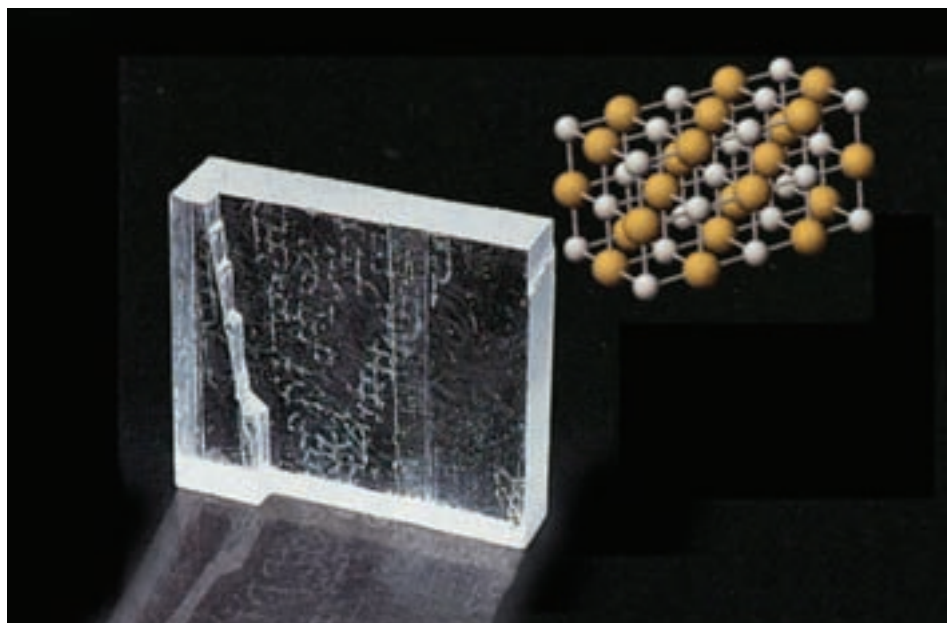


## بخش ۳

### ترکیب‌های یونی



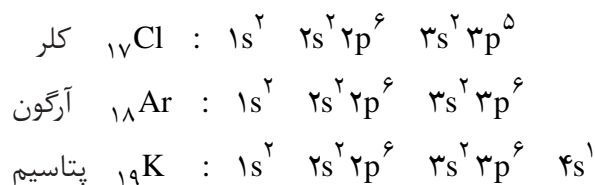
در بخش ۱ با آرایش الکترونی اتم‌ها آشنا شدید و ملاحظه کردید که اتم‌گازهای نجیب که در انتهای هر یک از دوره‌های جدول تناوبی عناصرها قرار گرفته‌اند در بیرونی‌ترین لایه‌ی الکترونی خود هشت الکترون دارند (بجز اتم هلیم که بیرونی‌ترین لایه‌ی الکترونی آن ۲ است و با دو الکترون پر می‌شود). این عناصرها تک اتمی هستند و همان‌طور که می‌دانید از نظر شیمیایی بی‌اثرند یا میل ترکیبی کمی دارند. بنابراین، به‌نظر می‌رسد که وجود این لایه‌ی هشتایی، این اتم‌ها را پایدار کرده است.

### قاعده‌ی هشتایی (اوکت) و واکنش‌پذیری اتم‌ها

هشتایی شدن تعداد الکترون‌های موجود در بیرونی‌ترین لایه‌ی الکترونی (لایه‌ی

ظرفیت) و دستیابی به آرایش الکترونی گازهای نجیب مبنایی برای سنجش پایداری اتم‌ها و در واقع میزان واکنش‌پذیری آن‌هاست. انجام شدنی‌ترین واکنش‌ها آن‌هایی هستند که طی آن‌ها اتم‌ها به این آرایش هشتایی پایدار دست می‌یابند. وقتی اتمی به آرایش هشتایی پایدار می‌رسد، از واکنش‌پذیری آن کاسته می‌شود و دیگر تمایلی به تشکیل پیوندهای بیش‌تر، از خود نشان نمی‌دهد. پس، اتمی که در ترازهای s و p بیرونی‌ترین لایه‌ی الکترونی خود کم‌تر از هشت الکترون دارد واکنش‌پذیر است، زیرا می‌تواند برای رسیدن به آرایش هشتایی پایدار، با اتم‌های دیگر به مبادله‌ی الکترون بپردازد.

اکنون آرایش الکترونی اتم‌های کلر، آرگون و پتاسیم را در نظر بگیرید. تفاوت آرایش الکترونی اتم پتاسیم با اتم آرگون تنها در وجود یک الکترون در اوربیتال 4s است. واکنش‌پذیری پتاسیم تنها به علت وجود این تک الکترون در لایه‌ی ظرفیت آن است، زیرا با از دست دادن این الکترون ذره‌ای به دست می‌آید که آرایش الکترونی آن با آرایش الکترونی پایدار اتم آرگون (گاز نجیب پیش از آن) یکسان خواهد بود.



با مقایسه‌ی آرایش الکترونی اتم کلر و اتم آرگون درمی‌یابیم که اتم کلر در لایه‌ی ظرفیت خود یک الکترون کم‌تر از اتم آرگون دارد. از این رو اتم کلر می‌تواند با گرفتن یک الکترون به آرایش الکترونی پایدار اتم آرگون (گاز نجیب پس از خود) دست یابد. به این ترتیب اتم کلر برای رسیدن به آرایش الکترونی هشتایی تمایل دارد تا از طریق انجام دادن واکنش‌های شیمیایی این کمبود الکترون خود را جبران کند. بر این مبنا واکنش‌پذیری اتم‌های پتاسیم و کلر قابل توجیه است. **قاعده‌ی هشتایی** یا **اوکت** و به عبارت دیگر تمایل اتم‌ها برای رسیدن به آرایش الکترونی گازهای نجیب (آرایش هشتایی) راهی مناسب برای سنجش میزان واکنش‌پذیری اتم‌ها است.

مشاهده‌ها نشان می‌دهد که فلزها عنصرهایی هستند که اتم آن‌ها با از دست دادن الکترون‌های ظرفیت خود به آرایش هشتایی می‌رسند. درحالی که نافلزها عنصرهایی هستند که با گرفتن الکترون به این آرایش پایدار دست می‌یابند.

از آن‌جا که اتم‌ها ذره‌هایی خنثی هستند با از دست دادن یا گرفتن یک یا چند الکترون به ذره‌های بارداری به نام **یون** تبدیل می‌شوند. **کاتیون** و **آنیون** نام‌هایی است که به ترتیب به این ذره‌ها اطلاق شده است. اتم فلزها با از دست دادن الکترون به کاتیون و اتم نافلزها با گرفتن الکترون به آنیون تبدیل می‌شوند.

کاتیون ذره‌ای با بار مثبت  
و آنیون ذره‌ای با بار منفی  
است.

هر یک از اتم‌های روبیدیم، کلسیم، اکسیژن، ید و نیتروژن از چه راهی به آرایش هشتایی پایدار می‌رسند؟ ذره‌ی باردار حاصل از آن‌ها آنیون یا کاتیون است؟ آرایش الکترونی آن‌ها را رسم کنید.

## یون‌های تک اتمی

بسیاری از عنصرهای گروه‌های اصلی جدول تناوبی با از دست دادن یا به دست آوردن یک یا چند الکترون یون‌هایی با آرایش گاز نجیب تشکیل می‌دهند. برای مثال فلزهای گروه ۱ با از دست دادن یک الکترون، کاتیونی با بار  $+1$  و فلزهای گروه ۲ با از دست دادن دو الکترون کاتیونی با بار  $+2$  تولید می‌کنند.

در سمت راست جدول تناوبی، نافلزهای گروه ۱۶ با به دست آوردن دو الکترون آنیونی با بار  $-2$  و نافلزهای گروه ۱۷ با به دست آوردن یک الکترون آنیونی با بار  $-1$  تولید می‌کنند. به هر یونی که از یک اتم، آن هم بر اثر گرفتن یا از دست دادن یک یا چند الکترون تشکیل می‌شود **یون تک اتمی** می‌گویند. برای نشان دادن یک یون تک اتمی باید هم نماد شیمیایی عنصری که یون از اتم آن ایجاد شده است و هم نوع و میزان بار آن را بنویسیم. فهرستی از نشانه‌ی شیمیایی و بار چندین یون تک اتمی در جدول ۱ آمده است. چنان چه

**یون تک اتمی کاتیون**  
یا آنیونی است که تنها از یک اتم تشکیل شده است.

جدول ۱ یون‌های تک اتمی متداول (یون‌هایی که کم‌تر متداول اند با علامت \* مشخص شده‌اند).

نام یون	نشانه‌ی شیمیایی	بار منفی	نام یون	نشانه‌ی شیمیایی	بار مثبت
یون هیدرژن*	$H^+$	۱-	یون هیدرید*	$H^-$	۱+
یون لیتیم	$Li^+$		یون فلوئورید	$F^-$	
یون سدیم	$Na^+$		یون کلرید	$Cl^-$	
یون پتاسیم	$K^+$		یون برمید	$Br^-$	
یون سزیم	$Cs^+$		یون یدید	$I^-$	
یون نقره	$Ag^+$				
یون منیزیم	$Mg^{2+}$	۲-	یون اکسید	$O^{2-}$	۲+
یون کلسیم	$Ca^{2+}$		یون سولفید	$S^{2-}$	
یون استرانسیم*	$Sr^{2+}$				
یون باریم	$Ba^{2+}$				
یون روی	$Zn^{2+}$				
یون آلومینیم	$Al^{3+}$	۳-	یون نیتريد*	$N^{3-}$	۳+

بار یون  $1+$  یا  $1-$  نباشد، برای مثال در مورد یون منیزیم، آن را به صورت  $Mg^{2+}$  و در مورد یون اکسید آن را به صورت  $O^{2-}$  می نویسیم. نوشتن آن به صورت های  $Mg^{+2}$  یا  $Mg^{++}$  درست نیست.

برای نامیدن کاتیون های تک اتمی، پیش از نام عنصر کلمه ی یون را اضافه می کنیم، مانند یون سدیم ( $Na^+$ ) و یون منیزیم ( $Mg^{2+}$ ). برای نامیدن یک آنیون تک اتمی، افزون بر به کار بردن کلمه ی یون پیش از نام آنیون، به انتهای نام نافلز (یا ریشه ی نام آن) پسوند «ید» اضافه می کنیم، مانند یون کلرید ( $Cl^-$ )، یون سولفید ( $S^{2-}$ ) و یون نیتريد ( $N^{3-}$ ).

تعیین بار برخی از یون ها، به ویژه یون فلزهای واسطه، با به کار بردن قاعده ی هشتایی امکان پذیر نیست، زیرا این یون ها بدون داشتن آرایش الکترونی گاز نجیب به پایداری می رسند. (بحث پیرامون این موضوع خارج از محدوده ی این کتاب است.) افزون بر این، برخی از این عناصر می توانند یون هایی با بارهای متفاوت داشته باشند. برای مثال، آهن یون های  $2+$  و  $3+$ ، مس یون های  $1+$  و  $2+$  و کروم یون های  $2+$  و  $3+$  تشکیل می دهند. این یون ها را به ترتیب یون آهن (II) و یون آهن (III)، یون مس (I) و یون مس (II) و یون کروم (II) و یون کروم (III) می نامند. به طوری که ملاحظه می کنید بار این یون ها با عدد رومی در داخل پرانتز نشان داده شده است. برای نشان دادن بار یون عنصرهایی که تنها یک نوع کاتیون تشکیل می دهند، مانند یون های سدیم و منیزیم که بار آن ها به ترتیب  $1+$  و  $2+$  است، هرگز عدد رومی به کار نمی بریم. برای مثال نام گذاری یون منیزیم به صورت یون منیزیم (II) درست نیست. بارهای متداول برخی از یون ها در شکل ۱ آمده است. فهرست تعدادی از فلزهایی که بیش از یک یون تک اتمی می دهند در جدول ۲ آمده است.

گروه  $\rightarrow$

																	۱۷	۱۸
۱	$H^+$																$H^-$	
۲	$Li^+$																$F^-$	
۳	$Na^+$	$Mg^{2+}$															$O^{2-}$	$Cl^-$
۴	$K^+$	$Ca^{2+}$	$Sc^{3+}$	$Ti^{2+}$	$V^{3+}$	$Cr^{3+}$	$Mn^{2+}$	$Fe^{2+}$	$Co^{2+}$	$Ni^{2+}$	$Cu^+$	$Zn^{2+}$					$Br^-$	
۵	$Rb^+$	$Sr^{2+}$									$Ag^+$	$Cd^{2+}$					$I^-$	
۶	$Cs^+$	$Ba^{2+}$										$Hg^{2+}$						

شکل ۱ برخی از یون های تک اتمی متداول

جدول ۲ چند فلز که بیش از یک یون تک اتمی تشکیل می دهند.

عنصر	فرمول یون	نام جدید	نام قدیمی
کروم	$\text{Cr}^{2+}$	یون کروم (II)*	یون کرومو
	$\text{Cr}^{3+}$	یون کروم (III)	یون کرومیک
منگنز	$\text{Mn}^{2+}$	یون منگنز (II)	
	$\text{Mn}^{3+}$	یون منگنز (III)*	
آهن	$\text{Fe}^{2+}$	یون آهن (II)	یون فرو
	$\text{Fe}^{3+}$	یون آهن (III)	یون فریک
کبالت	$\text{Co}^{2+}$	یون کبالت (II)	
	$\text{Co}^{3+}$	یون کبالت (III)*	
مس	$\text{Cu}^{+}$	یون مس (I)	یون کوپرو
	$\text{Cu}^{2+}$	یون مس (II)	یون کوپریک

یون هایی که با علامت \* مشخص شده اند کم تر متداول اند.

از میان عنصرهای اصلی برای نمونه قلع نیز بیش از یک نوع یون تشکیل می دهد.  $\text{Sn}^{2+}$  (یون استانو) یا یون قلع (II) و  $\text{Sn}^{4+}$  (یون استانیک) یا یون قلع (IV)

## بیش تر بدانید

یون ها در بسیاری از فعالیت های زیستی موجودات زنده نقش مهمی دارند. برای نمونه، بیرون و درون سلول های بدن باید از نظر الکتریکی خنثی باشد. وجود یون های پتاسیم ( $\text{K}^{+}$ ) و هیدروژن فسفات ( $\text{HPO}_4^{-}$ ) درون سلول و یون های سدیم ( $\text{Na}^{+}$ ) و کلرید ( $\text{Cl}^{-}$ ) بیرون آن موجب می شود که مایع بین سلولی هر دو محیط از نظر الکتریکی خنثی باقی بماند.

یون دیگری که در فعالیت های زیستی نقش مهمی ایفا می کند، یون منیزیم ( $\text{Mg}^{2+}$ ) است. این یون در سبزینه گیاهان یافت می شود. هم چنین، یون منیزیم در سلول های عصبی و به هنگام فعالیت های ماهیچه ای مورد استفاده قرار می گیرد. یون آهن (II) ( $\text{Fe}^{2+}$ ) که در ساختار مولکول هموگلوبین وجود دارد، بخش اصلی سامانه (سیستم) انتقال اکسیژن در بدن است. یون کلسیم ( $\text{Ca}^{2+}$ ) از اجزای ماده ی تشکیل دهنده ی استخوان ها و دندان هاست و نقش مهمی در انعقاد خون دارد.

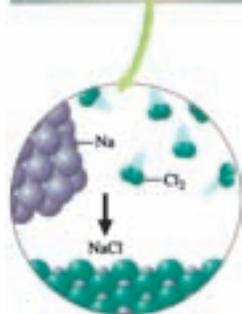
## ترکیب های یونی

سر سفره ی غذا اغلب شنیده اید یا خود گفته اید که این غذا شور یا بی نمک است. آیا هیچ گاه از خود پرسیده اید که این نمک خوراکی چیست؟ و از چه عنصرهایی تشکیل شده است؟ نمک خوراکی همان سدیم کلرید است که در طبیعت یافت می شود و آن را با فرمول شیمیایی  $\text{NaCl}$  نشان می دهند. این فرمول نشان می دهد که سدیم کلرید از دو عنصر سدیم و کلر تشکیل شده است. سدیم فلزی نرم و بسیار واکنش پذیر است و به گروه ۱ جدول تناوبی عنصرها تعلق دارد. از طرف دیگر، کلر یک نافلز است که به صورت مولکول دو اتمی و گازی شکل وجود دارد. کلر گازی سمی و خورنده و به نوبه ی خود بسیار

سدیم کلرید بیش از ۶٪ ذره های حل شده در پلاسمای خون بدن انسان را تشکیل می دهد.



سديم گاز کلر

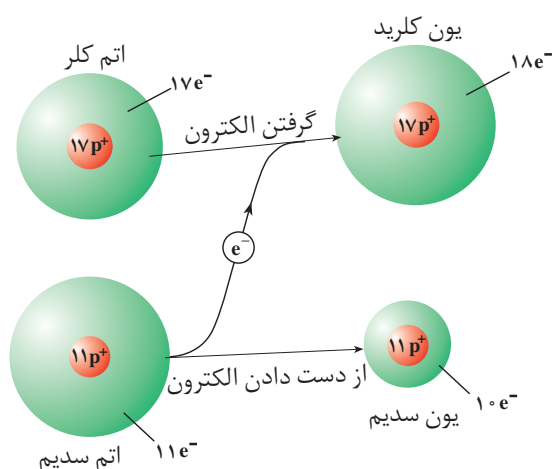


**شکل ۲** از واکنش سديم مذاب و گاز کلر، جامد سفيد رنگی برجای می ماند. این جامد سفيد رنگ همان نمک خوراکی (NaCl) است. واکنش این دو عنصر به شدت گرماده است و با آزاد شدن نور و گرمای زیادی همراه است.

پیوند یونی نیروی جاذبه ای است که میان یون هایی با بار ناهم نام به وجود می آید.

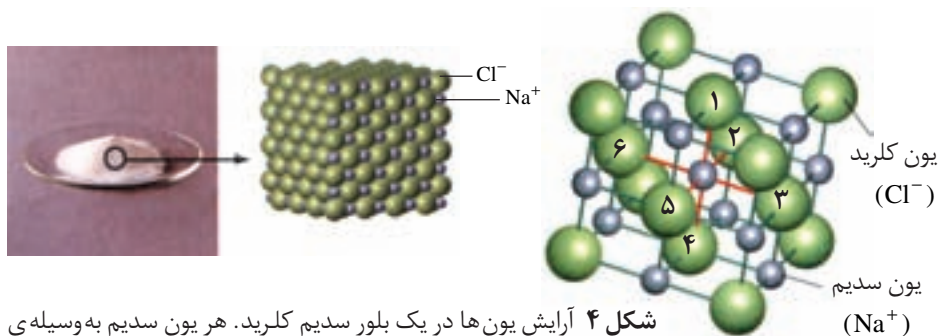
واکنش پذیر است. کلر به گروه ۱۷ جدول تناوبی عنصرها تعلق دارد. وقتی این دو عنصر در کنار هم قرار بگیرند با انجام یک واکنش شدید و گرماده، همان طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، ترکیب سفید رنگی برجای می گذارند که همان نمک خوراکی است.

همه ی نمک ها از ذره های بار داری تشکیل شده اند که در نتیجه ی داد و ستد الکترون به وجود آمده اند. سديم کلريد مثال مناسبی برای شرح چگونگی تشکیل این نوع پیوند است و توجیه خواص این نمک بر مبنای ماهیت چنین پیوندی انجام می شود، شکل ۳. بی شک تا به حال بلورهای مکعبی شکل سديم کلريد را از نزدیک دیده اید. این بلورها سخت و شکننده اند. سديم کلريد در  $801^{\circ}\text{C}$  ذوب می شود و در  $1413^{\circ}\text{C}$  به جوش می آید. سديم کلريد مانند بسیاری از نمک های دیگر در آب حل می شود و به صورت محلول یا در حالت مذاب جریان برق را از خود عبور می دهد.



**شکل ۳** نمایش انتقال الکترون در هنگام تشکیل سديم کلريد در هنگام انتقال الکترون چرا شعاع یون ها در مقایسه با شعاع اتم ها تغییر کرده است؟

خواص مشاهده شده برای سديم کلريد را می توان به نوع و خواص ذره های سازنده ی آن نسبت داد. برای درک بهتر این خواص نگاهی نزدیک تر به ساختار ترکیب های یونی می اندازیم. بین یون های سديم و یون های کلريد موجود در بلور سديم کلريد نیروی جاذبه ای بسیار قوی وجود دارد که آن ها را محکم کنار هم نگاه می دارد. به این نیروی جاذبه ای که میان یون هایی با بار ناهم نام برقرار است **پیوند یونی** می گویند. در تمام نمک ها این نوع پیوند وجود دارد. ساختار نمک ها نشان می دهد که این نیروی جاذبه تنها محدود به یک کاتیون و یک آنیون نیست بلکه در تمام جهت ها و میان همه ی یون های ناهم نام مجاور و در فواصل مختلف وجود دارد. در نتیجه تعداد بسیار زیادی از یون های سديم و کلريد به سمت یک دیگر کشیده می شوند و یک آرایش منظم از یون ها را به وجود می آورند. بخشی از ساختار بلور سديم کلريد در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴ آرایش یون ها در یک بلور سدیم کلرید. هر یون سدیم به وسیله ی شش یون کلرید و هر یون کلرید نیز به وسیله ی شش یون سدیم احاطه شده است. آیا می توانید این یون ها را روی شکل مشخص کنید؟

شکل ۴ نشان می دهد که در اطراف هر یون سدیم شش یون کلرید و در اطراف هر یون کلرید نیز شش یون سدیم وجود دارد. طبیعی است که وقتی این یون ها به هم نزدیک می شوند یون های با بار ناهم نام در مجاورت یک دیگر قرار می گیرند و یون های با بار هم نام تا حد امکان از هم فاصله می گیرند. (چرا)؟ در نتیجه، نیروی جاذبه ی بین یون های با بار ناهم نام خیلی بیش تر از نیروی دافعه ی بین یون های با بار هم نام است. افزون بر این، به علت گستردگی اثر این نیروها در همه ی جهت ها، محاسبه ها نشان می دهد که نیروی جاذبه ای حاصل در مجموع حدود  $1/76$  برابر نیروی جاذبه ی موجود میان یک جفت یون  $\text{Na}^+ \text{Cl}^-$  تنها است.

در  $\text{NaCl}$  و دیگر ترکیب هایی که پیوند آن ها از نوع یونی است، مجموع بار مثبت کاتیون ها برابر با مجموع بار منفی آنیون هاست، به طوری که آن ترکیب در مجموع از لحاظ بار الکتریکی خنثی است. هر ترکیب شیمیایی که یون های با بار ناهم نام ذره های سازنده ی آن هستند یک **ترکیب یونی** یا **نمک** نامیده می شود.

## خواص ترکیب های یونی

اکنون که با سدیم کلرید آشنا شدید و نوع پیوند آن را شناختید، قادر خواهید بود به کمک این دانسته ها خواص ترکیب های یونی دیگر را پیش بینی کنید. برای هدایت جریان برق یک جسم باید ذره های باردار داشته باشد و این ذره ها بتوانند آزادانه حرکت کنند. گفتنی است که ذره های تشکیل دهنده ی یک ترکیب یونی جامد (جامد یونی) در جاهای به نسبت ثابتی قرار دارند و در آن جا جز حرکت ارتعاشی حرکت دیگری ندارند. از این رو جامدهای یونی رسانای الکتریکی نیستند، زیرا یون ها در یک جامد یونی نمی توانند آزادانه حرکت کنند.

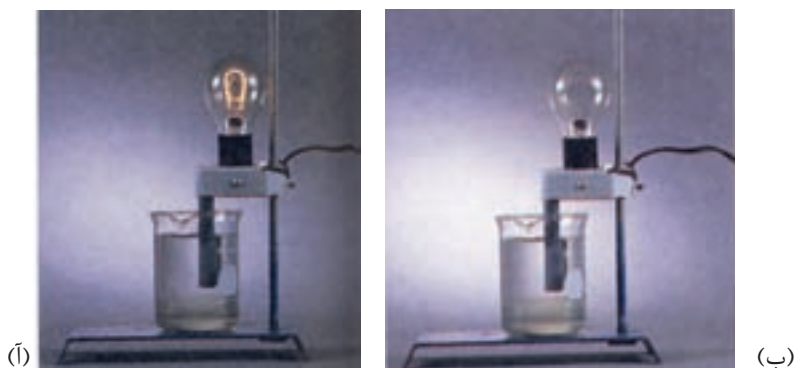
ترکیب های یونی در حالتی که یون ها بتوانند آزادانه حرکت کنند رسانای خوبی برای جریان برق هستند. وقتی یک ترکیب یونی ذوب می شود یون های تشکیل دهنده ی آن

به تعداد نزدیک ترین یون های ناهم نام موجود پیرامون هر یون **عدد کوئوردیناسیون** آن یون می گویند. عدد کوئوردیناسیون یون سدیم در سدیم کلرید چقدر است؟

ترکیب یونی ترکیبی خنثی است که از گردهمایی میلیاردها میلیارد کاتیون و آنیون به وجود آمده است، به طوری که مقدار کل بارهای مثبت و منفی در آن با هم برابر است.



می‌توانند جریان برق را از خود عبور دهند. به همین ترتیب، وقتی چند بلور نمک خوراکی در آب حل می‌شود یون‌های سازنده‌ی آن در لابه‌لای مولکول‌های آب پراکنده می‌شوند و چون می‌توانند آزادانه حرکت کنند به آسانی می‌توانند جریان برق را از درون محلول عبور دهند، شکل ۵.



شکل ۵ بررسی رسانایی الکتریکی محلول ترکیب‌های یونی در آب. در کدام محلول مقداری نمک خوراکی حل شده است؟

## یون‌ها در بلور ترکیب‌های یونی آرایش‌های منظمی دارند

شبکه‌ی بلور به آرایش سه‌بُعدی و منظم اتم‌ها، مولکول‌ها یا یون‌ها در یک بلور گفته می‌شود.

آرایش یون‌ها در ترکیب‌های یونی به صورت یک الگوی تکراری است و هر یون در جای خود با چند یون که بار ناهم‌نامی دارند، پیوند برقرار می‌کند. آرایش یون‌ها در بلور یک نمک بسته به اندازه‌های نسبی کاتیون و آنیون از الگوی خاصی پیروی می‌کند و این الگو در سراسر بلور تکرار می‌شود. به ساختاری که بر اثر چیده شدن ذره‌های سازنده‌ی یک جسم (در این جا یون‌های مثبت و منفی) در سه بُعد به وجود می‌آید، **شبکه‌ی بلور** آن جسم می‌گویند، شکل ۴.

## تشکیل شبکه‌ی بلور با آزاد شدن انرژی همراه است

انرژی شبکه مقدار انرژی آزاد شده به هنگام تشکیل یک مول جامد یونی از یون‌های گازی سازنده‌ی آن است. در مورد سدیم کلرید انرژی شبکه‌ی آن  $787.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  است.



انرژی شبکه می‌تواند معیار خوبی برای اندازه‌گیری قدرت پیوند در ترکیب‌های یونی باشد. انرژی شبکه‌ی هالیدهای فلزهای قلیایی در جدول ۳ داده شده است.

در جدول ۴ نیز انرژی این شبکه‌های بلوری با انرژی شبکه‌ی بلوری ترکیب‌هایی با

یون‌های  $\text{O}^{2-}$  و  $\text{F}^{-}$  نشان داده شده است.



جدول ۴ مقایسه‌ی انرژی شبکه‌ی چند ترکیب با یون‌های مختلف  
( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ )

آنیون کاتیون	$\text{F}^-$	$\text{O}^{2-}$
$\text{Na}^+$	۹۲۳	۲۴۸۱
$\text{Mg}^{2+}$	۲۹۵۷	۳۷۹۱
$\text{Al}^{3+}$	۵۴۹۲	۱۵۹۱۶

جدول ۳ انرژی شبکه‌ی هالیدهای فلزهای قلیایی  
( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ )

یون هالید یون فلز قلیایی	$\text{F}^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{Br}^-$	$\text{I}^-$
$\text{Li}^+$	۱۰۳۶	۸۵۳	۸۰۷	۷۵۷
$\text{Na}^+$	۹۲۳	۷۸۷	۷۴۷	۷۰۴
$\text{K}^+$	۸۲۱	۷۱۵	۶۸۲	۶۴۹
$\text{Rb}^+$	۷۸۵	۶۸۹	۶۶۰	۶۳۰
$\text{Cs}^+$	۷۴۰	۶۵۹	۶۳۱	۶۰۴

## فکر کنید

با دقت به داده‌های دو جدول ۳ و ۴ نگاه کنید.

آ. به نظر شما کدام نتیجه‌گیری‌های زیر در مورد انرژی شبکه‌ی بلور ترکیب‌های یونی

درست است؟ چرا؟

۱- هرچه اندازه‌ی کاتیون کوچک‌تر باشد، انرژی شبکه بیش‌تر است.

۲- هرچه بار آنیون بیش‌تر باشد، انرژی شبکه کم‌تر است.

۳- هرچه شعاع آنیون بزرگ‌تر باشد، انرژی شبکه بیش‌تر است.

۴- انرژی شبکه با بار کاتیون رابطه‌ی مستقیم و با شعاع آن رابطه‌ی وارونه دارد.

ب. پیش‌بینی کنید که کدام ترکیب یونی زیر انرژی شبکه‌ی بیش‌تری داراست؟ چرا؟

$\text{CaO}$  یا  $\text{MgO}$

تمام ترکیب‌های یونی به علت وجود نیروهای جاذبه‌ی قوی بین یون‌های آن‌ها در برخی خواص مشترکند. برای مثال نقطه‌ی ذوب و نقطه‌ی جوش بیش‌تر ترکیب‌های یونی بالا است، جدول ۵. از آن‌جا که یون‌ها در ترکیب‌های یونی پیوندهای محکمی تشکیل می‌دهند، بنابراین برای شکستن این پیوندها و جدا کردن یون‌ها از یک‌دیگر به انرژی قابل ملاحظه‌ای نیاز است.

جدول ۵ مقایسه‌ی نقطه‌ی ذوب و جوش برخی از ترکیب‌های یونی

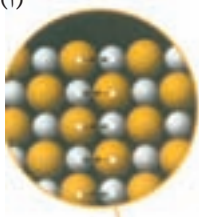
ترکیب یونی	نقطه‌ی ذوب / $^{\circ}\text{C}$	نقطه‌ی جوش / $^{\circ}\text{C}$
$\text{NaCl}$	۸۰۱	۱۴۱۳
$\text{RbCl}$	۷۱۵	۱۳۹۰
$\text{KF}$	۸۵۸	۱۵۰۵
$\text{KBr}$	۷۳۴	۱۴۳۵

آیا می‌توان میان انرژی شبکه و نقطه‌ی ذوب یک ترکیب یونی رابطه‌ای در نظر گرفت؟  
شرح دهید.

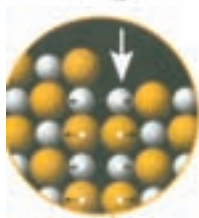
**راهنمایی:** برای این منظور داده‌های دو جدول ۳ و ۵ را با هم مقایسه کنید.



(آ)



(ب)



(پ)



(ت)



**شکل ۶ آ.** جامدهای بلوری بر اثر وارد شدن ضربه به آن‌ها در راستای معینی می‌شکنند و قطعه‌هایی با سطوح صاف ایجاد می‌کنند. ب. نیروهای جاذبه‌ای یون‌های سازنده را در کنار هم نگه می‌دارد. پ. هنگام وارد شدن ضربه ت. پس از وارد شدن ضربه

نمک خوراکی مانند بیش‌تر ترکیب‌های یونی به نسبت سخت و شکننده است. به علت وجود پیوند قوی بین یون‌ها این دو خاصیت در ترکیب‌های یونی مشترک است. همان‌طور که در بالا اشاره شد یون‌ها در شبکه‌ی بلور یک نمک در سه بعد به‌طور منظم قرار گرفته‌اند. این شبکه را می‌توان شامل لایه‌های بی‌شماری در نظر گرفت که روی یک دیگر در وضعیت ثابتی قرار گرفته‌اند. ترکیب یونی سخت است، زیرا برای شکستن همه‌ی پیوندهای میان یون‌ها، به انرژی بسیار زیادی نیاز است. در هر حال، چنان‌چه بر اثر ضربه‌ی چکش یکی از لایه‌ها اندکی جابه‌جا شود آن گاه بارهای هم‌نام کنار هم قرار می‌گیرند و اثر دافعه‌ی متقابل میان آن‌ها به درهم ریختن شبکه‌ی بلور می‌انجامد. به این ترتیب شکننده بودن بلور ترکیب‌های یونی قابل توجیه است، شکل ۶.

## بیش‌تر بدانید

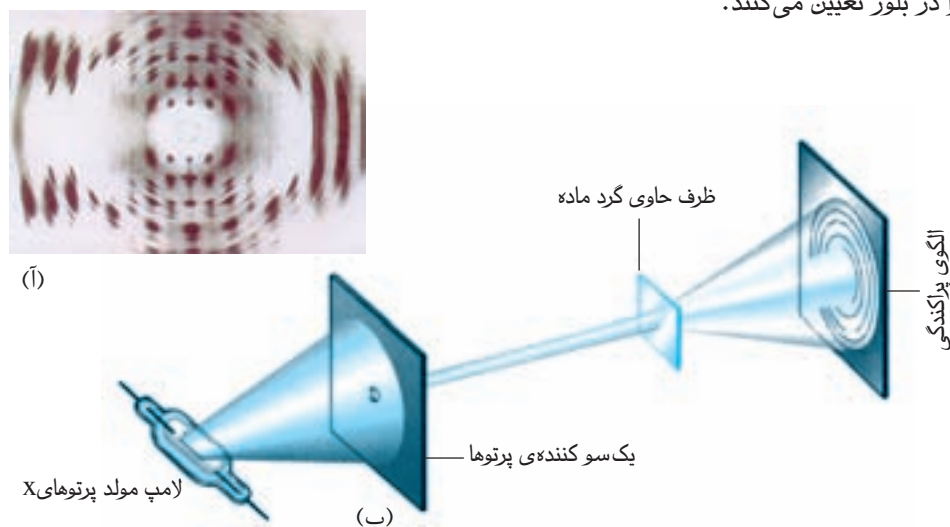
هرگاه پرتوی نوری از درون یک شکاف باریک عبور کند، پراکنده می‌شود. این پدیده که **پراش** نام دارد، ناشی از طبیعت موجی نور است. هنگامی که نور از میان شکاف‌های باریکی که در فاصله‌های مساوی از یک دیگر قرار دارند (**توری پراش**) عبور کند، از برهم‌کنش پرتوهای پراکنده شده، مجموعه‌ای از نقطه‌های روشن و تاریک به وجود می‌آید که **الگوی پراش** نامیده می‌شود. مؤثرترین پراش نور وقتی رخ می‌دهد که طول موج نور با پهنای شکاف‌ها برابر باشد.

فاصله‌ی میان اتم‌ها در بلورهای جامد معمولاً برابر با  $200$  تا  $400$  نانومتر است. طول موج پرتوی  $X$  نیز در این گستره قرار دارد. از این رو، یک بلور می‌تواند یک توری پراش مؤثر برای پرتو  $X$  باشد. در واقع، پراش پرتوی  $X$  در هنگام عبور از یک بلور از پراکنده شدن این پرتو به وسیله‌ی آرایش منظم اتم‌ها، مولکول‌ها یا یون‌ها در آن بلور ناشی می‌شود. هم‌اکنون، بیش‌تر اطلاعاتی که درباره‌ی ساختار بلورها داریم، از مطالعه‌ی پراش پرتوی  $X$  به وسیله‌ی بلورها به دست آمده است، روشی که آن را **بلورنگاری پرتوی  $X$**  می‌نامند. شکل آ، تصویری از پراش پرتوی  $X$  در هنگام عبور از درون یک بلور را نشان می‌دهد. الگوی پراش که در این شکل روی فیلم عکاسی ظاهر شده است، بستگی به آرایش خاص اتم‌ها در بلور دارد. از این رو، بلورهای مختلف، الگوهای پراش متفاوتی دارند. در سال ۱۹۱۲، دو دانشمند انگلیسی به نام‌های ویلیام و لارنس براگ (پدر و پسر) معلوم کردند که چگونه فاصله‌ی میان اتم‌ها در بلورها موجب پدید آمدن الگوهای پراش متفاوت می‌شود. امروزه، تا اندازه‌ای به خاطر کارهای این دو دانشمند، این امکان فراهم شده

است که با توجه به الگوی پراش به آرایش ذره‌ها در بلور مواد شیمیایی مختلف پی برده شود.

یکی از مشهورترین الگوهای پراش که در آغاز دهه‌ی ۱۹۵۰ به دست آمد، الگوی پراش بلور DNA است، شکل ب. جیمز واتسون و همکارانش به کمک این الگو و الگوهایی مشابه آن موفق شدند به ساختار مارپیچ دوتایی DNA پی ببرند. این موفقیت یکی از مهم‌ترین کشف‌ها در زیست‌شناسی مولکولی بوده است، شکل آ.

امروزه، بلورنگاری پرتوی X به طور گسترده برای تعیین ساختار مولکول‌ها در بلورها به کار می‌رود. دستگاهی که برای ارزیابی پراش پرتوی X به کار می‌رود، **پراش سنج پرتوی X** نام دارد، شکل ب. این دستگاه به وسیله‌ی رایانه کنترل می‌شود و داده‌های پراش را با دقت و سرعت زیاد به طور خودکار ارایه می‌دهد. سپس، برنامه‌های رایانه‌ای به تجزیه و تحلیل این داده‌ها می‌پردازند و آرایش و ساختار مولکول‌ها را در بلور تعیین می‌کنند.



آ. الگوی پراش پرتوی X مربوط به DNA ی بلوری که در آغاز دهه‌ی ۱۹۵۰ به دست آمد.

دانشمندان با توجه به الگوی نقطه‌های تاریک، به ساختار مارپیچ دوتایی مولکول DNA پی بردند.

ب. در بلورنگاری پرتوی X، این پرتو به وسیله‌ی یک بلور پراکنده می‌شود. براثر برخورد پرتوهای X پراکنده شده به فیلم عکاسی، الگوی پراش روی فیلم ظاهر می‌شود.

## ترکیب‌های یونی دوتایی

همان طور که می‌دانید نمک خوراکی از دو عنصر سدیم و کلر تشکیل شده است.

به ترکیب‌های یونی متشکل از دو عنصر **ترکیب‌های یونی دوتایی** می‌گویند. برای نمایش ترکیب‌های یونی دوتایی از فرمول شیمیایی استفاده می‌شود. در این فرمول‌ها در سمت چپ ابتدا نماد شیمیایی کاتیون و سپس نماد شیمیایی آنیون نوشته می‌شود. برای نام گذاری آن‌ها نخست نام کاتیون را می‌نویسیم و سپس نام آنیون را به آن می‌افزاییم. برای مثال ترکیب یونی حاصل از دو عنصر سزیم و کلر به فرمول CsCl که یون‌های  $\text{Cs}^+$  و  $\text{Cl}^-$  دارد و ترکیب یونی حاصل از دو عنصر کلسیم و اکسیژن به فرمول CaO که یون‌های  $\text{Ca}^{2+}$  و  $\text{O}^{2-}$  دارد به

ترتیب سزیم کلرید و کلسیم اکسید نامیده می شوند.

توجه داشته باشید که یک ترکیب یونی از نظر بار الکتریکی خنثی است. بنابراین، در چنین ترکیبی جمع بارهای کاتیون ها و آنیون ها برابر صفر است. پس در سدیم کلرید یون های  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  به نسبت ۱ به ۱ وجود دارند و در کلسیم اکسید نیز که در برابر هر یون  $\text{Ca}^{2+}$  یک یون  $\text{O}^{2-}$  وجود دارد نسبت بار یون ها ۱ به ۱ است. اما در کلسیم کلرید که از یون های  $\text{Ca}^{2+}$  و  $\text{Cl}^-$  ساخته شده است، برای موازنه بودن بارها در این نمک لازم است که در برابر هر یون کلسیم دو یون کلرید وجود داشته باشد. بنابراین نسبت کاتیون به آنیون در کلسیم کلرید ۱ به ۲ خواهد بود و فرمول این نمک به صورت  $\text{CaCl}_2$  نوشته می شود. توجه داشته باشید که در فرمول شیمیایی یک ترکیب یونی دوتایی، زیروندها **کوچک ترین** نسبت ممکن را برای کاتیون و آنیون نشان می دهند. از این رو نباید فرمول شیمیایی کلسیم کلرید را به صورت  $\text{Ca}_2\text{Cl}_4$  بنویسیم. تجزیه ی شیمیایی کلسیم کلرید در آزمایشگاه نیز ساده ترین نسبت کاتیون به آنیون یعنی نسبت ۱ به ۲ را برای آن نشان می دهد، از این رو به فرمول شیمیایی کلسیم کلرید،  $\text{CaCl}_2$ ، **فرمول تجربی** نیز گفته می شود.

فرمول نویسی یک ترکیب یونی دوتایی را می توان در سه مرحله خلاصه کرد. برای نمونه به نوشتن فرمول شیمیایی برای آلومینیم اکسید توجه کنید:

(۱) در این اکسید نماد کاتیون  $\text{Al}^{3+}$  و نماد آنیون  $\text{O}^{2-}$  است.

(۲) مطابق قاعده ی فرمول نویسی ترکیب های یونی دوتایی، نخست نماد کاتیون و سپس نماد آنیون را می نویسیم:  $\text{Al}^{3+}\text{O}^{2-}$

(۳) کوچک ترین مضرب مشترک بارهای این دو یون برابر ۶ ( $3 \times 2 = 6$ ) است، پس برای داشتن ۶ بار مثبت باید دو یون  $\text{Al}^{3+}$  و برای ۶ بار منفی باید سه یون  $\text{O}^{2-}$  داشته باشیم. از این رو نسبت  $\text{Al}^{3+}$  به  $\text{O}^{2-}$  برابر ۲ به ۳ و فرمول شیمیایی این ترکیب به صورت  $\text{Al}_2\text{O}_3$  است.

## اطلاعات جمع آوری کنید

با کمک معلم خود یک ترکیب یونی دوتایی آشنا را انتخاب کنید و در یک فعالیت گروهی در مورد خواص، روش تهیه و کاربردهای آن مقاله ای تهیه کرده، در کلاس ارائه دهید.

## یون های چند اتمی

ترکیب های یونی دیگری مانند سدیم سولفات، پتاسیم کربنات و آمونیوم نیترات وجود دارند که یک یا هر دو یون سازنده ی آن ها از دو یا چند اتم یکسان یا متفاوت تشکیل شده است. به این یون ها **چند اتمی** می گویند.

در ساختار یون های چند اتمی اتم ها با یک دیگر پیوند کووالانسی دارند و در واکنش ها به صورت یک واحد مستقل عمل می کنند. این یون ها می توانند آنیون یا کاتیون باشند. نام و بار الکتریکی برخی از یون های چند اتمی متداول را در جدول ۶ مشاهده می کنید.

جدول ۶ نام، فرمول شیمیایی و بار الکتریکی برخی یون های چند اتمی

نام یون	فرمول یون	بار الکتریکی	نام یون	فرمول یون	بار الکتریکی
پرکلرات	$\text{ClO}_4^-$	۱ -	کربنات	$\text{CO}_3^{2-}$	۲ -
کلرات	$\text{ClO}_3^-$		کرومات	$\text{CrO}_4^{2-}$	
کلریت	$\text{ClO}_2^-$		دی کرومات	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	
هیپوکلریت	$\text{ClO}^-$		هیدروژن فسفات	$\text{HPO}_4^{2-}$	
نیتрат	$\text{NO}_3^-$		پراکسید	$\text{O}_2^{2-}$	
نیتريت	$\text{NO}_2^-$		سولفات	$\text{SO}_4^{2-}$	
هیدروژن کربنات	$\text{HCO}_3^-$		سولفیت	$\text{SO}_3^{2-}$	
هیدروژن سولفات	$\text{HSO}_4^-$		فسفات	$\text{PO}_4^{3-}$	۳ -
پرمنگنات	$\text{MnO}_4^-$		آمونیم	$\text{NH}_4^+$	۱ +
سیانید	$\text{CN}^-$				
هیدروکسید	$\text{OH}^-$				

ترکیب های ساخته شده از یون های چند اتمی مانند ترکیب های دوتایی ساده، دارای کاتیون و آنیون هستند. در این قبیل ترکیب های یونی کاتیون، آنیون یا هر دو ممکن است تک اتمی یا چند اتمی باشند. برای نوشتن فرمول و نام گذاری این ترکیب های یونی نخست باید تعیین کنیم که کدام بخش آن کاتیون است.

فرمول  $\text{K}_2\text{CO}_3$  نشان می دهد که این ترکیب یونی از عنصر پتاسیم تشکیل شده است. این عنصر فلزی به گروه ۱ تعلق دارد و همواره کاتیونی با بار ۱+ تشکیل می دهد. از آن جا که هر ترکیب یونی از نظر بار الکتریکی خنثی است، بخش دیگر این ترکیب باید بار ۲- داشته باشد تا دوبار مثبت مربوط به دو کاتیون  $\text{K}^+$  خنثی شود. بنابراین واحد  $\text{CO}_3$  یک آنیون چند اتمی است و بار ۲- دارد.



توجه داشته باشید که بار ۲- در این آنیون نه به اتم خاصی بلکه به کل مجموعه تعلق دارد. در آمونیوم نیترات هم کاتیون (یون آمونیوم) و هم آنیون (یون نیترات) هردو به صورت چند اتمی هستند. یون آمونیوم به صورت  $\text{NH}_4^+$  نوشته می شود و بار ۱+ دارد. درحالی که یون نیترات به صورت  $\text{NO}_3^-$  است و بار ۱- دارد.

در آمونیوم نیترات در برابر یک کاتیون با بار  $+1$  یک آنیون با بار  $-1$  وجود دارد. بنابراین، فرمول شیمیایی این نمک به صورت  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  است و نسبت کاتیون به آنیون، مانند  $\text{NaCl}$ ،  $1$  به  $1$  است.

همان طور که در نام گذاری این نمک ملاحظه کردید نخست نام کاتیون می آید و سپس نام آنیون نوشته می شود.

فرمول نویسی یک ترکیب یونی چندتایی را می توان در دو مرحله خلاصه کرد. به نوشتن فرمول شیمیایی آمونیوم کربنات توجه کنید.

- ۱- نماد شیمیایی یون های آمونیوم ( $\text{NH}_4^+$ ) و کربنات ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) را می نویسیم و کاتیون را در سمت چپ آنیون قرار می دهیم:  $\text{NH}_4^+\text{CO}_3^{2-}$
- ۲- یک ترکیب یونی از نظر بار الکتریکی خنثی است، پس در برابر دو بار منفی باید دو بار مثبت داشته باشیم، بنابراین فرمول این نمک به صورت  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  است.

## اطلاعات جمع آوری کنید

با کمک معلم خود یک ترکیب یونی دارای یون های چنداتمی انتخاب کنید و در یک فعالیت گروهی در مورد خواص، روش تهیه و کاربردهای آن مقاله ای تهیه کرده، در کلاس ارائه دهید.

## خود را بیازمایید

- ۱- ترکیب های یونی زیر را نام گذاری کنید:
 

$\text{Li}_2\text{O}$ (آ)	$\text{MnO}$ (ب)
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ (پ)	$\text{CaCl}_2$ (ت)
$\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ (ث)	$\text{Fe}(\text{OH})_2$ (ج)
$\text{Na}_3\text{PO}_4$ (چ)	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (ح)
- ۲- فرمول شیمیایی ترکیب های یونی زیر را بنویسید:
 

(آ) آهن (III) برمید	(ب) سزیم یدید
(پ) کبالت (II) اکسید	(ت) منیزیم برمید
(ث) مس (II) سولفات	(ج) روی فسفات
(چ) منیزیم سولفیت	(خ) سدیم کلرات

## برخی نمک‌ها آب تبلور دارند

یون‌های موجود در برخی از نمک‌ها می‌توانند با مولکول‌های آب پیوند تشکیل دهند و این مولکول‌ها را درون شبکه‌ی بلور خود به دام بیندازند. این ترکیب‌ها را **نمک‌های آبپوشیده** می‌گویند.

مس (II) سولفات ۵ آبه،  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ، مثالی از یک نمک آبپوشیده است. همان‌طوری که می‌بینید تعداد مولکول‌های آب تبلور را پس از نوشتن فرمول شیمیایی، مشخص می‌کنند. مس (II) سولفات بی‌آب به صورت گرد سفید رنگی است که بر اثر اضافه شدن آب به صورت بلورهای آبپوشیده‌ی  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  درمی‌آید، شکل ۷. رنگ آبی نمک آبپوشیده، آن را از نمک بی‌آب متمایز می‌سازد.



شکل ۷ مس (II) سولفات آ. آبپوشیده ب. بی‌آب

## آزمایش کنید

### تعیین تعداد مولکول‌های آب تبلور و فرمول یک نمک آبپوشیده

#### هدف

تعیین فرمول تجربی یک نمک آبپوشیده هنگامی که فرمول ترکیب بی‌آب مشخص است.

**وسایل مورد نیاز:** ترازو، بوته‌ی چینی، گیره، پایه، دسیکاتور، حلقه‌ی آهنی، مثلث نسوز، قاشقک، چراغ گاز

**مواد مورد نیاز:** باریم کلرید آب‌دار

#### روش کار

**توجه:** در هنگام آزمایش، بوته‌ی چینی و درپوش آن را فقط با گیره‌ی بوته‌ی چینی در دست بگیرید. چرا؟

۱- بوته‌ی چینی را با درپوش روی مثلث نسوز قرار دهید. درپوش را طوری قرار دهید که برای خروج بخارها روزه‌ای باقی بماند. بوته‌ی چینی را آن قدر گرم کنید تا بر اثر گرما سرخ شود.



با استفاده از گیره، بوته‌ی چینی و درپوش را به مدت ۵ دقیقه در دسیکاتور قرار دهید تا سرد شوند. هرگز بوته‌ی چینی داغ را روی ترازو قرار ندهید. وقتی که بوته‌ی چینی و درپوش سرد شدند، جرم آن‌ها را (با دقت ۰/۰۱ گرم) تعیین کرده، یادداشت کنید.

۲- با استفاده از قاشقک، حدود ۵ گرم باریم کلرید آب دار به بوته‌ی چینی اضافه کنید و عمل توزین را دوباره انجام دهید.

۳- بوته‌ی چینی و باریم کلرید آب دار را روی مثلث نسوز قرار دهید و دوباره درپوش را طوری قرار دهید تا روزنه‌ی کوچکی برای خروج بخارها وجود داشته باشد.

بوته‌ی چینی را ابتدا به آرامی و سپس به مدت ۵ دقیقه به شدت (تا حد سرخ شدن) گرم کنید. پس از این کار اجازه دهید بوته‌ی چینی و درپوش و محتویات آن در دسیکاتور سرد شده به دمای محیط برسند. سپس جرم آن‌ها را تعیین کنید.

۴- دوباره بوته‌ی چینی درپوش دار و باریم کلرید را به مدت ۵ دقیقه تا دمای سرخ شدن گرما دهید. آن‌ها را در دسیکاتور بگذارید تا سرد شوند و سپس جرم آن‌ها را تعیین کنید. اگر دو جرم اندازه‌گیری شده بیش‌تر از ۰/۰۱ گرم تفاوت نداشته باشند، می‌توان فرض کرد که تمام آب ترکیب یاد شده خارج شده است. در غیر این صورت عملیات انجام شده را آن قدر تکرار کنید تا جرم تغییری نشان ندهد. در این صورت همه‌ی آب تبخیر شده است. این مقدار ثابت را یادداشت کنید. ترکیب بی‌آب باقی مانده را دور نریزید، زیرا می‌توان از آن در تهیه‌ی محلول‌ها استفاده کرد.

۵- در پایان آزمایش، وسایلی را که مورد استفاده قرار داده‌اید، تمیز کنید. از بسته بودن شیر گاز اطمینان حاصل کنید و پیش از ترک آزمایشگاه دست‌هایتان را بشویید.

### محاسبه‌ها

۱- جرم باریم کلرید بی‌آب را محاسبه کنید (ته مانده‌ای که بعد از خارج شدن آب باقی می‌ماند).

۲- تعداد مول‌های باریم کلرید بی‌آب را محاسبه کنید.

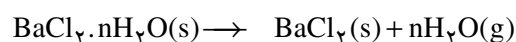
$$\left( \text{جرم باریم کلرید بی‌آب} \right) / \left( \text{جرم مولی باریم کلرید} \right) = \text{تعداد مول‌های باریم کلرید}$$

۳- جرم آب خارج شده از نمک آبیوشده را محاسبه کنید.

۴- تعداد مول‌های آب خارج شده از نمک آبیوشده را محاسبه کنید.

$$\left( \text{جرم آب خارج شده} \right) / \left( \text{جرم مولی آب} \right) = \text{تعداد مول‌های آب}$$

۵- اگر واکنش انجام شده برای این آزمایش به صورت زیر باشد:



نمک آبپوشیده      یک نمک بی آب

نسبت تعداد مول های آب خارج شده به مول های باریم کلرید بی آب (n) را محاسبه کرده، آن را به نزدیک ترین عدد صحیح گرد کنید. فرمول تجربی این نمک آبپوشیده را به دست آورید.

### پرسش

هنگامی که سه گروه دوتایی از دانش آموزان جسم جامدی را گرم کردند نتایج زیر به دست آمد. با توجه به این که در هر مورد دانش آموزان، به وجود آمدن قطره های مایع را هنگام گرم کردن این جسم جامد مشاهده کرده اند، به پرسش های مطرح شده، پاسخ دهید:

شماره گروه	جرم پیش از گرم کردن g	جرم پس از گرم کردن g
۱	۱/۴۸	۱/۲۶
۲	۱/۶۴	۱/۴۰
۳	۲/۰۸	۱/۷۸

آ) آیا این جسم جامد می تواند یک نمک آبپوشیده باشد؟ دلیل خود را توضیح دهید.

ب) اگر جرم مولی این جسم جامد بعد از گرم کردن  $208 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  باشد و فرمول آن

X باشد، فرمول نمک آبپوشیده ی آن را تعیین کنید.

## بیش تر بدانید

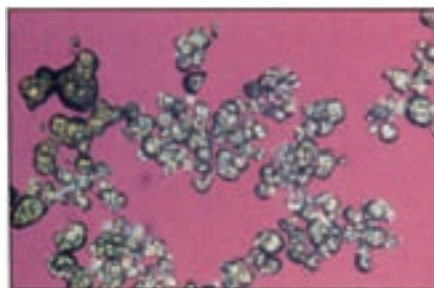
نمک های آبپوشیده قرن هاست که شناخته شده اند. برای نمونه،  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  ترکیبی است که یک کیمیاگر اهل مجارستان به نام **جان گلوپر** برای نخستین بار در قرن هفدهم از آب چشمه های این کشور به دست آورد. در همان زمان،  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  را از چشمه های آب معدنی **اِپسوم** واقع در کشور انگلستان به دست آوردند. روزگاری از نمک گلوپر و نمک اِپسوم به عنوان مُلین استفاده می شد. در جدول زیر، برخی از نمک های آبپوشیده معرفی شده اند.

### تعدادی از نمک های آبپوشیده

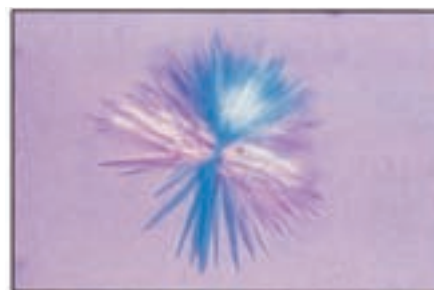
نام متداول	نام شیمیایی	ترکیب
نمک گلوپر	سدیم سولفات ده آبه	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
سنگ گچ	کلسیم سولفات دوآبه	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
نمک اِپسوم	منیزیم سولفات هفت آبه	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
زاج سبز	آهن (II) سولفات هفت آبه	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
کات کبود	مس (II) سولفات پنج آبه	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
زاج سرخ	کبالت (II) سولفات شش آبه	$\text{CoSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

برخی از نمک‌های آبپوشیده به ویژه  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  هنگامی که در برابر هوای خشک قرار می‌گیرند، تمامی یا بخشی از آب تبلور خود را از دست می‌دهند. این فرایند که **شکفتگی** نام دارد، موجب می‌شود که بلور شیشه‌مانند نمک آبپوشیده خرد شده، به گرد بی‌شکلی تبدیل شود. اغلب، آبزدایی از این نمک‌ها با تغییر رنگ همراه است.

اغلب، شکل بلور یک نمک آبپوشیده با نمک بی‌آب آن کاملاً تفاوت دارد. برای نمونه، بلور سدیم اورات یک آبه ( $\text{NaC}_5\text{H}_3\text{N}_4\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) تیز و سوزنی شکل است و در مفاصل انسان (به‌ویژه شست پا) رسوب می‌کند و موجب بروز درد شدیدی در این بخش از بدن می‌شود. به این بیماری **نقرس** می‌گویند. از سوی دیگر، بلور سدیم اورات بی‌آب تقریباً گروی شکل است.



(آ)



(ب)

بلورهای سدیم اورات

آ. بلور بی‌آب، گروی شکل

ب. بلور یک آبه‌ی، سوزنی شکل؛ تشکیل این بلورها در بدن موجب بروز بیماری نقرس می‌شود.

ترکیب‌های مولکولی نیز مانند ترکیب‌های یونی آبپوشیده می‌شوند، اما ماهیت این دو کاملاً با یک‌دیگر متفاوت است. در ترکیب‌های مولکولی آبپوشیده که **درون‌گیر** نام دارند، یک مولکول (مانند  $\text{CH}_4$  یا  $\text{CHCl}_3$ ) درون قفسی از مولکول‌های آب به دام می‌افتد. شاید یکی از شناخته‌شده‌ترین مولکول‌های آبپوشیده، کلر آبپوشیده باشد که ترکیب تقریبی آن  $\text{Cl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  است. در سال ۱۸۲۲، مایکل فارادی این ترکیب را کشف کرد. با دمیدن گاز کلر درون محلول کلسیم کلرید در دمای  $0^\circ\text{C}$ ، رسوب سفید پَرمانندی تشکیل می‌شود که همان کلر آبپوشیده است. در زمستان سال ۱۹۱۴، ارتش آلمان در جنگ شیمیایی علیه سربازان روسیه‌ی تزاری، از کلر آبپوشیده استفاده کرد. اگرچه در آغاز سربازان تزاری از این که ارتش آلمان از یک ماده‌ی شیمیایی بی‌اثر استفاده کرده بود، تعجب کردند، اما با فرارسیدن فصل بهار و افزایش دما، گاز مرکب‌ار کلر آزاد و موجب مرگ بسیاری از این سربازان شد.

---

---

## بیش تر بخوانید

---

---

۱- ساختار اتم ها و مولکول ها ، منصور عابدینی ، چاپ اول، ۱۳۷۹، انتشارات فاطمی.

۲- ساختمان مواد شیمیایی ، مرتضی خلخالی، چاپ دوازدهم، ۱۳۷۶، انتشارات فاطمی.

۳- با ترکیب های یونی، رقیه عابدی کرجی بان، زهرا ایمانی پور واصف، چاپ اول، ۱۳۸۲، انتشارات

محراب قلم.

---

---