

- **تلخص مفهوم نموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR.**
- **تتوقع الشكل وزاوية الرابطة في الجزيء.**
- **تعرف التهجين.**

مراجعة المفردات

المستوى: منطقة ثلاثية الأبعاد حول النواة تصف الموقع المحتمل لوجود إلكترون.

المفردات الجديدة

نموذج VSEPR التهجين

أشكال الجزيئات Molecular Shapes

الفكرة الرئيسية يستعمل نموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR لتحديد شكل الجزيء.

الربط مع الحياة لعلك يوماً دلت بالوين بشعرك وأنت تلعب. هل رأيت كيف يتنافر البالونان بسبب شحنتيهما المشابهتين، ويتبعد أحدهما عن الآخر؟ وكذلك الحال مع الشحنات؛ فإن أشكال الجزيئات تتأثر بقوى التنافر الإلكترونية.

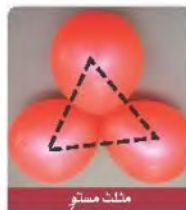
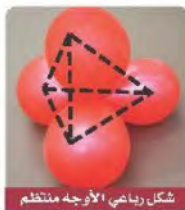
نموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR Model

يُحدد شكل الجزيء الكثير من خواصه الفيزيائية والكيميائية، وتحدد الكثافة الإلكترونية الناتجة عن تداخل مستويات الإلكترونات المشتركة معاً شكل الجزيء. وقد طُورت أكثر من نظرية لشرح تداخل مستويات الترابط، ويمكن استخدامها في توقع شكل الجزيء. كما يمكن معرفة شكل الجزيء عندما نرسم تراكيب لويس له. ويُسمى النموذج المستخدم في تحديد شكل الجزيء **نموذج VSEPR** (التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ). ويعتمد هذا النموذج على الترتيب الذي من شأنه أن يقلل التنافر بين أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة حول الذرة المركزية إلى أقصى درجة ممكنة.

زاوية الرابطة لفهم نموذج VSEPR على نحو أفضل تخيل بالونات منتفخة بحجم متماثلة ومربوطاً بعضها مع بعض كما في الشكل 4-18؛ حيث يمثل كل بالون منطقة كثافة إلكترونية، وتمنع قوة تنافر منطقة الكثافة الإلكترونية الأخرى من دخولها. وعندما تتصل مجموعة من البالونات بنقطة مركزية، وهي تمثل الذرة المركزية فمن الطبيعي أن تأخذ هذه البالونات شكلاً يقلل من التصادم بينها.

تتنافر أزواج الإلكترونات في الجزيء بطريقة مماثلة، وتعمل قوى التنافر هذه على تثبيت مواقع الذرات في الجزيء بحيث تصنع زوايا ثابتة بعضها مع بعض. وتعرف الزاوية بين ذرتين جانبيتين والذرة المركزية بزاوية الرابطة. وتكون قيم زوايا الروابط التي يمكن توقعها بنموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ مدعومة بأدلة تجريبية. وتؤثر أزواج الإلكترونات غير الرابطة أيضاً في تحديد شكل الجزيء؛ إذ تحتل هذه الإلكترونات مستويات أكبر قليلاً مقارنة بالإلكترونات المشتركة. لذا تضغط أزواج الإلكترونات غير الرابطة مستويات الترابط المشتركة بين الذرات.

الربط مع علم الأحياء يعد شكل جزيئات الطعام عاملاً مهماً في تحديد طعمها، حيث تغطي براعم التذوق سطح اللسان، ويحتوي كل برعم ما بين 50 إلى 100 من خلايا مستقبلات التذوق.



الشكل 4-18 تتباعد أزواج الإلكترونات في الجزيء بعضها عن بعض قدر ما أمكن ذلك، كما هو مبين في ترتيب البالونات. إذ يكون زوجان شكلاً خطياً، وتكون ثلاثة أزواج شكل مثلث مستوي، في حين تكون أربعة أزواج شكلاً رباعياً الأوجه منتظماً.

المفردات

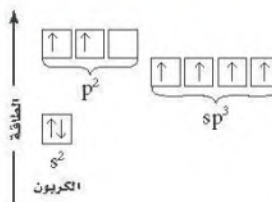
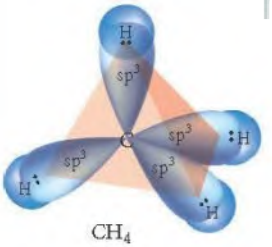
أصل الكلمة

مثلث مستوي Trilateral planner
من أصل لاتيني trigonum،
وتعني شكلاً له ثلاث زوايا في
سطح مستوي.

الشكل 19-4 تشغل

إلكترونات ذرة الكربون
الموجودة في المستويات 2s و 2p
مستويات مهجنة من نوع sp^3 .
لاحظ أن قيمة طاقة المستويات
المهجنة تعادل متوسط طاقة
وضع مستويات s و p الأصلية.
وتبعاً لنظرية VSEPR فإن الشكل
الرباعي الأوجه المنتظم يقلل التنافر
بين المستويات المهجنة في جزيء
 CH_4 .

حدد كم وجهاً يحتوي شكل جزيء
الميثان الناتج عن مستويات sp^3 .



وتحدد خلايا مستقبلات التذوق 5 نكهات، هي الحلو والمر والمالح والحامض ونكهة طعم
جلوتومات الصوديوم الأحادية MGS. وتستجيب كل خلية مستقبلية للتذوق نكهة واحدة فقط.
تحدد أشكال جزيئات الطعام اعتماداً على تركيبها الكيميائي. وحينما يدخل الجزيء نسيج
التذوق يجب أن يكون له الشكل الصحيح لتمكين كل خلية عصبية من تمييزه، وإرسال
رسالة إلى الدماغ الذي يحللها بوصفها نكهة معينة. وعندما ترتبط هذه الجزيئات بمستقبلات
الطعم الحلو يكون مذاقها حلواً. وكلما ازداد عدد جزيئات الطعام المرتبطة بمستقبلات الطعم
الحلو زادت حلاوة الطعام. فالسكر والمحليات المصنعة ليست الجزيئات الحلوة الوحيدة؛
فبعض البروتينات الموجودة في الفاكهة جزيئات حلوة الطعم. ولقد تم إدراج بعض أشكال
الجزيئات المعروفة في الجدول 4-6.

التهجين Hybridization

يحدث التهجين عند دمج شيتين معاً، حيث يكون للشيء المهجن خواص كلا الشيتين معاً.
فالسيارات المهجنة مثلاً تستخدم الكهرباء والجازولين مصادر للطاقة. وخلال الترابط
الكيميائي يخضع العديد من المستويات الذرية لعملية التهجين. ولفهم ذلك، ادرس
رابطة جزيء الميثان CH_4 . فلذرة الكربون 4 إلكترونات تكافؤ، وتوزعها الإلكترونات في
 $[He]2s^2 2p^2$. وربما تتوقع أن يرتبط الإلكترونان المنفردان من p بذرات أخرى، وأن تبقى
إلكترونات 2s أزواجاً غير مرتبطة. ولكن يحصل لذرات الكربون عملية التهجين، حيث
تختلط المستويات الفرعية لتكوّن مستويات مهجنة جديدة متماثلة.

يبين الشكل 19-4 المستويات المهجنة في ذرة الكربون، حيث يحتوي كل مستوى مهجن على إلكترون
واحد يمكن أن يشترك به مع ذرة أخرى، ويُسمى بالمستوى المهجن sp^3 لأنه يتكوّن من المستوى s وثلاثة
مستويات p. ويعد الكربون أشهر العناصر التي تخضع لعملية التهجين. وتكوّن المستويات المهجنة
تختلط معاً وتكوّن المستوى المهجن مساوياً لمجموع أعدادها. بالإضافة إلى ذلك يكون عدد المستويات المهجنة الناتجة

فعلى سبيل المثال، لـ $AlCl_3$ ثلاثة أزواج من الإلكترونات، ويتوقع نموذج VSEPR أن يكون
شكل الجزيء مثلثاً مستوياً. وينتج هذا الشكل عند تداخل المستوى الفرعي s مع مستويين
فرعيين من p في الذرة المركزية Al وتكوين ثلاثة مستويات هجينة متشابهة من نوع sp^2 .
تحتل الأزواج غير المرتبطة مستويات مهجنة أيضاً. قارن بين المستويات المهجنة في H_2O و $BeCl_2$
الموجودة في الجدول 4-6، حيث يحتوي كل من المركبين على ثلاث ذرات. فلماذا يحتوي جزيء
 H_2O على مستويات sp^3 ؟ هناك زوجان غير مرتبطين على ذرة الأكسجين المركزية في H_2O ،
لذا يجب أن يكون هناك أربعة مستويات مهجنة، اثنان للربط واثنان لأزواج غير مرتبطة.
تذكر أن الرابطة التساهمية المتعددة تتكوّن من رابطة سيجما واحدة، ورابطة باي أو أكثر.
تحتل إلكترونات رابطة سيجما فقط مستويات مهجنة مثل sp و sp^2 ، أما بقية مستويات p
غير المهجنة فتكوّن روابط باي (π). وإذا علمت أن الروابط التساهمية الأحادية والثنائية
والثلاثية تحتوي على مستوى مهجن واحد. لذا فإن CO_2 يحتوي على رابطتين ثنائيتين ويكون
المستوى المهجن من نوع sp .

✓ ماذا قرأت؟ اذكر عدد الإلكترونات المتوفرة للترابط في المستوى المهجن sp^3 .

اجابة سؤال ماذا قرأت :

واحد .

تمثل الكرات الذرات، مثل الناصب الروابط، وأما الفلقات (الفضوات) فتمثل أزواج الإلكترونات غير الرابطة.

الأشكال الفراغية للجزيئات

الجدول 4-6

الجزء	العدد الكلي لأزواج الإلكترونات	الأزواج المشتركة	الأزواج غير الرابطة	المستويات المهجنة	أشكال الجزيئات
BeCl_2	2	2	0	sp	خطي 180°
AlCl_3	3	3	0	sp^2	مثلث مستوي 120°
CH_4	4	4	0	sp^3	رباعي الأوجه منتظم 109.5°
PH_3	4	3	1	sp^3	مثلثي هرمي 107.3°
H_2O	4	2	2	sp^3	منحني 104.5°
NbBr_5	5	5	0	sp^3d	ثنائي الهرم مثلثي (السداسي الأوجه) 90° 120°
SF_6	6	6	0	sp^3d^2	ثماني الأوجه منتظم 90°

يحتوي جزيء BeCl_2 على زوجين فقط من الإلكترونات المرتبطة مع ذرة Be المركزية. لذا تكون الإلكترونات الرابطة على أبعد مسافة ممكنة بينها، وزاوية الرابطة 180° وشكل الجزيء خطيًا.

تكون أزواج الإلكترونات الثلاثة المكونة للروابط في المركب AlCl_3 على أكبر مسافة بينها عندما تكون على شكل مثلث مستوي والزاوية بين الروابط 120° .

عندما تحتوي الذرة المركزية في جزيء على أربعة أزواج من الإلكترونات الترابط كما في الميثان CH_4 يكون الشكل رباعي الأوجه منتظمًا والزاوية بين الروابط 109.5° .

لجزيء PH_3 ثلاث روابط تساهمية أحادية وزوج غير مرتبط. يأخذ الزوج غير المرتبط حيزًا أكبر من الرابطة التساهمية. وتوجد قوة تنافر أقوى بين هذا الزوج والأزواج الرابطة مقارنة بالأزواج الرابطة بعضها ببعض. لذا يكون الشكل الناتج مثلثي هرمي والزاوية بين الروابط 107.3° .

للساء رابطتان تساهميتان وزوجان غير رابطتين. ويصنع التنافر بين الأزواج غير الرابطة زاوية مقدارها 104° مما يجعل شكل جزيء الماء منحنياً.

لجزيء NbBr_5 خمسة أزواج من الإلكترونات الرابطة، لذا يقلل الشكل الثنائي الهرم الثلاثي من التنافر بين أزواج الإلكترونات المشتركة.

ليس لجزيء SF_6 أزواج إلكترونات غير رابطة مع الذرة المركزية، ومع ذلك فله ستة أزواج رابطة مرتبة حول الذرة المركزية لتكون شكلًا ثماني الأوجه.

ما شكل الجزيء؟ ثلاثي هيدريد الفوسفور غاز عديم اللون ينتج عن تعفن المواد العضوية، ومنها السمك. ما شكل جزيء ثلاثي هيدريد الفوسفور؟ حدّد مقدار زاوية الرابطة والمستويات المهجنة فيه.

1 تحليل المسألة

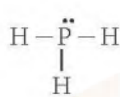
نعلم من المعطيات أن الجزيء ثلاثي هيدريد الفوسفور، وله 3 ذرات هيدروجين جانبية متصلة بذرة فوسفور مركزية.

2 حساب المطلوب

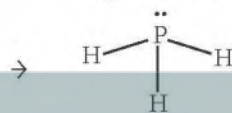
$$8 = \frac{1 \text{ إلكترون تكافؤ}}{1 \text{ Atom H}} \times 3 \text{ Atom H} + \frac{5 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{1 \text{ Atom P}} \times 1 \text{ Atom P}$$

$$\frac{8 \text{ إلكترونات}}{2 \text{ إلكترون/زوج}} = 4 \text{ أزواج}$$

حدد العدد الكلي للأزواج المرتبطة



تركيب لويس



الشكل الجزيئي

ارسم شكل لويس باستخدام زوج من الإلكترونات بين كل ذرة هيدروجين وذرة فوسفور مركزية، وضع الزوج غير الرابط على ذرة الفوسفور.

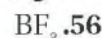
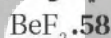
الشكل الجزيئي مثلث هرمي ويكون مقدار زاوية الرابطة 107° ، ونوع التهجين sp^3 في المستويات المهجنة.

3 تقويم الإجابة

كل أزواج الإلكترونات مستخدمة، وكل ذرة لها التوزيع الإلكتروني المستقر.

مسائل تدريبية

ما شكل الجزيء، ومقدار زاوية الرابطة، والمستويات المهجنة في كل مما يأتي:



60. تحفيز ما شكل أيون NH₄⁺ وقيمة زاوية الرابطة ونوع التهجين؟

التقويم 4-4

الخلاصة

- ينص نموذج VSEPR على أن أزواج الإلكترونات يتنافر بعضها مع بعض، وتحدد شكل الجزيء وزوايا الترابط فيه.
- يفسر التهجين أشكال الجزيئات المعروفة من خلال مستويات التهجين المتكافئة.

61. الفكرة الرئيسية: لخص فكرة نموذج VSEPR للترابط.

62. عرّف زاوية الرابطة.

63. اشرح كيف يؤثر وجود زوج إلكترونات غير رابطة في المسافات بين مستويات الروابط المشتركة؟

64. قارن بين حجم المستوى الذي يحتوي زوج إلكترونات مشتركاً وآخر يحتوي زوج إلكترونات غير رابط.

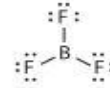
65. حدّد نوع المستويات المهجنة وزوايا الروابط في جزيء له شكل رباعي الأوجه منتظم.

66. قارن بين شكل الجزيء والمستويات المهجنة لكل من PF₃ و PF₅. و اشرح الفرق بين شكليهما.

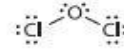
67. نظّم كلاً مما يأتي في جدول: تركيب لويس، شكل الجزيء وزاوية ربط المستويات المهجنة لكل من: NCl₃، و CCl₂F₂، و H₂Se، و CH₂O، و CS₂.

ما شكل الجزيء، ومقدار زاوية الرابطة، والمستويات المهجنة في كل مما يأتي؟

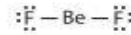
56. BF_3 مثلث مستو، 120° ، sp^2



57. OCl_2 منحن، 140.5° ، sp^3



58. BeF_2 خطي، 180° ، sp

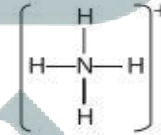


59. CF_4 رباعي الأوجه منتظم، 109° ، sp^3



60. تحفيز ما شكل أيون NH_4^+ ؟ وما قيمة زاوية الرابطة ونوع التهجين؟

رباعي الأوجه منتظم، 109° ، sp^3



التقويم 4-4

61. لخص فكرة نموذج VSEPR للترابط.

تحدد نظرية VSEPR شكل الجزيئات استناداً إلى طبيعة التناثر بين أزواج الإلكترونات حول الذرة المركزية.

62. عرّف زاوية الرابطة.

هي الزاوية المحصورة بين ذرتين جانبيتين والذرة المركزية.

63. اشرح كيف يؤثر وجود زوج إلكترونات غير مترابطة في المسافات بين مستويات الروابط المشتركة؟

يحتل زوج الإلكترونات غير المترابط مكاناً أكبر من زوج الإلكترونات المترابط؛ لذا يؤدي وجود زوج الإلكترونات غير المترابط إلى دفع أزواج الرابطة؛ ليقترّب بعضها من بعض.

64. قارن بين حجم المستوى الذي يحتوي على زوج إلكترونات مشترك وآخر يحتوي على زوج إلكترونات غير مترابط.

يحتل المستوى الذي يحتوي على زوج إلكترونات غير مترابط مكاناً أكبر من المستوى الذي يحتوي على زوج إلكترونات مترابط.

65. حدد نوع المستويات المهجنة وزاوية الرابطة في جزيء له شكل رباعي الأوجه منتظم.

sp^3 ، و 109°

66. قارن بين شكل الجزيء والمستويات المهجنة لكل من PF_3 و PF_5 ، و اشرح الفرق بين شكليهما.

PF_3 مثلثي هرمي والمستويات الهجينة فيه من نوع sp^3 .

PF_5 ثنائي الهرم مثلثي والمستويات الهجينة فيه من نوع sp^3d .

يحدد الشكل من خلال نوع مستويات التهجين.

67. نظم كلاً مما يأتي في جدول: تركيب لويس، وشكل الجزيء، وزاوية ربط المستويات المهجنة لكل من: NCl_3 ، و CCl_2F_2 ، و H_2Se ، و CH_2O ، و CS_2 .

المستويات المهجنة	زاوية الربط	شكل الجزيء	تركيب لويس	الجزيء
sp^3	107°	مثلثي هرمي	$\begin{array}{c} \text{:Cl:} \\ \\ \text{:Cl}-\text{N}-\text{Cl:} \\ \\ \text{:Cl:} \end{array}$	NCl_3
sp^3	109°	رباعي الأوجه منتظم	$\begin{array}{c} \text{:Cl:} \\ \\ \text{:Cl}-\text{C}-\text{F:} \\ \\ \text{:F:} \end{array}$	CCl_2F_2
sp^3	104.5°	منحن	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{Se:} \\ \\ \text{H} \end{array}$	H_2Se
sp^2	120°	مثلث مستو	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \diagup \\ \text{C}=\text{O:} \\ \diagdown \\ \text{H} \end{array}$	CH_2O
sp	180°	خطي	$\text{:S}=\text{C}=\text{S:}$	CS_2