

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

جلسہ ہشتم

ساختار اتم

و

مولکول

ساختار اتم

PDF Compressor Free Version

اتم به یونانی *ἄτομο* به معنی ناگسستنی (تجزیه ناپذیر) است.

اتم کوچکترین واحد تشکیل دهنده یک ماده ساده است که می‌تواند به کمک پیوند شیمیایی به اتمی دیگر متصل گردد.

مدل های اتمی

PDF Compressor Free Version

مدل اتمی دموکریت

نام اتم به معنای تجزیه ناپذیر را دموکریت در ۵۰۰ سال قبل از میلاد انتخاب کرد. او بر این عقیده بود که:

- ماده ساختار ذره‌های دارد یعنی از ذره‌ها بسیار کوچکی ساخته شده است که خود آن را می‌توان تجزیه ناپذیر نامید.
- اتم مواد مختلف در شکل با یکدیگر متفاوت است. برای مثال مواد تیز و برنده یا ترش دارای اتمی با لبه‌های تیز به شکل‌هایی چون مثلث هستند یا مواد نرم و شیرین دارای شکلی دایره‌ای می‌باشند.

- ماده از ذره‌های تجزیه ناپذیری به نام اتم ساخته شده است.
- همه اتم‌های یک عنصر مشابه یکدیگرند.
- اتم‌ها نه به وجود می‌آیند و نه از بین می‌روند.
- همه اتم‌های یک عنصر جرم یکسان و خواص شیمیایی یکسان دارند.
- از اتصال اتم‌های عناصر مختلف به هم مولکول‌ها به وجود می‌آیند.
- در هر مولکول از یک ماده مرکب معین، همواره نوع و تعداد نسبی اتم‌های سازنده‌ی آن یکسان است.
- ⁵ واکنش‌های شیمیایی شامل جابجایی اتم‌ها یا تغییر نحوه اتصال آن‌هاست.

مدل اتمی جوزف تامسون

PDF Compressor Free Version

- الکترون ها با بار منفی، درون فضای ابرگونه با بار مثبت، پراکنده شده‌اند.

- اتم در مجموع خنثی و مقدار بار مثبت با بار منفی برابر است.

- این ابر کروی مثبت، جرمی ندارد و جرم اتم به تعداد الکترون آن بستگی دارد.

- جرم زیاد اتم از وجود تعداد بسیار زیادی الکترون در آن ناشی می‌شود.

مدل اتمی ارنست رادرفورد

- هر اتم دارای یک هسته کوچک است که بیشتر جرم اتم در آن واقع است.

- هسته اتم دارای بار الکتریکی مثبت می باشد.

- حجم هسته در مقایسه با حجم اتم بسیار کوچک است زیرا بیشتر حجم اتم را فضای خالی تشکیل می دهد.

- هسته اتم بوسیله الکترونها محاصره شده است.

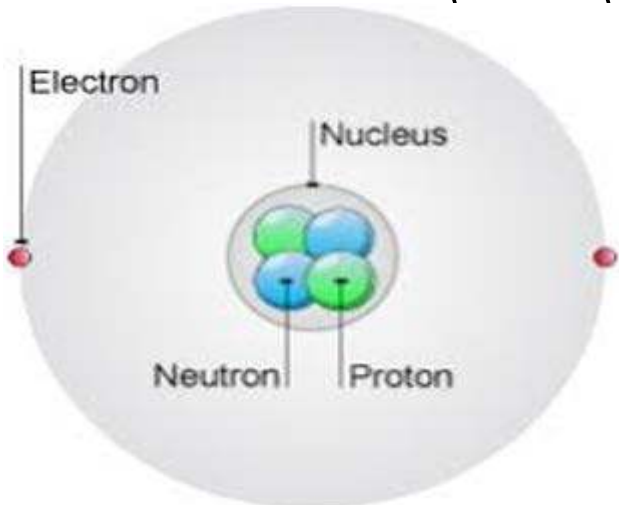
مدل اتمی نیلز بور

- اتم دارای هسته کوچک اما سنگین با بار مثبت است.
- هسته در اتم در حجم کمی قرار دارد که اطراف آن الکترون‌ها بر روی مدارهایی مانند منظومه شمسی به دور آن می‌چرخند.

مدل اتمی جیمز چادویک

PDF Compressor Free Version

اشکال قابل توجه مدل اتمی بور نبود نوترون یا ماده‌ای بود که دافعه بین پروتون‌ها در مرکز هسته را از بین ببرد. از اینرو چادویک با تأکید بر درستی مدل نیلز بور، با توضیح وجود نوترون در هسته اتم، ایراد آن را برطرف کرد. از آن به بعد اصلاحات دیگری بر روی توضیح هسته اتم انجام نشده‌است.



البته دانشمندان بزرگی همچون اروین شرودینگر،
پس از چادویک نظریات اتمی بسیاری ارائه
کرده‌اند، ولی هنوز هم (در رابطه با هسته اتم)،
کاملترین نظریه متعلق به جیمز چادویک است.

مدل اتمی لایه‌ای

PDF Compressor Free Version

این یک مدل اتمی است که امروزه پذیرفته شده است ولی هنوز از مدل اتمی بور برای نمایش اتم استفاده می‌شود. در این مدل مانند مدل بور هسته که عمدهٔ جرم اتم را تشکیل داده در مرکز اتم قرار دارد و الکترون‌ها با انرژی‌های مختلف به دور آن در حال گردش هستند. با این تفاوت که در این مدل الکترون‌ها به شکل ابری که ابر الکترونی نامیده می‌شود در اطراف هسته اتم و در فضای بسیار بزرگی که قطر آن ۱۰۰۰۰ برابر قطر هستهٔ اتم^{۱۱} است در حرکتند.

PDF Compressor Free Version ساختار اتمی

دو اتم هنگامی که کاملاً از یکدیگر جدا شوند، بطوری که هیچگونه برهمکنش توابع موج وجود نداشته باشد، می‌توانند دارای ساختاری مشابه ساختار الکترونی باشند.

با کوچک شدن فاصله بین دو اتم، توابع موج الکترونی همپوشانی می‌کنند. بنا به اصل طرد پائولی در یک سیستم با برهمکنش معین هیچ دو الکترونی نمی‌توانند دارای حالت کوانتومی یکسان باشند. در نتیجه، ترازهای انرژی مجزا از اتم‌های منفرد به ترازهای جدید متعلق به هر دو اتم و نه یکی آنها تقسیم شوند.

جایگاه الکترون در اتم

PDF Compressor Free Version

الکترونها در جامدات به حضور در تراز های با انرژی های معینی محدود شده و مجاز به قرار گرفتن در سایر ترازها نیستند.

تفاوت اساسی بین الکترون در یک جامد با الکترون در یک اتم منفرد این است که در جامد الکترون دارای یک گستره یا تراز از انرژی های قابل دسترس است. زیرا در جامد توابع موج الکترونی اتم های همسایه همپوشانی داشته و یک الکترون در یک اتم خاص قرار ندارد.

طبیعتاً این تاثیر بر انرژی پتانسیل و شرایط مرزی در معادله موج اثر می‌گذارد و سبب می‌شود انرژی‌های مختلفی بدست آورده و دو نوع تراز انرژی به نام ترازهای **ظرفیت** و **هدایت** داشته باشیم که توسط انرژی شکاف از یکدیگر جدا شده‌اند.

طیف های اتمی

PDF Compressor Free Version

میتوان با دادن انرژی مثلاً به صورت گرما به يك اتم آن را به حالت برانگیخته درآورد. اتم در حالت برانگیخته تمایل خواهد داشت با از دست دادن انرژی، مثلاً به صورت تابش فوتون به حالت پایه برگردد.

به مجموعه ی بسامدها یا طول موجهایی که يك اتم در حالت برانگیخته میتواند نشر کند، **طیف نشري** آن اتم میگویند که به صورت خطوط روشن در زمینه سیاه خواهد بود.

برعکس، در صورتی که نور با تمام طول موج ها و بسامدهای ممکن را به يك اتم بتابانیم، اتم طول موجها و بسامدهایی که انرژی معادل اختلاف انرژی دو تراز در اتم را دارد، جذب خواهد کرد و به صورت برانگیخته در خواهد آمد. به مجموع بسامدها و طول موجهایی که يك اتم می تواند جذب کند، **طیف جذبی** آن اتم می گویند که به صورت خطوط سیاه در زمینه ی روشن است. طیف نثری و جذبی اتم مکمل یکدیگرند و هر خط طیفی در آنها معادل يك اختلاف انرژی به خصوص بین دو تراز اتم مربوطه است.

از آنجایی که هر اتم ترازهای انرژی به خصوص خود را دارد، هر اتم طیف نوری و جذبی مخصوص به خود را خواهد داشت و طیف نوری و جذبی هر اتم همانند **اثر انگشت** می‌تواند برای شناسایی آن اتم به کار برود.

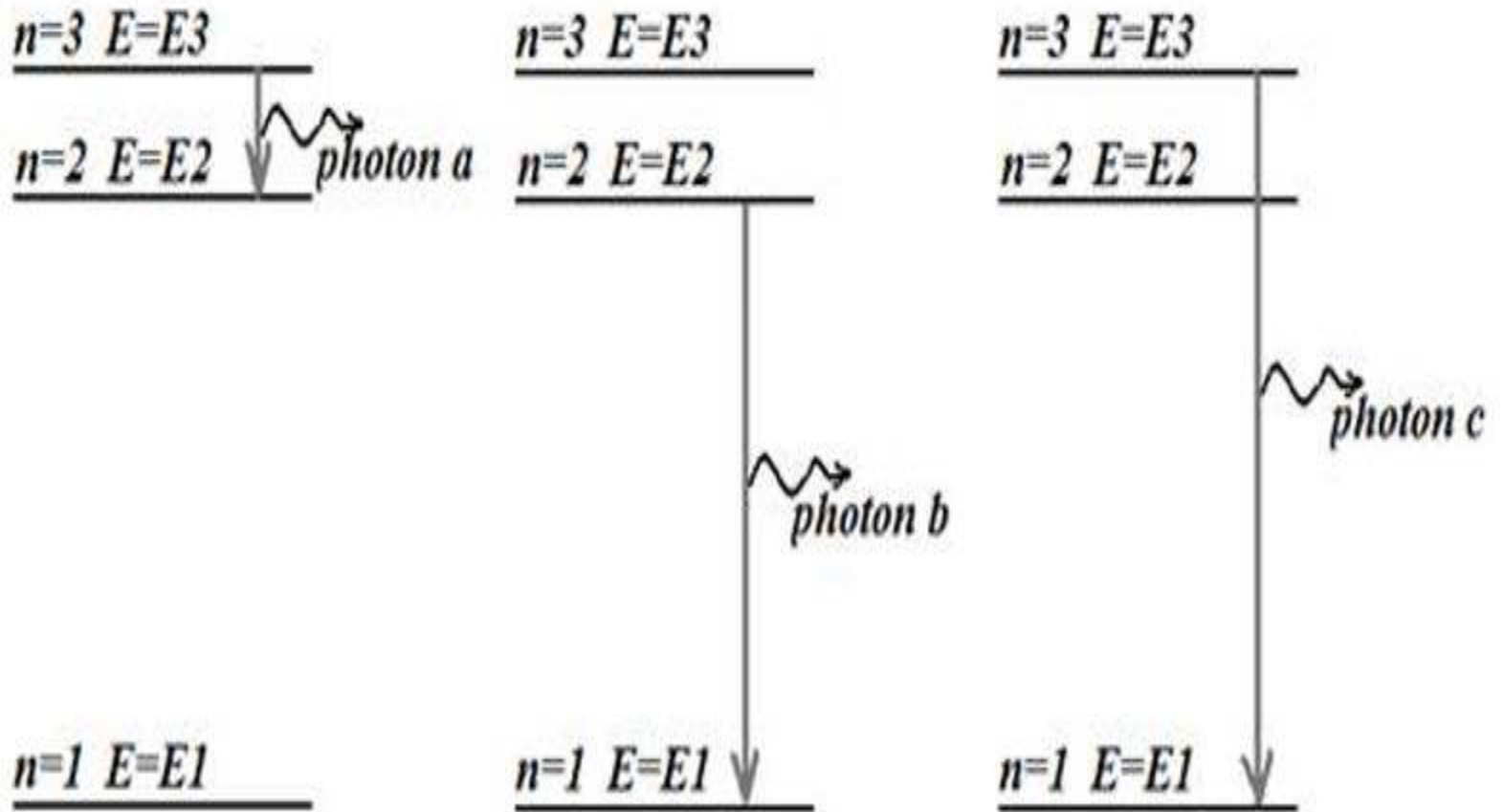
طیف‌های اتمی جزء طیف‌های خطی هستند، بدین معنی که شامل خطوط طیفی مجزا از هم می‌باشند.

در مقابل طیف‌های خطی، طیف‌های پیوسته مثل طیف نور خورشید را داریم.

مثال : الکترونی در تراز $n=3$ اتم هیدروژن قرار دارد. در برگشت به حالت پایه این الکترون چند خط طیفی می تواند تولید کند؟ رابطه ی بسامد فوتون های تولید شده با انرژی لایه ها را بنویسید.

حل:

الکترون اتم هیدروژن در تراز سوم در برگشت به حالت پایه می تواند سه نوع انتقال الکترونی از $n=3$ به $n=2$ همراه با تولید فوتون a ، از $n=2$ به $n=1$ همراه با تولید فوتون b و از $n=3$ به $n=1$ همراه با تولید فوتون c داشته باشد. انتقالات الکترونی یاد شده در شکل بعدی نمایش داده شده اند.



هر انتقال الکترونی با اختلاف انرژی بخصوص بین لایه های مبدا و مقصد معادل یک خط طیفی است. بنابراین سه خط طیفی خواهیم داشت. با توجه به اینکه اختلاف انرژی لایه های مبدا و مقصد برابر انرژی فوتون است، رابطه ی بسامد فوتون های تولید شده با انرژی لایه ها بصورت زیر خواهد بود:

$$E_a = h\nu_a = E_3 - E_2 \Rightarrow \nu_a = \frac{E_3 - E_2}{h} \quad \text{برای فوتون a}$$

$$E_b = h\nu_b = E_2 - E_1 \Rightarrow \nu_b = \frac{E_2 - E_1}{h} \quad \text{برای فوتون b}$$

$$E_c = h\nu_c = E_3 - E_1 \Rightarrow \nu_c = \frac{E_3 - E_1}{h} \quad \text{برای فوتون c}$$

- مثال: الکترون اتم هیدروژن در تراز چهارم را در نظر بگیرید.
- (الف) این الکترون در برگشت به حالت پایه‌ی (تراز اول) چند خط ایجاد می‌کند؟
- (ب) خطوط طیفی با کمترین و بیشترین انرژی مربوط به کدام انتقالات الکترونی هستند؟
- (ج) طول موج خط طیفی با بیشترین انرژی برای این الکترون بر حسب nm (نانومتر) چقدر است؟

حل:

الف) ۶ انتقال الکترونی بصورت زیر می توان در نظر گرفت:

$$4 \rightarrow 3, \quad 4 \rightarrow 2, \quad 4 \rightarrow 1, \quad 3 \rightarrow 2, \quad 3 \rightarrow 1, \quad 2 \rightarrow 1$$

هر انتقال (به شرط متفاوت بودن اختلاف انرژی بین ترازها) یک خط طیفی نتیجه می دهد، پس ۶ خط طیفی خواهیم داشت.

PDF Compressor Free Version

ب) هر چه اختلاف سطح انرژی لایه‌هایی که الکترون بین آنها جابجا می‌شود بیشتر باشد، انتقال الکترونی مربوطه، انرژی و بسامد بیشتر و طول موج کمتری خواهد داشت و بالعکس. از این رو است که در اینجا انتقال از لایه $n=4$ به لایه $n=1$ بیشترین انرژی و بسامد را دارد.

چون هر چه بالاتر می‌رویم سطح انرژی لایه‌ها بهم نزدیکتر می‌شود، پس اختلاف انرژی در لایه‌های بالاتر کمتر است و در نتیجه در اینجا انتقال از لایه $n=4$ به لایه $n=3$ کمترین انرژی و بسامد و بیشترین طول موج را دارد.

(ج)

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow (E_4 - E_1) = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \left(\frac{-13.6}{16} - \frac{-13.6}{1} \right) \times 1.6 \times 10^{-19}$$
$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{\lambda}$$

$$\Rightarrow \lambda = 9.75 \times 10^{-8} m = 97.5 \text{ nm}$$

مطالعه طیف نثری اتم هیدروژن در پیدایش و توسعه فیزیک

PDF Compressor Free Version

کوانتومی و افزایش درک ما از ساختار اتم ها تاثیر قابل توجهی داشته است.

هر مجموعه از خطوط طیفی طیف نثری اتم هیدروژن با لایه مقصد یکسان یک **سری** نامیده می شود و نام سری به نام شخصی است که بر روی خطوط طیفی مربوطه مطالعه کرده است.

سری های نامگذاری شده و مهمترین طیف نثری اتم هیدروژن که در مابقی سیستم های تک الکترونی نیز بکار می روند، به صورت زیر

سری لیمان (*Lyman Series*): مجموعه خطوط طیفی در طیف

PDF Compressor Free Version

نشری اتم H که ناشی از انتقال الکترون از هر تراز بالاتر از تراز $n=1$ به تراز $n=1$ است.

سری بالمر (*Balmer Series*): مجموعه خطوط طیفی در طیف

نشری اتم H که ناشی از انتقال الکترون از هر تراز بالاتر از تراز $n=2$ به تراز $n=2$ است.

سری پاشن (*Paschen Series*): مجموعه خطوط طیفی در

طیف نشری اتم H که ناشی از انتقال الکترون از هر تراز بالاتر از تراز $n=3$ به تراز $n=3$ است.

سری براکت (*Brackett Series*): مجموعه خطوط طیفی در

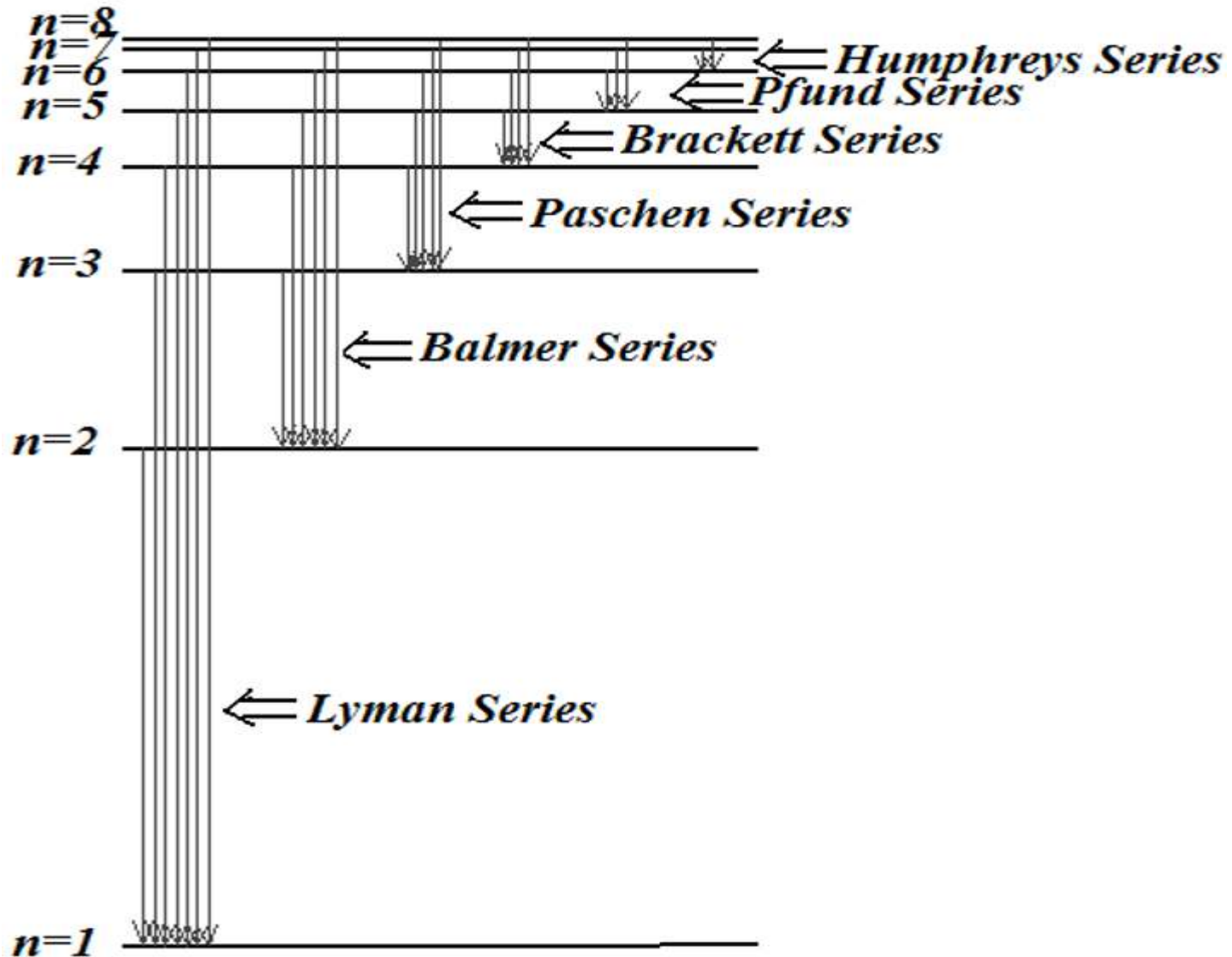
PDF Compressor Free Version

طیف نشری اتم H که ناشی از انتقال الکترون از هر تراز بالاتر از تراز $n=4$ به تراز $n=4$ است.

سری فوند (*Pfund Series*): مجموعه خطوط طیفی در طیف نشری اتم H که ناشی از انتقال الکترون از هر تراز بالاتر از تراز $n=5$ به تراز $n=5$ است.

سری هامفریز (*Humphreys Series*): مجموعه خطوط طیفی در طیف نشری اتم H که ناشی از انتقال الکترون از هر تراز بالاتر از تراز $n=6$ به تراز $n=6$ است.

شکل زیر نمایشی از انتقال الکترونی سریهای باد شده است:



مثال: پر انرژی ترین و کم انرژی ترین خطوط طیفی در سری پاشن اتم

PDF Compressor Free Version

هیدروژن مربوط به کدام انتقالات الکترونی هستند؟

حل:

پر انرژی ترین مربوط به انتقال الکترونی بین لایه ها با بیشترین اختلاف سطح انرژی و کم انرژی ترین مربوط به انتقال الکترونی بین لایه ها با کمترین اختلاف سطح انرژی است.

برای سری پاشن پر انرژی ترین مربوط به انتقال الکترون از $n=\infty$ به

$n=3$ و کم انرژی ترین مربوط به انتقال الکترون از $n=4$ به $n=3$

خواهد بود.

مثال: پراثرژی ترین و کم انرژی ترین خطوط طیفی در سری بالمر اتم

PDF Compressor Free Version

هیدروژن مربوط به چه انتقالات الکترونی هستند؟ طول موج آنها را

بدست آورید و بگویید در چه ناحیه‌ای از امواج الکترومغناطیسی قرار

دارند؟ حل:

پر انرژی ترین: $n = \infty \rightarrow n = 2$

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow E_{\infty} - E_2 = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow [0 - (-3.4)] \times 1.6 \times 10^{-19} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{\lambda} \Rightarrow$$

$$\lambda = 3.66 \times 10^{-7} m = 366 nm \rightarrow \text{فرابنفش}$$

کم انرژی ترین: $n = 3 \rightarrow n = 2$

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow E_3 - E_2 = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow [-1.51 - (-3.4)] \times 1.6 \times 10^{-19} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{\lambda} \Rightarrow$$

$$\lambda = 6.58 \times 10^{-7} m = 658 nm \rightarrow \text{نور مرئی}$$

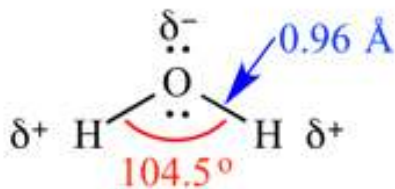
ساختار مولکولی

PDF Compressor Free Version

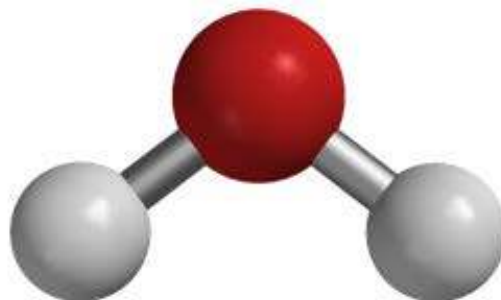
ساختار مولکولی توصیفی از ساختمان یک مولکول شامل اتم‌هایی که یک ترکیب را می‌سازند، پیوندهای کووالانسی و یونی، زوایای پیوند، طول پیوند و غیره می‌باشد.

به طرق متعددی می‌توان ساختار مولکولی را نشان داد، از جمله، ساختارهای لوویس، ساختارهای خط-پیوند، مدل‌های

میله-گوی و غیره.



ساختار لوویس



مدل میله-گوی

انواع ساختار مولکولی

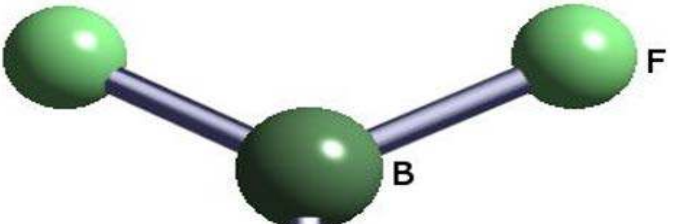
PDF Compressor Free Version

زاویه پیوند یک زاویه هندسی بین دو پیوند مجاور می باشد.

برخی شکل های متداول ملکول های ساده عبارتند از:

• خطی: در یک مدل خطی اتم ها در یک خط راست به یک

دیگر متصل هستند. مثل دی اکسید کربن. 

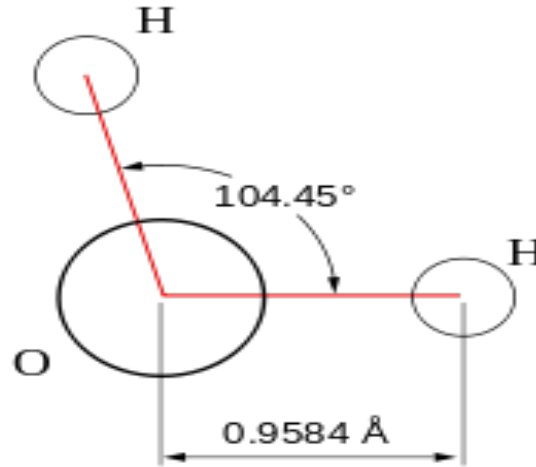
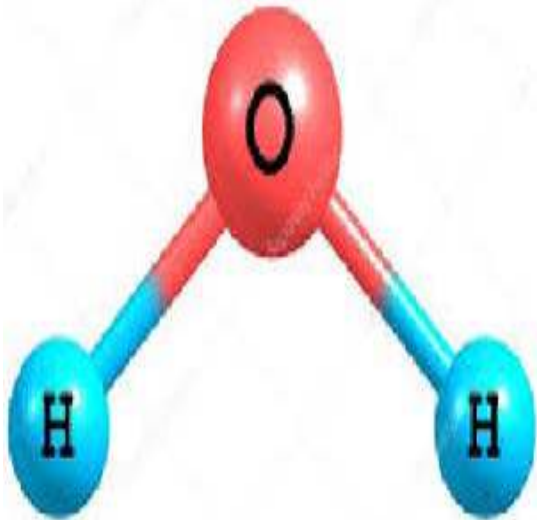
• صفحات مثلثی: مولکول ها با شکل  صفحات مثلثی تا حدی سه گوش هستند.

مثل تری فلورید بورون.

خمیده: مولکول های خمیده یا زاویه دار دارای شکل غیر خطی هستند. مثل

PDF Compressor Free Version

آب که زاویه 104.45° بین دو پیوند آن وجود دارد.



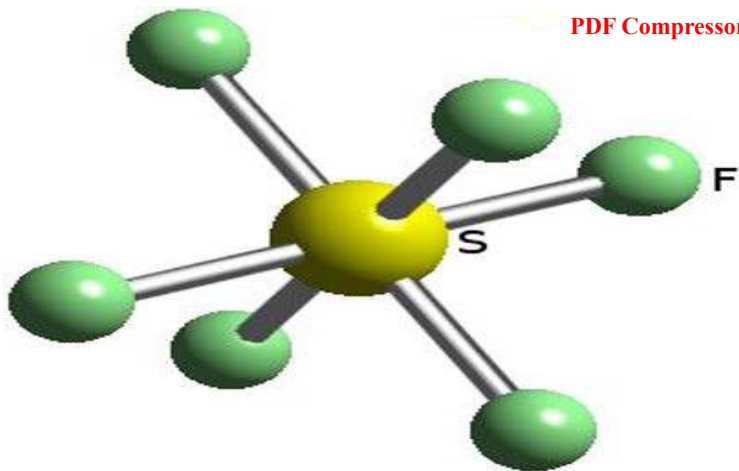
چهار وجهی: این شکل هنگامی دیده می شود که چهار پیوند به یک اتم مرکزی متصل باشند. مثل متان.



هشت وجهی: در این مورد زاویه بین پیوندها

PDF Compressor Free Version

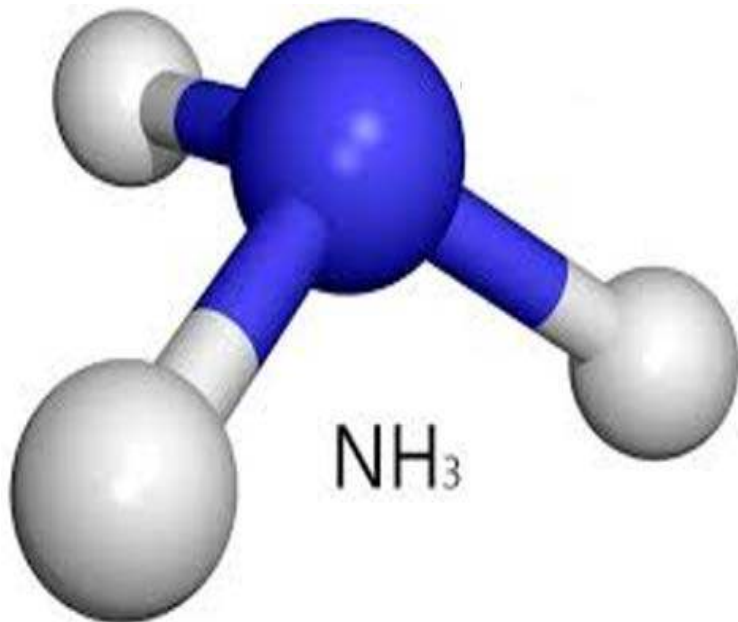
90° است. مثل هگزا فلوراید گوگرد.



هرمی مثلثی: یک مولکول هرمی مثلثی که

از یک شکل شبه هرمی با یک قاعده مثلثی

برخوردار است، مثل آمونیاک.



اوربیتال های مولکولی

هنگامی که دو یا تعداد بیشتری اتم به اندازه کافی به یکدیگر نزدیک شوند، جفت الکترون های پوسته ظرفیت غالباً تحت نفوذ دو (گاهی اوقات بیشتر) هسته قرار می گیرند. الکترون ها برای اشغال نواحی جدید (اوربیتال های جدید - اوربیتال های مولکولی) به حرکت در می آیند و به این ترتیب امکان مواجهه با بار هسته ها را پیدا می کنند.

PDF Compressor Free Version
هنگامی که این فعالیت منجر به یک انرژی کل پایین تر

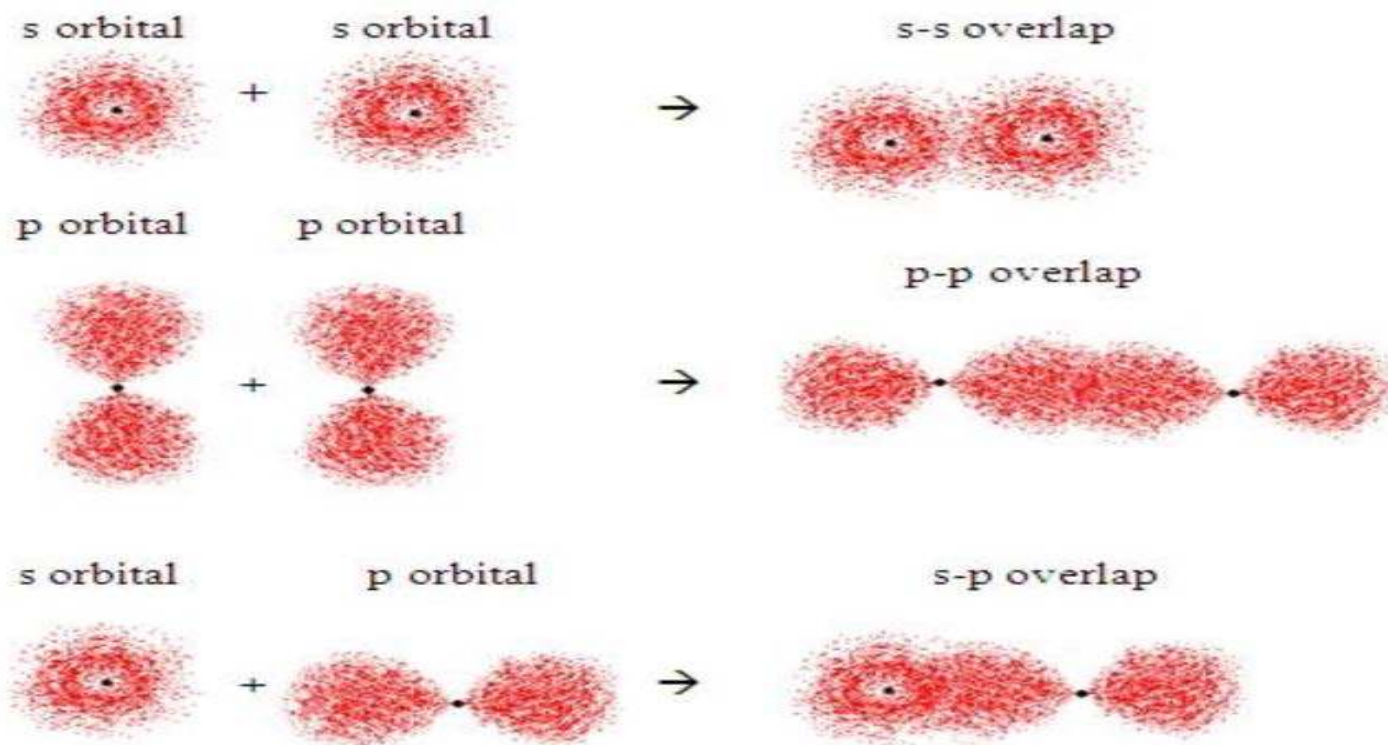
برای تمام اتم ها می گردد، اتم ها به یکدیگر متصل باقی مانده و یک مولکول شکل گرفته است.

در چنین مواردی، تشکیل مولکول را به جاذبه های بین اتمی که اتم ها را به صورت پیوندهای کووالانت کنار یکدیگر نگه می دارد نسبت می دهیم.

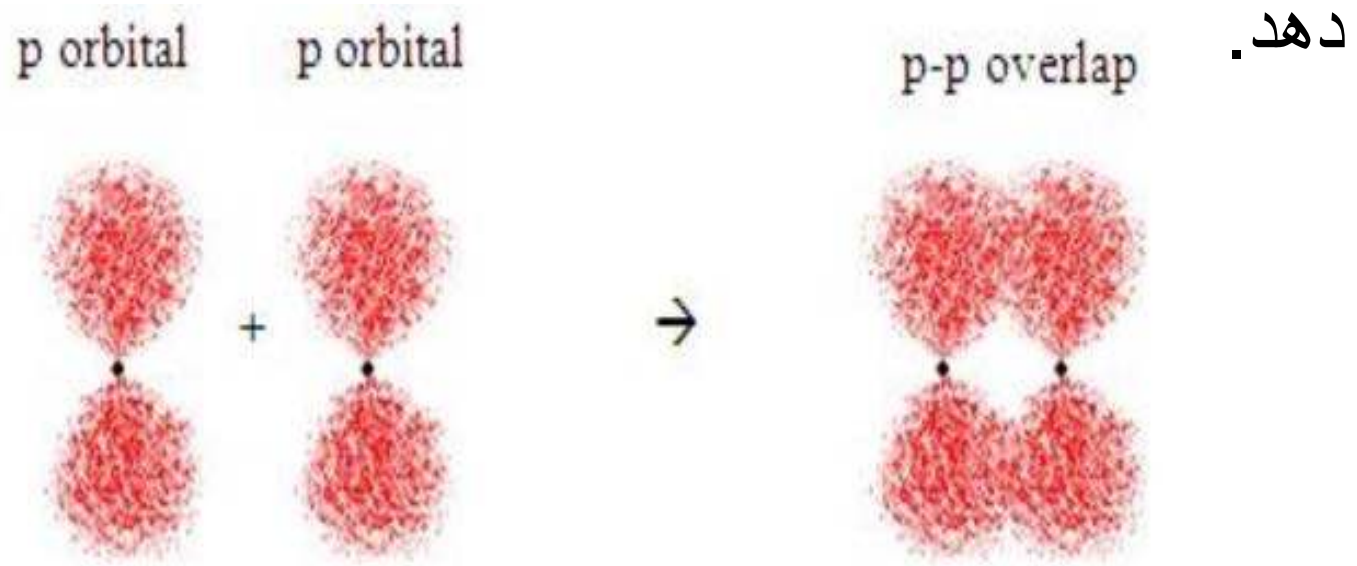
مهمترین تقسیم بندی اینگونه پیوندها عبارتند از پیوندهای

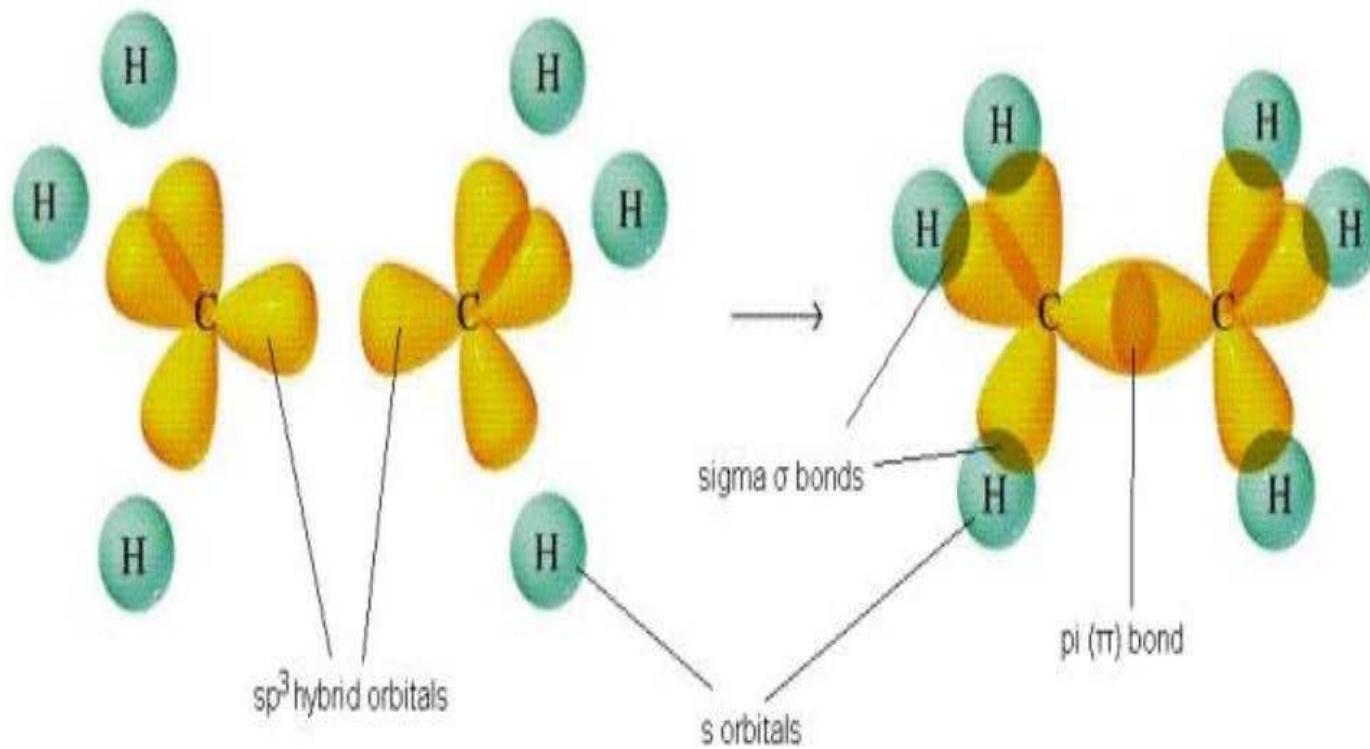
نوع σ و π .

پیوند σ : یک پیوند ناشی از تشکیل یک اوربیتال مولکولی توسط همپوشانی انتهای اوربیتال های اتمی است. شکل زیر این نوع همپوشانی را نشان می دهد.



پیوند π : یک پیوند کووالان ناشی از تشکیل یک اوربیتال مولکولی توسط همپوشانی اوربیتال های اتمی کناری است. شکل زیر این نوع همپوشانی را نشان می





پیوندهای σ و π در مولکول اتان

