



جَامِعَة  
الْمَنَارَة  
MANARA UNIVERSITY

6

مفهوم التماكب  
والكيمياء الفراغية

1- مقدمة

2- التماكب البنيوي Structural isomerism

3- التماكب الفراغي Stereo isomerism

التماكب الضوئي Optical isomerism

1- الاستقطاب، والفعالية الضوئية The Polarization and Optical Activity

2- النشاط الضوئي، والتخايل:

3- الأشكال الراسيمية Racemic Mixture

4- التشكيل الفراغي، أو التكوين Configuration

5- مراكز عدم التناظر المتعددة Several Asymmetric Center

6- مركبات ميزو Meso Compounds

7- إسقاط فيشر

جَامِعَة  
الْمَنَارَة  
MANARA UNIVERSITY

## مفهوم التماكب والكيمياء الفراغية

### 1- مقدمة

تتميز الكيمياء العضوية بكثرة مركباتها، ولكثير من تلك المركبات العضوية صيغ مجتمعة (جزيئية)، وبنى تركيبية مختلفة.

نطلق كلمة تماكب (Isomer) على المركبات التي لها صيغ جزيئية متطابقة، وبنى تركيبية مختلفة. ومن الطبيعي أن يعزى الاختلاف في خواص تلك المماكبات إلى الاختلاف في ترتيب الذرات ضمن تلك الجزيئات، وتبعاً لذلك الترتيب يمكن أن نميز نوعين رئيسيين من التماكب، هما:

1. التماكب البنوي Structural isomerism.

2. التماكب الفراغي Stereo isomerism.

### 2- التماكب البنوي Structural isomerism

ينشأ هذا النوع من التماكب عن الفرق في ترتيب الذرات ضمن الجزيئة، مما ينتج عنه مركبات مختلفة الخواص، وفي هذه الحالة تكفي الصيغة البنائية (المنشورة) للتمييز بين المماكبات. وعند رسم المماكبات البنائية يجب مراعاة قاعدتين هامتين، هما:

(a) ينبغي استخدام كل ذرة في الصيغة الجزيئية لا أكثر ولا أقل.

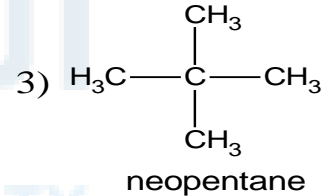
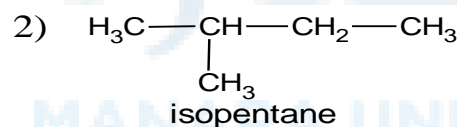
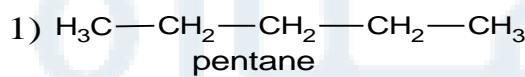
(b) يجب تحقيق تكافؤ كل ذرة موجودة في الصيغة الجزيئية.

### أنواع التماكب البنوي Type of Structural isomerism

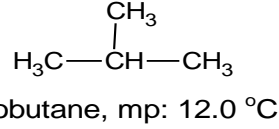
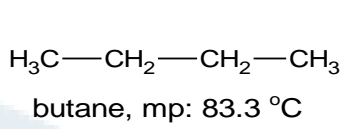
#### 1- التماكب الهيكلي Skeletal isomerism

يتم في هذا النوع تغير ترتيب هيكل الجزيء مع المحافظة على نوع الزمر الفعالية (الوظيفية) فيه، وهو نوعان: تماكب السلسلة الكربونية Chain isomerism: ويكون في هذا التماكب ترتيب مختلف لذرات الكربون في السلسلة الكربونية، وتختلف المماكبات الناتجة في خواصها الفيزيائية، وتتشابه من الناحية الكيميائية.

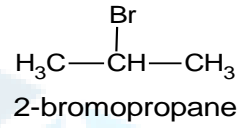
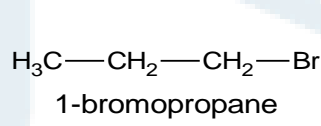
مثال: لنكتب المماكبات السلسلية للصيغة الجزيئية  $C_5H_{12}$ :



أما مماكبات الصيغة الجزيئية  $C_4H_8$ ، فهي:

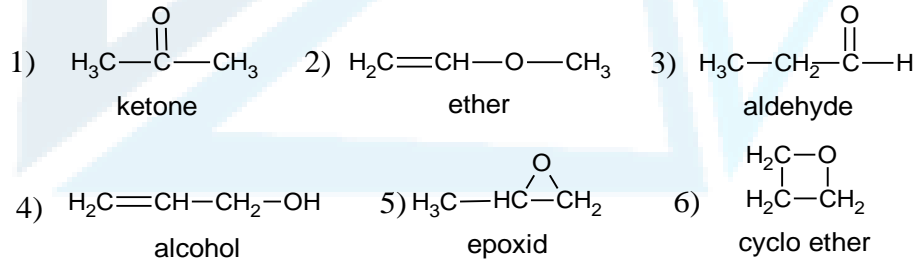


**التماكب الموضعي Positional isomerism:** يؤدي اختلاف موقع الزمرة الوظيفية في السلسلة الكربونية إلى التماكب الموضعي مثال: المماكبات الموضيعة للصيغة  $C_3H_7Br$ :

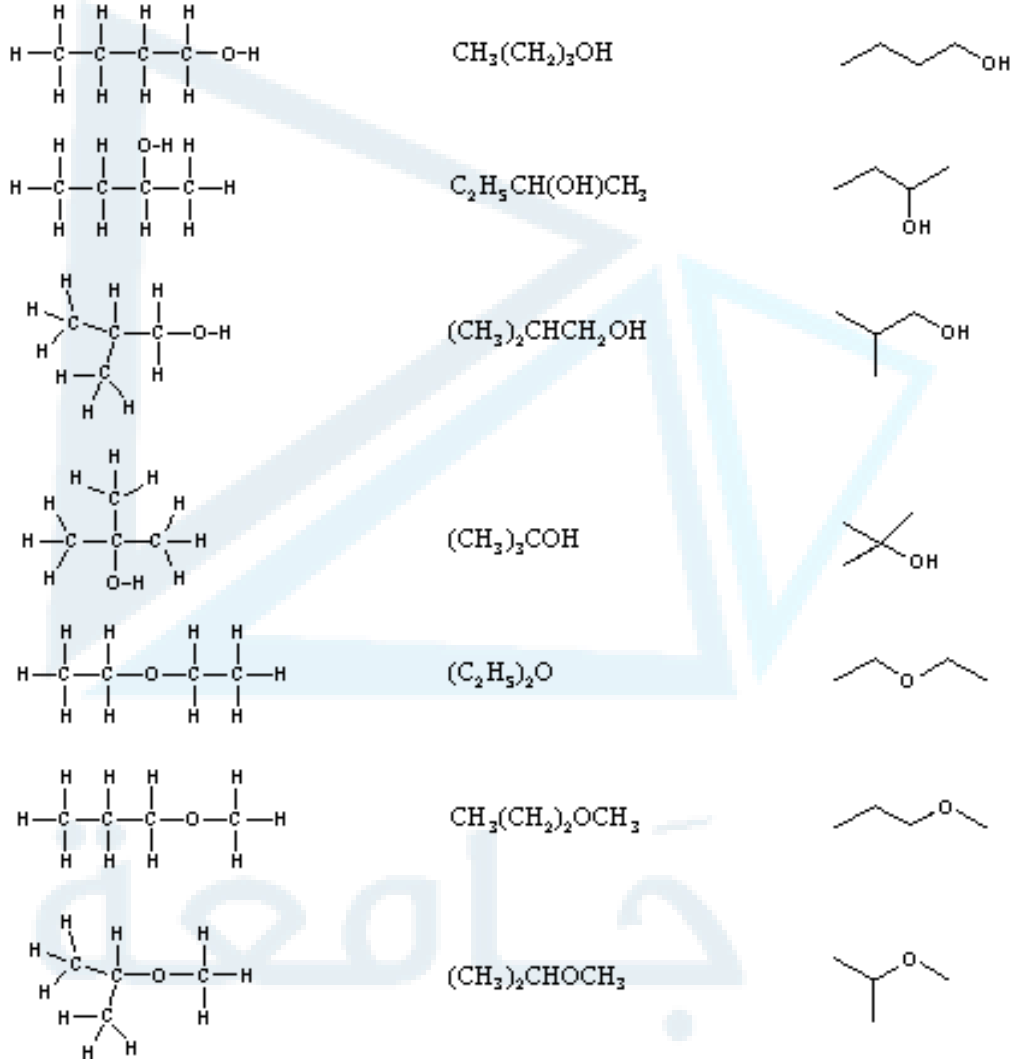


## 2- التماكب الوظيفي Functional isomerism

تمتلك المماكبات، في هذه الحالة، الصيغة الجزيئية نفسها، ولكنها تختلف بنوع الزمر الوظيفية، وهذا يؤدي إلى اختلاف واضح في الخصائص الفيزيائية والكيميائية. مثال: اكتب المماكبات الوظيفية للصيغة الجزيئية  $C_3H_6O$ :



مثال: اكتب الماكبات الوظيفية للصيغة الجزيئية  $C_4H_{10}O$ :



### 3- التماكب الفراغي Stereo isomerism

وفيه يكون للجزيء الصيغة البنوية نفسها من حيث ارتباط ذراتها، ولكنها تختلف عن بعضها في ترتيب الذرات في الفراغ، ويوجد نوعان، هما:

(a) التماكب الهندسي Geometrical isomerism.

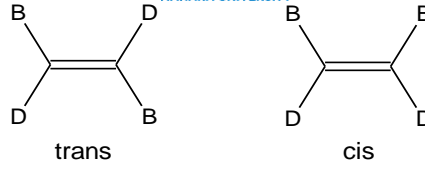
(b) التماكب الضوئي Optical isomerism.

### 3-1- التماكب الهندسي (المفروق - المقرون) (Geometrical isomerism cis-trans)

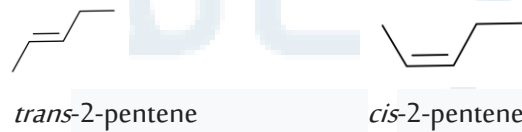
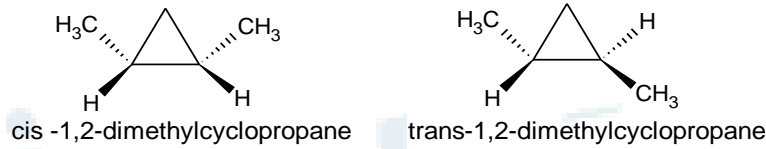
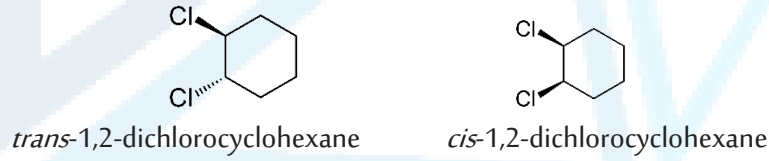
ويوجد مثل هذا التماكب في الجزيئات ذات الروابط الثنائية أو الجزيئات الحلقية.



جامعة  
المنارة  
MANARA UNIVERSITY



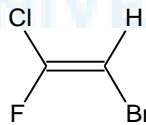
نميز بين هذه المماكبات باستخدام المقطعين المفروق (trans) والمقرون (cis). ويدل استخدام المقطع المقرون (cis) على أنه يوجد في المركب مجموعتان متماثلتان واقعتان في جانب واحد من الرابطة  $\pi$ . ويدل المقطع المفروق (trans) على وجود المجموعتين ذات الأفضلية الأعلى على جانبي الرابطة  $\pi$



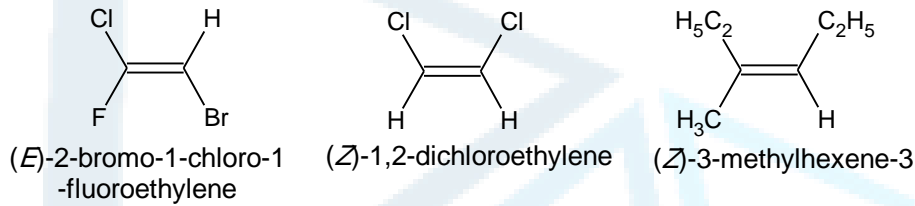
تختلف المماكبات *cis* و *trans* في خواصها الفيزيائية والكيميائية.

## 2- التسمية E و Z

استخدمت الحزمتان *cis* و *trans* (مفروق ومقرون) لفترة طويلة للتفريق بين المماكبات الناتجة من وجود الروابط المزدوجة، ولكن ثمة صعوبة عند تسمية بعض المركبات حتى في الجزيئات البسيطة، مثل:



وقد أوصى الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC) بالاستعاضة عن التسمية مفروق بالحرف E (مشتق من الألمانية Entgegen، وتعني مضادا)، وعن التسمية مقرون بالحرف Z (مشتق من الألمانية Zusammen، وتعني معا). ترتبط هذه التسمية الجديدة بقواعد الأفضلية التي استخدمت عند تسمية التشكيلات R و S. فإذا وقع المتبادلان المفضلان في جهة واحدة من مستوى الرابطة الثنائية، يسمى الماكب Z، أما إذا وقعا في جهتين معاكستين من هذا المستوي فيسمى الماكب E:

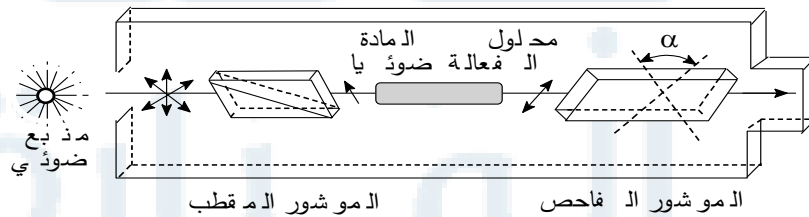


### 3 – 3- التماكب الضوئي Optical isomerism

يعد التماكب الضوئي الأكثر استخداما في إيضاح الكثير من التفاعلات العضوية والحيوية.

#### 1- الاستقطاب، والفعالية الضوئية The Polarization and Optical Activity

يقال عن شعاع ضوئي انه طبيعي (natural)، إذا مسحت اهتزازاته جميع المستويات التي تحوي الشعاع، ونقول عنه إنه مستقطب (polarized)، إذا مسحت اهتزازاته أحد هذه المستويات فقط. يتألف الضوء العادي من حزم ضوئية، لها مركبتان متعامدتان تهتزان في كل الاتجاهات المعامدة لاتجاه انتشار الحزمة، يتجزأ الضوء العادي عندما يمر في موشور مجزأ من الكاسيت (شكل من  $\text{CaCO}_3$ )، يدعى موشور نيكول (Nicol prism)، إلى حزمتين كل منهما مستقطبة، ولها نصف شدة الحزمة الأصلية؛ لا يستطيع الضوء المستقطب المرور خلال موشور نيكول ثان معامد للأول.



مقياس الاستقطاب (قياس الدوران الضوئي).

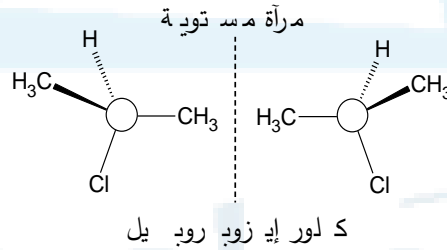
تستطيع المماكبات الضوئية أن تحرف مستوى الاستقطاب، أي أنها فعالة ضوئية، أو أن لها قدرة دورانية. وتدعى المادة التي تدير مستوى استقطاب الضوء باتجاه عقارب الساعة بالمادة اليمينية (destrotatory)، في حين تدعى المادة التي تديره باتجاه عكس عقارب الساعة بالمادة اليسارية (levorotatory). نقول عن الدوران إنه إيجابي (+) في الحالة الأول، وإنه سلبي (-) في الحالة الثانية، ويرمز لزاوية الدوران بالرمز  $\alpha$ .

يمكن هنا أن نطرح سؤالاً عن كيفية تدوير المواد لمستوى استقطاب الضوء. لن نجيب على هذا السؤال بشكل دقيق؛ لأنه يتطلب استخدام رياضيات عالية نوعاً ما، وسنكتفي بالتعرض للموضوع من الناحية الوصفية. تصطدم الحزمة الضوئية بجزيئات المادة، وتؤدي إلى خلل في تركيبها الإلكتروني، وينظر هنا إلى هذا على أنه استقطاب للإلكترونات بفعل اهتزاز الحقل الكهربائي للحزمة. تتوقف القدرة الدورانية على طبيعة هذه المادة، وتركيب جزيئاتها، أي طريقة تجمع ذراتها في الفراغ الثلاثي الأبعاد.

## 2- النشاط الضوئي، والتخايل:

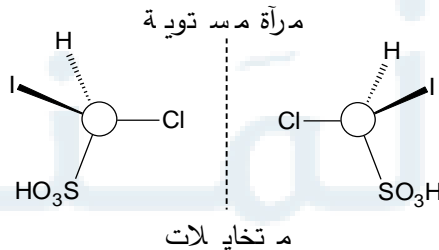
ما هو سبب النشاط الضوئي؟ أو ما هي البنية الكيميائية التي تحقق مثل هذه الفعالية الضوئية؟ إن الضوء المستقطب يمر من أغلب المركبات العضوية من دون أن ينحرف، فما السبب في أن بعضها يحرفه؟ يمكن الإجابة على هذا السؤال من خلال دراستنا للموضوعات الآتية:

1. عدم التناظر: تدعى الجزيئات اللامتطابقة مع مائلاتها ذات التوضع المعاكس، أو المخايل الجزيئات اللامتناظرة. واللاتناظر شرط ضروري لوجود التخايل. بشكل آخر، إن المركب الذي جزيئاته متطابقة، أي متناظرة، لا يمكن أن تشكل مراكبات ضوئية، أما المركب الذي جزيئاته لامتناظرة، فيوجد بشكل مراكبات ضوئية.

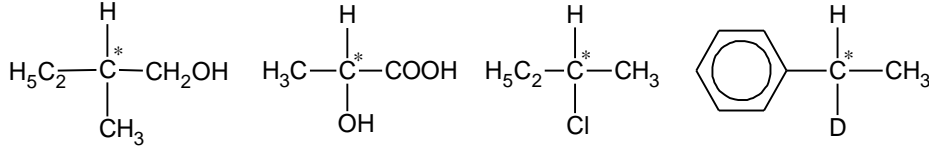


### جزيء متناظر

وبالمقارنة مع هذه الجزيئات اللامتناظرة، نلاحظ أنها توجد بشكل متخايلات ضوئية:

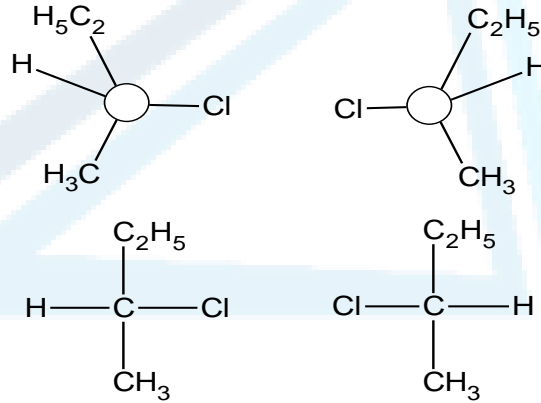


1. ذرة الكربون اللامتناظرة: تبين بعض الدراسات أن كل الجزيئات اللامتناظرة هي من الشكل CWXYZ، أي يملك كل جزيء لامتناظر ذرة كربون بأربع متبادلات يختلف أحدها عن الآخر، فهي ذرة كربون لامتناظرة، ويرمز لها بالرمز C\*.



يوجد الكثير من الجزيئات (وليس جميعها) تحوي ذرة كربون لامتناظرة، وتعد بحد ذاتها أيضا لامتناظرة، أي أن الجزيئات اللامتناظرة يجب أن تحوي ذرة كربون لامتناظرة.

نعتبر عن التوضع الفراغي بخطوط أفقية، وشاقولية متعامدة، في نهاياتها الأربع تتوضع المتبادلات المختلفة لذرة الكربون اللامتناظرة، والواقعة في نقطة تعامد الخطوط. يعبر عن الخط الأفقي عن الروابط الموجهة من نواة ذرة الكربون اللامتناظرة في مستوي الورقة نحو المشاهد. ويعبر عن الخط العمودي عن الروابط المتجهة خلف المستوي:



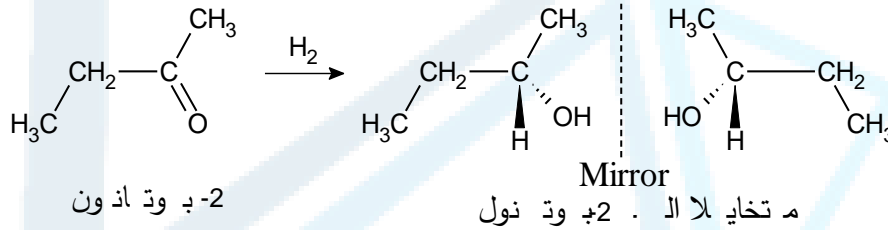
#### المتماكبات الضوئية، أو المتخاليات Enantiomers

ذكرنا أن لذرة الكربون المشعبة ذات الصيغة CWXYZ، شبيهين، أحدهما خيال الآخر في المرآة، أو متخالين، وقلنا إن هذين النموذجين غير متطابقين (من اللاتينية انانتيو Enantio تعني توضع معاكس). وقد ذكرنا أن هناك العديد من المركبات المعروفة من هذا النوع، إذ تحتوي ذرة الكربون المشعبة أربع متبادلات مختلفة عن بعضها، والتي لا يمكن تمرير محور أو مستوي تناظر فيها، تسمى ذرة الكربون اللامتناظرة Asymmetric Carbon. كما أن للمتخاليات خواص كيميائية متماثلة، فيما عدا تفاعلاتها مع المركبات الفعالة ضوئيا، ويلاحظ ذلك بوضوح في التفاعلات الحيوية العامة. فالأنزيمات مثلا، وهي مركبات فعالة ضوئيا، لا تؤثر إلا في مركبات خاصة ذات فعالية ضوئية معينة. فمثلا يتخمر (+) غليوكوز بخميرة معينة، غير أن (-) غلوكوز لا يتأثر بها مثلا. وكذلك، فإن نوعا معينا من عفن البنسلين (*Penicillium glaucum*)، يتغذى على (+) حمض الطرطير، في حين لا يؤثر في (-) حمض الطرطير، أما تفاعلات المتخاليات على المركبات غير الفعالة ضوئيا، فإن لها السرعة نفسها، والتأثير نفسه.



### 3- الأشكال الراسيمية Racemic Mixture

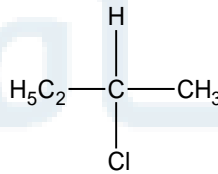
يعرف مزيج من أجزاء متساوية لمتخالين بالمزيج الراسيمي، أو الراسيمات Racemic mixture، Racemate. والمركبات الحاوية ذرة كربون غير متناظرة في الطبيعة تكون دائما على شكل متخايل واحد، ولكن في المختبر، وخلال التفاعل الكيميائي، قد نحصل على مزيج من متخالين وبالنسبة نفسها، وهذا ما يؤلف المزيج الراسيمي. إن معظم الخواص الفيزيائية للمزيج الراسيمي تشبه خواص المتخالين المكونين له، ما عدا الفعالية الضوئية (التي تساوي الصفر)، ونقطة الانصهار التي تختلف في المزيج الراسيمية عنها في حالة المتخايلات المكونة له. ونذكر مثلا إرجاع 2- بوتانول، المركب الذي لا يحتوي على ذرة كربون غير متناظرة، وغير الفعال ضوئيا، والذي يتحول إلى مزيج متساوي من (+) و (-) 2- بوتانول:



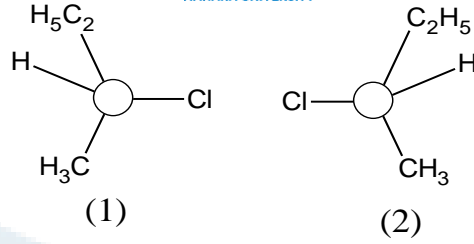
إن أول فصل لمزيج راسيمي قام به العالم باستور (Pastor)، بوساطة العدسة والمقسط، ولكن لا يمكن استخدام هذه الطريقة دائما؛ لأن الأشكال الراسيمية قلما تكون مزيجا من بلورات متميزة عن بعضها، بل قد تكون على شكل سائل في بعض الأحيان، لذلك يعتمد إلى طرق أخرى في فصل المزيج الراسيمي،

### 4- التشكيل الفراغي، أو التكوين Configuration

افرض أننا استحصلنا مخبريا ناتجين بصيغة  $C_2H_5CHClCH_3$ . إذأ، هما مماكبان. بما أن المتبادلات الأربعة مختلفة، فإن ذرة الكربون لامتناظرة:



ووجد، بالفعل، أن أحدهما قد حرف الضوء المستقطب نحو اليمين، والآخر نحو اليسار. لنضع كلا منهما في زجاجة عليها لاصقة، ونكتب على أحدهما (+) كلور ثانوي البوتيل لليمين، ونكتب على الثانية (-) كلور ثانوي البوتيل لليسار. وعزلنا الماكبين، والسؤال الذي يطرح نفسه الآن، ما هو التوضع الفراغي لكل مماكب؟ هل الماكب اليمين (+) هو البنية (1) أو هو البنية (2)؟

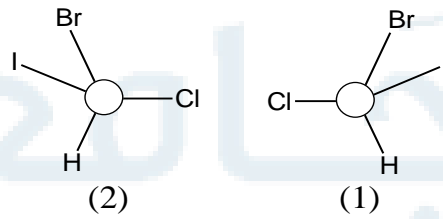


بقيت الإجابة على هذا السؤال حتى عام 1949 غير ممكنة، ولا لأي مركب فعال ضوئياً. في عام 1949 أعلن J. M. Bijvoet (مدير مخبر أبحاث فانث هوف في جامعة اوترخت) عن تحديد التوزيع الفراغي لذرات جزيئات مركب فعال ضوئياً بواقعها الحقيقي، مستخدماً نوعاً خاصاً من تحليل أشعة X – (anomalous scattering)، هو ل (+) ملح حمض الطرطر الذي اكتشف باستور مماكبيه الضوئيين قبل 100 عام.

### معنى التوضع الفراغي R و S

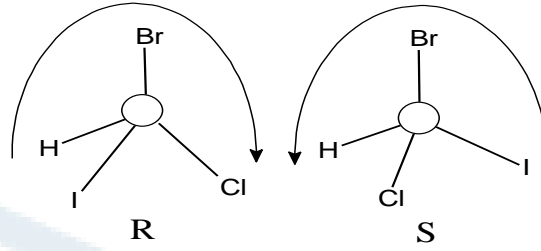
كيف يمكن التعبير ببساطة عن توضع فراغي معين بشكل محدد؟ استخدم الرمز R و S باقتراح كل من Cahn و Ingold من جامعة لندن، و Prelog من المدرسة التقنية العليا في زوريخ للتعبير عن ذلك، وذلك وفق الخطوتين الآتيتين:

الخطوة الأولى: في هذه الخطوة، يحدد في البدء تتابع المتبادلات المرتبطة بذرة الكربون اللامتناظرة وفق قاعدة أولية. نلاحظ، مثلاً  $\text{CHClBr}$ ، أن الأولوية هنا للمتبادلات المختلفة لذرة الكربون اللامتناظرة تتعلق بالعدد الذري، ومن ثم المتبادل الأكبر هو ذو العدد الذري الأكبر  $\text{H} < \text{Cl} < \text{Br} < \text{I}$ :



الخطوة الثانية: نتخيل الجزيء، بحيث يكون المتبادل الأصغر بعيداً عنا، أي موجهاً بعيداً عن المشاهد، ثم ننظر لتتابع توضع المتبادلات الأخرى. إذا انتقلنا من المجموعة الأعلى في أولية التتابع إلى التي تليها، ثم إلى الثالثة من التتابع، وكان نظرنا في هذا الانتقال وفق اتجاه عقارب الساعة، نضع لهذا التوضع الفراغي الرمز R (من اللاتينية (rectus, right)

أما إذا كان كبر هذه المتبادلات يتناقص عكس عقارب الساعة، فإننا نضع له الرمز S (من اللاتينية – sinister) (left):

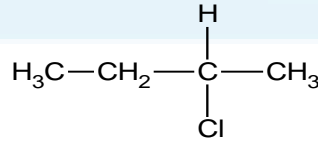


توضع لمركب فعال ضوئياً التسمية كاملة، مبينة التوضع الفراغي، واتجاه انحراف الضوء المستقطب، مثلاً: (S) – (+) – كلور ثانوي البوتيل

### قواعد التتابع

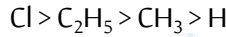
لذرة كربون لامتناظرة أربع متبادلات تختلف إحداها عن الأخرى: يتعلق تتابعها بأعدادها الذرية. الأولوية في هذا التتابع للذرة ذات العدد الذري الأكبر، وهكذا بالتسلسل. في حالة وجود ذرتي نظائر للعنصر نفسه الأولوية للذرة ذات الكتلة الأكبر.

1. قد لا يكون سهلاً تحديد هذا التتابع كما سبق، ولذلك يكون من الضروري إجراء مقارنة للذرات في المجموعات، مع إمكانية التحرك إلى أبعد من ذرة الكربون اللامتناظرة إذا استدعى الأمر. إذ قد ترتبط ذرة الكربون اللامتناظرة بذرات من نوعية واحدة (كل ذرة لمجموعة) عندها نقارن المتبادلات المتصلة لهذه الذرات؛ انظر ثانوي كلور البوتيل:

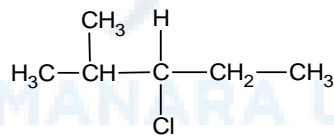


ثانوي كلور البوتيل

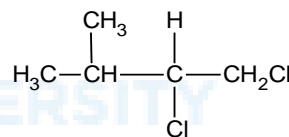
ترتبط فيه ذرة الكربون اللامتناظرة بذرتي كربون (واحدة لجذر الميتيل، وثانية لجذر الإيتيل) من نوعية واحدة، غير أن الكربون في مجموعة الميتيل يرتبط بـ H، H، H، بينما الكربون في مجموعة الإيتيل يرتبط بـ H، H، C. يكون العدد الذري للكربون أكبر من الهيدروجين، فمجموعة الإيتيل إذاً أكبر، فتتابع المتبادلات سيكون:



انظر أيضاً إلى المركب (1)، ولاحظ أن: جذر إيزوبروبيل C، C، H، وهو أكبر من مجموعة الإيتيل C، H، H، وبالتالي سيكون التتابع:



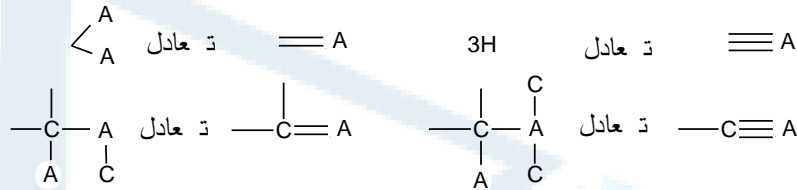
3-2-1 ثانوي كلور إيتيل بناتان (1)



1,2-3 ثانوي كلور إيزوبروبيل بناتان (2)

بينما تلاحظ في المركب (2) أن مجموعة  $\text{CH}_2\text{Cl}$  ( $\text{H, H, Cl}$ ) أكبر من مجموعة إيزوبريل ( $\text{H, C, C}$ )؛ لأن الكلور يملك عددا ذريا اكبر من الكربون، ولكون الأخير يملك كربونين، وهذا لا يعني شيئا؛ لأن للعدد الذري الأكبر الأولية قبل اثنين أو حتى ثلاثة من ذات العدد الذري الأقل.

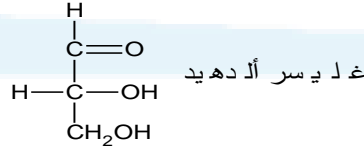
2. تعد الذرة المرتبطة بروابط مضاعفة أو ثلاثية بوصفها ذرتين أو ثلاث ذرات:



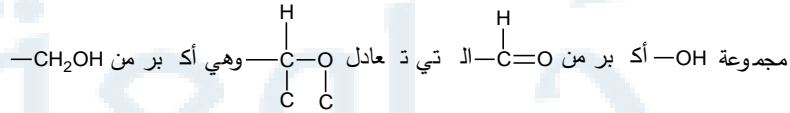
3. إلا أن:



مثالا على ذلك، نذكر جزيء الغليسريد:

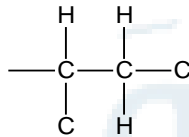


نلاحظ أن:



( $\text{H, H, O}$ )، فتتابع المتبادلات هو:  $-\text{OH}$ ،  $-\text{CHO}$ ،  $-\text{CH}_2\text{OH}$ ،  $\text{H}$ .

لمجموعة الفينيل  $\text{HC} = \text{CH}_2$  التي تعادل:

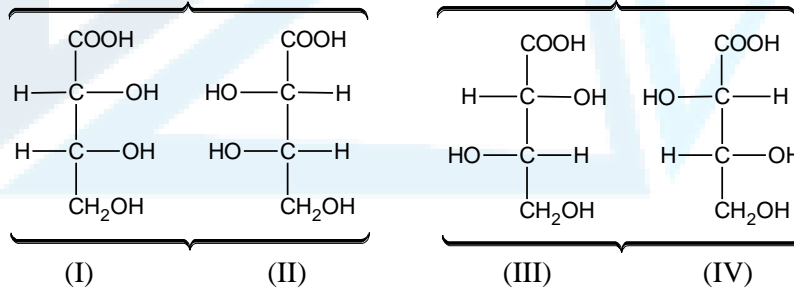


المجموعات العضوية الشائعة مرتبة بأفضليتها حسب قاعدة التتابع، علما أن أي تغيير في البنية، أو وجود متبادل يمكن أن يغير مرتبة الأفضلية.

5-مراكز عدم التناظر المتعددة Several Asymmetric Center

إن المركبات الكيميائية الحاوية ذرتين غير متناظرتين أو أكثر، يمكن أن يوجد لها أكثر من متماكبين ضوئيين، فهناك العديد من المركبات الطبيعية كالسكاكر، والنشاء، وغيرها تحتوي على عدد كبير من مراكز عدم التناظر.

يتحدد عدد المتماكبات الضوئية (stereoisomers)، لمركب يحتوي على عدد من المراكز اللامتناظرة بالعلاقة  $2^n$ ، إذ أن  $n$  عدد مراكز عدم التناظر الحاوية متبادلات مختلفة في الجزيء. فإذا وجد في جزيء ما ذرتا كربون غير متناظرتين، أو مختلفتا التبادل، أدى ذلك إلى وجود أربع تماكبات، ووجود ثلاث ذرات غير متناظرة مختلفة التبادل في جزيء آخر، يؤدي إلى الحصول على ثماني تماكبات، وهكذا... فمثلا، إذا أخذ المركب الذي صيغته (HOCH<sub>2</sub>\*CHOH\*CHOH COOH)، والذي يحتوي على مركزي عدم تناظر (إذ أن ذرتي الكربون C<sub>2</sub> و C<sub>3</sub> غير متناظرتين، وتحتويان على متبادلات مختلفة، ومن تطبيق العلاقة السابقة، نجد أن هناك أربع تماكبات فراغية  $2^2 = 2^2 = 4$ . فإذا ما قارنا بين الشكلين I و III مثلا، وجدنا النصفين العلويين متطابقين، والنصفين السفليين وقد أصبح أحدهما خيالا للآخر في المرآة. إن أمثال هذين الشكلين يسميان الدياسترية (Diastereoisomers)، أو الدياستوميرية (Diastomer)، وهكذا يكون الشكل (I) دياستر لكل من (III)، و (IV)، كما يكون (II) دياستير للشكلين (III) و (IV) نفسها. فالدياستيرات هي مركبات ليست خيال بعضها في المرآة، رغم أنها تماكبات فراغية لبعضها، ولها تكوين عند مركز عدم تناظر واحد على الأقل متشابهة، وبالوقت نفسه، فإن لها تكوينا مختلفا في مركز واحد على الأقل:



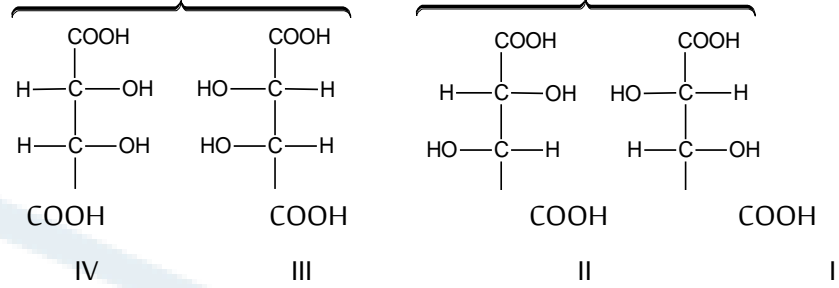
الم تماك بان إرث رو Erythro

الم تماك بان ثريدو Threo

والدياستيرات تختلف فيما بينها في الصفات الفيزيائية، فلها درجات غليان أو انصهار مختلفة، كما أن صفاتها الطيفية مختلفة أيضا. كما تختلف قابلية انحلالها بالنسبة إلى المذيبات المختلفة. كما أن للدياستيرات خواص كيميائية مختلفة عن بعضها، فهي تسلك سلوكا مختلفا تجاه الكواشف الكيميائية.

### 6-مركبات ميزو Miso Compounds

إذا كانت ذرتا الكربون غير المتناظرتين متماثلتي التبادل في المركب العضوي، ينخفض عدد المتماكبات الفراغية، إذ أن هناك احتمالين متماثلين لمركب واحد يسمى الشكل ميزو (m) miso، إضافة إلى الشكلين d، l. ويتضح ذلك من مثال حمض الطرطير المبين أدناه.



ميزو حمض الطرطريك

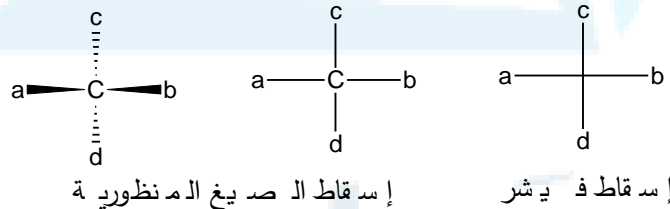
-I متخايل (d)، -II متخايل (ℓ)، III، VI - شكل ميزو

(VI, I) و (III, II) أشكال دياستيرية

إن الشكل miso (m) غير فعال ضوئياً، مع أنه يحتوي على ذرتي كربون غير متناظرتين، ولعل ذلك يعود للتناظر الداخلي في الجزيء، إذ يمكن قسم الجزيء بمستوي تناظر عمودي على الرابطة  $C_2 - C_3$ .

تمثيل الجزيئات الفراغية في المستوي (إسقاط فيشر)

من المؤسف حقا أن تمثيل ذرة الكربون رباعية الوجوه على شكل رسم أو صيغة، من الأمور الصعبة، ولذا لا بد من اللجوء إلى إحدى الطريقتين المبينتين في الشكل الآتي:

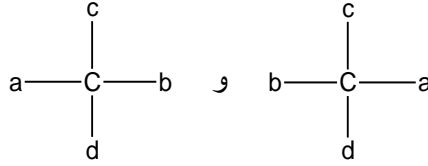


شكل يوضح الطرق الأربع المتخلفة لتمثيل ذرة الكربون رباعية الوجوه

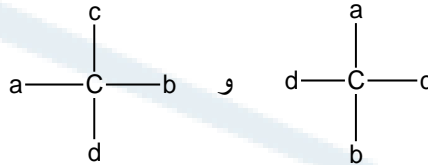
ومن الجدير بالذكر أن صيغ الإسقاط تأخذ بالحسبان الأبعاد الثنائية فقط، وتشير الخطوط المستمرة إلى أن الروابط موجودة في مستوي الورقة، أما الروابط الموجودة خلف الورقة فتمثل بخطوط منقطة، وكثيرا ما تستعمل إسقاطات فيشر لبساطتها.

7- إسقاط فيشر:

تبسيطا للاختلافات بين التماكبات الفراغية، ولتمثيل الجزيء ذي البنية الثلاثية الأبعاد، قدم فيشر طريقة لتمثيل الصيغ الجزيئية وذلك بإسقاط النماذج المجسمة للمركبات على مستوي الورقة. فتمثل السلسلة الرئيسية بشكل عمودي، وتمثل مساقط الروابط بخطوط (-) عمودية في حالة رابطة تقع في مستوي الورقة، أو خلف هذا المستوي، وأفقية في حالة رابطة أمام مستوي الورقة. تمثل الروابط المرسومة أفقياً، في الأشكال أدناه، الروابط الموجودة أمام المستوي الورقة. أما الروابط الشاقولية فإنها تمثل الروابط خلف الورقة، وبالتالي فإن الصيغتين الآتيتين تمثلان الجزيء نفسه:



أما الصيغتان:



فهما غير متكافئتين، وتمثلان متخيلين مختلفين.

ويجب الانتباه إلى أخطاء قد نقع فيها بسهولة عند تداول مساقط فيشر. ولمعرفة فيما إذا كانت صيغتنا إسقاط فيشر تمثلان الجزيء نفسه أو تمثلان متخيلين، فيمكن إتباع الطريقة الآتية: من المعروف أن تبديل زمرة واحدة (أو ذرة واحدة) في جزيء ما يؤدي إلى تحويله إلى شكله المتخيل، أما تبديل موضعي زمرتين معاً، فيؤدي إلى الجزيء الأول، ويعطي تبديل ثلاث زمر متخيل الجزيء الأصلي، بينما نحصل مجدداً على الجزيء الأصلي بتبديل مواضع أربع زمر. يمكن أن نخضع إسقاط فيشر إلى دوران قدره  $180^\circ$  في مستوي الورقة، مع الحفاظ على تمثيل الجزيء أو تشكيله.

### تمارين

1. عرف بإيجاز:

- (a) المتخيل (enantiomer).  
(b) محور التناظر.  
(c) اللاتطابق.  
(d) القدرة الدورانية.  
(e) ذرة الكربون غير المتناظرة.  
(f) المزيغ الراسمي.

(g) الانقلاب في التكوين

(h) المتماكب الضوئي.

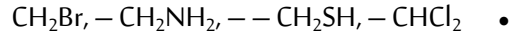
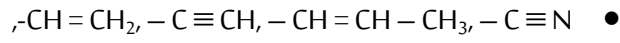
(i) الشكل ميزو.

(j) مقياس الاستقطاب.

(k) الشكل d و l.

2. رتب المجموعات الآتية حسب تزايد أفضليتها في تعيين التوزع الفراغي R و S:

- $-Br, -CH_3, -CF_3, -CH_2CH_3$
- $-CH_2CH_2CH_3, -CH_2CH_2CCl_3, -CH(CH_3)_2$
- $-Cl, -CH_2Cl, -OCl, -CCl_3$



3. عين مركز عدم التناظر، ثم ارسم وسم التوزيع الفراغي R و S للمركبات الآتية:

• 3 - برومو هكسان.

• 3 - كلورو - 2 - ميتيل بنتان.

• 2,1 - ثنائي برومو - 2 - ميتيل بوتان.

• 3 - كلورو 5,2,2 - ثلاثي ميتيل هكسان.

• 1 - دي برو - 1 - كلوروبوتان.

4-سم المركبات الآتية مع الإشارة إلى نمط تهجين الذرات في كل منها، ثم أشر إلى ذرات الكربون

اللامتناظرة.

