگ‌ها را جمع‌آوری کنید و از نماینده یکی از گروه‌ها بخواهید به پرسش‌های کاربرگ پاسخ دهد. بقیه گروه‌ها درستی یا نادرستی پاسخ ارائه شده را بررسی کنند. در پایان پاسخ‌های درست را مشخص کنید و پاسخ‌های نادرست را اصلاح کنید. در پایان از دانش‌آموزان بخواهید مطالب صفحه ۵۳، ۵۴ و ۵۵ را روخوانی کنند. توصیه می‌شود همکار گرامی برای فعالیت گروه‌ها نمره منظور کنید و آن را به عنوان نمره مستمر در نظر بگیرید.

بر دانش خود بیفزایید

شکل‌های زیر، برخی خواص ترکیب‌های یونی را نشان می‌دهد.



شکل ۲. شکندگی ترکیب یونی

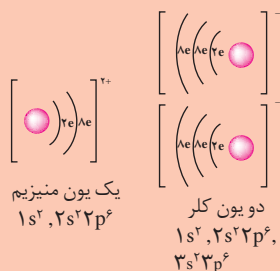
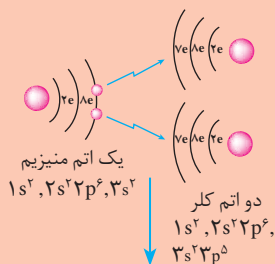


شکل ۳. رسانایی الکتریکی ترکیب یونی مذاب و محلول در آب

ارزشیابی تشخیصی

۱- شکل زیر چگونگی مبادله الکترون بین اتم منیزیم و کلر در تشکیل ترکیب یونی منیزیم کلرید را نشان می‌دهد. با توجه به شکل به پرسش‌ها پاسخ دهید.

آ نماد کاتیون و آنیون ترکیب را بنویسید.



ب) کاتیون و آنیون این ترکیب تک‌اتمی‌اند یا چنداتمی؟

پ) فرمول این ترکیب یونی را بنویسید.

ت) آیا این ترکیب از نظر بار الکتریکی خنثی است؟ چرا؟

۲- هرگاه اتم فلئور را در کنار اتم پتاسیم قرار دهیم، الکترون از کدام یک به دیگری منتقل می‌شود؟ چرا؟

همچنین ترکیب‌های یونی، نقطه ذوب و درجه سختی بالایی دارند. فرایند ذوب، تبدیل حالت فیزیکی جامد یک ماده به حالت مایع آن در دما و فشار ثابت است. در این فرایند ساختار بلوری ماده در حالت جامد درهم ریخته و کم‌کم به حالت مایع درمی‌آید. گویی ذره‌ها در این فرایند دارای جنبش‌های انتقالی می‌شوند. جدول زیر نقطه ذوب برخی ترکیب‌های یونی را نشان می‌دهد.

ترکیب یونی	CsBr	NaI	MgCl ₂	MgO
نقطه ذوب (°C)	۶۳۶	۶۶۱	۷۱۴	۲۸۵۲

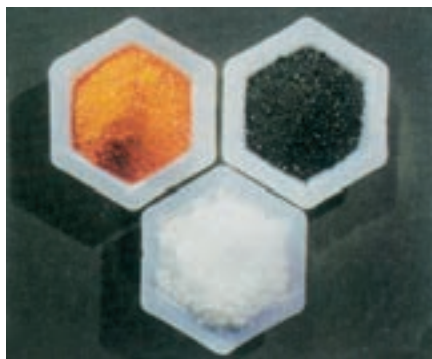
هرچه استحکام شبکه بلوری یک ترکیب یونی بیشتر باشد، انرژی لازم برای درهم ریختن آن بیشتر و نقطه ذوب آن نیز بالاتر است.

از سوی دیگر ترکیب‌های یونی درجه سختی نسبتاً بالایی دارند. درجه سختی یک کانی نشان‌دهنده مقاومت آن در برابر خراشیدگی است و با یکای موس (Mohs) سنجیده می‌شود. سخت‌ترین ماده موجود در طبیعت، الماس با درجه سختی ۱۰ است. درجه سختی سدیم کلرید نیز نزدیک به ۳ است. جدول زیر سختی برخی کانی‌ها را نشان می‌دهد.

کانی	(CaSO ₄ · ۲H ₂ O)	(CaCO ₃)	(CaF ₂)	(Al ₂ O ₃)
	ژیپس	کلسیت	فلوئوریت	کروندم
درجه سختی	۲	۳	۴	۹

ترکیب‌های یونی و ساختار آنها

ترکیب‌های یونی از دیرباز با کاربردهای گوناگون در دسترس انسان بوده‌اند. به برخی از آنها توجه کنید.



شکل ۵. سه ترکیب یونی از پتاسیم: پتاسیم نیترات، پتاسیم دی کرومات و پتاسیم پرمنگنات



شکل ۴. کانی فلوئوریت



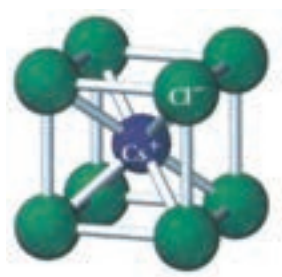
شکل ۷. کانی یاقوت



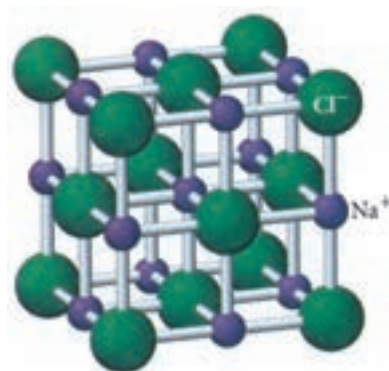
شکل ۶. کانی یاقوت کبود

در شبکه بلوری این ترکیب‌ها، آرایش یون‌ها به گونه‌ای است که نیروهای جاذبه الکترواستاتیکی میان یون‌های ناهمنام با اندازه‌های گوناگون و نسبت استوکیومتری مناسب بر نیروهای دافعه الکترواستاتیکی غالب است.

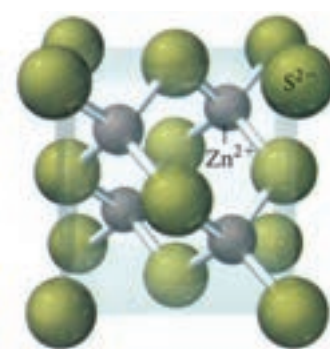
به سه نوع از رایج‌ترین شبکه‌های بلوری برای ترکیب‌های یونی از نوع MX (یک به یک) در شکل زیر توجه کنید.



شکل ۱۰. سلول واحد سزیم کلرید

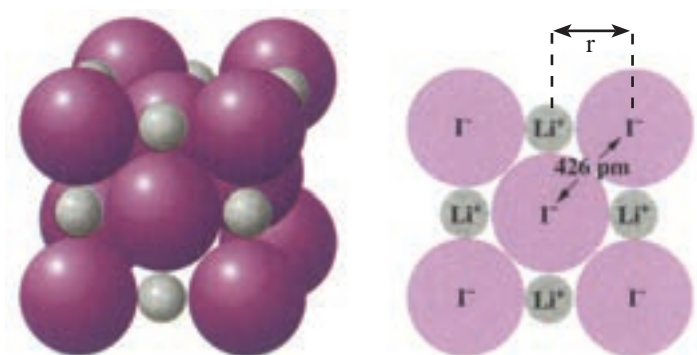


شکل ۹. سلول واحد سدیم کلرید



شکل ۸. سلول واحد روی سولفید

در این سلول‌ها r_+ و r_- به ترتیب شعاع کاتیون و آنیون را نشان می‌دهد. برای نمونه به $r = r_+ + r_-$ در سلول واحد لیتیم یدید در شکل زیر توجه کنید.



شکل ۱۱. فاصله مرکز کاتیون تا مرکز آنیون در نمایی از سلول واحد لیتیم یدید



اگر r_+ و r_- به ترتیب شعاع کاتیون و آنیون و $\frac{r_+}{r_-} \geq 0.73$ باشد، عدد کوئوردیناسیون کاتیون برابر با ۸ است. این عدد کوئوردیناسیون نشان دهنده الگوی CsCl بوده که در آن هر Cs^+ در مرکز یک مکعب و یون های Cl^- در هشت رأس مکعب جای دارند. اگر $\frac{r_+}{r_-} \geq 0.414 > 0.73$ باشد، عدد کوئوردیناسیون کاتیون برابر با ۶ است. این عدد کوئوردیناسیون نشان دهنده الگوی NaCl بوده که در آن هر Na^+ در مرکز یک هشت وجهی و یون های Cl^- در شش رأس آن جای دارند.

اگر $\frac{r_+}{r_-} \geq 0.225 > 0.414$ باشد، عدد کوئوردیناسیون کاتیون برابر با ۴ است. این عدد نشان دهنده الگوی ZnS است که در آن هر Zn^{2+} در مرکز یک چهاروجهی و یون های S^{2-} در چهار رأس آن جای دارند ($\frac{r_+}{r_-} \geq 0.155 > 0.225$ نشان دهنده عدد کوئوردیناسیون ۳ برای کاتیون است).

ترکیب های یونی NH_4Cl ، NH_4Br و CsBr در ساختار سزیم کلرید، ترکیب های یونی BaS و NH_4I ، AgF ، CaO ، MgO ، NaBr ، KBr ، KCl یونی HgS و CdS ، BeS ، AgI ، CuCl ، CuBr در ساختار روی سولفید متبلور می شوند.

تشکیل چنین ساختارهایی باعث پایداری بلور ترکیب های یونی نسبت به زوج یون های مجزا می شود. اگر داده های پراش پرتو ایکس از سلول واحد یک بلور یونی و نیز فاصله میان یون های سازنده آن در دست باشد، می توان میزان پایداری شبکه بلور یونی را نسبت به یون های سازنده مجزا مقایسه کرد.

هنگامی که بارهای الکتریکی q_1 و q_2 به فاصله r از یکدیگر قرار دارند، انرژی پتانسیل میان آنها متناسب با $\frac{q_1 q_2}{r}$ است. در صورتی که یون ها هر دو مثبت یا هر دو منفی باشند، یکدیگر را دفع می کنند و انرژی پتانسیل آنها (+) زیاد می شود و نزدیک شدن چنین یون هایی به یکدیگر تنها با دادن انرژی به سیستم ممکن می شود. در حالی که اگر یون ها ناهم نام باشند، یکدیگر را جذب کرده و نزدیک شدن آنها به یکدیگر در سیستم، باعث کاهش انرژی پتانسیل و آزاد شدن انرژی می شود.

برای نمونه در بلور سدیم کلرید نزدیک ترین فاصله میان مرکز یون های Na^+ و Cl^- برابر با ۲۸۰ pm است ($r = r_+ + r_- = 280 \text{ pm}$).

یون های Na^+ و Cl^- هریک دارای بار الکتریکی e^+ و e^- هستند. در نزدیکی هر یون Na^+ (در مرکز یک هشت وجهی)، شش یون کلرید (در شش رأس هشت وجهی) وجود دارد (عدد کوئوردیناسیون Na^+ برابر با شش است). انرژی پتانسیل چنین جاذبه ای در فاصله r برابر است با:

$$U = 6 \frac{(+e)(-e)}{r} = -\frac{6e^2}{r}$$

پس از این شش یون Cl^- در نزدیکی Na^+ ، در شبکه بلوری ۱۲ یون Na^+ هریک به فاصله $r\sqrt{2}$ از Na^+ مرکزی جای دارند. انرژی پتانسیل چنین دافعه‌ای برابر است با:

$$\text{انرژی پتانسیل} = 12 \frac{(+e)(+e)}{r\sqrt{2}} = + \frac{12e^2}{r\sqrt{2}}$$

سپس هشت یون Cl^- به فاصله $r\sqrt{3}$ از Na^+ مرکزی دیده می‌شوند که:

$$\text{انرژی پتانسیل} = 8 \frac{(+e)(+e)}{r\sqrt{3}} = + \frac{8e^2}{r\sqrt{3}}$$

اگر به همین ترتیب از Na^+ مرکزی دور شویم و انرژی پتانسیل‌های دافعه و جاذبه به دلیل وجود یون‌های همنام و ناهمنام در فاصله‌های دورتر را در نظر بگیریم، خواهیم داشت:

$$\text{انرژی پتانسیل کل یک یون سدیم} = -\frac{e^2}{r} \left(6 - \frac{12}{\sqrt{2}} + \frac{8}{\sqrt{3}} - \dots \right) = -\frac{e^2}{r} \cdot A$$

در یک مول از سدیم کلرید که یک مول Na^+ وجود دارد:

$$U = -\frac{e^2}{r} \cdot N_A \cdot A$$

یک مول بلور سدیم کلرید

چون $A > 0$ ، $N_A > 0$ است پس $U < 0$ بوده و بیشتر بودن جاذبه نسبت به دافعه را

میان یون‌ها در شبکه بلوری نشان می‌دهد.

رابطه اخیر برای هر نوع شبکه بلوری که یون‌های تشکیل دهنده آن بار الکتریکی

واحد دارند، درست است. تنها تفاوت هندسی بلورها در ثابت A دیده می‌شود.

ثابت A در بلورهایی همانند سدیم کلرید برابر با $1/748$ ، در بلورهایی مانند سزیم

کلرید برابر با $1/763$ و در بلورهایی همانند روی سولفید برابر با $1/638$ است. مقدار

ثابت A در بلور سدیم کلرید نشان می‌دهد که اگر یک مول سدیم کلرید در شبکه بلوری

داشته باشیم، میزان نیروی جاذبه میان یون‌ها و در پی آن پایداری شبکه، $1/748$ برابر

هنگامی است که یک مول سدیم کلرید از جفت یون‌های Na^+Cl^- به صورت مجزا تشکیل

شده باشد (A ثابت مادلونگ نام دارد).

ثابت‌های دقیق‌تر مادلونگ برای سه الگوی شبکه بلوری نام برده در جدول زیر آمده

است.

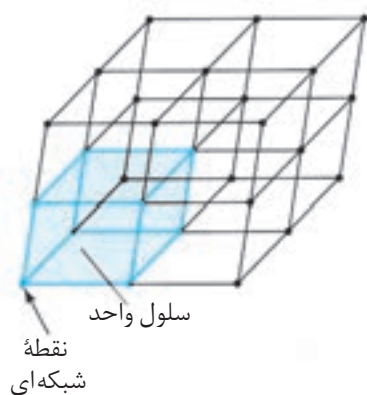
ساختر بلوری	ثابت مادلونگ
NaCl	۱/۷۴۷۶
CsCl	۱/۷۶۲۷
ZnS	۱/۶۴۱۳

$$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

N_A ثابت آووگادرو را نشان می‌دهد.



ساختار بلور سدیم کلرید



شکل ۱۲

با نگاه کردن به بخش کوچکی از آن، تصویری از کل بلور به دست می‌آید. همان گونه که یک دیوار آجری از کنار هم چیدن آجرهای مجزا و یکسان بنا می‌شود، می‌توان از کنار هم چیدن واحدهای تکراری، یک جامد بلورین به دست آورد. هریک از این واحدهای تکراری، سلول واحد نام دارد (شکل ۱۲).

همچنین هر جامد بلورین را می‌توان با آرایه

سه بعدی با چندین نقطه نمایش داد که هریک از آنها نشان دهنده یک فضای یکسان درون بلور است. این آرایه از نقطه‌ها، شبکه بلور نامیده می‌شود. اینک می‌توان تشکیل ساختار بلور کامل را با تکرار آرایش محتویات سلول واحد بر روی شبکه‌ای از نقاط تصور کرد.

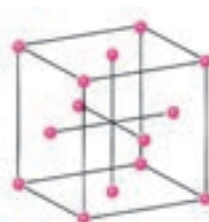
سه نوع سلول واحد مکعبی همانند شکل زیر وجود دارد.



مکعبی ساده



مکعبی مرکز پر



مکعبی مرکز وجوه پر

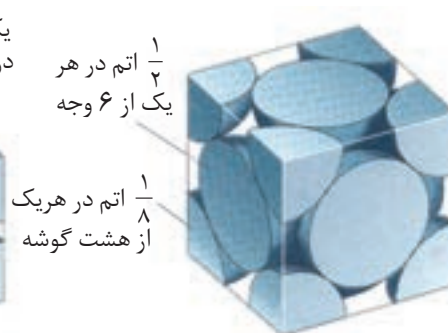
شکل ۱۳. انواع سلول‌های واحد مکعبی



مکعبی ساده



مکعبی مرکز پر






مکعبی مرکز وجوه پر

شکل ۱۴. انواع سلول‌های واحد مکعبی و سهم هر اتم در آنها

بیشتر فلزها، ساختار بلوری با سلول‌های واحد مکعبی دارند (که در آنها تنها یک اتم در هر نقطه شبکه‌ای متمرکز شده است). برای نمونه بلور نیکل دارای سلول‌های واحد مکعبی مرکز وجوه پر درحالی که بلور سدیم دارای سلول‌های واحد مکعبی مرکز پر است.

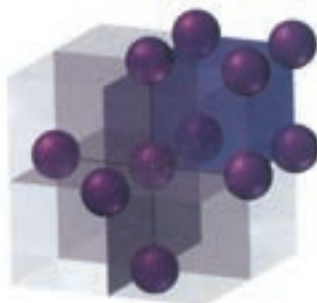
شکل های زیر عدد کوئوردیناسیون را در سلول های واحد مکعبی، مکعبی مرکز پر و مکعبی مرکز وجوه پر را با سهم هریک از اتم ها نشان می دهد.

نام سلول مکعبی	درصد حجم اشغال شده	طول ضلع بر حسب r	عدد کوئوردیناسیون	ساختار	اتم ها در هر سلول
مکعبی ساده	۵۲٪	$2r$	۶		۱
مکعبی مرکز پر	۶۸٪	$\frac{4r}{\sqrt{3}}$	۸		۲
مکعبی مرکز وجوه پر	۷۴٪	$2\sqrt{2}r$	۱۲		۴

شکل ۱۵. مقایسه برخی ویژگی های سلول های واحد مکعبی

برای درک سهم اتم ها در هر نوع از سلول های واحد نام برده در بالا به شکل های ۱۶، ۱۷ و ۱۸ توجه کنید.

عدد کوئوردیناسیون = ۶

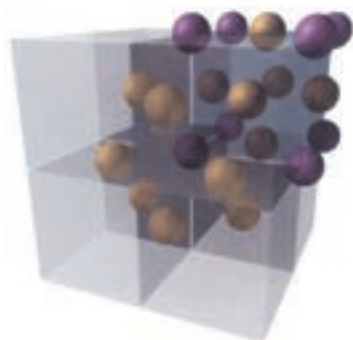


$$1 = \frac{1}{8} \times 8 = 1$$



شکل ۱۶. نمایش یک سلول واحد مکعبی ساده و سهم اتم ها در آن

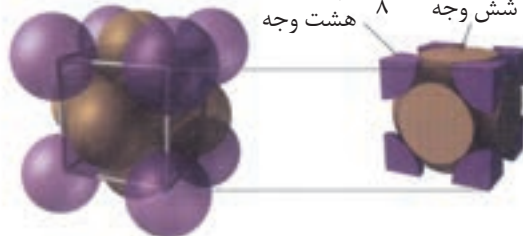
مکعبی مرکز وجوه پر: ساختار گسترده،
عدد کوئوردیناسیون = ۱۲



سلول واحد مکعبی مرکز وجوه پر

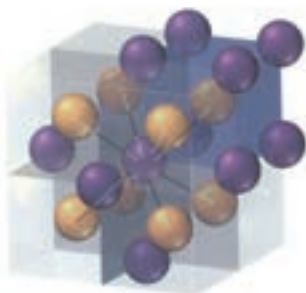
$$4 = \left(\frac{1}{8} \times 8\right) + \left(\frac{1}{2} \times 6\right)$$

اتم در هریک از شش وجه $\frac{1}{2}$ اتم در هریک از هشت وجه $\frac{1}{8}$

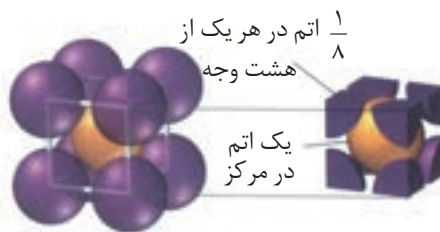


شکل ۱۷. نمایش یک سلول واحد مکعبی مرکز وجوه پر و سهم اتم ها در آن

عدد کوئوردیناسیون = ۸

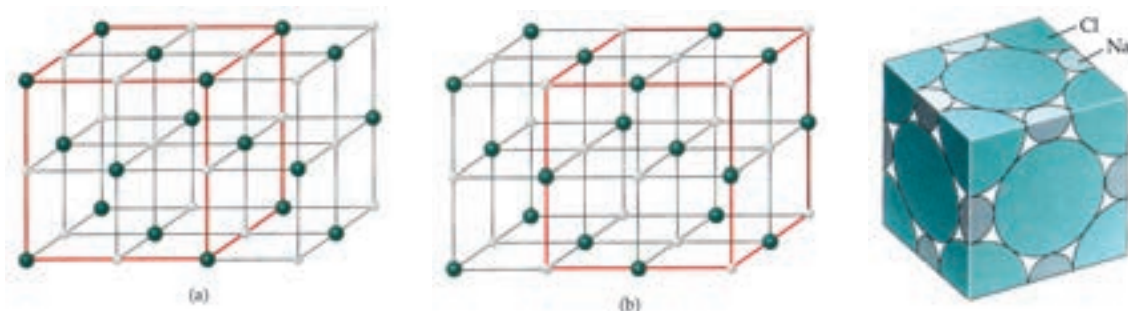


$$\text{اتم‌ها در هر سلول} = \left(\frac{1}{8} \times 8\right) + 1 = 2$$



شکل ۱۸. نمایش یک سلول واحد مکعبی مرکز پر و سهم اتم‌ها در آن

برای درک ساختار سدیم کلرید و عدد کوئوردیناسیون در این شبکه بلوری به شکل‌های زیر توجه کنید.



شکل ۱۹. نمایش سلول واحد سدیم کلرید

شما می‌توانید یون‌های Na^+ و Cl^- را روی نقاط شبکه‌ای سلول واحد مکعبی مرکز وجوه پر متمرکز سازید. از این رو چنین ساختاری را به صورت مکعبی مرکز وجوه پر توصیف می‌کنیم (شکل ۱۹). مطابق شکل ۱۹ یون‌های Na^+ و Cl^- به گونه‌ای از هم جدا شده‌اند که تقارن ساختار را بهتر می‌توان درک کرد (در این نمایش، به اندازه نسبی یون‌ها توجهی نشده است). توجه کنید که ذره‌ها در گوشه‌ها، یال‌ها و وجوه با دیگر سلول‌های واحد به اشتراک گذاشته می‌شوند.

در این شکل، یک چهارم هر Na^+ روی هر ضلع و یک Na^+ کامل در مرکز مکعب همچنین یک هشتم هر Cl^- روی هر گوشه و یک دوم آن روی هر وجه وجود دارد. بنابراین:

$$\text{Na}^+ \begin{cases} (۱۲ \text{ ضلع}) \times \left(\frac{1}{4} \text{ Na}^+\right) \text{ در هر ضلع} = ۳ \text{ Na}^+ \\ (۱ \text{ مرکز}) \times (۱ \text{ Na}^+) \text{ در هر مرکز} = ۱ \text{ Na}^+ \end{cases}$$

$$\text{Cl}^- \begin{cases} (۸ \text{ گوشه}) \times \left(\frac{1}{8} \text{ Cl}^-\right) \text{ در هر گوشه} = ۱ \text{ Cl}^- \\ (۶ \text{ وجه}) \times \left(\frac{1}{2} \text{ Cl}^-\right) \text{ در هر وجه} = ۳ \text{ Cl}^- \end{cases}$$

هر سلول واحد دارای ۴ Na^+ و ۴ Cl^- بوده که با استوکیومتری ترکیب همخوانی

دارد (یک Na^+ در برابر یک Cl^-).

واحد یادگیری ۲

هدف‌های آموزشی

انتظار می‌رود دانش‌آموز

در پایان این واحد یادگیری:

۱- با مفهوم «ترکیب یونی

دوتایی» آشنا شود.

۲- مهارت نوشتن نام و

فرمول شیمیایی ترکیب‌های

یونی دوتایی و چندتایی را

تقویت کند.

۳- مفهوم فرمول تجربی

برای ترکیب‌های یونی را درک

کند.

۴- یون‌های چنداتمی را

از یون‌های تک‌اتمی تشخیص

دهد.

۵- مهارت تشخیص مقدار

بار کاتیون یا آنیون مجهول را

از روی دو ترکیب داده شده در

خود کسب و تقویت کند.

روش تدریس پیشنهادی: دریافت مفهوم - پرسش و پاسخ

توصیه می‌شود با نوشتن هدف اصلی درس، توضیح دهید که برای دستیابی به این

هدف، چهار مرحله را به کمک هم‌اجرا می‌کنیم. بهتر است برای فعالیت گروه‌ها امتیازی

در نظر گرفته شود.

مرحله ۱: معرفی مفهوم ترکیب یونی دوتایی: فرمول شیمیایی چند ترکیب یونی

را که برخی دوتایی و برخی چنداتمی است، روی تابلو بنویسید.

فرمول‌های پیشنهادی



از دانش‌آموزان بخواهید در مورد دواتمی یا چنداتمی بودن آنها نظر دهند. نظر

دانش‌آموزان را بدون قضاوت روی تابلو ثبت کنید. پس از مشخص کردن ترکیب‌های یونی

دوتایی توسط فراگیران، این مفهوم را تعریف کنید.

دوباره از دانش‌آموزان بخواهید نظر خود را اصلاح یا تأیید کنند. می‌توانید مثال‌های

بیشتری را نیز ذکر کنید.

مرحله ۲: معرفی فرمول تجربی: از دانش‌آموزان بپرسید که «علت خنثی بودن

ترکیب‌های یونی چیست؟»

زمان کافی دهید تا تعدادی از دانش‌آموزان نظر خود را ارائه دهند. سپس نتیجه

نهایی یعنی عبارت زیر را بیان کنید: «مجموع بارهای مثبت کاتیون‌ها با مجموع بارهای

منفی آنیون‌ها برابر است.»

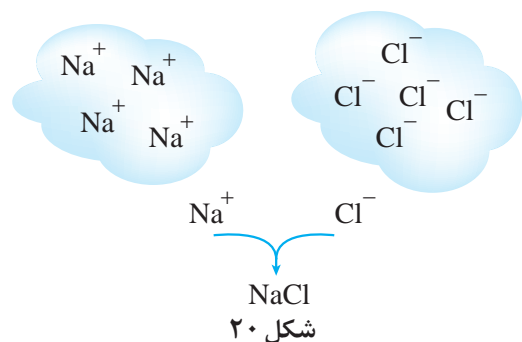
سپس مجموعه آنیون‌ها و کاتیون‌ها در مثال‌های زیر را روی تابلو بکشید و از دانش‌آموزان

بپرسید «برای تهیه یک واحد یونی خنثی، حداقل به چند آنیون و کاتیون نیاز است؟»

مثال ۱: یک مجموعه کاتیون سدیم و یک مجموعه آنیون کلرید داریم، برای تهیه

یک ترکیب یونی خنثی، حداقل به چند یون سدیم و چند آنیون کلرید از هر مجموعه نیاز

داریم؟



توضیح دهید که ساده‌ترین

نسبت آنیون به کاتیون برای سدیم

کلرید، یک به یک (۱ به ۱) است.

ارزشیابی تشخیصی

۱- کدام یون زیر

تک‌اتمی نیست؟

O^{2-} , NH_4^+ ,

S^{2-} , N^{3-} , Mg^{2+}

۲- نام آنیون‌ها و

کاتیون‌های زیر را بنویسید.

Cl^- , Mg^{2+} ,

O^{2-} , Cu^{2+}

۳- کدام فرمول و نام زیر

را برای ترکیب یونی حاصل

از دو یون Ca^{2+} و F^- پیشنهاد

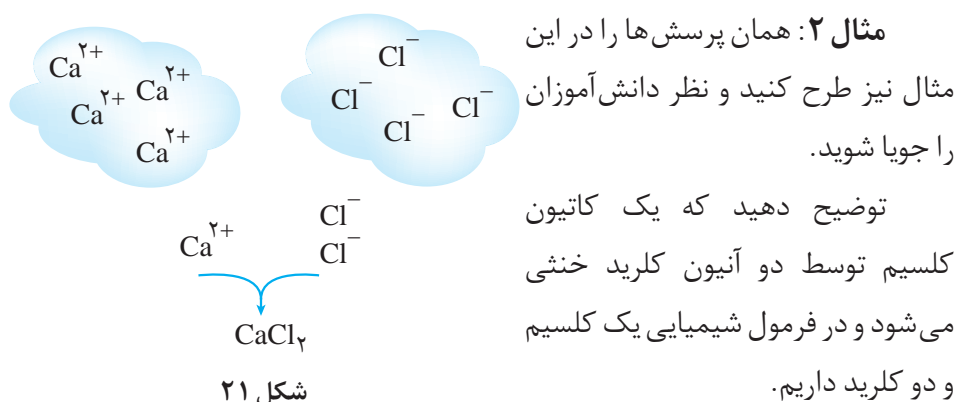
می‌کنید؟

(آ) فلوئورید کلسیم -

کلسیم فلوئورید CaF_2

(ب) فلوئورید کلسیم -

کلسیم فلوئورید CaF



حال برسید: اگر دو کاتیون Ca^{2+} برداریم، به چند یون کلرید نیاز داریم؟

دانش‌آموز: چهار تا Cl^-

معلم: فرمول آن Ca_2Cl_4 می‌شود اما نسبت ۲ به ۴ ساده‌ترین نسبت نیست، اگر

آنها را به ساده‌ترین عدد تبدیل کنیم چه فرمولی حاصل می‌شود؟

دانش‌آموز: CaCl_2

معلم: به فرمول CaCl_2 و NaCl که ساده‌ترین نسبت ممکن برای آنیون و کاتیون در

یک ترکیب یونی را نشان می‌دهد، فرمول تجربی گفته می‌شود.

مرحله ۳: فرمول و نام شیمیایی ترکیب‌های یونی دوتایی: توصیه می‌شود در

این مرحله دانش‌آموزان را گروه‌بندی کنید. به آنها توضیح دهید که هر گروه با مشورت

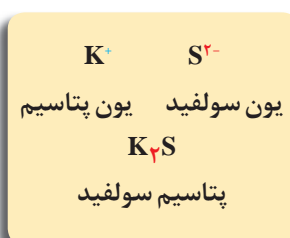
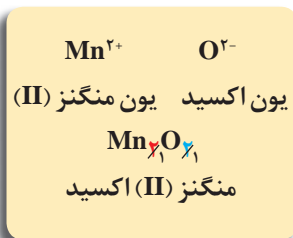
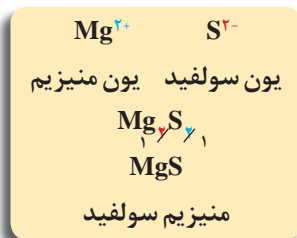
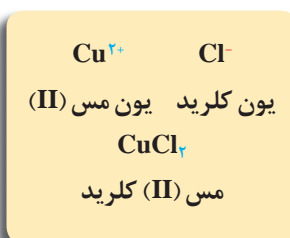
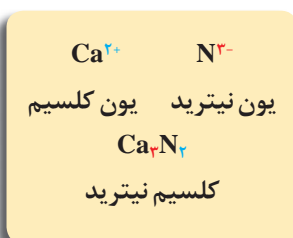
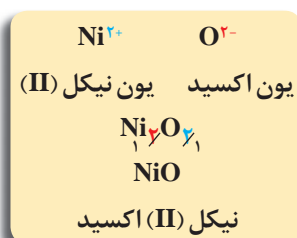
و به کمک اطلاعات داده شده بر روی کارت‌ها روشی برای «نوشتن فرمول شیمیایی و

نام‌گذاری ترکیب‌های یونی دوتایی» پیشنهاد دهد.

به هر گروه یک دسته کارت (شامل حداکثر ۴ کارت) بدهید و زمان معینی را برای

بررسی کارت‌ها اعلام کنید* (زمان پیشنهادی ۱۵ دقیقه است). پس از اتمام فعالیت، از

گروه‌ها بخواهید نتایج بررسی خود را به کلاس ارائه دهند. آنگاه روش‌های درست را تأیید



Zn^{2+} S^{2-} یون سولفید یون روی Zn_1S_1 روی سولفید	Ag^+ Cl^- یون کلرید یون نقره $AgCl$ نقره کلرید	Cr^{3+} O^{2-} یون اکسید یون کروم (III) Cr_2O_3 کروم (III) اکسید
Al^{3+} N^{3-} یون نیتريد یون آلومینیم Al_1N_1 آلومینیم نیتريد	Cu^+ I^- یون یدید یون مس (I) CuI مس (I) یدید	Li^+ F^- یون فلوئورید یون لیتیم LiF لیتیم فلوئورید
Cs^+ S^{2-} یون سولفید یون سزیم Cs_2S سزیم سولفید	Mn^{3+} O^{2-} یون اکسید یون منگنز (III) Mn_2O_3 منگنز (III) اکسید	

و جمع بندی کنید. می توانید نتیجه کار هر گروه را بگیرید و به آنها امتیاز دهید. پس از بررسی نتایج کار گروهی، از گروه ها بخواهید به دو پرسش زیر پاسخ دهند.

تمرین ۱- فرمول شیمیایی ترکیب های زیر را بنویسید.

پتاسیم برمید - روی نیتريد - مس (I) اکسید

تمرین ۲- نام شیمیایی ترکیب های زیر را بنویسید.



می توانید پاسخ دو تمرین فوق را بگیرید و به گروه ها امتیاز دهید.

مرحله ۴: فرمول و نام شیمیایی ترکیب های یونی چندتایی: توجه دانش آموزان

را به جدول یون های چنداتمی جلب کنید و توضیح دهید که روش نوشتن فرمول و نام شیمیایی ترکیب های یونی چندتایی مشابه ترکیب های یونی دوتایی است و با ذکر چند مثال، توضیح خود را کامل کنید.

سپس جدول زیر را که از قبل پرینت گرفته شده است، به دانش آموزان بدهید تا آن را کامل کنند. پس از کامل شدن جدول، پاسخ ها را به کمک دانش آموزان بررسی کنید.



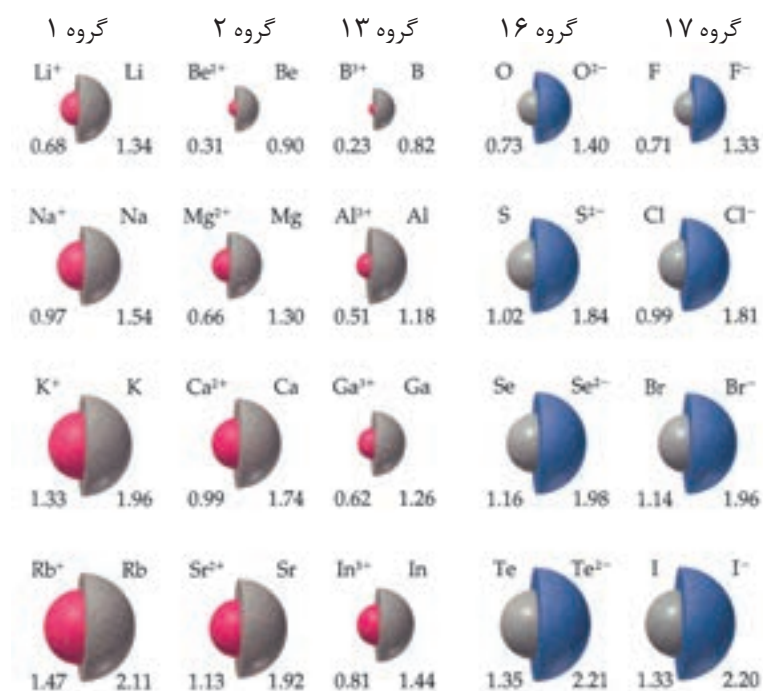
کاتیون آنیون	Na ⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ³⁺	NH ₄ ⁺
F ⁻					
O ²⁻		Al ₂ O ₃ آلومینیم اکسید			
NO ₃ ⁻					
SO ₄ ²⁻					
PO ₄ ³⁻					

در پایان «خود را بیازمایید صفحه ۶۰» کتاب درسی را به عنوان تکلیف تعیین کنید.

بر دانش خود بیفزایید

قاعده هشت تایی در تشکیل یون‌ها

آیا همه فلزها هنگام تشکیل کاتیون از قاعده هشت تایی پیروی می‌کنند؟
از آن‌جا که نوع و اندازه یون‌ها نقش مهمی در تعیین ساختار و پایداری ترکیب‌های یونی دارد، بررسی آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به شکل زیر که شعاع اتمی را در مقایسه با شعاع یون پایدار (با آرایش گاز نجیب) برای عنصرهای گروه‌های اصلی نشان می‌دهد، دقت کنید.

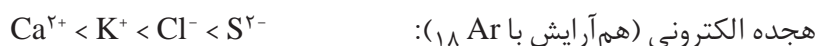


شکل ۲۲. روند تغییر شعاع اتمی عنصرها در گروه‌های ۱، ۲، ۱۳، ۱۶ و ۱۷ در مقایسه با شعاع یونی آنها

یون‌های Be^{2+} و B^{3+} در طبیعت یافت نمی‌شوند بلکه آنها را در آزمایشگاه به حالت گازی شکل ایجاد می‌کنند. عنصر Be در طبیعت به صورت ترکیب کووالانسی BeCl_2 و بور به صورت بوران و بورات یافت می‌شود.

در این شکل، شعاع کاتیون از اتم فلز سازنده کوچک‌تر است؛ درحالی که شعاع آنیون از اتم نافلز سازنده بزرگ‌تر است. همچنین در هر گروه (یون‌های هم‌بار) از بالا به پایین، شعاع یونی افزایش می‌یابد؛ زیرا با افزایش عدد کوانتومی اصلی (n)، شعاع اوربیتال پرشدهٔ بیرونی یک یون، اندازهٔ یون و اتم سازنده (هر دو) افزایش می‌یابد.

در این شکل می‌توان یون‌های هم‌الکترون نیز یافت مانند:



افزایش شعاع

عامل مهم در این افزایش شعاع، کاهش Z^* است؛ زیرا در این گونه‌ها شمار الکترون و شمار لایه‌های الکترونی یکسان است و با افزایش عددانمی به تدریج Z^* بیشتر شده، شعاع کاهش می‌یابد.

در این جدول یون‌های Li^+ ، Be^{2+} و B^{3+} دو الکترونی‌اند که آرایشی همانند ${}^2_2\text{He}: 1s^2$ دارند. از سوی دیگر ${}^{31}_{31}\text{Ga}^{3+}$ یونی پایدار است؛ درحالی که ۲۸ الکترون داشته و به آرایش ${}^{11}_{31}\text{d}^1$ ختم می‌شود. این نمونه به همراه کاتیون‌هایی مانند ${}^{50}_{50}\text{Sn}^{2+}$ و ${}^{50}_{50}\text{Sn}^{4+}$ و ... از دستهٔ p نشان می‌دهند که قاعده هشت‌تایی را برای همهٔ یون‌های پایدار عنصرهای گروه‌های اصلی نمی‌توان به کار برد.

اولین عنصر گروه ۱۳ در دورهٔ سوم با از دست دادن سه الکترون در شرایط مناسب، به آرایش هشت‌تایی می‌رسد و کاتیونی با بار الکتریکی $+3$ تشکیل می‌دهد. اما عنصرهای دوره‌های چهارم، پنجم و ششم همین گروه با از دست دادن به ترتیب، یک و سه الکترون بدون رسیدن به آرایش هشت‌تایی، کاتیون‌های $+1$ و $+3$ تشکیل می‌دهند.

نام یون	بار الکتریکی	عنصر گروه ۱۳
یون آلومینیم	$+3$	${}_{13}\text{Al}$
یون گالیم	$+3$ و $(+1)$	${}_{31}\text{Ga}$
یون ایندیم (III)، یون ایندیم (I)	$+3$ و $+1$	${}_{49}\text{In}$
یون تالیم (III) و یون تالیم (I)	$+3$ و $+1$	${}_{81}\text{Tl}$

در عنصرهای گروه ۱۴ از دوره‌های چهارم، پنجم و ششم نیز چنین روندی دیده

می‌شود.



عنصر گروه ۱۴	عدد اکسایش در ترکیب‌ها	نام یون
${}_{32}\text{Ge}$	+۴ و (+۲)	یون ژرمانیم (IV)، یون ژرمانیم (II)
${}_{50}\text{Sn}$	+۴ و +۲	یون قلع (IV)، یون قلع (II)
${}_{82}\text{Pb}$	+۴ و +۲	یون سرب (IV)، یون سرب (II)

* عدد اکسایش درون پرانتز کمتر در ترکیب‌ها متداول است.

تنها ${}_{21}\text{Sc}$ با از دست دادن سه الکترون ظرفیت در شرایط مناسب، با تشکیل کاتیون $+۳$ به آرایش هشت‌تایی می‌رسد. دیگر فلزهای واسطه با از دست دادن یک یا چند الکترون ظرفیت خود، کاتیون‌هایی با بارهای الکتریکی گوناگون تشکیل می‌دهند، بدون این که به آرایش هشت‌تایی برسند.

هیدروژن با یک الکترون پیرامون هسته، هنگامی که H^+ تشکیل می‌دهد به یک پروتون تبدیل شده که حجم بسیار کوچکی دارد (نسبت بار به حجم یا چگالی بار آن بسیار زیاد است) و به تنهایی در ساختار هیچ یک از ترکیب‌های یونی دیده نشده است!

این یون در محلول‌های آبی به سرعت به یون هیدرونیوم (H_3O^+) تبدیل شده و سپس آب‌پوشی می‌شود. همچنین با مولکول‌های دیگر همانند NH_3 به سرعت به یون آمونیوم (NH_4^+) تبدیل می‌شود و در ساختار بلوری ترکیب‌های یونی جای می‌گیرد. توجه کنید که یون آمونیوم در بلور ترکیب‌های یونی و نیز محلول‌های آبی، رفتاری شبیه به کاتیون‌های قلیایی دارد.

واحد یادگیری ۳

روش تدریس پیشنهادی: یادگیری مشارکتی

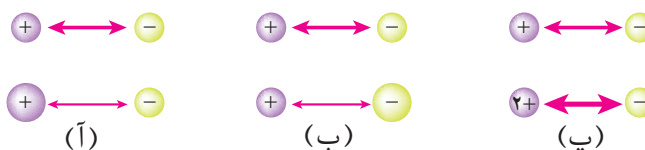
پیشنهاد می‌شود با توضیحات زیر توجه دانش‌آموزان را جلب و آموزش را شروع کنید.

با آرایش منظم یون‌ها در بلور ترکیب‌های یونی آشنا شدید و دیدید که نیروی جاذبه میان یون‌ها در شبکه بلور بسیار بیشتر از یک جفت یون مثبت و منفی است. این امر نشان می‌دهد که بلور یک ترکیب یونی همانند NaCl(s) پایداری ویژه‌ای نسبت به یون‌های سازنده و کاملاً مجزای آن دارد. یک عبارت علمی روی مانیتور شما نمایش داده می‌شود (یا توسط ویدئو پروژکتور). با توجه به این جمله به سه سؤال طرح شده پاسخ دهید:

«اگر بخواهیم یک مول NaCl(s) را به یون‌های سازنده و مجزا (حالت گازی) تبدیل کنیم، به $787/5 \text{ kJ}$ انرژی نیاز داریم».

پرسش‌ها

- ۱- یک مول از یون‌های $\text{Na}^+(g)$ با یک مول از یون‌های $\text{Cl}^-(g)$ مخلوط می‌شوند تا یک مول نمک خوراکی (NaCl(s)) پدید آید. معادله واکنش را بنویسید.
 - ۲- در این واکنش گرما جذب می‌شود یا تولید؟ چه مقدار؟ چرا؟
 - ۳- اگر به انرژی مبادله شده در معادله پرسش (۱) انرژی شبکه بلور NaCl گفته شود، انرژی شبکه بلور ترکیب یونی را تعریف کنید.
- دانش‌آموزان باید به صورت گروهی پاسخ پرسش‌ها را بنویسند و پس از تکمیل، به کلاس ارائه دهند. سپس معلم تعریف انرژی شبکه بلور را ارائه دهد و معادله کامل آن را روی تابلو بنویسد.
- در مرحله بعد، تصویر زیر را که از قبل تهیه و تکثیر کرده‌اید در اختیار گروه‌ها قرار دهید و از آنها بخواهید هر چه را از آن استنباط می‌کنند، یادداشت نمایند.



شکل ۲۳

به دانش‌آموزان برای بررسی تصویر، زمان کافی بدهید و سپس از هر گروه بخواهید برداشت‌های علمی خود از تصاویر را به کلاس ارائه دهند. پس از شنیدن پاسخ تمام گروه‌ها، عوامل مؤثر بر انرژی شبکه بلور یک ترکیب یونی را جمع‌بندی کنید.

هدف‌های آموزشی

- انتظار می‌رود دانش‌آموز در پایان این واحد یادگیری:
- ۱- مفهوم انرژی شبکه بلور را درک کند.
 - ۲- عوامل مؤثر بر انرژی شبکه بلور را کشف کند.
 - ۳- با رابطه بین انرژی شبکه بلور و دمای ذوب و جوش ترکیب‌های یونی آشنا شود.
 - ۴- مهارت مقایسه نقطه ذوب ترکیب‌های یونی را در خود تقویت کند.

ارزشیابی تشخیصی

- ۱- پیوند یونی را تعریف کنید.
 - ۲- ذره‌های تشکیل دهنده شبکه بلور ترکیب‌های یونی را نام ببرید.
 - ۳- آیا اتم فلزها و نافلزها هنگام تشکیل ترکیب یونی به پایداری می‌رسند؟ چرا؟
 - ۴- شبکه بلور را تعریف کنید.
 - ۵- از بین آنیون‌ها و کاتیون‌های زیر، یک آنیون و کاتیون را انتخاب کنید که بیشترین جاذبه یونی بین آنها ایجاد شود.
- Al^{3+} , F^- , Mg^{2+} , O^{2-} , Na^+

حال به گروه‌ها، کاربرگ زیر را که از قبل تهیه و تکثیر کرده‌اید، بدهید و از آنها بخواهید به پرسش‌ها پاسخ دهند.

کاربرگ کلاسی (گروهی - فردی) نام و نام خانوادگی (نام اعضا): موضوع درس: تاریخ:	صفحه ۱
--	--------

۱- داده‌ها را در مکان مناسب در جدول قرار دهید.

فرمول ترکیب یونی	انرژی شبکه بلور	یون‌ها در ترکیب یونی
.....	Al^{3+}, F^{-}
.....	Mg^{2+}, F^{-}
.....	Na^{+}, F^{-}

داده‌ها: فرمول شیمیایی ترکیب یونی: NaF, AlF_3, MgF_2
 انرژی شبکه بلور $kJ \cdot mol^{-1}$: ۲۹۵۷، ۹۲۳، ۵۴۹۲

۲- یک عبارت علمی که شامل کلمه‌های زیر باشد، بنویسید.
 انرژی شبکه، پیوند یونی، قدرت، بار یون

۳- ترکیب‌های یونی زیر را به ترتیب افزایش انرژی شبکه بلور مرتب کنید. چه عاملی باعث متفاوت بودن انرژی شبکه بلور این ترکیب‌ها می‌شود؟
 $NaCl, NaF, NaBr$

۴- اعداد را در مکان مناسب در جدول قرار دهید.

نقطه جوش	نقطه ذوب	انرژی شبکه	ترکیب یونی
.....	$NaCl$
.....	$RbCl$

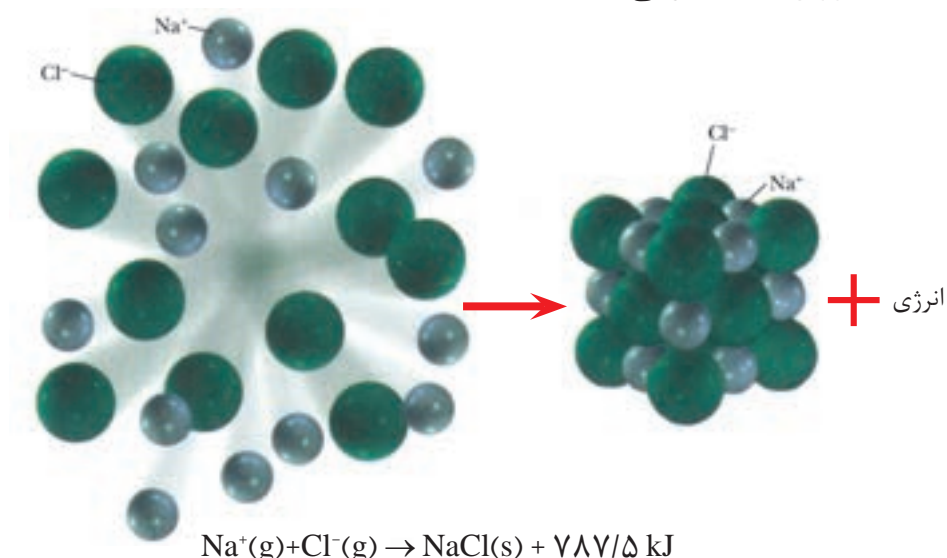
اعداد نقطه ذوب ($^{\circ}C$): ۷۱۵-۸۰۱
 اعداد نقطه جوش ($^{\circ}C$): ۱۴۱۳-۱۳۹۰
 اعداد انرژی شبکه بلور ($kJ \cdot mol^{-1}$): ۷۸۷-۶۸۹

به گروه‌ها زمان کافی بدهید تا کاربرگ را بررسی کنند و به پرسش‌ها پاسخ دهند. سپس از دانش‌آموزان بخواهید پاسخ هر پرسش را به کلاس ارائه دهند. در صورت لزوم پاسخ‌ها را تأیید یا اصلاح نمایید.

حال با توجه به جدول‌های متن کتاب درسی، محتوا را جمع‌بندی نمایید.

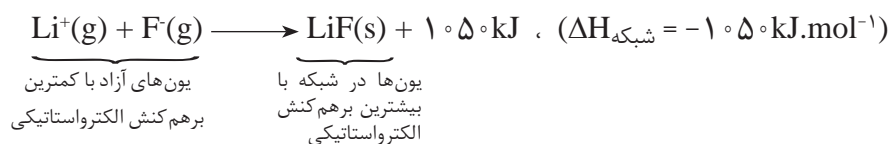
بر دانش خود بیفزایید

انرژی شبکه یونی



شکل ۲۴. مفهوم انرژی شبکه یونی

انرژی شبکه بلور یونی، انرژی آزاد شده از تشکیل یک مول ترکیب یونی از یون‌های سازنده به حالت گاز است. برای نمونه انرژی شبکه بلور یونی لیتیم فلوئورید که در فرایند زیر آزاد می‌شود، برابر با 1050 kJ است.



بررسی‌ها نشان می‌دهد که انرژی پتانسیل (U) ناشی از برهم‌کنش الکترواستاتیکی بارهای الکتریکی، $U \propto \frac{q_1 q_2}{r}$ است. q_1 و q_2 بار الکتریکی یون‌ها و r نیز فاصله میان مرکز یون‌های مثبت و منفی است ($r = r_+ + r_-$). براین پایه انرژی شبکه برای هر ترکیب یونی با حاصل ضرب بارهای الکتریکی (به صورت قدر مطلق) رابطه مستقیم و با حاصل جمع شعاع کاتیون با آنیون رابطه وارونه دارد.

در روند زیر، کاهش انرژی شبکه در ترکیب‌های یونی داده شده این ویژگی را تأیید می‌کند.



توجه کنید مقایسه انرژی شبکه بر پایه این الگو تنها با فرض این‌که یون‌ها، گوی‌های سخت بوده (تغییر شکل ابر الکترونی ندارند) و همه نیروها، الکترواستاتیکی و پیوندها

یونی خالص هستند، صورت می گیرد. هرگاه انرژی شبکه بلور یک ترکیب یونی بیشتر باشد می توان گفت در بیشتر موارد (نه همواره) دمای ذوب آن بیشتر است؛ هرچند گاهی وارونه آن دیده می شود. برای نمونه انرژی شبکه یونی MgO از Al_2O_3 کمتر ولی دمای ذوب آن بیشتر است.

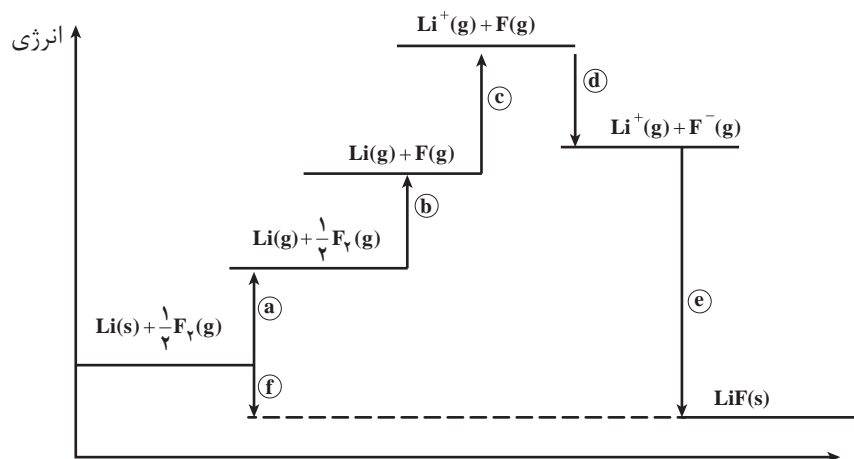
***توجه کنید** که در علم تجربی به کار بردن واژه «اغلب» مناسب تر از «همواره» است. جدول زیر انرژی شبکه برخی از ترکیب های یونی را نشان می دهد.

انرژی شبکه یونی برخی نمک ها

کاتیون	آنیون				
	F^-	Cl^-	Br^-	I^-	O^{2-}
Li^+	1030	834	788	730	2799
Na^+	910	769	732	682	2481
K^+	808	701	671	632	2238
Rb^+	774	680	651	617	2163
Mg^{2+}	2913	2326	2097	1944	3795
Ca^{2+}	2609	2223	2132	1905	3414
Sr^{2+}	2476	2127	2008	1937	3217
Ba^{2+}	2341	2033	1950	1831	3029

ترمودینامیک تشکیل ترکیب های یونی

یکی از روش های به دست آوردن انرژی شبکه یونی، به کار بستن قانون هس (جمع پذیری گرمای واکنش ها) در چرخه بورن - هابر است. برای نمونه انرژی شبکه یونی $LiF(s)$ را می توان از داده های ترمودینامیکی زیر بر پایه چرخه بورن - هابر به دست آورد.



شکل ۲۵. چرخه بورن - هابر برای تشکیل $LiF(s)$

a) تصعید فلز لیتیم $\text{Li(s)} \rightarrow \text{Li(g)}, \Delta H_{\text{sub}} = 161 \text{ kJ.mol}^{-1}$

b) نصف آنتالپی پیوند $\frac{1}{2} \text{F}_2(\text{g}) \rightarrow \text{F(g)}, \frac{1}{2} \Delta H_{\text{F-F}} = 79 \text{ kJ.mol}^{-1}$

c) IE_1 برای لیتیم گازی $\text{Li(g)} \rightarrow \text{Li}^+(\text{g}) + \text{e}^-, \Delta H_{\text{ion}} = 531 \text{ kJ.mol}^{-1}$

d) EA_1 برای فلوئور $\text{F(g)} + \text{e}^- \rightarrow \text{F}^-(\text{g}), \Delta H_{\text{EA}} = -328 \text{ kJ.mol}^{-1}$

e) انرژی شبکه یونی $\text{Li}^+(\text{g}) + \text{F}^-(\text{g}) \rightarrow \text{LiF(s)}, \Delta H_{\text{latt}} = ?$

f) آنتالپی تشکیل لیتیم فلوئورید $\text{Li(s)} + \frac{1}{2} \text{F}_2(\text{g}) \rightarrow \text{LiF(s)}, \Delta H_f = -796 \text{ kJ.mol}^{-1}$

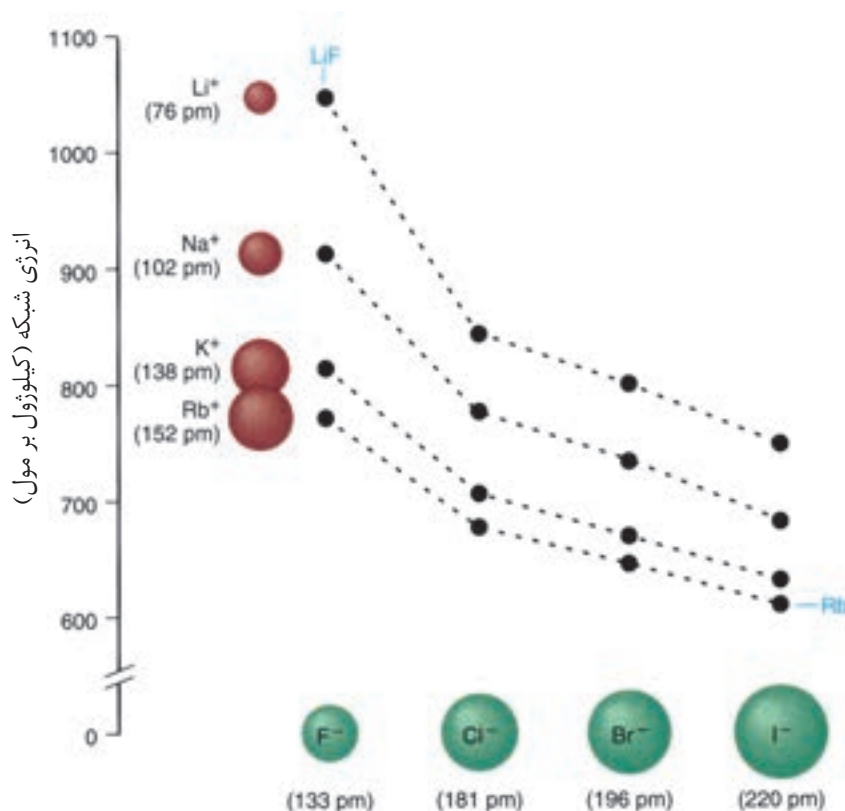
$$\Delta H_f = \Delta H_{\text{sub}} + \frac{1}{2} \Delta H_{\text{F-F}} + \Delta H_{\text{ion}} + \Delta H_{\text{EA}} + \Delta H_{\text{latt}}$$

$$-796 = 161 + 79 + 531 + (-328) + \Delta H_{\text{latt}} \rightarrow \Delta H_{\text{latt}} = -1239 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

این انرژی شبکه یونی نشان دهنده واکنشی به صورت زیر است:



تمرین: نمودار زیر را تفسیر کنید.



شکل ۲۶. روند تغییر انرژی شبکه در هالید فلزهای قلیایی

تمرین: اگر انرژی شبکه از رابطه $U_0 = \frac{1/0.7 \times 10^5 \gamma |z_+ z_-|}{r_+ + r_-}$ برآورد شود، انرژی شبکه K_2O و MgF_2 را با یکدیگر مقایسه کنید.

γ : شمار یون ها در فرمول شیمیایی نمک

z_+ : بار الکتریکی کاتیون

z_- : بار الکتریکی آنیون

r_+ : شعاع کاتیون

r_- : شعاع آنیون

$F^- = 133 \text{ pm}$ ، $O^{2-} = 140 \text{ pm}$ ، $K^+ = 138 \text{ pm}$ و $Mg^{2+} = 72 \text{ pm}$

پاسخ «فکر کنید» صفحه ۵۶

آ) گزینه های ۱، ۲ و ۴ درست و تنها گزینه ۳ نادرست است.

زیرا هرچه آنیون بزرگ تر باشد انرژی شبکه کمتر خواهد بود.

ب) دو ترکیب یونی CaO و MgO ، آنیون یکسانی داشته و تفاوت آنها در کاتیون هاست. چون Mg^{2+} شعاع کمتری از Ca^{2+} دارد پس انرژی شبکه یونی MgO بیشتر است.

پاسخ «فکر کنید» صفحه ۵۷

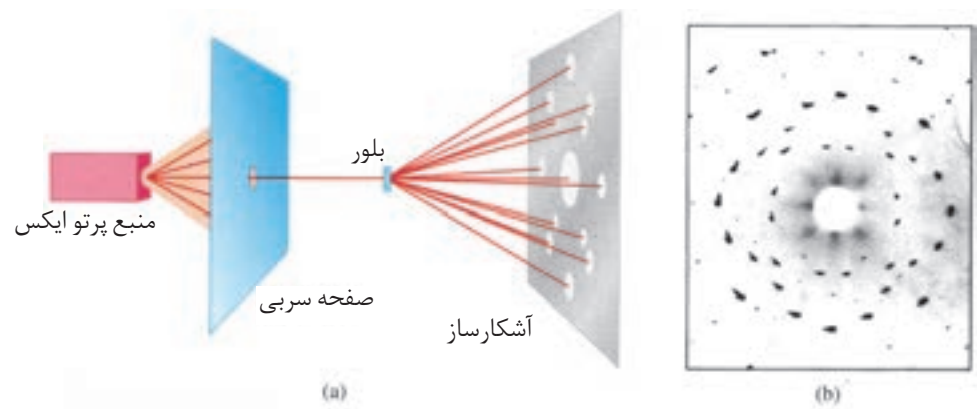
برای اغلب ترکیب های یونی میان انرژی شبکه و نقطه ذوب، رابطه ای مستقیم وجود دارد. توجه کنید هنگام پاسخ به این پرسش از به کار بردن واژه «همواره» بپرهیزید.

بلورنگاری پرتوی X

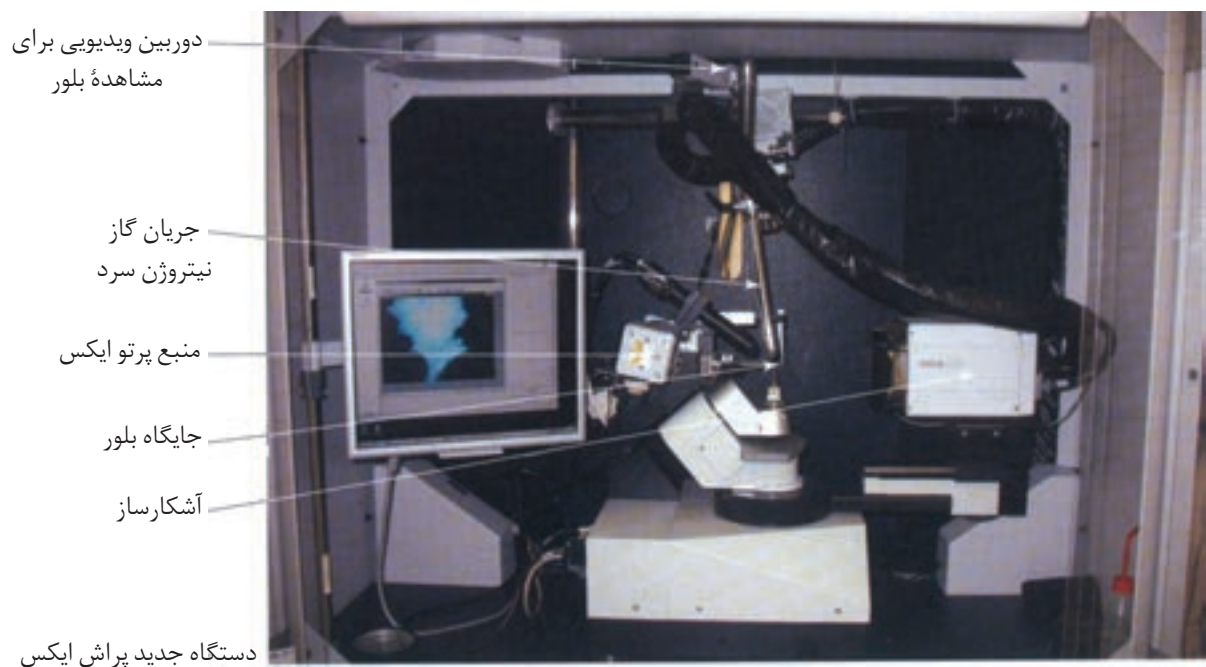
بیشتر اطلاعاتی که درباره ساختار بلورها داریم، از مطالعه پراش پرتوی X به وسیله بلورها به دست آمده است.

پرتو نور با عبور از درون یک شکاف باریک، پراکنده می شود. این پدیده پراش نام دارد. اگر نور از توری پراش (از میان شکاف های باریکی با فاصله یکسان) عبور کند، از برهم کنش پرتوهای پراکنده شده، مجموعه ای از نقطه های تاریک و روشن به دست می آید که الگوی پراش نام دارد. بهترین الگوی پراش هنگامی به دست می آید که طول موج نور عبوری با پهنای شکاف برابری کند.

از آن جا که در بلورهای جامد فاصله میان لایه های پدید آمده از چینش منظم ذره ها، یکسان است، یک بلور جامد می تواند یک توری پراش مناسب برای پرتوی X باشد. از این رو پراش پرتوی X از پراکنده شدن این پرتو هنگام عبور از بلور پدید می آید.



شکل ۲۷. الگوی پراش پرتوهای X از یک ترکیب یونی



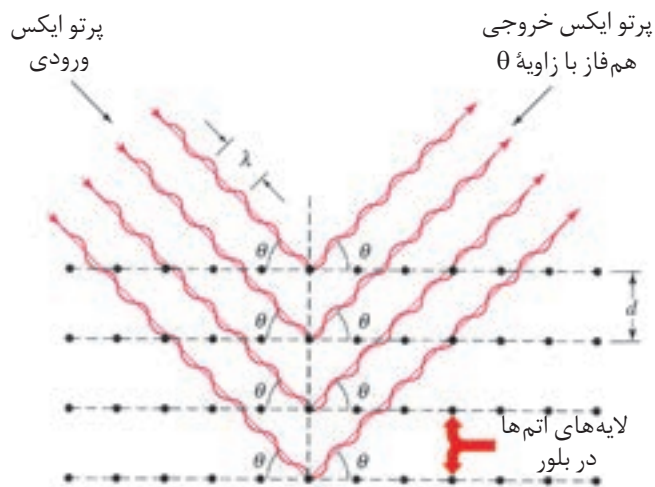
شکل ۲۸. دستگاه پراش پرتو X

هنگامی که اتم، یون‌ها و مولکول‌ها در معرض تابش پرتو X هستند، همانند منبع کوچکی از پرتو X عمل می‌کنند. به شکل‌های صفحه بعد توجه کنید.





شکل ۳۰. هم‌فاز و ناهم‌فاز بودن پرتوهای X نشر شده از اتم‌ها



شکل ۲۹. نمایش زاویه میان پرتو X تابش و بازتابش شده با صفحه لایه‌های یونی

ویلیام هنری براگ و ویلیام لارنس براگ (پدر و پسر) دریافتند که اگر زاویه پراش، θ فاصله میان لایه‌ها، d و طول موج پرتو X عبوری، λ باشد، معادله براگ:

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

خواهد بود که در آن n مرتبه بازتاب و یک عدد صحیح است.

برای نمونه پراش پرتو X با طول موج 229 pm از بلور بارییم، بازتاب مرتبه اول

($n=1$) در 8° و 27° می‌دهد. بنابراین فاصله میان صفحه‌های بلور بارییم برابر است با:

$$n\lambda = 2d \sin \theta \rightarrow 1 \times (229 \text{ pm}) = 2d (\sin 27^\circ, 8^\circ)$$

$$229 \text{ pm} = 2d (\sin 27^\circ, 8^\circ) \rightarrow d \approx 251 \text{ pm}$$

واحد یادگیری ۴

هدف‌های آموزشی

- انتظار می‌رود دانش‌آموز در پایان این واحد یادگیری:
- ۱- با مفهوم نمک‌های آب‌پوشیده آشنا شود.
 - ۲- مهارت نام‌گذاری این نمک‌ها را در خود تقویت کند.
 - ۳- مهارت محاسبه تعداد آب تبلور را در یک نمک معین، کسب و در خود تقویت کند.

ارزشیابی تشخیصی

- ۱- درمقابل هر ترکیب یونی دو نام آورده شده، نام شیمیایی درست را انتخاب کنید.
(آ) CuSO_4 مس سولفات -
مس (II) سولفات
(ب) BaCl_2 باریوم کلرید - باریوم کلرات
(پ) $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ منیزیم سولفات - منیزیم سولفات هفت آبه
- ۲- کدام مورد یک نمک آب‌پوشیده را نشان می‌دهد؟
(آ) محلول سدیم سولفات
(ب) سدیم سولفات ده آبه

روش تدریس پیشنهادی: یادگیری مشارکتی و پرسش و پاسخ

توصیه می‌شود با استفاده از پاورپوینت تهیه شده، مراحل طرح درس را اجرا کنید (برای تهیه پاورپوینت به سایت گروه شیمی دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی، بخش راهنمای معلم مراجعه کنید). دو تصویر که به ترتیب $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ و $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ را در حالت قبل از حرارت و پس از حرارت نشان می‌دهد، به نمایش بگذارید. از دانش‌آموزان بخواهید که درباره تغییر ظاهری نمک پس از حرارت اظهارنظر کنند.

سپس از آنها بپرسید: «به نظر شما در ساختار این نمک‌ها چه ماده‌ای وجود دارد که پس از حرارت تغییر رنگ می‌دهند؟ به صحبت‌های دانش‌آموزان گوش دهید اما پاسخ آنها را تأیید یا رد نکنید. سپس تصویر همان دو نمک را به همراه معادله واکنش با حرارت دادن نمک آب‌دار نشان دهید و همان سؤال را تکرار کنید. پس از آن که دانش‌آموزان به وجود مولکول‌های آب اشاره کردند، با نمایش فرمول و نام شیمیایی یک نمک آب‌پوشیده، مفاهیم آب تبلور و نمک آب‌پوشیده را توضیح دهید.

در اسلاید بعدی فرمول و نام چند نمک آب‌پوشیده نمایش داده شده است. نحوه نامیدن این ترکیب‌ها را به کمک دانش‌آموزان معرفی کنید.

سپس توضیح دهید که می‌توان تعداد مولکول‌های تبلور را توسط آزمایش به دست آورد. پس از گروه‌بندی کلاس، کاربرگ مراحل تعیین تعداد آب تبلور یک نمک معین را در اختیار گروه‌ها قرار دهید و از آنها بخواهید با کامل کردن کاربرگ، فرمول نهایی نمک آب‌پوشیده را گزارش دهند. پس از اتمام کار، از یکی از فراگیران بخواهید نحوه محاسبه را با ثبت بر روی تابلو، نشان دهد. در پایان کار، اسلایدهای مربوط به مراحل محاسبه تعداد آب تبلور را به نمایش گذاشته و درس را جمع‌بندی کنید.

توصیه می‌شود، به منظور ارزشیابی، یکی از آزمایش‌های صفحه ۶۸ کتاب درسی را برای تعیین تعداد مولکول‌های آب تبلور، به گروه‌ها و واگذار کنید.

کاربرگ کلاسی (گروهی - فردی)	صفحه ۱
نام و نام خانوادگی (نام اعضا):	
موضوع درس:	تاریخ:
۴۶۹/° گرم نمک آب پوشیده $\text{MgSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ را در بوتله چینی حرارت می‌دهیم. پس از چند دقیقه حرارت، آن را در دسیکاتور قرار می‌دهیم	



تا سرد شود. جرم نمک پس از حرارت 30°C گرم شده است. با انجام مراحل زیر، تعداد مولکول‌های آب تبلور (x) را در این نمک به دست آورید.

مرحله ۱: فهرست کردن اطلاعات

..... = جرم نمک آب پوشیده

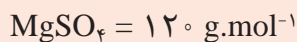
..... = جرم نمک بی آب

مرحله ۲: محاسبه جرم آب تبخیر شده

جرم نمک بی آب - جرم نمک آب پوشیده = جرم آب

..... = (.....) - (.....) = جرم آب

مرحله ۳: محاسبه مول نمک



$$\text{مول نمک} = \frac{\text{جرم نمک بی آب}}{\text{مولکول گرم نمک}} = \frac{\text{.....}}{\text{.....}} = \text{.....}$$

مرحله ۴: محاسبه مول آب



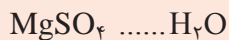
$$\text{مول آب} = \frac{\text{جرم آب}}{\text{مولکول گرم آب}} = \frac{\text{.....}}{\text{.....}} = \text{.....}$$

مرحله ۵: محاسبه تعداد مولکول‌های آب تبلور:

$$\text{تعداد مولکول‌های آب تبلور} = \frac{\text{مول آب}}{\text{مول نمک}} = \frac{\text{.....}}{\text{.....}} = \text{.....}$$

عدد به دست آمده را به نزدیک‌ترین عدد صحیح گرد می‌کنیم.

مرحله ۶: نوشتن فرمول شیمیایی نمک آب پوشیده:



بر دانش خود بیفزایید

«آب تبلور»

هنگامی که محلول یک ترکیب یونی را در آب به آرامی گرم می‌کنیم با تبخیر تدریجی آب، ممکن است یون‌های آب پوشیده در جامد بلوری باقی‌مانده و نمک آب پوشیده یا متبلور به دست آید. به چنین مولکول‌های آبی که در ساختار جامد بلوری شرکت دارند، آب

تبلور می‌گویند. مولکول‌های آب می‌توانند در موقعیت‌های معینی در ساختار بلور و بدون اتصال به یک یون مشخص در بلورهای آب‌پوشیده مانند $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ جای گیرند. همچنین می‌توانند با اشغال حفره‌هایی در ساختار بلور مانند سیلیکات‌های آبدار معروف به زئولیت‌ها، همراه باشند. گاهی مولکول‌های آب تبلور در شبکه بلوری جامد به یک یون معین متصل هستند.

برای نمونه $\text{FeCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ دارای یون‌های $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ و 2Cl^- است؛ در حالی که $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ دارای یون‌های $\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ و $\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O})_2^{2-}$ همچنین $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ دارای یون‌های $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4^{2+}$ و $\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O})_2^{2-}$ می‌باشند.

با گرم کردن نمک‌های متبلور و از دست رفتن تدریجی مولکول‌های آب تبلور آنها شبکه بلوری به هم ریخته و تغییر رنگ در آنها پدید می‌آید. برای نمونه گرم کردن بلورهای آبی رنگ کات کبود باعث کم رنگ تر شدن آنها و در پایان باقی ماندن پودر سفید رنگ $\text{CuSO}_4(\text{s})$ می‌شود.



شکل ۳۲. مس (II) سولفات پنج آبه (کات کبود)

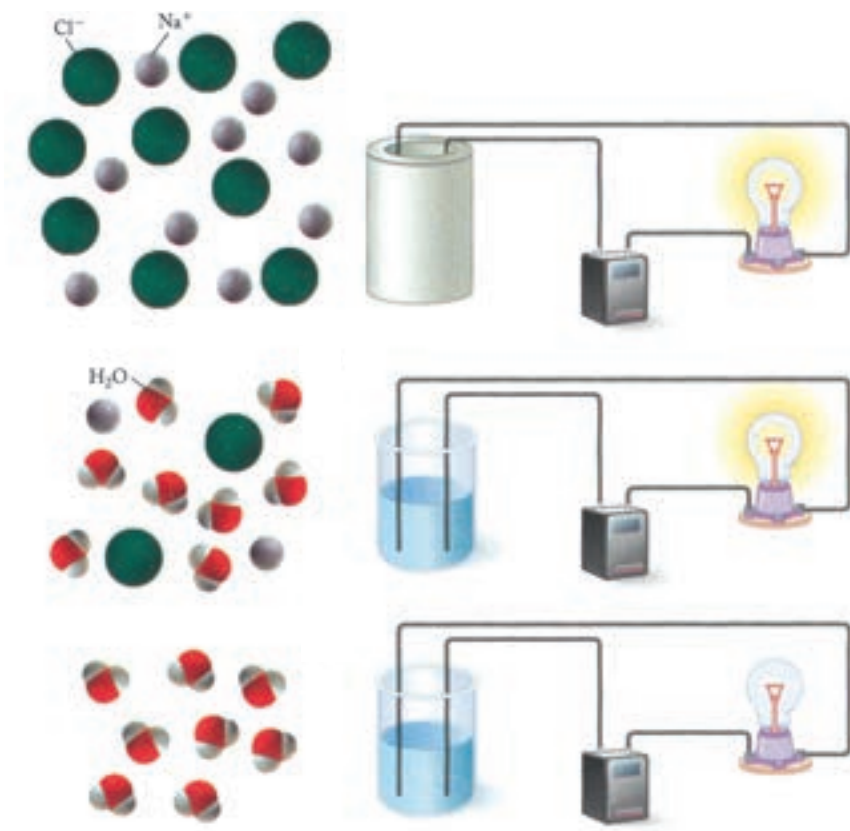


شکل ۳۱. گرم شدن کات کبود و از دست دادن آب تبلور

خودارزشیابی

۱- کلسیم سولفید در الگوی سدیم کلرید، متبلور می‌شود. چه تعداد از یون‌های S^{2-} در هر سلول واحد از BaS وجود دارد؟ چرا؟

۲- نخست برای هر یک از شکل‌های زیر یک جمله علمی نوشته سپس در پایان یک بیان کلی از جمله‌ها بنویسید.



۳- به کمک
$$\gamma = \frac{1/0.7 \times 10^5 |Z_+ Z_-|}{(r_+ + r_-)}$$
 انرژی شبکه، ترکیب‌های یونی CaF_2 ، MgO ، $MgCl_2$ و CsF را که فاصله میان مرکز کاتیون و آنیون در آنها به ترتیب ۲۳۳، ۲۵۳، ۲۱۲ و ۳۰۰ پیکومتر است، محاسبه و برحسب کاهش انرژی شبکه مرتب کنید. (Z_+ ، Z_- و γ به ترتیب بار الکتریکی کاتیون، بار الکتریکی آنیون و شمار یون‌های سازنده هر واحد از ترکیب یونی را نشان می‌دهند.)

۴- اتم‌های منیزیم در ساختار بلوری به‌گونه‌ای جای می‌گیرند که مرکز یال‌ها و مرکز مکعب را اشغال می‌کنند. جرم یک سلول واحد از بلور منیزیم چند گرم است؟

$$Mg = 24 \text{ g.mol}^{-1}, N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

۵- با نتیجه‌گیری از نمودار نخست (سمت چپ)، دو نمودار دیگر را تفسیر کنید.

