

## الکترونگاتیویته

**الکترونگاتیویته Electronegativity** میزان توانایی نسبی یک اتم در یک

مولکول برای جذب جفت الکترون پیوندی بسوی خود است.

### متداول ترین مقیاس الکترونگاتیویته

مقیاس نسبی الکترونگاتیوی **پاولینگ**، متداول ترین مقیاس و مبتنی بر مقادیر تجربی

انرژی‌های پیوندی است. مقدار انرژی اضافی که از جاذبه متقابل بارهای جزئی **+6** و

**-6** اضافه بر انرژی پیوند کووالانسی آزاد می‌شود، به قدر مطلق **6** و به تفاوت

الکترونگاتیوی دو عنصر پیوند شده بستگی دارد. در محاسبات الکترونگاتیوی تنها تفاوت

الکترونگاتیویته عناصر تعیین می‌شود. برای بنا کردن یک مقیاس، به اتم **F**

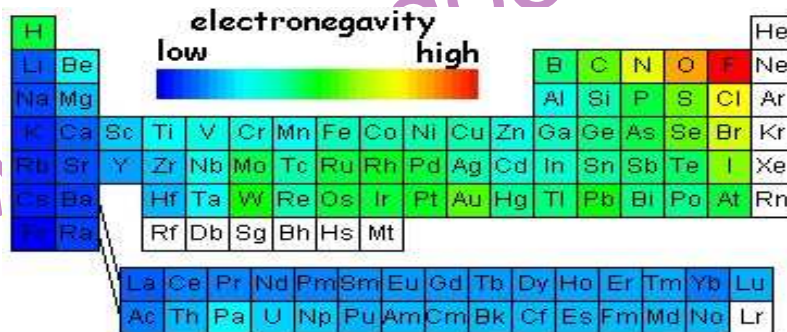
(الکترونگاتیویترین عنصر) بطور دلخواه عدد ۴ نسبت داده شده است.

مقیاس الکترونگاتیوی پاولینگ، متداول ترین مقیاس و مبتنی بر مقادیر تجربی انرژی‌های

پیوند است. مثلاً انرژی پیوند **Br-Br**، انرژی لازم برای تفکیک مولکول  $\text{Br}_2$  به

اتمهای **Br** است. برای تفکیک یک مول از مولکولهای  $\text{Br}_2$  به اندازه ۴۶ + کیلو

کالری انرژی لازم است. انرژی پیوند **H-H** برابر ۱۰۴ + کیلو کالری بر مول است.



## تعاریف مختلف الکترونگاتیویته

الکترونگاتیویته، در روشهای متفاوتی تعریف شده است که برخی از آنها به اختصار توضیح داده می شود .

### الکترونگاتیویته پاولینگ

انرژی اضافی پیوند **A-B** نسبت به متوسط انرژی پیوندهای **A-A** و **B-B** می تواند به حضور سهم یونی در پیوند کوالانسی نسبت داده شود. اگر انرژی پیوند **A-B** بطور قابل ملاحظه ای از متوسط پیوندهای غیر قطبی **A-A** و **B-B** متفاوت باشد، می توان فرض کرد که سهم یونی در تابع موج و بنابراین اختلاف بزرگ در الکترونگاتیوی وجود دارد .

### الکترونگاتیویته آلد\_روکر

در این تعریف، الکترونگاتیویته توسط میدان الکتریکی بر سطح اتم مشخص می شود. بنابراین الکترون در یک اتم بار موثر هسته ای را احساس می کند. بر طبق این تعریف،

عناصری با الکترونگاتیویته بالا آنهایی هستند که با بار هسته‌ای موثر بزرگ و شعاع کوالانسی کوچک، این عناصر در نزدیکی فلوئور قرار دارند .

### الکترونگاتیویته مولیکن

**مولیکن** تعریف خود را بر پایه داده‌های طیف‌های اتمی نهاد. او فرض کرد که توزیع دوباره الکترون در طی تشکیل ترکیب به گونه‌ای است که در آن یک اتم به کاتیون (توسط ابر دست دادن الکترون) و اتم دیگر به آنیون (توسط گرفتن الکترون) تبدیل می‌شود.

اگر یک اتم دارای انرژی یونیزاسیون بالا و الکترون‌خواهی بالا باشد، احتمالاً در هنگام تشکیل پیوند، الکترون‌ها را به سوی خود می‌کشد. بنابراین بعنوان الکترونگاتیو شناخته می‌شود. از طرف دیگر اگر انرژی یونش و الکترون‌خواهی آن، هر دو کوچک باشد تمایل دارد تا الکترون از دست بدهد. بنابراین به عنوان الکترو پوزیتیو طبقه بندی می‌شود. این مشاهدات تعریف مولیکن را به عنوان مقدار متوسط انرژی یونش و الکترون‌خواهی عنصر معرفی می‌کند .

### تغییرات الکترونگاتیویته عناصر

الکترونگاتیویته عناصر با افزایش تعداد الکترون‌های والانس و همچنین کاهش اندازه اتم افزایش می‌یابد و در هر دوره از جدول تناوبی از چپ به راست و در هر گروه از پایین به

بالا افزایش می‌یابد. فلزات، جاذبه کمی برای الکترون‌های والانس دارند و الکترونگاتیوی آنها حاکم است، ولی نافلزات، به استثنای گازهای نجیب، جاذبه قوی برای این گونه الکترون‌ها دارند و الکترونگاتیوی آنها زیاد است.

بطور کلی، الکترونگاتیوی عناصر در هر دوره از چپ به راست (با افزایش تعداد الکترون‌های والانس) و در هر گروه از پایین به بالا (با کاهش اندازه اتم) افزایش می‌یابد.

بنابراین، الکترونگاتیوترین عناصر، در گوشه بالایی سمت راست جدول تناوبی (بدون در نظر گرفتن گازهای نجیب) و عناصری که کمترین الکترونگاتیوی را دارند، در گوشه پایینی سمت چپ این جدول قرار دارند. این سیر تغییرات، با سیر تغییرات پتانسیل یونش و الکترون‌خواهی عناصر در جدول تناوبی هم‌جهت است.

## مفهوم الکترونگاتیوی

مفهوم الکترونگاتیوی گرچه مفید است، ولی دقیق نیست. روشی ساده و مستقیم برای اندازه گیری خاصیت الکترونگاتیویته وجود ندارد و روشهای گوناگون برای اندازه گیری آن پیشنهاد شده است. در واقع چون این خاصیت علاوه بر ساختمان اتم مورد نظر به تعداد و ماهیت اتمهای متصل به آن نیز بستگی دارد، الکترونگاتیوی یک اتم نامتغیر نیست.

انتظار می رود که الکترونگاتیوی فسفر در  $PCl_3$  با الکترونگاتیوی آن در  $PCl_5$  تفاوت داشته باشد. از اینرو، این مفهوم را تنها بایستی **نیمه کمی** تلقی کرد. بنابراین می توان گفت که قطبی بودن مولکول  $HCl$  ناشی از اختلاف بین الکترونگاتیوی کلر و هیدروژن است چون کلر الکترونگاتیوتر از هیدروژن است، آن سر مولکول که به کلر منتهی می شود، سر منفی دو قطبی است.

## توجه پیوند یونی با خاصیت الکترونگاتیویته

پیوند یونی بین غیرفلزات وقتی تشکیل می شود که اختلاف الکترونگاتیوی آنها خیلی زیاد نباشد. در اینگونه موارد، اختلاف الکترونگاتیوی عناصر نشان دهنده میزان قطبی بودن پیوندهای کووالانسی است. اگر اختلاف الکترونگاتیوی صفر یا خیلی کوچک باشد، می توان گفت که پیوند اساساً غیر قطبی است و اتمهای مربوط، سهم مساوی یا

تقریباً مساوی در الکترونهای پیوند دارند.

هر چقدر اختلاف الکترونگاتیوی بیشتر باشد پیوند کووالانسی قطبی تر خواهد بود (پیوند در جهت اتم الکترونگاتیوتر قطبی می شود). (بنابراین با توجه به مقادیر الکترونگاتیوی می توان پیشگویی کرد که **HF** قطبی ترین هیدروژن هالیدها است و انرژی پیوندی آن بیشتر از هر یک از این ترکیبات است. البته نوع پیوندی که بین دو فلز تشکیل می شود، پیوند فلزی و در آن اختلاف الکترونگاتیوی نسبتاً کم است.

### کاربردهای الکترونگاتیویته

- می توان برای تعیین میزان واکنش پذیری فلزات و غیر فلزات بکار برد.
- می توان برای پیش بینی خصلت پیوندهای یک ترکیب بکار برد. هر چه اختلاف الکترونگاتیوی دو عنصر بیشتر باشد، پیوند بین آنها قطبی تر خواهد بود. هر گاه اختلاف الکترونگاتیوی دو عنصر در حدود ۱.۷ باشد، خصلت یونی نسبی پیوند بیش از ۵۰٪ است.
- اگر اختلاف الکترونگاتیوی صفر و یا خیلی کوچک باشد، پیوند غیر قطبی است. هر چه اختلاف الکترونگاتیوی بیشتر باشد، پیوند کووالانسی قطبی تر خواهد بود.
- در این پیوندها، اتمی که الکترونگاتیوی بیشتری دارد، بار منفی جزئی را خواهد داشت.

- با استفاده از مقادیر الکترونگاتیوی می توان نوع پیوندی را که یک ترکیب ممکن است داشته باشد، پیش بینی کرد. وقتی دو عنصر با اختلاف الکترونگاتیوی زیاد با یکدیگر ترکیب می شوند، یک ترکیب یونی حاصل می شود. مثلا اختلاف الکترونگاتیوی سدیم و کلر 2.1 است و **NaCl** یک ترکیب یونی است .

### آیا الکترونگاتیوی یک عنصر همیشه ثابت است؟

مفهوم الکترونگاتیوی غیر دقیق است. زیرا این خاصیت نه تنها به ساختمان اتم مورد بحث بستگی دارد، بلکه تعداد و ماهیت اتم های دیگری که به اتم مزبور پیوند داده

شده اند نیز در آن دخالت دارد. بنابراین الکترونگاتیوی یک عنصر همیشه ثابت نیست مثلا

الکترونگاتیوی فسفر در ترکیب  $(PCl_3)$  متفاوت از الکترونگاتیوی آن در ترکیب  $(PCl_5)$  است .

### آرایش الکترونی عناصر

#### آشنایی

آرایش الکترونی نحوه چینی الکترونها را در لایه های اطراف هسته اتم نشان می دهد. کار را با اتم هیروژن که یک الکترون در اوربیتال 1S دارد، آغاز می کنیم. با افزودن یک الکترون، آرایش الکترونی اتم عنصر بعدی He که 1s<sup>2</sup> است بدست می آید. به این ترتیب از عنصری به عنصر بعدی می رویم تا به آرایش الکترونی اتم مورد نظر

می‌رسیم. این روش در ابتدا از طرف ولفگانگ پاولی مطرح شد و به روش «بناگذاری» موسوم است.

### الکترون متمایز کننده

الکترونی که در روش بناگذاری، به آرایش الکترونی یک عنصر افزوده می‌شود تا عنصر بعدی بدست آید، الکترون متمایز کننده نامیده می‌شود. این الکترون آرایش الکترونی اتم یک عنصر را از اتم عنصر پیشین متمایز می‌کند. الکترون متمایز کننده در هر مرحله به اوربیتال خالی دارای کمترین انرژی افزوده می‌شود.

### آرایش الکترونی صحیح عناصر

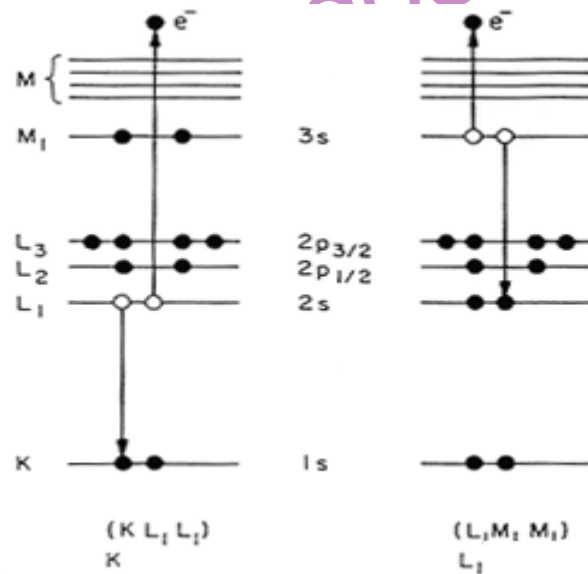
آرایش الکترونی صحیح عناصر به صورت زیر است:

1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, ...

6p, 7s, 5f, 6d, 7p, ...

### انرژی لایه‌های فرعی





انرژی همه اوربیتالهای یک پوسته فرعی یکسان است. مثلاً انرژی هر اوربیتال ۳p برابر انرژی هر یک از دو اوربیتال ۳p دیگر است. تمام پنج اوربیتال ۳d نیز انرژی یکسان دارند. اما در یک پوسته اصلی، پوسته‌های فرعی مختلف انرژی متفاوت دارند. برای هر مقدار  $n$ ، انرژی پوسته‌های فرعی به ترتیب  $s < p < d < f$  افزایش می‌یابند.

در پوسته  $n = 3$ ، اوربیتال ۳s کمترین انرژی، اوربیتالهای ۳p، انرژی متوسط و اوربیتالهای ۳d حداکثر انرژی را دارند. گاهی انرژی اوربیتالهای مربوط به پوسته‌های مختلف، همپوشانی دارند. مثلاً در بعضی از آنها، اوربیتال ۴s، کم انرژی‌تر از اوربیتال ۳d است.

**ترتیب قرار دادن اوربیتالها**

ترتیب معینی برای قرار دادن متوالی اوربیتالها برحسب انرژی که برای تمام آنها صدق می کند، وجود ندارد. در فرآیند فرضی بناگذاری، خصلت اتم به موازات افزایش یافتن تعداد پروتون و نوترون در هسته و نیز اضافه شدن تعداد الکترونها تغییر می کند. خوشبختانه، تغییرات ترتیب انرژی اوربیتالی از عنصری به عنصر بعد به تدریج و بطور منظم صورت می پذیرد. این ترتیب تنها برای موقعیتهای اوربیتالی که الکترون متمایز کننده در فرآیند بناگذاری در آن جا می گیرد صادق است.

به این ترتیب که از ۱ شروع می کنیم و به تدریج اوربیتالهای بالاتر را پر می کنیم. باید توجه کنیم که در پوسته فرعی  $p$  سه اوربیتال، در  $d$  پنج اوربیتال و در  $f$  هفت اوربیتال وجود دارد. هر پوسته فرعی را پیش از آنکه به پوسته بعدی الکترون داده شود، پر می کنیم.

### جدول تناوبی و آرایش الکترونی

برای بدست آوردن آرایش الکترونی می توان جدول تناوبی را مورد استفاده قرار داد. نوع الکترون متمایز کننده به موقعیت عنصر در جدول تناوبی ارتباط داده می شود. توجه کنید که جدول را می توان به یک دسته « $s$ »، یک دسته « $p$ »، یک دسته « $d$ »، و یک دسته « $f$ » تقسیم کرد. برای عناصر دسته « $s$ »، و دسته « $p$ »، عدد کوانتومی اصلی الکترون متمایز کننده، مساوی شماره تناوب، برای عناصر دسته « $d$ » برابر با

شماره تناوب منهای یک و برای عناصر دسته «f» مساوی با شماره تناوب منهای دو است.

- برای آنکه بتوانید بحث را برای بدست آوردن آرایش الکترونی تعقیب کنید، باید یک جدول تناوبی دم دست داشته باشید. به عنوان مثال، اولین تناوب از دو عنصر تشکیل شده است، (هیدروژن و هلیوم) که هر دوی آنها، از عناصر دسته «S» هستند. آرایش الکترونی هیدروژن ۱  $1s^1$  و از آن هلیوم ۱  $1s^2$  است.
- تناوب دوم با لیتیم ( $1s^1 2s^1$ ) و بریلیم ( $1s^2 2s^2$ ) آغاز می شود که در آنها الکترونها به اوربیتال ۲S افزوده می شوند. در شش عنصری که این تناوب را تکمیل می کنند، یعنی بور ( $1s^2 2s^2 2p^1$ ) تا گاز نجیب نئون ( $1s^2 2s^2 2p^6$ ) الکترونها یک به یک به سه اوربیتال 2p افزوده می شوند.
- الگوی تناوب دوم در تناوب سوم نیز تکرار می شود. دو عنصر دسته «S»، سدیم ( $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ ) و منیزیم ( $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ ) هستند. شش عنصر «p» از آلومینیوم ( $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ ) تا گاز نجیب آرگون ( $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ ) را در بر می گیرند

یونیزاسیون با لیزر

## نگاه اجمالی

- تجزیه مواد جامد بدون حل کردن آنها همواره مورد توجه شیمیدانان تجزیه بوده است. از زمان توسعه طیف سنجی استفاده از جرقه به عنوان روشی برای ایجاد یون بدون حل کردن نمونه‌ها دانشمندان در پی کشف روشهای کاربردی تر بوده‌اند. امروزه با پیشرفت لیزر، برانگیختگی با لیزر و تجزیه جرمی یونهای ایجاد شده بیشتر مورد توجه قرار گرفته است، در حالیکه در روش جرقه باید نمونه‌ها به اجزایی با رسانش گرمایی تبدیل شوند. با استفاده از لیزر به چنین مرحله‌ای نیاز نخواهد بود.
- استفاده از لیزر به عنوان یک منبع تولید یون از سال ۱۹۶۰ مورد توجه دانشمندان بوده است. اولین مطالعات در این زمینه شامل تبخیر گرافیت، تبخیر زغال سنگ با لیزر القایی برای طبقه‌بندی انواع زغال سنگها، تجزیه عنصری فلزات، اندازه گیری نسبت ایزوتوپی و ... بوده است. در سال ۱۹۶۹ با استفاده از تحقیقات فوق استفاده از لیزر به نمونه‌های زیست شناختی گسترش یافت و در سال ۱۹۷۰ یونهای مولکولی از نمکهای غیر فرار آلی با استفاده از لیزر ایجاد شدند.

## مکانیزم یونیزاسیون با لیزر

• مکانیسم تشکیل یون در اثر تابش پرتو لیزر به جامدات تاکنون بخوبی درک نشده است، اما نتایج بدست آمده از آزمایشهای مختلف با لیزرهای گوناگون نشان می دهد که طول موج لیزر عامل مهمی در یونیزاسیون نیست، بلکه آن چیزی که اهمیت دارد مدت و شکل ضربانهای لیزر است. کارایی یونیزاسیون با چگالی لیزر تغییر می کند.

عامل مهم دیگر تغییرات کارایی یونیزاسیون برای عناصر مختلف در یک بافت خاص می باشد. نمونه مورد آزمایش در خلا قرار داده شده ، با فعال نمودن لیزر برانگیخته ، نمونه مورد نظر تبخیر شده و ایجاد میکروپلاسمایی می کند که شامل تکه های خنثی همراه با یونهای مولکولی ، عنصری و تکه های یونی با بار واحد خواهد بود .

### مراحل یونیزاسیون با لیزر

۱. یونیزاسیون مستقیم جسم جامد توسط پرتو لیزر
۲. دفع سطحی و یونیزاسیون جسم جامد در منطقه نزدیک به ضربان لیزر
۳. یونیزاسیون سطحی
۴. واکنشهای یون - مولکول در فاز گازی
۵. انتشار ذرات خنثی بر حسب تشکیل یون

یونیزاسیون مستقیم در منطقه ای اتفاق می افتد که دمایی ما بین ۳۰۰۰ تا ۶۰۰۰ درجه سانتیگراد دارد. بنابر این تنها یونهای اتمی و تکه های مولکولی کوچک در این مرحله تولید می شود. مرحله ۲ در منطقه ای با گرادیان گرمایی بالا انجام می شود. این منطقه توسط امواج ضربه ای حاصل از برخورد پرتو لیزر با پلاسما تحت تاثیر است و یونهای با وزن مولکولی بالا و اجزای خنثی از این منطقه ساطع می شود. با اینکه این منطقه دارای دمای پلاسما نیست اما واکنشهای حالت جامد که در این منطقه اتفاق می افتد در گسترش یونها موثر می باشد. یونیزاسیون سطحی در منطقه نزدیک به پرتو لیزر اتفاق می افتد. در مورد اهمیت مراحل ۴ و ۵ هنوز جای سؤال باقی است. انتشار یونی از مناطق نزدیک ضربان لیزر همزمان با تابش لیزر روی نمونه اتفاق می افتد و بعد از خاموش شدن لیزر هم ادامه دارد. بنابر این یک انتقال فاز بین یونهای ثانوی و آنهایی که از ضربان لیزر حاصل می شوند بوجود می آید. چون یونیزاسیون مرحله ای با انرژی بالاتر نسبت به انتشار اجزا خنثی است. انتشار اجزای خنثی نیز احتمالاً پس از اتمام انتشار یونها از نمونه ادامه خواهد یافت.

الکترون

نگاه اجمالی

ذره بنیادی پایداری با بار الکتریکی منفی  $1.602 \times 10^{-19}$  کولن و جرم در حال سکون

$9.109 \times 10^{-31}$  کیلوگرم. الکترونها در همه اتمها حضور دارند و در لایه‌های خاصی

به دور هسته اتم می چرخند .

### سیر تحولی و رشد

در نظریه‌های دالتون و نظریه‌های یونانیان ، اتمها کوچکترین اجزای ممکن ماده بودند.

اما در اواخر سده نوزدهم کم کم معلوم شد که اتم خود از ذراتی کوچکتر ترکیب یافته

است. این تغییر دیدگاه ، نتیجه آزمایشهایی بود که با الکتریسیته به عمل آمد. در ۱۸۰۷ -

۱۸۰۸ شیمیدان انگلیسی **همفری دیوی** با تجزیه مواد مرکب توسط الکتریسیته ، پنج

عنصر پتاسیم ، سدیم ، کلسیم ، استرونیسیم و باریم را کشف کرد و دیوی با این کار به

این نتیجه رسید که عناصر با جاذبه‌هایی که ماهیتا الکتریکی هستند بهم وصل می شوند.

در سال ۱۸۳۳ - ۱۸۳۲ **مایکل فارادی** مجموعه آزمایشهای مهمی در زمینه **برقکافت**

شیمیایی انجام داد. در فرآیند برقکافت ، مواد مرکب بوسیله الکتریسیته تجزیه می شوند.

فارادی رابطه بین مقدار الکتریسیته مصرف شده و مقدار ماده مرکب تجزیه شده را بررسی

کرد و فرمول قوانین برقکافت را بدست آورد. بر مبنای کار فارادی ، جرج جانستون

استونی در سال ۱۸۷۴ به طرح این مسأله پرداخت که: واحدهای بار الکتریکی با اتمها

پیوستگی دارند. او در سال ۱۸۹۱ این واحد را الکترون نامید.

در سالهای پایانی سده نوزدهم میلادی بیشتر فیزیکدانان به این باور رسیدند که الکتریسته

به دو صورت ظاهر می شود: یکی به صورت الکترون با جرم  $9.109534 \times 10^{-31}$  کیلو

گرم و بار منفی  $1.602 \times 10^{-19}$  کولن و دیگری به صورت پروتون با جرم

$1.672623 \times 10^{-27}$  کیلو گرم و بار  $1.602177 \times 10^{-19}$  اعتقاد بر این بود که اتمها (و در

نتیجه مولکولها) از ترکیب الکترونها و پروتونها شکل می گیرد. در اوایل دهه ۱۹۳۰ معلوم

شد که همه اتمها (بجز هیدروژن (از پروتونهای مثبت و نوترونهای خنثی و با جرم

$1.675 \times 10^{-27}$  و بدون بار الکتریکی مثبت تشکیل می شود. همچنینی کشف شد که

الکترون مثبت (یا پوزیترون (نیز با جرمی برابر با جرم الکترون و باری برابر با بار الکترون

ولی با علامت مثبت) دست کم به صورت لحظه ای وجود دارد .

### ساختار اتم الکترونی

چنانچه گفته شد اتمها از ترکیب الکترونها و پروتونها شکل گرفته اند و هسته اتمها نیز از

پروتونهای مثبت و نوترونهای خنثی تشکیل شده است . به این ترتیب ، اتم خنثی هسته ای

با بار مثبت دارد که با الکترونهای (منفی) احاطه شده است. اندازه هسته در هر اتم از مرتبه

حدود  $1/10$  اندازه اتم است. بقیه حجم اتم را الکترونهای مداری در اشغال خود دارند .

### انتقال الکترونها



در رسانای الکتریسته (که معمولاً از جنس فلزند)، مسیرهایی برای انتقال سریع الکترونها وجود دارد. یونها) اتمها و مولکولهای با بار الکتریکی مثبت یا منفی در محلولها) نیز می‌توانند رساننده الکتریسته باشند. الکتریسته می‌تواند در هوا یا گازهای دیگر نیز منتقل شود، این انتقال یا به صورت جرقه‌ای است که چشمه‌ای با ولتاژ زیاد (چند هزار ولت به ازای هر سانتیمتر فاصله) آن را در فشار جو بوجود می‌آورد. و یا در فشار کم نظیر آنچه در لامپهای نئونی روی می‌دهد به صورت تخلیه الکتریکی است.

### گسیل الکترون

فلزات داغ الکترونها را فراوانی گسیل می‌کنند که آنها را می‌توان در خلأ خوب به صورت پرتوهای کاتدی شتاب داد. این پرتوهای تولید شده در لامپ کاتدی را می‌توان به کمک میدانهای الکتریکی و مغناطیسی فلوئورتاب کانونی کرد. لامپهایی که بر این اساس کار می‌کنند در میکروسکوپیهای الکترونی، صفحه‌های نمایشی رایانه‌ها و همچنین در تلویزیونها کاربرد دارد.

بر اثر کوششهایی که برای عبور جریان برق در خلأ به عمل آمد، **یولیوس پلوکر** در 1859 پرتوهای کاتدی را کشف کرد. موضوع از این قرار بود که دو الکتروود در یک لوله شیشه‌ای وارد کردند و پس از مسدود کردن لوله، هوای آنرا تقریباً بطور کامل بیرون کشیدند. وقتی یک ولتاژ زیاد بین دو الکتروود برقرار گردید، از الکتروود منفی که کاتد نامیده می‌شود پرتوهای گسیل یافت. این پرتوها بار منفی دارند، بر خط راست سیر

می کنند و بر دیواره مقابل کاتد موجب تالو می شوند. لامپهای تصویری که در صفحه تلویزیون و صفحه نمایشهای کامپیوتری بکار می روند. لوله های پرتو کاتدی جدیدی هستند، در این لامپها پرتوها بر صفحه ای متمرکز می شوند. این صفحه با موادی پوشیده شده که هنگام برخورد با تابش پرتوها درخشش ایجاد می کنند.

در اواخر سده نوزدهم، پرتوهای کاتدی بطور وسیعی مورد بررسی قرار گرفت.

آزمایشهای متعدد دانشمندان به این نتیجه انجامید که پرتوهای مذکور جریانی از ذرات بار دار منفی است که حرکتی سریع دارند. این ذرات همانطور که استونی پیشنهاد کرده بود **الکترون** نامیده شد. این الکترونها که از فلز کاتد ناشی می شوند همواره یکسانند و به

جنس فلز بستگی ندارند. چون بارهای ناهمنام یکدیگر را جذب می کنند، جریان

الکترونهايي که پرتوی کاتدی را بوجود می آورند هرگاه از میان دو صفحه با بارهای

مخالف بگذرند به طرف صفحه ای که بار مثبت دارد کشیده می شوند. بنابراین پرتوهای

کاتدی در یک میدان الکتریکی از مسیر عادی مستقیم خود منحرف می شوند. درجه این

اختلاف به دو عامل بستگی دارد:

انحراف بطور مستقیم با اندازه بار ذره تغییر می کند. ذره ای که بار بیشتری دارد بیشتر از

ذره ای که بار کمتری دارد منحرف می شود.

۱. انحراف بطور معکوس با جرم ذره تغییر می کند. ذره ای با جرم بزرگتر کمتر از

ذره ای با جرم کوچکتر منحرف می شود.

## انواع الکترونها

### الکترون آزاد

الکترونی که از اتم جدا شده و به آن بستگی ندارد. الکترونها بیرونی ترین لایه های اتمهای فلزات بستگی کمتری نسبت به اتمهای خود دارند و با گرفتن انرژی کوچکی از این اتمها کنده می شوند و به شکل توده ای از ابر یا گاز ، شبکه های اتمی فلزات را در بر می گیرند. هنگامی که الکترونها آزاد در میدان الکتریکی قرار گیرند، جریان الکتریکی بوجود می آید .

### الکترون اوژه

الکترون اوژه نوعی الکترون آزاد است که از اتم یا یون گسیل می شود. الکترون اوژه از بازآرایی الکترونها مقید از اتم یا یون اولیه سرچشمه می گیرد. این بازآیی از واکنش الکترون - الکترون که مولد نیروی دافعه است و می تواند بر نیروی جاذبه ناشی از برهمکنش الکترون - هسته فایق آید، صورت می گیرد. با آن همه بازآیی یاد شده تنها هنگامی می تواند رخ دهد که حداقل جای یک الکترون در تراز انرژی معین اتم یا یون اولیه خاصی باشد و در تراز با انرژی بیشتر از انرژی تهی جا حداقل دو الکترون وجود داشته باشد، یکی از الکترونها تراز بالاتر به تراز دارای تهی جا سقوط می کند و الکترون دیگر به صورت الکترون آزاد از اتم خارج می شود .

## الکترون ظرفیت یا الکترون والانس

هر یک از الکترونهاى لایه خارجى اتم که در ایجاد پیوندهای شیمیایی شرکت می کنند .

### الکترون رسانش

اتمهای هر فلزی با پیوندهای کووالانسی که راستای کاملاً مشخص ندارند و میان چندین اتم پخش شده اند، به همدیگر مقید هستند. بنابراین الکترونهاىی که قیدشان در ضعیفترین حد است (الکترون ظرفیت) می توانند در سراسر فلز حرکت کنند. این الکترونهاى متحرک که الکترون رسانش نامیده می شود در خواص الکترونی و انتقال گرما در فلزها دخالت دارد.

• مدل گاز آزاد فرمی: برای فلزهای ساده مانند (pb , TI , In , GA ,

Al , Ba , Sr, Ca , Mg , Be , Rb , Cs , Ka , Na , Li)

الکترون رسانش در رسانندگی گازی از فرمیونها بدون برهمکنش و با چشم پوشی

از انرژی پتانسیل ناشی از بخش مرکزی یونها، می توان محاسبه کرد. در این مدل

، انرژی مجاز الکترونهاى رسانشی پیوسته اند و در انرژی فرمی  $E_f$  با یک سطح

کروی فردی روبرو هستیم.

• **خواص الکترونی** : وقتی یک میدان الکتریکی خارجی به فلز اعمال می شود

الکترونهاى رسانش شروع به شتاب گرفتن می کنند. اما برخورد این الکترونها با

ناخالصیها به فوتونها ، ناکاملیهای شبکه ، حرکتشان را کند می کند، این فرآیند

منجر به حالتی مانا می شوند که در آن **سرعت سوق** برای الکترون رسانش

عبارت است از  $v = -eET/m$  :

که در آن  $e$  بار الکترون ،  $E$  میدان الکتریکی ،  $T$  زمان میانگین بین برخورد (یا زمان

واهلش) و  $m$  جرم الکترون است.

• **سرعت سوق الکترون** : میانگین سرعتی که با آن الکترونها یا یونها ، بر اثر

میدان الکتریکی در ماده ای رسانا یا نیم رسانا جابجا می شوند. نیم رساناهای

خالص و آلاییده دارای حاملهای (الکترونها و حفره های رسانش) **آزادی** هستند

که تحت تأثیر میدان الکتریکی ممکن است در داخل جسم جابجا شوند. تعداد

الکترونها و حفره ها به جنس نیم رسانا و میزان و نوع آلایش و دمای آن بستگی

دارد. اما در هر نیم رسانای قابل استفاده این تعداد معمولاً بین  $10^{22}$  تا  $10^{26}$

الکترون یا حفره در هر متر مکعب است. در غیاب میدان الکتریکی این حاملها در

جهت کاتوره ای در جسم حرکت می کنند و بنابراین جریان الکتریکی خالص

بوجود نمی آورند.

هر گاه میدان الکتریکی برقرار شود، بر حاملها نیروی الکتریکی وارد می شود و در جهت نیرو به آنها شتاب داده می شود، که این امر به ایجاد جریان الکتریکی می انجامد. اما حاملها با اتمها و نقص بلور، مانند ناخالصیها و دررفتگیها نیز برهمکنش و برخورد نیز دارند و این برخوردها سبب میشوند سرعت الکترون کاتوره ای شود. به این ترتیب الکترونها و حفرهها در جهت نیروی الکتریکی دارای سرعت متوسطی هستند. و این سرعت متوسط یا سرعت سوق با توازن بین نیروی الکتریکی در زمان  $T$  فاصله زمانی میانگین بین برخوردها مشخص می شود.

سرعت برخورد برابر است با  $V_p = eTE/m$  که در آن،  $E$  میدان الکتریکی اعمال شده بر حسب ولت متر را،  $e$  بار الکترون و  $m^*$  جرم مؤثر حامل است.

### اسپین الکترون

اسپین یکی از ویژگیهای درونی ذرات است. اسپین خاصیتی است که به غیر صفر بودن تکانه زاویه ای ذره ساکن مربوط می شود، اینکه الکترونها دارای اسپین هستند از اهمیت خاصی برخوردار است. اسپین الکترون در شیمی و در جنبه هایی از رفتار ماده معمولی، بویژه در پدیده های مغناطیسی نقش اساسی ایفا می کند. الکترون حامل اسپین  $1/2$  هسته و

این بدان معنی است که برای الکترون ساکن اندازه گیری تکانه زاویهای نسبت به یک محور مفروض به یکی از دو نتیجه ممکن  $\pm \hbar/2$  می انجامد  $\hbar = h/2\pi$  ثابت کاهیده پلانک است.

اسپین الکترون دو پیامد نزدیکی دارد: یکی اینکه الکترونها را به صورت آهنربایی میکروسکوپیکی در می آورد، که هم میدان مغناطیسی تولید می کنند و هم در برابر میدان مغناطیسی واکنش نشان می دهند. دیگر اینکه یک درجه آزادی داخلی نمی توانند حالت کوانتمی یکسان داشته باشند و این خاصیتی است به فرمیون بودن الکترونها مربوط می شود .

### پراش الکترون

فیزیک کلاسیک ، الکترونها را ذراتی در نظر می گیرد با جرم و بار معین ، برهمکنش الکترون با میدانهای الکتریکی و مغناطیسی را می توان بر حسب حرکت ذره توضیح داد. آزمایشهای اولیه با لامپ پرتوی کاتودی که باریکه الکترون را فراهم می آورد، نشان داد که اجسام کوچکی که در لامپ قرار داده شوند روی پرده فسفری سایه واضح می اندازند. این آزمایش با تصویر کلاسیکی الکترون به صورت ذره کاملا سازگار است . طول موج دوبروی الکترونی با انرژی  $10000 \text{ eV}$  یعنی الکترونی که با پتانسیل  $1000 \text{ V}$  شتاب گرفته باشد، برابر  $4 \times 10^{-11} \text{ m}$  متر است. چون این مقدار

- بسیار کوچکتر از اندازه جسم است، اثر پراش بسیار کوچکتر از آن است که دیده شود .
- بلافاصله بعد از اینکه دوبروی اظهار نظر کرد که ماده باید خواص موجی از خود نشان دهد، والتر الساسر اعلام کرد که پراش الکترونها باید در سطح بلور قابل مشاهده باشد