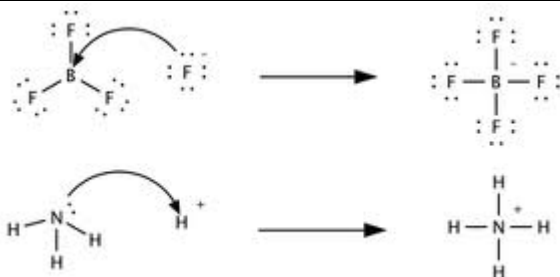


# KİMYA



ALİ MƏKTƏBLƏR ÜÇÜN DƏRS VƏSAİTİ  
vəsaitin hazırlanmasında ali məktəb kimya kitablarından istifadə olunub.



## Mündəricat

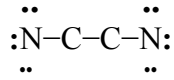
-Lewis qaydası.....	3
-Nisbi yüklərin tapılması.....	4
-Rezonans.....	5
-VSEPR (Elektron cütünün bir-birini itələməsi) qaydası.....	5
-Elektron qrup geometrləri.....	6
-VSEPR qaydasının tətbiq olunması.....	7
-Oktet qaydasından kənara çıxmalar.....	10
-Polyar və qeyri-polyar molekullar. Dipol momenti.....	11
-Rabitə uzunluğu.....	12
-Rabitə enerjisi.....	12
-Nümunəvi məsələlər.....	13

### Lewis qaydası

1. valent elektronları göstərilir.
2. hər bir element üçün okted qaydası tətbiq edilir. (hidroqendə dublet)
3. əvvəl tək kovalent rabitələrlə atomları bir-birinə bağlayırıq.
4. sonra isə elektron sayına uyğun olaraq rabitələri qururuq.

*Nümunə 1:* C<sub>2</sub>N<sub>2</sub> Lewis qaydasını tətbiq edin.

1. valent elektronları tapılır. 4+4+5+5=18
2. mərkəz atom tapılır.karbon atomunun elektromənfiliiyi (2,5), azotda (3) .Elektromənfiliiyi az olan mərkəzdə yerləşir.
3. atomları tək kovalent rabitələrlə bağlayırıq.  
N-C-C-N
4. 6 elektron rabitədə var.qaldı 12 elektron.
5. qalan elektronları okted qaydası ilə uc atomlara yerləşdiririk.

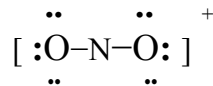


6. hər bir karbon atomunda sadəcə 4 elektron vardır və oktedi tamamlamaq üçün 4 elektron lazımdır.

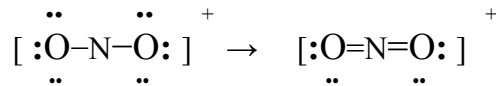


*Nümunə 2:* NO<sub>2</sub><sup>+</sup> Lewis qaydasını tətbiq edin.

1. 5+6+6-1=16
2. N atomunun elektromənfiliiyi (3),oksigendə (3,5),demək azot mərkəzi atomdur.
3. atomları tək kovalent rabitələrlə bağlayırıq.  
O-N-O
4. 4 elektron rabitədə var.qaldı 12 elektron.
5. qalan elektronları uc atomlara yerləşdiririk.



6. azot atomunun oktedini tamamlayaq.



*Misal:* SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, HO<sub>2</sub><sup>-</sup> ionları üçün lewis quruluşlarını yazın.

*Misal:* karbon suboksit kimi bilinən C<sub>3</sub>O<sub>2</sub> üçün lewis quruluşunu yazın.

### Nisbi yüklərin tapılması

Lewis quruluşunda bir atomun nisbi yükü, həmin atomun valent elektronların sayından çıxırmaq rabitədə iştirak etməmiş elektronların sayını, çıxırmaq həmin atoma aid rabitələrin sayını.

$$A-B-C = \text{nisbi yük}$$

- A → valent elektronları
- B → rabitədə iştirak etməyən elektronlar
- C → rabitə sayı

Nümunə:  $[:\text{O} \equiv \text{N} - \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{O}}}:]^+$  hər bir atomun nisbi yükünü tapın. (1.1)

$$1. \text{:O} \equiv \quad 6 - 2 - 3 = +1$$

$$2. \equiv \text{N} - \quad 5 - 0 - 4 = +1$$

$$3. - \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{O}}}: \quad 6 - 6 - 1 = -1$$

(1.1)-deki nümunə lewis quruluşuna tam uyğun deyil. çünki oksigen elektromənfi elementdir amma yükü +1, həm də iki qonşu atomların ( $\text{N}^{+1}, \text{O}^{+1}$ ) yükləri eynidir.

əgər biz formulu belə yazsaydıq:  $[:\text{O} = \text{N} = \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{O}}}:]^+$

$$1. \text{:O} = \quad 6 - 4 - 2 = 0$$

$$2. = \text{N} = \quad 5 - 0 - 4 = 1$$

$$3. = \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{O}}}: \quad 6 - 4 - 2 = 0 \quad \text{onda lewisin bütün qaydalarına əməl etmiş olardıq.}$$

- **Nisbi yüklərə əsasən lewis quruluşunun yazılmasına aid qaydalar.**

1. Neytral atom üçün nisbi yüklərin cəmi sıfırdır, ion üçün ionun yükünə bərabərdir.
2. Nisbi yüklər mümkün qədər minimum olmalıdır.
3. Elektromənfiliyi çox olan atomlardakı nisbi yüklər mənfi olmalıdır.
4. Qonşu atomlardakı nisbi yüklər eyni olmamalıdır.

Misal 1: aşağıdakı birləşmələrdə hər bir atom üçün nisbi yükü tapın.

- $[\text{H} - \text{C} \equiv \text{C}:]^-$
- $[\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3]^+$
- $[:\text{C} \equiv \text{C}:]^{2-}$

Misal 2: aşağıdakı quruluşlardan hansı lewis qaydasına uyğundur?

- $\begin{array}{cccc} \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \text{:O} & \text{---} & \text{Cl} & \text{---} & \text{N} & \text{:} & \text{:O} & \text{---} & \text{Cl} & \text{:} \\ & & \cdot\cdot & & \cdot\cdot & & \cdot\cdot & & \cdot\cdot & \\ & & \cdot\cdot & & \cdot\cdot & & \cdot\cdot & & \cdot\cdot & \end{array}$

(a<sub>1</sub>)

(a<sub>2</sub>)

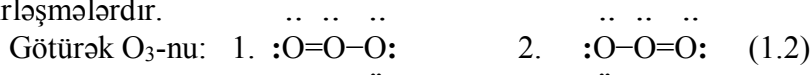
(a<sub>3</sub>)

(a<sub>4</sub>)

cavab: a<sub>3</sub>

## Rezonans

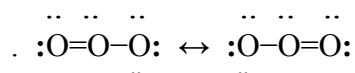
Lewis quruluşunu bütün birləşmələrə tətbiq etmək olmur. Belə birləşmələr rezonans birləşmələrdir.



-bu quruluşların hər ikisi yanlıştır. Çünki hər iki (O–O və O=O) oksigen-oksigen rabitəsinin uzunluğu eynidir (127,8 nm).

Əslində isə O–O rabitəsinin uzunluğu 147,5 nm, O=O rabitəsinin uzunluğu isə 120,74 nm olmalıdır.

Əslində Lewis quruluşunun yuxarıdakı (1.2) quruluşların heç biri olmadığı, ancaq bu iki quruluşun bir birləşməsi olduğunu qəbul edə bilərik. Bunu belə göstərə bilərik:

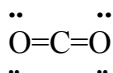


## VSEPR (Elektron cütünün bir-birini itələməsi) qaydası

İstər rabitə yaradan elektron cütləri, istər rabitə yaratmayan elektron cütləri bir-birini itələyir. Elektron cütlükləri, atom ətrafında itələnməyi ən azı endirəcək şəkildə yönləndirirlər.

Bunun nəticəsində molekulların özlərinə xas şəkildə geometrik şəkilləri yaranır.

VSEPR qaydasının daha bir özəlliyi onun sadəcə elektron cütlüyü üzərində deyil, həm də elektron qrupu üzərində qurulmasıdır. İki atom arasında ikili yada üçlü rabitə bir elektron qrupudur.



şəkildə iki elektron qrupu vardır. (O=C və C=O)

Gəlin bu 3 molekul geometrisinə baxaq. CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O

1. CH<sub>4</sub>  
$$\begin{array}{c} H \\ \cdot\cdot \\ H:C:H \\ \cdot\cdot \\ H \end{array}$$

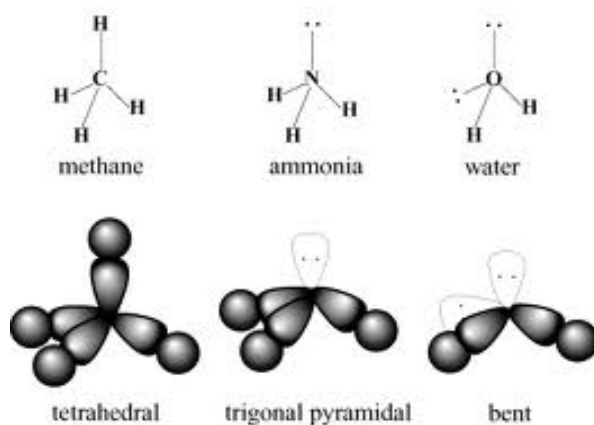
“C” mərkəzi atom, 4 elektron cütü var, 4-də rabitə əmələ gətirib.  
- molekul geometrisi dördüzlü formasındadır.  
- bucaq dərəcəsi 109,5<sup>0</sup>
2. NH<sub>3</sub>  
$$\begin{array}{c} \cdot\cdot \\ H :N: H \\ \cdot\cdot \\ H \end{array}$$

“N” mərkəzi atom, 4 elektron cütü var, ama 3-ü rabitə əmələ gətir-diyindən molekul geometrisi dördüzlü deyil.  
- bucaq dərəcəsi 107<sup>0</sup>
3. H<sub>2</sub>O  
$$\begin{array}{c} \cdot\cdot \\ H :O: H \\ \cdot\cdot \end{array}$$

4 elektron cütü var ama 2-si rabitə əmələ gətirib molekul geomet-risidə açıqdır. Bucaq dərəcəsi 104,5<sup>0</sup>.

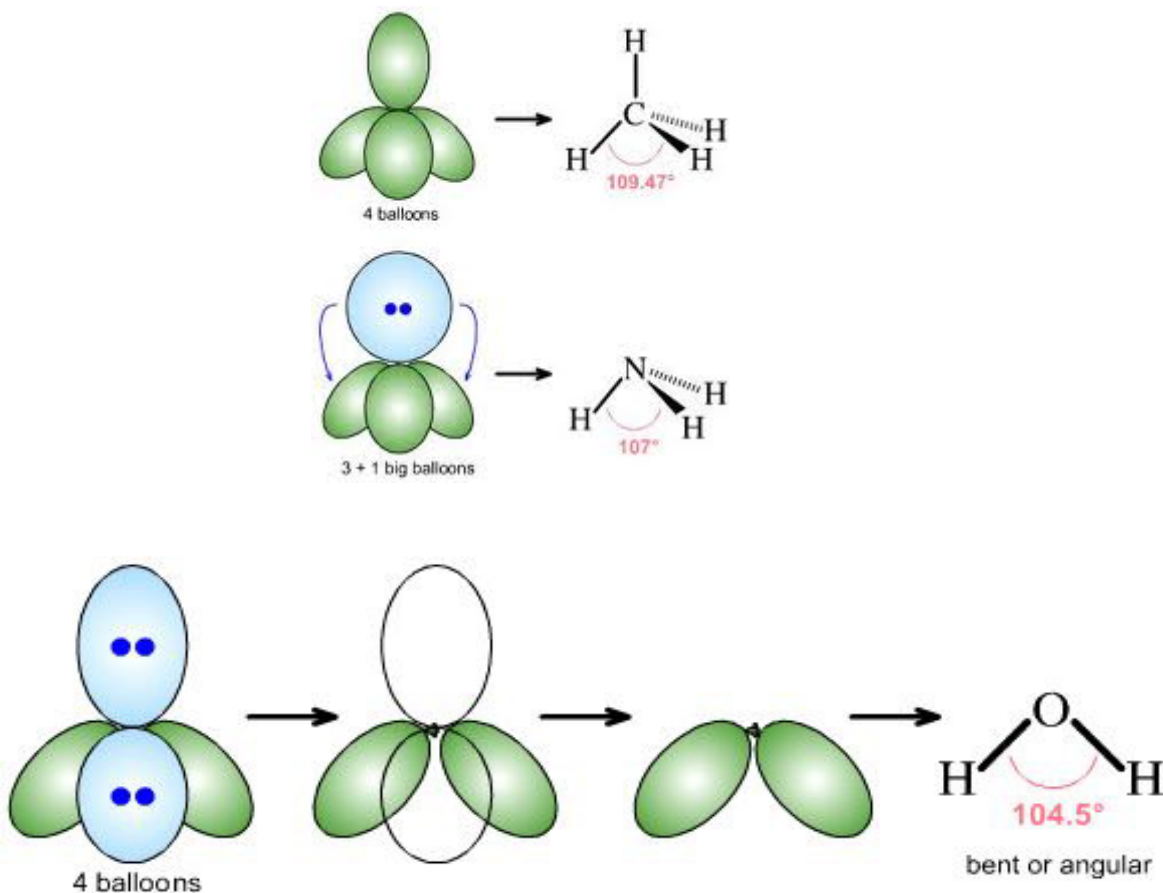
Mərkəzi atomları “A” ilə digər atomları “X” ilə, və rabitədə iştirak etməyən elektron cütlüyünü “E” ilə işarə edək.

- CH<sub>4</sub> üçün AX<sub>4</sub>
- NH<sub>3</sub> üçün AX<sub>3</sub>E
- H<sub>2</sub>O üçün AX<sub>2</sub>E<sub>2</sub>



*Şəkilə metan, ammonyak və suyun molekul geometrisi göstərilmişdir.*

QEYD: Dördüzlü elektron geometrisində rəbitə bucaqları  $109,5^{\circ}$  olmalıdır. Metanda bu belədir amma  $\text{NH}_3$  və  $\text{H}_2\text{O}$ -da bu fərqlidir. Buda rəbitədə iştirak etməyən elektron cütləri ilə izah olunur.



### Elektron qrup geometrləri

- 2 elektron qrupu: xətti
- 3 elektron qrupu: üçbucaq piramid
- 4 elektron qrupu: dördüzlü
- 5 elektron qrupu: üçbucaq bipiramid
- 6 elektron qrupu: səkkizüzlü

Qeyd: iki elektron cütü bir-birinə yaxınlaşanda aralarındakı itələnmə artır. İki elektron cütü arasındakı bucaq azaldıqca itələnmə faktiki olaraq artır.

Qeyd: Rabitədə iştirak etməyən iki elektron cütü arasındakı itələmə, iki bağlayıcı yəni rabitədə iştirak edən elektron cütlükləri arasındakına görə daha böyükdür.

Elektron Qrupu Sayısı	Elektron Qrupu Geometrisi	Ortaklanmamış Elektron cütü Sayısı	VSEPR Göstərimi	Molekul Geometrisi	Rabitə bucaqları	Misal
2	xətti	0	$AX_2$	$X-A-X$ Xətti	$180^0$	$BeCl_2$
3	üçbucaq Piramid	0	$AX_3$	$X-A$ X X Üçbucaq piramid	$120^0$	$BF_3$
3	üçbucaq piramid	1	$AX_2E$	--:-- A X X açıq	$120^0$	$SO_2$
4	dördüzlü	0	$AX_4$	X   X-A-X X dördüzlü	$109,5^0$	$CH_4$

### VSEPR qaydasının tətbiq olunması

VSEPR qaydasını 4 addım üzərində tətbiq edək.

1. Molekul və ya çox atomlu ionun uyğun Levis quruluşu yazılır.
2. Mərkəzi atom ətrafındakı elektron qruplarının sayı və bunların bağlayıcı cüt<sup>1</sup> və ya ortaqlanmamış elektron qrupları olduqlarını tapırıq.
3. Mərkəzi atom ətrafındakı elektron qrup geometrisi xətti, üçüzlü piramid<sup>2</sup>, dördüzlü, üçüzlü bipiramid ya da səkkizüzlü olaraq tapılır.
4. Sonda molekul geometrisini qururuq.

*Nümunə:*  $[ICl_4]^-$  aniyonunun molekul geometrisini qurun.

*Həlli:* 1. Levis quruluşunu yazırıq. Valent elektronları sayı 36.

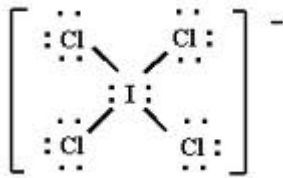
$$\begin{array}{ccccccc} \text{I} & & \text{Cl} & & \text{-1 ionun sayı} & & \\ (1 \times 7) & + & (4 \times 7) & + & 1 & = & 36 \end{array}$$

Mərkəzi atom yoddur. Əvvəl uc atomların oktetini tamamlayırıq. Artıq qalan elektronları yoda veririk.

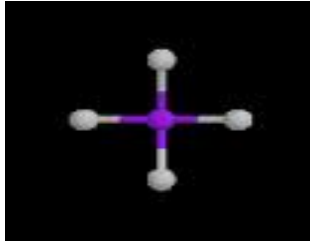
1- Rabitə yaradan elektron cütü

2- üçbucaq piramid





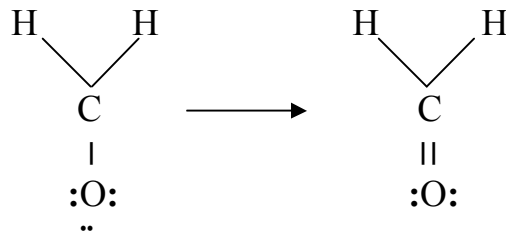
2. Yod atomu ətrafında dörd bağlayıcı və iki ortaqlanmamış olmaqla altı elektron cütü (altı elektron qrupu) var.
3. Altı elektron qrupu geometrisi səkkizüzlüdür.
4.  $\text{ICl}_4^-$  anyonu  $\text{AX}_4\text{E}_2$  VSEPR tipindədir.



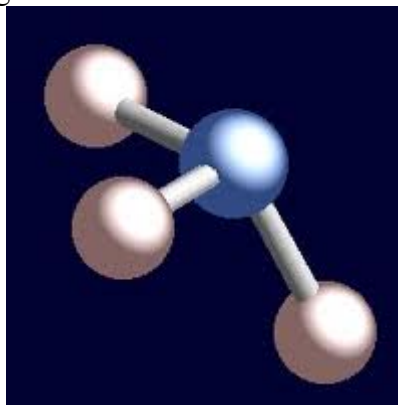
*$\text{AX}_4\text{E}_2$  tipli birləşmələrdə molekulyar geometrisi*

*Nümunə:*  $\text{HCOH}$  ( $\text{H}_2\text{CO}$ ) formaldehidin molekulyar geometrisini yazın.

*Həlli:* 1. 12 valent elektronu var. Mərkəz atom karbondur. Əvvəl uc atomların oktetini tamamlayaq (hidrogenə dublet).



2. Karbon atomu ətrafında 3 elektron qrupu var.
3. üç elektron qrupu geometrisi üçüzlüdür. VSEPR forması  $\text{AX}_3$
4. Molekulyar geometrisi aşağıdakı kimidir.



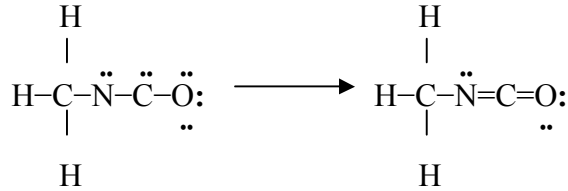
*$\text{AX}_3$  tipli birləşmələrin molekulyar geometrisi*

- **VSEPR qaydasının birdən çox mərkəzi atomu olan birləşmələrə tətbiq olunması**

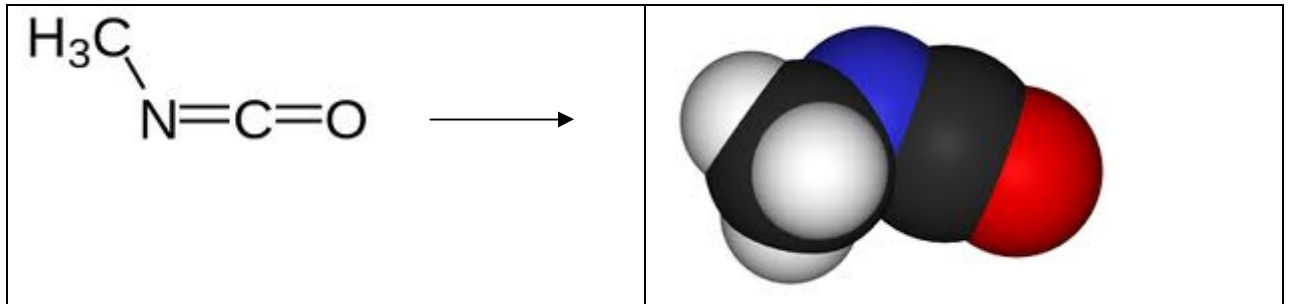
Bunu metilizosionat ( $\text{CH}_3\text{NCO}$ ) nümunəsində həll edək:

$$\begin{array}{cccc} 2\text{C} & \text{N} & \text{O} & 3\text{H} \\ (2 \times 4) & + (1 \times 5) & + (1 \times 6) & + (3 \times 1) = 22 \end{array}$$

-İki karbon və bir azot atomu mərkəzi atomdur.



- Soldakı karbon atomu ətrafında 4 elektron qrupu var. Demək həmin hissə dördüzlüdür ( $\text{AX}_4$ ). Rabitə bucağı  $109,5^\circ$ .
- Sağdakı karbon atomu ətrafında iki ikili rabitəli 2 elektron qrupu var ( $\text{AX}_2$ -xətti).
- N atomunda 3 elektron qrupu var, bu da üçüzlü formadadır ( $\text{AX}_2\text{E}$ ).



*Misal:*  $\text{PCl}_5$  üçün VSEPR quruluşunu və molekul geometrisini yazın?

*Misal:*  $\text{ClF}_4^-$  üçün VSEPR quruluşunu və molekul geometrisini yazın?

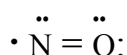
*Misal:*  $\text{CH}_3\text{OH}$  üçün VSEPR qaydasını tətbiq edin?

### Oktet qaydasından kənara çıxmalar

Oktet qaydası Levis quruluşunun yazılmasının ən önəmli təməllərindəndir. Ancaq bəzi hallarda oktetdən kənara çıxmalar olur.

- **Tək sayda elektronu olan molekullar**

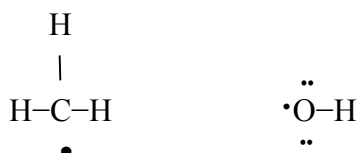
NO molekulunda 11 valent elektronu var. Əgər Levis quruluşunda valent elektronu tək isə demək, quruluşda cütləşməmiş elektron var. Levis qaydası elektron cütləri haqqındadır və cütləşməmiş elektronu hara qoyulacağını bizə göstərmir. Bu elektron NO molekulunda N və ya O atomu üzərində ola bilər. Nisbi yükü olmayan bir quruluş əldə etmək üçün elektronu N atomu üzərinə qoymaq lazımdır.



Qeyd: Tək sayda elektronu olan molekullar paramaqnit, cüt sayda elektronu olan molekullar dimaqnitdir.

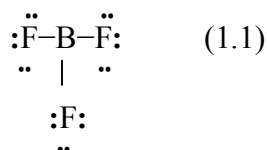
Qeyd: O<sub>2</sub> molekulunda 12 valent elektronu var, amma O<sub>2</sub> paramaqnitdir.

Tək elektronlu molekullar dedikdə ağıla ilk öncə radikallar gəlir. məs: metil və hidroksil.

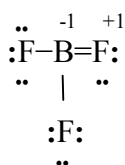


- **Əksik oktetlər**

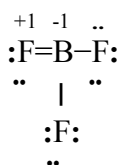
Bor triflüorun Levis quruluşunu yazmaq istədiyimizdə, B atomunun valent qabığına sadəcə altı elektron olduğunu yəni oktetin əksik olduğunu görə bilərik.



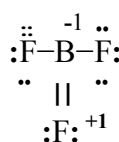
Mərkəz atomun oktetini tamamlamaq üçün:



(1.2)



(1.3)



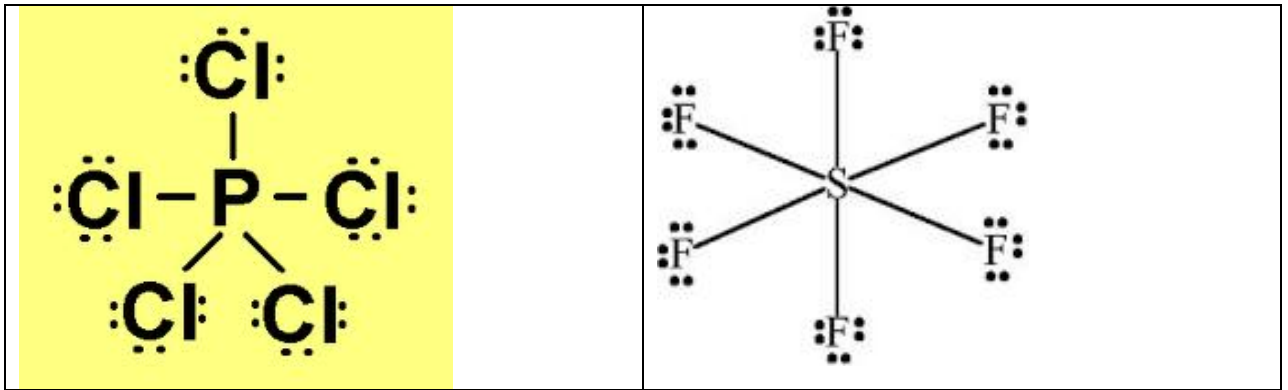
(1.4)

-bu üç gedişi həyata keçiririk. Lakin bunların heç biri deqiq deyil, çünki- flüor elektromənfi element olduğu halda nisbi yükü +1 dir. Həmdə B-F arasındakı tək qat rabitənin uzunluğu 130pm dir (əslində 145pm olmalıdır).

Burdan belə nəticəyə gəlmək olarki, bor triflüorun quruluşu (1.2), (1.3), (1.4)-dən heç biri olmayıb, bunların rezonans formasıdır. Kimyaçılar (1.1)-dəki quruluşu daha məqbul sayır.

- **Genişlənmiş valent qabığı**

Bəzi molekullar var ki, onların mərkəz atomunda 10 ya da 12 valent elektronu var. Bunlara genişlənmiş valent qabığı deyilir. Bunun necə əmələ gəlməsi kimyaçılar arasında mübahisəli mövzudur.



Genişlənmiş valent qabığı  $PCl_5$  və  $SF_6$  misalında

### Polyar və qeyri-polyar molekullar. Dipol momenti

Biz bilirik ki, HCl molekulunda Cl atomu H atomuna görə daha elektromənfidir. Demək elektronlar H və Cl atomunu birləşdirən düz xətt boyunca Cl-a tərəf yönəlir. HCl polyar molekuldur.



Polyar kovalent rabitəli birləşmələrdə yüklərin paylanması arasındakı fərqlilik *dipol momenti* ( $\mu$ ) ilə verilir.

$$\mu = \sigma d$$

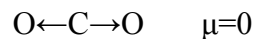
Əgər “ $\sigma d$ ” dəyəri  $3,34 \times 10^{-30}$  C.m isə dipol momenti  $\mu$  1D (debye) dir.

Əvvəl dediyimiz kimi H–Cl rabitəsinin polyar olması və yüklərin Cl atomuna doğru yönəlməsi mənfi və müsbət yük mərkəzlərinin bir-birindən ayrılmasına gətirib çıxarır. Dipol momenti 1,03D və H–Cl rabitə uzunluğunu 127,4 nm (əvvəldən ölçmüşük) olan molekulun yükünü tapaq.

$$\sigma = \frac{\mu}{d} = \frac{1,03 \times 3,34 \times 10^{-30} \text{ C.m/D}}{127,4 \times 10^{-12}} = 2,70 \times 10^{-20} \text{ C}$$

Bu yük bir elektron yükünün ( $1,60 \times 10^{-19}$ ) 17%-dir. Bu da HCl-un 17% iyonik olduğunu göstərir.

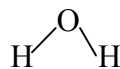
**CO<sub>2</sub>.** Bu molekul qeyri-polyardır. Bunu isbat etmək üçün elektron yükünün bütün molekulda necə yönəldiyini bilməliyik. C və O arasındakı elektromənfilik fərqi, elektron yük yoğunluğunu O atomuna doğru yönəldir və rabitə dipolu yaradır. Lakin rabitə dipolu eyni böyüklükdə və əks istiqamətə yönəldiyindən dipol momenti sıfır olur.



Buradan hansı nəticəyə gəlmək olar:

- qeyri-polyar molekulların dipol momenti sıfırdır.
- molekul simmetrikdirsə qeyri-polyardır.
- dipol momenti polyar molekullara xas anlayışdır.

**H<sub>2</sub>O.** Bu molekul polyardır. ( $\mu = 1,84D$ ). VSEPR qaydasına görə H<sub>2</sub>O molekulunun açıq olduğunu bilirik (AX<sub>2</sub>E<sub>2</sub>). Bu da onun polyar olduğunu təsdiqləyir.



-CCl<sub>4</sub>, BF<sub>3</sub>, Cl<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub>, CH<sub>4</sub> və s. molekullar qeyri-polyardır.

*Misal:* Bu birləşmələrdən hansının polyar hansının qeyri-polyar olmasını isbat edin?

- SF<sub>6</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, Cl<sub>3</sub>CCH<sub>3</sub>, PCl<sub>5</sub>, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>

### Rabitə uzunluğu

Rabitənin uzunluğu atom nüvələri arasında məsafə olub nm-lə ölçülür. Rabitənin uzunluğu rabitənin sayından asılıdır. Rabitənin sayı artdıqca rabitə uzunluğu azalır. Rabitəni əmələ gətirən elektronların sayı artdıqca, onların nüvə tərəfindən cəzb olunması artır və nəticədə rabitə uzunluğu azalır.

Bəzi ortalama rabitə uzunluqları					
Rabitə	Rabitə uzun(nm)	Rabitə	Rabitə uzun(nm)	Rabitə	Rabitə uzun(nm)
H-H	74,14	C-C	154	N-N	145
H-C	110	C=C	134	N=N	123
H-N	100	C≡C	120	N≡N	109,8
H-O	97	C-N	147	N-O	136
H-S	132	C=N	128	N=O	120
H-F	91,7	C≡N	116	O-O	145
H-Cl	127,4	C-O	143	O=O	121
H-Br	141,4	C=O	120	F-F	143
H-I	160,9	C-Cl	178	Cl-Cl	199
				Br-Br	228
				I-I	266

*Nümunə:* Br-Cl rabitəsinin uzunluğunu təxmin edək.

-bunun üçün bizə Br-Br və Cl-Cl rabitəsinin uzunluğunu bilmək kifayətdir (cədvəldə var).

*Həlli:* Br-Br rabitə uzunluğu=228

Cl-Cl rabitə uzunluğu=199

Br-Cl=?

$$\text{Br-Cl} = \frac{\text{Br-Br}}{2} + \frac{\text{Cl-Cl}}{2} = \frac{228}{2} + \frac{199}{2} = 214 \text{ nm}$$

### Rabitə enerjisi

Rabitə enerjisi rabitəni qırmaq üçün lazım olan enerjidir. Rabitə enerjisi nə qədər çox olsa rabitə də o qədər möhkəm olar. Rabitənin sayı artdıqca rabitə enerjisi artır. Rabitə enerjisinin orta qiymətini tapmaq üçün molekulun əmələgəlmə enerjisini rabitələrin sayına bölmək lazımdır. Məs: NH<sub>3</sub>-ün əmələgəlmə enerjisi 1170kc/moludur. Onda N-H rabitəsinin enerjisi 1170/3=390kc/mol

#### • Rabitə enerjisinə əsasən ΔH-ın hesablanması

*Nümunə:* CH<sub>4(g)</sub> + Cl<sub>2(g)</sub> → CH<sub>3</sub>Cl<sub>(g)</sub> + HCl<sub>(g)</sub>      ΔH=?

(C-H= -414kc, Cl-Cl= -243kc, H-Cl= -431kc, C-Cl= -339kc)

-solda 4 C-H rabitəsi, sağda 3 C-H rabitəsi var. İxtisar edək və solda 1 C-H rabitəsi qaldı.

*Həlli:* ΔH= sağdakıların rabitə enerjiləri cəmi- soldakıların enerjiləri cəmi

$$\Delta H = (-339-431) - (-414-243) = -770 + 657 = -113 \text{ kc}$$

### Nümunəvi məsələlər

1.  $\text{NO}^+$ ,  $\text{N}_2\text{H}_5^+$ ,  $\text{O}^{2-}$ ,  $\text{BF}_4^-$ ,  $\text{NH}_3\text{OH}^+$  üçün Levis quruluşlarını yazın.
2. Azot trixlorun molekulyar geometrisini yazın.
3. Qlisin ( $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$ ) molekulyar rəqəmlərini tapın.
4.  $\text{CH}_3\text{Br}$  molekulyar rəqəmlərini və C-H və C-Br rəqəmlərinin uzunluğunu təxmin edin.
5. Bu birləşmələrdən hansılar paramaqnit, hansılar diamaqnitdir.  $\text{OH}$ ,  $\text{OH}$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{HO}_2$

