فصل ۲

رفتار اتم‌ها با یکدیگر

ما در دنیایی از **مواد** زندگی می‌کنیم و **تمام مواد معمولی روی زمین** از اتم ساخته شده‌اند .اما اگر کل جهان را در نظر بگیریم، علاوه بر ماده، **انرژی** نیز وجود دارد .انرژی‌هایی مانند نور، امواج رادیویی و پرتوها از اتم ساخته نشده‌اند، زیرا **اتم فقط سازندهٔ ماده است، نه انرژی**. بنابراین می‌توان گفت: **همهٔ مواد اتمی‌اند، اما همهٔ پدیده‌های جهان اتمی نیستند**

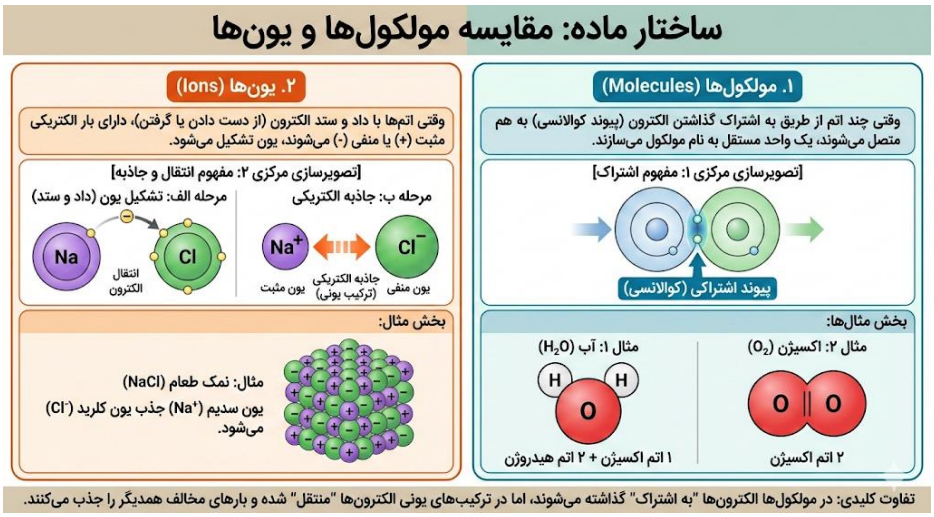
اتم‌ها **کوچک‌ترین واحدهای سازندهٔ مواد هستند که خواص شیمیایی یک عنصر را حفظ می‌کنند.**
اتم‌ها می‌توانند با برقراری پیوندهای شیمیایی به یکدیگر متصل شوند و **مولکول‌ها** را بسازند.
همچنین اتم‌ها یا گروهی از اتم‌ها می‌توانند با از دست دادن یا گرفتن الکترون، **یون‌های** مثبت یا منفی تشکیل دهند.

◆نتیجه‌ی این اتصال‌ها

۱- مولکول‌ها: وقتی چند اتم با پیوند اشتراکی (کوالانسی) به هم متصل شوند، مولکول تشکیل می‌شود.
مثال:

- **مولکول آب:(H_2O) :** دو اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن
- **مولکول اکسیژن(O_2) :** دو اتم اکسیژن

۲- یون‌ها: وقتی یک اتم یا گروهی از اتم‌ها با از دست دادن یا گرفتن الکترون، بار الکتریکی مثبت یا منفی پیدا کنند، یون تشکیل می‌شود. یون‌های با بار مخالف به وسیلهٔ جاذبهٔ الکتریکی به هم جذب شده و ترکیب یونی (مانندNaCl) را می‌سازند.



کوچکترین ذرهٔ سازندهٔ یک ماده

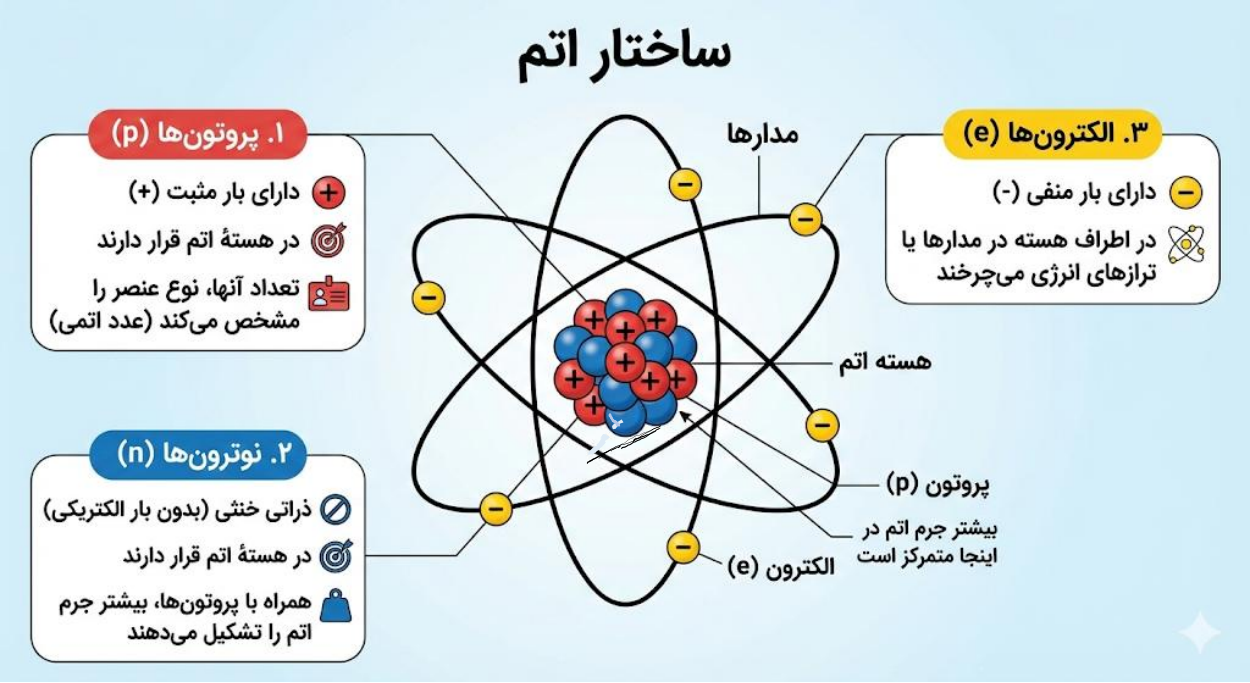
کوچک‌ترین ذرهٔ سازندهٔ یک ماده ذره‌ای است که **تمام خواص شیمیایی آن ماده را حفظ کند.**
نوع این ذره به نوع ماده بستگی دارد. برای برخی مواد، این ذره **اتم** است، برای برخی دیگر **مولکول** و در مواد یونی **یون‌ها** نقش ذرهٔ سازنده را دارند.
بسیاری از خواص فیزیکی (ماکروسکوپی مثل چگالی و نقطه ذوب) فقط زمانی به‌طور کامل معنا دارند که **مقدار قابل توجهی از ماده** وجود داشته باشد.

الف) ذرات سازندهٔ عنصرها

۱- کوچک‌ترین ذرهٔ پایدار طبیعی یک عنصر: ذره‌ای است که خواص شیمیایی آن عنصر را حفظ می‌کند.
این ذره بسته به نوع عنصر می‌تواند به یکی از حالت‌های زیر باشد:

- **اتم‌های آزاد:** مانند گازهای بی‌اثر
- **اتم‌ها در شبکهٔ فلزی:** در عناصر فلزی
- **مولکول‌های دو یا چنداتمی:** در برخی عناصر نافلزی مانند Cl_2 و P_4

فلزات اتم آزاد یا مولکول ندارند، بلکه اتم‌های آن‌ها در یک **شبکهٔ فلزی** منظم قرار گرفته‌اند و به همین دلیل به آن‌ها «**مولکول**» گفته نمی‌شود.
بیشتر عنصرها در طبیعت به صورت **ترکیب شیمیایی** یافت می‌شوند و فقط تعداد محدودی از آن‌ها مانند گازهای بی‌اثر و برخی فلزات و نافلزها (مانند طلا، پلاتین، گوگرد و اکسیژن) به صورت **آزاد** وجود دارند.



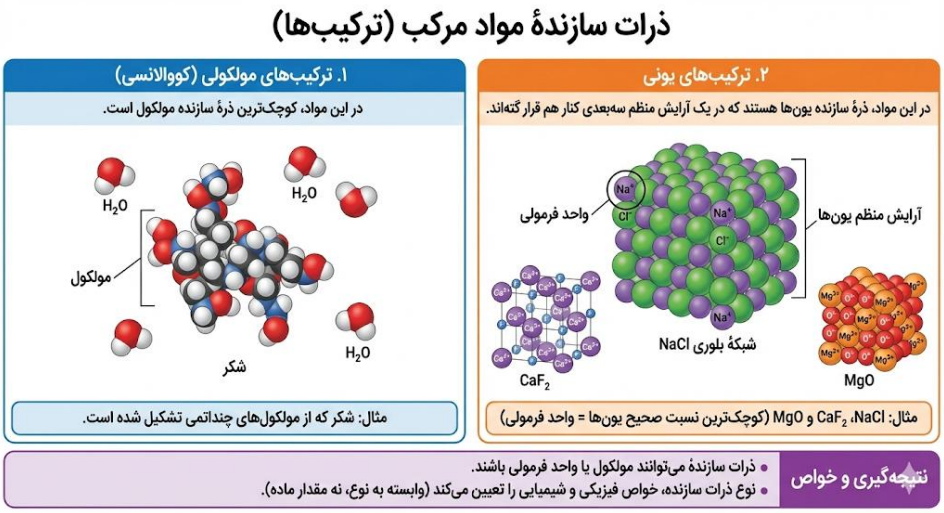
ب) ذرات سازندهٔ مواد مرکب (ترکیب)

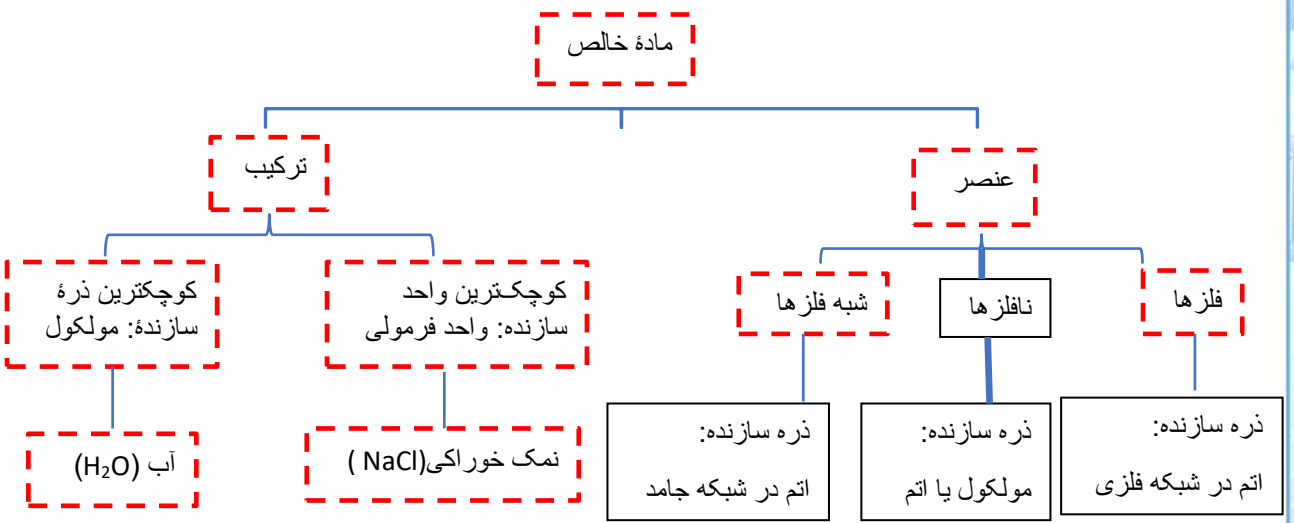
مواد مرکب (ترکیب‌ها) از نظر نوع ذرهٔ سازنده به **دو دسته** تقسیم می‌شوند:

۱- **ترکیب‌های مولکولی (کووالانسی):** در این مواد، کوچک‌ترین ذرهٔ سازنده **مولکول** است. مثال: شکر که از مولکول‌های چنداتمی تشکیل شده است.

۲- **ترکیب‌های یونی:** در این مواد، ذرهٔ سازنده یون‌ها هستند که در یک آرایش منظم سه‌بعدی کنار هم قرار گرفته‌اند. **کوچک‌ترین نسبت صحیح یون‌ها را واحد فرمولی** می‌نامند. مثال: NaCl ،CaF_2 و MgO.

بنابراین، ذرات سازندهٔ مواد مرکب می‌توانند **مولکول یا واحد فرمولی** باشند.
نوع ذرات سازندهٔ یک ترکیب، خواص فیزیکی و شیمیایی آن را تعیین می‌کند. **خواص شیمیایی ماده به نوع ذرهٔ سازنده بستگی دارد و به مقدار ماده وابسته نیست.**





چند نمونه از ترکیب‌های شیمیایی معروف و کاربرد آن‌ها

۱- ضدیخ (اتیلن گلیکول $C_2H_6O_2$): با پائین آوردن نقطه انجماد آب از یخ زدن آن، در رادیاتور اتومبیل جلوگیری می‌کند.

۲- آمونیاک(NH_3): گازی است که در دمای پائین و فشار بالا قابلیت تبدیل شدن به مایع را دارد این گاز **قابلیت انحلال بالایی** در آب داشته که برای **تولید کودهای شیمیایی** (مثل اوره و نیترات‌ها) استفاده می‌شود. **آمونیاک مستقیم به خاک اضافه نمی‌شود**

۳- اتانول(C_2H_5OH): با **قابلیت انحلال بالا در آب** که برای ضدعفونی کردن بیمارستان‌ها و لوازم پزشکی کاربُرد دارد.

۴- کات کبود $CuSO_4$: عمدتاً برای **اهداف کشاورزی**،به عنوان آفت‌کش، میکروب‌کش، افزودنی خوراک و افزودنی خاک، از بین بردن میکروب‌ها و جلبک‌ها به خصوص قارچ‌ها در استخرها استفاده می‌شود. البته **$CuSO_4$ سمی است** و مصرف آن **کنترل‌شده و محدود** است.

۵- کلسیم اکسید (آهک): از واکنش آهک **(کلسیم اکسید«CaO»)** با آب، **آب آهک ($Ca(OH)_2$)** به دست می‌آید. **حل شدن آن شیمیایی و گرمازا** است برای اینکه مربّای کدو حلوایی تُرد شود، کدو حلوایی را **قبل از پُختن** در آب آهک قرار می‌دهند.



اینفوگرافیک آموزشی: خواص و کاربردهای برخی ترکیبات شیمیایی مهم.

۱۰ سؤال تستی مفهومی و تحلیلی

۱. اگر عنصر X به صورت مولکول دو اتمی در طبیعت وجود داشته باشد، کدام یک از ویژگی‌های زیر لزوماً برای آن درست است؟

۱) عنصر X فلز است.　　۲) عنصر X حتماً از گروه ۱۷ جدول تناوبی است.

۳) کوچک‌ترین ذره سازنده آن مولکول است. ۴) در حالت عنصری رسانای الکتریسیته است

---

۲. فرض کنید ترکیب Y از مولکول‌های چنداتمی تشکیل شده و خواص شیمیایی آن مستقل از مقدار ماده است. اگر به آن گرما بدهیم و پیوندهای بین مولکول‌ها بشکنند ولی پیوندهای درون مولکول‌ها دست‌نخورده بمانند، نتیجه‌ی احتمالی کدام است؟

۱) ترکیب به اتم‌های آزاد تجزیه می‌شود.
۲) ترکیب به یون‌های مثبت و منفی تجزیه می‌شود.
۳) تغییر حالت فیزیکی اتفاق می‌افتد.
۴) ترکیب به مولکول‌های کوچکتر با ساختار متفاوت تجزیه می‌شود.

---

۳. چرا در طبیعت، اکثریت عناصر به حالت ترکیب وجود دارند؟

۱) چون همه عناصر در حالت آزاد ناپایدارند. ۲) چون با تشکیل ترکیب، انرژی سیستم کاهش می‌یابد.
۳) چون در ترکیب‌ها خواص فیزیکی بهتر است. ۴) چون در ترکیب‌ها تعداد اتم‌ها کمتر است

۴.دو ماده زیر را در نظر بگیرید:

- **ماده A: کوچک‌ترین ذره سازنده آن اتم است.**
- **ماده B: کوچک‌ترین ذره سازنده آن مولکول است.**

کدام مورد لزوماً درست است؟

۱) A یک فلز و B یک نافلز است.
۲) A می‌تواند گاز نجیب باشد ولی B نمی‌تواند.
۳) A رسانای الکتریسیته است ولی B نیست.
۴) B می‌تواند عنصر یا ترکیب باشد ولی A فقط عنصر است.

---

۵. اگر دو عنصر غیر فلزی A و B با هم ترکیب شوند و مولکول حاصل شامل ۸ اتم باشد، کدام جمله درست است؟

۱) پیوند بین A و B حتماً کووالانسی است.
۲) ماده حاصل رسانای قوی الکتریسیته در محلول آبی است.
۳) کوچک‌ترین ذره سازنده ماده، بلور یونی است.
۴) ماده حاصل در همه حال مایع است.

---

۶. یک ترکیب یونی و یک ترکیب مولکولی را به مقدار مساوی در دو ظرف آب حل می‌کنیم. پس از حل شدن، رسانایی یکی بیشتر از دیگری است. محتمل‌ترین دلیل این اختلاف چیست؟

۱) ترکیب مولکولی یون‌های بیشتری دارد.

۲) ترکیب یونی تعداد یون‌های بیشتری در محلول آزاد می‌کند.
۳) ترکیب مولکولی نقطه ذوب پایین‌تری دارد.
۴) ترکیب یونی پیوندهای ضعیف‌تری دارد

---

۷. اگر کوچک‌ترین ذره یک ماده، بلور یونی باشد، کدام گزینه نادرست است؟
۱) ذرات سازنده آن کاتیون و آنیون هستند.
۲) نسبت کاتیون به آنیون همواره ۱ به ۱ است.
۳) ذرات در یک آرایش منظم سه‌بعدی قرار دارند.
۴) در حالت جامد، رسانای جریان برق نیست

---

۸. مقایسه دو ماده: ماده C گاز بی‌اثر. ماده D عنصر گروه ۱۷ کدام گزینه درست است؟
۱) C به صورت مولکول دو اتمی وجود دارد ولی D به صورت اتم منفرد.
۲) C تمایل به واکنش ندارد ولی D تمایل بالایی دارد.
۳) C (و D هر دو پایدارند و واکنش نمی‌دهند.
۴) C و D هر دو در طبیعت فقط به صورت ترکیب یافت می‌شوند.

---

۹. چرا گازهای نجیب (به جز هلیم) به طور طبیعی به حالت اتمی پایدارند؟

۱) چون همهٔ آن‌ها انرژی یونش بالایی دارند و به سختی الکترون از دست می‌دهند.
۲) چون آرایش الکترونی کامل دارند (برای هلیم ۲ و برای بقیه ۸ الکترون.)
۳) چون تعداد نوترون‌های آن‌ها بیشتر از الکترون‌هایشان است.
۴) چون پیوندهای بین اتم‌هایشان بسیار قوی است.

انرژی یونش: یعنی **مقدار انرژی لازم برای جدا کردن یک الکترون از اتم یا یون گازی خنثی در حالت پایه**. هرچه انرژی یونش بیشتر باشد، جدا کردن الکترون سخت‌تر است و اتم تمایل کمتری به واکنش نشان می‌دهد.

---

۱۰. فرض کنید ترکیب Z از یک فلز و یک نافلز تشکیل شده است. کدام ویژگی *لزوماً* برای Z صحیح است؟
۱) کوچک‌ترین ذره سازنده آن مولکول است.
۲) در حالت محلول آبی رسانای جریان برق است.
۳) پیوند آن کووالانسی است.
۴) نقطه ذوب پایینی دارد.

آزمایش تهیهٔ بلور
در این آزمایش از سه مادهٔ **کات کبود (سولفات مس II)**، **سدیم کلرید (نمک طعام)** و **ساکاروز (شکر)** استفاده می‌شود.
ابتدا از هر ماده با استفاده از **آب داغ** یک **محلول اشباع** تهیه می‌کنیم، زیرا حلالیت بیشتر مواد جامد با

افزایش دما افزایش می‌یابد.
سپس نخ‌هایی را به گیره متصل کرده و داخل محلول‌ها قرار می‌دهیم. با **سرد شدن تدریجی محلول‌ها،** حلالیت کاهش می‌یابد و ذرات حل‌شده به صورت **بلور** روی نخ رشد می‌کنند.
بلورهای کات کبود معمولاً **آبی فیروزه‌ای و منشوری** هستند.
بلورهای سدیم کلرید **شفاف، مکعبی و نسبتاً ریز** می‌باشند.
بلورهای ساکاروز (مانند نبات) اغلب **سفید مایل به زرد** هستند و اگر رشد آن‌ها سریع باشد، **نظم بلوری کمتری** دارند.
نتیجه: هرچه محلول اشباع **آهسته‌تر سرد شود**، تعداد هسته‌های بلوری کمتر و بلورها **درشت‌تر** می‌شوند؛ و هرچه سرد شدن سریع‌تر باشد، بلورها **ریزتر** خواهند بود.



نکات مهم:

۱- تمام گازهای بی‌اثر (به‌جز هلیم) در **لایهٔ ظرفیت** خود ۸ الکترون دارند.

۲- داشتن ۸ الکترون در لایهٔ ظرفیت **معمولاً** باعث **پایداری بیشتر اتم** و کاهش تمایل آن به واکنش‌های شیمیایی می‌شود. به همین دلیل گازهای بی‌اثر به ندرت وارد واکنش می‌شوند.

نتیجه: 8 تایی شدن لایهٔ ظرفیت اغلب نشانهٔ رسیدن به حالت پایدارتر است، اما یک **قانون مطلق نیست**.

استثناهای مهم: **هیدروژن، لیتیم، بریلیم** و بور از قانون هشت‌تایی پیروی نمی‌کنند.

۳- به اتم یا مجموعه‌ای از اتم‌ها که دارای بار الکتریکی باشند، **یون** گفته می‌شود.

۴- وقتی یک فلز الکترون از دست بدهد، به **یون مثبت (کاتیون)** تبدیل می‌شود.

۵- اغلب فلزات اصلی با از دست دادن الکترون، به آرایش الکترونی گاز بی‌اثر قبل از خود می‌رسند (مانند Na^+ و Mg^{2+}).

۶- اغلب غیر فلزات تمایل دارند با گرفتن الکترون به آرایش گاز بی‌اثر بعد از خود برسند و به یون منفی (آنیون) تبدیل شوند.

۷- برخی غیر فلزات و همهٔ شبه‌فلزها تمایل دارند الکترون به اشتراک بگذارند تا لایهٔ ظرفیت آن‌ها شبیه گازهای بی‌اثر شود.

اما این اشتراک همیشه باعث هشت‌تایی شدن همهٔ اتم‌ها نمی‌شود.
مثلاً در CO فقط اکسیژن به آرایش نئون می‌رسد، ولی در CO_2 هر دو اتم کربن و اکسیژن به آرایش نئون می‌رسند.

۸- وقتی یک غیر فلز الکترون بگیرد، به یون منفی (آنیون) تبدیل می‌شود.

۱۰ سؤال تستی مفهومی و تحلیلی پارت ٤

۱) در آزمایش تهیه بلور، اگر بخواهیم بلورهای سدیم کلرید درشت‌تری تشکیل شود، کدام اقدام مؤثرتر است؟

الف) افزایش غلظت اولیه محلول اشباع
ب) افزایش دما و سرد کردن سریع
ج) افزایش دما و سرد کردن آهسته
د) کاهش غلظت اولیه و سرد کردن سریع

---

۲) چرا یون Be^{2+} در طبیعت پایدار نیست؟

الف) آرایش الکترونی آن هشت‌تایی نمی‌شود است.
ب) شعاع آن بسیار بزرگ و تراکم بار کم
ج) شعاع آن بسیار کوچک و تراکم بار زیاد است.
د) الکترون‌دوستی آن بسیار کم است

---

۳) کدام ترکیب یونی است؟

الف) NH_4Cl
ب) CO_2
ج) CH_4
د) PCl_3

---

۴) در ساختار $ZnCl_2$ به ازای هر ۴ یون کلر، چند یون روی وجود دارد؟

الف) ۱
ب) ۲
ج) ۳
د) ۴

---

۵) اگر ترکیب $MgCl_2$ را در آب حل کنیم، نسبت تعداد یون‌های کلر به یون‌های منیزیم در محلول چقدر است؟

الف) ۱ به ۱
ب) ۲ به ۱
ج) ۳ به ۱
د) بستگی به غلظت دارد

---

۶) کدام ویژگی مربوط به ترکیبات یونی نیست؟

الف) نقطه ذوب بالا
ب) شکنندگی

ج) هدایت جریان برق در حالت جامد　　د) محلول بودن در آب

---

۷) در پیوند کووالانسی، عامل اصلی پایداری اتم‌ها چیست؟
الف) کاهش انرژی و افزایش فاصله بین هسته‌ها
ب) کاهش انرژی و رسیدن به آرایش گاز بی‌اثر
ج) افزایش انرژی و کاهش فاصله هسته‌ها
د) افزایش انرژی و رسیدن به آرایش گاز بی‌اثر

---

۸) در مولکول O_2 ، چند جفت الکترون غیرپیوندی (نا مشترک) وجود دارد؟
الف) ۲　　ب) ۴　　ج) ۶　　د) 1

---

۹) کدام‌یک از ترکیبات زیر هم پیوند کووالانسی دارد و هم پیوند یونی؟
الف) NaCl　　ب) NH_4NO_3　　ج) CH_4　　د) MgO

---

۱۰ .اگر ترکیب فرضی XY_2 دارای پیوند یونی باشد، با توجه به خنثی بودن ترکیب، کدام گزینه صحیح است؟

الف) X^{2+} و Y^-　　ب) X^+ و Y^{2-}　　ج) X^{2+} و Y^-　　د) X^{3+} و Y^{2-}

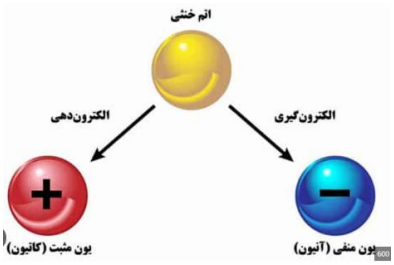
بار الکتریکی اتم و یون

یک **اتم خنثی** به دلیل برابر بودن تعداد **پروتون‌ها و الکترون‌ها**، بار الکتریکی ندارد. اما در جریان **واکنش‌های شیمیایی**، اتم می‌تواند با **گرفتن یا از دست دادن الکترون** به ذره‌ای باردار تبدیل شود که به آن **یون** گفته می‌شود.

آنیون(A^{n-}) : ذره‌ای است که دارای بار الکتریکی منفی بوده و بر اثر **گرفتن الکترون** تشکیل می‌شود.
مثال: Cl^- ، O^{2-} ، N^{3-}

کاتیون(A^{n+}) : ذره‌ای است که دارای بار الکتریکی مثبت بوده و بر اثر **از دست دادن الکترون** تشکیل می‌شود.مثال: K^+ ، Ca^{2+} ، Al^{3+}

◆ علاوه بر یون‌های تک‌اتمی، **یون‌های چنداتمی** نیز وجود دارند که از چند اتم به‌هم‌پیوسته با یک بار الکتریکی کلی تشکیل شده‌اند؛ مانند یون آمونیوم (NH_4^+) و یون نیترات.(NO_3^-)



پیوندهای شیمیایی بین اتم‌ها و یون‌های عناصر

۱- پیوند یونی

ترکیب یونی و ویژگی‌های آن

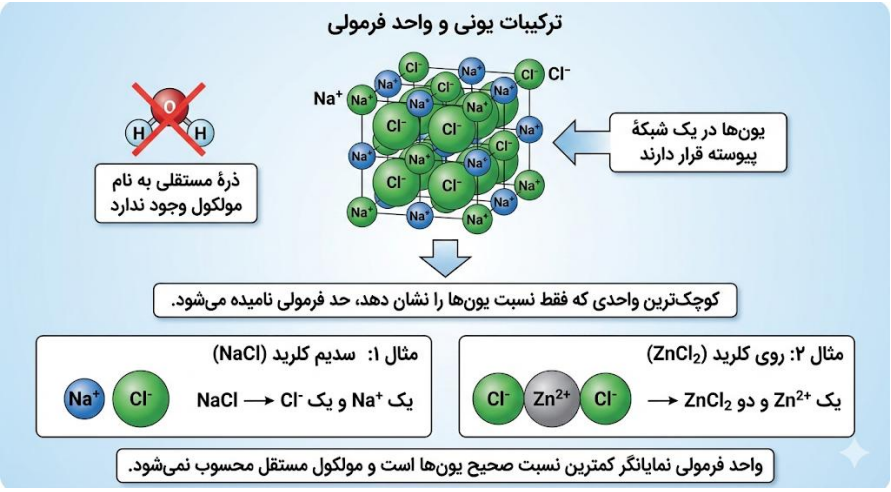
به ترکیبی که **معمولاً** از فلز و نافلز یا فلز و یون چنداتمی نافلزی تشکیل شده باشد و در آن پیوند غالب یونی باشد، ترکیب یونی گفته می‌شود.

در پیوند یونی، اتم فلز با از دست دادن الکترون به کاتیون و اتم نافلز یا یون چنداتمی با گرفتن الکترون به آنیون تبدیل می‌شود. سپس کاتیون‌ها و آنیون‌ها تحت تأثیر جاذبهٔ الکترواستاتیکی در یک شبکهٔ سه‌بعدی منظم کنار هم قرار می‌گیرند، به‌طوری‌که هر یون توسط یون‌هایی با بار مخالف احاطه می‌شود.

در ترکیبات یونی، ذرهٔ مستقلی به نام مولکول وجود ندارد، زیرا یون‌ها در یک شبکهٔ پیوسته قرار دارند.
بنابراین کوچک‌ترین واحدی که فقط نسبت یون‌ها را نشان دهد، واحد فرمولی نامیده می‌شود. مثال‌ها:

- $NaCl \rightarrow$ یک Na^+ و یک Cl^-
- $ZnCl_2 \rightarrow$ یک Zn^{2+} و دو Cl^-

واحد فرمولی نمایانگر کمترین نسبت صحیح یون‌ها است و مولکول مستقل محسوب نمی‌شود

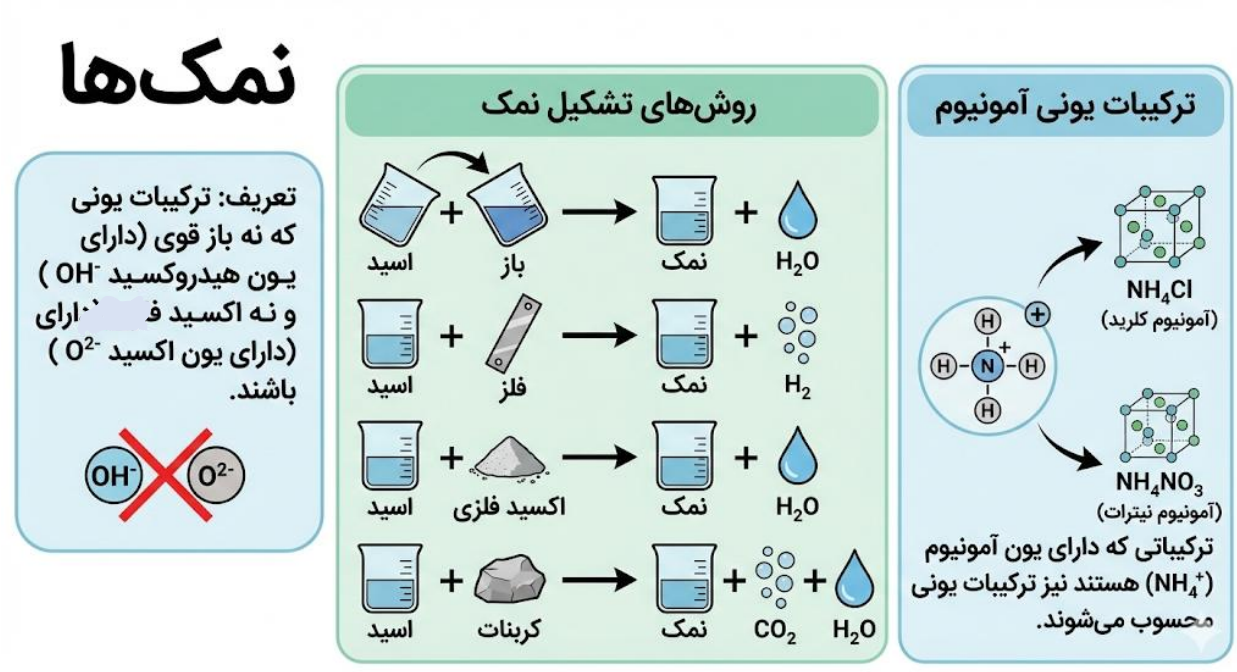


نمک‌ها

به ترکیبات یونی‌ای که **نه باز قوی** (دارای OH^-) و **نه اکسید فلزی** (دارای O^{2-}) باشند، **معمولاً نمک** گفته می‌شود.
نمک‌ها می‌توانند از واکنش‌های مختلفی تشکیل شوند، از جمله:

- اسید + باز ← نمک + H_2O
- اسید + فلز ← نمک + H_2
- اسید + اکسید فلزی ← نمک + H_2O
- اسید + کربنات ← نمک + H_2O + CO_2

ترکیباتی که دارای یون آمونیوم (NH_4^+) هستند، مانند NH_4Cl و NH_4NO_3 نیز **ترکیبات یونی** محسوب می‌شوند.



سوال: در میان موارد زیر ترکیب های یونی را بیابید؟

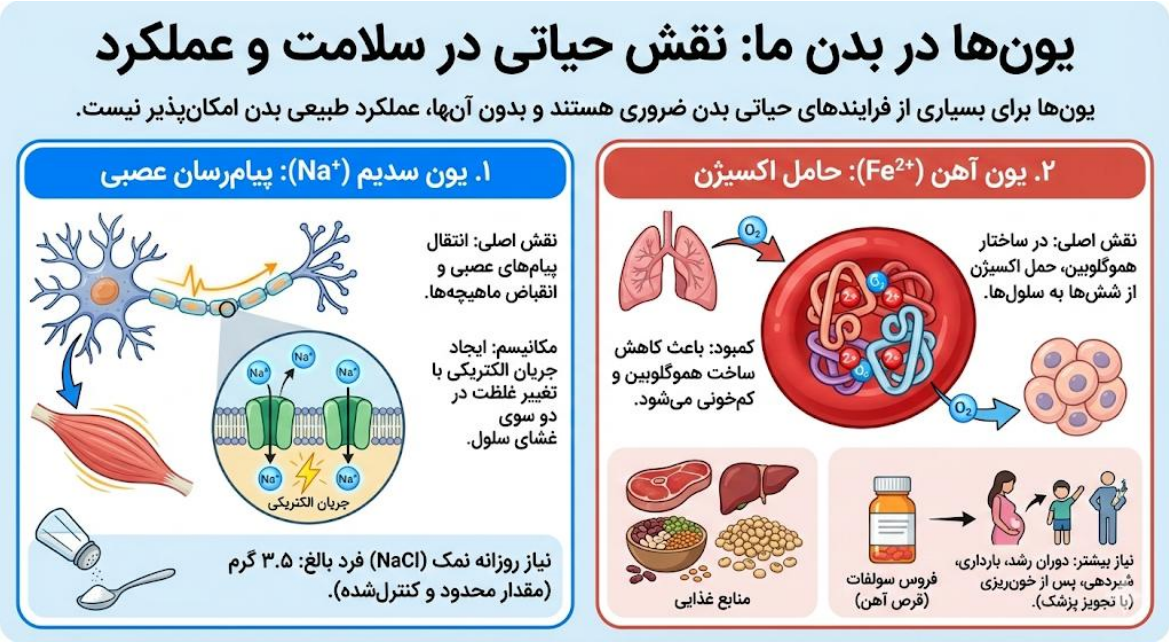
SeF_2 – SrO – $BaCl_2$ – $CaBr_2$ – Al_2O_3 – KH – $Si F_4$ – $LiBr$ – AlF_3 – BeF_2 – $FeCl_2$

یون‌ها در بدن ما

یون‌ها نقش بسیار مهمی در عملکرد طبیعی بدن انسان دارند. بسیاری از فرایندهای حیاتی بدن بدون حضور یون‌ها امکان‌پذیر نیست.

یون سدیم(Na^+) : این یون یکی از مهم‌ترین کاتیون‌های موجود در خون و مایعات بدن است مقدار این یون در خون از کاتیون‌های دیگر بیشتر است. یون سدیم در حالت محلول رسانای جریان الکتریکی بوده و نقش اساسی در انتقال پیام‌های عصبی و انقباض ماهیچه‌ها دارد.
تغییر غلظت یون‌های سدیم در دو سوی غشای سلول‌ها باعث ایجاد جریان الکتریکی در اعصاب می‌شود.
بدن به مقدار محدود و کنترل شده‌ای از یون سدیم نیاز دارد. مقدار نمک (NaCl) مورد نیاز برای بدن یک فرد بالغ روزانه ۳/۵ گرم است

یون آهن(Fe^{2+}): یون آهن یکی از یون‌های ضروری بدن است که در ساختمان مولکول هموگلوبین وجود دارد .هموگلوبین وظیفهٔ حمل اکسیژن از شش‌ها به سلول‌های بدن را بر عهده دارد.کمبود یون آهن باعث کاهش ساخت هموگلوبین و در نتیجه کم‌خونی می‌شود.
این یون از طریق مصرف مواد غذایی مانند گوشت، جگر، حبوبات و سویا تأمین می‌شود .نیاز بدن به آهن در دوران رشد، بارداری، شیردهی و پس از خون‌ریزی افزایش می‌یابد و در این شرایط ممکن است مصرف قرص آهن (مانند فروس سولفات) با تجویز پزشک لازم باشد.



سؤال تستی چالشی و المپیادی

۱ .فرض کنید دو فلز X و Y هر دو با کلر ترکیب می‌شوند و به ترتیب فرمول‌های XCl و YCl_3 را می‌سازند. اگر شعاع کاتیون X^+ از Y^{3+} بزرگ‌تر باشد، کدام ترکیب نقطه ذوب بالاتری دارد؟

الف) XCl ب) YCl_3 ج) هر دو برابرند د) بستگی به محلول بودن در آب دارد

---

۲ .در بلور NaCl اگر یک لایه یون‌های Na^+ به اندازه یک یون جابه‌جا شود، چه اتفاقی می‌افتد؟

الف) پیوندها قوی‌تر می‌شوند

ب) یون‌های هم‌نام کنار هم قرار می‌گیرند و بلور می‌شکند

ج) بلور رساناتر می‌شود

د) یون‌های کلر از ساختار خارج می‌شوند

---

۳ .اگر در بلور MgO به جای Mg^{2+} یون Na^+ قرار گیرد، چه تغییری در استحکام شبکه بلوری ایجاد می‌شود؟

الف) افزایش استحکام به علت کاهش بار د) ابتدا افزایش سپس کاهش

ب) کاهش استحکام به علت کاهش جاذبه الکترواستاتیکی ج) بدون تغییر

---

۴ .کدام‌یک از ترکیبات زیر همزمان دارای پیوند کووالانسی و پیوند یونی است؟

الف) NH_4NO_3 ب) $NaCl$ ج) CO_2 د) SiO_2

---

۵ .اگر شعاع یون مثبت در یک ترکیب یونی کاهش یابد و بار آن ثابت بماند، نقطه ذوب چه تغییری می‌کند؟

الف) کاهش می‌یابد ب) افزایش می‌یابد

ج) ثابت می‌ماند د) ابتدا کاهش سپس افزایش

---

۶ .علت اینکه ترکیبات یونی در حالت جامد رسانای جریان برق نیستند اما در حالت مذاب رسانا هستند چیست؟

الف) تغییر آرایش الکترونی کاتیون‌ها ب) آزاد شدن الکترون‌ها در حالت مذاب

ج) امکان حرکت آزاد یون‌ها در حالت مذاب د) کاهش جرم مولکولی

---

۷ .در شبکه بلوری NaCl هر یون Na^+ با چند یون Cl^- احاطه شده است؟

الف) ۴ ب) ۵ ج) ۶ د) ۸

---

۸ .اگر در یک محلول آبی $MgCl_2$ رسانایی الکتریکی بیشتری نسبت به محلول NaCl با غلظت مساوی مشاهده شود، علت اصلی چیست؟

الف) جرم مولی بیشتر $MgCl_2$ ب) تشکیل یون‌های بیشتری در محلول $MgCl_2$

ج) وجود پیوند کووالانسی در $NaCl$ د) واکنش $MgCl_2$ با آب

ویژگی‌های ترکیبات یونی

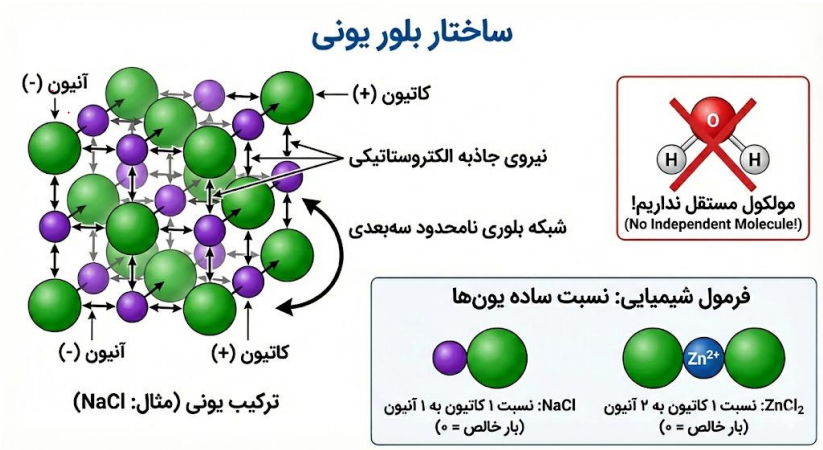
الف) بلور یونی

ترکیبات یونی از **یون‌های مثبت و منفی** تشکیل شده‌اند که برای رسیدن به **کم‌ترین انرژی ممکن**، در یک **آرایش سه‌بعدی منظم** کنار یکدیگر قرار می‌گیرند.
این آرایش منظم باعث تشکیل یک **شبکهٔ بلوری گسترده** می‌شود که در آن **هیچ مولکول یا واحد مستقل** وجود ندارد.

نیروی نگه‌دارندهٔ شبکهٔ یونی، **جاذبهٔ الکترواستاتیکی قوی** میان تعداد زیادی یون با بار مخالف است، نه یک پیوند بین دو یون مشخص .به همین دلیل، کل بلور یونی مانند **یک ساختار یکپارچهٔ بزرگ** رفتار می‌کند.

فرمول شیمیایی یک ترکیب یونی، **ساده‌ترین نسبت صحیح یون‌های مثبت و منفی** را نشان می‌دهد که برای خنثی بودن الکتریکی لازم است.این فرمول تعداد واقعی یون‌ها در شبکه را نشان نمی‌دهد، بلکه **نسبتی است که با تکرار آن، کل شبکهٔ یونی ساخته می‌شود**.

مثال:
$NaCl$: نسبت ۱ به ۱ از Na^+ و Cl^-
$ZnCl_2$: نسبت ۱ به ۲ از Ca^{2+} و F^-



ب) ماهیت یون

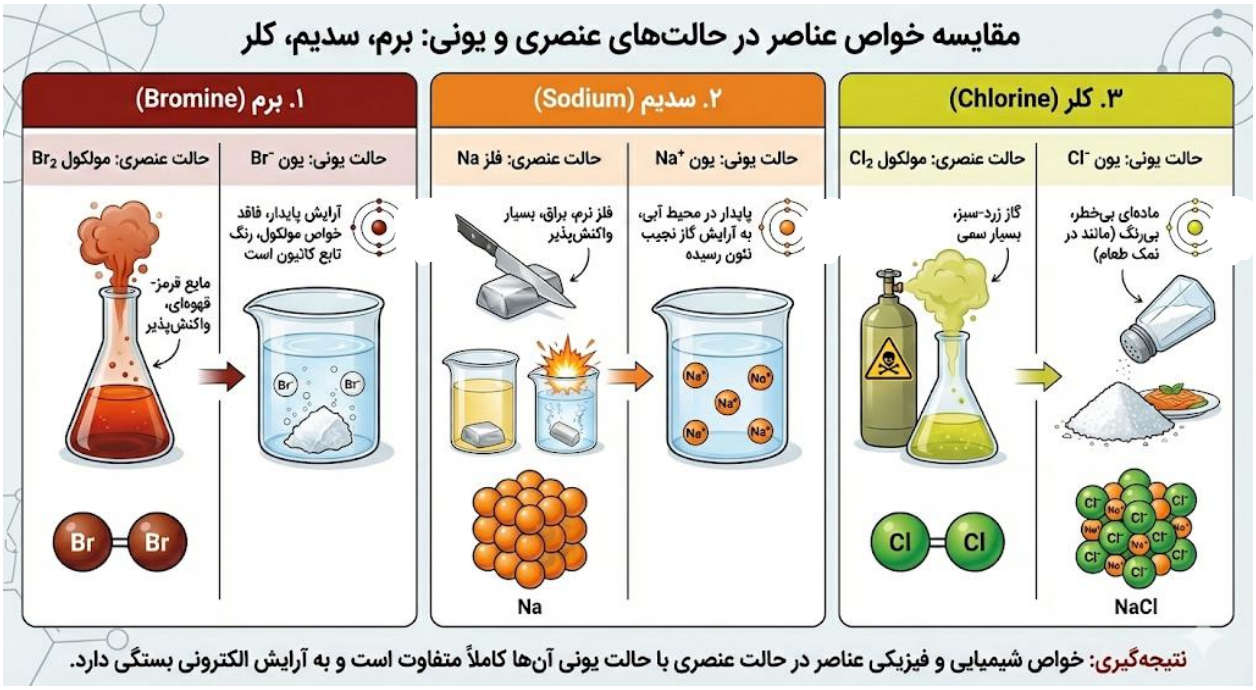
هنگامی که اتم‌ها با **گرفتن یا از دست دادن الکترون** به یون تبدیل می‌شوند، **خواص فیزیکی و شیمیایی آن‌ها به‌طور اساسی تغییر می‌کند**.
این تغییر به دلیل **دگرگون شدن آرایش الکترونی، به‌ویژه در لایهٔ ظرفیت** و حذف یا ایجاد پیوندهای جدید است.

۱- برم: مولکول Br_2 یک مادهٔ قرمز–قهوه‌ای و واکنش‌پذیر است، اما یون Br^- دارای آرایش پایدار بوده و فاقد خواص مولکول Br_2 است .رنگ ترکیبات برمیدی معمولاً به نوع کاتیون فلزی بستگی دارد.

۲- سدیم: فلز سدیم نرم و بسیار واکنش‌پذیر است، اما یون Na^+ که به آرایش گاز نجیب نئون رسیده است، در محیط‌های آبی پایدار می‌باشد.

۳- کلر: مولکول Cl_2 گازی زردسبز و بسیار سمی است، اما یون کلرید (Cl^-) در ترکیبات پایدار مانند نمک طعام (NaCl) ماده‌ای بی‌خطر و بدون رنگ است.

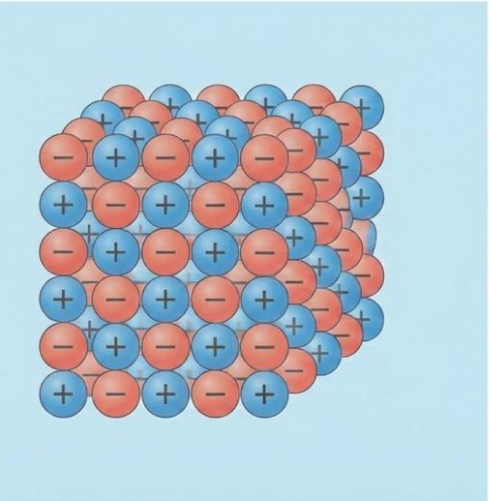
وقتی اتم‌ها به صورت یون در می‌آیند، ماهیت آن‌ها آشکارا تغییر می‌کند.

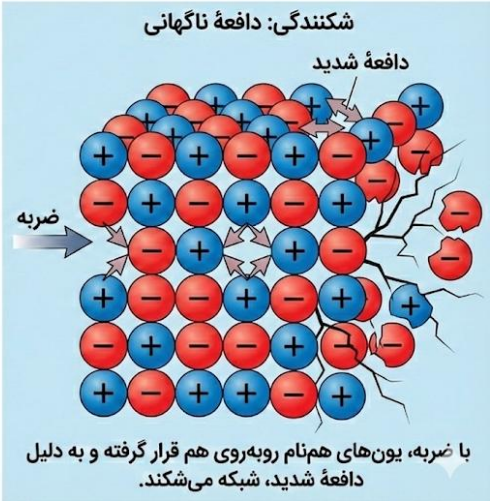


پ) سختی ترکیبات یونی

ترکیبات یونی به دلیل جاذبهٔ الکترواستاتیکی بسیار قوی میان یون‌های با بار مخالف، معمولاً سخت هستند. این نیروهای قوی باعث می‌شوند یون‌ها به‌سختی از جای خود در شبکهٔ بلوری جدا شوند.

با این حال، ترکیبات یونی شکننده (ترد) نیز هستند. زیرا با وارد آمدن ضربه، ردیف‌های منظم یون‌ها در شبکه ممکن است اندکی جابه‌جا شوند. در این حالت، یون‌های همنام در مقابل یکدیگر قرار می‌گیرند و به دلیل دافعهٔ شدید الکترواستاتیکی، شبکهٔ بلوری می‌شکند.





بنابراین، ترکیبات یونی در عین سخت بودن، **مقاومت کمی در برابر ضربه** دارند.

ت) نقطهٔ ذوب و جوش نسبتاً بالا

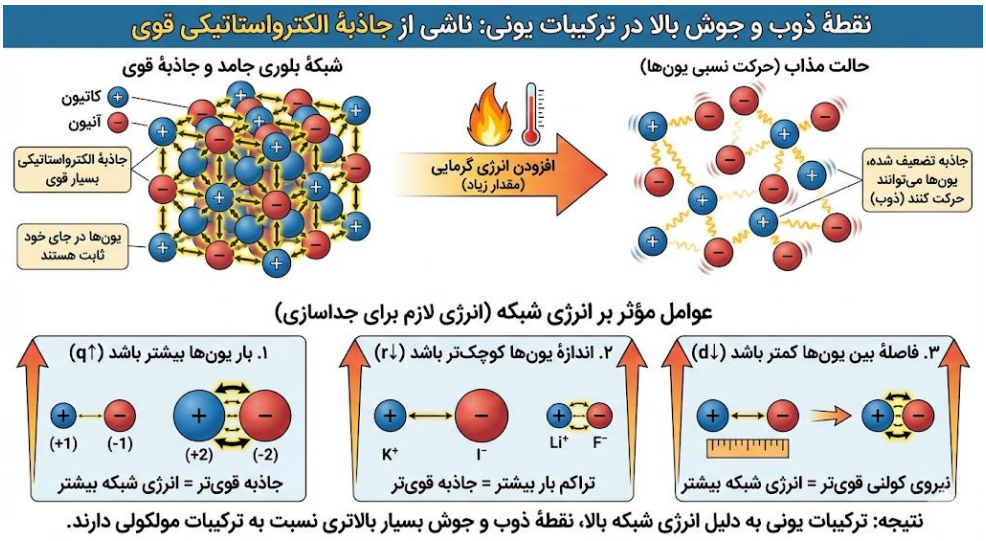
در ترکیبات یونی، یون‌های مثبت و منفی به‌وسیلهٔ **جاذبهٔ الکترواستاتیکی قوی** در یک **شبکهٔ بلوری گسترده** کنار هم قرار گرفته‌اند. برای ذوب شدن این ترکیبات، باید **مقدار زیادی انرژی** به شبکه داده شود تا **جاذبهٔ قوی بین یون‌ها تضعیف** شده و یون‌ها بتوانند **حرکت نسبی** پیدا کنند.

مقدار انرژی لازم برای این جداسازی نسبی یون‌ها به **انرژی شبکه** بستگی دارد. هرچه انرژی شبکه بیشتر باشد، **نقطهٔ ذوب و جوش ترکیب یونی بالاتر** خواهد بود (در مقایسه با ترکیبات مولکولی).

انرژی شبکه در شرایط زیر افزایش می‌یابد:

- هرچه **بار یون‌ها بیشتر** باشد
- هرچه **اندازهٔ یون‌ها کوچک‌تر** باشد
- هرچه **فاصلهٔ بین یون‌ها کمتر** باشد

در نتیجه، جاذبهٔ الکترواستاتیکی قوی‌تر شده و **نقطهٔ ذوب و جوش افزایش می‌یابد.**



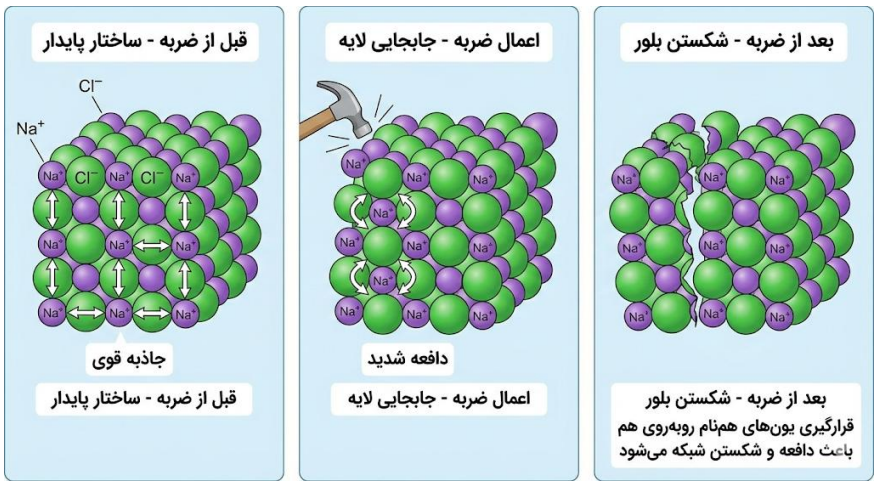
ث) شکنندگی ترکیبات یونی

ترکیبات یونی در حالت جامد هم سخت و هم ترد هستند. سختی آن‌ها ناشی از جاذبهٔ الکترواستاتیکی قوی میان یون‌های مثبت و منفی است. اما همین ساختار باعث تردی نیز می‌شود.

در یک شبکهٔ یونی، یون‌ها در آرایشی منظم قرار دارند. اگر در اثر ضربه یا فشار، یک لایه از یون‌ها به اندازهٔ یک بردار شبکه جابه‌جا شود، آرایش یون‌های مخالف به‌هم می‌ریزد و یون‌های هم‌نام روبه‌روی یکدیگر قرار می‌گیرند:

- Na^+ در برابر Na^+
- Cl^- در برابر Cl^-

این باعث دافعهٔ شدید و از بین رفتن نظم شبکه می‌شود ← بلور می‌شکند یا خرد می‌شود (رفتار ترد) به همین دلیل سدیم‌کلرید مانند فلزها چکش‌خوار نیست و با ضربه خرد می‌شود، نه اینکه ورقه‌ورقه شود.



ج) رسانایی الکتریکی ترکیبات یونی

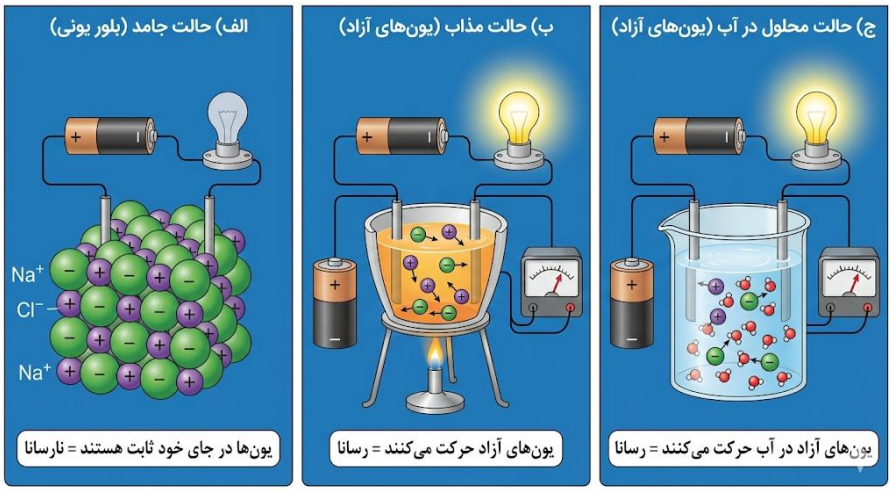
ترکیبات یونی در **حالت جامد** رسانای جریان الکتریکی نیستند؛ زیرا یون‌های مثبت و منفی در شبکهٔ بلوری منظم، **در جای خود ثابت** هستند و امکان **حرکت جهت‌دار بار الکتریکی** وجود ندارد.

اما در شرایط زیر، رسانایی الکتریکی برقرار می‌شود:

1 **حالت مذاب (مایع):** با ذوب شدن ترکیب یونی، آرایش منظم شبکه شکسته می‌شود و یون‌ها **حرکت نسبی** پیدا می‌کنند. اگرچه جاذبهٔ الکترواستاتیکی کاملاً از بین نمی‌رود، اما یون‌ها دیگر در جای ثابت قفل نیستند و می‌توانند **حرکت جهت‌دار** داشته باشند.
این حرکت یون‌های باردار باعث **عبور جریان الکتریکی** می‌شود.

2 **حالت محلول در آب:** مولکول‌های آب به دلیل قطبی بودن، یون‌ها را **هیدراته** می‌کنند و آن‌ها را از شبکهٔ یونی جدا و پایدار می‌سازند. در نتیجه یون‌ها به‌صورت ذرات بارداِر آزاد در محلول حرکت می‌کنند و محلول **رسانای جریان الکتریکی** می‌شود.

◆ **نتیجهٔ مهم:** وجود **ذرات باردار متحرک** شرط ضروری رسانایی الکتریکی است.



چ) رسانایی محلول‌های یونی و مفهوم الکترولیت

آب مقطر رسانا نیست؛ زیرا یون آزاد ندارد و مولکول‌های آب خنثی‌اند. با حل کردن نمک (مثلاً $NaCl$)،
شبکهٔ یونی تجزیه شده و یون‌های Na^+ و Cl^- در آب **هیدراته و آزادانه حرکت** می‌کنند. حرکت این یون‌ها بین دو الکترود باعث عبور جریان می‌شود.

- هرچه غلظت یون‌ها بیشتر باشد ← **هدایت بیشتر** ← **لامپ پرنورتر**
- در این آزمایش **هیچ مبادلهٔ الکترونی بین الکترود و محلول رخ نمی‌دهد** (فقط رسانایی بررسی می‌شود، نه الکترولیز)

به ماده‌ای که **محلول آبی آن جریان الکتریسیته را عبور دهد الکترولیت** می‌گویند.

- ترکیبات یونی **در حالت جامد رسانا نیستند** چون یون‌ها در شبکهٔ سخت بلوری محبوس‌اند.
- اگر ترکیب یونی در آب حل نشود و یون آزاد تولید نکند ← **غیرالکترولیت**



آزمایشی برای اثبات حرکت یون‌ها در محلول آبی ترکیبات یونی

واکنش سدیم هیدروکسید (سود سوزآور) و مس سولفات (کات کبود)

ظرفی را تا نیمه با آب مقطر پر می‌کنیم. یک بلور سدیم هیدروکسید را در یک سمت ظرف و یک بلور مس (II)سولفات را در سمت مقابل قرار می‌دهیم. هر بلور در آب **حل می‌شود**:

- $NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$
- $CuSO_4 \rightarrow Cu^{2+} + SO_4^{2-}$

یون‌ها پس از حل شدن **در آب پخش می‌شوند** و به‌صورت تصادفی حرکت می‌کنند (پدیدهٔ انتشار).

پس از مدتی:

- یون‌های OH^- از سمت چپ
- یون‌های Cu^{2+} از سمت راست

به سمت وسط ظرف حرکت کرده و در نقطهٔ برخورد واکنش می‌دهند:

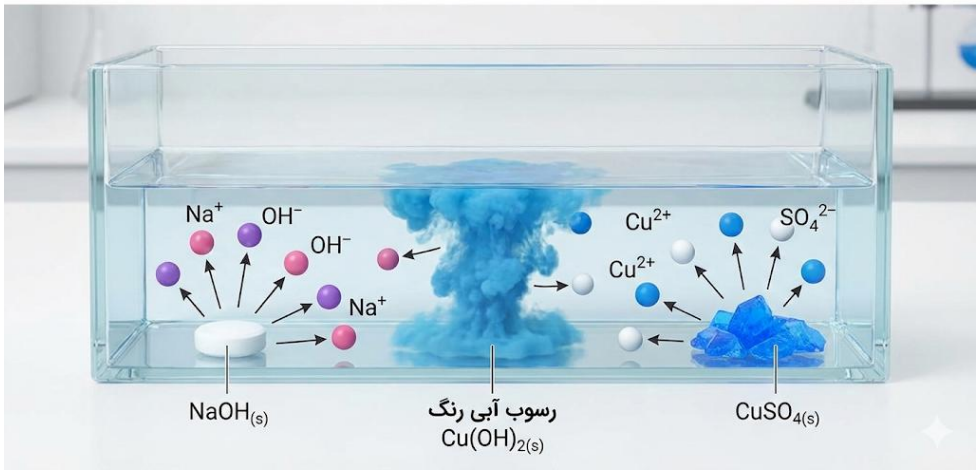
$$Cu^{2+} + 2OH^- \rightarrow Cu(OH)_2(s)$$

رسوب **آبی‌رنگ و کدر** مس (II)هیدروکسید در **وسط ظرف** ظاهر می‌شود.
این تشکیل رسوب در وسط ظرف **اثبات می‌کند یون‌ها در آب حرکت می‌کنند.**

مس هیدروکسید + سدیم سولفات ⟶ مس سولفات + سدیم هیدروکسید

$2NaOH + CuSO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + Cu(OH)_2$

تشکیل رسوب مس(II) هیدروکسید از طریق انتشار یون‌ها در آب



۱. **آهک زنده (کلسیم اکسید، CaO)** در آب واکنش داده و به آهک مرده تبدیل می‌شود. **این واکنش بسیار گرمازا است**.

۲. **آهک مرده (کلسیم هیدروکسید، $Ca(OH)_2$)** در آب اندکی محلول است و **محلول رقیق آن «آب آهک»** نام دارد. **آب آهک محلول شفاف و قلیایی** است.

۳. **سنگ آهک (کلسیم کربنات، $CaCO_3$)** در آب بسیار کم‌محلول است؛ در حدی که در علوم پایه به آن «نامحلول» می‌گویند. اما از نظر علمی محلول بودنش صفر نیست.

الکترولیت‌ها از نظر رسانایی الکتریکی به دو دسته **قوی** و **ضعیف** تقسیم می‌شوند .

الکترولیت قوی

ماده‌ای که هنگام حل شدن در آب **تقریباً به‌طور کامل** به یون تبدیل شود. در این مواد درصد تفکیک تقریباً **۱۰۰٪** است. نمونه‌ها:

- اسیدهای قوی **HCl ، HNO_3، H_2SO_4**
- بازهای قوی **$NaOH$ ، KOH، $Ca(OH)_2$**
- نمک‌های محلول **$NaCl$ ، KNO_3، $MgCl_2$**

محلول آن‌ها، در صورت کافی بودن غلظت، **رسانایی بسیار زیاد** دارد.

الکترولیت ضعیف

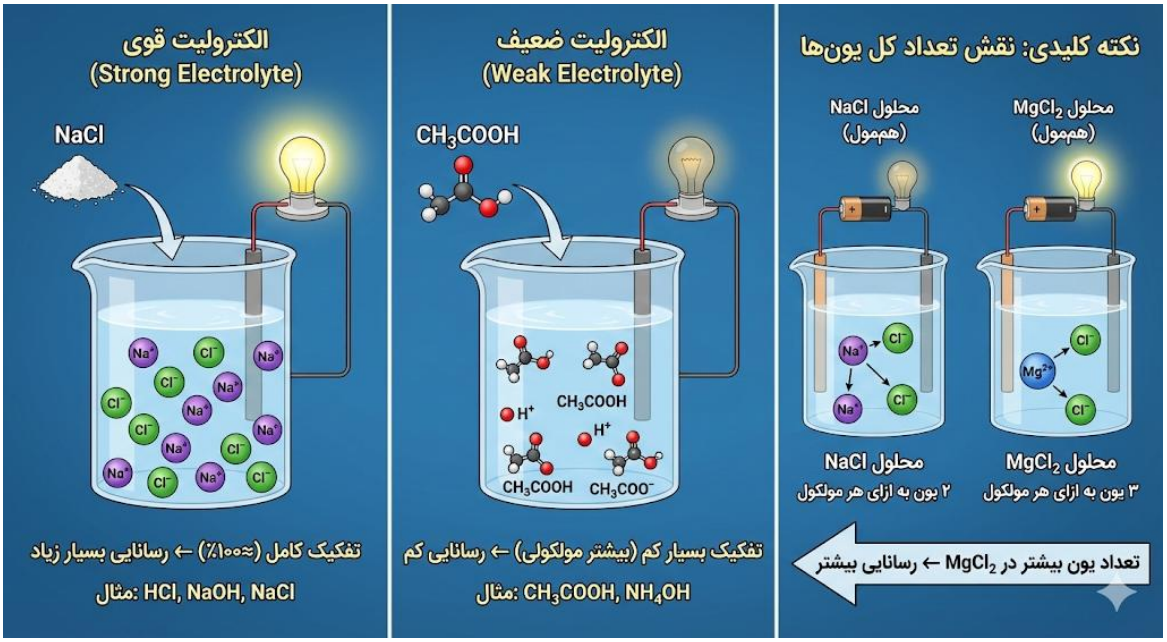
ماده‌ای که هنگام حل شدن در آب، **بیشتر مولکولی باقی بماند** و تنها مقدار کمی از آن به یون تبدیل شود. نمونه‌ها:

- اسیدهای ضعیف(استیک اسید)CH_3COOH
- باز های ضعیفNH_4OH

نکتهٔ کلیدی: **شدت رسانایی محلول فقط به «تعداد یون‌های موجود در محلول» بستگی دارد** نه لزوماً به «قوی یا ضعیف بودن الکترولیت» بنابراین اگر مقدار مساوی از NaCl و $MgCl_2$ (از نظر مول) را حل کنیم:

$MgCl_2$ یون ← 3
NaCl یون ← 2

پس محلول $MgCl_2$ رساناتر است، چون **تعداد یون کل در واحد حجم بیشتر است.**



شیمیایی ترکیب یونی

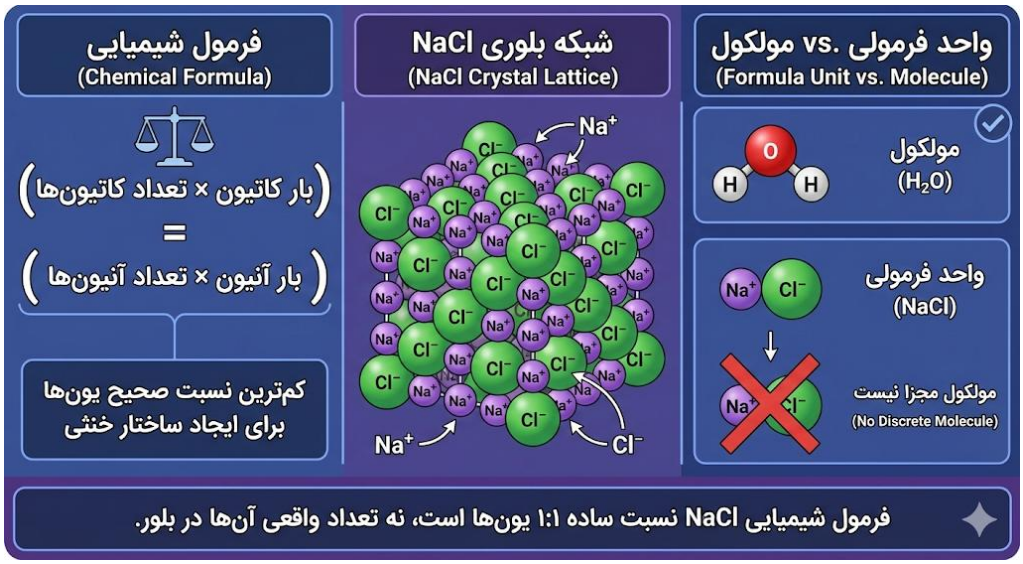
فرمول شیمیایی یک ترکیب یونی **کم‌ترین نسبت صحیح یون‌های مثبت و منفی** را نشان می‌دهد که ساختاری **از نظر الکتریکی خنثی** ایجاد می‌کند. این فرمول تعداد واقعی یون‌ها در بلور نیست، بلکه **واحد فرمولی** است.

برای خنثی شدن: **(بار کاتیون ×تعداد کاتیون‌ها)=(بار آنیون ×تعداد آنیون‌ها)**

در ساختارهای یونی **هیچ مولکول مجزا وجود ندارد**. هر یون به‌طور همزمان با چندین یون مخالف پیوند یونی دارد.
در بلور NaCl:

- هر Na^+ توسط **۶ Cl^-** احاطه شده
- هر Cl^- نیز توسط **۶ Na^+** احاطه می‌شود

اما فرمول همچنان NaCl باقی می‌ماند،
چون نسبت ۱:۱ ساده‌ترین نسبت یون‌هاست



ترکیب‌های دوتایی

ترکیب دوتایی ترکیبی است که **فقط دو نوع عنصر** در آن وجود دارد. این ترکیب ممکن است یونی یا مولکولی باشد.

قانون نوشتن فرمول ترکیب‌های یونی دوتایی:

۱. ابتدا نماد **کاتیون**
۲. سپس نماد **آنیون**
۳. نسبت یون‌ها طوری انتخاب می‌شود که **کل بار صفر** شود.

مثال‌ها:

- پتاسیم کلرید: K^+ و Cl^- نسبت ۱:۱ KCl
- کلسیم اکسید: Ca^{2+} و O^{2-} نسبت ۱:۱ CaO

یون‌های چنداتمی

یون چنداتمی از **چند اتم** تشکیل شده و **بار الکتریکی مشخصی** دارد. این یون‌ها در ترکیبات شیمیایی معمولاً **به صورت یک واحد ثابت** رفتار می‌کنند.

نمونه‌های رایج:

- یون نیترات NO_3^-
- یون سولفات SO_4^{2-}
- یون آمونیوم NH_4^+

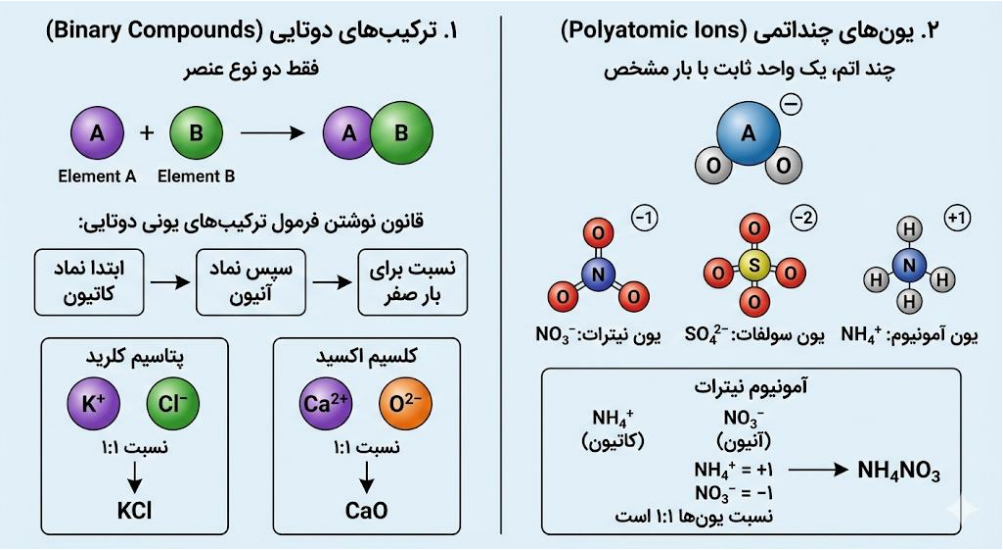
مثال: **آمونیوم نیترات**

NH_4^+(کاتیون) و NO_3^- (آنیون)

بار $+ = NH_4^+$ ۱

بار $- = NO_3^-$ ۱

پس فرمول شیمیایی: NH_4NO_3 نسبت یون‌ها ۱:۱ است.



۲- پیوند کووالانسی یا اشتراکی

پیوند کووالانسی (اشتراکی) نوعی پیوند شیمیایی بین دو اتم—معمولاً دو نافلز—است که در آن اتم‌ها **یک یا چند جفت الکترون را به‌طور مشترک استفاده می‌کنند.**

این اشتراک الکترونی باعث می‌شود هر اتم **به آرایش پایدارتر (مشابه گازهای نجیب)** برسد.

در این پیوند:

- هستهٔ هر دو اتم الکترون‌های مشترک را جذب می‌کنند
- انرژی سیستم کاهش می‌یابد ← پیوند پایدار تشکیل می‌شود

نیروی تشکیل‌دهندهٔ پیوند **نیروی الکتریکی** بین هسته‌ها و الکترون‌های اشتراکی است.

گازهای نجیب معمولاً پیوند کووالانسی تشکیل نمی‌دهند، زیرا آرایش کامل الکترونی دارند.

پیوندهای کووالانسی به سه شکل نمایش داده می‌شوند

۱) نمایش نقطه‌ای (ساختار لوئیس)

در این روش الکترون‌های لایهٔ ظرفیت هر اتم به صورت «نقطه» نمایش داده می‌شود.
دو نقطه بین دو اتم یعنی یک **جفت الکترون اشتراکی**
زوج‌های ناپیوندی نیز با نقطه نشان داده می‌شوند



---

۲) نمایش خطی

در نمایش خطی هر **جفت الکترون اشتراکی** با **یک خط** نشان داده می‌شود.

- یک خط یعنی پیوند یگانه
- دو خط یعنی پیوند دوگانه
- سه خط یعنی پیوند سه‌گانه

این روش ساده‌ترین نمایش کووالانسی است.

---

۳) نمایش گلوله و میله

در این روش:

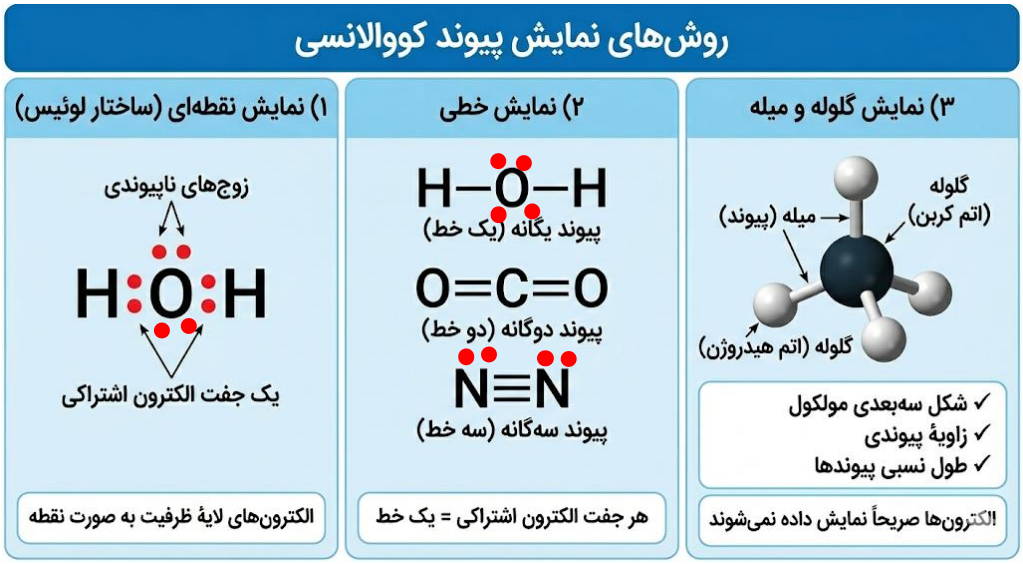
- اتم با **گلوله**

- پیوند با **میله** نمایش داده می‌شود

این مدل برای نشان دادن:

✓شکل سه‌بعدی مولکول
✓زاویهٔ پیوندی
✓طول نسبی پیوندها

استفاده می‌شود، و **هیچ نمایش صریحی از الکترون‌ها ارائه نمی‌دهد.**



۱) پیوند کووالانسی در مولکول هیدروژن(H_2)

هر اتم هیدروژن یک الکترون تنها در لایهٔ اول دارد. با نزدیک شدن دو اتم:

- هر هسته، الکترونِ اتم مقابل را جذب می‌کند (جاذبه)
- الکترون‌ها یکدیگر را دفع می‌کنند
- هسته‌ها نیز یکدیگر را دفع می‌کنند

در **فاصلهٔ بهینه**، مجموع نیروهای جاذبه و دافعه **کمینهٔ انرژی** را ایجاد می‌کند ← پیوند کووالانسی پایدار.

دو هیدروژن با اشتراک گذاشتن یک جفت الکترون، به آرایش پایدار هلیم می‌رسند: H–H

---

۲) پیوند کووالانسی در مولکول آب(H_2O)

اکسیژن ۶ الکترون ظرفیت دارد؛ برای رسیدن به ۸، دو الکترون با دو هیدروژن به اشتراک می‌گذارد:

- هر H یک الکترون می‌دهد

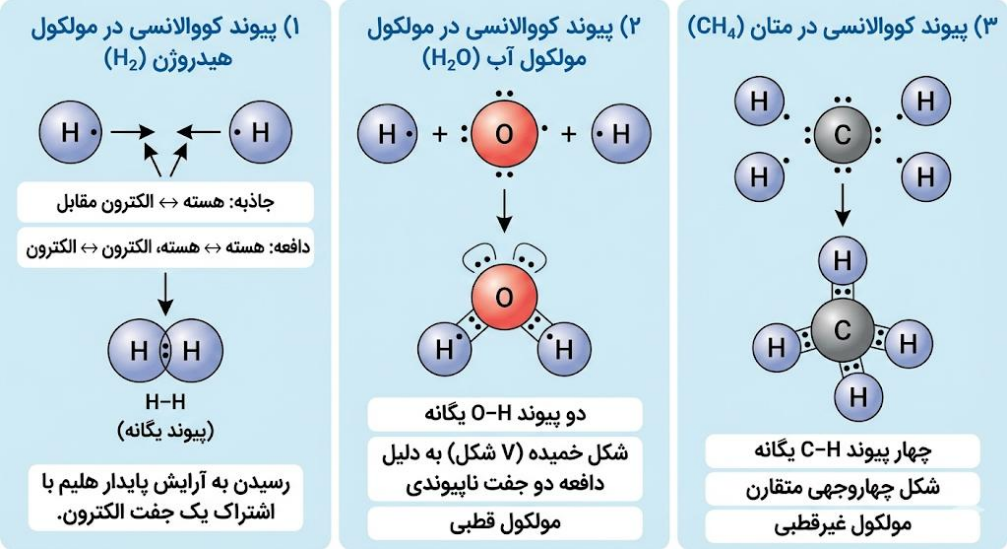
- Oدو الکترون می‌گذارد ← دو پیوند O–H

اکسیژن **دو جفت ناپیوندی** نیز دارد. دفعهٔ این دو جفت، پیوندها را خم می‌کند ← شکل **V** این هندسه علت **قطبی بودن آب** است.

۳) پیوند کووالانسی در متان(CH_4)

کربن ۴ الکترون ظرفیت دارد و با ۴ اتم هیدروژن **۴ پیوند کووالانسی یگانه** تشکیل می‌دهد: CH_4

این ۴ پیوند در فضا به شکل **چهاروجهی** می‌شوند. به همین دلیل متان مولکولی **بسیار متقارن** **غیرقطبی** است



پیوندهای کووالانسی چندگانه

گاهی دو اتم بیش از یک جفت الکترون را به اشتراک می‌گذارند.
در این حالت‌ها عدد پیوند بیشتر می‌شود:

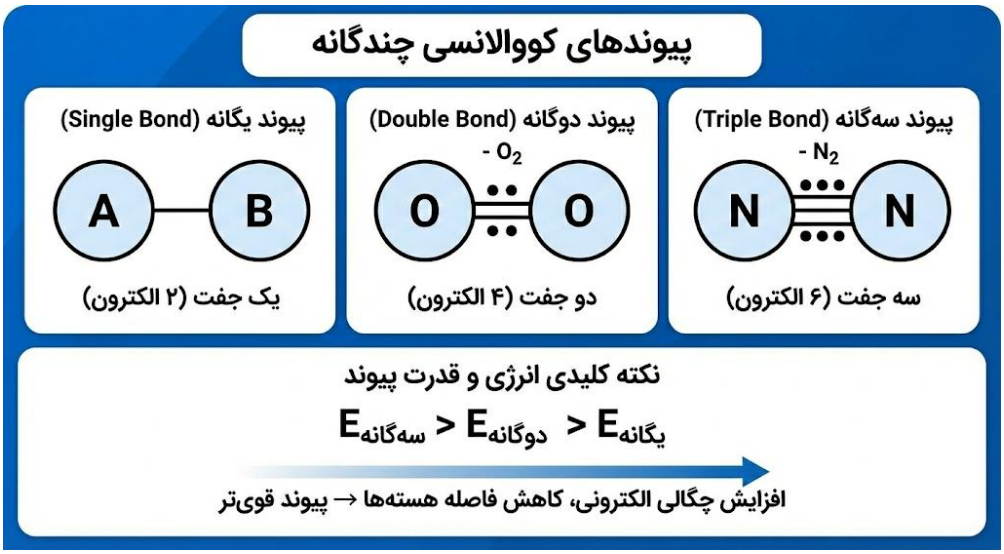
- پیوند یگانه ← یک جفت (۲ الکترون)
- پیوند دوگانه ← دو جفت (۴ الکترون)
- پیوند سه‌گانه ← سه جفت (۶ الکترون)

نمونه‌ها:

- در مولکول O_2 دو اتم اکسیژن پیوند دوگانه دارند.
- در مولکول N_2 دو اتم نیتروژن پیوند سه‌گانهٔ بسیار قوی دارند.

نکتهٔ کلیدی انرژی: **Eسه‌گانه>Eدوگانه>Eیگانه**

چون با افزایش تعداد جفت‌های اشتراکی، چگالی الکترونی بین دو هسته بیشتر شده و فاصلهٔ هسته‌ها کاهش می‌یابد ← پیوند قوی‌تر



تست: با توجه به فرمول شیمیایی $C_2H_4(OH)_2$ (اتیلن گلیکول)، به ترتیب چند نوع اتم و چند پیوند کووالانسی در آن وجود دارد؟(نمونه دولتی گیلان ۹۷-۹۶)

۱) ۲نوع، ۸پیوند ۲) ۲نوع، ۱۰پیوند ۳) ۳نوع، ۷پیوند ۴) ۳نوع، ۹پیوند

---

۱۰ سؤال تستی مفهومی

۱ .علت اصلی شکنندگی ترکیبات یونی چیست؟

الف) جاذبه ضعیف بین یون‌ها
ب) جابه‌جایی لایه‌ها باعث کنار هم قرار گرفتن یون‌های هم‌نام و دفع شدید آن‌ها می‌شود
ج) وجود پیوند کووالانسی
د) وزن مولکولی زیاد

---

۲ .چرا بیشتر ترکیبات یونی نقطه ذوب و جوش بالایی دارند؟

الف) به دلیل وجود پیوند کووالانسی قوی
ب) به دلیل وجود جاذبه الکترواستاتیکی قوی بین یون‌های با بار مخالف
ج) چون چگالی بالایی دارند
د) چون جرم مولی کمی دارند

---

۳ .چرا NaCl جامد رسانای جریان برق نیست ولی در حالت مذاب رساناست؟

الف) در جامد یون‌ها آزادانه حرکت نمی‌کنند اما در مذاب حرکت آزاد دارند

ب) در جامد الکترون‌ها آزادانه حرکت ندارند اما در مذاب دارند
ج) در جامد پیوند کووالانسی وجود دارد و در مذاب شکسته می‌شود
د) در جامد مولکول‌های خنثی وجود دارند

---

۴ .کدام گزینه درباره رسانایی محلول آبی ترکیبات یونی صحیح است؟
الف) فقط به دلیل حرکت الکترون‌هاست
ب) به دلیل حرکت یون‌های مثبت و منفی در محلول است
ج) به دلیل شکست پیوندهای کووالانسی در آب است
د) چون آب رسانای ذاتی است

---

۵ .ترکیبات یونی در حالت جامد...
الف) رسانای جریان برق هستند
ب) رسانای جریان برق نیستند
ج) همیشه محلول در آب هستند
د) نقطه ذوب پایین دارند

---

۶ .اگر در یک ترکیب یونی بار یون‌ها بیشتر باشد، نقطه ذوب چه تغییری می‌کند؟
الف) کاهش می‌یابد ب) افزایش می‌یابد ج) ثابت می‌ماند د) ابتدا کاهش سپس افزایش

---

۷ .در پیوند کووالانسی، اتم‌ها برای رسیدن به چه حالتی الکترون به اشتراک می‌گذارند؟
الف) آرایش هیدروژن ب) آرایش هلیم ج) آرایش گاز بی‌اثر د) آرایش فلزی

---

۸ .در مولکول آب، تعداد کل الکترون‌های اشتراکی چقدر است؟
الف) ۲ ب) ۴ ج) ۶ د) ۸

---

۹ .در مولکول N_2 چه نوع پیوندی بین اتم‌ها وجود دارد؟
الف) تک‌پیوند کووالانسی ب) پیوند دوگانه ج) پیوند سه‌گانه د) پیوند یونی

---

۱۰ .چرا پیوند سه‌گانه انرژی بیشتری از پیوند دوگانه دارد؟
الف) چون تعداد الکترون‌های اشتراکی بیشتر است و جاذبه قوی‌تر می‌شود
ب) چون فاصله هسته‌ها بیشتر است
ج) چون الکترون‌ها کمتر دافعه دارند
د) چون جرم مولی بیشتر است

---

۶ سؤال چالشی و المپیادی

۱ .اگر شعاع کاتیون در یک ترکیب یونی نصف شود و بار آن ثابت بماند، تأثیر اصلی بر نقطه ذوب چیست؟
الف) نصف می‌شود
ب) دو برابر می‌شود

ج) افزایش قابل توجه پیدا می‌کند　　د) تغییری نمی‌کند

---

۲ .در ساختار بلورNaCl ، اگر به‌جای Na^+ یون Mg^{2+} قرار گیرد، چه تغییری در استحکام شبکه ایجاد می‌شود؟

الف) کاهش استحکام به علت افزایش بار مثبت
ب) افزایش استحکام به علت افزایش بار مثبت و جاذبه بیشتر
ج) بدون تغییر
د) ابتدا کاهش سپس افزایش

---

۳ .در پیوند کووالانسی، کاهش انرژی سیستم به چه دلیل است؟

الف) کاهش فاصله هسته‌ها تا حد تعادل و افزایش جاذبه بین هسته‌ها و الکترون‌های مشترک
ب) افزایش فاصله هسته‌ها و کاهش جاذبه
ج) کاهش دافعه بین هسته‌ها و افزایش فاصله
د) آزاد شدن فوتون

---

۴ .در مولکول CO_2 چه نوع پیوندهایی وجود دارد؟

الف) دو پیوند کووالانسی دوگانه　　ب) دو پیوند کووالانسی ساده
ج) یک پیوند دوگانه و دو پیوند ساده　　د) یک پیوند سه‌گانه و یک پیوند ساده

---

۵ .اگر ترکیب CaO نقطه ذوب بالاتری از NaCl دارد، دلیل اصلی چیست؟

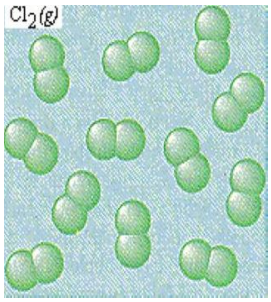
الف) کاتیون Ca^{2+} بار بیشتری دارد و جاذبه الکترواستاتیکی قوی‌تر است
ب) جرم کمتر دارد
ج) پیوند کووالانسی قوی‌تر دارد
د) ساختار بلوری منظم‌تر است

---

۶ .در مولکول متان(CH_4) ، مجموع الکترون‌های اشتراکی بین اتم‌ها چند عدد است؟

الف) ۴　　ب) ۶　　ج) ۸　　د) ۱۰

ترکیبات مولکولی



ترکیبات مولکولی، موادی هستند که ذرات سازندهٔ آن‌ها مولکول‌های مجزا هستند.

در هر مولکول، اتم‌ها با پیوند کووالانسی به یکدیگر متصل‌اند. اما مولکول‌ها با یکدیگر به‌وسیلهٔ نیروهای ضعیف بین‌مولکولی نگه داشته می‌شوند.

این نیروهای بین‌مولکولی معمولاً ضعیف‌اند و باعث می‌شود:

- بسیاری از ترکیبات مولکولی نقطه ذوب و جوش پایینی داشته باشند
- اغلب در دمای اتاق مایع یا گاز باشند (مانند H_2O ، CO_2 ، CH_4)

توجه: برخی ترکیبات کووالانسی مثل الماس و کوارتز «مولکولی» نیستند بلکه **شبکهٔ کووالانسی** دارند (ذرهٔ سازندهٔ آن‌ها مولکول مجزا نیست)

همه چیز در باره ترکیبات مولکولی

ترکیبات مولکولی از **اتم‌های نافلز یا نافلز + هیدروژن** تشکیل شده‌اند.
در این ترکیبات، اتم‌ها با **پیوند کووالانسی** به هم متصل می‌شوند و واحد سازندهٔ ماده **مولکول‌های مجزا** هستند. نمونه‌ها:آب(H_2O) ،دی‌اکسید کربن(CO_2) ،منواکسید کربن(CO) ،هیدروژن پراکسید (H_2O_2)، متان(CH_4)

✓**نکتهٔ حرفه‌ای:** همهٔ ترکیبات کووالانسی مولکولی نیستند. برخی **شبکهٔ کووالانسی** دارند (الماس، SiO_2) و مولکول مجزا ندارند

---

۲) حالت فیزیکی ترکیبات مولکولی

ترکیبات مولکولی می‌توانند در هر سه حالت ماده وجود داشته باشند:

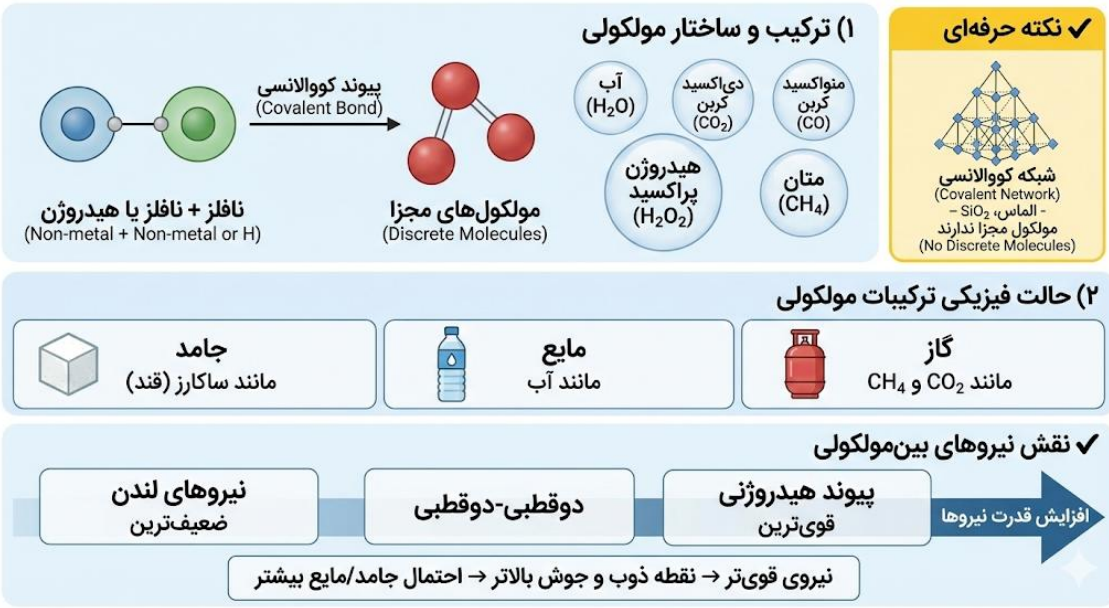
- **جامد** مانند ساکارز (قند)
- **مایع** مانند آب
- **گاز** مانند CO_2 و CH_4

دلیل این رفتار متفاوت چیست؟

✓چون نیروهای **بین‌مولکولی متفاوت است**:

- نیروهای لندن (ضعیف‌ترین)
- دوقطبی–دوقطبی
- پیوند هیدروژنی (قوی‌ترین بین‌مولکولی)

هرچه این نیروها قوی‌تر باشند:
۱- نقطه ذوب و جوش بالاتر
۲-احتمال وجود به‌صورت جامد/مایع بیشتر



تفاوت بنیادی ترکیبات یونی و مولکولی

ترکیبات یونی

- معمولاً از **فلز + نافلز** ساخته می‌شوند.
- فلز الکترون می‌دهد ← **کاتیون**
- نافلز الکترون می‌گیرد ← **آنیون**
- یون‌های مخالف در یک **شبکهٔ بلوری عظیم** کنار هم قرار می‌گیرند.
- نیروی نگه‌دارنده: **جاذبهٔ الکترواستاتیکی قوی** بین یون‌ها.

ترکیبات مولکولی

- از **نافلز + نافلز یا هیدروژن + نافلز** تشکیل می‌شوند.
- اتم‌ها **الکترون‌ها را به اشتراک می‌گذارند** ← پیوند کووالانسی.
- واحد سازندهٔ ماده ← **مولکول‌های مجزا**
- بین مولکول‌ها نیروهای **بین‌مولکولی** ضعیف‌تر وجود دارد.

مقایسهٔ انرژی و رفتار فیزیکی

- **پیوند کووالانسی داخل مولکول قوی است**

- اما **نیروهای بین مولکولی ضعیف‌اند** ← بنابراین نقطه ذوب و جوش ترکیبات مولکولی کم است.

در ترکیبات یونی:

- شبکهٔ سه‌بعدی ← نیروی کل بسیار زیاد ← **نقطه ذوب و جوش بالا**

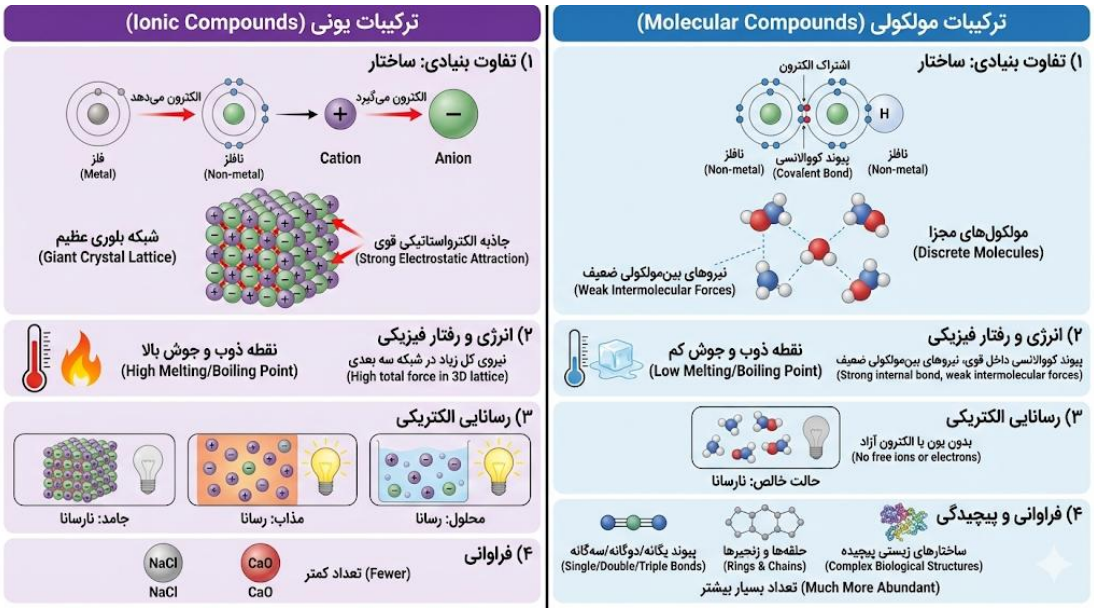
رسانایی الکتریکی

- ترکیبات مولکولی **در حالت خالص رسانا نیستند** (چون یون یا الکترون آزاد ندارند)
- ترکیبات یونی **در حالت جامد رسانا نیستند** اما **در مذاب یا محلول رسانای خوبی‌اند**

فراوانی ترکیبات مولکولی در طبیعت

نافلزها می‌توانند:

- پیوند یگانه، دوگانه، سه‌گانه
- حلقه‌ها، زنجیرها، آروماتیک‌ها و ساختارهای پیچیدهٔ زیستی بسازند. به همین دلیل تعداد ترکیبات مولکولی بسیار بیشتر از ترکیبات یونی است.



نکته: **در طبیعت، تعداد کل ترکیبات مولکولی بیش از تعداد ترکیبات یونی می‌باشد.**

آلوتروپ یا دگر شکل: به شکل‌های مختلف **بلوری یا مولکولی** یک **عنصر** در طبیعت آلوتروپ می‌گویند. کربن دارای دو آلوتروپ طبیعی مهم است. الماس و گرافیت

آلوتروپ‌ها شکل‌های مختلف یک عنصر هستند که:

- آرایش اتمی متفاوت دارند
- در یک حالت فیزیکی مشخص پایدارند.
- آلوتروپ‌های یک عنصر به دلیل تفاوت در ساختار، خواص فیزیکی متفاوتی دارند، اما از نظر خواص شیمیایی تفاوت آن‌ها معمولاً جزئی است«.

کربن از عناصری است که آلوتروپ‌های بسیار مهمی دارد.دو آلوتروپ طبیعی مشهور:

- الماس
- گرافیت

بلور الماس

- هر اتم کربن با ۴ پیوند کووالانسی یگانهٔ قوی به ۴ اتم دیگر متصل است.
- این اتصال‌ها سه‌بعدی و شبکه‌وار در کل بلور گسترش یافته‌اند.
- ساختار بسیار سخت، محکم و شفاف ایجاد می‌شود.
- الماس یکی از سخت‌ترین مواد طبیعی است.
- به دلیل نبود الکترون آزاد ← نارسانا است.

✓**نکتهٔ مهم:** بلور الماس «مولکول مجزا» ندارد، بلکه یک شبکهٔ کووالانسی نامحدود است.

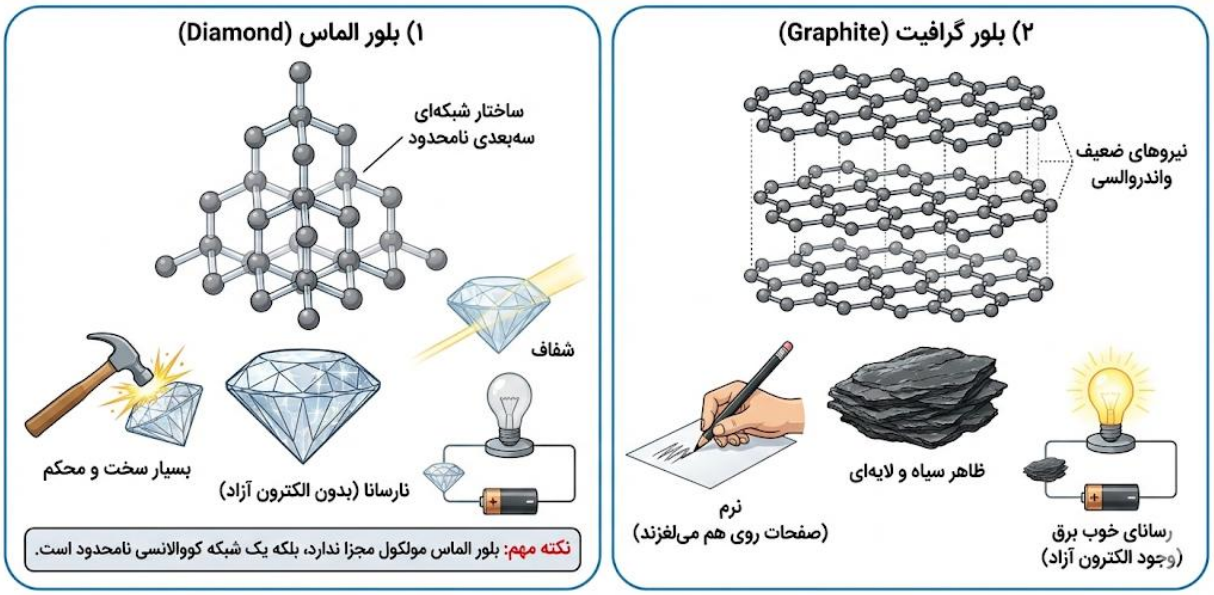
بلور گرافیت

- در گرافیت هر اتم کربن با ۳ پیوند کووالانسی به اتم‌های اطراف متصل است.
- این اتصال‌ها صفحه‌های دوبعدی گسترده تشکیل می‌دهند.
- بین صفحات، نیروهای ضعیف واندروالسی وجود دارد.

نتیجه:

- صفحات به راحتی روی هم می‌لغزند ← گرافیت **نرم** است.
- یک الکترون آزاد در هر کربن وجود دارد ← رسانای خوب برق است.
- ظاهر آن سیاه و لایه‌ای است.

آلوتروپ‌های کربن: الماس و گرافیت (Carbon Allotropes: Diamond & Graphite)



طرز تشخیص مواد مولکولی و مواد کووالانسی

کافیست **پنج ماده کووالانسی (شامل الماس، گرافیت، Si ، SiC و SiO_2)** را حفظ باشید اگر ماده‌ای جزء این پنج ماده نبود یا مولکولی است یا یونی ضمن این که ماده یونی دارای عنصر فلزی است.

نکته: در برخی **استثناها** مواد **یونی** مثل NH_4Cl فقط از عنصرهای نافلزی تشکیل شده‌اند.

مقایسه ترکیبات یونی و مولکولی

ترکیبات مولکولی	ترکیبات یونی	ویژگی
اشتراک الکترون ← پیوند کووالانسی	انتقال الکترون ← تشکیل کاتیون و آنیون	نحوهٔ تشکیل پیوند
مولکول‌های مجزا (با نیروهای بین‌مولکولی)	شبکهٔ بلوری سه‌بعدی نامحدود	ساختار
پایین تا متوسط (به علت نیروهای بین‌مولکولی ضعیف)	بسیار بالا (به علت انرژی شبکه)	نقطهٔ ذوب/جوش
بسته به قطبیت؛ مولکول‌های قطبی محلول، غیرقطبی نامحلول	بسته به انرژی شبکه و آب‌پوشی؛ برخی محلول، برخی نامحلول	حلالیت در آب

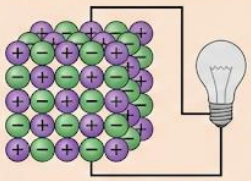
ترکیبات مولکولی	ترکیبات یونی	ویژگی
در حالت خالص رسانا نیست (یون ندارد)	جامد: خیر / مذاب یا محلول: رسانا	**رسانایی**
پیوند کووالانسی درون مولکول / نیروهای بین‌مولکولی بین مولکول‌ها	جاذبهٔ قوی مثبت–منفی در کل شبکه	**نیروهای نگه‌دارنده**

مقایسه ترکیبات یونی و فلزها

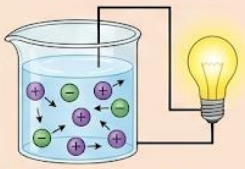
ترکیبات یونی	فلزها	ویژگی
کاتیون‌ها و آنیون‌ها	الکترون‌های آزاد (دریای الکترونی)	**حامل جریان الکتریکی**
نارسانا (یون‌ها محبوس‌اند)	رسانا (الکترون آزاد دارد)	**رسانایی در حالت جامد**
رسانا (یون‌ها آزاد می‌شوند)	رسانا	**رسانایی در حالت مذاب**
رسانا (یون‌های آزاد وجود دارند)	معمولاً رسانا نیستند (فلز حل نمی‌شود)	**رسانایی در محلول آبی**
الکتریکی — صرفاً حرکت یون‌ها؛ *ممکن است* در شرایط خاص الکترولیز رخ دهد	فیزیکی — بدون تغییر شیمیایی	**ماهیت رسانایی**
امکان حرکت یون‌ها در مذاب یا محلول	وجود الکترون‌های آزاد متحرک	**علت اصلی رسانایی**
جدایی یون‌ها و آزادی حرکت آن‌ها	وجود الکترون‌های آزاد	**شرط رسانایی**

مقایسه رسانایی الکتریکی: فلزها در برابر ترکیبات یونی

۲) رسانایی ترکیبات یونی



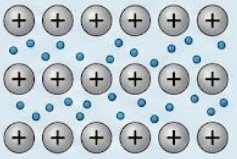
جامد: یون‌ها محبوس ← نارسانا

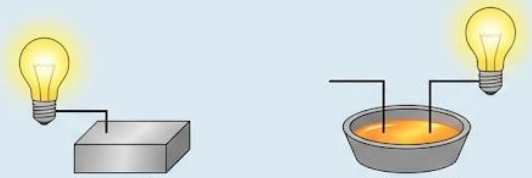


مذاب یا محلول: یون‌ها متحرک ← رسانا

- حامل جریان: کاتیون + آنیون
- الکترولیز: واکنش شیمیایی فقط با جریان خارجی

۱) رسانایی فلزها





رسانا در جامد (Conductive in Solid)

رسانا در مذاب (Conductive in Molten)

- الکترون‌های ظرفیت آزاد (Free Valence Electrons)
- حامل جریان: الکترون
- تغییر فیزیکی، بدون واکنش شیمیایی

تست: چند تا از عبارت‌های زیر نادرست هستند؟

الف) مخلوط یک ترکیب یونی با آب، همواره رسانای جریان الکتریسیته است.

ب) اغلب مواقع اندازه آنیون‌ها نسبت به اتم سازنده‌شان بزرگ‌تر است.

پ) ربایش الکتریکی نقشی در ایجاد پیوند اشتراکی ندارد.

۱) ۳ ۲) ۱ ۳) ۲ ۴)همگی درست اند

نتیجهٔ طلایی: همیشه به یاد داشته باشد که «کتاب درسی» معیار نهایی است و هرجا شک کردید، باید دوباره به آن مراجعه کنید.

سوالات پارت ۹

۱۰ سؤال تستی (چهارگزینه‌ای)

۱) ترکیبات مولکولی عمدتاً از چه عناصری تشکیل شده‌اند؟

الف) فلز و نافلز ب) دو فلز ج) دو یا چند نافلز د) فلز و شبه‌فلز

---

۲) نقطهٔ ذوب ترکیبات مولکولی در مقایسه با ترکیبات یونی معمولاً ... است.

الف) بالاتر ب) پایین‌تر ج) یکسان د) قابل مقایسه نیست.

---

۳) رسانایی الکتریکی ترکیبات یونی در چه شرایطی ممکن است؟

الف) فقط در حالت جامد ب) فقط در حالت محلول یا مذاب

ج) در همهٔ حالات　　د) هرگز

---

۴) بلور الماس چه نوع پیوندی دارد؟

الف) پیوند یونی　　ب) کووالانسی سه‌بعدی شبکه‌ای
ج) کووالانسی مولکولی　　د) واندروالسی

---

۵) در گرافیت، علت رسانایی الکتریکی چیست؟

الف) حضور یون‌ها　　ب) حرکت الکترون‌های آزاد در میان لایه‌ها
ج) نیروی واندروالسی　　د) داشتن ساختار مولکولی

---

۶) کدام‌یک از ترکیبات زیر مولکولی نیست؟

الف) CO_2　　ب) NH_3　　ج) NaCl　　د) H_2O

---

۷) علت اصلی پایین‌بودن نقطهٔ جوش بیشتر ترکیبات مولکولی چیست؟

الف) ضعف پیوند کووالانسی　　ب) ضعف نیروهای بین مولکولی
ج) وزن مولکولی پایین　　د) نبود یون‌ها

---

۸) کدام ترکیب به‌رغم داشتن فقط نافلز، یونی است؟

الف) NH_4Cl　　ب) H_2O_2　　ج) CH_4　　د) CO

---

۹) رسانایی فلزها از چه طریقی انجام می‌شود؟

الف) حرکت کاتیون‌ها　　ب) حرکت الکترون‌ها در دریای الکترونی
ج) جابه‌جایی مولکول‌ها　　د) پیوند یونی

---

۱۰) کدام گزینه درست است؟

الف) در بلور الماس نیروی واندروالسی غالب است
ب) در بلور گرافیت پیوند کووالانسی سه‌بعدی وجود دارد
ج) در بلور الماس کل بلور یک مولکول غول‌آساست
د) گرافیت رسانا نیست

✨بخش دوم: ۱۰ سؤال تشریحی

۱)تفاوت اساسی بین ترکیب یونی و مولکولی را از نظر عناصر تشکیل‌دهنده توضیح دهید.

۲) چرا ترکیبات مولکولی رسانای الکتریسیته نیستند؟

۳) علت پایین‌تر بودن نقطه ذوب ترکیبات مولکولی نسبت به یونی چیست؟

۴) تفاوت رسانایی الکتریکی فلزها با ترکیبات یونی در حالت مذاب چیست؟

۵) توضیح دهید چرا گرافیت می‌تواند به‌عنوان روان‌کننده استفاده شود ولی الماس خیر.

۶) چرا در بلور الماس همهٔ اتم‌ها به‌وسیلهٔ پیوند کووالانسی به هم متصل‌اند؟

۷) مثال‌هایی از ترکیبات مولکولی در هر سه حالت ماده (جامد، مایع، گاز) بنویسید.

۸) چرا تعداد ترکیبات مولکولی در طبیعت بیشتر از ترکیبات یونی است؟

۹) چرا NH_4Cl با اینکه فلز ندارد، یک ترکیب یونی محسوب می‌شود؟

✨بخش سوم: ۱۰ سؤال المپیادی/تیزهوشانی

۱)چرا الماس سخت‌ترین مادهٔ طبیعی است درحالی‌که گرافیت نرم و لغزنده است، با اینکه هر دو فقط از کربن تشکیل شده‌اند؟

۲) اگر شعاع یون‌های سازندهٔ یک ترکیب یونی کاهش یابد، نقطه ذوب آن چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید.

۳) چرا انرژی شبکهٔ NaCl از HCl بسیار بیشتر است؟

۴) اگر ترکیب CO_2 را سرد کنیم تا جامد شود، چرا نقطهٔ ذوب آن همچنان پایین است؟

۶) چه تفاوت بنیادی میان «شبکهٔ کووالانسی سه‌بعدی» و «ترکیب مولکولی» وجود دارد؟ مثال بزنید.

۷) چرا بلور SiO_2 از نظر سختی و نقطه ذوب به الماس شبیه است؟

۸) اگر ترکیبی از یک فلز و یک نافلز ساخته شود اما رسانای برق نباشد، چه نتیجه‌ای می‌گیریم؟

۹) چرا تعداد آلوتروپ‌های کربن از بسیاری از عناصر بیشتر است؟

۱۰) در شرایط عادی، چرا ترکیبات مولکولی غالباً به‌صورت گاز یا مایع یافت می‌شوند ولی ترکیبات یونی به‌صورت جامد؟

پایان