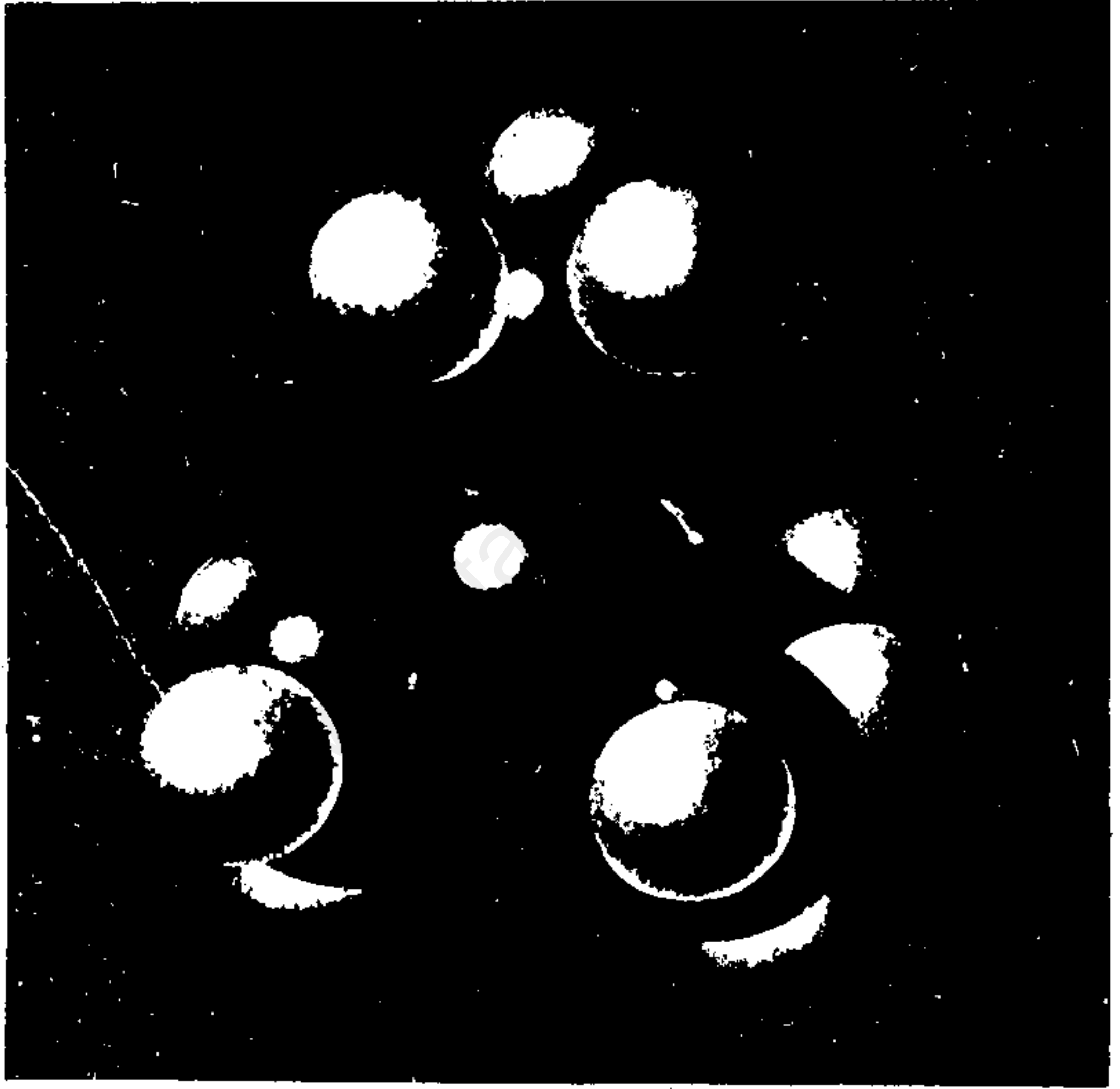




جمهوری اسلامی ایران
 وزارت آموزش پرورش
 تهران - خوارزمی

شیمی



سال چهارم

آموزش متوسطه عمومی علوم تجربی - ریاضی و فیزیک

۲۸۹

www.KetabFarsi.com



شرکت چاپ و نشر ایران

تهران - کیلومتر ۱۵ جاده مخصوص کرج

خیابان داروختش - تلفن: ۴ - ۹۳۱۱۵۱

پدیدآورندگان

مؤلفان : ● دکتر علی سیدی ● مرتضی خلخالی ● کرامت‌الله مهربان

حقوق مادی این اثر متعلق به وزارت
آموزش و پرورش است.

صفحه پرداز : سوسن تاجبخش

طرح جلد ار : محمد علی کشاورز

چاپ ار : صبح امروز

$S =$ ρ SP SP^r SP^c
 1 $\sqrt{117} = 117$ 1193 1199 2

SP
 $18.$

SP^r
 12

SP^c
 1.9728

شیمی

سال چهارم

آموزش متوسطه عمومی

علوم تجربی - ریاضی و فیزیک

این کتاب در سال ۱۳۶۵ با استفاده از نظریات دبیران شیمی،
 به وسیله دکتر علی سیدی، دکتر مسعود روحی لاریجانی، دکتر محمد
 رضا ملاردی، حسام امینی، علی اکبر نوروزی و سید رضا آقاپور مقدم
 در دفتر تحقیقات و برنامه ریزی و تألیف مورد بررسی و تجدید نظر
 قرار گرفته است.

www.KetabFarsi.com

فهرست

۲	بخش اول
۲۲	فصل اول - مروری بر پیوند کووالانسی - هیبریداسیون
	فصل دوم - غیرفلزها
	بخش دوم - شیمی ترکیبات کربن (شیمی آلی)
۶۶	پیشگفتار
۶۸	فصل اول - تیدروکربنها
۱۲۹	فصل دوم - ترکیبات آلی اکسیژن دار و نیتروژن دار
۱۹۸	فصل سوم - برخی صنایع شیمی آلی
۲۲۱	ضمیمه
۲۳۱	ماخذ

بخش اول

www.KetabFarsi.com

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

فصل اول

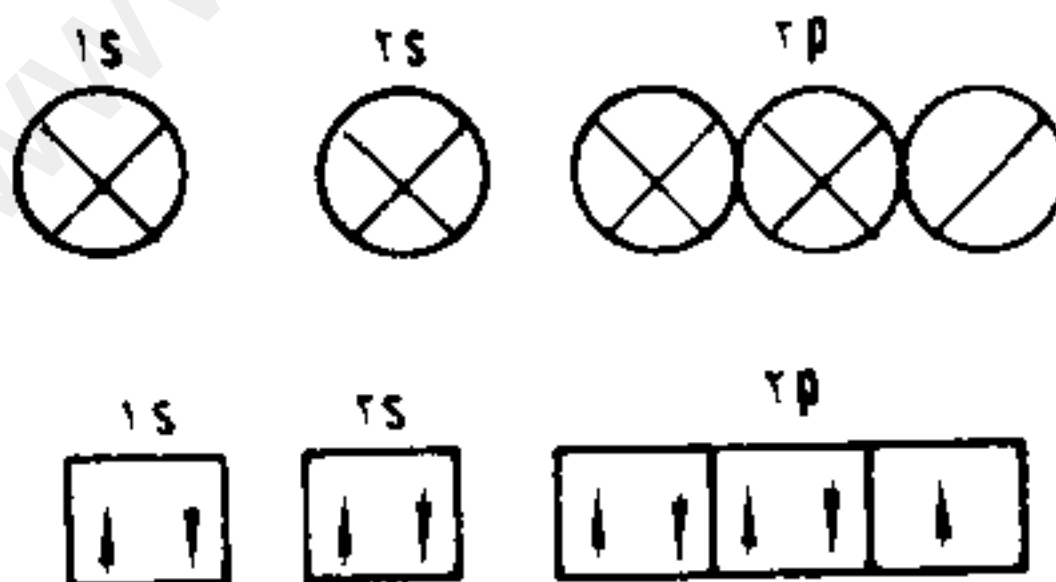
مروری بر پیوند کووالانسی - هیبریداسیون

می دانید که الکترونهاى يك اتم مجزا فقط تحت تأثیر نیروهای جاذبه هسته و دافعه سایر الکترونهاى آن اتم می باشند ولی هرگاه دو اتم به یکدیگر نزدیک شوند، نیروهای گوناگون جاذبه و دافعه میان آنها برقرار می گردد. برخی از این نیروها درصدد هستند که دو اتم را به یکدیگر نزدیکتر کنند. برخی نیز اثر عکس دارند.

پیش: نیروهای دافعه و جاذبه ای که هنگام نزدیک شدن دو اتم پدید می آیند کدامند؟
هرگاه نیروهای جاذبه در مجموع بر نیروهای دافعه غلبه کنند، پیوند شیمیائی پدید می آید. چون خواص ترکیبات معدنی و آلی ارتباط زیادی با نوع پیوند میان اتمهای تشکیل دهنده آنها دارد، از این رو به جاست که مرور سریعی بر انواع پیوندها بکنیم.

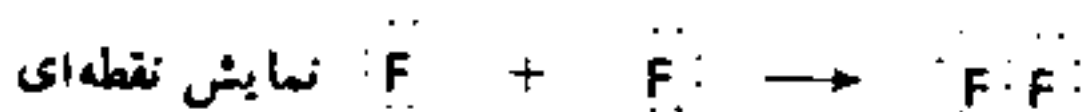
۱- پیوند کووالانسی

مثال ساده این نوع پیوند را می توان در مولکول H_2 با F_2 یافت. آرایش الکترونی اتم فلورینور $1s^2 2s^2 2p^5$ است. همانطوریکه در هر يك از دو شکل زیر که برای نمایش اربیتال اتم فلورینور به کار رفته است، مشاهده می شود، يك اربیتال نیمه پر وجود دارد.

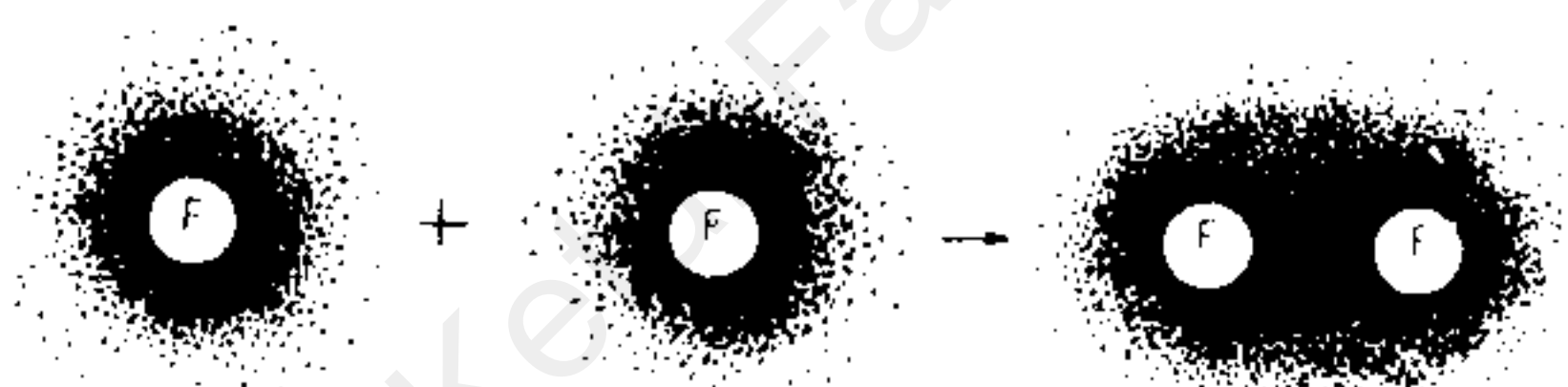


یا

هرگاه دو اتم فلورینور به یکدیگر نزدیک شوند، این امکان پیش می آید که با به اشتراک گذاشتن الکترونهاى جفت نشده، اربیتالهای نیمه پر آنها نیز دارای جفت الکترون شوند و به این ترتیب مولکول F_2 به وجود می آید. بدیهی است که تشکیل پیوند میان اتمهای فلورینور در اینجا نتیجه غلبه نیروهای جاذبه بر نیروهای دافعه است. تشکیل مولکول F_2 را به صورتهای مختلف می توان نمایش داد:



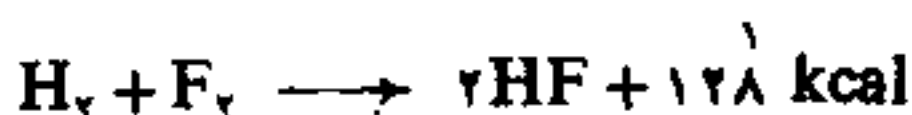
برش : چرا نمی‌توان مولکول‌هایی از فلورین با فرمول F_2 یا F_3 به دست آورد ؟
 شکل زیر هر یک از اتم‌های فلورین را به صورت کره‌ای از ابر الکترونی نشان می‌دهد که هسته خود را احاطه کرده است. این شکل هم چنین نشان می‌دهد که پیوند حاصل نتیجه همپوشانی ابرهای الکترونی دو اتم و افزایش تراکم آن در منطقه میان دو هسته است. بدیهی است که این همپوشانی، نتیجه جفت شدن الکترونهای منفرد p هر یک از دو اتم و تشکیل اریتال مولکولی می‌باشد.



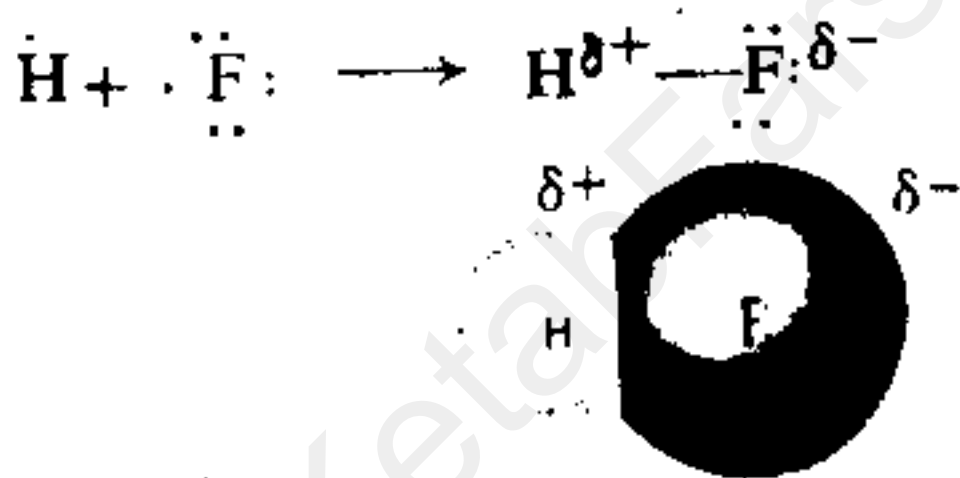
پیدایش مولکول F_2 به این صورت با آزاد شدن ۳۷ کیلوکالری بر مول انرژی همراه است. پس می‌توان نتیجه گرفت که آرایش الکترونی جدید که در مولکول F_2 حاصل شده است، به علت آنکه الکترونهای پیوندی به شدت در آن واحد تحت تأثیر جاذبه دو هسته قرار دارند، از لحاظ انرژی حالت پایدارتری به خود می‌گیرد.

بررسی جدول ضمیمه شماره ۴ در مورد انرژی یونیزاسیون نشان می‌دهد که بالاترین مقدار انرژی یونیزاسیون مربوط به گازهای بی اثر می‌باشد. بنابراین می‌توان آرایش الکترونی آنها را پایدارترین آرایش الکترونی دانست. مقایسه آرایش الکترونی اتم فلورین ($F: 1s^2 2s^2 2p^5$) با آرایش الکترونی گازی اثر هم دوره آن در جدول تناوبی یعنی نئون ($Ne: 1s^2 2s^2 2p^6$)، نشان می‌دهد که هر اتم فلورین یک الکترون کمتر از نئون دارد. یعنی یکی از اریتال‌های 2p آن تک الکترونی است که با شرکت دادن این تک الکترون در پیوند، به آرایش الکترونی گازی بی اثر می‌رسد. در اینجا چون اتم فلورین یک الکترون در پیوند شرکت داده است، آنرا یک طرفینی می‌دانیم.

پیوند کووالانسی در HF - بررسی چگونگی تشکیل مولکول F_2 نشان می‌دهد که علت مهم پیدایش پیوند آن است که جفت الکترون پیوندی در آن واحد تحت تأثیر جاذبه هر دو هسته قرار می‌گیرند. حال چون هر دو اتم تشکیل دهنده مولکول F_2 یکسان بوده و تأثیر نیروی جاذبه آنها بر جفت الکترون مزبور برابر است، سهم هر یک از آنها برابر ۵۰ درصد الکترونها پیوندی می‌باشد. از طرفی چون اغلب مواد شیمیایی از پیوند یافتن اتمهای گوناگون با الکترونگاتیوی متفاوت به وجود می‌آیند، انتظار داریم که الکترونها پیوند تا اندازه‌ای به یکی از آنها نزدیکتر باشد. به جاست که HF را به عنوان مثال انتخاب کنیم. (واکنش گازهای نیدروژن و فلوئور گرمازا می‌باشد):



بنابراین می‌توان گفت که مولکولهای فلوئورید نیدروژن حاصل از مولکولهای مجزای H_2 و F_2 پایدارتر است. نمایش نقطه‌ای تشکیل فلوئورید نیدروژن و همچنین مدل ساده این مولکول به قرار زیر است:



چنین پیوندی را نیز کووالانسی می‌دانیم. اشتراك دو الکترون یا همپوشانی ابر الکترونی اربیتال نیمه پر ۱s از اتم نیدروژن با اربیتال نیمه پر ۲p از اتم فلوئور نشان می‌دهد که اربیتالهای خارجی‌ترین سطح انرژی مربوط به هر دو اتم پر شده و هر یک از آنها به آرایش یک گاز بی‌اثر رسیده است. بیشتر بودن الکترونگاتیوی فلوئور نسبت به نیدروژن، می‌رساند که اتم فلوئور الکترونها را با نیروی بیشتری به سمت خود می‌کشد. در نتیجه می‌توان گفت که الکترونها پیوندی فلوئورید نیدروژن با شدت بیشتری جذب اتم فلوئور می‌شوند و این اتم قطب منفی مولکول را به وجود می‌آورد. علامت دلتا منفی (δ^-) که در فرمول آمده است نیز نشانه بار الکتریکی جزئی منفی است که در قطب منفی مولکول وجود دارد. بدیهی است که طرف نیدروژنی مولکول نیز دارای بار الکتریکی جزئی مثبت (δ^+) خواهد بود، چنین مولکولی را، مولکول قطبی می‌نامند.

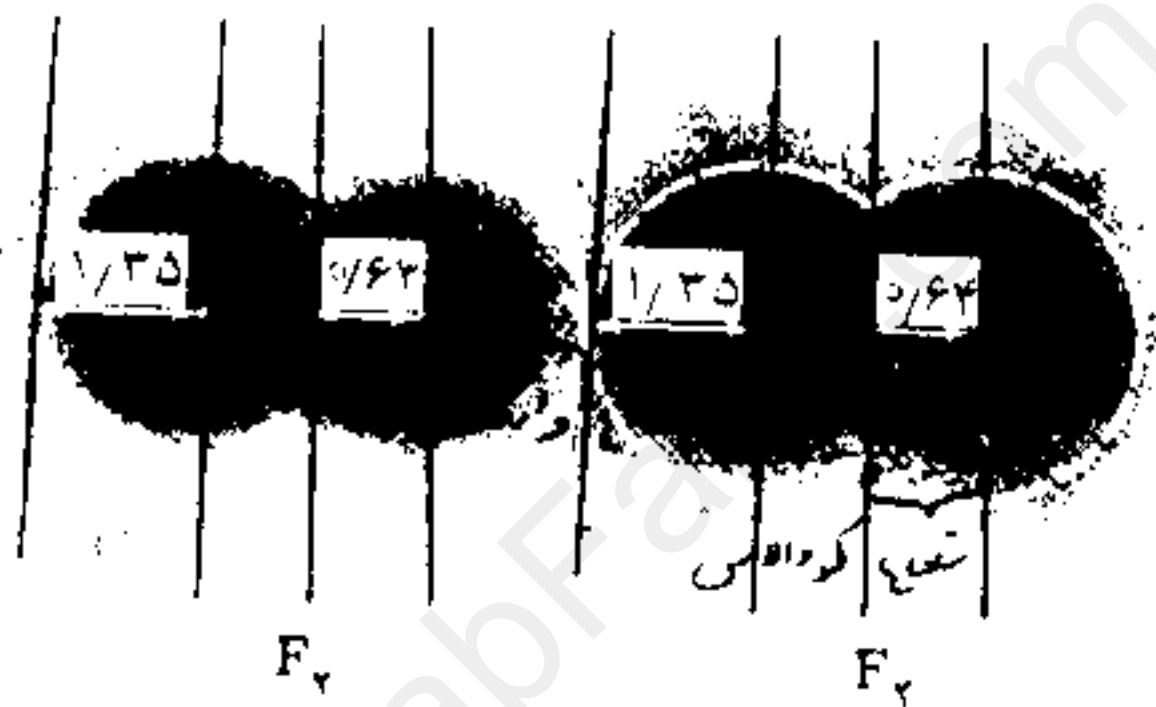
۱- گرمای تشکیل یک مولکول گرم HF برابر با $\frac{128}{2} = 64$ کیلوکالری است که آنرا

گرمای تشکیل مولی می‌نامند.

طول پیوند: همانطور که گفته شد در مولکول فلورئور، جفت الکترون پیوند دهنگه دو اتم F همزمان به وسیله دو هسته ای که بار مثبت دارند جذب می شود. مقدار این نیرو به اندازه ایست که بر نیروهای دافعه موجود میان دو هسته و همچنین نیروهای دافعه موجود میان الکترونها غلبه می کند. بدیهی است هرچه فاصله میان دو هسته کمتر شود بر میزان نیروی دافعه میان آنها افزوده می شود تا سرانجام به فاصله تعادلی مشخصی می رسند. این فاصله تعادلی بین دو هسته در يك مولکول را طول پیوند می نامند که معمولا بر حسب انگستروم بیان می شود.

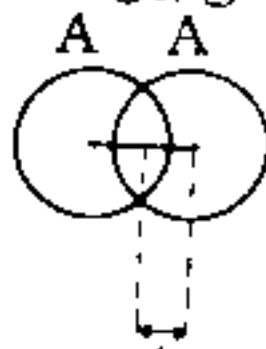
تمرین - شکل زیر نمایش ساده ای از دو مولکول فلورئور است که برخی از ابعاد آن با واحد انگستروم قید شده است. با استفاده از این شکل به سوالات زیر پاسخ دهید.

دوره
شماره
۱۳۴۴

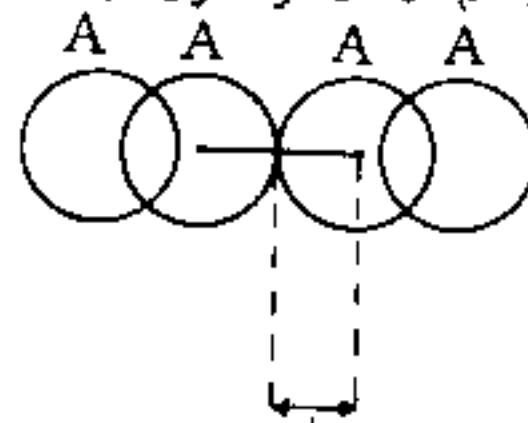


اولا - هرگاه دو اتم فلورئور ترکیب نشوند بلکه فقط با یکدیگر در تماس باشند، فاصله میان هسته های آنها چقدر می شود؟ با تشکیل پیوند بین دو اتم فلورئور و پدید آمدن مولکول F_2 ، فاصله میان دو هسته چقدر می شود؟ این فاصله را چه می نامند؟

۱- بر حسب قرارداد، نصف طول پیوند ساده کوروالانسی بین دو اتم در يك مولکول از هر عنصر را شعاع کوروالانسی یا شعاع اتمی آن عنصر می نامند.



نصف فاصله بین هسته دو اتم از دو مولکول مجاور مربوط به يك عنصر را شعاع واندروالسی آن



ثانياً - علت کوتاه شدن فاصله میان دو هسته اتم فلوتور را در مولکول F_2 توجیه کنید.

ثالثاً - شعاع ائمی (شعاع کووالانسی) فلوتور را معین کنید.

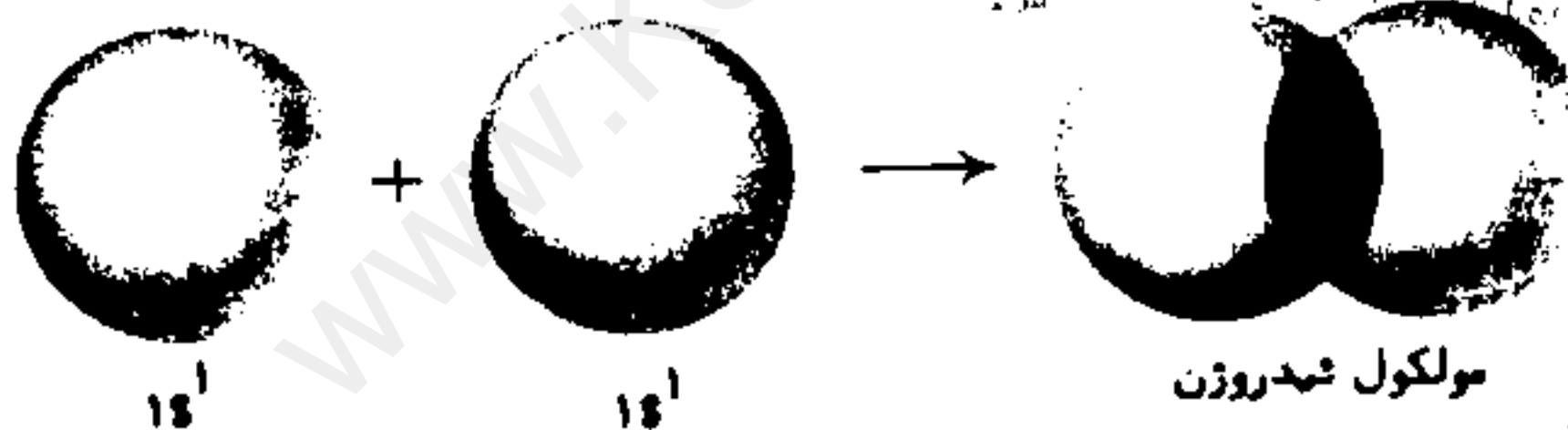
انرژی پیوند - گفته شد که برقراری پیوند میان دو اتم فلوتور و تشکیل مولکول F_2 با آزاد شدن ۳۷ کیلوکالری بر مول انرژی همراه است. هرگاه بخواهیم که دو اتم فلوتور پیوند یافته را مجدداً از یکدیگر جدا کنیم به طوری که هر یک از الکترونها را پیوندی به اتم اولیه برگردد، ناگزیر از صرف ۳۷ کیلوکالری بر مول انرژی هستیم.

(بنا به تعریف ، مقدار انرژی لازم برای شکستن پیوند میان دو اتم در یک مولکول ، به طوری که هر یک از دو الکترون پیوندی به روی یکی از اتمها منتقل شود ، انرژی پیوند نامیده می شود . در جدول ضمیمه شماره ۳ انرژی بعضی از پیوندهای شیمیایی نشان داده شده است .

میزان همپوشانی اربیتالها و اثر آن بر استحکام پیوند :

(می دانیم که شکل اربیتال ، احتمال حضور الکترون در ناحیه ای از فضای اطراف هسته اتم را بیان می کند) بنا بر این با آگاهی از شکل اربیتالها و چگونگی همپوشانی آنها می توان درباره خواص پیوند حاصل از آنها پیشگویی هایی انجام داد .

مجدداً ساده ترین نوع پیوند را که میان اتمهای ئیدروژن تشکیل می شود ، مطابق شکل زیر در نظر می گیریم . همانطوریکه گفته شد ، احتمال حضور الکترونها را پیوند دهنده در منطقه میان دو هسته بیشتر است .



دانشمندان مقدار احتمال حضور را به طور کمی وبا استفاده از قوانین فیزیکی و ریاضی محاسبه می کنند. آنگاه برای ایجاد تصور بهتر، آنرا به صورت همپوشانی زیاد یا کم اربیتالها نشان می دهند. مطابق شکل ، پیوند کووالانسی در ناحیه ای میان دو اتم ئیدروژن که در آن احتمال حضور الکترون بیشتر می باشد و از همپوشانی اربیتالهای ۱s به وجود آمده است ، مجسم می شود .

در مثال ساده فوق ، چون با اربیتالهای s کروی و متقارن سروکار داریم ، همواره وضعیتی یکسان از لحاظ قرار گرفتن آنها در کنار یکدیگر خواهیم داشت و زمانی که فاصله میان دو هسته (طول پیوند)

۱- انرژی پیوند را قدرت پیوند ، انرژی تفکیک یا گرمای تفکیک مولو نیز می نامند .
۲- انرژی تفکیک ، مقدار انرژی لازم برای تفکیک دو اتم فلوتور در مولکول F_2 انرژی تفکیک فلوتور
نبرانه و پیوند است . این مقدار انرژی را قدرت پیوند می نامند .

ثابت بماند ، میزان همپوشانی و استحکام پیوند نیز مشخص و ثابت است .
 زیرا گرد تشکیل پیوند کووالانسی اربیتال p شرکت داشته باشد شرایط دیگری مطرح می شود ،
 زیرا احتمال حضور الکترون p در همه جهات اطراف هسته یکسان نیست . بنابراین میزان همپوشانی
 اربیتالها که در پیوند شرکت می کنند مستقیماً تحت تأثیر موقعیت و جهت اربیتال p قرار می گیرد .
 شکل زیر دو نوع حالت فرضی از همپوشانی بین اربیتالهای s و p را مطرح می سازد .

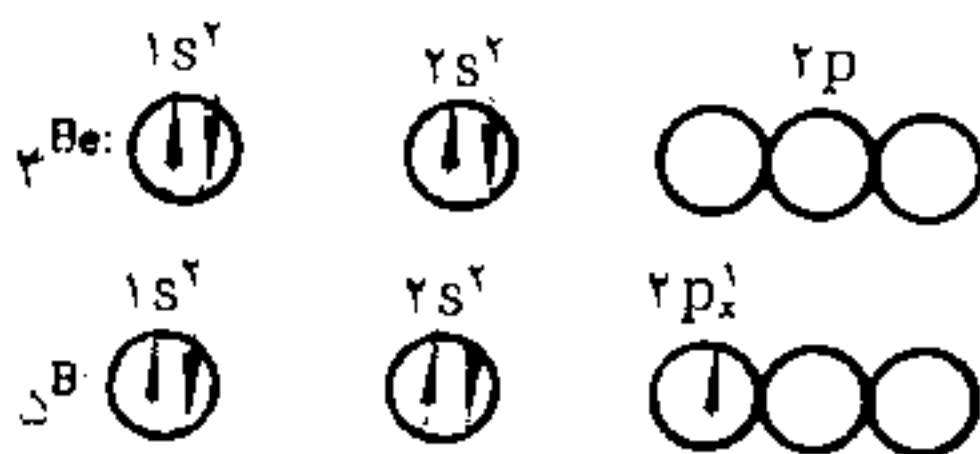


در سمت چپ ، اربیتال s از اتم A با اربیتال p_y از اتم B در امتداد محور y ها
 همپوشانی دارد . در سمت راست ، اربیتال s با همان فاصله با اربیتال p_y در حال همپوشانی است
 ولی این همپوشانی در امتداد مناسب برای اربیتال p_y نمی باشد . بدیهی است که در چنین شرایطی
 همپوشانی خیلی کمتر است و پیوند پایداری تشکیل نمی شود .

۲- پیوند کووالانسی و حالت های برانگیخته اتم

آزمایش نشان می دهد که دو عنصر بریلیم و بور که اولین عناصر گروه های دوم و سوم جدول
 تناوبی هستند ، ترکیب های یونی معمولی ندارند . کلرید این دو عنصر در حالت مایع رسانای جریان
 الکتریسیته نمی باشند . با این ترتیب در چنین شرایطی انتظار نداریم که اتم های هر یک از این دو عنصر ،
 الکترون های سطح خارجی خود را به اتم های کلر داده و یون های Be^{2+} و B^{3+} را به وجود آورده
 باشند . به طور کلی ، ویژگی های کلرید بریلیم $BeCl_2$ و کلرید بور BCl_3 نشان دهنده پیوند
 کووالانسی در آنها می باشد .

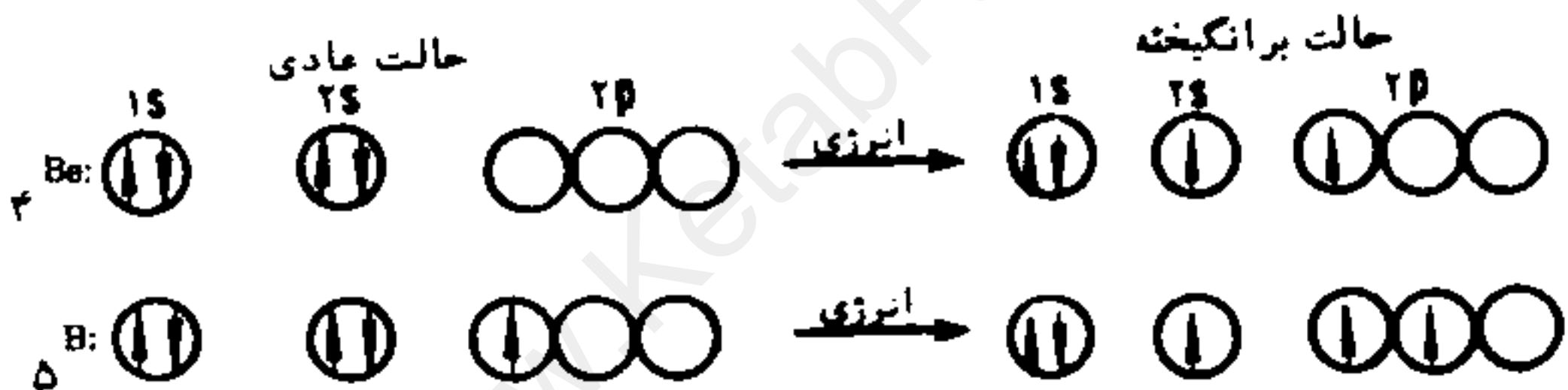
آرایش الکترونی این دو عنصر را به صورت زیر نشان می دهند :



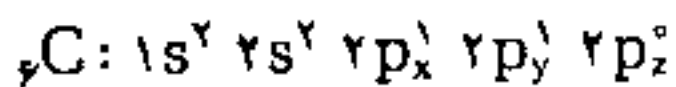
هر گاه درصدد باشیم که پیوند کووالانسی بریلیم و بور با کلر را توضیح دهیم، دچار اشکال می‌شویم. زیرا $B\sigma$ اربیتال تک الکترونی جهت تشکیل پیوند با اربیتالهای تک الکترونی کلر ندارد. B نیز فقط یک اربیتال تک الکترونی دارد.

برای حل این مشکل و توجیه سایر خواص $B\sigma Cl_p$ و $B\sigma Cl_p$ ، دانشمندان فرضیه « حالت برانگیخته اتم » را پیشنهاد کرده‌اند. مطابق این فرضیه یکی از الکترونهای جفت شده اربیتال $2s$ در بریلیم با کسب مقداری انرژی برانگیخته می‌شود و به یکی از اربیتالهای خالی $2p$ مثلا $2p_x$ آن منتقل می‌شود (ارتقا از تراز انرژی $2s$ به تراز انرژی $2p$). در حالت برانگیخته، بریلیم دارای دو اربیتال تک الکترونی خواهد بود و به کمک آنها می‌تواند با دو اتم یک ظرفیتی مانند کلر، دو پیوند تشکیل دهد.

اتم بور نیز با کسب مقداری انرژی، به حالت برانگیخته می‌رسد که در آن یکی از الکترونهای $2s$ به یکی از اربیتالهای خالی $2p$ مثلا $2p_y$ منتقل می‌شود. در این حالت اتم بور دارای سه اربیتال تک الکترونی می‌شود که برای ترکیب با سه اتم یک ظرفیتی و تشکیل سه پیوند آماده می‌باشند. شکل زیر آرایش الکترونی اتمهای بریلیم و بور را در حالت‌های عادی (اصلی) و برانگیخته نشان می‌دهد:

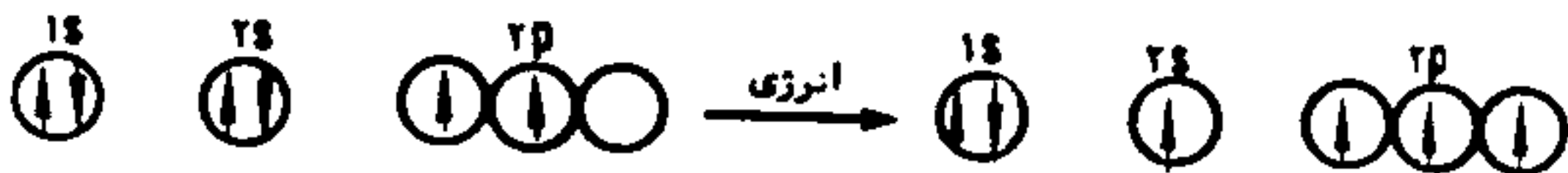


حالت برانگیخته اتم کربن
می‌دانیم که آرایش الکترونی اتم کربن چنین است:



چون در حالت عادی ظرفیت هر عنصر در پیوند کووالانسی به تعداد اربیتالهای تک الکترونی آن بستگی دارد، بنا بر این به نظر می‌رسد که کربن باید دو ظرفیتی باشد. اگرچه به ندرت ترکیباتی شناخته شده است که کربن در آنها دارای ظرفیت ۲ است، تقریباً در کلیه ترکیبها کربن چهار ظرفیتی است (مانند CH_4 و CCl_4). برای اینکه کربن بتواند چهار ظرفیتی باشد یعنی بتواند چهار پیوند تشکیل دهد، مطابق فرضیه حالت برانگیخته اتم، یکی از الکترونهای موجود در اربیتال $2s$ به اندازه کافی انرژی می‌گیرد و به اربیتال خالی $2p_z$ منتقل می‌شود. در این حالت برانگیخته، اتم کربن مطابق آرایش

زیر دارای چهار ارییتال تک الکترونی است و می تواند به کمک آنها با چهار اتم يك ظرفیتی دیگر چهار پیوند تشکیل دهد.



هیبریداسیون و ارییتالهای هیبریدی

برای توجیه ماهیت پیوند میان بسیاری از اتمها، همچنین بیان شکل مولکول حاصل و خواص آن، دانشمندان فرضیه ابتکاری مناسبی به نام «هیبریداسیون ارییتالها» پیشنهاد کرده اند. برای رسیدن به این فرضیه بجاست که مجدداً مثالهای خود را از ترکیبهای بریلیم، بور و کربن انتخاب کنیم.

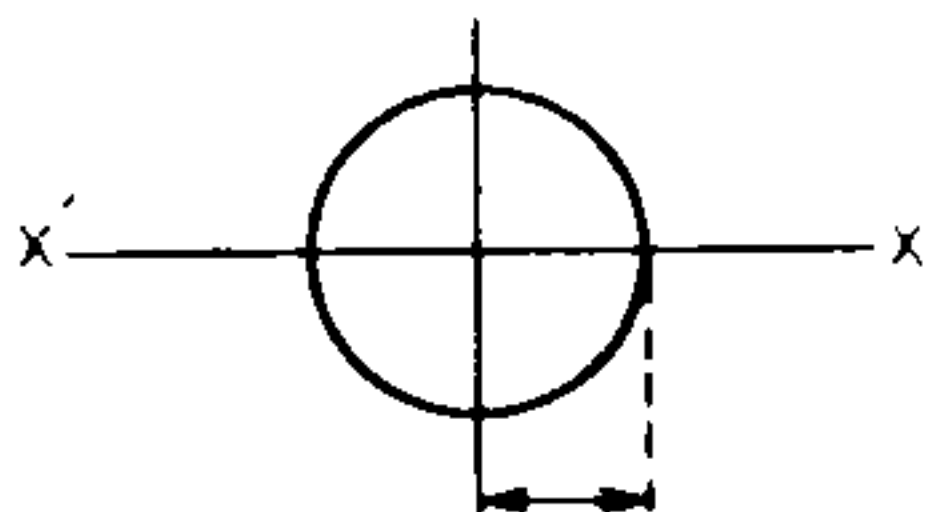
الف - هیبریداسیون ارییتالهای اتم بریلیم در مولکول $BeCl_2$ - هیبریداسیون sp - گفتیم که اتمهای عنصر بریلیم هنگام تشکیل پیوند با اتم کلر، ابتدا با کسب مقداری انرژی، آرایش اریتالی خود را که در حالت عادی دارند از دست می دهند. پیدایش دو ارییتال تک الکترونی در این عنصر (یکی در $2s$ و دیگری در $2p$) هنگام برانگیخته شدن، امکان تشکیل دو پیوند $Be - Cl$ را در کلرید بریلیم فراهم می نماید.

تحقیق تجربی درباره مولکول $BeCl_2$ گازی شکل نشان می دهد که دو پیوند $Be - Cl$ در این مولکول از نظر انرژی و طول کاملاً یکسان بوده و هیچگونه تفاوتی میان آنها دیده نمی شود. در صورتیکه به خوبی می دانیم که الکترونهاى اتم بریلیم که در تشکیل این دو پیوند شرکت کرده اند، یکی از نوع s و دیگری از نوع p بوده که از لحاظ شکل و تراز انرژی با یکدیگر متفاوت هستند.

به یاد دارید که قبلاً چنین نتیجه گرفتیم که هر قدر دو ارییتال هنگام تشکیل پیوند بهتر بتوانند یکدیگر را بپوشانند، پیوند میان آنها محکم تر خواهد بود. حال شکل ارییتالهای s و p را مجدداً از نظر می گذرانیم تا به تفاوت قدرت پوشانندگی آنها پی ببریم.

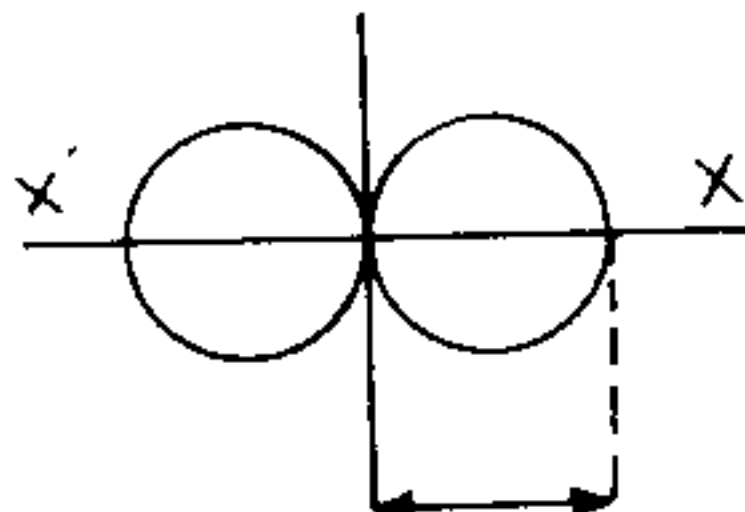
ارییتال s به صورت ابر الکترونی کروی و متقارنی است که دور هسته (مبدأ محور مختصات در شکل صفحه بعد) قرار گرفته و قدرت پوشانندگی آن در همه جهات یکسان است. ولی ارییتال p از دو کره تشکیل یافته که در مبدأ مختصات بر یکدیگر ممانند، در نتیجه اثر پوشانندگی جهت داری، داشته به طوریکه این اثر در امتداد محور ارییتال ($X'X$) بیشتر و در امتدادهای دیگر کمتر است. به طور کلی به علت آن که ابر الکترونی ارییتال $2p$ نسبت به هسته در فاصله دورتری از ارییتال $2s$ گسترده شده است، امکان همپوشانی آن با ارییتالهای اتمهای دیگر بهتر است. محاسبه نشان می دهد که هر گاه گسترش طولی ارییتال $2s$ را برای تشکیل پیوند، يك فرض کنیم، گسترش طولی

اربتال ۲p نسبت به آن ۱/۷ می شود.



اربتال ۲s

گسترش طولی ۱

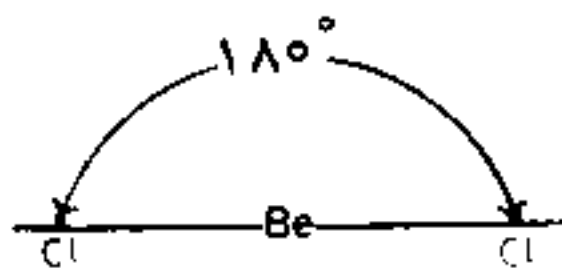


اربتال ۲p

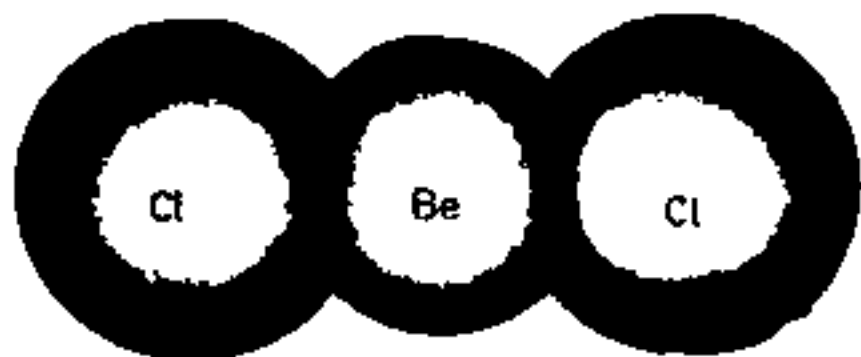
گسترش طولی ۱/۷

حال اگر دو اربیتال تک الکترونی ۲s و ۲p_x در اتم بریلیم با اربیتالهای تک الکترونی مربوط به دو اتم کلر همپوشانی کنند و دو پیوند به وجود آورند، این دو پیوند از نظر استحکام یکسان نخواهند بود ولی همانطوریکه گفته شد دو پیوند Be - Cl از هر نظر به هم شباهت دارند و کوچکترین تفاوتی بین آنها وجود ندارد. به علاوه، زاویه بین پیوندهای Be - Cl در Cl - Be - Cl مطابق شکل زیر، ۱۸۰ درجه است، یعنی مولکول کلرید بریلیم یک مولکول خطی است.

هرگاه فرض کنیم که اربیتالهای ۲s و ۲p بتوانند طوری بایکدیگر مخلوط شوند که از اختلاط آنها دو اربیتال جدید به وجود آید که از هر نظر به هم شباهت داشته باشند. اشکال بالا یعنی عدم تشابه پیوندهای Be - Cl در کاربرد بریلیم از بین خواهد رفت. بنابراین فرض می کنیم که از آمیخته شدن یک اربیتال ۲s با یک اربیتال ۲p، دو اربیتال هیبریدی به دست می آید. آمیخته شدن اربیتالهای اتمی متفاوت در یک اتم و تشکیل همان تعداد اربیتال یکسان، هیبریداسیون نامیده می شود. در مورد کاربرد بریلیم با هیبرید شدن اربیتالهای ۲s و ۲p_x، اربیتالهای تازه ای به وجود می آید که از لحاظ انرژی و شکل یکسان بوده و هر یک را با علامت sp نشان می دهند. بدیهی است که هر یک از اربیتالهای sp در بریلیم دارای یک الکترون خواهد بود.

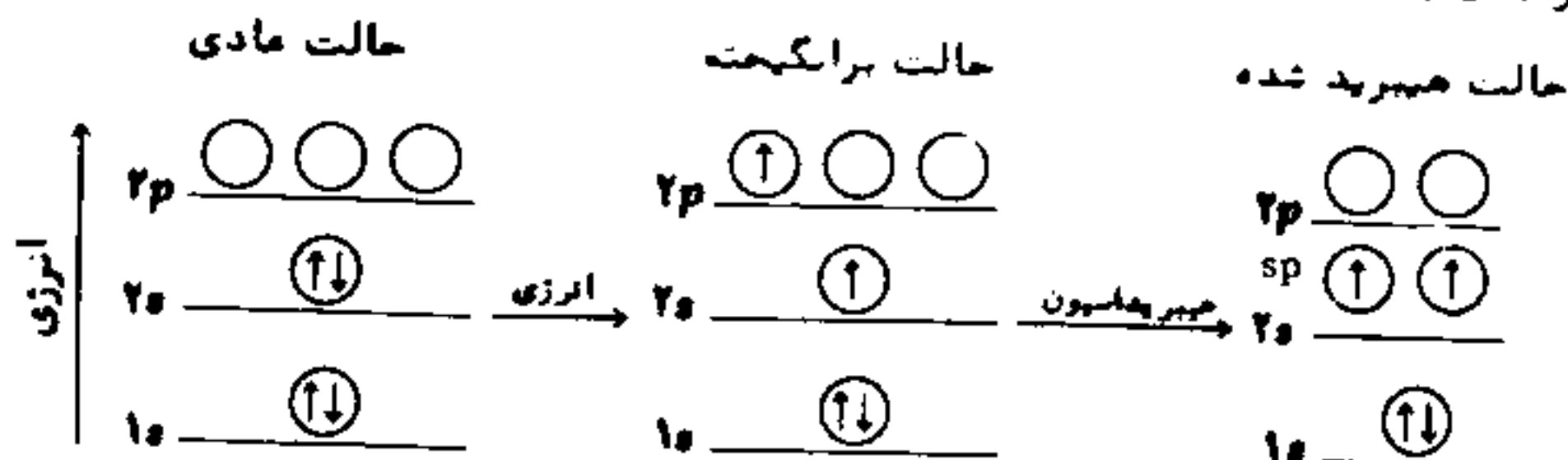


شکل هندسی مولکول خطی کلرید بریلیم با زاویه پیوندی ۱۸۰، دو اتم کلر و اتم بریلیم هر سه روی یک خط قرار گرفته اند.



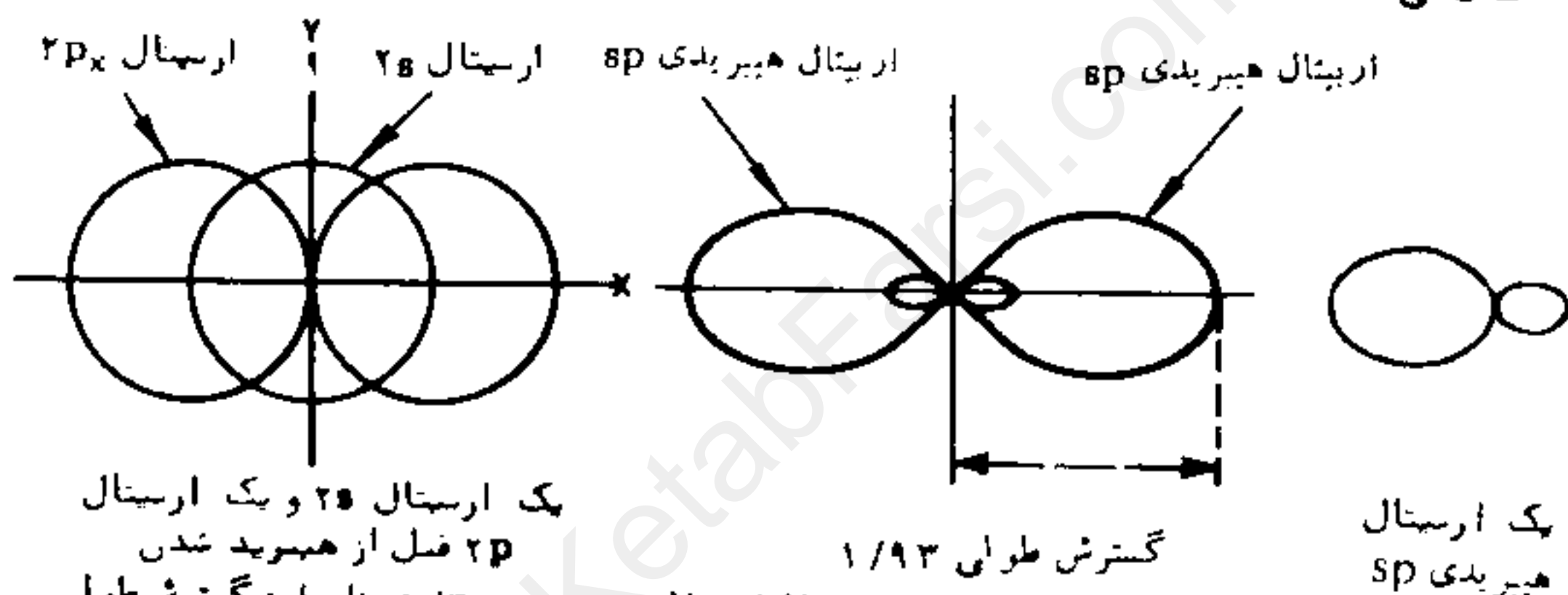
Cl : Be : Cl

خلاصه تحولات آرایش الکترونی اتم بریلیم از حالت عادی تا حالت هیبریدی در شکل زیر نشان داده شده است :



شکل زیر از بیتالهای هیبریدی sp را در مقایسه با اربیتالهای اولیه تشکیل دهنده آنها (s و p)

نشان می‌دهد :



یک اربیتال 2s و یک اربیتال 2p
فصل از همبند شدن

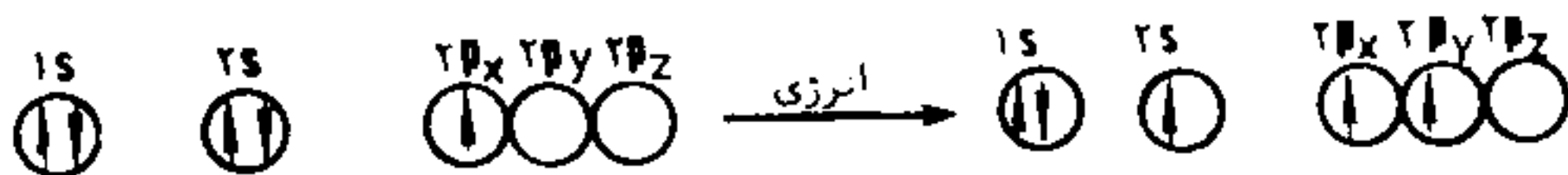
گسترش طولی 1/43

یک اربیتال
هیبریدی sp

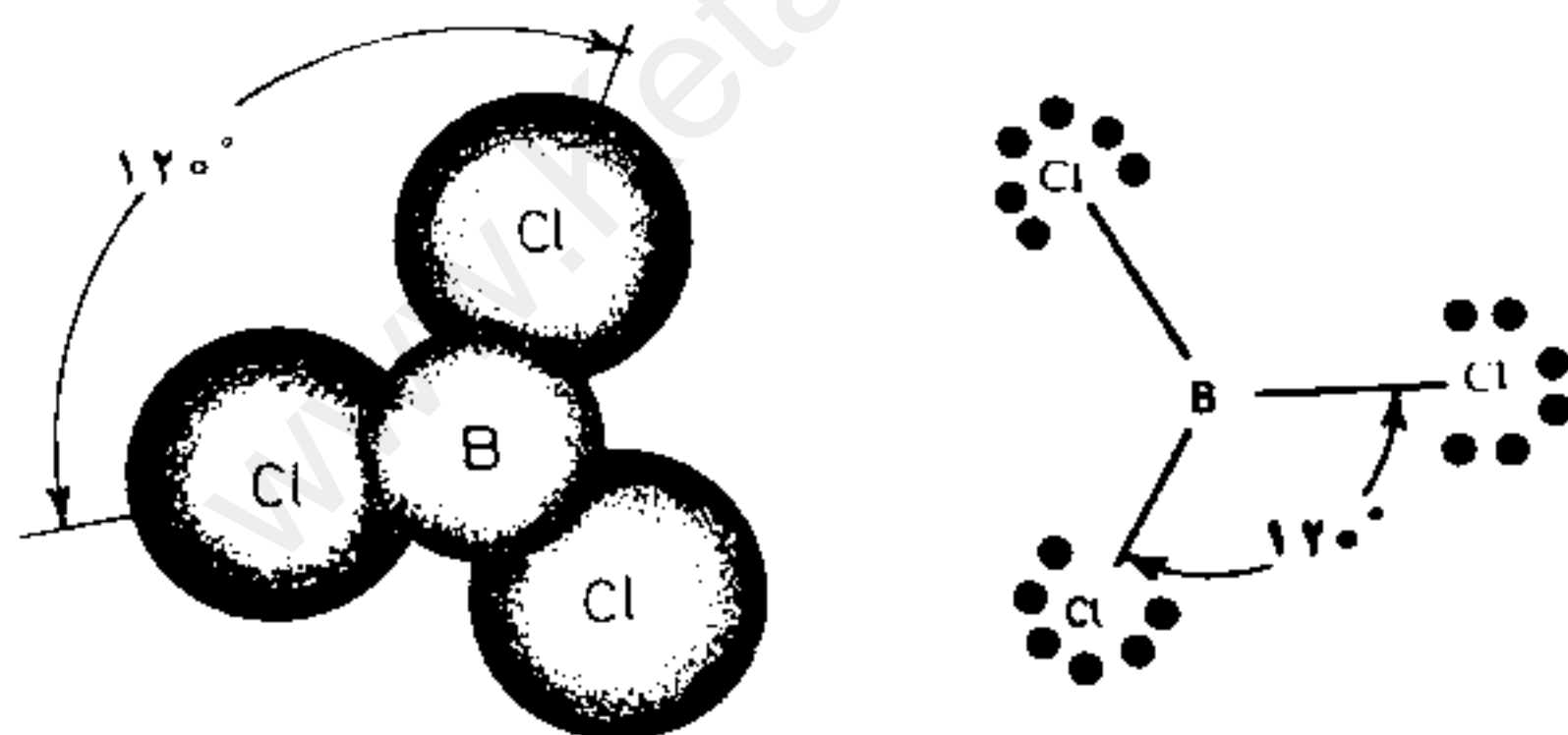
اربتالهای هیبریدی sp کشیده‌تر از اربیتالهای خالص s و p هستند و بنا بر این گسترش طولی آنها بیشتر است. یعنی بهتر از اربیتالهای خالص s و p می‌توانند اربیتالهای دیگر را پوشانند و در نتیجه پیوندهای محکم‌تری تشکیل می‌دهند. انرژی حاصل از این همپوشانی بیش از انرژی لازم برای برانگیختن اتم بریلیم و هیبرید کردن اربیتالهای s و p آن می‌باشد. عملاً نیز تشکیل پیوند بین اتمهای کلر و اتمهای بریلیم گرم‌زا است مسئله خطی بودن مولکول $BeCl_2$ نیز چنین توجیه می‌شود که دو اربیتال هیبریدی sp از هر نظر مشابهند و محور هایشان با یکدیگر زاویه‌ای برابر 180 درجه تشکیل می‌دهند. حال اگر این دو اربیتال با اربیتالهای تک الکترونی دو اتم کلر همپوشانی کنند و دو پیوند تشکیل دهند، پیوندهای تشکیل یافته دارای انرژی یکسان و زاویه پیوندی 180 درجه خواهد بود.

در پایان لازم به تذکر است که هیبریداسیون یک پدیده واقعی قابل مشاهده به شمار نمی‌رود بلکه مدل یا طرحی است که دانشمندان به کمک محاسبه و تلفیق برخی روابط ریاضی مربوط به اربیتالهای اتمی به آن رسیده‌اند تا به وسیله آن توانایی بررسی ساده و آسان به پاری از خواص مولکولها و شکل آنها را پیدا کنند.

ب- هیبریداسیون اربیتال‌های اتم بور در مولکول BCl_3 هیبریداسیون sp^2 - مشکلی را که برای اتم بریلیم و ترکیب‌های آن مطرح کردیم، در مورد اتم بور و ترکیب‌های آن نیز وجود دارد. درست است که وقتی اتم بور به حالت برانگیخته درآید، دارای سه اربیتال تک‌الکترونی می‌شود و امکان سه ظرفیتی بودن آن فراهم می‌شود ولی باید توجه داشت که قدرت پوشانندگی یکی از آنها (اربیتال $2s$) با قدرت پوشانندگی دو اربیتال دیگر (اربیتال‌های $2p_x$ و $2p_y$) تفاوت دارد



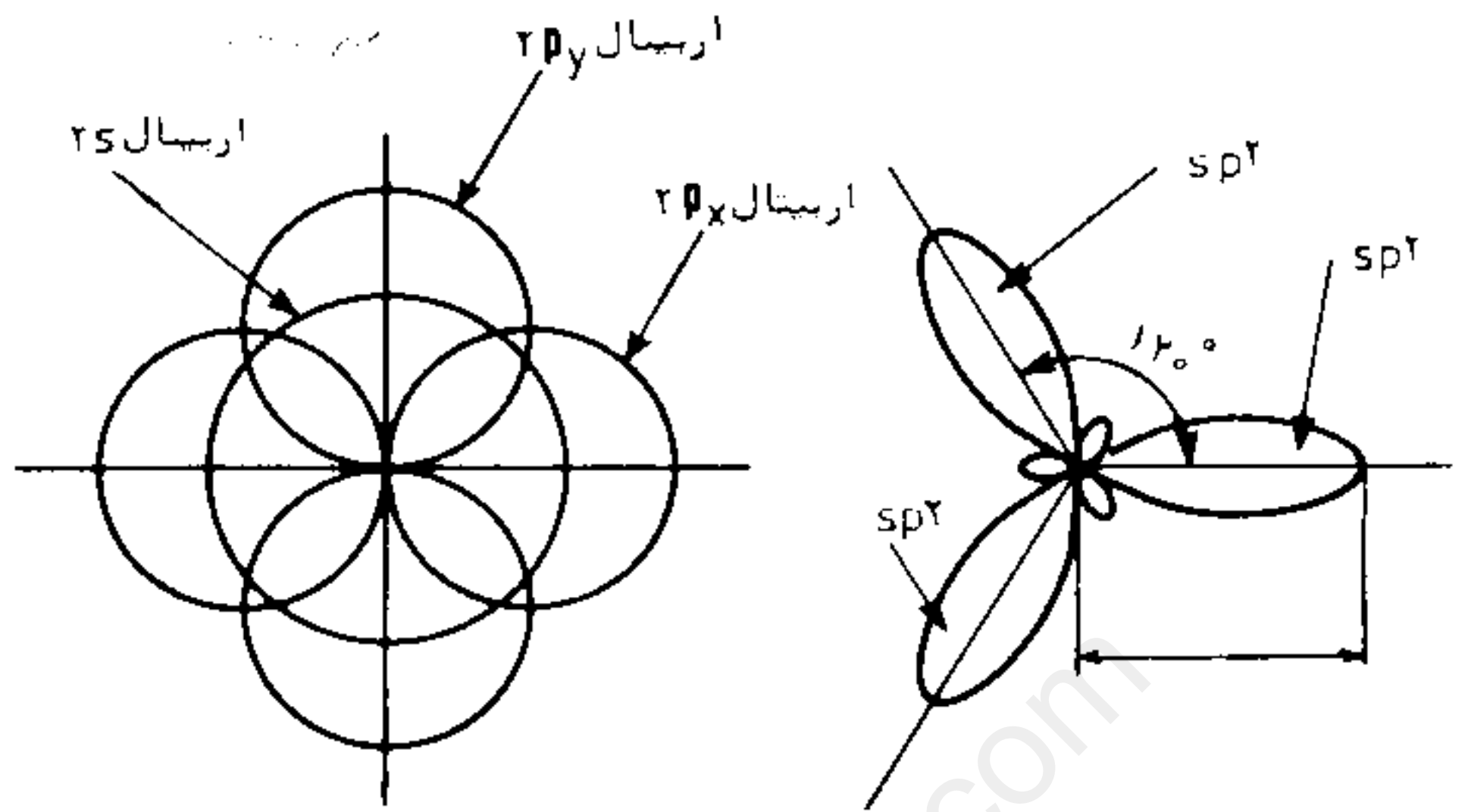
و بنابراین نخواهند توانست سه پیوند کاملاً مشابه به وجود آورند. از طرف دیگر بررسی‌های تجربی نشان می‌دهد که سه پیوند $\text{B}-\text{Cl}$ در مولکول کلرید بور BCl_3 گازی شکل، از هر نظر به یکدیگر شباهت دارند و تفاوتی میان آنها وجود ندارد. به علاوه کلرید بور مطابق شکل زیر یک مولکول مسطح است، یعنی سه اتم کربن و اتم بور همگی بر روی یک سطح قرار دارند و زاویه پیوندی یکسان 120° میان هر سه پیوند وجود دارد. برای رفع این مشکل مجدداً از فرضیه هیبریداسیون کمک می‌گیریم.



فرض می‌کنیم اربیتال $2s$ بتواند با دو اربیتال $2p_x$ و $2p_y$ آمیخته شود و سه اربیتال هیبریدی sp^2 به وجود آورد. شکل عمومی این اربیتال‌ها تا اندازه زیادی شبیه اربیتال‌های sp می‌باشد ولی گسترش طولی آنها بیشتر (۱/۹۹) است.

محورهاى سه اربیتال هیبریدی sp^2 همگی بر روی یک سطح قرار دارند و باید که زاویه 120° درجه تشکیل می‌دهند.

حالا اگر این سه اربیتال sp^2 که هر یک دارای یک الکترون می‌باشد، با اربیتال‌های تک‌الکترونی



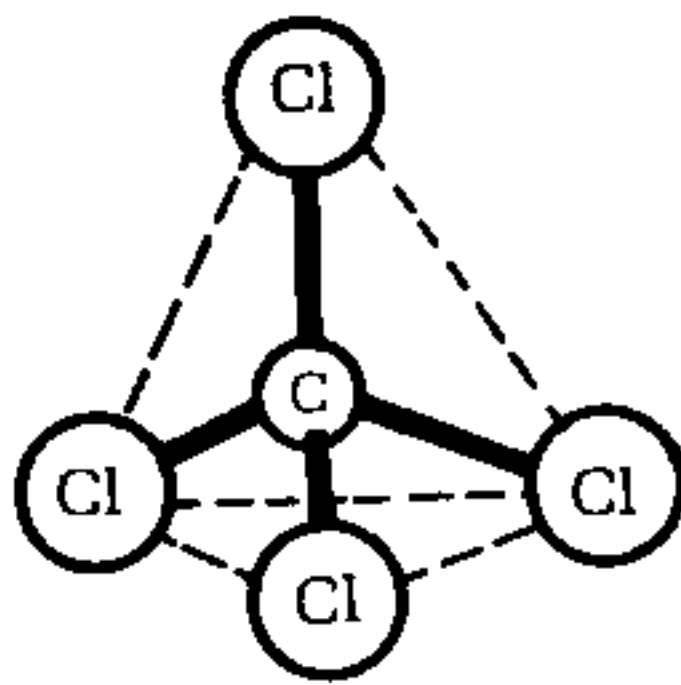
سایش یک اریستال ۲s و دو اریستال ۲p مثل ار هسبرید شدن

تشریح طولی ۱/۹۹

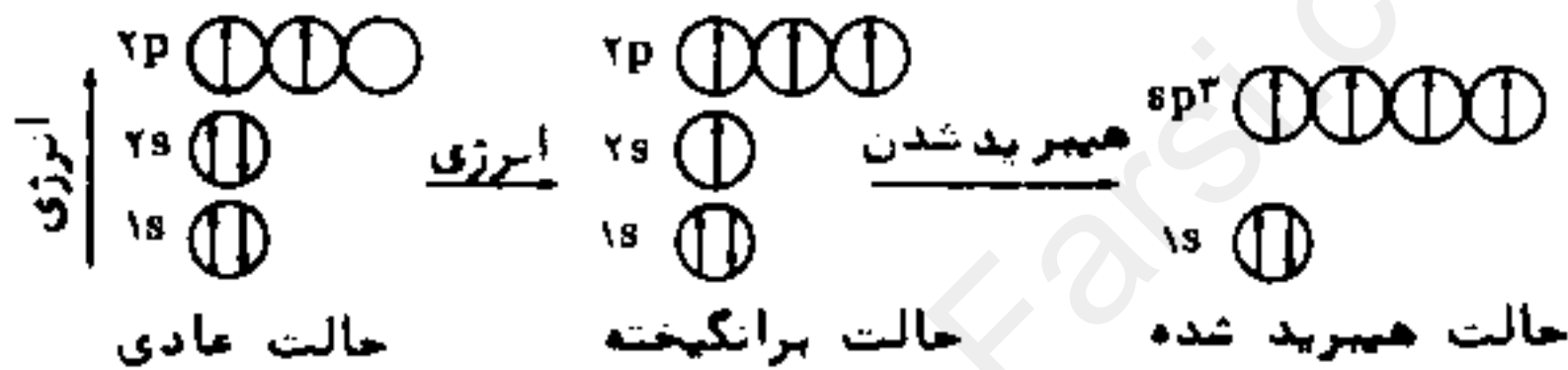
سه اتم کربن همپوشانی حاصل کنند ، سه پیوند کاملاً مشابه بین سه اتم کربن و یک اتم بور تشکیل می شود و همانطور که دیده شد یک مولکول مسطح با زوایای پیوندی 120° به وجود می آید .

پ - هیبریداسیون اریستالهای اتم کربن در مولکول CCl_4 - هیبریداسیون sp^3 - وقتی اتم کربن از حالت عادی به حالت برانگیخته می رسد، چهار اریستال تک الکترونی پیدامی کند و بنابراین خواهد توانست که با چهار اتم یک ظرفیتی دیگر چهار پیوند تشکیل دهد ولی در این مورد نیز اشکال قبلی مطرح می شود زیرا از چهار اریستال تک الکترونی اتم کربن یک اریستال از نوع s (اریستال ۲s) و سه اریستال دیگر از نوع ۲p ($2p_x$ ، $2p_y$ و $2p_z$) است و چون قدرت پوشاندگی اریستال ۲s با قدرت پوشاندگی اریستالهای ۲p تفاوت دارد ، یکی از چهار پیوند تشکیل شده بر روی اتم کربن می بایستی از نظر استحکام با سه پیوند دیگر تفاوت داشته باشد . ولی وقتی خواص مولکول تتراکلرید کربن را مورد توجه قرار می دهیم ، خلاف این مطلب به ثبوت می رسد و این نتیجه به دست می آید که هر چهار پیوند دارای ویژگی های یکسان هستند . برای آن که چهار اتم کربن نسبت به کربن و نسبت به یکدیگر دارای موقعیت و ویژگی یکسان باشند بایستی این مولکول را مطابق شکل صفحه بعد به صورت یک چهاروجهی در نظر گرفت . یعنی اتم کربن در مرکز یک چهار وجهی منتظم قرار گرفته و چهار اتم کربن ، هر کدام یک گوشه از این چهار وجهی را اشغال می کنند .

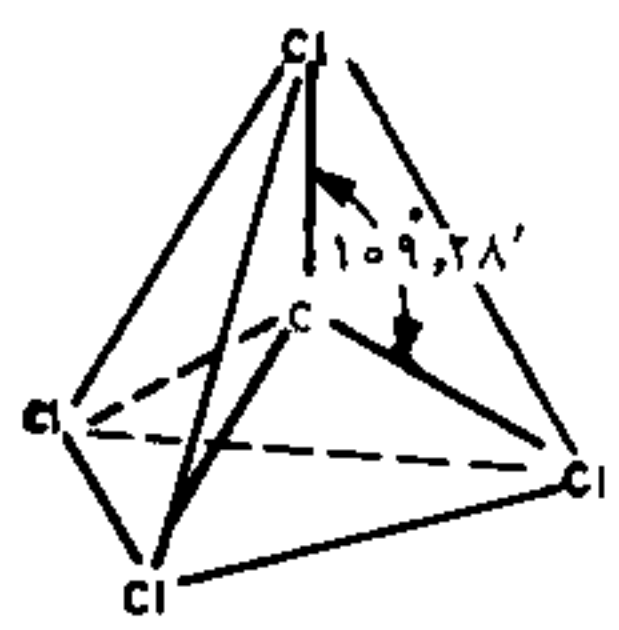
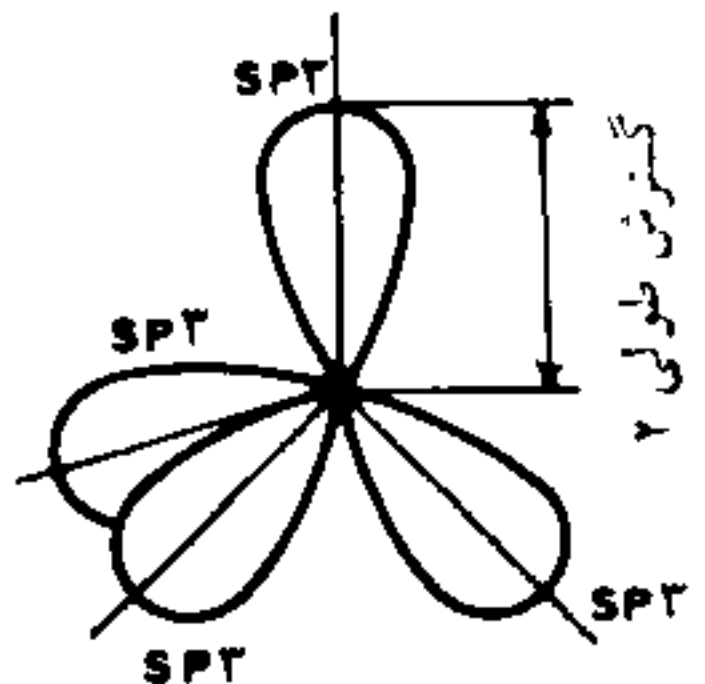
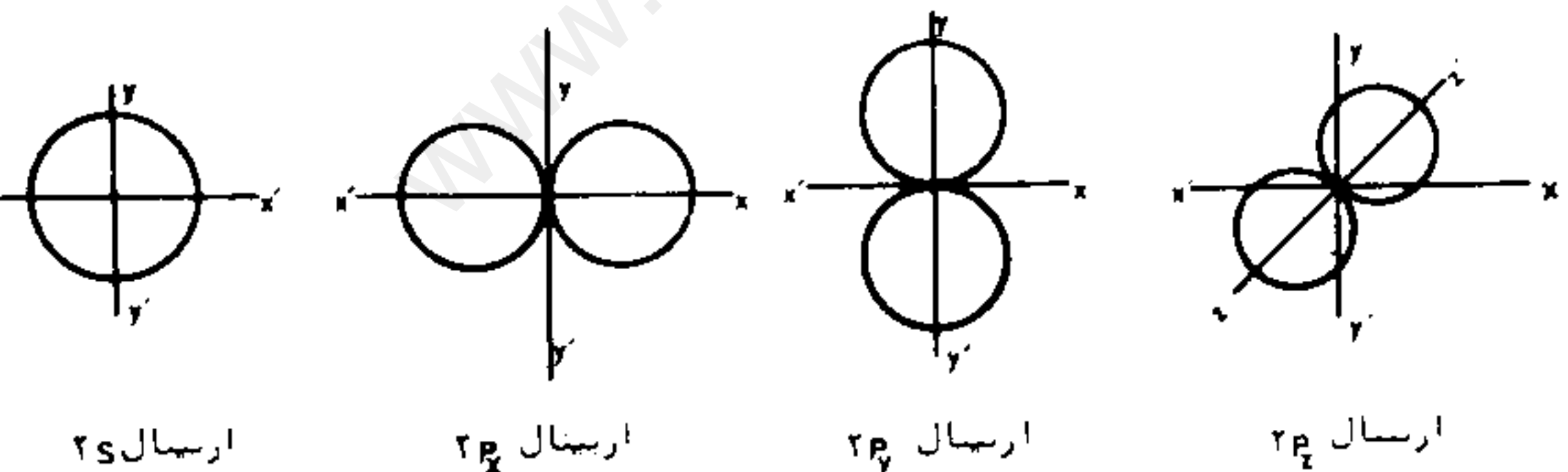
با وجود تفاوت قابل توجه الکترونگاتیوی میان اتمهای کربن و کربن در این مولکول قطبی بودن هر یک از پیوندهای C-Cl ، مولکول در مجموع خواص قطبی ندارد و این خود تأییدی بر شکل



هندسی و متقارن آن می باشد. این بررسی ها می رساند که زوایای پیوندی $Cl-C-Cl$ مطابق آنچه در یک چهار وجهی منظم وجود دارد برابر $109^{\circ}, 28'$ است و هر چهار پیوند $C-Cl$ ددمولکول تراکلرید کربن از هر نظر با یکدیگر مشابهند و کوچکترین تفاوتی بین آنها به چشم نمی خورد. در اینجا نیز می توان فرض کرد که اربیتال $2s$ می تواند با اربیتالهای $2p_x$ ، $2p_y$ و $2p_z$ هیبرید شود و از هیبریداسیون این چهار اربیتال، چهار اربیتال هیبریدی sp^3 به وجود می آید.



شکل عمومی این اربیتالها که هر یک دارای یک الکترون می باشد، تا اندازه زیادی شبیه اربیتالهای هیبریدی sp و sp^2 است ولی گسترش طولی آنها کمی بیشتر است (۲). محورهای این چهار اربیتال با یکدیگر زوایایی برابر $109^{\circ}, 28'$ تشکیل می دهند. حال اگر این چهار اربیتال با



اربیتالهای تک الکترونی چهاراتم کلر همپوشانی کند ، چهار پیوند $C-Cl$ کاملاً مشابه تشکیل می شود و زوایای پیوندی $Cl-C-Cl$ نیز برابر $28'$ ، 109° خواهد بود .

(توجیه زوایای پیوندی بر اساس مدل دافعه الکترونی لایه ظرفیت

با استفاده از فرضیه هیبریداسیون اربیتالهای اتمی ، توانستیم مقدار زوایای پیوندی را برای کلرید بریلیم (زاویه 180°) ، کلرید بور (زاویه 120°) و کلرید کربن (زاویه $28'$ ، 109°) پیش بینی کنیم . یک راه دیگر برای تأیید این فرضیه ، استفاده از مفهوم نیروی دافعه بین جفت الکترونی لایه ظرفیت اتم مرکزی است . الکترونها تحت تأثیر این نیروها میل دارند تا آنجا که امکان داشته باشد از یکدیگر فاصله بگیرند .

فعالیت عملی - برای نمایش شکل هندسی مولکولهای توان از بادکنک باد شده برای نمایش ناحیه ای از فضا که به وسیله یک جفت الکترون اشغال شده است ، استفاده نمود . در ابتدا بادکنکهای کوچک و نازک را به اندازه یکسان باد کنید . برای نمایش دادن مولکولها ، با استفاده از یک رشته نخ ، بادکنکها را طوری بیندید که تا آنجا که ممکن است به یکدیگر نزدیک باشند . در هر مورد بادکنکها را روی پارچه پشمی بکشید تا دارای بار الکتریکی شوند . آنگاه مجموعه آنها را طوری بگیرید که به راحتی آرایش مناسب خود را بگیرند (می توان هر مجموعه را از محل گره بایک رشته نخ آویزان کرد) .

آرایش اول - دو بادکنک گره خورده : نمایشی از دو جفت الکترون در اطراف یک هسته (مانند دواربیتال هیبریدی sp بریلیم که با دو اربیتال تک الکترونی از اتمهای کلر به صورت $BeCl_2$ درآمده است) .

تماثل بادکنکهای دارای بار الکتریکی در جهت رسیدن به کدامیک از سه آرایش زیر است ؟



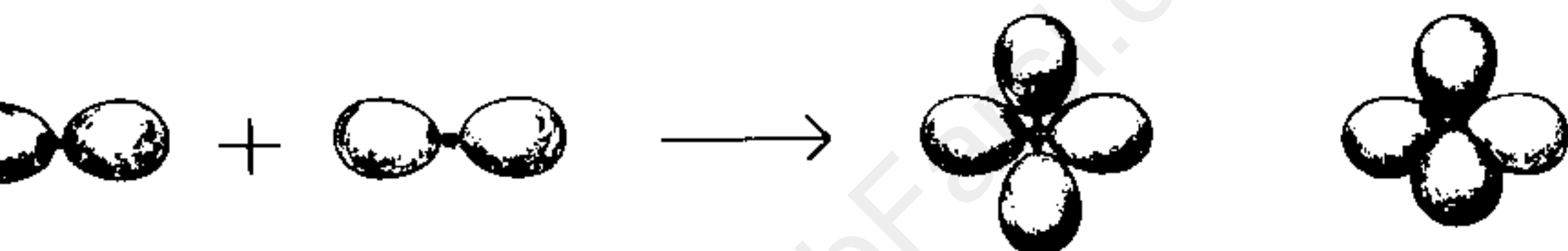
آرایش دوم - سه بادکنک گره خورده : نمایشی از سه جفت الکترون در اطراف یک هسته (مانند سه اربیتال هیبریدی sp^2 بور که با سه اربیتال تک الکترونی از اتمهای کلر به صورت BCl_3 درآمده است) .

تمایل بادکنکهای دارای بار الکتریکی در جهت رسیدن به کدامیک از سه آرایش زیر است ؟

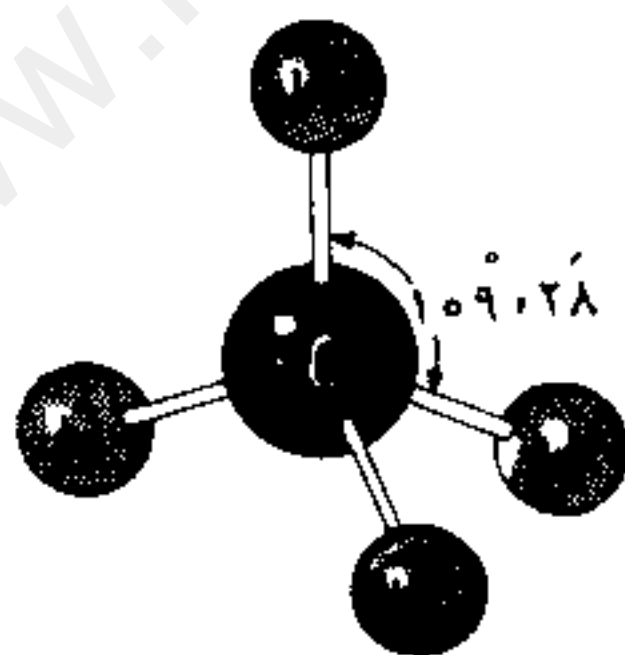


آرایش سوم - چهار بادکنک گره خورده: نمایشی از چهار جفت الکترون در اطراف یک هسته (مانند چهار اربیتال هیبریدی sp^3 کربن که با چهار اربیتال تک الکترونی کلر یا هیدروژن به صورت CH_4 یا CCl_4 درآمده است).

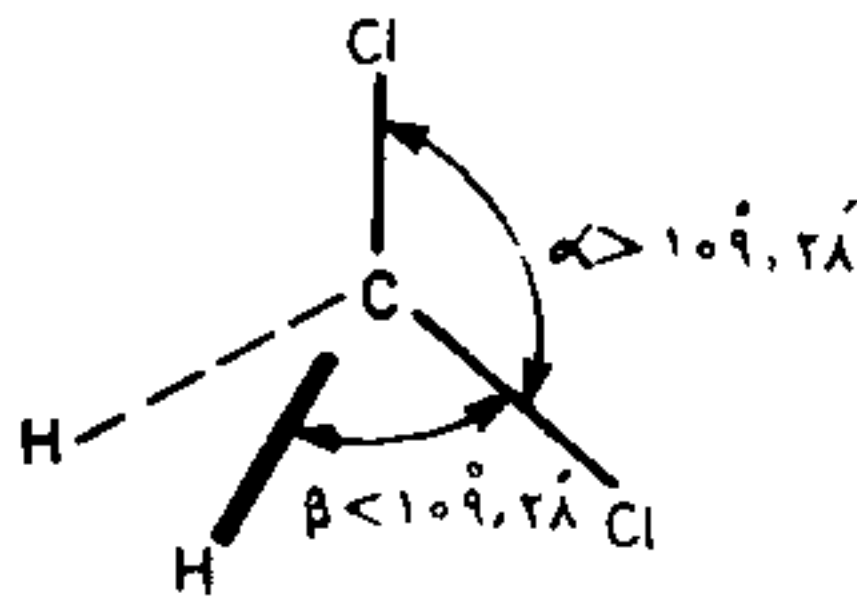
تمایل بادکنکهای دارای بار الکتریکی در جهت رسیدن به کدامیک از دو آرایش زیر است ؟
به نظر شما در هر مورد ، زاویه میان محورهای دو بادکنک مجاور در چه حدود است ؟



بندی است وقتی چهار اتم متصل به کربن مشابه نباشند، زوایای پیوندی کمی از مقدار معمولی خود منحرف می شوند. در مورد معتقات متان، مقدار بعضی از این زوایا کمی بزرگتر از $109^\circ, 28'$



و بعضی دیگر کمی کوچکتر از $109^\circ, 28'$ هستند. به عنوان مثال ترکیب دی کلرومتان CH_2Cl_2 را ذکر می کنیم. در این ترکیب پیوندهای $C-Cl$ به صورت $\delta^+ C - Cl \delta^-$ قطبی هستند و بنابراین دو اتم کلر هم به خاطر اینکه حامل بار منفی می باشند و هم به علت حجم بزرگی که اشغال می کنند در صدد هستند تا آنجا که امکان داشته باشد از یکدیگر فاصله بگیرند .

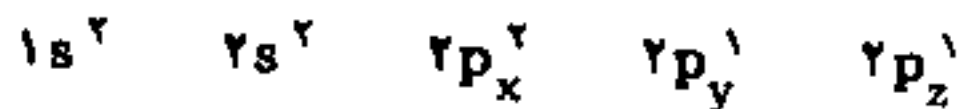


بدین جهت، زاویه پیوندی Cl - C - Cl قدری بزرگتر از $109^{\circ}, 28'$ خواهد بود. برعکس
 زوایای پیوندی H - C - Cl به علت نزدیک شدن اتمهای کلر (که اندکی یارمندی دارند) به اتمهای
 هیدروژن (که اندکی یار مثبت دارند) قدری کوچکتر از $109^{\circ}, 28'$ می باشد.
 پرسش - زاویه پیوندی H - C - H در این ترکیب قدری بزرگتر از $109^{\circ}, 28'$ می باشد
 چگونه آنرا توجیه می کنید ؟

۳- زوایای پیوندی در آب و آمونیاک :

بررسی تجربی ویژگیهای آب و آمونیاک نشان می دهد که مقدار زوایای پیوندی در H_2O
 و NH_3 به ترتیب در حدود 105 و 107 درجه است. برای توجیه این واقعیتها می توان
 از فرضیه هیبریداسیون استفاده کرد.

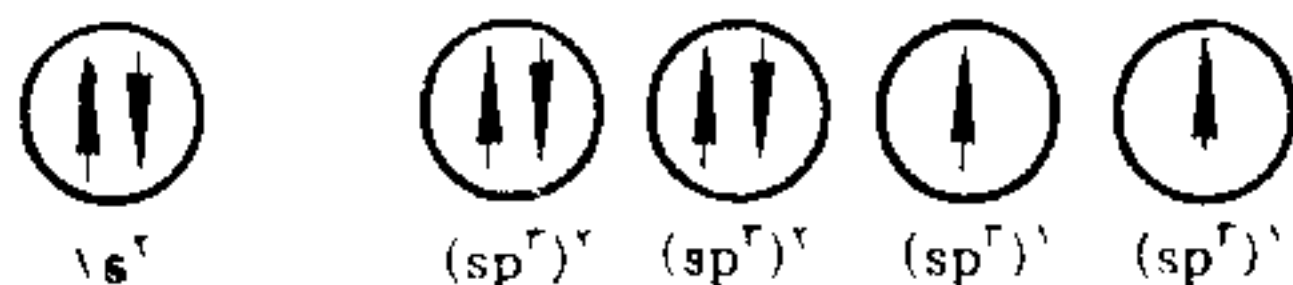
الف - بررسی زاویه پیوندی در مولکول آب : آرایش الکترونی اتم اکسیژن به صورت زیر نوشته
 می شود .



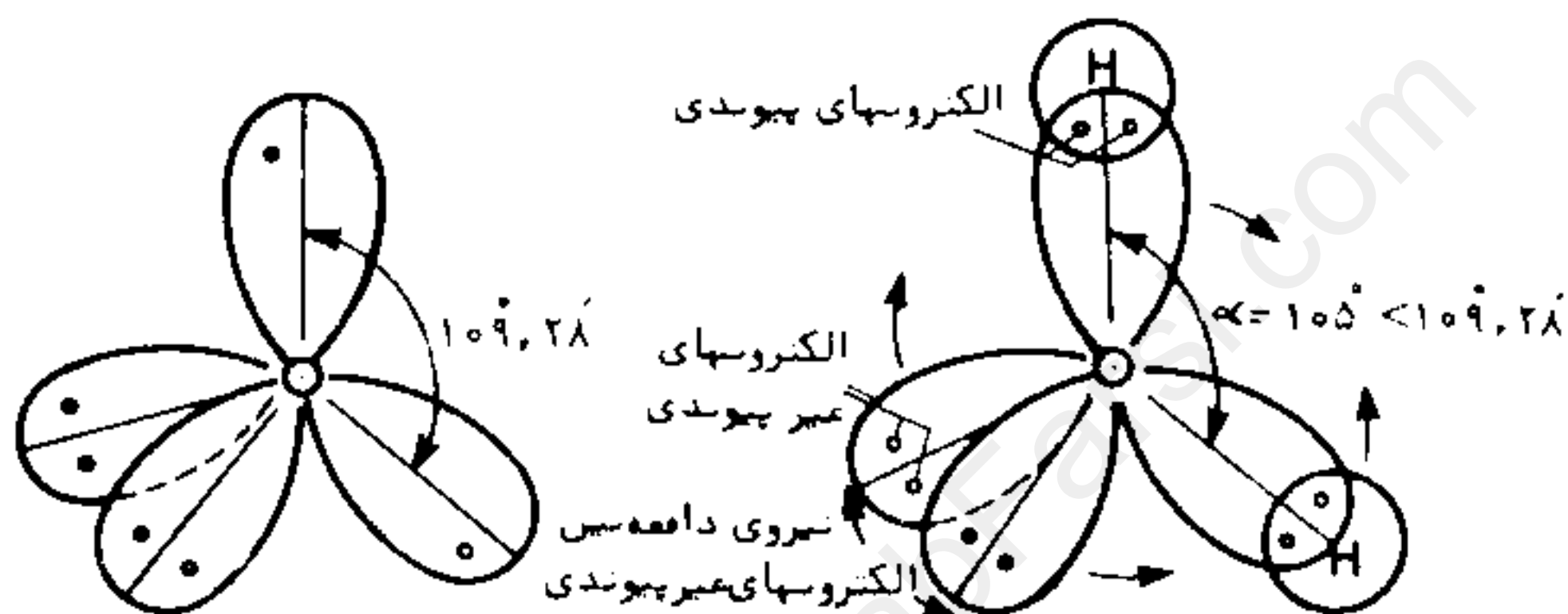
اگر فرض کنیم که اربیتال $2s$ بتواند با سه اربیتال $2p_x$ و $2p_y$ و $2p_z$ هیبرید شود
 (مانند هیبریداسیون sp^3 در مورد اتم کربن) چهار اربیتال هیبریدی sp^3 مشابه تشکیل
 می گردد.

ولی در مورد اتم اکسیژن دو اربیتال از اربیتالهای هیبریدی sp^3 ، هر یک دارای دو الکترون
 می باشد و دو اربیتال دیگر، هر یک تک الکترونی خواهند بود. در نتیجه این اربیتالهای هیبریدی
 فقط با دو اتم یک ظرفیتی دیگر، مثلا دو اتم هیدروژن، دو پیوند کووالانسی تشکیل می دهند.

آرایش الکترونی اتم اکسیژن در حالت هیبریداسیون sp^3 به صورت زیر نوشته می شود:

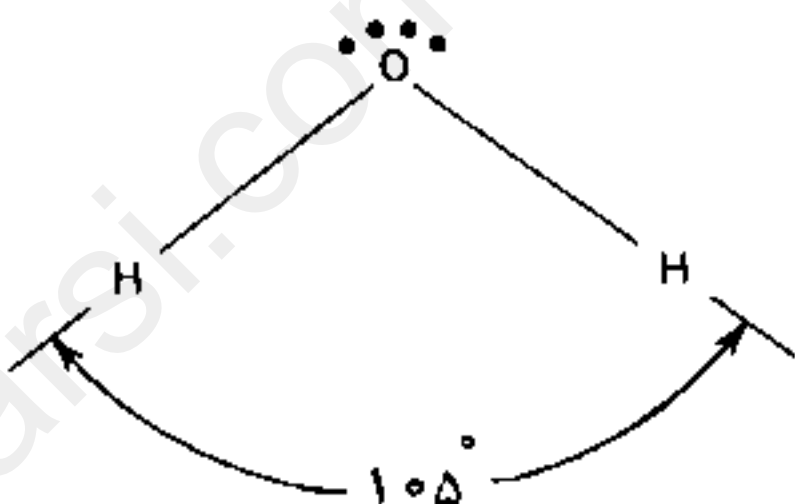
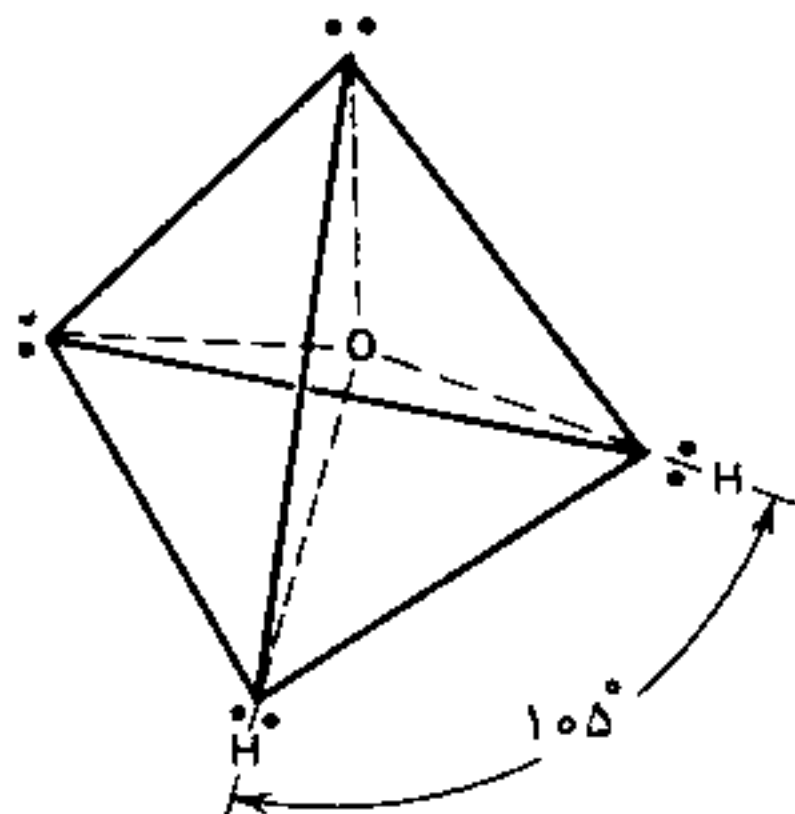
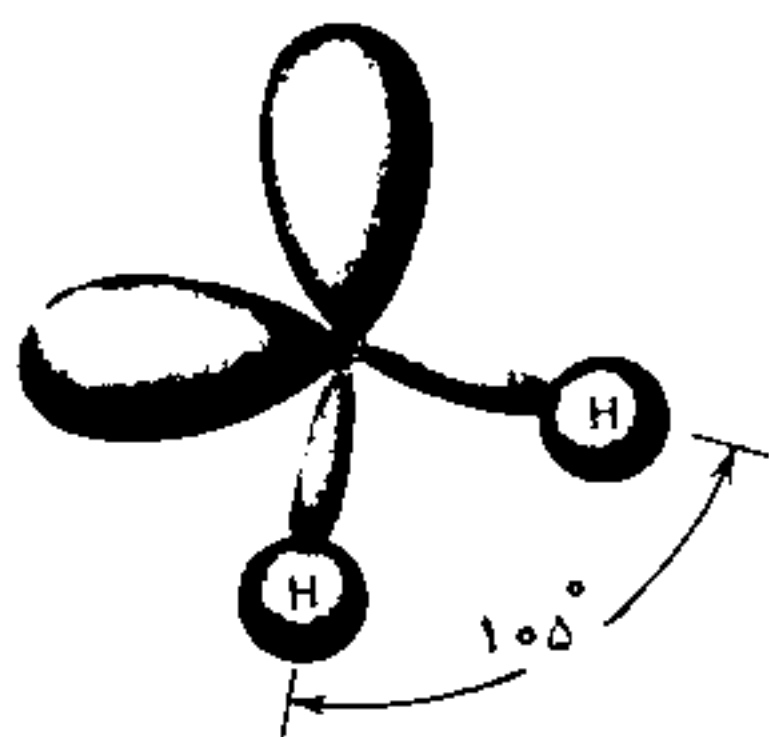


شکل زیر از بیناالهای چهارگانه sp^3 اکسیژن را قبل از تشکیل پیوند با هیدروژنها و بعد از آن نشان می دهد.

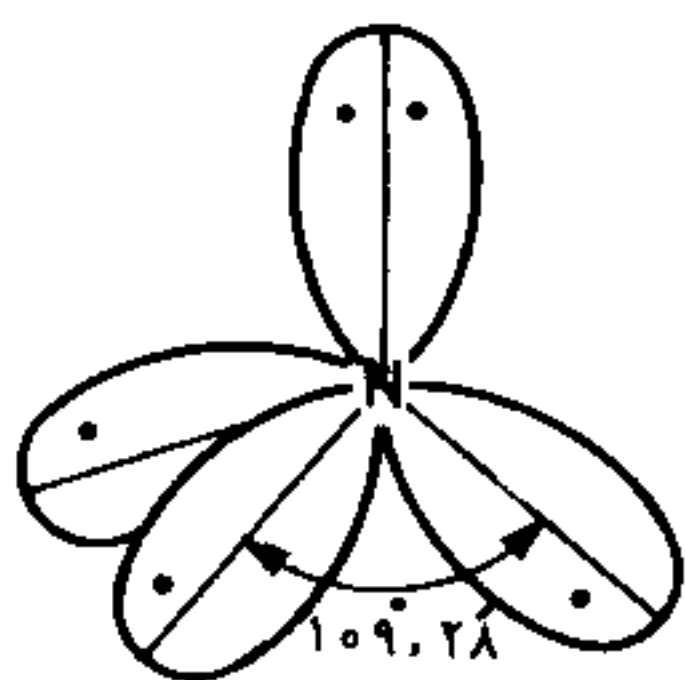
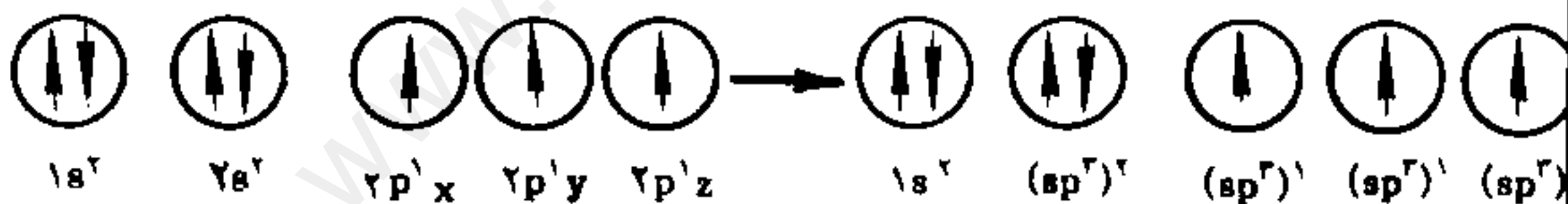


همان طور که در شکل نشان داده شده است ، زوایای پیوندی برای اربیتالهای sp^3 در مورد اکسیژن نیز $109^\circ, 28'$ است ولی دو جفت الکترون غیر پیوندی بر روی اکسیژن باقی می ماند که در تشکیل پیوند O - H شرکت نمی کنند و دو اربیتال sp^3 را اشغال می نمایند . چون جفت الکترونیهای پیوندی مستقیماً تحت تأثیر دو هسته قرار می گیرند ، تحرك کمتری دارند و فضای کوچکتری اشغال می کنند. در صورتیکه جفت الکترونیهای غیر پیوندی بیشتر تحت تأثیر يك هسته بوده و از این رو آزادی تحرك بیشتری دارند و فضای بزرگتری را اشغال می کنند. نیروی دافعه نسبتاً زیاد میان الکترونیهای غیر پیوندی باعث افزایش فاصله میان آنها شده و در نتیجه آنها را به الکترونیهای پیوندی نزدیکتر می نماید . با این ترتیب انتظار داریم که جفت الکترونیهای پیوندی در دو پیوند (O - H) ، مطابق شکل بالای صفحه بعد اندکی به یکدیگر نزدیک شوند و از مقدار $109^\circ, 28'$ کمتر گردند . همانطوریکه در ابتدا گفته شد ، شواهد تجربی نیز نشان می دهد که این زاویه در حدود 105° است .

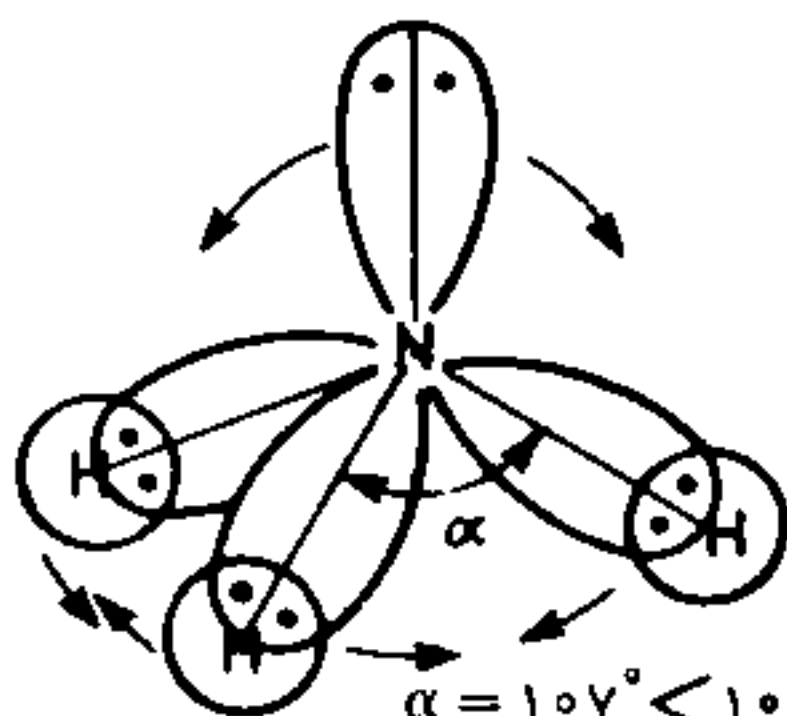
ب - بررسی زاویه پیوندی در مولکول آمونیاک : اگر برای اتم نیتروژن در آمونیاک نیز فقط



هیبریداسیون sp^3 در نظر گرفته شود، مقدار زاویه H-N-H پیش بینی شده باید $109^\circ, 28'$ باشد. آرایش الکترونی اتم نیتروژن در حالت عادی و در حالت هیبریداسیون sp^3 به قرار زیر است:



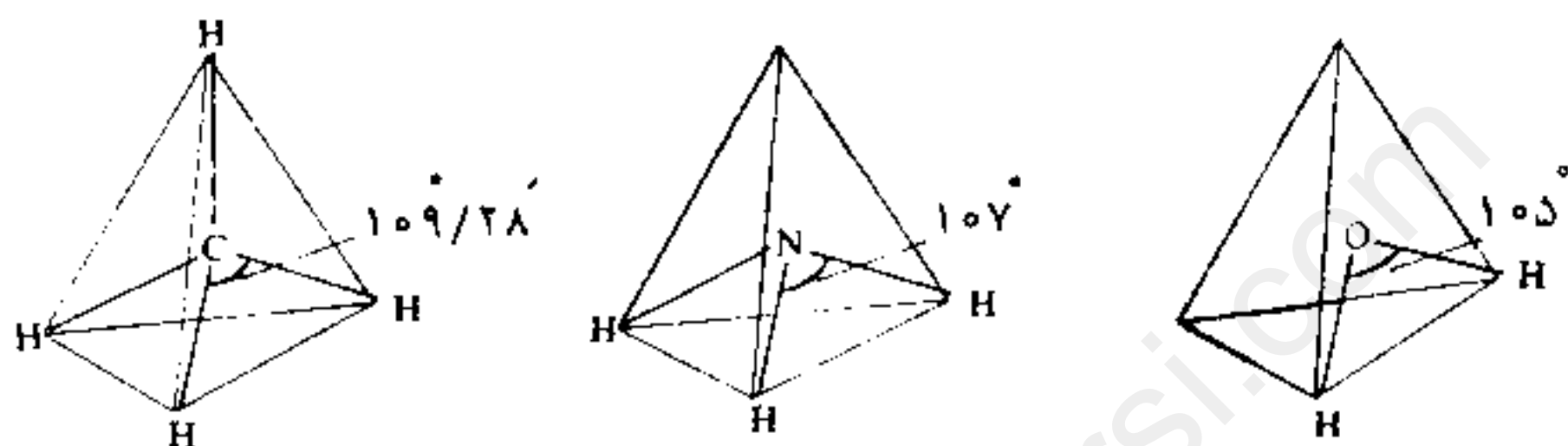
چهار اربیتال هیبریدی sp^3 اتم نیتروژن



$\alpha = 107^\circ < 109^\circ, 28'$
آمونیاک

همانطور که ملاحظه می‌شود، در اینجا نیز یک اربیتال دو الکترونی sp^2 (جفت الکترون غیر پیوندی) و سه اربیتال تک الکترونی sp^2 وجود دارد که می‌تواند با سه اتم یک ظرفیتی مانند نیتروژن سه پیوند تشکیل دهند ولی چون نیروی دافعه‌ای از طرف جفت الکترون غیر پیوندی بر الکترونها پیوندی وارد می‌شود، الکترونها پیوندی و در نتیجه پیوندهای N-H قدری به سمت

یکدیگر رانده می‌شوند. بنابراین زاویه H-N-H کوچکتر از مقدار پیش‌بینی شده یعنی 107° می‌شود. شکل زیر زوایای پیوند در مولکولها CH_4 ، NH_3 و H_2O را نشان می‌دهد.



پرسش و تمرین

- به سری CH_4 ، CH_2Cl_2 ، CH_3Cl و CCl_4 که همگی ساختمان چهاروجهی دارند، توجه کنید. درجه مواردی، مولکول قطبی و درجه مواردی غیر قطبی است؟
- چنانچه عددهای اتمی عناصر A، B، C و D به ترتیب ۶، ۹، ۱۵ و ۱۱ باشد، فرمول ماده‌ای را که احتمالاً از ترکیب دو عنصر زیر تشکیل می‌شود، بنویسید. در هر مورد تعیین کنید که ترکیب حاصل قطبی یا غیر قطبی است؟

الف - B با D	ج - B با B
ب - A با B	د - C با C
- مرقیب سمودی نقطه‌های ذوب مواد زیر را که دارای کلر هستند پیش‌گویی کنید Cl_4 ، $NaCl$ و CCl_4 . مبنای پیش‌گویی خود را در هر مورد توضیح دهید.
- آیا تفاوتی میان مفهوم دو عبارت زیر وجود دارد؟ توضیح دهید.

الف - مولکول دارای پیوندهای قطبی است.
ب - مولکول قطبی است.

۵- منظور از اربیتال هیبریدی چیست؟ چرا اربیتال‌های هیبریدی در مقایسه با اربیتال‌های خالص، پیوندهای قوی‌تری تشکیل می‌دهند؟

۶- شکل مولکولهایی را که اتم مرکزی آنها دارای اربیتال‌های هیبریدی sp ، sp^2 و sp^3 می‌باشد رسم و با یکدیگر مقایسه کنید. وجود اربیتال هیبریدی غیر پیوندی چه تأثیری در شکل مولکول دارد؟

۷- با وجود این که نیتروژن، کربن و اکسیژن همگی اریئالهای هیبریدی sp^2 پدید می آورند، چرا NH_3 و H_2O قطبی و CH_4 غیر قطبی است؟ کدام يك از این مولکولها در تشکیل پیوند داتیو شرکت می کنند؟

۸- هر يك از عبارتهای زیر توصیفی برای برخی مولکولها است. عبارتها را بدقت بخوانید و در

کنار هر يك، دو حرف که نماینده دو نوع مولکول است بنویسید:

الف - BF_3

ب - CH_4

ج - H_2O

د - NH_3

- پیوند قطبی دارد ولی مولکول آن قطبی نیست.

- مولکول آن از نظر بخش بار الکتریکی متقارن است.

- مولکول آن قطبی است.

- زاویه میان دو پیوند در مولکول کمتر از $28'$ و 109° است.

- پیوند نیتروژنی تشکیل می دهد.

۹- جدول زیر را بخوانید و به پرسشهای مربوط پاسخ دهید:

ماده	رسانای الکتریکی	نقطه ذوب $^\circ C$	نقطه جوش $^\circ C$	اثر حرارت بر آن (در هوا)
A	در حالت جامد مایع رسانای خوبی است.	۹۷	۸۸۹	می سوزد و نوعی اکسید پدید می آورد که محلول آن در آب خاصیت بازی دارد.
B	رسانا نیست	۱۱۳	۴۴۴	می سوزد و نوعی اکسید پدید می آورد که محلول آن در آب خاصیت اسیدی دارد.
C	رسانا نیست	۵	۸۰	می سوزد و در فشارات حاصل از جوش آن گازی وجود دارد که آب آهک را کدر می کند.
D	در حالت جامد رسانا نیست در حالت مذاب رسانای خوبی است.	۸۰۰	۱۴۱۳	ذوب می شود ماده جدیدی به وجود می آید.

الف - کدام يك از این مواد در شرایط معمولی مایع است؟

ب - کدام در آب جوش، می جوشد؟

ج - کدام يك در دما زبادی از تغییرات دما، به صورت مایع باقی می ماند؟

د - کدام يك فلز است؟

ه - کدام يك احتمالاً غیر فلز است؟

و - کدام يك دارای عنصر کربن است؟

ز - کدام يك ممکن است کلرید سدیم باشد؟

ح - کدام يك در هوا اضافه وزن پیدا می کند؟

ط - کدام يك احتمالاً گوگرد است؟

۱۰- آرایش الکترونی Al, Si, P و S را در حالت های عادی و برانگیخته بنویسید.

۱۱- اتم کلر برای تشکیل مولکولهای ClF_3 و ClF_5 ، کدام اریئال های هیبریدی را شرکت می دهد؟

غیر فلزها

۱- پیش گفتار :

همان طور که از سال گذشته به یاد دارید فلزات عناصری هستند که خارجی ترین تراز الکترونی اغلب آنها از نوع s می باشد که می تواند یک یا حداکثر دو الکترون داشته باشد. فلزات به علت بزرگ بودن شعاع اتمی (در مقایسه با غیر فلزات) از نظر شیمیایی به از دست دادن الکترون تمایل دارند و فلزهای اصلی، در این عمل به آرایش الکترونی گاز بی اثر نزدیکتر بخود می رسند. غیر فلزها نیز که الکترونهاي بیشتری در سطح انرژی خارجی دارند و اریتهالهای تراز p لایه ظرفیت آنها در حال پر شدن است، از راه گرفتن الکترون و تولید یون منفی و یا به اشتراك گذاشتن يك یا چند الکترون لایه ظرفیت خود به آرایش الکترونی پایدار گازهای بی اثر نزدیکتر بخود می رسند.

از سال دوم به یاد دارید که غیر فلزها در حالت جامد برخلاف فلزها مدهولا شکننده بوده و رسانای الکتریسته نیستند و از نظر شیمیایی اکسید آنها خواص اسیدی دارد.

همچنین از سال دوم به یاد دارید که در هر گروه از جدول تناوبی از بالا به پائین خاصیت فلزی زیادتیر شده و خاصیت غیر فلزی کاهش می یابد. به همین علت در بیشتر گروههای غیر فلزی که در این فصل بررسی خواهیم کرد، عناصر پائین خانواده تا اندازه ای خاصیت فلزی نشان می دهند.

عناصر گروه هفتم - هالوژنها

۲- بررسی عمومی

این گروه شامل فلوئور، کلر، برم، ید و استاتین می باشد. از شیمی سال دوم به یاد دارید که این عناصر غیر فلزاتی هستند با فعالیت شیمیایی زیاد که آنها را هالوژن (هالژا) می نامند.

۱- به یاد دارید که برخی عناصر گروه سوم که در اریتهال p لایه ظرفیت يك الکترون دارند، اغلب خاصیت آمفوتری نشان می دهند.

هالوژنها به دلیل فعالیت شیمیایی زیادی که دارند، در طبیعت فقط به صورت ترکیب یافت می‌شوند. هالوژنها به حالت آزاد اغلب سمی و خطرناک هستند در صورتی که ترکیبات آنها در زمین سلامت و رفاه انسان نقش مهمی دارند. به عنوان مثال مایع فراری که برای ایجاد سرما در قسمت خنک کننده یخچال مورد استفاده است و فریون نام دارد و بعضی از پلاستیکها از ترکیبات فلوئور می‌باشند. نمک طعام، بسیاری از حشره کشها مانند D.D.T.، مواد رنگبر، برخی از مواد اسیدی و بعضی از پلاستیکها مانند P.V.C. دارای کلر هستند. در فیلم عکاسی و برخی از داروهای آرام بخش از ترکیبات برم استفاده شده است. بالاخره تیر و کین، ترکیب پد داری است که از غده تیر و کین ترشح می‌شود و در بسیاری از اعمال حیاتی نقش مهمی دارد.

(برخی از خاصه‌های هالوژنها را در برنامه سال دوم بررسی کرده‌اید. با استفاده از جدول زیر می‌توان برخی خواص این عناصر را توجیه کرد :

جدول مشخصات هالوژنها

عدد اتمی	فلوئور F	کلر Cl	برم Br	ید I
رنگ در حالت گازی	زرد	زرد مایل به سبز	قرمز قهوه‌ای	بنفش
حالت فیزیکی در شرایط عادی	گاز	گاز	مایع	جامد
آرایش الکترونی در خارجی ترین سطح انرژی	$2s^2 2p^5$	$3s^2 3p^5$	$4s^2 4p^5$	$5s^2 5p^5$
انرژی نخستین یونیزاسیون (kcal/mol)	۲۰۱	۲۹۷	۲۷۳	۲۴۱
الکترونگاتیوی	۴	۳	۲/۸	۲/۵
شعاع اتمی (Å)	۰/۶۲	۰/۹۹	۱/۱۴	۱/۲۳
شعاع یونی (Å)	۱/۳۶	۱/۸۱	۱/۹۵	۲/۱۶
نقطه ذوب (°C)	-۲۳۳	-۱۰۲	-۷/۳	۱۱۳
نقطه جوش (°C)	-۱۸۸	-۳۳/۶	۵۸	۱۸۳
پتانسیل الکترونی (eV)	+ ۲/۸۷	+ ۱/۳۶	+ ۱/۰۶	+ ۰/۵۳

این مقادیر برای نیمه واکنش $x_2 + 2e^- \rightarrow 2x^-$ (احیای هالوژن) می‌باشد.

بررسی جدول و توجیه برخی تغییرات منظم و خواص هالوژن‌ها - مقایسه آرایش الکترونی خارجی‌ترین سطح انرژی هالوژن‌ها نشان می‌دهد که هر یک از این عناصر یک الکترون کمتر از گاز بی‌اثر بعدی خود دارد. به همین دلیل هالوژن‌ها آمادگی زیادی برای دریافت یک الکترون و تشکیل یون هالید دارند.

(پرسش ۱ -) با استفاده از جدول تناوبی، گازی اثر بعد از هر یک از هالوژن‌ها را مشخص کرده، آرایش الکترونی آخرین تراز آنها را رسم کنید.

الکترونگاتیوی زیاد و آسانی تبدیل اتم‌های هالوژن (X) به یون هالید (X^-) را می‌توان به کم بودن شعاع اتمی این عناصر ربط داد.

چنان‌که در جدول صفحه قبل ملاحظه می‌شود، تمایل اتم‌های هالوژن به جذب الکترون و تشکیل یون هالید با زیاد شدن عدد اتمی کم می‌شود.

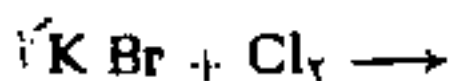
پرسش ۲ - جدول صفحه قبل نشان می‌دهد که با زیاد شدن عدد اتمی، شعاع اتمی نیز افزایش می‌یابد.

آیا می‌توانید علت این افزایش را بیان کنید؟ چه دلیلی می‌توان برای کم شدن الکترونگاتیوی این عناصر از فلورئور تا ید بیان کرد؟ چه دلیلی می‌توان برای کاهش تدریجی انرژی یونیزاسیون ارائه داد؟ چرا نقطه جوش و نقطه ذوب هالوژن‌ها از فلورئور تا ید افزایش می‌یابد؟

پرسش ۳ - احیا شدن ید و تبدیل آن به یون یدید آسانتر است یا احیا شدن کلر و تبدیل آن به یون کلرید؟ چرا پتانسیل الکترونی هالوژن‌ها با زیاد شدن عدد اتمی کاهش می‌یابد؟

پرسش ۴ - از سال دوم به یاد دارید که فعالیت شیمیایی هالوژن‌ها با زیاد شدن جرم اتمی کم می‌شود. آیا تغییرات E° در جدول این موضوع را تأیید می‌کند؟

پرسش ۵ - از واکنش‌های زیر هر یک را که انجام پذیر است، کامل و موازنه کنید. در هر مورد علت انجام پذیر بودن و یا انجام پذیر نبودن واکنش را ذکر کنید:



پرسش ۶ - با توجه به اطلاعات داده شده در جدول صفحه قبل و استفاده از خصوصیات تناوبی عناصر، آیا می‌توانید پیشگویی‌هایی درباره حالت فیزیکی، انرژی یونیزاسیون، الکترونگاتیوی و نقطه ذوب استاتین انجام دهید؟