الباب السادس عشر
الكيميـــاء العضويـــة

الباب السادس عشر
الكيمياء العضوية

الكيمياء العضوية هي إحدى فروع الكيمياء التي تهتم بدراسة مركبات الكربون، كما أن المصطلح (عضوي) استخدم أساسا للتعبير عن المركبات ذات الأصل النباتي أو الحيواني . وحديثًا أطلق هذا التعريف على مركبات عضوية عدة على الرغم من عدم وجود علاقة لها بالأشياء الحية، وقد لا تكون أصلاً موجودة في نظام الأحياء .

لهذا السبب يكون أفضل تعريف للكيمياء العضوية ذلك التعريف الشامل المذكور سابقًا، وقد يبدو غريبا أن ينفرد عنصر الكربون ليدرس فرعا كاملاً من فروع الكيمياء . وفي الحقيقة هناك أعداد كبيرة من المركبات الحاوية على الكربون تفوق بكثير تلك التي لا تحتوي على هذا العنصر .

ونجد أن أسباب تكوين الكربون لهذا العدد الكبير من المركبات العضوية يعود إلى ما يأتي :

1- أن ذرات الكربون لها القابلية على تكوين روابط قوية بين بعضها وبعض لتكوين سلاسل طويلة أو متفرعة أو حلقات فضلاً عن قابليتها على تكوين الروابط بينها وبين ذرات أخرى كالهيدروجين والأوكسجين والنتروجين .

2- أن الكربون الرباعي التكافؤ يعني له القدرة على تكوين روابط مع أربع من الذرات الأخرى، وهذا يسمح بتفرع سلاسل الكربون وتكوين الكثير من التراكيب المعقدة .

3- يملك الكربون القدرة على تكوين روابط متعددة، أي روابط ثنائية، أو ثلاثية بعضها مع بعض ومع العناصر الأخرى .

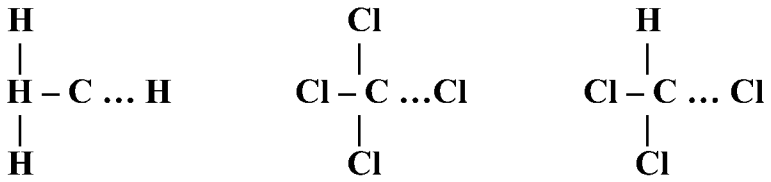
وتبين أن حقل الكيمياء العضوية واسع جدا ولسهولة دراسة الخواص الفيزيائية والكيميائية لمركباتها ، قسمت الكيمياء العضوية إلى أصناف كل منها يتميز بوجود

مجموعة نشطة، أي مجموعة فعالة خاصة بذلك الصنف .

وتعرف المجموعة الفعالة (**Functional group**) بأنها ذرة أو مجموعة من الذرات لها خواص معينة تعطي بعض الصفات المميزة للمركب؛ فالهيدروكربونات المشبعة تفتقر إلى تلك المجموعة النشطة في حين أن الكحولات لها مجموعة نشطة، وهي مجموعة الهيدروكسيل؛ **(OH)** لذلك فإن التفاعلات الخاصة بالكحولات هي في الواقع تفاعل مجموعة الهيدروكسيل .

الترابط والشكل في المركبات العضوية :

أن المركبات العضوية عموما تكون ذات أبعاد ثلاثية بمعنى أنه لا تقع جميع الذرات المكونة في مستوى واحد، وهذا ينشأ بسبب كون ذرات الكربون المشبعة عوضت بأشكال رباعي السطوح، كما هو موضح في الشكل التالي :



إن المركبات المتماثلة فقط، مثل: الميثان، ورباعي كلوروميثان تكون تماما بشكل رباعي السطوح، وتكون قيمة كل من الزوايا التي بين الروابط (**Bond angles**) تساوي (**109.5°**)، وفي مركبات مثل: البروبان، وثلاثي كلورو ميثان تشذ الزوايا بين الروابط قليلاً عن القيمة .

ويعتقد بأن سبب هذا يعزى إلى وجود مجاميع ترغم بعض زوايا الروابط على الاتساع وتعتمد أطوال الروابط على :

1- الذرات المترابطة 2- طبيعة الرابطة

بحيث تكون الأطوال لنفس النوع من الذرات ثابتة تقريبا فمثلاً الروابط **C-C**، **C-H** ، وكذلك **C-Cl** تكون (**1.54 °**، **1.9°**، **1.78°**) بيكومتر على التوالي .

وحيث إن وحدة أطوال الروابط تقاس بالأنجستروم (°A) (°A = متر 10^{-10}) وبمعرفة الزوايا بين الروابط وأطوال الروابط فقط يمكن بناء نماذج للجزيئات العضوية المعقدة نسبيا وتتوفر أنواع عديدة من النماذج الصناعية للجزيئات العضوية .

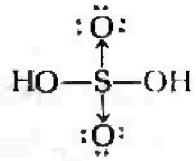
الصيغ الإلكترونية للجزيئات :

يشير رمز العنصر إلى عدد البروتونات والنيوترونات والإلكترونات الموجودة في ذرة ذلك العنصر، ويفضل عند كتابة الصيغ الإلكترونية تمثيل الإلكترونات بنقاط . كما أن عدد الإلكترونات في غلاف تكافؤ معظم العناصر يساوي العدد الذري، حيث يمثل موقع المجموعة التي ينتمي إليها العنصر في الجدول الدوري .

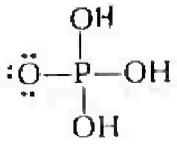
فنجد أنه عند تكوين المركبات التساهمية يجب أن يتحد عدد مناسب من ذرات العنصر أو ذرات العناصر المختلفة، بحيث يصبح إلكترونان حول ذرة الهيدروجين وثمانية حول كل من : الأوكسجين ، الكربون ، النيتروجين ، الهالوجين ، الكلور ، البروم ، الفلور ، اليود .

ومن المعلوم أن معظم أغلفة المركبات العضوية لها تكافؤ مشبع بثمانية إلكترونات ، ويلزم أحياناً وجود رابطة مزدوجة، أي أربعة إلكترونات، أو رابطة ثلاثية، أي ست إلكترونات بين الذرتين لكي يصبح لكل من غلافيهما ثمانية إلكترونات، كما في صيغة فلوريد الهيدروجين والكحول :

ويستحسن استعمال الصيغ المختصرة : (H – F,R – OH) ولحامض الكبريتيك والفسفوريك الصيغ الآتية :



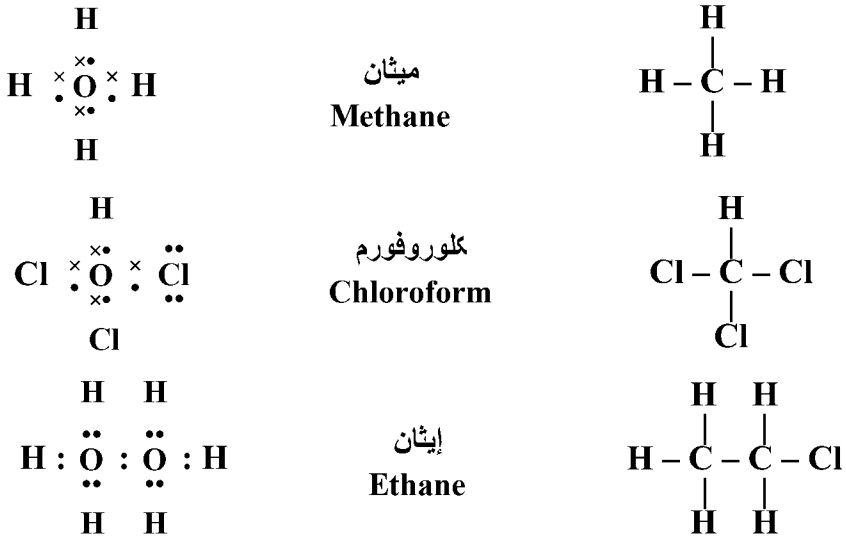
حامض الكبريتيك



حامض الفوسفوريك

ومن الملاحظ أن ذرة الكبريت والفسفور تجهز كلا من إلكتروني الرابطة في اثنين من روابط الكبريت والأوكسجين، وإلكتروني الرابطة في واحدة من روابط الفسفور – الأوكسجين ولأول أوكسيد الكربون وثاني أوكسيد الكربون الصيغ الآتية:

وفي هذه الصيغ يجب إدخال رابطتين مزدوجتين بين كل من ذرة الكربون والأوكسجين لكي يكون لكل منهما غلاف مشبع بثمان إلكترونات . أمثلة على ذلك :



من صيغ الإيثان يتبين أن لذرة الكربون قابلية على تكوين روابط تساهمية ليس فقط مع ذرات العناصر الأخرى بل مع ذرات الكربون نفسها . وليس هناك حد معين لعدد ذرات الكربون التي يمكنها أن تدخل في تكوين سلسلة ما من الناحية النظرية، وقد تكون متفرعة أو حلقية متجانسة وغير متجانسة . وهذا يسمح بوجود أعداد كبيرة جدا من المركبات العضوية .

الروابط الكيميائية (Chemical bonds) :

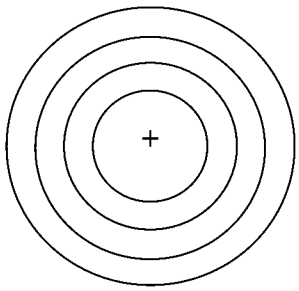
المدارات الذرية (Atomic Orbitals) :

وللتعرف على الخواص الفيزيائية والكيميائية للجزيئات علينا التعرف على طبيعة الروابط فيها ، حيث يجب أن نبدأ بوصف الروابط وتوصف الإلكترونات التي يتم اتحاد الذرات بواسطتها .

ولقد حاول الكثير من الباحثين اشتقاق معادلات رياضية تربط خواص الإلكترونات بطاقته، وكانت أهمها معادلة شرودينجر (Schroidenger) التي أمكن بحلها تعيين احتمال وجود الإلكترون في نقطة معينة في الفضاء .

فإذا أمكن حساب احتمال وجود إلكترون في كل نقطة حول النواة تظهر منطقة قرب النواة يكون احتمال وجود الإلكترون فيها بأعظمه، حيث تعرف هذه النقط بالمدار الذري للإلكترون، ويعتقد أن المدار الذري للإلكترون يأخذ شكل هذه المنطقة ذات الاحتمال العالي .

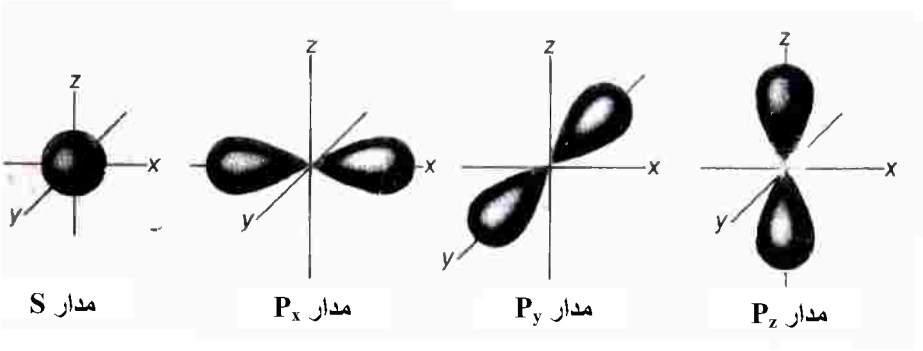
فإذا تصورنا الإلكترون كسحابة سالبة فإن السحابة تكون أكثف في غلافها الأول ، فالمنطقة التي تصفها معادلة شرودينجر والتي يكون احتمال وجود الإلكترون فيها على أعظمه تكون بشكل كرة متناظرة حول النواة، وتسمى مدارات (S) وتكون كروية الشكل، كما هو موضح فيما يلي :



مقطع عرضي للمدار

وعندما يكون الإلكترون في الغلاف الثاني لذرة الهيدروجين توجد أربعة حلول لمعادلة شرودينجر . تصف هذه الحلول أربعة مدارات ذرية مختلفة للإلكترون؛ أحدهما: هو المدار (S2) الكروي

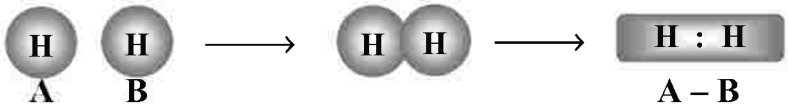
الشكل، ويـ.صف كـ.ل مـ.ن الحلـ.ول الثلاثـ.ة الأخـ.رى منطقـ.ة تأخـ.ذ شـ.كل جرسين متحدين في القاعدة، حيـ.ث تقـ.ع الذ.واة بينهمـ.ا، وتـ.سمى بمـ.دارات **P** ويرمز لها بـ. P_x, P_y, P_z



الروابط الجزيئية والمدارات الجزيئية :

لا يـ..ستطيع المـ..دار الـ..ذري اسـ..تيعاب أكثـ..ر مـ..ن إلكتـ..رون أو إلكتـ..رونين، ويمكـ..ن لـ..ذرتين لكـ..ل منهمـ..ا مـ..دار ذري واحـ..د أن يوحـ..دا مداريهما الذريين لتكوين مدار جزيئي ، ولكي يتم ذلك يجب أن تتقـ.ارب الـ.ذرتان بالاتجـ..اه الـ..ذي يجعـ..ل الإلكتـ..رون المنفـ..رد للـ..ذرة **(A)** منجـ..ذبا بقـ..وة من قبل نواتي الذرتين **(A، B)** والإلكترون المنفـ.رد للـ.ذرة **(B)** منجـ.ذبا بقـ.وة من قبل تلك النواتين .

أي إن المـ..دار الـ..ذري للـ..ذرة الثانيـ..ة لإحـ..دى الـ..ذرتين يتـ..داخل مـ..ع المـ..دار الـ..ذري للـ..ذرة الثانيـ..ة، وهكـ..ذا تتكـ..ون الرابطـ..ة التـ..ساهمية وهـ..ي الرابطـ..ة التـ..ي يهـ..ب منهـ..ا كـ..ل مـ..ن الـ..ذرتين إلكترونـ..ا واحـ..دا للمدار الجزيئـ.ي ويمكـ.ن تـ.صويره كـ.سحابة سـ.البة تحـ.يط بـ.النواتين، كمـ.ا في أدناه :



المدارات الذريـة المهجنـة :

إذا فرضنا أن الروابط التساهمية بين العناصر الخفيفة تتكون من تداخل مدارات من نوع **S**، **P**، فقد وجد أن الخواص المتوقعة لكثير من هذه الروابط لا تشبه خواص الرابطة الفعلية في الجزيئة .

ومع ذلك يمكن إيجاد علاقة من الخواص المتوقعة للرابطة وخواصها الفعلية، إذا وضحنا المدار الجزيئي باستعمال مدارات ذرية مهجنة ، والمدارات الذرية المهجنة هي: مدارات تحصل على خواصها من جمع المدارات **(S ،P،d،f)**، ويمكن وصف معظم المركبات العضوية باستعمال ثلاث من هذه المدارات المهجنة وهي: SP^3، SP^2، **SP** .

فالوصف الرياضي لمدار SP^3 المهجنة يحصل بجمع الأوصاف الرياضية لمدار (SP^3) ومدارات **(P)** (P_x , P_y , P_z) وبطريقة مماثلة يعتبر (SP^2) هجينا من مدار**(S)** ومداري (P_x , P_y) .

كما يعد المدار **(SP)** هجيناً ما بين المدار **(S)** ومدار(P_x) أن الترتيب الإلكتروني لغلاف ذرة الكربون الخارجي في حالتها الاعتيادية هو :

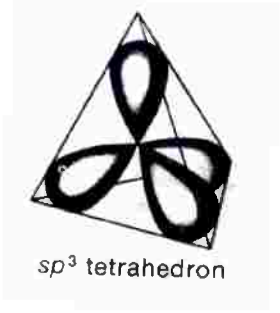
C	1S	2S	2Px	2Py	$2P_z$
	↑↓	↑↓	↑	↑	

ومنه يستدل على أن ذرة الكربون قادرة على تكوين رابطتين فقط، غير أن المعروف أن الكربون قادر على تكوين مركبات يكون فيها رباعي التكافؤ، ولغرض تحقيق ذلك ينتقل إلكترون من المدار **(2S)** إلى المدار $(2P_z)$.

وبذلك يحصل الترتيب الإلكتروني التالي الذي يسمح لذرة الكربون بتكوين أربع روابط منفردة ، وتتداخل المدارات الأربعة هذه وتتهجن مكونة أربعة مدارات جديدة متكافئة في الحجم والشكل .

C	1S	2S	2Px	2Py	$2P_z$
	↑↓	↑	↑	↑	↑

وترتب نفسها حول ذرة الكربون بشكل رباعي السطوح بحيث تكون الزوايا الأربعة متساوية (**109.5°**)، وتعرف هذه المدارات (**SP^3**)، كما في الشكل التالي :



وتستعمل ذرة الكربون مداراتها الذرية (**SP^3**) لتكوين روابط منفردة عن ارتباطها بأربع ذرات أخرى، كما في الميثان (**CH_4**). فإذا ارتبطت ذرة الكربون بثلاث ذرات أخرى كما في الفورمالديهيد (**CH_2O**) فإنها تستعمل مدارات (**SP^2**) بالإضافة إلى مدار (**P**) واحد لتكوين روابطها .

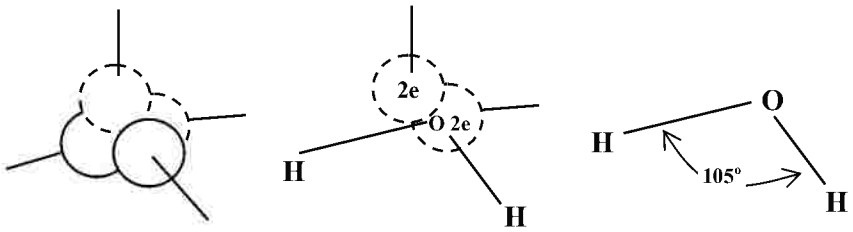
وإذا ارتبطت ذرة الكربون بذرتين أخرتين كما في الأثيلين (**C_2H_2**) فإنها تستعمل مدارات (**SP^3**) المهجنة عند ارتباطها بثلاث ذرات أخرى بروابط منفردة كما في الأمونيا (**NH_3**) .

مميزات الرابطة التساهمية :

تتميز الرابطة التساهمية بما يلي :

أ- زاوية الرابطة التساهمية :

زاوية الرابطة التساهمية المتكونة من اتحاد ذرتي هيدروجين مع ذرة أوكسجين، هي الزاوية الناتجة من اتحاد مداري (**S**) لذرتي الهيدروجين مع مدار (**SP^3**) لذرة الأوكسجين، والشكل التالي يوضح عملية تكوين زاوية الرابطة في جزيئة الماء .



ب- طـ . ـول الرابطـ . ـة (Bond length) :

يمكن تعريف طول الرابطة التساهمية بأنها: المسافة بـ . ين ذ . واتي ذرتـ . ين مرتبطتين برابطة تساهمية، حيث إن طول الرابطة بين هاتين الذرتين ثابت بغـ . ض النظر عن طبيعة الذرات الأخرى المرتبطة بتلك الذرتين فطول رابطة الكربـ . ون – الكلور في رابع كلوريد الكربون (CCl_4) هو **(1.76)** أنجستروم. والجدول التـ . الي يدرج أطوال بعض الروابط التساهمية :

الرابطة	الطول	الرابطة	الطول
H – H	0.75	C – H	1.09
C – C	1.54	C – Cl	1.78
C = C	1.34	C – N	1.47
C ≡ C	1.20	C – O	1.43

جـ- طاقة الرابطة (Bond energy) :

تعرف بأنها: الطاقة اللازمة لتفكيك الجزيئة إلى ذراتها . فلتفكيك مول واحـ . د من الميثان نحتاج إلى **(97)** كيلو سعر، وحسب المعادلة:

$CH_4 \rightarrow CH_3. + H \;.\; \Delta H = 97$ كيلو سعر

والجدول التالي يعطي بعض الأمثلة على طاقة الرابطة :

الرابطة	الطاقة	الرابطة	الطاقة
H – H	104	C – N	70
O – H	110	C – Br	66
C – H	100	C = C	146
N – H	93	C = C	199
S – C	82	C ≡ N	204
C – C	84	C = O	174
C - C	79	C = N	143

الرابطة الأيونية (Ionic bond) :

تنشأ الرابطة الأيونية من انتقال الإلكترونات من ذرة أكثر فلزية إلى أخرى أقل فلزية، وتعزى القوة التي تربط الأيونين إلى التجاذب بين شحنتيهما المتعاكستين، والفرق بين الرابطة التساهمية والأيونية هو أن الرابطة التساهمية موجهة، أي أنها تتكون في الاتجاه الذي يجعل التداخل بين المدارات على أعظمه .

وبعكس الرابطة الأيونية ، التي فيها ينجذب كل أيون موجب نحو جميع الأيونات السالبة المحيطة به وبالعكس ، وتؤثر الروابط الأيونية في الخواص الفيزيائية والكيميائية كنقطة الانصهار ونقطة الغليان وقابلية الذوبان أكثر مما تؤثر الروابط التساهمية التي قد تكون موجودة معها في نفس المركب .

ويستفاد من الفروق في الخواص الفيزيائية للمركبات التساهمية والأيونية من فصل بعضها عن بعضها الآخر .

السالبية الكهربائية (Electroonegativity) :

ولقد فرضنا أن زوج الإلكترونات للرابطة التساهمية يقع وسطا بين الذرتين، فيما إذا كانت الذرتين متشابهتين في السالبية الكهربائية، ولكن عندما تتكون رابطة تساهمية بين ذرتين مختلفتين في السالبية الكهربائية لا تصح هذه الفرضية؛ لأن اشتراك إلكترونات الرابطة التساهمية من قبل الذرتين لم يعد متساويا .

وتعرف السالبية الكهربائية بأنها: قدرة الذرة ذات السالبية الكهربائية الأعلى على جذب الإلكترونات نحوها ، ويكون نتيجة ذلك إزاحة الشحنة السالبة نحو الذرة الأكثر سالبية كهربائية واكتساب هذه الذرة شحنة سالبة جزئية .

بينما تكسب الذرة ذات السالبية الكهربائية الأقل شحنة موجبة جزئية . تزداد السالبية الكهربائية بازدياد العدد الذري إذا سرنا من اليسار إلى اليمين في صف أفقي من العناصر في الترتيب الدوري، ولكنها تقل إذا سرنا من الأعلى إلى الأسفل.

$$C < N < O < F$$
$$I < Br < Cl < F$$

ازدياد السالبية الكهربائية ⟵

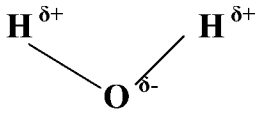
الجزيئـات القطبيـة (Polar molecules) :

لكثير من الجزيئات أطراف موجبة وأخرى سالبة؛ لذلك تعد هـ.ذه الجزيئـ.ات قطبية ، ولكي تكون الجزيئة قطبية يجب أن تحتوي على رابطة قطبيـ.ة أو أكثـ.ر، وأن يكون اتجاه الروابط القطبية بحيث تنفصل مراكز الشحنات الموجبة والـ.سالبة في الجزيئة .

فنجد أن ثاني أوكسيد الكربون له رابطتان تربط الأوكسجين بالكربون تتصفان بالقطبية، ولكن الجزيئة ككل غير قطبية لانطباق مراكز الشحنات الموجبـ.ة علـ.ى مراكز الشحنات السالبة .

$$O^{\delta-} = O^{\delta+} = O^{\delta-}$$

ولكن في جزيئة الماء حيث إن رابطتي الأوكسجين – هيدروجين قطبيتان، وأن مركز الشحنة يقع بين ذرتي الهيدروجين، مما يؤدي إلى عدم تطابق الشحنات؛ لـ.ذا فإن جزيئة الماء قطبية .



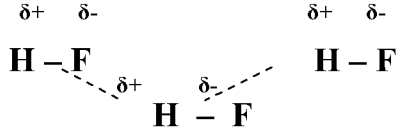
القـوى البينيـة :

وجد أنه بين الأيونات السالبة والموجبـ.ة فـ.ي المركبـ.ات الأيونيـ.ة تجـ.اذب إلكتروستاتيكي كبير ، فما هو نوع ومقدار قوى التجاذب بين المركبات التـ.ساهمية غير القطبية، أو بين المركبات التساهمية القطبية ؟ إذ إنه تحت ظروف معينة يمكن إسالة غاز الميثان والهليوم

إذن لابد من وجود قوى تجاذب بين هذه الجزيئات غير القطبية، ويستدل مـ.ن درجة غليان الميثان (**161.5°**– م) على أنه يمكن التغلب على هذه القوى بإضـ.افة

قليل من الطاقة ، أي أن قوة التجاذب هذه ضعيفة جدا ويطلق على هذه القوى بقوى فان درفال **(Vanderval)** .

وهناك بالإضافة إلى قوى فان درفال تجاذب قطبي **(Dipole – Dipole)** بين الجزيئات القطبية ، إن تجاذب الأقطاب أكبر من قوى فان درفال، ولكنها أصغر من القوى الكهربائية بين الأيونات .



ويمكن الاستدلال على حجم ونوع القوى البينية من درجة الغليان، كما أن هناك علاقة بين درجات الانصهار وقابلية الذوبان .

درجة الانصهار (Melting Point) :

نقطة الانصهار لمادة هي درجة الحرارة التي تصبح عندها المادة الصلبة في اتزان مع سائلها ، إذ إن تحويل المادة الصلبة إلى سائل يتضمن تحطيم القوى البلورية، ولكل مادة نقية نقطة انصهار معينة .

درجة الغليان (Bolling Point) :

تعزى الفروق بين نقاط غليان المركبات المختلفة تحت شروط متماثلة إلى الفروق في القوى بين الدقائق في الحالة السائلة؛ ففي أي مركب أيوني في حالته السائلة – أي المنصهرة – توجد بين الأيونات قوى تجاذب كهربائية عالية يجب التغلب عليها عند تحويل السائل إلى بخار .

أما في حالة المركبات التساهمية السائلة ، فإن القوى البينية صغيرة، ويلزم عندئذ درجة حرارة منخفضة نسبيا للتغلب عليها ؛ لأنها تحتاج فقط إلى كمية صغيرة من الطاقة ، فكلوريد الصوديوم وهو مركب أيوني يغلي في**1413°م**، بينما يغلي الميثان في **-161.5°م** .

قابلية الذوبان (Solubility) :

تتضمن إذابة مادة صلبة أو سائلة في مذيب معين انفصال جزيئات المذاب وتوزعها بين جزيئات المذيب، ويجب تجهيز المحلول بطاقة للتغلب على قوى

التجاذب بين جزيئات المذاب لكي تحدث الإذابة .

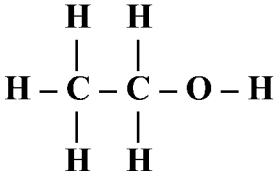
إن ذوبان السكر في الماء ناتج عن استبدال قوى التجاذب بين جزيئات الـ سكر من جهة والتجاذب بين جزيئات الماء من جهة أخرى بقوى التجاذب من جزيئ ـ ات السكر – جزيئات الماء .

ويتوق ـ ع أن تـ ـذوب الجزيئ ـ ات أو المـ ـواد غيـ ـر القطبيـ ـة فـ ـي المـ ـذيبات غير القطبية؛ لأن تكوين المحلول يتضمن استبدال قوى فان درفـ ـال بمثلهـ ـا فـ ـي هذه الحالة ، ولكن المـ ـواد القطبيـ ـة لا تـ ـذوب فـ ـي المـ ـذيبات غيـ ـر القطبيـ ـة؛ لأن الربح الصافي في قوى التجاذب أقل مـ ـن الطاقـ ـة اللازمـ ـة للتغلـ ـب علـ ـى قوة التجاذب .

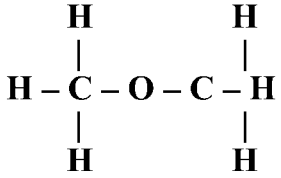
الصيـغ التركيبيـة (Structural formula) :

وعلـ ـى الـ ـرغم مـ ـن أن المركبـ ـات العـ ـضوية تحتـ ـوي علـ ـى عناصـ ـر قليلة، فإنها ربما تحتوي على الكثير من هـ ـذه الـ ـذرات فـ ـي الجزيـ ـئ الواحـ ـد؛ ولهذا السبب فإن الصيغ العضوية الجزئية قليلة الاستعمال في الكيمياء العـ ـضوية، وكمثـ ـال علـ ـى ذلـ ـك فـ ـإن هنـ ـاك عـ ـدة مركبـ ـات عـ ـضوية معروفـ ـة لصيغة واحدة مثل (C_2H_6O) .

وكـ ـل واحـ ـد مـ ـن هـ ـذه المركبـ ـات لهـ ـا خـ ـواص مميـ ـزة: كـ ـدرجات الانصهار، والغليان بالإضافة إلى خواص أخرى يتميز بهـ ـا هـ ـذا المركـ ـب عـ ـن المركب الآخـ ـر ، أو أن الـ ـصيغة متماثلـ ـة ؛ فـ ـالاختلاف هنـ ـا فقـ ـط بترتيـ ـب الذرات فـ ـي الجزيـ ـئ . ويمكننـ ـا أن نوضـ ـح هـ ـذا الاخـ ـتلاف فـ ـي الترتيـ ـب باستخدام الصيغ التركيبية .

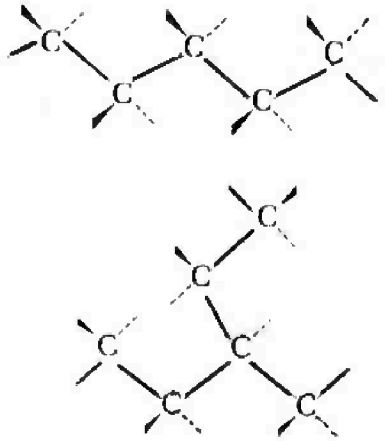


كحـ ـول



أيثـ ـر

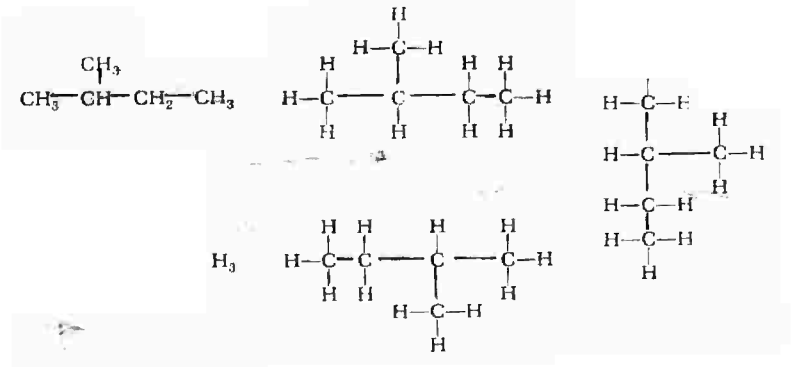
وكما ذكرنا سابقاً ، فإن الكربون أكثر من غيره من العناصر له القابلية للاتحاد أو تكوين روابط مع نفسه، وهذه الروابط يمكن أن تساهم في تكوين سلسلة مستمرة من ذرات الكربون ، أو متفرعة، أو حلقية مع ملاحظة أن لذرة الكربون في كل صيغة هيكلية ، أربع روابط وهذه الصيغة البنائية تعطي معلومات على أنواع الروابط الموجودة، وعن الشكل الجزئي أكثر مما تعطيه الصيغ الجزيئية .



ولهذا السبب الموضح سابقا يتسنى لنا أن نقدر وجود أكثر من مركب واحد له نفس الصيغة الجزيئية .

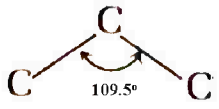
التشابه الأيزوميري (Isomerism) :

هو وجود الكثير من المركبات المختلفة، والتي لها نفس الصيغ الجزيئية . وتعرف المركبات التي لها نفس الصيغ البنائية بالأيزومرات البنائية . ومثال على ذلك هو المركب (C_5H_{12}) الذي لو رتبنا الذرات حسب القواعد المعروفة للتكافؤ لحصلنا على عدد من المركبات المختلفة تماما في الخواص الكيميائية والفيزيائية .

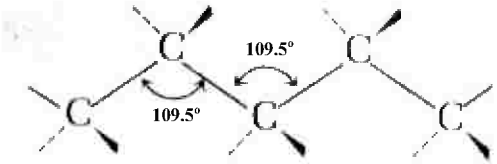


تمثيل الصيغ العضوية :

إن التمثيل الحقيقي للصيغ العضوية يحتاج إلى شكل ذي أبعاد ثلاثة ، ولسهولة التعبير عن هذا التمثيل يمكن استخدام شكل ثنائي الأبعاد، وكما هو موضح في المثال الآتي :

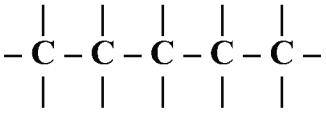


شكل ثنائي الأبعاد

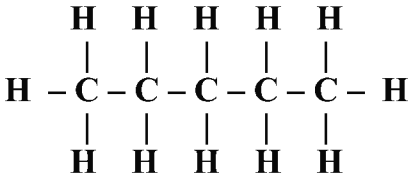


شكل ذو أبعاد ثلاث

في الشكل الثنائي الأبعاد تكون الروابط التي تربط ذرات الكربون في نفس مستوي الورقة ، والخطوط العريضة المنقطة تمثل الروابط التي هي خلف مستوى الورقة ، أما الخطوط العريضة فتمثل الروابط التي أمام مستوى الورقة باتجاه القارئ ، إن هذا التمثيل يكون مفيدا في بعض من الحالات ، ولكن في الاستعمالات الاعتيادية يمكن لهذه الصيغة أن تختصر كما في الشكل الآتي :



ولابد للقارئ أن يتذكر أن هذه الصيغة مبسطة جدا ، فإذا كان الجزيئ هو (C_5H_{12}) فيمكن أن يمثل كما يأتي :



أو : $CH_3 – CH_2 – CH_2 – CH_2 – CH_3$

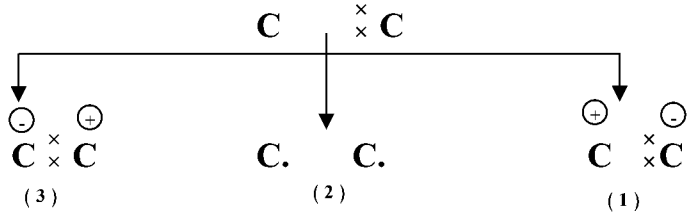
أو : $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$

أو : $CH_3(CH_2)_3CH_3$

الميكانيكية المحتملة لتفكك الرابطة التساهمية :

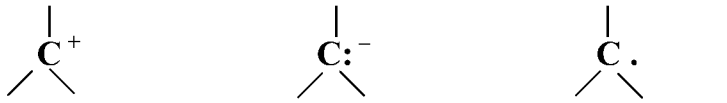
إن التفاعلات الكيميائية تتضمن تكسيرا أو تكوين روابط ، ولنأخذ في الاعتبار

الطرق الثلاثة المحتملة لتكسير الرابطة :



عندما يكون التفكك طبقًا لـ (1 أو 3) فإن الناتج سيتكون عبارة عن جسيمات مشحونة، أو ما يسمى بالأيونات ، بينما الانكسار تبعا للطريقة (2) فإنه سينتج جزيئات متعادلة الشحنة تدعى بالشقوق الحرة **(Free radical)** كل منها يحتوي على إلكترون منفرد (غير مزدوج) .

والتفكك الذي يحدث في التفاعلات العضوية هناك احتمال لأي من طرق التفكك المذكورة آنفا أن يحدث ، فلو أخذنا الكربون على أساس أنها ذرة كاربون متصلة بثلاثة مجاميع فإن الشظايا الثلاث المتوقعة هي :



أيون كربونيوم **أيون كربنيون** **جذر حر**

إن جميع هذه الأصناف تكون نشطة وغير مستقرة، وعادة ما تتكون على شكل مركبات وسطية خلال التفاعل وليس كمركبات نهائية ، إن الجذر الحر يحتاج إلى إلكترون ليكمل مداره بثمانية إلكترونات ويتم استقراره، بينما أيون الكربونيوم يحتاج إلى إلكترونين ليكمل مداره بثمانية إلكترونات حول نواة الكربون أي حالة الاستقرار .

ويعتمد ثبات أيون الكربونيوم والجذر الحر والكربنيوم على وجود مجاميع متصلة بذرة الكربون المركزية، وهذه المجاميع تمتاز بقابليتها على تثبيت الشحنة أو الإلكترون .

تصنيف المركبات العضوية :

بالنظر لوجود ما يزيد على مليون من المركبات العضوية، سواء نواتج طبيعية أو محضرة معمليا؛ ولسهولة دراسة خواصها المختلفة ، قسمت هذه المركبات إلى

مجاميع صغيرة الأعداد نسبيا، واعتمد في هذا التقسيم على الأجـزاء النشطة، أو المجاميع الفعالة (**Functional group**) في الجزيئات .

فعند وجود مجموعة فعالة في مركب عضوي ما تضفي عليه بعض الخواص المميزة لهذه المجموعة الفعالة بغض النظر عن موقع المجموعة في المركب كما يلي :

$$CH_3CH_2CH_2CH_2OH \qquad CH_3CH_2\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}H - OH$$

حيث إن أيا من الصيغتين المذكورتين تمثل واحدا من المركبات العضوية التي تحتوي على مجموعة هيدروكسيل (OH^-) ، والتي تنتمي إلى الكحولات **Alcohols** .

وإن تصنيفنا للمركبات العضوية سيبدأ بالمركبات التي تحتوي على الكربون والهيدروجين ، ويليها المركبات الحاوية على مجموعة فعالة واحدة أو أكثر تحتوي على النيتروجين أو الأوكسجين أو أي عنصر آخر .

الهيدروكربونات (Hydrocarbons) :

إن المركبات العضوية تتكون من كربون وهيدروجين، ويمكن تصنيفها إلى:

1- الهيدروكربونات المشبعة (ألكانات أو البارافينات) (**Alkane** أو **Parafines**) وصيغتها العامة (C_nH_{2n+2}) .

2- الهيدروكربونات غير المشبعة ذات الرابطة المزدوجة (الألكينات أو الأوليفينات) (**Alkene Or Olefines**) وصيغتها العامة (C_nH_{2n}) .

3- الهيدروكربونات غير المشبعة ذات الرابطة الثلاثية (الألكينات، أو الأستيلينات) (**Alkene Or Acetylene**) وصيغتها العامة (C_nH_{2n-2}) .

4- المركبات الأروماتية العطرية (**Aromatic Compounds**)، كالبنزين ومشتقاته كالنفثالين والأنثراسين .

إن تقسيم الهيدروكربونات إلى هذه الأصناف في المركبات العضوية مبني على

أساس اختلاف تفاعلاتها الكيميائية التي ترجع إلى اختلاف طبيعة الرابطة الكيميائية في جزيئاتها .

هاليد الألكيل (Alkyl halides) :

يطلق اسم هاليد الألكيل على المركبات التي يكون فيها الهالوجين مرتبطًا بذرة كربون أليفاتية، بمعنى استبدال ذرة هيدروجين من الهيدروكربون بذرة هـ.الوجين واحدة أو أكثر، كما يلي:

$CH_3CH_2 - Br$	$CH_3CH_2 - Cl$
بروميد الأثيل	كلوريد الأثيل

وتزداد قدرة هاليدات الألكيل على التطاير وفقًا للقوانين المتخذة لكل سلسلة متشاكلة منها .

1) مع نقصان الوزن الجزيئي.
2) مع نقصان الوزن الجزيئي للهالوجين وحجمه.
3) مع زيادة تفرع مجموعة الألكيل.

إن الأفراد الأولى من طائفة الألكانات الأحادية الهالوجين تكون غـ.ازات فـ.ي درجة حرارة الغرفة CH_3X **(X = F , Cl , Br , I)** في حين أن هاليدات الألكيل الأخرى وإلى حد C_{18} تقريبا تكون سائلة .

وتعد هاليدات الألكيل بمثابة جزيئات ثنائية القطب **(dipolar)** وتمتلك عزمـ.ا ثنائي القطب، ولا تمتزج بالماء وتعد مـ.ن المـ.ذيبات الجيـ.دة لمعظـ.م المركبـ.ات العضوية.

المركبات الأروماتية (Aromatic Compounds) :

يتصف البنزين والمركبات المشابهة له، سواء متجانـ.سة، أو غيـ.ر متجانـ.سة بخاصية تسمى بالأروماتية، ولا تتوافر هذه الخاصية في المركبات الهيدروكربونية الأخرى . وللتعرف على الخواص الأروماتية للجزيئات يجري عادة حسابات للمدار الجزئي .

وهذه الحسابات تشير إلى أن الجزيئات المستوية الأحاديـ.ة الحلقـ.ة ذات عـ.دد

زوجي محدود من الإلكترونات بأي (π) تكون أروماتية، وقد أعطـي هـذا العـدد بقانون هيكل **(Huckeles law) (4n + 2)** حيث إن **(n)** ترمز إلى أي عدد صحيح موجب ويشمل كذلك الصفر ، ولا يمكن تطبيق قاعدة هيكل على المركبات الحلقية غير المتجانسة، وكذلك المركبات متعددة الحلقة .

وتتميز المركبات الأروماتية بخصائص أساسية هي :

1) جزيئة حلقية مستوية. 2) لها طاقات ريزونانس عالية .

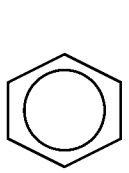
3) روابط باي (π) التابعة لها تكون غير متمركزة فـي موضـع واحـد، بـل تدور داخل الحلقة وتتبادل المواقع من الروابط المفردة .

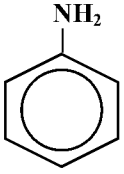
4) تتبع قاعدة هيكل .

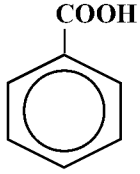
أصناف المركبات الأروماتية :

المركبات الأروماتية أربعة أصناف، وهي كما يلي :

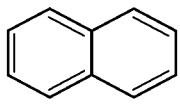
1) مركبات أروماتية بنزينية تحتوي على حلقة بنزين واحدة كوحـدة تركيبيـة أساسية، مثل:

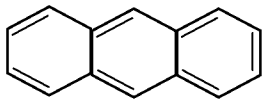




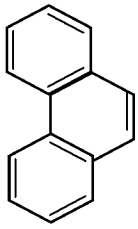


2) مركبات أروماتية بنزينية متعددة الحلقات **(Polynuclear)** ، بحيـث يكـون موضع اتصال كل حلقتين متجاورتين ذرتي كربون .



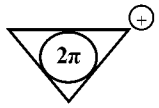


مركبات حلقية ملتحمة خطيا

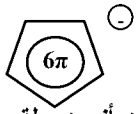


مركبات حلقية ملتحمة زاويا

3) مركبات أروماتية غير بنزينية تحتوي على هياكل كربونية حلقية مستوية بدلاً من هيكل البنزين وتتبع قاعدة هيكل، مثل :

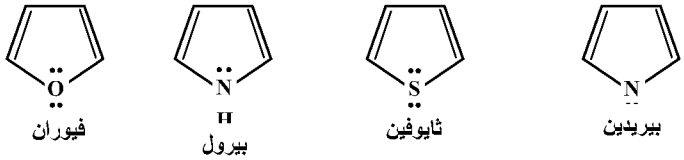


بروبنيل كاتيون حلقي



بنتادايين أنيون حلقي

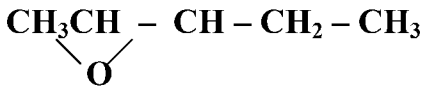
4) مركبات حلقية غير متجانسة، مثل :



فيوران　　بيرول　　ثايوفين　　بيريدين

الأيثرات والأيبوكسيدات (Ethers and Epoxides) :

تمثل الأيثرات العامة (**R – O – R**) للأيثرات الألفاتية (**Ar – O – R**) للأيثرات الأروماتية و (**Ar – O – R**) للأيثرات المختلطة وعموما يستخدم الأيبوكسيد لإفراد الأيثر ثلاثي الحلقة .



2 ، 3 – أيبوكسي بنتان

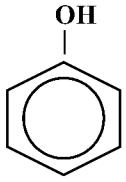
وللأيثرات تركيب زاوي؛ ولذلك فهي ضعيفة القطبية وتظهر عزم ثنائي القطب، كما أن أفراد الأيثرات تكون متطايرة بدرجات حرارة أقل من كحولاتها المقابلة ، ويعزى ذلك إلى انعدام الرابطة الهيدروجينية بين جزيئات الأيثر .

فالأيثرات عموما شحيحة الذوبان في الماء ، وفي أغلب الأحيان يستخدم الأيثر الأثيلي في فصل المركبات العضوية من المحاليل المائية ، وتولد الأيثرات بيروكسيدات مختلفة الأنواع وشديدة الانفجار جدا إذا ما تعرضت للضوء أو حتى في الظلام .

ويعد الأيثر وبالأخص مجاميع الميثوكسي العنصر التركيبي للعديد من الناتج الطبيعية؛ فمادة الكنين من الخشب عبارة عن: بوليمر مؤلف من فينول أيثر كحولات غير مشبعة ، وبعمل كمادة رابطة لالتحام السليلوز وألياف سكريات أخرى عدة لتكوين بنية الخشب .

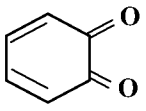
الكحولات والفينولات والجليكولات والكوينونات :

يمكن تمثيل الكحولات بالصيغة العامة **(ROH)**، حيث **(R)** تمثل أي مجموعة الكيل ، أما الفينولات التي صيغتها العامة **(Ar – OH)** ، والتي تكون فيها مجموعة الهيدروكـ..سيل مرتبطـ..ة بحلقـ..ة أروماتيـ..ة مباشـ..رة وتمثلـ..ك الصيغة العامة .

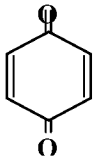


كما تعرف الكحولات التي تحتوي على مجموعتي هيدروكسيل مرتبطة بذرتي كربون مختلفة بالجليكولات **(glycols)**، أو الدايولات **(diols)** ؛ أما التي تحتـ..وي على ثلاث، أو أكثر من مجاميع الهيدروكسيل مرتبطة بذرات كربون مختلفة تعرف بالترايولات **(Triols)** .

ومركبات متعددة مجموعـ..ة الهيدروكـ..سيل فتـ..سمى متعـ..ددة الهيدروكـ..سيل **(Polyhydroxyl)**، كما تسمى المركبات الثنائية الكيتون الحلقية التي تحتوي على روابط مزدوجة بالكوينونات .



أورثو بنزوكوينون



بارا بنزوكوينون

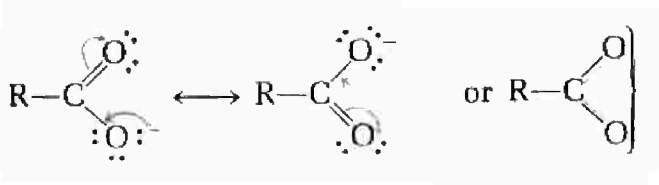
الأحماض الكربوكسيلية (Carboxylic acids):

هي تلك المركبات العـ..ضوية التـ..ي تحتـ..وي علـ..ى مجموعـ..ة كربوكـ..سيل **(Carboxyl)** وتكتـ..ـب عـ..ـادة بالـ..ـصيغة (CO_2H أو **COOH** أو **O = C – OH**) وتمثل صـ..يغتها العامـ..ة (**ArCOOH , RCOOH**) وهـ..ي تراكيب لأحماض كربوكسيلية أليفاتية وأروماتية على التوالي .

ويمكن أن تكون **(R)** مجموعة ألكيل مشبعة أو غير مشبعة وتحتوي الأحماض

الثنائية الكربوكسيل، والثلاثية الكربوكسيل والمتعددة الكربوكسيل على أكثر من مجموعة كاربوكسيل واحدة .

وتغلي الأحماض الكربوكسيلية بدرجات أعلى من الكحولات المناظرة لها بالوزن الجزيئي؛ والسبب يعود إلى قوة الرابطة الهيدروجينية بين جزيئات الأحماض الكربوكسيلية، وتنخفض قابلية الذوبان في الماء مع ازدياد حجم مجموعة الألكيل (R) ويصبح جزء الهيدروكربون في الجزيئة هو السائد والمؤثر . وتعتمد حامضية الحامض الكربوكسيلي على استقرارية أيون الكربوكسيلات التابع له .



وللأحماض الكربوكسيلية مشتقات منها تكوين الإنهدريدات، حيث يتم نزع الماء من مجموعتي كربوكسيل متجاورتين لتكوين حلقات خماسية أو سداسية، كما أن الايميدات هي إحدى المشتقات للأحماض الكربوكسيلية .

الألديهايدات والكيتونات (Aldehydes and Ketones) :

تعرف الألديهايدات والكيتونات بأنها: مركبات الكربونيل لأنها جميعا تشترك بوجود مجموعة الكربونيل (**C = O**) ، والألديهايدات تحتوي على مجموعة كربونيل مرتبطة بذرة هيدروجينية من طرف وبذرة هيدروجين، أو كربون من الطرف الآخر .

وتوجد على نوعين هي ألديهايدات الفاتية وألديهايدات أروماتية (**R – CO – H , Ar – CO – H**) ؛ أما الكيتونات فتكون فيها مجموعة الكربونيل مرتبطة إلى ذرتي كربون أخرتين، والكيتونات، إما أن تكون أليفاتية

$(R - CO - R)$ ، أو أروماتية $(AR - CO - R)$.

وبسبب مجموعة الكربونيل القطبية فإن الألديهايدات والكيتونات لها درجة غليان أعلى من المركبات اللاقطبية المناظرة لها في الوزن الجزيئي، حيث لا تستطيع الألديهايدات والكيتونات تكوين روابط هيدروجينية بينية ، ومن ثَم تكون درجات غليانها أقل من الكحولات أو الأحماض الكربوكسيلية المناظرة لها بالوزن الجزيئي .

الأمينات (Amines) :

يطلق اسم الأمينات على مركبات الألكيل أو الأريل المشتقة من الأمونيا وتصنف إلى أمينات أولية وثانوية وثالثية وفقاً لعدد مجاميع الألكيل أو الأريل المرتبطة بالنيتروجين، كما يلي :

RNH_2	R_2NH	R_3N
أمين أولي	أمين ثانوي	أمين ثالثي

حيث R تمثل أي مجموعة ألكيل على ذرار الأمونيا تعد ذرة نيتروجين الأمينات قاعدية وتتفاعل مع الأحماض مكونة أملاح الكيل أمونيوم .

$$R - NH^{+}_{3} - X^{-}$$

ألكيل أمونيوم

المركبات العضوية الفلزية :

يعرف المركب العضوي الفلزي بأنه المركب الذي يمتلك روابط يرتبط فيها الفلز بالكربون بصورة مباشرة، ويستثنى من هذا التعريف أملاح الأحماض العضوية والأمينات الفلزية، وكذلك معقدات أحماض لويس على الذرات غير المتجانسة في الجزيئات العضوية .

ونجد أن جميع المركبات العضوية الفلزية على وجه التقريب سامة والكثير منها يتفكك بسرعة في الهواء وفي الأوكسجين والرطوبة، مثل :

CH_3Li	$(C_2H_5)_4\ Pb$
مثيل الليثوم	رباعي أثيل الرصاص

الكربوهيـــدرات :

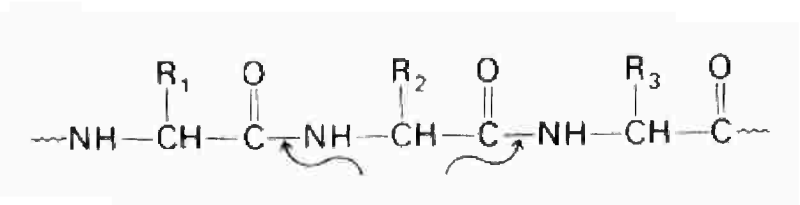
تعد الكربوهيدرات من أوسع أصناف المواد العضوية الموجودة في الطبيعـ.ـة ، وأكثرها أهمية وتكون الكربوهيدرات البسيطة بمثابة متعدد هيدروكسي الألدهيـ.ـدات أو متعدد هيدروكسي الكيتونات وتتواجد على هيئة هيمي أسيتال أو هيمـ.ـي كيتـ.ـال حلقي والصيغة العامة $(CH_2O)_n$.

الأحمـاض الأمينيـة والببتيـدات :

أي حامض عضوي يحتوي على مجموعة أمينو واحدة على الأقـ.ـل يمكـ.ـن أن يصنف على أنه حامض أميني .

$$CH_3 - \underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}} - COOH$$

إما إذا اجتمعت سلسلة متعاقبة من الأحماض الأمينية (حوالي **20**) الموجـ.ـودة في الطبيعة تدعي بالببتيدات وتتخذ سلسلة الببتيد الصيغة العامة .



R : تمثل السلسلة الجانبية لكل متبقي حامض أميني .

الهيدروكربونات (الألكانات – الألكينات – الألكاينات) :

إن البترول والغاز الطبيعي يعدان المصدر الرئيس لتجهيز نسبة عاليـ.ـة مـ.ـن الطاقة التي نحتاج إليها؛ وهما غنيان بالمركبات العضوية حيث إن مكوناتها الرئيسة هي الهيدروكربونات المشبعة ، ولكون هذه المركبات عديمة الفعاليـ.ـة نـ.ـسبيا فقـ.ـد عرفت بالبرافينات .

ومن خلال البحوث تم تحويل هذه المركبات بواسطة عمليات عدة إلى مركبات عضوية ذات فائدة صناعية، وكذلك فإن هذه المركبات تستخدم كوقود للمحركـ.ـات كالسيارات والطيارات .

هناك ثلاثة أنواع من الهيدروكربونات المشبعة ، وغير المشبعة والمواد العطرية أي الأروماتية ، حيث صنفت على أساس نوع الرابطة الموجودة بين ذرتي الكربون؛ فالهيدروكربونات غير المشبعة تحتوي إما على رابطة مزدوجة، أو رابطة ثلاثية ؛ أما الهيدروكربونات الأروماتية فهو نوع خاص من الهيدروكربونات الحلقية غير المشبعة .

ولما كانت الهيدروكربونات تحتوي على الكربون والهيدروجين فقط، فيمكن اعتبار أن جميع المركبات العضوية المعقدة قد اشتقت منها، وذلك باستبدال ذرات الهيدروجين، أو إضافة ذرات أخرى أو مجاميع من هذه الذرات ، وفضلاً عن ذلك فإنها تمثل جذور شجرة عائلة الكيمياء العضوية .

الألكانات (البارافينات) (Alkanes) :

هي مركبات هيدروكربونية مشبعة (**Saturated hydrocarbons**) تكون منها جميع ذرات الكربون والهيدروجين مرتبطة بعضها مع بعض بروابط تساهمية مفردة وقوية ، والألكانات مثل الميثان والأيثان لها الصيغة العامة ($\mathbf{C_nH_{2n+2}}$) حيث إن (**n**) عدد صحيح = **1، 2، 3، 4، 5** .

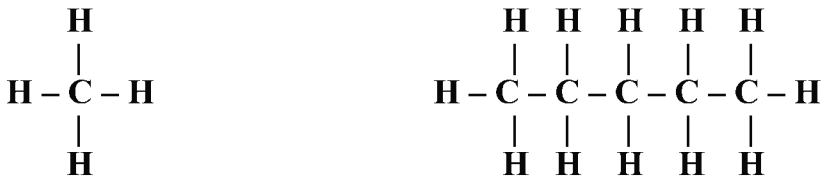
وهي تعبير عن الصيغة الجزيئية لكل فرد من أفرادها كالبروبان والهكسان . كما أن المصدر الطبيعي للألكانات هو النفط الخام ، وتعتمد طرق فصلها على التقطير الجزيئي للنفط، كما توجد من بين الغازات المتحررة من المستنقعات نتيجة لتفسخ النباتات تحت الماء ، ويمكن تحضيرها في المختبر وفي المصانع بكميات لحاجة السوق إلى تلك الغازات والسوائل .

ويعتمد تصنيف هذه المركبات إلى مركبات غازية، أو سائلة، أو صلبة على الوزن الجزيئي لتلك الالكانات، حيث إن المجموعة الأولى فيها تكون غازية، مثل: الميثان والبروبان. وسائلة، مثل: الهكسان والهبتان .

وصلبة بالنسبة إلى الألكانات: هي التي تزيد فيها عدد ذرات الكربون فيها عن ثماني عشرة . كما أن درجة غليانها تتناسب طرديا مع ازدياد وزنها الجزيئي .

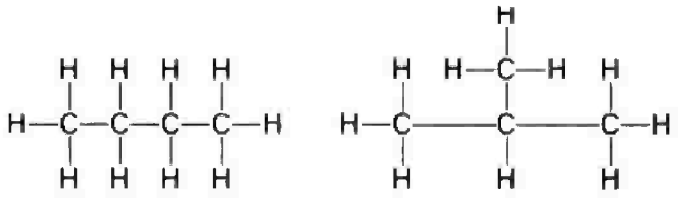
الصيغ التركيبية :

هي الصيغ التي تبين تركيب الجزيئة وكيفية ارتباط الذرات فيها (تكافؤها)، حيث تشير الرابطة (–) في الصيغة التركيبية إلى التكافؤ الأحادي.

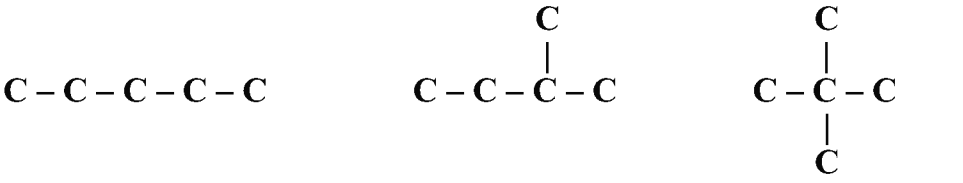


وتظهر حالة الأيزوميرات (وجود مركبين أو أكثر في الطبيعة لهما نفس الصيغة الجزيئية، ولكنهما يختلفان في الصيغ التركيبية نتيجة لاختلاف في الهيكل البنائي) في المركبات علما بأن الميثان والأيثان والبروبان لا تظهر حالة الأيزومرزم .

ويرجع ذلك إلى أنه لا يوجد هناك ترتيب آخر مختلف فيه تنظيم الذرات، ولكن عندما نصل إلى البيوتان نجد أن هناك احتمالين لارتباط الذرات بعضها ببعض بشكل السلسلة المستمرة ، والسلسلة المتفرعة . وهذه الصيغة تؤدي إلى وجود مركبين مختلفين بالخواص العامة . حيث يطلق على المركب **(1)** بالبيوتان الاعتيادي والمركب **(2)** بالبيوتان الثلاثي :



وصعودا إلى مركبات مشبعة أخرى كالبنتان مثلاً: فإن هناك ثلاثة احتمالات لاتصال ذرات الكربون بعضها ببعض .



(2) بنتان **(1) أيزوبنتان** **(3) نيوبنتان**

أما في حالة حذف ذرة هيدروجين من الألكانات والتي تحتوي على أكثر من ذرتين كربون نحصل على أكثر من مجموعة؛ فمثلاً عند حذف هيدروجين من البروبان نحصل على أكثر من مجموعة متجانسة وتسمى مجموعة بروبيل اعتيادي، أو أيزوبروبيل حيث تعتمد التسمية على موقع سحب ذرة الهيدروجين، كما مبين في الجدول التالي :

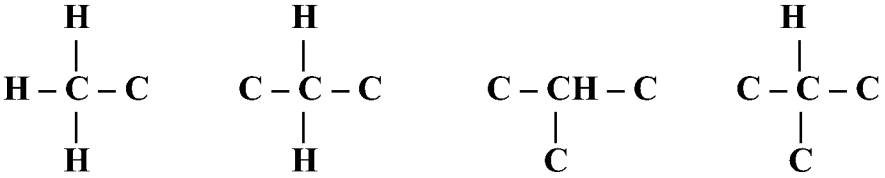
الهيدروكربون	الصيغة التركيبية	المجموعة المشتقة	الصيغة التركيبية
الميثان	CH_4	المثيل	CH_3-
الأيثان	CH_3CH_3	الاثيل	CH_3-CH_2-
البروبان	$CH_3CH_2CH_3$	بروبيل اعتيادي	$CH_3CH_2CH_2-$
		ايزوبروبيل	CH_3CH-CH_3
البيوتان	$CH_3(CH_2)_2CH_3$	ايزو بيوتيل	$(CH_3)_2-CHCH_2$
		بيوتيل ثانوي	$CH_3-CH_2-CHCH_3$
		بيوتيل ثلاثي	$(CH_3)_2\,C-CH_3$
		بيوتيل أولي	$CH_3(CH_2)_3-$

ونجد أن الهكسان له خمسة متجانسات في الطبيعة لوجود خمسة أشكال تركيبية مختلفة لصيغته الجزيئية C_6H_{14} . ولمنع حدوث الالتباس والخلط بين المتجانسات وضع نظام عام لتسمية الهيدروكربونات وفق قواعد بسيطة سميت طريقة يوباك .

أصناف ذرات الكربون والهيدروجين في جزيئة الهيدروكربون :

تدعو الضرورة أحياناً إلى تصنيف الذرات الواقعة في نفس الجزيئة إلى أنواع مختلفة حسب تفاعلاتها الكيميائية الناتجة من اختلاف التركيب الهيكلي للجزيئة ؛ لذا فذرة الكربون المتصلة بذرة كربون أخرى وثلاث ذرات من الهيدروجين تسمى ذرة الكربون الأولية .

وتسمى ذرة الكربون المتصلة بذرتي كربون بذرة كربون ثانوية ، بينما تسمى ذرة الكربون المتصلة بثلاث ذرات كربون بذرة كربون ثلاثية أو ثلثية .



مجاميـع الألكيـل :

تطلق كلمة ألكيل على مركبات الألكان المحذوف منها ذرة هيدروجين؛ فمـ.ثلاً عند حذف ذرة هيدروجين من الميثان يسمى المركب الناتج بالمثيل، وكـ.ذلك عنـ.د حذف ذرة هيدروجين من الأيثان يسمى المركب الناتج بالأثيل، كما هو مبـ.ين فـ.ي الجدول السابق .

الألكينـات (Alkenes) :

تسمى الهيدروكربونات التي تحتوي على روابط كربون – كربون المزدوجـ.ة بالألكينات أو الأولفينات، وتنتمي إلى صنف الهيدروكربونات غير المشبعة .

إيثلين ألكين

أما الألكينات التي تحتوي على أكثر من رابطة مزدوجة فيطلق عليها بـ.البولي أوليفينات . **– C = C – C = C –**

الألكاينـات (Alkynes) :

تسمى الهيدروكربونات التي تحتوي على روابط كربون – كربـ.ون الثلاثيـ.ة بالألكاينات .

H – C ≡ C – H إستلين **R – C ≡ C – R** ألكاين

إن رابطة كربون – كربون الثلاثية تكون خطية (الزاوية **180°**) وتتألف مـ.ن رابطة كربون – كربون مفردة يطلق عليها رابطة سيجما (σ) ورابطتين مزدوجتين يطلق عليهما روابط باي (π) .

التسميـة (Nomenclature) :

بسبب وجـ.ود الأعـ.داد الكبيـ.رة والمختلفـ.ة للمركبـ.ات العـ.ضوية يكـ.ون من الضروري إيجاد طريقة منظمـ.ة لتـ.سمية هـ.ذه المركبـ.ات ، حيـ.ث كانـ.ت تسمى المركبات العـ.ضوية وفقـً.ا للاسـ.م الـ.شائع **(Common name)** ، حيـ.ث

تميـز الهيـدروكربونات الأيزوميريـة بواسـطة بادئـات مثـل (n) عـادي ، أيزو (Iso) ، نيو (Neo) .

وبهـذه الطريقـة يمكـن تسمية المركبـات الأربعـة الأولـى، بينمـا لا يمكـن تسمية هـذه المركبـات الأكثـر تعقيـدا باسـتخدام النظـام العـادي ، وعليـه تـم اقتـراح اسـتخدام الطريقـة العالميـة لتسمية المركبـات والتـي سـميت بنظـام يـتم بواسـطتها تسمية المركبات العضوية .

1- تثبيت الاسم العام للمركب العضوي مع الأخذ بنظر الاعتبار تبديل نهاية اسـم المركب طبقاً لما اتفق عليه بهذه الطريقة .

2- اختيـار أطـول سلسـلة مـن الكربـون بـشرط أن تكـون متواصـلة فـي الجـزيء الواحـد واعتبارهـا الإطـار الـرئيس لتسمية المركبـات العضوية .

وسوف نتطرق إلى الطرق الخاصة لتسمية المركبات العضوية وكـل حـسب المجموعة الفعالة فيه .

تسميـة الألكانـات :

تسمى الألكانات إما وفق النظام الاعتيادي، أو للنظام العام للتسمية (يوبـاك)، كما هو مبين في الجدول التالي :

الاسـم	الصيغة التركيبية
ميثان	CH_4
إيثان	C_2H_6
بروبان	C_3H_8
بيوتان	C_4H_{10}
بنتان	C_5H_{12}
هكسان	C_6H_{14}
هبتان	C_7H_{16}
أوكتان	C_8H_{18}
نونان	C_9H_{20}
ديكان	$C_{10}H_{22}$

الأفراد الأربعة الأولى يكون لها أسماء انفرادية، أما أسماء الأفراد العليا يكون لها بادئة لاتينية تبين عدد ذرات الكربون، والنهاية أن **(ane)** تدل على أنها تنتسب لعائلة الألكان وكما يأتي ء – ألكانات ألكانات السلسلة المستقيمة

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$$

ء – بنتان

أيزو ألكانات ، ألكانات متفرعة السلسلة ذو مجاميع مثيـل **($-CH_3$)** متفرعـة جانبيا، ومرتبطة إلى ذرة الكربون ما قبل الأخيرة في السلسلة المستقيمة .

$$CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}} - CH_3$$

أيزوبيوتان

نيو ألكانات ، تستعمل البادئة نيو **(neo)** عندما تكون هناك ثلاث مجاميع ألكيل مثيل فقط واقعة في نهاية السلسلة المستقيمة .

$$CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{\underset{\displaystyle |}{C}}}} - CH_3$$

نيوبنتان

ولا يمكن استخدام النظام العادي لتسمية الألكانات الأكثر تعقيدا، وعليه يتم تسميتها باستخدام نظام يوباك ويشترط تطبيق القواعد الآتية :

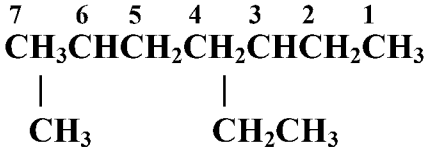
1- الاسم الأصلي هو اسم ذلك الألكان الذي يحتوي على أطول سلسلة مستمرة من ذرات الكربون في الجزيئة :

$$CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle H}{\overset{\displaystyle |}{\underset{\displaystyle |}{C}}}} - \underset{}{\overset{\displaystyle H}{\overset{\displaystyle |}{\underset{\displaystyle |}{C}}}} - \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle H}{\overset{\displaystyle |}{\underset{\displaystyle |}{C}}}} - CH_3$$

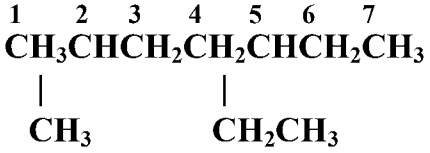
أطول سلسلة مستمرة تتألف من خمس ذرات كربون؛ لذا يكون البنتان هو

الاسم الأصلي للمركب .

2- ترقم ذرات كربون السلسلة الأصلية من الطرف الذي يعطي أصغر رقم لـ ذرة الكربون الحاملة لمجموعة أو ذرة معوضة عدا الهيدروجين .

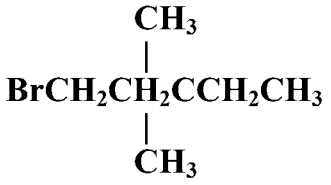


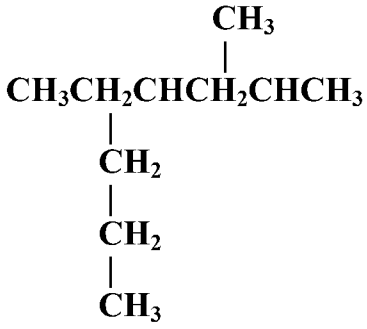
ترقيم خاطئ



ترقيم صحيح

3- تتم تسمية المجاميع المعوضة، وكذلك مواقعها على السلسلة كبادئة تشير إلـى اسم المجموعة المعوضة .





المجاميع المعوضة

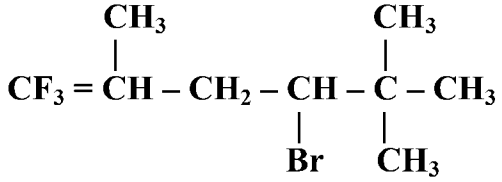
2- مثيل	**1- برومو**	**4- أثيل**
3- مثيل	**3- مثيل**	

4- يكتب اسم المركب بكلمة واحدة، ويشترط أن تفصل أسماء المجاميع المعوضـة حسب مواقع ترقيمها بعلامات وصل (-) ، ثم ترتب مجاميع الألكيل المعوضة حسب النظام الأبجدي.

وأحياناً وفق الزيادة في حجم المجموعة المعوضة، وعليه واستنادا إلى هذه القواعد، فإن الاسم الكامل للمركب المذكور آنفاً في نظام يوباك يكـون : 2- مثيل – 4- أثيل هبتان.

5- إذا تكررت المجموعة المعوضة ذاتها أكثر من مرة كسلسلة جانبية فتـستعمل

البادئة ثنائي ، ثلاثي ، رباعي ، تنفصل الأرقام التي تشير إلى موقع المجـ.اميع المعوضة بواسطة فوارز (- و -).



4- برومو - 1،1،1 ثلاثي فلورو - 2 ، 5 ، 5 - ثلاثي مثيل هكسان

الخواص الفيزيائية للألكانات :

تعد جزيئات الألكانات غير قطبية؛ فهي لذلك لا تـ.ذوب بالمـ.ذيبات القطبيـ.ة كالماء، ولكنها تذوب في المذيبات غير القطبية كالبنزين ورباعي كلوريد الكربون، كما أن درجة غليانها تزداد مع ازدياد الوزن الجزيئي ، وتتدرج هذه الزيادة بشكل منتظم تقريبا .

فالميثان والأيثان والبروبان والبوتان غازات في درجة حرارة الغرفة، في حين أن البقية سوائل وعند ازدياد الوزن الجزيئي أكثر فأكثر، حيث عندما يكـ.ون عـ.دد ذرات الكربون **(18)** ذرة، فإن الألكان يكون صلبا مثل شمع البرافين $C_{18}H_{38}$.

الخواص الكيميائية للألكانات :

إن الرابطة الموجودة في الألكانات هي أحادية ، تساهمية ، غير قطبية، ولذلك فإن الألكانات تعد خاملة نسبيا ، حيث إنها لا تتفاعـ.ل مـ.ع معظـ.م الأحمـ.اض ، والقواعد ، والعوامل المؤكسدة أو المختزلة، وعليه فإنها تستخدم مذيبا لفصل كثيـ.ر من المركبات العضوية .

1- الأكسـ.دة والاحتـ.راق :

إن أهم استخدام للألكانات هو استخدامها وقودا ، حيث إن حرقها ينـ.تج عنـ.ه كمية كافية من الأوكسجين لينتج ثاني أوكسيد الكربون ، والماء مع تحـ.رر طاقـ.ة قدرت بـ. **212.8** سعر/ جزيء كما يلي :

$$CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + 212.8 \text{ سعر / جزيء}$$

وعليه فإن الألكانات تستخدم وقودا للتدفئة ولتوليد الطاقة للحركة ، أما في حالة عدم توافر كمية كافية من الأوكسجين فإنه ينتج عنها أول أوكسيد الكربون السام أو ترسيب الكربون، كما هو موضح في المعادلة :

$$3CH_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO + 4H_2O$$
$$CH_4 + O_2 \rightarrow C + 2H_2O$$

2- الهلجنة (Halogenation) :

عند وضع مزيج من الألكانات والكلور في درجة حرارة منخفضة بعيدا عن ضوء الشمس لا يحدث تفاعلاً، ولكن بدرجة حرارة عالية وبوجود الضوء يحدث تفاعلاً باعثًا للحرارة مع استبدال ذرة هيدروجين واحدة أو أكثر حسب نسبة وجود الهالوجين إلى الألكان .

$$R - H + Cl_2 \xrightarrow{\text{ضوء}} R - Cl + HCl$$

أو بصورة خاصة تفاعل الميثان والكلور .

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{\text{ضوء}} CH_3Cl + HCl$$

ويمكن استبدال كافة ذرات الهيدروجين في وجود زيادة من الهالوجين كما هو موضح في المعادلة الآتية :

$CH_4 + Cl_2$	$\xrightarrow{\text{ضوء}}$	CH_3Cl	كلوريد الميثان
$CH_3Cl + Cl_2$	$\xrightarrow{\text{ضوء}}$	CH_2Cl_2	ثنائي كلوريد الميثان
$CH_2Cl_2 + Cl_2$	$\xrightarrow{\text{ضوء}}$	CH_3Cl	ثلاثي كلوريد الميثان
$CH_3Cl + Cl_2$	$\xrightarrow{\text{ضوء}}$	CCl_4	رابع كلوريد الميثان

عند السيطرة على نسبة الكلور إلى الميثان نحصل على المركب المطلوب .

الألكينات (الأوليفينات) (Alkenes) :

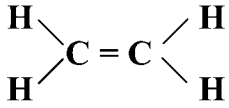
هي ثاني متسلسلة متشاكلة من الهيدروكربونات تحتوي على نسب هيدروجين إلى كربون أقل مما هو موجود في الألكانات المشبعة المقابلة لها ،

صـ..يغها العامـ..ـة (C_nH_{2n}) فهـ..ـي إذن مركبـ..ـات غيـ..ـر مـ..ـشبعة ولهـ..ـا القـ..درة علـ..ـى إضـ..ـافة ذرة أو جزيئـ..ـة إلـ..ـى المركـ..ـب ليكـ..ـون مركـ..ـب الألكان المرادف .

حيث يبين هذا وجود زوج من الروابط نتجت عن اشتراك أربعة إلكترونـ..ـات (زوجين من الإلكترونات) بين ذرتي كربون . إن نوع الهجين في ذرتي الكربون في الالكينات هي من نوع (SP^2) :

$$CH_2 = CH_2$$

إن هذه الرابطة المزدوجة تمثل المجموعة العاملة أو الفعالة فيها والتي تعـ..زى إليها معظم تفاعلات الألكينات .



تسميـة الألكينـات :

تحتفظ بعض الألكينات المألوفة بأسمائها القديمة ، كما أن لها والألكينات العليـ..ـا أسماء نظامية مشتقة وباتباع القواعد التي مرت بنا بتسمية الألكانات إضـ..ـافة إلـ..ـى القواعد الآتية :

1- اختيار أطول سلسلة مستمرة من ذرات الكربون في الجزيئـ..ـة تـ..ـضم الرابطـ..ـة المزدوجة، وتعطى اسم البرافين .

2- يستبدل المقطع (أن) من اسم البرافين بالمقطع (ين) الدال على وجـ..ـود رابطـ..ـة مزدوجة .

3- ترقيم ذرات الكربون بحيث تؤخذ ذرتا الكربون الحاوية على الرابطة المزدوجة أصغر الأرقام، وكذلك يتم تسمية الفروع الجانبية ويشار إلى مواقعها بالأرقام .

$$CH_3CH_2CH_2\underset{\displaystyle CH=CH_2}{\underset{|}{CH}}CH_2CH_2CH_3 \qquad CH_3CH = CHCH_2CH_3$$

2- بنتي. .ن 3- ء- بروبيل 1- هكسين

والجدول التالي يبين بعض المركبات غير المشبعة :

الصي.غ العامة	الاسم النظامي	الاسم العام
$CH_2 = CH_2$	أيثين	إثلين
$CH_3CH = CH_2$	بروبين	بروبلين
$CH_2= CH – CH – CH_2$	1- بيوتين	بيوتيلين
$CH_3CH = CH\text{-}CH_3$	2- بيوتين	بيوتلين
$(CH_3)_2 – C = CHCH_3$	2 مثيل -2- بيوتين	

الخواص الفيزيائية للألكينات :

نلاحظ أن درجة غليان الألكينات العشرة تزداد مع ازدياد وزنه.ا الجزيئ.ي، فالثلاثة الأولى غازات والبقية سوائل ، وعادة تغلي الألكينات بصورة عام.ة ف.ي درجة حرارة أقل من الألكانات التي لها نفس العدد من ذرات الكرب.ون، كم.ا أن درجة غليان المتجانسات المتفرعة للألكينات أقل مما في الألكانات المستمرة .

الخواص الكيميائية للألكينات :

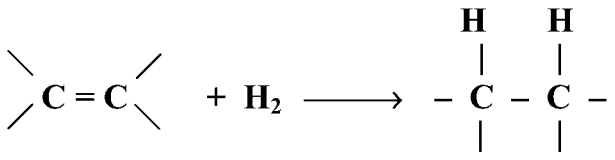
هي خواص الرابطة المزدوجة (المجموعة الفعالة) فتميل الألكينات الفعالة إلى إشباع الرابطة المزدوجة للوصول إلى حالة أكثر استقرارا ، وتحدث حالة الإش.باع بإضافة ذرتين أو مجموعتين إلى ذرتي الكربون المرتبطتين بالرابطة المزدوجة .

ونجد في تفاعلات الإضافة للرابطة المزدوجة فإن الكاشف **A – B** يتصل أحد طرفيه على إحدى الذرتين للرابطة المزدوجة، بينما المجموعة **B** تتصل من الجهة الأخرى .

$$BrCH_2 – CH_2 - Br \rightarrow CH_2 = CH_2 + Br_2$$

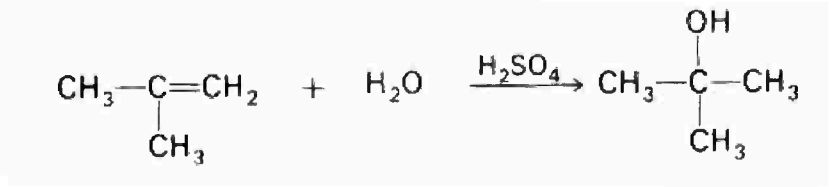
2،1- ثنائي برومو إيثان

أما إضافة الهيدروجين فتتم بوجود عامل مساعد، وتسمى العملية بالهدرجة كما هو مبين في المعادلة :



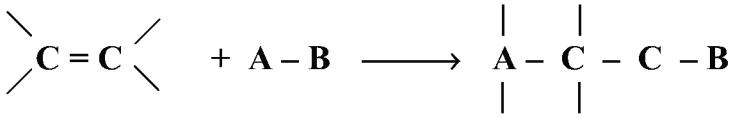
وعادة ما يكون العامل المساعد عبارة عن أجزاء صغيرة من الفلـزات مثـل النيكل أو البلاتين ، وتعد هدرجة الرابطة المزدوجة من الطرق الصناعية حيث بواسطتها يحول الزيت النباتي في مصانع الزيوت إلى الدهن النباتي الصلب إضافة إلى أنواع أخرى من دهونات الطبخ .

ويمكن إضافة الماء إلى الرابطة المزدوجة، ولا يتم هذا النوع من التفاعل الإضافي إلا في حالة وجود حامض لينتج الكحول .

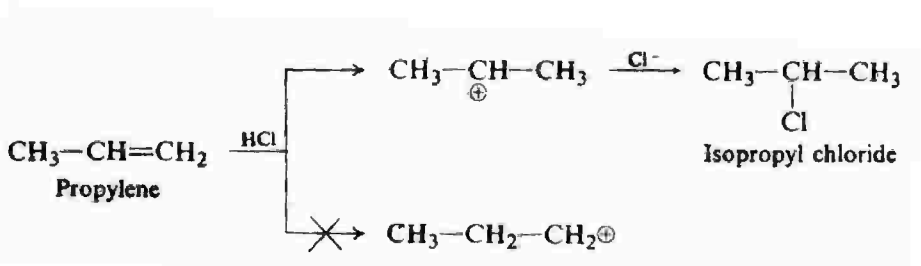


أيزوبيوتين　　كحول بيوتيل ثلاثي

أما إضافة الأحماض إلى الرابطة المزدوجة المتماثلة فهي متعددة حيث يضاف الهيدروجين إلى ذرة الكربون والجزء السالب من الحامض إلى الذرة الأخرى التي تحمل الرابطة المزدوجة .

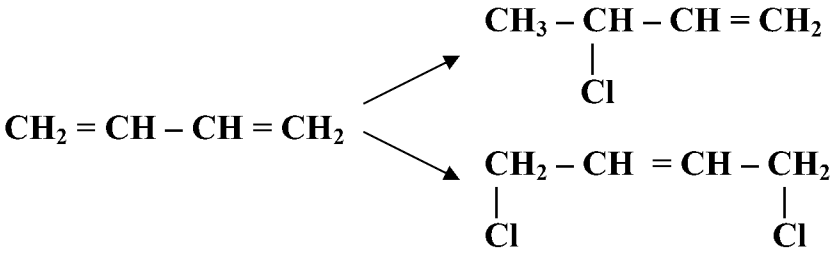


أما إضافة الأحماض إلى الرابطة المزدوجة غير المتماثلة، فإنها تتبع طريقة ماركونيكوف والتي تنص على أنه " عند إضافة حامض إلى الكين غير متجانس، فإن الجزء الموجب للكاشف سيحل على ذرة الكربون التي فيها أكبر عدد من ذرات الهيدروجين وعكسه صحيح بالنسبة إلى الجزء السالب من الكاشف " .



أما في حالة وجود أكثر من رابطة مزدوجة واحدة في الألكين فإنها تتبع طرق

خاصة، ويكون الناتج المركب الذي يحتوي على الرابطة المزدوجة التي تكون أكثر استقرارا .



الألكاينات (الأستيلينات) (Alkynes) :

هي ثالث متسلسلة متشاكلة من الهيدروكربونات وصيغتها العامة (C_nH_{2n-2})، وتتميز هذه العائلة من المركبات العضوية بإحتوائها على الرابطة الثلاثية غير المشبعة $(C\equiv C)$ ، حيث إن تهجين ذرتي كربون منها هو من نوع (SP) .

وهذه الرابطة الثلاثية هي المجموعة العاملة فيها ، وتعزى إليها الفاعلية الكيميائية لهذه المركبات ، إن الأسيلين أول مركب من هذه المتسلسلة ، وله أهمية نظرية وصناعية وتتشكل جزيئته من ارتباط ذرتي كربون مع ذرتي هيدروجين (C_nH_2) ، كما هو موضح في الشكل :

$$H – C \equiv C – H$$

قواعد تسمية الألكاينات :

يتبع نفس القواعد التي مرت بنا في الألكانات والألكينات إضافة إلى القواعد التالية :

1- تنتخب أطول سلسلة مستمرة من ذرات الكربون التي تضم ذرتي كربون الرابطة الثلاثية، وتعطي اسم البارفين المقابل ويستبدل المقطع (آن) من اسم البارفين بالمقطع (آين) الدال على وجود آصرة ثلاثية .

2- ترقم ذرات الكربون من الطرف الذي يضم ذرتي كربون الرابطة الثلاثية ويعين موقعها بأصغر الأرقام .

3- تعطي الفروع الجانبية أسماءها وتعين موقعها بأرقام ذرات الكربون التي تحملها تلك السلسلة .

ويمكن تسمية الأسيلينات كمشتقات للأستيلين نفسه، وذلك بذكر مجموعة أو مجموعتي الألكيل بلفظة أستيلين .

الصيغ التركيبية	الاسم العام	الاسم الشائع
$HC \equiv CH$	إيثاين	أستيلين
$CH3 - C \equiv CH$	بروباين	مثيل أستيلين
$HC \equiv C - CH_2CH_3$	1- بيوتاين	أثيل أستيلين
$CH_3C \equiv C - CH_3$	2- بيوتاين	ثنائي مثيل أستيلين
$CH_3 - C \equiv C - CH - (CH_3)_2$	4 -مثيل -2- بنتاين	أيزوبروبيل مثيل أستيلين

الخواص الفيزيائية للألكاينات :

إن المركبات الأربعة الأولى (الأستيلين ، البروباين ، البيوتاين ، البنتاين) غازات في درجة حرارة الغرفة والبقية سوائل، ودرجة غليان هذه المتسلسلة المتشاكلة تزداد ازديادا منتظما تقريبا مع ازدياد الوزن الجزيئي (أو مع زيادة عدد ذرات الكربون) .

أما ذوبان الألكاينات فكما أسلفنا أنها سهلة الذوبان في المذيبات غير القطبية (مثل رباعي كلوريد الكربون والبنزين) ، ولكنها قليلة الذوبان في الماء .

الخواص الكيميائية للألكاينات :

تحتوي الألكاينات ذات الصيغ التراكيبية $(RC \equiv C - H)$ على مجموعتين عاملتين فعالتين هما :

1- الهيدروجين حيث يكون حامضا ضعيفاً ويستبدل بفلز .

2- المجموعة العاملة الثانية هي الرابطة الثلاثية .

ونذكر تفاعلات كل منها بشيء من التفصيل :

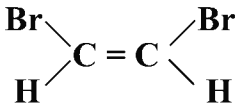
$$HC \equiv C - R$$

المجموعة الفعالة الأولى — المجموعة العاملة الثانية

ذرة الهيدروجين تعاني تفاعلاً استبداليا؛ أما المجموعة العاملة الثاني.ة فتع.اني تفاعلات الإضافة والأكسدة ، حيث إن تفاعلات الإضافة الموجودة ف.ي الألكين.ات تكون موجودة أيضا في الألكاينات .

$$CH \equiv CH + Br_2 \rightarrow \underset{\displaystyle Br\ \ Br}{CH = CH} \xrightarrow{Br_2} Br_2CH - CHBr_2$$

ومن الملاحظ أن المركب الناتج (**2،1** – ثنائي بروموايثين) هو



ويمك.ن إيق.اف التفاع.ل عن.د المرك.ب (**2،1** – ثن.ائي بروم.واثين) بإضافة عامل م.ساعد ويطل.ق عليه اس.م (عام.ل لين.دلار) المتك.ون م.ن البلاديوم، حيث يمكن إضافة مول واحد من الهيدروجين ليكون الناتج النهائي س.س **2،1** – ثنائي مثيل أيثين.

$$CH_3C \equiv C - CH_3 + \xrightarrow{H_2\ ,\ Pd} \begin{matrix} H & & H \\ & C = C & \\ H & & H \end{matrix}$$

أما مع المركبات غير المتجانسة فالإضافة تتبع طريقة ماركونيوكوف، كما في المثال الآتي :

$$CH_3C \equiv CH \xrightarrow{HBr} CH_3 - \underset{\displaystyle Br}{C} = CH_2 \xrightarrow{HBr} CH_3 - \underset{\displaystyle Br}{\overset{\displaystyle Br}{C}} - CH$$

2- بروموبروبان بروباين — **2،2** – ثنائي بروموبروبان

وكذلك إضافة الماء إلى الأستلنيات يحتاج إلى عامل مساعد وهو الحامض مع وجود أيون الزئبق .

$$RC \equiv CH + H_2O \xrightarrow[HgSO_4]{H^+} R - \underset{|}{\overset{OH}{C}} = CH_2 \rightarrow R - \overset{O}{\underset{\|}{C}} - CH_3$$

حامضية الألكاينـات :

إن ذرة الهيدروجين المتصلة برابطة ثلاثية لها ميزات حامضية ضعيفة، حيث يمكن استبدالها بفلز مكوناً ما يسمى بالأستليد

$$RC \equiv C - H + Na^+ NH_2 \rightarrow RC \equiv C - Na^+$$

أستليد الصوديوم

هـ..ذه التف..اعلات توج..د فق..ط عل..ى ذرة الهي..دروجين المت..صلة برابطة ثلاثية، ولا يمك.ن أن ي.سير م.ع ذرة الهي.دروجين المت.صل بآص.رة ثنائية أو أحادية .

قواعد تسمية هاليدات الألكيل :

يذكر لفظة هاليد مشفوعة بذكر مجموعة الألكيل، أو حسب نظام التسمية العـ.ام كمشتق للألكان المقابل، وهنا يذكر اسم ذرة الهالوجين ، فلورو ، بروم.و ، ي.ودو مشفوعة باسم الألكان ، ويعين موقع ذرة الهالوجين برقم ذرة الكربون التي تحملها على سلسلة الألكان . والأمثلة الآتية توضح ذلك:

CH_3Cl	$CH_3CH_2 - Cl$	$CH_3CH_2CH_2 - Cl$
كلوريد المثيل	كلوريد الأثيل	1- كلوروبروبان

$$CH_3 - \underset{H}{\overset{Cl}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}} - CH_3$$

2- كلورو بروبان

قواعد تسمية الكحولات والفينولات :

تحتوي الكحولات والفينولات على مجموعة الهيدروكسيل الفعالة وتعرف المركبات الأولى من الكحولات بأسماء شائعة، وكذا بأسماء مجموعة الألكيل مع إضافة كلمة كحول قبلها، كما في الجدول التالي :

الاسم	الصيغة
كحول مثيلي	$CH_3 - OH$
كحول أثيلي	$CH_3CH_2 - OH$
كحول بروبيلي	$CH_3CH_2CH_2 - OH$
كحول بيوتيلي	$CH_3(CH_2)_2CH_2OH$
كحول بيوتيلي ثانوي	$CH_3 - \underset{\displaystyle CH_2CH_3}{\underset{\vert}{CHOH}}$
كحول بيوتيلي ثلاثي	$(CH_3)_3 - C - OH$
كحول أيزوبيوتيلي	$(CH_3)_2\,CH - OH$

أما الكحولات الأكثر تعقيدا فإنها تسمى طبقًا لنظام الاتحاد الدولي للكيمياء (يوباك) باعتبار:

1- أطول سلسلة من ذرات الكربون المحتوية على مجموعة الهيدروكسيل.

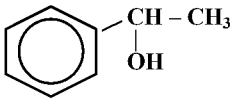
2- إضافة نهاية أول **(- ol)** للدلالة على الخاصية الكحولية .

3- يحدد موضع مجموعة الهيدروكسيل برقم ذرة الكربون المتصلة بها .

$CH_3CH_2 - OH$ — إيثانول

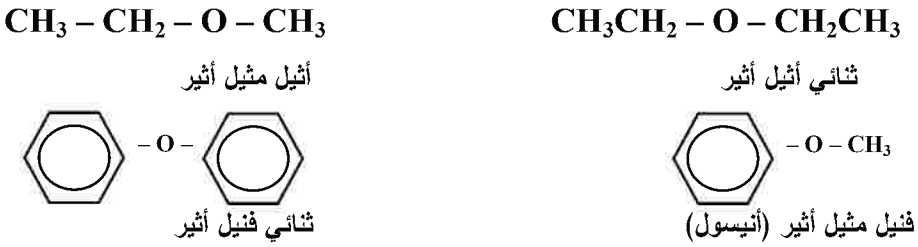
$CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{\vert}{C}}}} - OH$ — 2-مثيل - 2 - بروبانول

$CH_3CH = CH - \underset{\displaystyle OH}{\underset{\vert}{CH}} - CH_3$

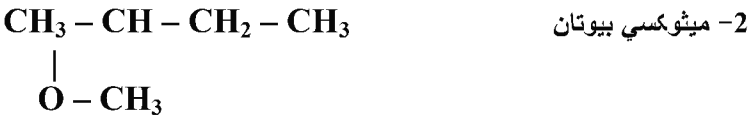


قواعد تسمية الأثيرات :

الأثيرات يمكن أن تكون أليفاتية أو أروماتية أو مختلطة، كما أن المجموعات العضوية، يمكن أن تكون متشابهة أو مختلطة وكثيرا ما تستعمل الأسماء الشائعة، وعادة تذكر كلمة أثير يتبعها اسم كل مجموعة عضوية .



والمجموعة **RO –** تسمى مجموعة الكوكسيل في نظام يوباك، وعليه فإن الأثيرات تسمى على أنها مشتقات الكوكسيلة للهيدروكربونات، مثل :

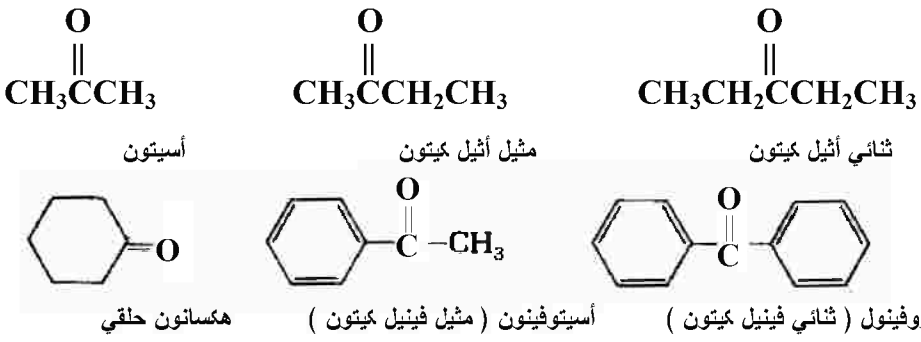


قواعد تسمية الألدهايدات والكيتونات :

الألدهايدات :

وتعرف بأسماء شائعة تتعلق بأسماء الأحماض المتكونة منها بالأكسدة؛ فمثلاً الفورمالدهيد عند أكسدته يعطي حامض الفورميك **(HCOOH)**، والأسيتالدهيد عند أكسدته يعطي حامض الأستيك **(CH_3COOH)** .

وتستخدم الأسماء الشائعة في حالات خاصة من الكيتونات وهذه الأسماء مشتقة من مجموعة الألكيل أو الأريل المتصلة بالكربونيل . وفي حالات خاصة تستعمل أسماء تنتهي بحروف – ون **(– One)** .



والجدول التالي يبين صيغ بعض الألدهايدات :

الاسم الشائع	الصيغة	الاسم العام
فورمالدهيد	HCHO	ميثانال
أسيتالدهيد	CH_3CHO	ايثانال
بروبيونالدهيد	CH_3CH_2CHO	بروبانال
د- بيوتير ألدهيد	$CH_3CH_2CH_2CHO$	بيوتانال

وفي التسمية حسب قواعد التسمية حسب نظام يوباك، فإن النهاية المميزة للألدهيدات هي (ال) وهي مشتقة من المقطع الأول كلمة ألدهيد وللكيتونات هي (ون) وهي مشتقة من المقطع الأخير للكلمة كيتون، وهناك بعض الأمثلة :

2-بنتانول – 4- أول

3- بيوتينال

قواعد تسمية الأحماض الكربوكسيلية :

نجد كثيرا من الأحماض الكربوكسيلية تعرف بأسماء شائعة مشتقة من الأسماء اللاتينية الدالة على مصدر الحامض ، حامض فورميك (نمل فورميكا) حامض أستيك (الخل) .

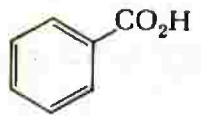
وحامض بيوتريك (الزبدة) وحامض سكتياريك وتعرف الأحماض الأليفاتية بأنها: أحماض دهنية، والجدول يذكر فيها بعض الأحماض مع أسمائها الشائعة .

الاسم بطريقة يوباك	الاسم الشائع	الصيغة التركيبية
حامض ميثانويك	حامض فورميك	HCOOH
حامض أيثانويك	حامض أستيك	CH_3COOH
حامض بروبانويك	حامض بروبيونيك	CH_3CH_2COOH
حامض بيوتانويك	حامض د- بيوتيريك	$CH_3CH_2CH_2COOH$
حامض بنتانويك	حامض فاليريك	$CH_3(CH_2)_3 - COOH$
حامض هكسانويك	حامض كابرويك	$CH_3(CH_2)_4COOH$

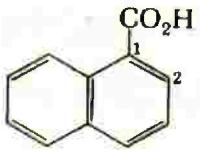
وهذ..اك أحم..اض ثنائي..ة الكربوك..سيل، ويمك..ن ت..سميتها باس..تخدام نظام يوباك ، وفي هذه الحالة تستعمل النهاي..ة دايوي..ك، كم..ا ه..و مب..ين ف..ي الجدول الآتي :

الاس.....م	الصيغة التركيبية
حامض أوكزاليك	$COOH - COOH$
حامض مالونيك	$COOH - CH_2COOH$
حامض سكسنيك	$COOH - CH_2 - CH_2COOH$
حامض جلوتاريك	$COOH(CH_2)_3 - COOH$

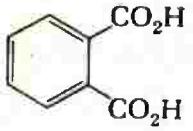
كما يمكن تعريف الأحماض الأروماتية بأسماء شائعة أو بأسماء م..شتقة م..ن المركب الأم وهو حامض بنزويك .



حمض بنزويك



حمض 1- نافثاويك



حمض فثاليك

قواعد تسمية الأمينات :

تقسم الأمينات إلى أولية وثانوية وثلاثية على أساس ما إذا كانت ذرة واحدة أو ذرتين أو ثلاث ذرات من هيدروجين مستبدلة بمجموعة **R** كما في:

$R - NH_2$	R_2NH	NR_3
أمين أولي	أمين ثانوي	أمين ثلاثي

ومجموعة **R** ؛ أما أن تكون أليفاتية، أو أروماتية .

الأمينات البسيطة تسمى بأسماء المجموعة الألكيلية ملحوقة بكلمة أمين كما في:

$$CH_3 - NH_2 \qquad (CH_3)_2NH \qquad (CH_3)_3 - N$$

ثلاثي مثيل أمين (ثلاثي) ثنائي مثيل أمين (ثانوي) مثيل أم..ين (أول..ي) ف..ي الحالات الأكثر تعبيرا ، تسمى مجموعة الأمين كمجموعة مستبدلة على السلسلة كما في :

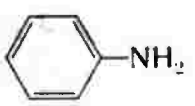
$$CH_3 - \underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}} - CH_2CH_3 \qquad NH_2 - CH_2CH_2CH_2 - OH$$

2- أمينو بيوتان　　3- أمينو-1- بروبانول

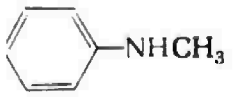
$$NH_2 - CH_2CH_2CH_2 - NH_2$$

1،3 - ثنائي أمينو بيوتان

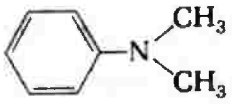
أما الأمينات الأروماتية غالبا ما تسمى كمشتقات للأنلين ، أهم الأمينات .



أنيلين
(أولي)



ن- مثيل - أنيلين
(ثانوي)

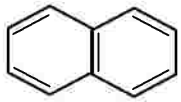


ن. ن- ثنائي - مثيل - أنيلين
(ثلثي)

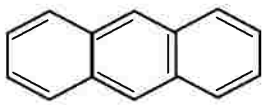
الهيدروكربونات الأروماتية Aromatic Hydrocarbones :

يشمل هذا النوع من المركبات العضوية البنزين ومشتقاته والمركبات الشبيهة به من ناحية التركيب والفعالية الكيميائية ، مثل النفثالين والانثراسين .

البنزين



النفثالين



الأنثراسين

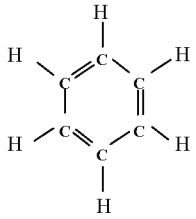
وسميت هذه المركبات بالأروماتية (وتعني العطرية) لأسباب تاريخية؛ لأن أولى مركباتها التي عرفت كانت لها رائحة عطر طيبة .

وقد فقدت هذه التسمية معناها الفعلي واكتسبت معنى ذا أهمية نظرية ، لكي تصف لنا خواص ذلك النوع من المركبات التي تمتلك استقرارا حراريا وفعالية كيميائية منخفضة نسبيا مقارنة بغيرها من المركبات غير المشبعة .

البنزين :

هو أول المركبات الأروماتية وأهمها من الناحية النظرية ، وتتألف جزيئته من

سـ..ـت ذرات كربـ..ـون مـ..ـرتبط بعـ..ـضها بـ..ـبعض علـ..ـى شـ..ـكل حلقـ..ـة سداسية ، منتظمة ، وتتصل كل منها بذرة هيدروجين (C_6H_6) ، كما هو موضـ..ـح بالصيغة التالية :

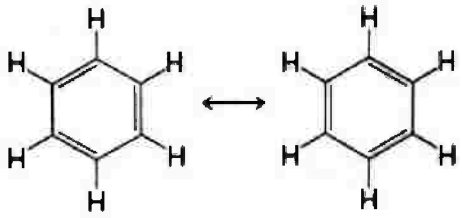


إن نوع الارتباط بين ذرات الكربون الست يختلف نسبيا عما هو مألوف مـ..ـن أنواع الروابط التساهمية المفردة أو المزدوجة والظاهر كما يتضح مـ..ـن الـ..ـصيغة المذكورة آنفا أنه يمكن تمثيل البنزين بالصيغة (أ) أو الصيغة (ب) اعتمـ..ـادا علـ..ـى تكافؤ الكربون الرباعي .

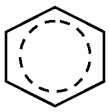
ولذلك سميت هاتان الصيغتان بصيغتي التكافؤ (صـ..ـيغتي كيكـ..ـولي) وهاتـ..ـان الصيغتان هما من وضع الإنسان ، ولا يمكن لأي منهما بمفردها تمثيـ..ـل تركيـ..ـب البنزين تمثيلاً حقيقيا؛ وذلك لأن جميع أطوال روابط **C-C** في البنزين متكافئة فـ..ـي الطول (**A°1.4**) .

بينما يظهر من الصيغة (أ) أو الصيغة (ب) وجود روابط مزدوجة ومنفـ..ـردة؛ ولذلك يتوقع أن يكون طول الرابطـ..ـة **C-C** المفـ..ـردة **1.54°** ، وطـ..ـول الرابطـ..ـة المزدوجة **C-C1.34 °** ، وهذا لم يحصل في حالة البنزين .

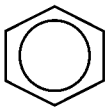
وبما أنه لا يمكن تمثيل تراكيب البنزين بالصيغة (أ)، أو بالصيغة (ب) اعتبـ..ـر تركيبه هجيناً من هاتين الصيغتين، كما اعتبرت الصيغتان (أ) و(ب) تركيبين لهـ..ـذا الهجين، وبما أنه لا يمكن تمثيل التركيب الفعلي للبنزين على الورقة، فإننا نعبر عنه بإحدى صيغتي التكافؤ (أ) أو (ب) .



ولـ.و دققنـ.ا جليـ.ا فـ.ي الـ.صيغتين (أ) و(ب) لوجـ.دنا أن إحـ.داهما يمكـ.ن أن تنشأ من الأخرى بتبادل مواقع الروابط المزدوجة والمنفردة وتعـ.رف الظـ.اهرة التـ.ي يتبـ.ادل فيهـ.ا الـ.روابط المزدوجـ.ة والمنفـ.ردة مواقعهـ.ا فـ.ي الجزيئـ.ة أو الأيون بالروزونانس (الرنين)، والمركب الذي يتميز بظاهرة الروزونانس يثبت دائما في كل التراكيب ، وعليه يمكن تمثيل تركيب البنزين بالصيغة (جـ) أو الصيغة (د) .



(جـ)



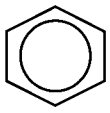
(د)

فالتركيب الفعلي للبنزين أثبت من التركيب (أ) أو (ب) ، وبالنظر إلـ.ى ثبـ.ات البنزين العالي فهو يعاني تفاعلات استبدال أيونية بدلاً من تفاعلات الإضافة تحـ.ت الشروط التي تعاني منها الألكانيات وهي تفاعلات الإضافة .

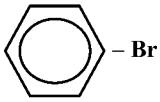
ولكي يسلك البنزين سلوك الأولفين يجب تجهيزه بنحو **36** كيلو سـ.عر/مـ.ول، وهذه كمية كبيرة من الطاقة لا يمكن لكثير من التفاعلات تجهيزه بها؛ ولذلك يعاني البنزين تفاعلات استبدال حيث يحافظ فيها على نظامه الأروماتي الثابت .

تسميـة مشتقـات البنزيـن :

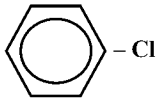
هناك كثير من الأسماء الشائعة ما زالت تستعمل ويرجع ذلك إلى أن الكيميـ.اء الأروماتية، قد بدأت بطريقة عشوائية قبل تطور طرق التـ.سمية بـ.سنوات عـ.دة، والاسم العام لمجموعة الهيدروكربونات الأروماتية هو أرين، وحلقة البنـ.زين بعـ.د انتزاع ذرة الهيدروجين تسمى مجموعة فنيل.

C_6H_5 - = 

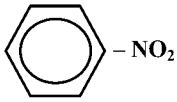
وهي مثال لمجموعة فنيل المشتقة من مركب أروماتي على عكس مجموعـ.ات ألكيل المشتقة من المركبات الأليفاتية ويستعمل الرمز **Ar** للدلالة علـ.ى مجموعـ.ة فنيل، وتسمى نواتج الاستبدال الأحادي على أنها مشتقات للبنزين .



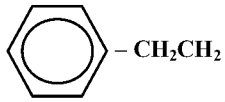
بروموبنزين



كلوروبنزين

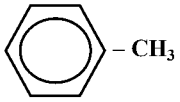


نتروبنزين

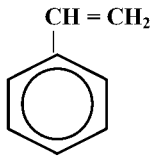


أثيل بنزين

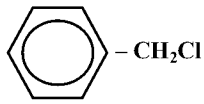
وهناك أسماء شائعة أخرى:



طولوين

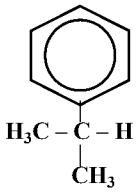


ستايرين



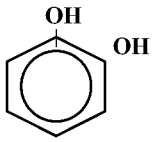
كلوريد البنزيل

في بعض أنواع المشتقات يعتبر البنزين مجموعة مستبدلة، كما في :

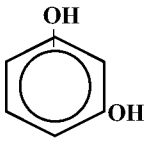


2- فنيل بروبان

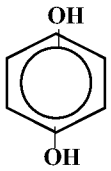
في حالة استبدال ذرتي هيدروجين في نواة البنزين توجد ثلاثة أيزومرات، وغالبا ما يشار إلى هذه المركبات بكتابة كلمة (أورثو و ميتا أو بارا) قبل اسم المركب .



أورثو – ثنائي هيدروكسي بنزين

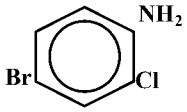


ميتا – ثنائي هيدروكسي بنزين

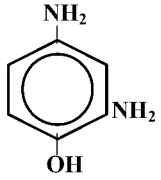


بارا ثنائي هيدروكسي بنزين

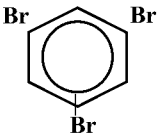
ونعيد ترقيم المواضع في حلقة البنزين في التسمية لاسيما في حالة وجود ثلاث مجموعات مستبدلة أو أكثر .



4-برومو-2-كلوروانيلين

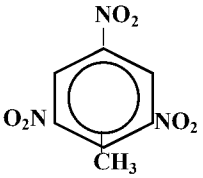


4-هيدروكسي 3-نيتروانيلين

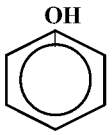


1، 3، 5- ثلاثي بروموبنزين

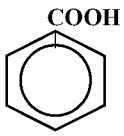
هناك مشتقات بسيطة للبنزين، كما في الأمثلة الآتية :



2، 4، 6- ثلاثي نتروطولوين

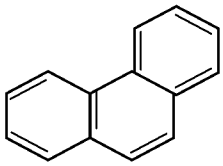


فينول

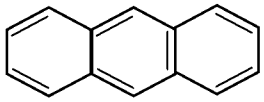


حامض بنزويك

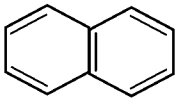
هناك مركبات أروماتية إضافية مثل نفتالين وانثراسين وفينانثرين، حيث إنها هيدروكربونات أروماتية بها حلقات بنزين ملتحمة، أي حلقات تشترك في ذرتي كربون ولها أسماءها الشائعة .



فينانثرين



إنثراسين



نفثالين

خواص البنزين الفيزيائية :

البنزين سائل عديم اللون سريع الاشتعال ، رائحته متميزة وهو سائل يغلي في درجة 80 م ، ويتجمد في درجة 5 م أقل كثافة من الماء ، ولا يمتزج مع الماء . مذيب جيد للمواد العضوية غير القطبية (كالشحوم والزيوت وغيرها) .

خواص البنزين الكيميائية :

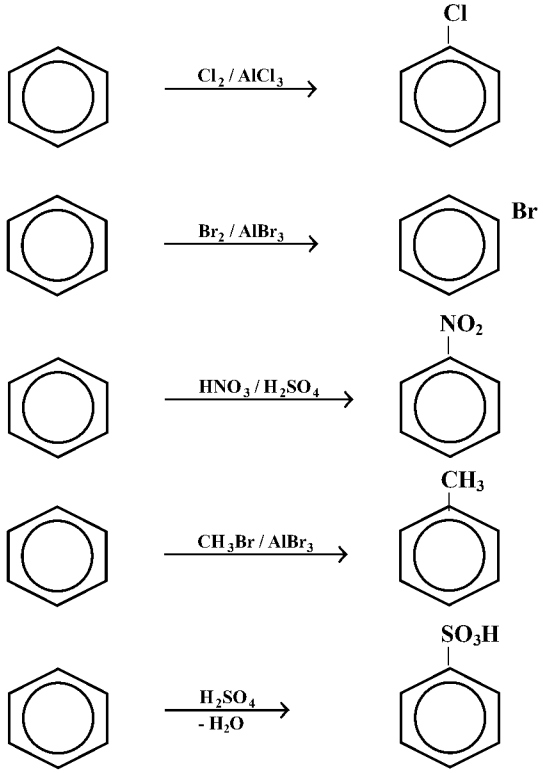
البنزين مركب كيميائي مستقر نسبيا مقارنة بالمركبات غير المشبعة ، ولا يتأثر بالقواعد المركزة أو حامض الهيدروكلوريك المركز ، ولا بالعوامل المؤكسدة القوية مثل برمنجنات البوتاسيوم، ولكنه يعاني عددا من التفاعلات نذكر منها الاحتراق ، الاستبدال ، والإضافة .

التفاعل الإلكتروفيلي الأروماتي للبنزين :

إن أهم تفاعل تعاني منه حلقة البنزين الأروماتية هو استبدال ذرة أو مجموعة بذرة الحلقة الهيدروجينية وإليك أهم هذه التفاعلات، كما هو موضح في التفاعلات

الكيميائية جميع هذه التفاعلات تحدث عند درجة حرارة تتراوح بين صفر – 50 °.

ونحتاج إلى تغيير في بعض شروط التفاعل في حالة وجود مجموعة مـ.ستبدلة على حلقة البنزين ، ويمكن أيضا تغيير بعض شروط التفاعل من أجل أن تـ.ستبدل أكثر من مجموعة واحدة على حلقة البنزين .



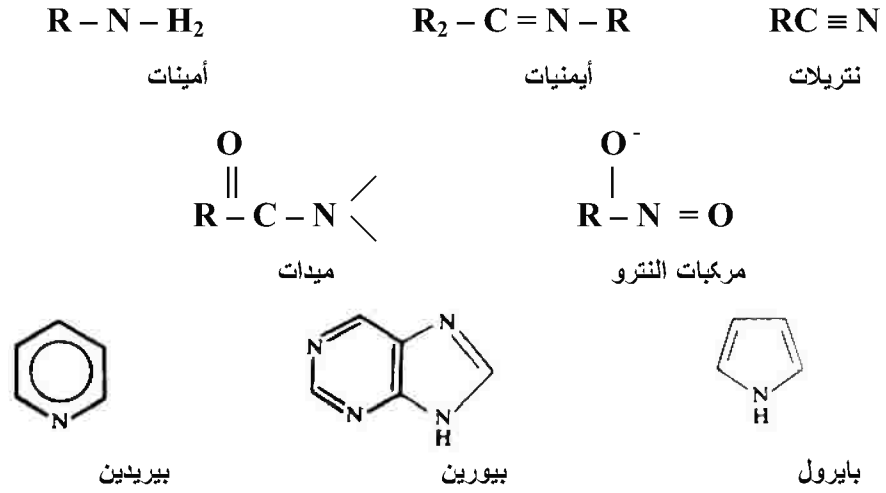
مركبات النيتروجين العضوية :

يوجد عنصر النيتروجين في العديد من المركبات العضوية من ضـ.منها عـ.دة جزيئات حيوية مهمة، مثل: الأحماض الأمينية، والبروتينات، والأحماض النووية . وتقوم مركبات النيتروجين بدور مهم في تصنيع المخدر الموضعي والعقاقير وعدد من الأغراض الطبية الأخرى .

إن بعض أنواع مركبات النيتروجين العضوية المهمة جدا موجودة على شـ.كل حلقات خماسية أو سداسية، وتوجد حلقة البريدين فـ.ي نيكلوتيـ.د أو داي نيكلوتيـ.د

(NAD^+) وهو مرافق إنزيمي يشارك في تفاعلات الأكسدة والاختزال في النباتات والحيوانات .

ونجد أن حلقة البيرول موجودة في أشهر المواد الطبية الملونة المهمة مثل الكلوروفيل والهيم (**Heam**)، كما أن بعض النباتات تنتج مركبات نتروجينية غير متجانسة الحلقة وفعالة فسيولوجيا تعرف بأشباه القلويات التي يكون العديد منها أدوية .



بعض الأنواع المهمة لمركبات النتروجين العضوية

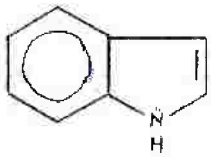
إن الكثير من هذه المركبات غير المتجانسة الحلقة، مثل: البايرول (**Pyrrol**)، والبيريدين (**Pyridine**)، تبين خصائص المركبات الأروماتية المميزة، حيث يرتبط زوج من الإلكترونات غير المشارك على ذرة النتروجين في البايرول سوية مع أربعة إلكترونات π ليكون نظاما أروماتيا حلقيا مستويا ذا ستة إلكترونات π مشابهة في حلقة البنزين .

وبما أن زوج الإلكترونات غير المشارك على النيتروجين هو جزء من النظام الأروماتي؛ فالحصول عليه ليس سهلاً في التفاعلات الكيميائية ، وللبريدين أهمية الصناعية ، حيث إن حلقته السداسية مماثلة لحلقة البنزين في أن إحدى مجموعات (**CH**) قد استبدلت بذرة الهيدروجين فتكون إلكترونات π الستة للنظام الأروماتي .

خلافاً لحلقة البايرول فإن زوج الإلكترونات غير المشارك للنيتروجين لـ.يس جزءا من النظام الأروماتي السداسي؛ ولذلك فإن زوج الإلكترونات متوفر لاكتساب بروتون، فالبريدين إذن أكثر قاعدية من البايرول وهو على كل حال أقل قاعدية من الأمينات الأليفاتية .

الأنواع المهمة الأخرى من الحلقات الأروماتية التي تحتوي على حلقـ.ة فـ.ي الأحماض الأمينية **(Uracil ،Thymine،Cystosine)** كما توجد حلقة البـ.ايرول في أكثر المواد الطبيعية . وهذه بعض الأمثلة :

إيميدازول



بنزوبيورين

فيوران

* * *

"الأسئلـة"

1- وضح بعض الصيغ التركيبية للألكانات، مع ذكر الصيغة العامة لها .

2- تكلم بإيضاح مع الرسم عن أصناف ذرات الكربون والهيدروجين فـ.ي جزيئـ.ة الهيدروكربون .

3- اشرح مع الرسم كلا من الألكينات والألكاينات .

4- وضح كيف يمكن تسمية الألكانات ، ثم اذكر أهم الخواص الفيزيائية لها .

5- وضح بالمعادلات تفاعل الهلجنة في الألكانات .

6- اذكر القواعد المستخدمة في تسمية الألكينات .

7- بين بالمعادلات إضافة الهيدروجين إلى الألكينات موضعها مـ.ا هـ.ي قاعـ.دة ماركينكوف، وبين طريقة تطبيقها .

8- ما هي قواعد تسمية الألكاينات ؟ ثم بين الخواص الكيميائية لها .

9- اذكر قواعد تسمية كل مما يأتي :

أ- هاليدات الألكيل. ب- الأثيرات.

جـ- الألدهيدات والكيتونات . د- الأحماض الكربوكسلية.

هـ.- الأمينات . و- الهيدروكربونات الأروماتية .

* * *