

در لایه ظرفیت این اتم‌ها، هشت الکترون وجود دارد (به جز هلیوم که در تنها لایه الکترونی خود، دو الکترون دارد)؛ با این توصیف می‌توان نتیجه گرفت که بین پایداری و آرایش الکترونی لایه ظرفیت اتم‌ها باید رابطه‌ای باشد به طوری که اگر لایه ظرفیت اتمی، همانند آرایش الکترونی یک گاز نجیب بوده یا **هشت تایی** باشد، آن اتم واکنش‌پذیری چندانی ندارد؛ به دیگر سخن اگر لایه ظرفیت اتمی چنین نباشد، آن اتم واکنش‌پذیر است.

لوویس برای توضیح و پیش‌بینی رفتار اتم‌ها، آرایشی به نام آرایش الکترون - نقطه‌ای ارائه کرد که در آن الکترون‌های ظرفیت هر اتم، پیرامون نماد شیمیایی آن با نقطه نمایش داده می‌شود؛ برای نمونه، آرایش الکترون - نقطه‌ای سدیم به صورت Na است.

برای رسم آرایش الکترون - نقطه‌ای هر اتم، می‌توان نقطه‌گذاری را از یک سمت مانند سمت راست نماد شیمیایی عنصر آغاز کرد و نقطه‌های بعدی را در زیر، سمت چپ و بالای آن قرار داد. الکترون پنجم و پس از آن را باید طوری پیرامون نماد شیمیایی عنصر قرار داد که هر یک به صورت جفت نقطه درآید؛ برای نمونه آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم‌های کربن، فسفر و آرگون به صورت زیر است:



خود را بیازمایید

آ جدول زیر را کامل کنید.

عنصر	^۱ Li	^۲ Be	^۳ B	^۴ C	^۵ N	^۶ O	^۷ F	^۸ Ne
آرایش الکترونی فشرده	[He]s ¹	[He]s ²	[He]s ² p ¹	[He]s ² p ²	[He]s ² p ³	[He]s ² p ⁴	[He]s ² p ⁵	[He]s ² p ⁶
شمار الکترون ظرفیت	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
آرایش الکترون - نقطه‌ای	Li [•]	Be ^{••}	•B [•]	•C ^{••}	•N ^{•••}	•O ^{••••}	•F ^{•••••}	•Ne ^{••••••}
عنصر	^{۱۱} Na	^{۱۲} Mg	^{۱۳} Al	^{۱۴} Si	^{۱۵} P	^{۱۶} S	^{۱۷} Cl	^{۱۸} Ar
آرایش الکترونی فشرده	[Ne]s ¹	[Ne]s ²	[Ne]s ² p ¹	[Ne]s ² p ²	[Ne]s ² p ³	[Ne]s ² p ⁴	[Ne]s ² p ⁵	[Ne]s ² p ⁶
شمار الکترون ظرفیت	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
آرایش الکترون - نقطه‌ای	Na [•]	Mg ^{••}	•Al [•]	•Si ^{••}	•P ^{•••}	•S ^{••••}	•Cl ^{•••••}	•Ar ^{••••••}

ب) آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم عنصرهای یک گروه چه شباهتی دارد؟ توضیح دهید. **یک هستند**

پ) بین شماره گروه و آرایش الکترون - نقطه‌ای چه رابطه‌ای هست؟ توضیح دهید.

گروه ۱۲ ← تعداد نقطه‌ها = شماره گروه
گروه‌ها ۱۳، ۱۴، ۱۵ ← تعداد نقطه‌ها = یک‌نهم گروه (جز He)

● از دست دادن، گرفتن یا به اشتراک گذاشتن الکترون نشانه‌ای از رفتار شیمیایی اتم است.

رفتار شیمیایی هر اتم به شمار الکترون‌های ظرفیت آن بستگی دارد به طوری که می‌توان دستیابی به آرایش گاز نجیب را مبنای رفتار آنها دانست. در واقع اتم‌ها می‌توانند با دادن الکترون، گرفتن الکترون و نیز به اشتراک گذاشتن آن به آرایش یک گاز نجیب برسند یا هشت تایی شوند تا پایدارتر گردند. در درس علوم آموختید که هرگاه اتم‌های سدیم و کلر کنار یکدیگر قرار گیرند، اتم سدیم با از دست دادن یک الکترون به یون سدیم و اتم کلر با گرفتن یک الکترون به یون کلرید تبدیل شده و در این واکنش سدیم کلرید (نمک خوراکی) تولید می‌شود (شکل ۲۵).

سدیم، فلز است و اتم آن الکترون می‌دهد.

کلر، نافلز است و اتم آن الکترون می‌گیرد.

شعاع بزرگتر شده

شعاع کوچکتر شده

Na

Cl₂ (گاز زرد رنگ)

فلز سدیم

گاز کلر (گازی زرد رنگ)

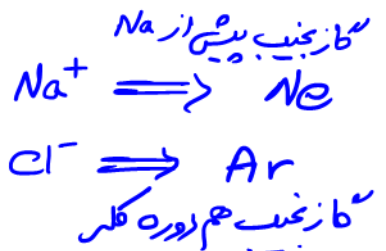
شکل‌های از یون‌ها

Na⁺ Cl⁻

سدیم کلرید (NaCl)

(نمزی نم)

شکل ۲۵- واکنش اتم‌های سدیم با کلر، دادوستد الکترون و تشکیل سدیم کلرید



شکل نشان می‌دهد که اتم‌های سدیم با از دست دادن الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب پیش از خود (نئون) و اتم‌های کلر با گرفتن الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب هم دوره خود (آرگون) می‌رسند.

خانه‌ها رنگی ← انتظار داریم تمایل به از دست دادن الکترون داشته باشند (کاتیون شوند)

خانه‌ها صورتی ← انتظار داریم تمایل به داد و ستد الکترون ندارند

آیا می دانید

گیلبرت نیوتن لوویس
(۱۸۷۵-۱۹۴۶)

یکی از پیشگامان دانش شیمی و بنیان‌گذار نظریه تشکیل پیوند شیمیایی و نظریه الکترونی اسید-باز بود. او واژه فوتون را برای ذره‌های سازنده نور پیشنهاد کرد.



این شیمی فیزیک‌دان آمریکایی ۳۵ بار نامزد دریافت جایزه نوبل شد اما هیچ‌گاه این جایزه را دریافت نکرد. این ناکامی هیچ چیز از ارزشمندی، ماندگاری و تأثیرگذاری کارهای علمی لوویس کم نمی‌کند.

با هم ببیندیشیم
خانه‌های آبی ← انتظار داریم تمایل به گرفتن الکترون داشته باشند (آنیون شوند)
۱- جدول زیر را در نظر بگیرید:
خانه‌های زرد ← انتظار داریم دو الکترون داشته باشند و پایدار باشند (گاز نجیب)

H								He	
	۲			۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	
Li	Be			B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg			Al	Si	P	S	Cl	Ar

بد جهت الکترون دارد

آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم‌های داده شده را با اتم‌های نجیب، مقایسه و پیش‌بینی کنید هر یک از این اتم‌ها در واکنش‌های شیمیایی چه رفتاری خواهد داشت؟ **بالا صفتی**

ب) بررسی‌ها نشان می‌دهد که اغلب این اتم‌ها در طبیعت به صورت یون در ترکیب‌های گوناگون یافت می‌شود. جدول زیر یون‌های شناخته شده از این اتم‌ها را نشان می‌دهد. اکنون با توجه به آن، درستی پیش‌بینی‌های خود را بررسی کنید.

۱۸ ← وارد واکنش نمی‌شوند

فقط می‌تواند الکترون بگیرد

به اشتراک بگذارد

البتّه به نظریات

H								He	
Li ⁺	Be			B	C	N ^{۳-}	O ^{۲-}	F ⁻	Ne
Na ⁺	Mg ^{۲+}			Al ^{۳+}	Si	P ^{۳-}	S ^{۲-}	Cl ⁻	Ar
K ⁺	Ca ^{۲+}			Ga ^{۳+}	Ge	As		Br ⁻	Kr

فقط می‌تواند الکترون به اشتراک بگذارد

← H⁺ در بعضی از محلول‌ها
H⁻ در واکنش با فلزهای گروه اول و دوم اشتراک‌ناشن الکترون در بسیاری مواقع

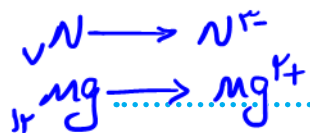
۲- با توجه به جدول در هر مورد با خط زدن واژه نادرست، عبارت داده شده را کامل کنید. **مهم**

آ) اگر شمار الکترون‌های ظرفیت اتمی کمتر یا برابر با سه چهار باشد، آن اتم در شرایط مناسب تمایل دارد که ~~شماره~~ الکترون‌های ظرفیت خود را از دست بدهد و به ~~کاتیون~~ ^{آنیون} تبدیل شود.

ب) اتم عنصرهای گروه ۱ و ۲ در شرایط مناسب با ~~از دست دادن~~ ^{گرفتن} الکترون به ~~کاتیون~~ ^{آنیون} تبدیل می‌شوند که آرایشی همانند آرایش الکترونی گاز نجیب ~~پیش~~ ^{پس} از خود را دارند.

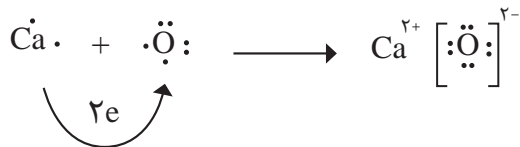
پ) اتم عنصرهای گروه ۱۵، ۱۶ و ۱۷ در شرایط مناسب با از دست دادن الکترون به کاتیون آنیون تبدیل می‌شوند که آرایشی همانند آرایش الکترونی گاز نجیب هم دوره خود را دارد.

۳- پیش‌بینی کنید اتم هریک از عنصرهایی که به ترتیب در خانه‌های شماره ۷ و ۱۲ جدول دوره‌ای جای دارد، در شرایط مناسب به چه یونی تبدیل می‌شود؟



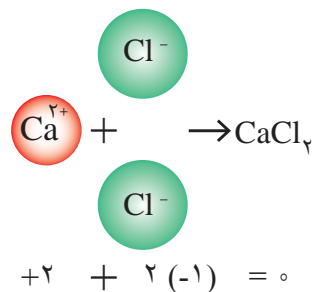
تبدیل اتم‌ها به یون‌ها

اتم اکسیژن برای رسیدن به آرایش گاز نجیب پس از خود باید دو الکترون بگیرد در حالی که اتم کلسیم باید دو الکترون ظرفیت خود را از دست بدهد تا به آرایش پایدار گاز نجیب پیش از خود برسد؛ به دیگر سخن هرگاه اتم‌های این دو عنصر در شرایط مناسب، کنار هم قرار گیرند، با هم واکنش می‌دهند به طوری که با دادوستد الکترون به یون‌های Ca^{2+} و O^{2-} تبدیل می‌شوند. میان یون‌های تولید شده به دلیل وجود بارهای الکتریکی ناهمنام، نیروی جاذبه بسیار قوی برقرار می‌شود؛ نیروی جاذبه‌ای که پیوند یونی نامیده می‌شود. ترکیب حاصل از این واکنش، کلسیم اکسید نام دارد که آن را با فرمول شیمیایی CaO نشان می‌دهند. این فرمول شیمیایی نشان می‌دهد که کلسیم و اکسیژن دو عنصر سازنده این ترکیب‌اند و نسبت یون‌های سازنده آن ۱ به ۱ است. ترکیب‌هایی از این دست که ذره‌های سازنده آنها یون است، ترکیب یونی نام دارند.



● **یون تک اتمی**، کاتیون یا آنیونی است که تنها از یک اتم تشکیل شده است؛ برای نمونه هریک از یون‌های Na^+ و Cl^- ، تک اتمی هستند.

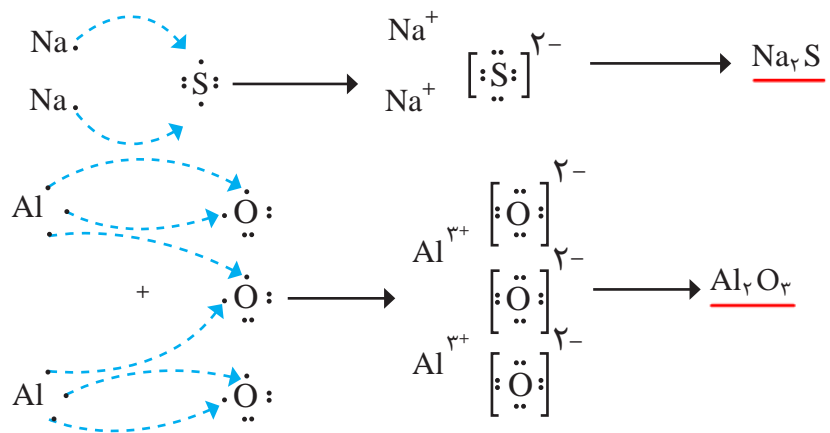
● هر ترکیب یونی که تنها از دو عنصر ساخته شده، **ترکیب یونی دوتایی** نامیده می‌شود. این ترکیب‌ها می‌توانند از واکنش فلزها با نافلزها پدید آیند.



با هم بیندیشیم

هر ترکیب یونی از لحاظ بار الکتریکی **خنثی** است؛ زیرا مجموع بار الکتریکی کاتیون‌ها با مجموع بار الکتریکی آنیون‌ها برابر است. از این ویژگی می‌توان برای نوشتن فرمول شیمیایی ترکیب‌های یونی دوتایی بهره برد؛ برای نمونه به چگونگی تشکیل سدیم سولفید و آلومینیم اکسید و نوشتن فرمول شیمیایی آنها توجه کنید.

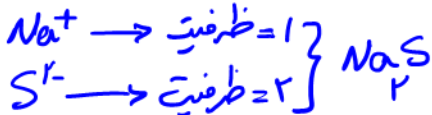
● فرمول شیمیایی کلسیم کلرید نشان می‌دهد که نسبت کاتیون به آنیون سازنده آن، ۱ به ۲ است.



ظرفیت کاتیون ناظر ظرفیت آنیون طنز

۱- روشی برای نوشتن فرمول شیمیایی ترکیب‌های یونی دوتایی ارائه کنید.

۲- فرمول شیمیایی هر یک از ترکیب‌های زیر را بنویسید.



(ب) پتاسیم نیتريد

(ت) آلومینیم فلئورید



(آ) کلسیم برمید

(پ) منیزیم سولفید

۳- با توجه به داده‌های جدول (آ)، شیوه نام‌گذاری ترکیب‌های یونی دوتایی را مشخص و

سپس جدول (ب) را کامل کنید. نام کاتیون + نام آنیون (بدون آوردن کلمه "یون")
 جدول (آ)

نام و نماد شیمیایی آنیون		نام و نماد شیمیایی کاتیون	
Br ⁻	یون برمید	Li ⁺	یون لیتیم
I ⁻	یون یدید	K ⁺	یون پتاسیم
N ³⁻	یون نیتريد	Mg ²⁺	یون منیزیم
S ²⁻	یون سولفید	Ca ²⁺	یون کلسیم
F ⁻	یون فلئورید	Al ³⁺	یون آلومینیم

جدول (ب)

نام ترکیب یونی	نماد یون‌های سازنده	فرمول شیمیایی
منیزیم اکسید	O ²⁻ , Mg ²⁺	MgO
کلسیم کلرید	Cl ⁻ , Ca ²⁺	CaCl ₂
پتاسیم اکسید	K ⁺ , O ²⁻	K ₂ O
سدیم فسفید	Na ⁺ , P ³⁻	Na ₃ P
لیتیم برمید	Li ⁺ , Br ⁻	LiBr

تبدیل اتم‌ها به مولکول‌ها

آیا می‌دانید

اخترشیمی‌دان‌ها توانسته‌اند وجود مولکول‌های گوناگونی را در نقاط بسیار دوری از کیهان ثابت کنند. طیف‌سنجی، دانشی است که کمک شایانی به این پژوهش‌ها کرده است. تاکنون بیش از 120° مولکول در فضاها بین ستاره‌ای شناخته شده است. این مولکول‌ها دو یا چند اتمی است. بسیاری از مولکول‌های یافت شده در زمین نیز هست؛ اما مولکول‌هایی هم شناخته شده است که در زمین وجود ندارد. مولکول‌های یاد شده بر اثر تابش پرتوهای کیهانی از جمله تابش فرابنفش به یون‌های مثبت تبدیل می‌شود؛ بنابراین افزون بر مولکول‌ها، گونه‌هایی با بارالکتریکی مثبت نیز در فضاها بین ستاره‌ای وجود دارد.

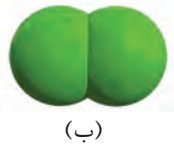
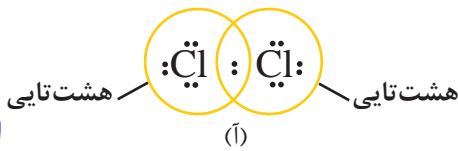
آیا همهٔ اتم‌ها هنگام ترکیب با یکدیگر، الکترون دادوستد می‌کنند؟ در درس علوم آموختید که بسیاری از ترکیب‌های شیمیایی در ساختار خود هیچ یونی ندارند و ذره‌های سازندهٔ آنها **مولکول‌ها هستند**. حال این پرسش مطرح است که رفتار کدام اتم‌ها سبب تشکیل مولکول‌ها خواهد شد؟ آیا در تشکیل مولکول‌ها رسیدن به آرایش هشت‌تایی ملاکی برای رفتار اتم‌هاست؟ برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها به آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم کلر توجه کنید.



گاز کلر که خاصیت رنگ‌بری و گندزدایی دارد از مولکول‌های دو اتمی (Cl_2) تشکیل شده است. با توجه به آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم کلر می‌توان تشکیل این مولکول را به صورت زیر نشان داد:



با این توصیف هر اتم کلر، تک الکترون خود را با دیگری به اشتراک می‌گذارد به طوری که دو الکترون موجود بین دو اتم در آرایش الکترون - نقطه‌ای به هر دوی آنها تعلق دارد. در این وضعیت هر یک از اتم‌ها به آرایش هشت‌تایی رسیده است (شکل ۲۶).



شکل ۲۶- نمایش مولکول کلر (آ) آرایش هشت‌تایی اتم‌ها در مولکول (ب) مدل فضا پرکن

جفت الکترون اشتراکی میان دو اتم کلر در مولکول Cl_2 ، نشان‌دهندهٔ یک پیوند اشتراکی (کووالانسی) است؛ پیوندی که سبب اتصال دو اتم به یکدیگر در مولکول شده است؛ به دیگر سخن اتم نافلزها در شرایط مناسب با تشکیل پیوندهای اشتراکی می‌توانند مولکول‌های دو یا چند اتمی را بسازند (جدول ۴).

● مواد شیمیایی خالصی که در ساختار خود مولکول دارند، مواد مولکولی نامیده می‌شوند.

در این مدل الکترون‌ها را می‌توانند مشخص می‌شوند.

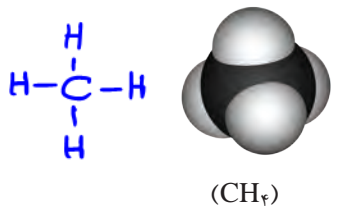
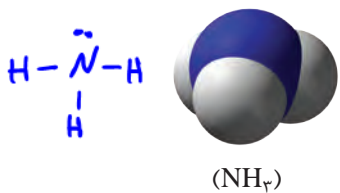
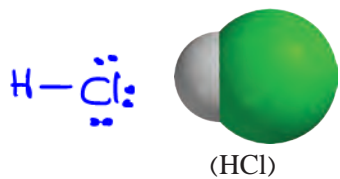
دو حبه الکترون پیوندی - دو حبه الکترون ناپیوندی

جدول ۴- چگونگی تشکیل و نمایش مولکول های اکسیژن و آب

دو حبه الکترون پیوندی
دو حبه الکترون ناپیوندی

تشکیل مولکول از اتمها	$\begin{array}{c} \cdot\ddot{O}\cdot + \cdot\ddot{O}\cdot \\ \downarrow \quad \downarrow \\ \text{:}\ddot{O}\text{:}\ddot{O}\text{:} \quad \text{یا} \quad \text{:}\ddot{O}=\ddot{O}\text{:} \end{array}$	$\begin{array}{c} H\cdot + \cdot\ddot{O}\cdot + \cdot H \\ \downarrow \quad \downarrow \\ H\text{:}\ddot{O}\text{:}H \quad \text{یا} \quad H-\ddot{O}-H \end{array}$
آرایش الکترون - نقطه ای مولکول		
مدل فضا پرکن		
فرمول مولکولی	O_2	H_2O

● به فرمول شیمیایی که افزون بر نوع عنصرهای سازنده، شمار اتمهای هر عنصر را در مولکول نشان می‌دهد، **فرمول مولکولی** می‌گویند.



● مدل فضا پرکن برای برخی مولکولها

خود را بیازمایید

۱- آرایش الکترون - نقطه ای را برای هر یک از مولکول های زیر رسم کنید.

- (آ) هیدروژن کلرید (HCl)
 (ب) آمونیاک (NH₃)
 (پ) متان (CH₄)

رنگار مدل فضا پرکن ساختار لوویس رسم شده است.

۲- جرم مولی هر یک از ترکیب های داده شده در پرسش بالا را با استفاده از داده های

جدول دوره ای به دست آورید.

راهنمایی: جرم مولی یک ماده با مجموع جرم مولی اتمهای سازنده آن برابر است. برای

نمونه، جرم مولی آب برابر است با: $16/0 + 18/0 = 18/0 \text{ g mol}^{-1}$

به صورت تقریبی:

$$CH_4 = 12 + 4 \times 1 = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$NH_3 = 14 + 3 \times 1 = 17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$HCl = 1 + 35,5 = 36,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$