المحاضرة الخامسة عشرة

أشكال مركبات العناصر غير الانتقالية

طريقة تنافر المزدوجات الالكترونية في طبقة التكافؤ:-

تعتبر طريقة تنافر المزدوجات الألكترونية من الطرق التي تساعد على التوصل إلى أشكال جزيئات مركبات العناصر غير الأنتقالية حيث تعتمد بالأساس على عدد ونوع المزدوجات الألكترونية الموجودة في غلاف التكافؤ للذرة المركزية. هذه الطريقة تعرف بالمختصر (VSEPR) الذي يأتي من العبارة (Valence Shell Electron Pair Repulsion) وقبل التطرق إلى هذه الطريقة لابد من تعريف بعض المختصرات التي سوف نعتمد عليها لاحقاً في الشرح وهذه المختصرات هي:-

A ويرمز إلى الذرة المركزية

B ويرمز إلى الذرة المرتبطة بالذرة المركزية

E ويرمز إلى المزدوج الألكتروني الغير مرتبط (Lone Pair Electron)

والمزدوجات الألكترونية الموجودة في غلاف التكافؤ للذرة المركزية يمكن تصنيفها إلى صنفين رئيسيين هما:-

أ- مزوج ألكتروني ترابطي:- ويقوم بربط الذرتين بآصرة تساهمية.

ب- مزدوج ألكتروني منفرد:- ويعود إلى الذرة المركزية.

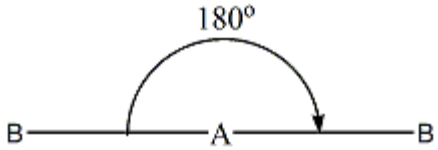
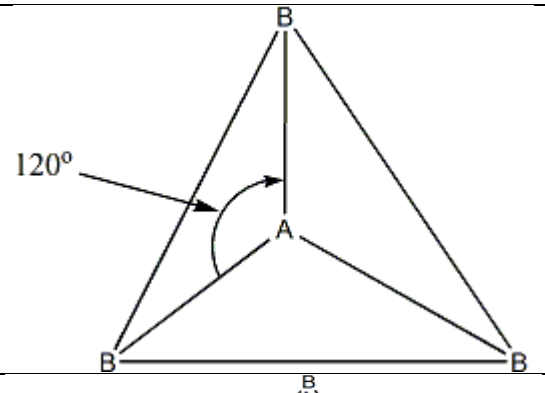
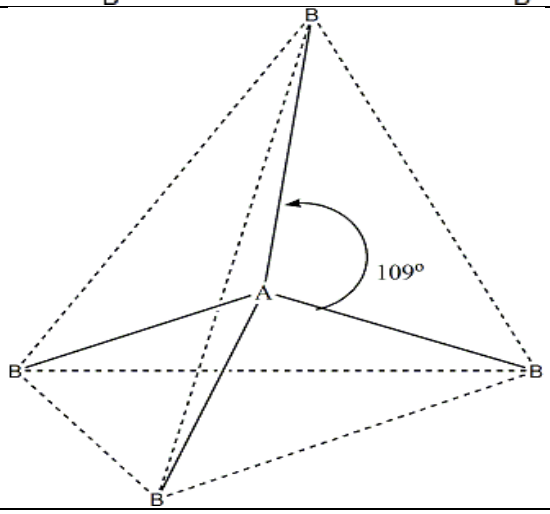
والقواعد التالية تعتبر ملخص وافي لطريقة (WSEPR) :-

القاعدة الأولى:-

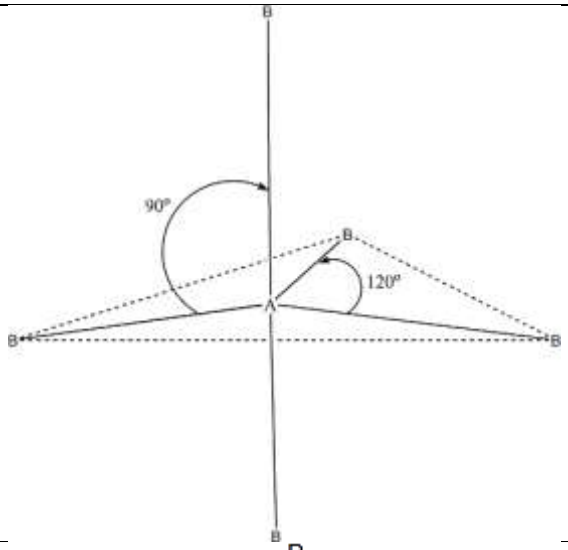
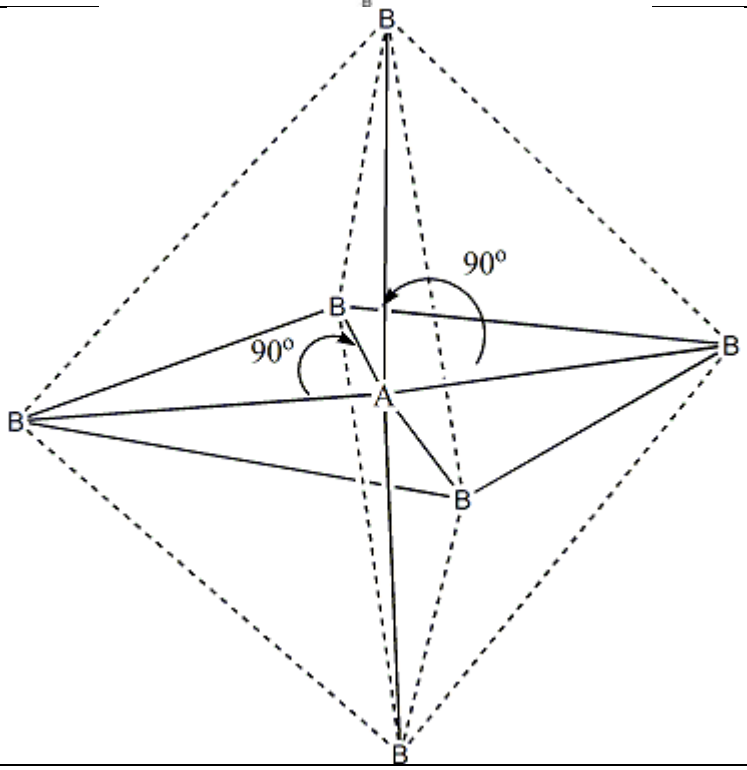
الترتيب المفضل لعدد من المزدوجات الألكترونية في غلاف التكافؤ لأي ذرة هو ذلك الترتيب الذي يباعد بين هذه المزدوجات إلى أكبر حد ممكن ، أي أن المزدوجات الألكترونية أو الأوربيتالات التي تحتويها تظهر وكأنها تتنافر مع بعضها البعض وتتخذ الترتيب الفراغي الذي يبقيها متباعدة. وبتطبيق هذه القاعدة يمكننا التوصل إلى الأشكال الفراغية التالية بحسب عدد المزدوجات الألكترونية الموجودة في الغلاف التكافؤي لأي ذرة.

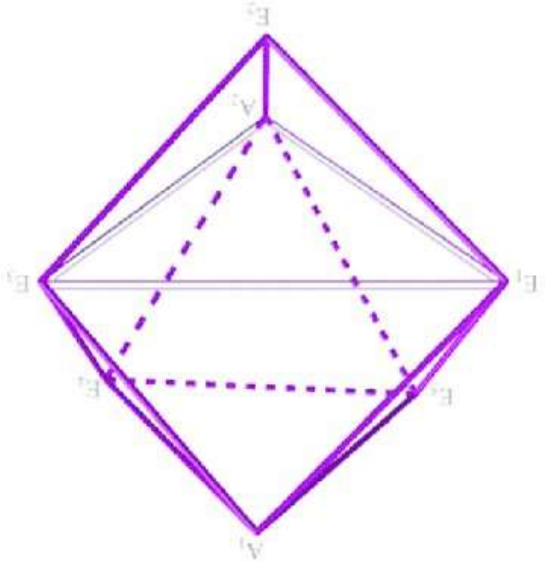
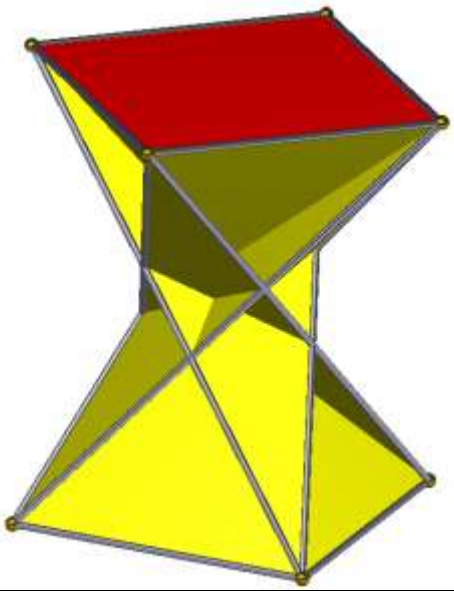
عدد المزدوجات الألكترونية	الشكل الفراغي	
2	مستقيم	Linear
3	مثلث مستوي	Trigonal Planar
4	رباعي السطوح	Tetrahedron
5	ثنائي الهرم المثلثي	Trigonal Bipyramid
6	ثماني السطوح	Octahedron
7	ثماني السطوح ذو قبة واحدة	Monocapped Octahedron
8	موشور متعاكس مربعي	Square Antiprsim
9	موشور مثلثي ذو ثلاث قبب	Tricapped Trigonal Prisim

والأشكال التالية توضح الشكل الفراغي لعدد المزودجات الألكترونية المذكورة في الجدول أعلاه:-

عدد المزدوجات الألكترونية	الشكل الفراغي
2	
3	
4	

المحاضرة الخامسة عشرة

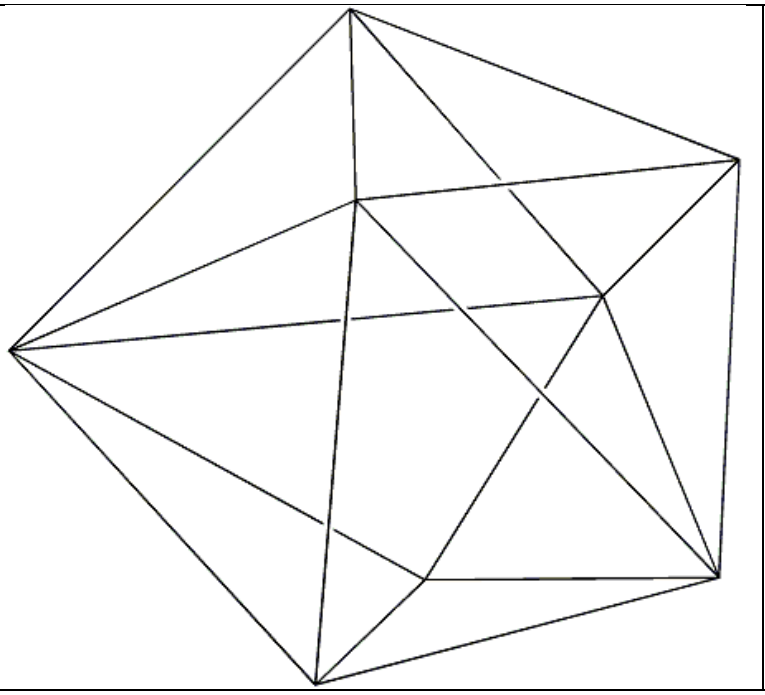
	5
	6

	7
	8

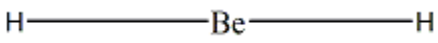
يمكن استخدام هذه القاعدة لاستنباط الاشكال الهندسية للجزيئات التي لذرتها المركزية عدداً من المزدوجات الألكترونية كحد أعلى أربع مزدوجات أو تدخل في تكوين أواصر أحادية ونستطيع تقسيم هذه الجزيئات إلى الآتي:-

(1) الجزيئات التي لذرتها المركزية عدداً من المزدوجات الألكترونية يساوي (2):-

-:AB_2

	9

وتشمل مركبات البريليوم (Be) التي لها ألكترونين في المدار التكافؤي (طبقة التكافؤ) يشتركان مع ألكترونين عائدين إلى الذرتين المرتبطتين (B) مع الذرة المركزية (A) لتكوين مزدوجين ألكترونين رابطين ويكون شكل الجزيئة مستقيم. مثل جزيئة (BeH_2) .



(2) الجزيئات التي لذرتها المركزية عدداً من المزدوجات الألكترونية يساوي (3):-

(أ) **AB_3:-** مثال على هذا النوع هو ثالث فلوريد البورون (BF3) فلذرة البورون المركزية ثلاث ألكترونات في الغلاف التكافؤي يشترك كل منهم مع ألكترون من ذرة الفلور لتكوين ثلاث مزدوجات ألكترونية ترابطية بين ذرة البورون المركزية وذرات الفلور الثلاث وشكل هذه الجزيئة يكون مثلث مستوي.

(ب) AB_2E:- مثال على هذا النوع هو جزيئة الماء (H_2O) حيث ترتبط ذرة الاوكسجين المركزية بذرتي هيدروجين مع وجود مزدوج الكتروني منفرد (Lone Pair) في ذرة الاوكسجين.

(3) الجزيئات التي لذرتها المركزية عدداً من المزدوجات الألكترونية يساوي (4):-

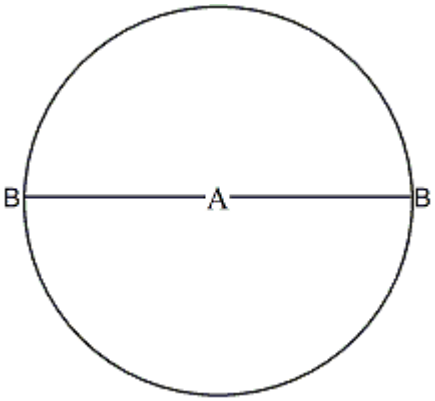
(أ) AB_4:- مثال على هذا النوع هو جزيئة الميثان (CH_4) حيث لذرة الكاربون المركزية أربع ألكترونات في طبقة التكافؤ يشترك كل منهم مع ألكترون من ذرة الهيدروجين لتكوين أربع مزدوجات ألكترونية ترابطية بين ذرة الكاربون المركزية وذرات الهيدروجين الأربع ، الشكل المتوقع لهذه الجزيئة هو رباعي السطوح.

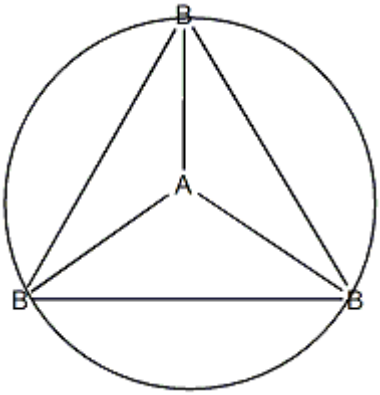
(ب) AB_3E:- مثال على هذا النوع هو جزيئة الأمونيا (NH_3:) لذرة النتروجين المركزية خمس ألكترونات في المدار الأخير (المدار التكافؤي) ثلاث منها تشترك مع ثلاث ألكترونات لذرات الهيدروجين الثلاثة لتكوين ثلاث مزدوجات ألكترونية ترابطية تربط بين ذرة النتروجين المركزية وذرات الهيدروجين الثلاثة ويتبقى لذرة النتروجين ألكترونين غير مشتركين في (2s) يكوّنان مزدوج ألكتروني منفرد وبذلك يصبح العدد الكلي للمزودجات الألكترونية للنتروجين أربع مزدوجات تتوزع نحو أركان شكل رباعي السطوح وبذلك يكون شكل جزيئة الأمونيا هو هرم مثلثي.

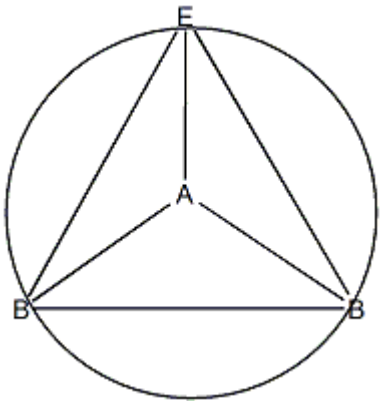
(ج) AB_2E_2:- مثال على ذلك جزيئة الماء (H_2O) فلذرة الأوكسجين المركزية ست ألكترونات في المدار التكافؤي (المدار الأخير) ألكترونان منها تشترك مع ألكترونين من ذرتي هيدروجين مكونة مزدوجين ألكترونيين ترابطية تربط الأوكسجين بالهيدروجين والأربع ألكترونات المتبقية تكوّن مزدوجين ألكترونيين منفردين (Lone Pair) وبذلك يصبح للأوكسجين أربع مزدوجات ألكترونية

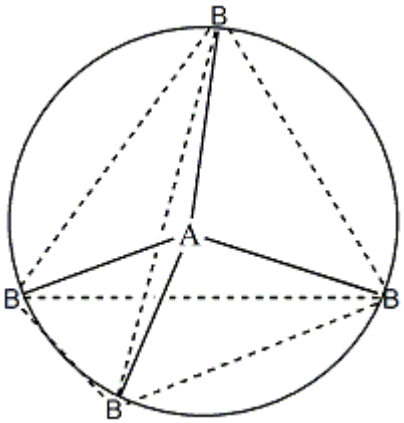
المحاضرة الخامسة عشرة

إثنان منها ترابطية والاثنان المتبقيان مزدوجين منفردين تتوزع هذه المزودجات نحو أركان شكل رباعي السطوح ويكون شكل الجزيئة زاوي (منحني).

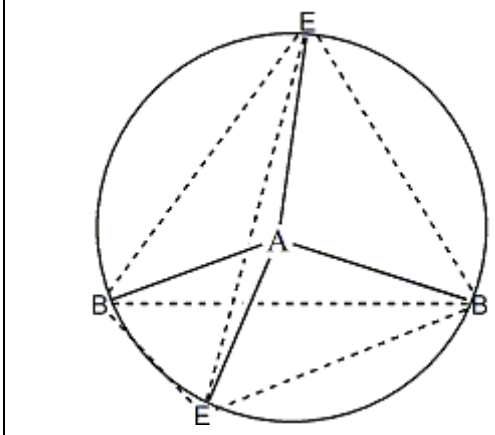
<table>
<tr>
<td> 

AB_2</td>
<td> 

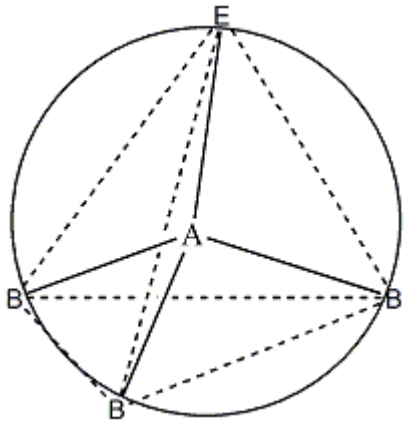
AB_3</td>
</tr>
<tr>
<td> 

AB_2E</td>
<td> 

AB_4</td>
</tr>
</table>



AB_2E_2



AB_3E

القاعدة الثانية:-

المزدوج الألكتروني المنفرد يشغل حيزاً من الفراغ أكبر من الحيز الذي يشغله المزدوج الألكتروني الترابطي ، هذه القاعدة ينعكس تأثيرها على الزاوية (B–A–B) فمثلاً إن الزاوية (H–C–H) في جزيئة الميثان تساوي (109°) وهي الزاوية المتوقعة لشكل رباعي السطوح المنتظم ، بينما في جزيئة الأمونيا (H–N–H) تساوي (107°) وفي جزيئة الماء (H–O–H) تساوي (105°) . والجدول التالي يوضّح تأثير القاعدة الثانية:-

AB_3E		AB_2E_2	
الجزيئة	الزاوية °(B–A–B)	الجزيئة	الزاوية °(B–A–B)
NH_3	106°47’	H_2O	104°27’
PH_3	93°37’	H_2S	92°16’
AsH_3	92°	H_2Se	91°
SbH_3	91°	H_2Te	90°

القاعدة الثالثة:-

يقل حجم الحيز الفراغي الذي يشغله المزدوج الألكتروني الترابطي بزيادة السالبية الكهربائية للعنصر المتحد مع الذرة المركزية ، هذه القاعدة ينعكس تأثيرها على الزاوية (B–A–B) أيضاً كما يتضح من الأمثلة الواردة في الجدول التالي:-

الجزيئة	الزاوية °(B–A–B)	الجزيئة	الزاوية °(B–A–B)
NH_3	106°47’	OH_2	104°27’
NF_3	102°	OF_2	102°
PF_3	98°	OCl_2	111°
PCl_3	100°		
PBr_3	101°30’		
PI_3	102°		
AsF_3	96°		
$AsCl_3$	98°24’		
$AsBr_3$	100°30’		
AsI_3	101°		

القاعدة الرابعة:-

يشغل المزدوجين الألكترونيين في الآصرة المزدوجة (Bouble Bond) أو تشغل المزدوجات الألكترونية في الآصرة الثلاثية حيزاً أكبر من الحيز الذي يشغله المزدوج الألكتروني لآصرة الأحادية (Single Bond) ، هذه القاعدة ينعكس تأثيرها على الزاوية في بعض الجزيئات المحتوية على أواصر مزدوجة كما يتضح من قيم الزوايا في بعض المركبات الحاوية على أواصر مزدوجة مثل:-

الجزيئة	الزاوية X–C–X	الزاوية X–C=O
F_2CO	108°	126°
Cl_2CO	111°	124°
$(NH_2)_2CO$	118°	121°

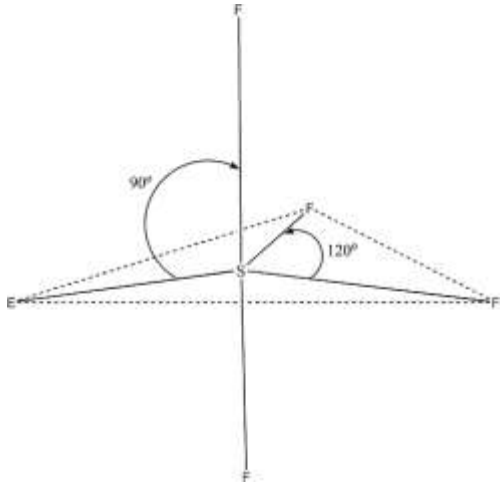
(4) الجزيئات التي لذرتها المركزية عدداً من المزدوجات الألكترونية يساوي (5):-

الشكل المتوقع لمثل هذه الجزيئة هو ثنائي الهرم المثلثي ، وتشمل هذه الجزيئات الأنواع التالية:-

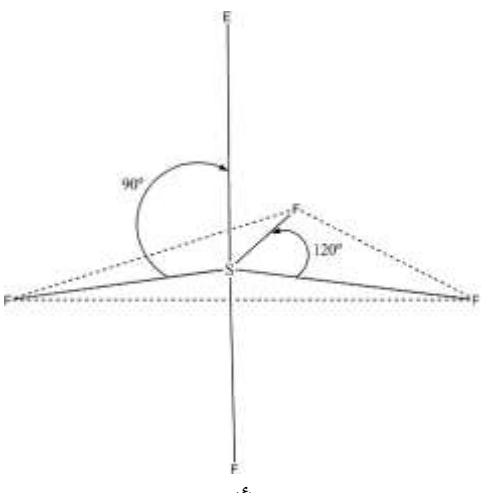
(أ) **AB_5:-** يكون شكل هذه الجزيئة ثنائي الهرم المثلثي (Trigonal Bipyramid) كما يتضح من الجدول التالي:-

الجزيئة	ذرات مستوى المثلث		ذرات قمتي الهرم	
	الذرات	طول الآصرة Å	الذرات	طول الآصرة Å
PF_5	3F	1.534	2F	1.577
$PF_4(CH_3)$	2F	1.543	2F	1.612
	CH_3	1.780		
$PF_3(CH_3)_2$	F	1.553	2F	1.643
	(CH_3)	1.798		
AsF_5	3F	1.656	2F	1.711
$PCl_5(g)$	3Cl	2.040	2F	2.190
$SbPh_2Cl_3$	Cl	2.430	2F	2.520
	2Ph	-----		
$BiPh_3Cl_2$	3Ph	2.120	2F	2.570

(ب) AB_4E:- مثال على هذا النوع هو جزيئة (SF_4) حيث يتضح أن لذرة الكبريت المركزية أربع مزدوجات ألكترونية ترتبط بذرات الفلور الأربعة ولها أيضاً مزدوج ألكتروني منفرد (Lone Pair) ، يوجد شكلين هندسيين محتملين لهذه الجزيئة وهما:-

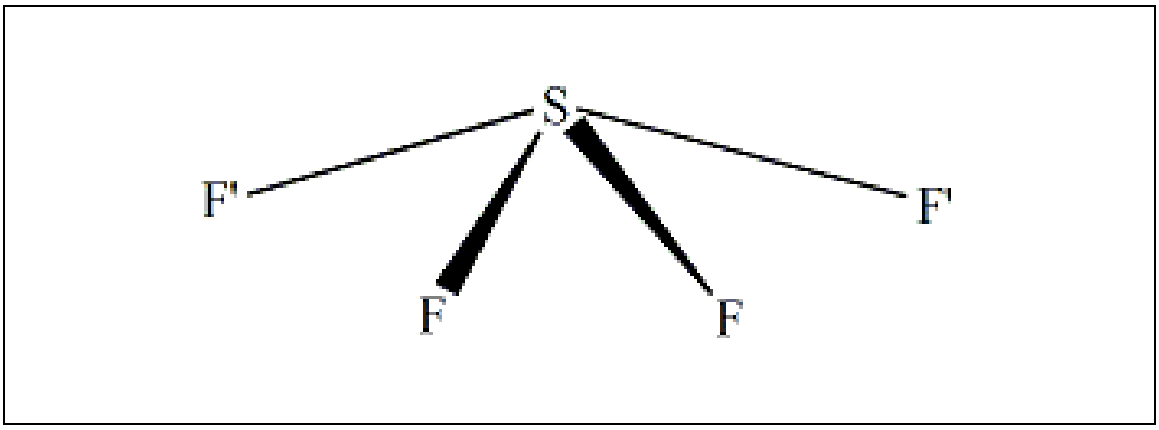


(ب)



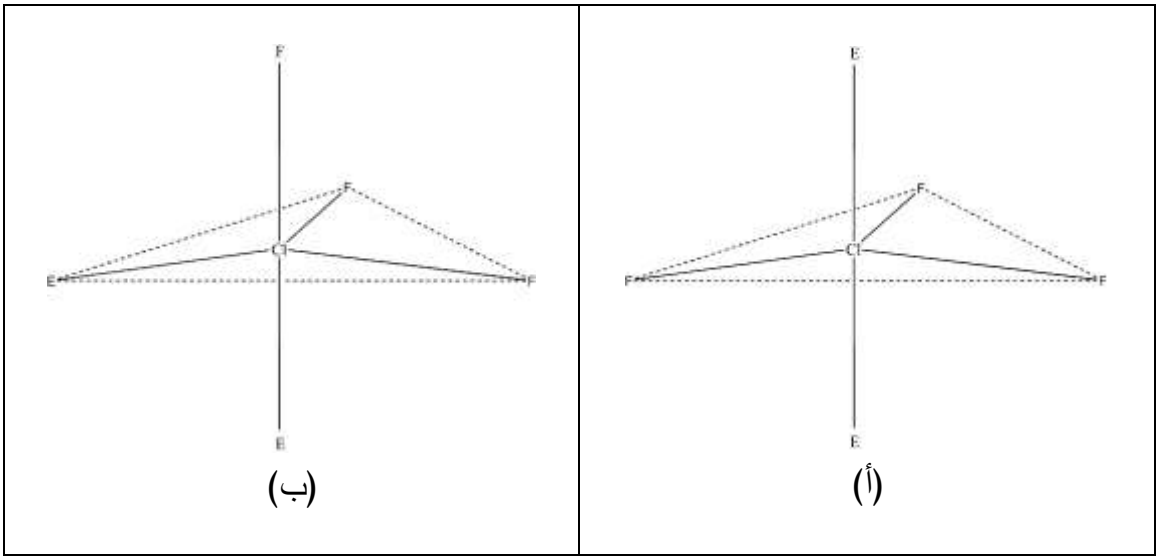
(أ)

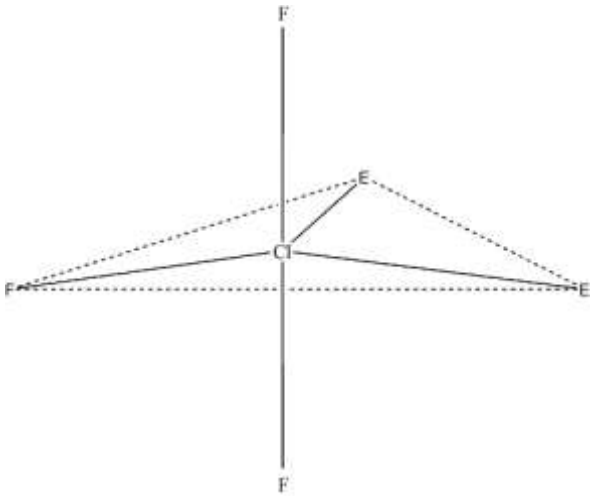
من الاعتبارات الألكتروستاتيكية يكون الشكل (أ) هو الشكل الأكثر استقراراً والشكل الحقيقي يكون مشوهاً قليلاً عن الشكل (أ) أي مشابه لشكل الجزيئة (AB_4) .



(ج) AB_3E_2:- مثال على هذا النوع هو جزيئة (ClF_3) حيث يتضح أن لذرة الكلور المركزية ثلاث مزدوجات ألكترونية تربطها مع ذرات الفلور الثلاثة ومزدوجين ألكترونيين منفردين (E) .

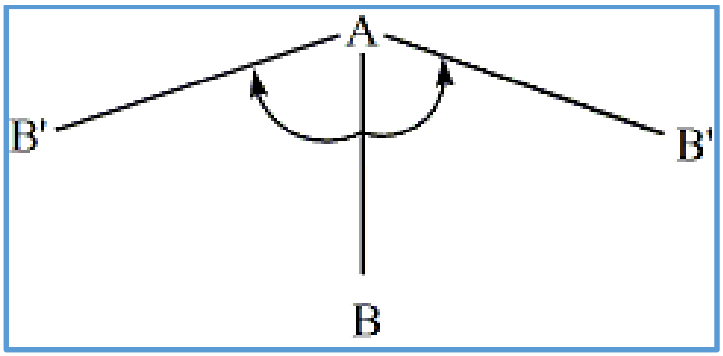
والأشكال المحتملة لهذه الجزيئة هي:-





(ج)

ومن الاعتبارات الالكتروستاتيكية فأن الشكل (ج) هو الشكل الأكثر استقراراً ويكون الشكل الحقيقي للجزيئة شكلاً مشوهاً بدرجة قليلة عن الشكل (ج) أي مثل شكل جزيئة (AB_3) وكالتالي:-



والجدول التالي يوضح أشكال بعض الجزيئات من النوع (AB_4E) ومن النوع (AB_3E_2)

	الجزيئة			
	SF_4	$Se(CH_3C_6H_4)_2Cl_2$	ClF_3	BrF_3

الذرة (B)	F	C	F	F
طول الآصرة (AB) (Å)	1.545	1.930	1.598	1.721
الزاوية (BAB) (°)	102	107	---	---
الذرة (B`)	F	Cl	F	F
طول الآصرة (AB`) (Å)	1.646	2.380	1,698	1.810
الزاوية (B`AB`) (°)	173	178	175	172

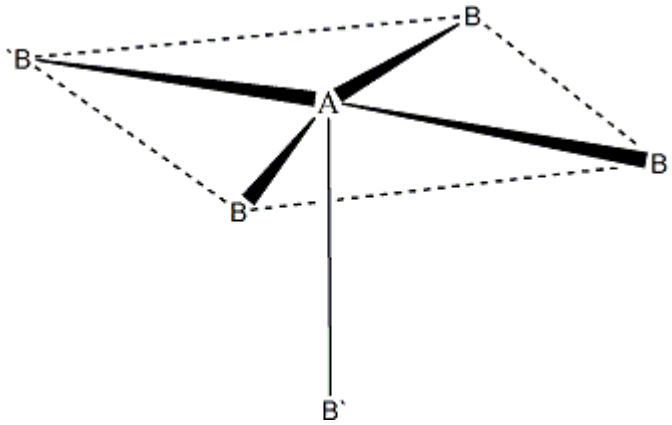
(د) AB_2E_3:- مثال على هذا النوع هو جزيئة (XeF_2) وجزيئة (KrF_2) وأيون $(I_3)^-$ وجميع هذه الجزيئات مستقيمة الشكل.

(5) الجزيئات التي لذرتها المركزية عدداً من المزدوجات الألكترونية يساوي (6):-

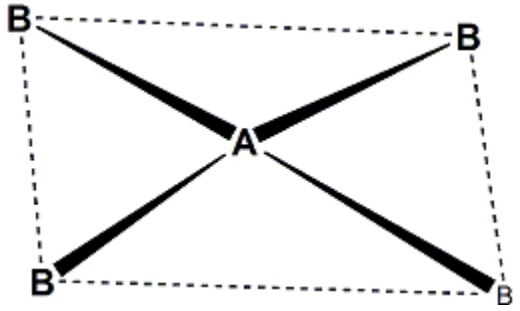
الشكل المتوقع لمثل هذه الجزيئة هو ثماني السطوح ، وتشمل هذه الجزيئات الأنواع التالية:-

(أ) AB_6:- يكون شكل هذه الجزيئة ثماني السطوح (Octahedron) .

(ب) AB_5E:- مثال على هذا النوع هو جزيئة (ClF_5) حيث يتضح ان لذرة الكلور المركزية خمس مزدوجات ألكترونية ترابطية تربطها بذرات الفلور الخمس ومزدوج ألكتروني منفرد واحد. ويكون شكل الجزيئة كالتالي:-



(ج) AB_4E_2:- مثال على هذا النوع هو جزيئة (XeF_4) حيث يتضح ان لذرة الزينون المركزية أربع مزودجات ألكترونية ترابطية تربطها بذرات الفلور الأربع ولها مزدوجين ألكترونين منفردين وبهذا يكون شكل الجزيئة من هذا النوع مربع مستوي (Square Planar) كما يتضح من الشكل التالي:-



والجدول التالي يبين أشكال بعض الجزيئات من نوع (AB_5E) ومن النوع (AB_4E_2) :-

	الجزيئة					
	ClF_5	BrF_5	$XeOF_4$	XeF_4	ICl_4^-	BrF_4^-
الذرة (B)	4F	4F	4F	4F	4Cl	4F
طول الآصرة (AB) (Å)	1.720	1.780	1.950	1.953	2.46	1.88
الذرة (B`)	F	F	O	--	--	--
طول الآصرة (AB`) (Å)	1.62	1.68	1.70	--	--	--
الزاوية (BAB`) (°)	---	85	91	--	--	--