

جمهورية العراق

وزارة التربية

المديرية العامة للتعليم المهني

العلوم الصناعية  
الصناعات البتروكيمياوية  
الأول

تأليف

الدكتور كاظم نوري عبد  
الدكتورة نيران خليل أبراهيم

الدكتور عماد طه بكر  
الدكتورة نجاه جمعة صالح

المهندسة سوسن عبدالقادر محمد

1446 - 2024 م

الطبعة السادسة



# بسم الله الرحمن الرحيم

## المقدمة

تُعدّ الصناعات البتروكيمياوية من اهم الصناعات واكثرها نموا وتوسعا مقارنة بالصناعات الاخرى، حيث توسع استخدام البتروكيمياويات في كافة مجالات الحياة واصبح لهذه الصناعة تأثيرا كبيرا في اقتصاد الدول المنتجة للمواد البتروكيمياوية بالإضافة الى كونها امتداد للصناعة النفطية والغازية، وانطلاقا من هذه الاهمية وانسجاما مع توجهات المديرية العامة للتعليم المهني في استحداث التخصصات المهنية وتطويرها فقد تم استحداث تخصص الصناعات البتروكيمياوية وانجزت كافة متطلبات هذا التخصص، لقد تم تأليف هذا الكتاب ليتمكن الطلبة من فهم المبادئ الاساسية التي تستند اليها الصناعات البتروكيمياوية بما يمكنهم من استيعاب العمليات الانتاجية وتفصيلها بالإضافة الى خواص المواد البتروكيمياوية واستخداماتها.

يحتوي الكتاب ستة فصول، يتضمن الفصل الاول مبادئ اساسية في الكيمياء التحليلية لغرض اعداد الطالب للتعامل مع المواضيع والمجالات الكيماوية اللاحقة، يتناول الفصل الثاني اساسيات الكيمياء العضوية والتي تمكن الطالب من فهم طبيعة المركبات العضوية وطرق تحضيرها ودراسة خواصها وانظمة تسميتها، اما الفصل الثالث فيتناول النفط الخام الذي يعتبر الاساس الذي تستند اليه الصناعات البتروكيمياوية، الفصل الرابع يستعرض بعض العمليات الفيزيائية المعتمدة في المصانع البتروكيمياوية، ويتناول الفصل الخامس مصادر الطاقة التي اصبحت من الامور البالغة الاهمية في الوقت الحاضر حيث يدرس الطالب مصادر الطاقة التقليدية ومصادر الطاقة البديلة، اما الفصل السادس والاخير فانه يمكن الطالب من التعرف على اهمية الماء واستخداماته المتعددة في الصناعة.

نتمنى على الله عز وجل التوفيق في جهدنا هذا، املين من الاخوات والاخوان مدرسات ومدرسي المادة ان يرفدونا بملاحظاتهم عن الكتاب والاطفاء التي قد ترد سهوا بعد تدريس الكتاب سنة دراسية كاملة، لغرض الاخذ بها في الطبقات اللاحقة ... مع شكرنا واعتزازنا.

**المؤلفون**

**2013**

# المحتويات

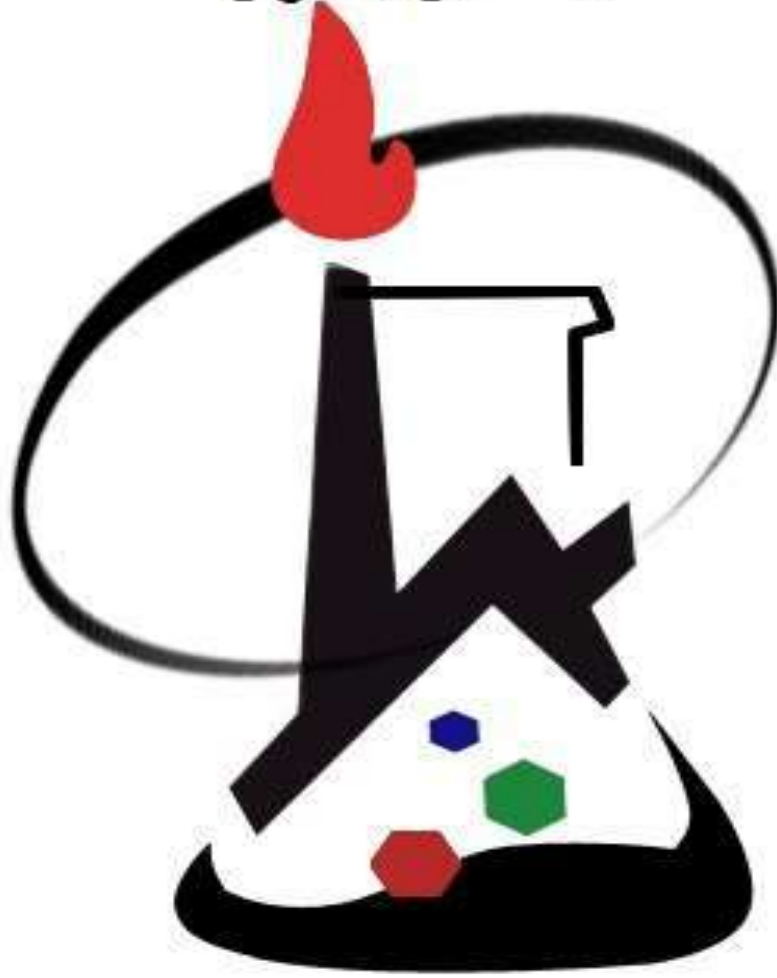
الصفحة	الموضوع
8	<b>الفصل الأول : الكيمياء التحليلية</b>
9	1-1 تمهيد.
9	2-1 مفهوم الوزن، الحجم والكثافة.
12	3-1 الاوزان الذرية والجزئية.
13	4-1 مفهوم المول والتراكيز (المولاري والمولالي).
21	5-1 العيارية (المحاليل العيارية).
23	6-1 الأدلة (الكواشف) الكيمياوية.
24	7-1 التسحيح.
25	8-1 الأواصر الكيمياوية.
27	9-1 التفاعل الكيمياوي.
28	10-1 قانون سرعة التفاعل الكيمياوي.
30	11-1 التفاعلات الباعثة والماصة للحرارة.
32	<b>الفصل الثاني : الكيمياء العضوية</b>
33	1-2 تمهيد.
33	2-2 الصيغة التركيبية او البنائية لذرة الكربون
35	3-2. الترتيب الالكتروني لذرة الكربون.

- 36 4-2 أصناف ذرة الكاربون.
- 38 5-2 الالكاتات أو البارافينات.
- 39 1-5-2 نظام التسمية للالكاتات.
- 41 2-5-2 مجاميع الالكيل.
- 41 3-5-2 الجنس.
- 42 4-5-2 الخواص الفيزيائية للالكاتات.
- 43 5-5-2 الخواص الكيماوية للالكاتات.
- 43 6-5-2 تحضير الالكاتات.
- 44 6-2 الالكينات أو الاولفينات.
- 44 1-6-2 نظام التسمية للالكينات.
- 45 2-6-2 الجنس الهندسي (جناس التجاور والتقابل او جناس سس وترانس).
- 45 3-6-2 الخواص الفيزيائية للالكينات.
- 46 4-6-2 الخواص الكيماوية للالكينات.
- 47 5-6-2 تحضير الالكينات.
- 48 7-2 الالكينات (الاستيلينات).
- 48 1-7-2 نظام التسمية للالكينات .
- 48 2-7-2 الخواص الفيزيائية للالكينات.
- 49 3-7-2 الخواص الكيماوية للالكينات.

50	4-7-2 تحضير الالكينات.
50	8-2 المركبات العطرية (الاروماتية).
51	1-8-2 البنزين.
52	2-8-2 الصفة الاروماتية.
52	3-8-2 تسمية المركبات العطرية (الاروماتية).
55	4-8-2 الخواص الفيزيائية للمركبات الاروماتية.
56	5-8-2 الخواص الكيماوية للمركبات الاروماتية.
61	<b>الفصل الثالث :النفط الخام</b>
62	1-3 تمهيد.
62	2-3 نشأته و تكوينه.
64	3-3 التركيب الكيماوي للنفط.
70	4-3 التصنيف الكيماوي للنفط.
71	5-3 خواص الفيزيائية للنفط العام.
77	6-3 تكرير النفط الخام .
77	1-6-3 العمليات الفيزيائية.
80	2-6-3 العمليات الكيماوية.
85	3-6-3 التقنية بالهيدروجين.
88	<b>الفصل الرابع :العمليات الفيزيائية في الصناعات البتروكيماوية</b>
89	1-4 تمهيد.
89	2-4 النقل، التكسير، الطحن والغرلة.
95	3-4 التركيد.

96	4-4 الفصل بواسطة قوة الطرد المركزي.
98	<b>الفصل الخامس : مصادر الطاقة</b>
99	1-5 تمهيد.
100	2-5 الوقود الأحفوري.
101	3-5 الصخور البيتومينية.
101	4-5 الوقود السائل.
101	5-5 الوقود الغازي.
102	6-5 الطاقة البديلة.
105	7-5 الطاقة الحرارية الأرضية.
106	8-5 الطاقة الحرارية.
109	9-5 الوقود الحيوي.
111	10-5 الطاقة الشمسية.
113	11-5 الطاقة النووية.
115	<b>الفصل السادس : الماء و الصناعة</b>
116	1-6 تمهيد.
116	2-6 مصادر المياه في الطبيعة.
118	3-6 الأملاح الذائبة في الماء.
120	4-6 استعمالات الماء في الصناعة.
121	5-6 معالجة المياه الصناعية.
126	6-6 وحدة معالجة المياه الملوثة في المنشآت النفطية
128	7-6 استخدامات المياه المعالجة

# الفصل الأول



## الكيمياء التحليلية

### أهداف الفصل

- بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادرا على ان:
- 1 - يتعرف على الوزن والحجم والكثافة والعلاقة بينهما.
  - 2 - يتعرف على مفهوم المول وتطبيقاته.
  - 3 - يفهم طرق التعبير عن التراكيز.
  - 4 - يفهم التفاعلات الكيمياوية وانواعها وسرعتها.
  - 5 - يتعرف على انواع الاواصر الكيمياوية والتميز بينها.



## 1-1 تمهيد

ان الكيمياء التحليلية هي احد فروع الكيمياء، وتعرف بانها الوسيلة الكيمياوية التي يتم بها الكشف عن العناصر والمواد وطرق فصلها ومعرفة مكونات تلك المواد وتقديرها كميًا، وتشتمل الكيمياء التحليلية على التحليل النوعي والتحليل الكمي ويختص الاول بمعرفة نوع العناصر الموجودة في المركب، اما الثاني فيختص بإيجاد كمية كل العناصر، يحتوي الفصل على جملة من المفاهيم الاساسية الكيمياوية التي يمكن الاستفادة منها في دراسة البتروكيمياويات من حيث تفاعلاتها وخواصها.

## 2-1 مفهوم الوزن و الحجم و الكثافة

### 1-2-1 الوزن

يعرف الوزن بأنه قوة جذب الأرض للجسم ويعبر عنه بوحدة النيوتن (N)، فوزن الأجسام يختلف من مكان لآخر، فهو على القمر أخف منه على الأرض وغير موجود أصلاً في الفضاء، ولكن إن كانت كتلة الجسم الذي يجذب الأجسام عليه معروفة فيمكن قياس الكتلة بواسطة الوزن، لكن بدون معرفة كتلة الجسم الجاذب فلا يمكن معرفة الكتلة أبداً بواسطة الوزن.

### 2-2-1 الحجم

حجم أي مادة هو الفراغ الذي تشغله هذه المادة وبالنسبة للغازات فحجم عينة من الغاز تكون مساوية لحجم الوعاء الذي يحتويه، والحجم لا يرتبط بالكتلة أو الوزن بل هو خاصية مستقلة من خواص المادة ويقاس الحجم بوحدات خاصة، فيقال متر مكعب ( $m^3$ ) أو سنتيمتر مكعب ( $cm^3$ ) ، أو ملليمتر مكعب ( $mm^3$ ) دلالة على أن جسماً ما حجمه يساوي حجم مكعب طول ضلعه متر أو سنتيمتر او ملليمتر واحد.

### 3-2-1 حساب حجم المواد الصلبة المنتظمة

- حجم المكعب: يُمكن قياس حجم جسم صلب مكعب بضرب طول ضلعه  $\times$  نفسه 3 مرات

#### مثال 1

مكعب طول ضلعه 9 cm احسب حجمه.

الحل

$$\text{حجم المكعب} = 9 \times 9 \times 9 = 729 \text{ cm}^3$$

#### مثال 2

1- مكعب مجموع أطوال أضلاعه 96 cm احسب حجمه

الحل

لحساب حجم مكعب لا بد أن نعرف طول الضلع الواحد ولما كان عدد الاضلاع 12 ضلعا ومجموع أطوالها 96 cm وهي جميعاً متساوية فإن:

$$\text{طول الضلع} = 96 \div 12 = 8 \text{ cm}$$

حجم المكعب = طول الضلع × نفسه × نفسه  
حجم المكعب  $8 \times 8 \times 8 = 512 \text{ cm}^3$

2- حجم متوازي المستطيلات : ويمكن حساب حجمه بضرب طوله بعرضه بارتفاعه  
حجم متوازي المستطيلات = الطول × العرض × الارتفاع

### مثال 3

صندوق من الخشب على شكل متوازي مستطيلات أبعاده 2 m ، 3 m ، 5 m ، احسب حجمه  
الحل

حجم الصندوق = حاصل ضرب أبعاده الثلاثة .  
حجم الصندوق  $5 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 30 \text{ m}^3$

3- حجم الأسطوانة : إن حجم الأسطوانة يعتمد على مساحة قاعدة الأسطوانة وارتفاعها حيث أن حجم  
الأسطوانة هو مساحة القاعدة (الدائرة) مضروباً في ارتفاع الأسطوانة .

حجم الأسطوانة = مساحة قاعدتها × الارتفاع للأسطوانة

وبالرموز فإن حجم الاسطوانة =  $\pi r^2 h$

حيث ان  $h$  = ارتفاع الاسطوانة .

$r$  = نصف قطر القاعدة .

### مثال 4

جد حجم الأسطوانة التي نصف قطر قاعدتها 7cm ، وارتفاعها 4cm .  
الحل

حجم الأسطوانة =  $\pi r^2 h$

ويساوي  $7 \times 7 \times 3.14 \times 4 = 615.44 \text{ cm}^3$

حجم الكرة =  $\frac{4}{3} \pi r^3$

### مثال 5

جد حجم الكرة التي نصف قطرها 10cm

الحل

حجم الكرة يساوي

$$\frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \times 3.14 \times (10)^3 = 4187 \text{ cm}^3 \quad \text{لأقرب عدد صحيح}$$

اما بالنسبة للأجسام الصلبة غير منتظمة الشكل فيصعب قياس حجمها، لكن يُمكن ذلك في حال  
كان الجسم صغيراً، فلقياس حجم جسم صلب صغير غير منتظم الشكل، يُوضع في وعاء لقياس حجم  
الماء، ويجب أن يكون الوعاء معبأ مسبقاً بمقدار مُقاس الحجم من الماء ويكفي لغمر الجسم كله وبعد ذلك  
يؤخذ الحجم الذي يُبينه الوعاء لما فيه، ويُطرح منه حجم الماء المقاس سابقاً، فيكون الباقي هو حجم  
الجسم.

ويتم قياس حجم السوائل بوضعها في وعاء يُبين حجم السائل عند كل مستوى فيه، أو وضعها في وعاء ثم قياس حجمه، أما بالنسبة للغازات فهي لا تملك حجماً ثابتاً أصلاً، فيُمكن بسهولة بالغة أن تضغط الغازات في أماكن صغيرة.

### 3-2-1 الكثافة

تعرف الكثافة بأنها كتلة حجم محدد من المادة ويرمز له بالرمز  $(\rho)$ ، ووحدة الحجم المستخدمة غالباً لمقارنة الكثافات هي السنتمتر المكعب ( $\text{cm}^3$ )، وهو حجم مكعب منتظم طول ضلعه سنتمتر واحد، إن وزن السنتمتر المكعب من الماء يساوي غراماً واحداً أي إن كثافته تساوي غراماً للسنتمتر المكعب، ويزن السنتمتر المكعب من الرصاص  $11.3 \text{ g}$  غراماً أي إن كثافته تساوي  $11.3 \text{ g/cm}^3$ ، أما الهواء فيتألف من جزيئات غير مترابطة و هكذا فإن كثافته قليلة جداً (حوالي  $0.012 \text{ g/cm}^3$ ).  
كثافة الجسم الكتلية تساوي كتلته الكلية مقسومة على حجمه الكلي، وحدتها الغرام في السنتمتر المكعب  $\text{g/cm}^3$  او كيلوغرام في المتر المكعب  $\text{kg/m}^3$  اما الكثافة الوزنية فهي وزن وحدة الحجم وتساوي وزن الجسم الكلي مقسوما على حجمه الكلي وحدتها داين في السنتمتر المكعب  $\text{dyne/cm}^3$  او نيوتن في المتر المكعب  $\text{newton/m}^3$  ( $\text{N/m}^3$ ).

$$\frac{\text{كتلة الجسم الكلية}}{\text{حجم الجسم الكلي}} = \text{الكثافة الكتلية}$$

$$\frac{\text{وزن الجسم الكلي}}{\text{حجم الجسم الكلي}} = \text{الكثافة الوزنية}$$

### مثال 7

متوازي مستطيلات من الزجاج مغمور في الماء طوله  $10 \text{ cm}$  وعرضه  $8 \text{ cm}$  وارتفاعه  $5 \text{ cm}$ ، كثافته الكتلية  $2.5 \text{ g/cm}^3$  جد وزنه في الهواء.

**الحل**

حجم متوازي المستطيلات يساوي

$$L \times W \times H = 10 \times 8 \times 5 = 400 \text{ cm}^3$$

الوزن = حجم الجسم  $\times$  الكثافة الوزنية

$$400 \text{ cm}^3 \times 2.5 \text{ g/cm}^3 \times 980 \text{ cm/sec}^2 = 980.000 \text{ dyne}$$

## 3-1 الأوزان الذرية و الجزيئية

لما كانت الذرة من الصغر ولصعوبة تعيين وزنها الحقيقي (المطلق) مباشرة ولأن هذا الوزن ضئيل جدا، اصطلح قديما على اتخاذ ذرة الهيدروجين وحدة وزنية قياسية حيث تحتوي على بروتون واحد ونيوترون واحد فقط في نواتها، ثم استبدلت بذرة الأوكسجين باعتبارها وحدة وزنية قياسية وأخيرا اتخذت ذرة الكربون باعتبارها 12 وحدة وزنية قياسية لإيجاد الوزن الذري النسبي لذرات العناصر الأخرى.

**فالوزن الذري (النسبي) لعنصر هو نسبة وزن ذرة واحدة من ذلك العنصر الى 1/16 من وزن ذرة الاوكسجين او 1/12 من وزن ذرة الكربون، ولنفس الاسباب المذكورة يستعمل الوزن الجزيئي النسبي. العدد الذري: عين لكل عنصر عدد ذري يتفق مع عدد البروتونات في نواة ذرة منفردة وبما ان الذرة متعادلة فالعدد الذري يتفق مع العدد الكلي للإلكترونات.**

**الكتلة الذرية أو الوزن الذري: هو مجموع كتل البروتونات والنيوترونات الموجودة في نواة الذرة، وقد تحتوي ذرات العنصر الكيماوي نفسها على أعداد مختلفة من النيوترونات، ويكون لها بالتالي كتل ذرية مختلفة.**

**الوزن الجزيئي : هو كتلة جزيء من هذه المادة، منسوبة إلى وحدة الكتل الذرية (والتي تساوي 1/12 من كتلة ذرة من الكربون 12) وبشكل مبسط فان الكتلة الجزيئية عبارة عن مجموع أوزان الذرات في الجزيء.**

**اما الكتلة المولية لمادة والتي سيرد شرحها لاحقا فانها تساوي عدديا الكتلة الجزيئية، ولكن يعبر عنها بوحدات الكتلة لكل مول، عادة ما تكون (g/mol) .**

فمثلا الكتلة الذرية للهيدروجين تساوي 1.00784 وللاوكسجين 15.9994 وحدة كتل ذرية، وعليه فإن الكتلة الجزيئية للماء والتي لها الصيغة الجزيئية  $H_2O$  تكون

$$(1.00784 \times 2) + 15.9994 = 18.01508$$

وعلى هذا، فإن مول واحد من الماء يزن 18.01508 g وعموما، فإن الكتلة الصحيحة للهيدروجين-1 (أكثر النظائر وجودا) تساوي 1.00783، وللاوكسجين-16 (أكثر النظائر وجودا) تساوي 15.9949، وبناءً على ذلك فإن كتلة أكثر جزيئات الماء تواجدا تساوي 18.0105.

وحيث أن الجزيئات تكونت من تفاعل كيميائي، وليس عن طريق تفاعل نووي، فإن الكتلة الجزيئية لجزيء تساوي بالضبط مجموع الأوزان الذرية للذرات المكونة له.

**الوزن الجزيئي الغرامي: هو الوزن الجزيئي لمركب كيميائي معبرا عنه بالغمات، ان الوزن الجزيئي لكاربونات الكالسيوم يساوي 100، ويكون الوزن الجزيئي الغرامي يساوي 100 g ، ويستخدم الوزن الجزيئي الغرامي عادة لحساب تراكيز المحاليل.**

## مثال 8

ما الحجم الذي يشغله وزن جزيئي غرامي واحد من الاوكسجين تحت الظروف القياسية اذا علمت ان

1.500 g من الاوكسجين يشغل 1.05 l تحت نفس الظروف؟

الوزن الجزيئي الغرامي للاوكسجين = 32.000 g

**الحل**

الوزن	الحجم
1.5 g	1.05 l
32.00 g	X

X = 22.4 l (liter) تحت الظروف القياسية.

## 4-1 مفهوم المول والتركيز (المولاري والمولالي)

**المول :**

تتم التفاعلات الكيميائية بين عدد كبير من الجسيمات و قد تكون هذه الجسيمات على هيئة ذرات او جزيئات أو ايونات ولكل من هذه الجسيمات كتلتها النسبية الخاصة بها ولكن لا يوجد تناسب عام بين كميات كل مادة وكتلتها فمثلا لو سأل طالب ان يقارن بين 1 g من غاز  $H_2$  و 1 g من غاز  $N_2$  و 1 g من غاز  $O_2$  من حيث ما تحويه من عدد جزيئات لتعذر عليه ذلك لسبب بسيط لان الكتل الجزيئية لهذه العناصر يختلف بعضها عن بعض فالكتلة الجزيئية لغاز الهيدروجين 2 والنيتروجين 28 والاوكسجين 32 فلو قسمت كتلة 1g لكل عنصر على كتلته الجزيئية نتج ما يأتي:

$$H_2: 1/2=0.5 \quad N_2: 1/28=0.036 \quad O_2: 1/32=0.031$$

لحصلنا على قيم يمكن استخدامها للمقارنة لذلك و منذ سنوات خلت ظهرت الحاجة إلى وحدات أساسية مستقلة لتعبر عن كمية المادة وقد وجدت لها قبولا عاما وهذه الوحدة هي **المول** ويرمز له بالحرف (n) وهو من الوحدات الأساسية في النظام الدولي للوحدات ويعرف المول بأنه كمية المادة التي تحتوي على نفس العدد من الجسيمات (جزيئات أو ذرات أو ايونات ) الذي يحتويه 12 g من نظير الكربون 12 حيث يستخدم هذا النظير أيضا كمقياس لحساب الكتل الذرية وهذا العدد من الجسيمات يسمى عدد افوكادرو Avogadro's number ويساوي  $6.023 \times 10^{23}$ ، ويجب التأكيد على ان المول هو الوحدة الفعلية لكمية المادة وهو يختلف عن الكتلة تماما، ويمكن تطبيق مفهوم المول على الذرات أو الجزيئات أو الايونات أو الالكترونات ولذلك فمن الضرورة دائما تحديد نوع الجسيمات التي نتعامل معها مثلا:

كتله مول واحد من ذرات نظير الكربون 12 هي 12 g.

كتلة مول واحد من ذرات الفضة هي 107.868 g.

كتلة مول واحد من جزيئات H<sub>2</sub> هي 2 g.

وتحسب عد المولات ( n ) باستخدام العلاقة الآتية:

$$n \text{ (mol)} = \text{mass (m) (g)} / \text{molar mass (M) (g/mol)}$$

$$\text{عدد المولات (n) (مول)} = \text{الكتلة (m) (g)} / \text{الكتلة المولية (M) (g/مول)}$$

### 1-4-1 الكتلة المولية

لما كانت الجزيئات هي مجموعة من الذرات أتحدت كيميائيا مع بعضها فإن الكتلة النهائية لهذه الجزيئات تعرف من كتلة الذرات المكونة لها أي أننا نستخدم الكتل النسبية للمقارنة بين الجزيئات المختلفة من حيث الكتلة أي أن الكتلة المولية للمادة تساوي مجموع الكتل الذرية للذرات المكونة للمادة في نسب وجودها.

وتعرف الكتلة المولية ( Molar mass ) بأنها كتلة واحد مول من أي مادة (مثلا ذرات أو جزيئات أو أيونات ) والمكافئة بالضبط الى 12 g للمول الواحد من كتلة نظير الكربون 12، مثلا على ذلك حساب الكتلة المولية لغاز الميثان CH<sub>4</sub> أو بمعنى آخر ما هي كتلة واحد مول من غاز الميثان، ونحن نعرف أن المول الواحد من أي غاز يحتوي على عدد أفوكادرو من الجزيئات لذلك يمكن القول أنه كيف نحسب كتلة  $6.023 \times 10^{23}$  جزيء من غاز CH<sub>4</sub> وبما أن كل جزيء من CH<sub>4</sub> يحتوي على ذرة كربون واحدة و 4 ذرات هيدروجين أي أن واحد مول من جزيئات CH<sub>4</sub> يحتوي على واحد مول من ذرات الكربون و 4 mol من ذرات الهيدروجين لذا يمكن حساب كتلة المول الواحد من CH<sub>4</sub> على الصورة الآتية:

$$\text{كتلة مول واحد من C} = 12 \times 1 = 12 \text{ g}$$

$$\text{كتلة مول واحد من H} = 1 \times 4 = 4 \text{ g}$$

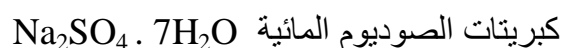
---

$$\text{كتلة مول واحد من CH}_4 = 16 \text{ g}$$

وبما أن 16 g تمثل كتلة مول واحد من غاز الميثان يكون من المنطقي أن نسمي هذه الكتلة بالكتلة المولية.

### مثال 9

جد الكتلة المولية للمركبات الآتية:



ثنائي اوكسيد الكبريت  $SO_2$

الحل:

$$M(Na_2SO_4 \cdot 7H_2O) = (2 \times 23) + (1 \times 32) + (4 \times 16) + 7(2 \times 1 + 1 \times 16) = 268 \text{ g/mol}$$

$$M(SO_2) = (1 \times 32) + (2 \times 16) = 64 \text{ g/mol}$$

### مثال 10

أحسب النسبة المئوية الكتلية لهيدروكسيد الصوديوم في محلول تم تحضيره بإذابة 8 g من NaOH في 50 g ماء  $H_2O$ .

الحل:

$$\%NaOH = \frac{m \text{ NaOH}}{m \text{ NaOH} + m \text{ H}_2\text{O}} \times 100 \%$$

$$\%NaOH = \frac{8 \text{ g}}{8 \text{ g} + 50 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\%NaOH = 13.8 \%$$

### 2-4-1 طرق التعبير عن تراكيز المحاليل

لدراسة محلول ما علينا بيان مكونات هذا المحلول أي نسبة كل من هذه المكونات الداخلة في تركيبه وهناك عدة طرق لهذه القياسات منها:

**أولاً - النسب المئوية الوزنية :** تحسب هذه النسبة من العلاقة الآتية:

$$\text{وزن المذاب} / \text{وزن المذاب} + \text{وزن المذيب} \times 100$$

### مثال 11

لو كان لدينا محلول يحتوي على 40 g من الماء 10 g سكر الطعام فان النسبة الوزنية للسكر في هذا المحلول:

$$\frac{10 \text{ g}}{10 \text{ g} + 40 \text{ g}} \times 100 = 20 \%$$

تعدّ الطريقة أعلاه من أسهل الطرق المستخدمة لقياس تراكيز المحاليل ولا تحتاج هذه الطريقة سوى وزن المذيب والمذاب .

### ثانياً - الكسر المولي : Mole Fraction

ان المول هو كمية المادة التي تحتوي على عدد افوكادرو والكسر المولي لاحد مكونات المحلول هو نسبة مولات المذاب او المذيب الى المجموع الكلي لمولات مكونات المحلول كافة

$$\frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{مجموع عدد مولات مكونات المحلول}} = \text{الكسر المولي للمذاب}$$

$$\frac{\text{عدد مولات المذيب}}{\text{مجموع عدد مولات مكونات المحلول}} = \text{الكسر المولي للمذيب}$$

فلو كان لدينا محلول السكروز ( السكر العادي ) وزنه الجزيئي 342 g/mol ،  $C_{12}H_{22}O_{11}$  مثلا وكان هذا المحلول يحتوي على 34.2 g من السكر 18 g من الماء ( وزنه الجزيئي 18 g/mol ) فهذا يعني ان المحلول يحتوي على:

$$\frac{18}{18} = 1 \text{ mol من الماء} \quad \text{و} \quad \frac{34.2}{342} = 0.1 \text{ mol من السكر}$$

$$\frac{0.1}{1+0.1} = 0.09 \quad \text{والكسر المولي للسكر}$$

$$\frac{1}{1+0.1} = 0.91 \quad \text{والكسر المولي للماء}$$

$$0.090 + 0.91 = 1 \quad \text{مجموع الكسور المولية}$$

ان النسبة المولية هي حاصل ضرب الكسر المولي  $\times 100$

### ثالثاً - المولارية (M) Molarity

وهي وحدة التركيز الأكثر شيوعاً وتستخدم بكثرة في التحليل الحجمي، وتُعرف بأنها عدد مولات المادة المذابة في كمية من المذيب لتكوين لترٍ أو ديسيمتر مكعب من المحلول ويمكن توضيحها كالآتي:

$$\frac{\text{عدد مولات المادة المذابة}}{\text{حجم المذيب باللتر ( dm}^3 \text{)}} = \text{المولارية}$$

ان وحدات المولارية هي ( mol / liter ) او ( mol / dm<sup>3</sup> )

مختبرياً تحضر المحاليل المولارية باستخدام الدوارق الحجمية وذلك بأخذ الكمية المناسبة من المادة المذابة ووضعها في الدورق الحجمي، ثم إضافة المذيب (وعادة ما يكون الماء) مع الرج المستمر حتى يصل مستوى المحلول العلامة الدالة على الحجم.

### مثال 12

أحسب مولارية محلول يتكون من إذابة 20 g هيدروكسيد الصوديوم في 500 cm<sup>3</sup> من الماء؟



$$\frac{\text{الوزن}}{\text{الوزن الجزيئي}} = \text{عدد مولات NaOH} \quad \underline{\text{الحل}}$$

$$= \frac{20}{40} = 0.5 \text{ mol}$$

$$\frac{500}{1000} = \text{حجم المذيب باللتر}$$

$$= 0.5 \text{ liter}$$

$$\frac{\text{عدد مولات المادة المذابة}}{\text{الحجم باللتر}} = \text{المولارية}$$

$$= \frac{0.5}{0.5} = 1.0 \text{ mol / liter}$$

### مثال 13

احسب مولارية حامض الكبريتيك المتكون من إذابة 49 g من الحامض في 100 cm<sup>3</sup> من الماء؟

$$\underline{\text{الحل}} \quad \text{عدد مولات H}_2\text{SO}_4$$

$$= \frac{49}{98} = 0.5 \text{ mol/litter}$$

حجم المحلول باللتر

$$= \frac{49}{98} = 0.5 \text{ mol/liter}$$

$$= \frac{0.5}{0.1} = 5.0 \text{ mol} \quad \text{المولارية}$$

### رابعاً - المولالية : (m) Molality

ويرمز لها بالرمز (m) تعرف المولالية بأنها عدد مولات المادة المذابة في كيلوغرام واحد من

المذيب وليس كيلوغرام واحد من المحلول النهائي، ويمكن توضيحها كالآتي:

إذا كان لدينا محلول يتكون من المادة المذابة (B) والمذيب (A)، يمكن التعبير عن المولالية كالآتي:

$$\frac{\text{عدد مولات المادة المذابة } (n_B)}{\text{وزن المذيب } (W_A) \text{ بالكيلو جرام}} = \text{المولالية}$$

$$\frac{n_B}{W_A / 1000} = \text{المولالية}$$

$$\frac{W_B}{M_B} = n_B \text{ بما أن}$$

حيث  $W_B$  = وزن المادة المذابة ،  $M_B$  = الوزن الجزيئي للمادة المذابة

$$\frac{W_B}{M_B} \times \frac{1000}{W_A} = \text{المولالية (m)}$$

$$\frac{1000}{\text{وزن المذيب}} \times \frac{\text{وزن المادة المذابة}}{\text{الوزن الجزيئي للمادة المذابة}} = \text{أي أن مولالية المحلول}$$

**فمثلاً :** يذاب 98 g من حامض الكبريتيك  $H_2SO_4$  (أي مول واحد من الحامض) في 1000 g من الماء للحصول على محلول مولالي، ليس لحجم المحلول النهائي أهمية ولا تختلف المولالية باختلاف درجة الحرارة .

#### مثال 14

احسب مولالية محلول يتكون من إذابة 40 g هيدروكسيد الصوديوم مذابة في 2 liter من الماء ؟  
الحل

$$\frac{\text{الوزن}}{\text{الوزن الجزيئي}} = \text{عدد مولات هيدروكسيد الصوديوم}$$

$$= \frac{40}{40} = 1.0 \text{ mol}$$

الوزن = الحجم × الكثافة

$$2000 \text{ cm}^3 \times 1 \text{ g/cm}^3 = 2000 \text{ g} \quad \text{وزن المحلول بالغرام}$$

وذلك باستخدام كثافة الماء التي تعادل  $1 \text{ g/cm}^3$

يمكن تطبيق القانون :

$$\frac{\text{عدد مولات المادة المذابة}}{\text{وزن المذيب بالكيلوغرام}} = \text{المولالية}$$

$$= \frac{1.0}{2000/1000} = 0.5 \text{ mol/kg} \quad \text{أو باستخدام القانون :}$$

$$\frac{1000}{\text{وزن المذيب}} \times \frac{\text{الوزن للمذاب}}{\text{الوزن الجزيئي}} = \text{المولالية}$$

$$= \frac{1000}{2000} \times \frac{40}{40} = 0.5 \text{ mol/kg}$$

## مثال 15

أذيب 0.288 g من مادة معينة في 15.2 من البنزين ( $C_6H_6$ ) ووجد أن مولالية المحلول تساوي 0.221، أحسب الوزن الجزيئي للمادة المذابة؟

$$m = \frac{W_B}{M_B} \times \frac{1000}{W_A}$$
$$= 0.221 \frac{0.288}{M_B} \times \frac{1000}{15.2}$$

$$M_B = 85.73$$

## خامساً - الكسر المولي ( Mole Fraction )

ويُرمز له بالرمز  $(x)$ ، ويعرف الكسر المولي  $(x)$  لأي مكونة في المحلول بأنه عدد مولات تلك المكونة مقسوماً على عدد المولات الكلية لجميع مكونات المحلول .  
إذا افترضنا أن  $n_A$  مول من مذاب  $A$ ، وأن  $n_B$  مول من مذاب  $B$  قد أذيت في  $n_C$  مول من المذيب  $C$  فإن الكسر المولي لكل من هذه المكونات الثلاث يُعبر عنه كما يلي :

$$\frac{n_A}{n_A + n_B + n_C} = x_A = \text{الكسر المولي للمكونة } A$$

$$\frac{n_B}{n_A + n_B + n_C} = x_B = \text{الكسر المولي للمكونة } B$$

$$\frac{n_C}{n_A + n_B + n_C} = x_C = \text{الكسر المولي للمكونة } C$$

يلاحظ أن مجموع الكسور المولية للمكونات يساوي الوحدة أي أن :

$$x_A + x_B + x_C = 1$$

## مثال 16

احسب الكسر المولي لمكونات المحلول المكون من إذابة 20 g من هيدروكسيد الصوديوم في 500 cm<sup>3</sup> من الماء؟

الحل

$$NaOH = \frac{20}{40} = 0.5 \text{ mol} \quad \text{عدد مولات}$$

$$H_2O = \frac{500}{18} = 27.8 \text{ mol} \quad \text{عدد مولات الماء}$$

$$NaOH = \frac{0.5}{0.5+27.8} = 0.0176 \quad \text{الكسر المولي لـ}$$

$$1 - 0.0176 = 0.983 \quad \text{الكسر المولي للماء}$$

$$\frac{27.8}{0.5+27.8} = 0.983 \quad \text{أو التعويض في القانون}$$

## مثال 17

احسب الكسر المولي للنيتروجين في محلول يتكون من 14 g غاز النيتروجين ، 8 g من غاز الأكسجين و 1 g من غاز الهيدروجين .

الحل

$$\begin{aligned} &= \frac{14}{28} = 0.5 \text{ mol} && \text{عدد مولات غاز النيتروجين} \\ &= \frac{8}{32} = 0.25 \text{ mol} && \text{عدد مولات غاز الأكسجين} \\ &= \frac{1}{2} = 0.5 \text{ mol} && \text{عدد مولات غاز الهيدروجين} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\frac{\text{عدد مولات النيتروجين } N_2}{\text{عدد مولات } H_2 + \text{عدد مولات } O_2 + \text{عدد مولات } N_2} = \text{الكسر المولي للنيتروجين} \\ &= \frac{0.5}{0.5+0.25+0.5} = 0.4 \end{aligned}$$

## سادساً - النسبة المئوية

يمكن التعبير عنها كالآتي :

1- النسبة المئوية الوزنية (weight percentage)

وقد مر ذكرها سابقاً ويرمز لها بالرمز  $(w/w)$  وهي عدد غرامات المادة المذابة منسوب إلى وزن مكونات المحلول (غالباً ما يكون 100 g) ، وتستخدم عادة في المحاليل ذات الطبيعة الصلبة، يمكن تعيين النسبة المئوية بالوزن للمادة المذابة  $(B)$  في وزن معين من المذيب  $(A)$  كالآتي:

$$w t \% \text{ of } B = \left( \frac{w_B}{w_A + w_B} \right) \times 100$$

كما يمكن فهم النسب الوزنية بأنها متكاملة ، فمثلاً تتكون سبيكة معينة من معدني الذهب والنحاس وكانت نسبة النحاس الوزنية  $(w/w)$  30% ، هذا يعني أن في كل 100 g من السبيكة، هنالك 30 g نحاس و 70 g ذهب .

## مثال 18

محلول يتكون من إذابة 10 g هيدروكسيد صوديوم في 100 g من الماء، أحسب النسبة المئوية لهيدروكسيد الصوديوم ؟

الحل

$$100+10=110 \text{ g} \quad \text{كتلة المحلول}$$

$$100 \times \frac{\text{وزن هيدروكسيد الصوديوم}}{\text{الوزن الكلي}} = \text{النسبة المئوية لـ } NaOH$$

$$= \frac{10}{110} \times 100 = 9.1\%$$

## 2- النسبة المئوية الحجمية : ( Volume Percentage )

ويرمز لها بالرمز  $(v/v)$  وهي حجم المادة المذابة منسوب لحجم المحلول (غالباً ما يكون  $100 \text{ cm}^3$ ) وتستخدم عامة في المحاليل السائلة، يمكن تعيين النسبة المئوية بالحجم للمادة المذابة  $B$  كما يأتي:

$$\text{Volume \% of } B = \frac{V_B}{V_{Total}} \times 100$$

كما يمكن فهم النسب الحجمية بأنها متكاملة كما هو الحال في النسب الوزنية، فمثلاً عندما يقال أن محلول معين يتكون من كحول وماء وكانت نسبة الكحول  $(v/v)$  40%، هذا يعني أن في كل  $100 \text{ cm}^3$  من المحلول أن هنالك  $40 \text{ cm}^3$  كحول  $60 \text{ cm}^3$  ماء .

### 3- النسبة المئوية لوزن في حجم :

ويرمز لها بالرمز  $(w/v)$  وهي عبارة عن عدد غرامات المادة المذابة في  $100 \text{ cm}^3$  من المذيب، فمثلاً عندما يقال أن محلول السكر في الماء تركيزه  $(w/v)$  10%، هذا يعني أن 10 g من السكر مذابة في  $100 \text{ cm}^3$  من الماء .

## 5-1 العيارية : Normality

ان عيارية المحلول هي عدد مكافئات المذاب الموجود في لتر واحد من المحلول و يرمز لها بالحرف (N) ، ان محلولاً لحمض عياريته 1N يحتوي على مكافئ واحد من هذا الحامض في اللتر الواحد من المحلول و ان محلولاً من قاعدة عياريته 2N يحتوي على مكافئين من تلك القاعدة في اللتر الواحد من المحلول

### مثال 19

احسب وزن حامض الكبريتيك اللازم لتحضير 100 ml عياريته 1N

الحل

الخطوة(1) :

محلول 1N من حامض الكبريتيك يعني :

مكافئ من  $\text{H}_2\text{SO}_4$

لتر واحد من المحلول

الخطوة(2): كون تناسباً بسيطاً بالاعتماد على العلاقة في الخطوة 1 محلولاً 100 ml الى 0.1 لكي تتفق وحدات الحجم .

$$\frac{\text{مكافئ واحد } H_2SO_4}{\text{لتر واحد محلول}} = \frac{X}{0.100 \text{ liter}}$$

وإذا تمت كتابة مكافئ واحد من  $H_2SO_4$  الى لتر واحد من المحلول فهذا يعني ما مقدار حامض الكبريتيك X في 0.1 liter من المحلول .

### 1-5-1 المحلول العياري

لغرض اجراء عمليات تسحيح حامض - قاعدة يفضل الكيميائيون ان لا يتعاملوا مع التراكيز المعبر عنها بالتراكيز المولارية ، ان بعض الحوامض على سبيل المثال يتألف من جزيئات يستطيع كل منها ان يطلق اكثر من ايون هيدروجين واحد (مثل حامض الكبريتيك) وفي اجراء الحسابات من بيانات التسحيح يستعمل الكيميائيون فكرة مناسبة اكثر وهي فكرة المحلول العياري وهو محلول نعرف كم هو عدد مولات الهيدروجين القابل للتأين التي يحتويها اللتر الواحد منه ولكي نحضر هذه المحاليل لابد من تناول فكرة الوزن المكافئ الغرامي .

### 2-5-1 الوزن المكافئ الغرامي

ان مولا واحدا من حامض الكبريتيك  $H_2SO_4$  وزنه الجزيئي 98 يحتوي على مولين من الهيدروجين القابل للتأين ولذلك يستلزم نصف مول فقط 49 g من حامض الكبريتيك لتجهيز مول واحد من ايون الهيدروجين ان هذا الوزن 49 g من حامض الكبريتيك يدعى بالوزن المكافئ الغرامي ، ان ذكر العدد 49 دون ذكر وحدة الغرام هو الوزن المكافئ وهو عدد يماثل الوزن الجزيئي وكما هو الحال في الوزن الجزيئي الغرامي فاننا نحسب الوزن المكافئ الغرامي وذلك بكتابة كلمة غرام بعد الوزن المكافئ .

ومهما يكن الحامض فان وزنه المكافئ الغرامي هي تلك الكمية مقدرة بالغرامات المكافئة ( التي تعطى الى قاعدة قوية) لمول واحد من ايون الهيدروجين

$$\text{الوزن الجزيئي الغرامي للحامض} = \frac{\text{الوزن المكافئ الغرامي للحامض}}{\text{عدد ذرات الهيدروجين القابلة للتأين في الصيغة الجزيئية الواحدة}}$$

الوزن المكافئ الغرامي لأي قاعدة هو تلك الكمية مقدرة بالغرامات التي تستطيع ان تعادل مول واحد من ايون الهيدروجين وهذا التعريف بالطبع ينطبق على القاعدة الوحيدة بمفهوم نظرية ارينوس – ايون الهيدروكسيد – وينطبق ايضا على أي شيء اخر يستطيع ان يعادل ايون الهيدروجين كالأمونيا وايون الكاربونات وايون البيكاربونات و اوكسيدات الفلزات وغيرها و من حيث التعريف .

$$\text{الوزن الجزيئي الغرامي للقاعدة} = \frac{\text{الوزن المكافئ الغرامي للقاعدة}}{\text{عدد الوحدات الماسكة للبروتونات في وحدة الصيغة الجزيئية}}$$

### 1-5-3 المكافئات

لدى تعاملنا مع الوزن الجزيئي الغرامي لقد استخدمنا كلمة مول وبطريقة مشابهة سنستعمل كلمة مكافئ كاختصار لعبارة الوزن المكافئ الغرامي الواحد وهكذا فان مكافئ واحد من هيدروكسيد الصوديوم يزن 40 g وان مكافئ واحد من حامض الكبريتيك يزن 49 g وعموما

$$\text{الوزن المكافئ الغرامي للمادة} = \frac{\text{عدد الغرامات للنموذج}}{\text{الوزن المكافئ الغرامي للمادة}}$$

### 1-6 الأدلة (الكواشف) الكيمياوية

الأدلة عبارة عن حوامض او قواعد عضوية ضعيفة لها الوان مختلفة تبعا لاختلاف درجة حامضية المحلول، تستخدم الأدلة لتدل على نقاط انتهاء تسحيح الحوامض مع القواعد، يجب ان تتوافر في الأدلة الشروط الآتية :

**أولا -** ان يكون الدليل نفسه اما حامض ضعيف او قاعدة ضعيفة .

**ثانيا -** ان يكون لون الدليل في الوسط الحامضي مختلف عن لونه في الوسط القاعدي .

**ثالثا -** اذا كان للدليل حالة ملونة واحدة سمي دليل احادي اللون مثل الفينولفتالين، واذا كانت حالتا الدليل ملونتين سمي دليل ثنائي اللون مثل المثيل البرتقالي او المثيل الاحمر .

**رابعا -** يجب ان يكون مدى الدليل صغيرا حتى يحدث له تغير فجائي في لونه عند اضافة كميات صغيرة من المحلول القياسي .

من الأدلة الشائعة الاستخدام في التحليل الكيمياوي هي :

**أ- دليل فينولفتالين Ph. Ph. : Phenolphthalein** ويستعمل عند معايرة الأحماض الضعيفة بواسطة قواعد قوية ويتغير من عديم اللون عند pH=8.2 إلى أحمر عند pH=10 ولا يستخدم في وجود حامض الكربونيك أو أملاحه وكذلك أملاح الأمونيوم ويحضر بإذابة غرام في 60 ml من الكحول ويكمل إلى 100 ml بالماء المقطر.

**ب- المثيل البرتقالي (Methyl Orange) M.O.:** ويستعمل عند معايرة أملاح الأحماض الضعيفة مثل الكربونات بواسطة الأحماض القوية مثل حامض الكبريتيك ويتغير لونه من الأحمر إلى الأصفر، ولا يجوز استخدامه عند استعمال أحماض ضعيفة - ويحضر بإذابة 1 g من الميثيل البرتقالي في قليل من الكحول الايثيلي ثم يكمل الى 1 l بالكحول المخفف بالماء المقطر ( بنسبة 1:1).

**ج- دليل المثيل الأحمر : (Methyl Red) M.R.:** يستخدم عند معايرة المحاليل المخففة من الأحماض القوية بقلويات قوية أو عند معايرة قلوي ضعيف بحامض قوى ولا يستخدم مع الأحماض الضعيفة ويتغير لونه من الأحمر عن pH= 4.4 إلى الأصفر عند pH= 6.2 ويعتبر مثالياً عند استخدامه مع الأمونيا أو المحاليل المحتوية عليها، ويحضر بإذابة 1 g من الميثيل الاحمر في لتر من

الماء الساخن أو يذاب 1 g منه في 600 كحول ايثيلي ويكمل الى لتر بالماء المقطر، كما توجد انواع اخرى من الكواشف وهي :

ماء الجير - ماء البروم - محلول اليود - محلول اليود الكحولي - محلول فهلنك ( A ) ومحلول فهلنك ( B ) - محلول النشأ .

## 7-1 التسحيح (Titration)

تنجز - غالباً- عملية التحليل الحجمي في المختبر عن طريق قياس حجم احد المحاليل القياسية مثلا اللازمة ليتفاعل كميا مع حجم معين من المحلول المجهول، ومن ثم يحسب تركيز المحلول المجهول بدقة. تجرى هذه العملية بالإضافة التدريجية للمحلول القياسي من حاوية على شكل انبوبة زجاجية مدرجة، مصممة لهذا الغرض تدعى السحاحة إلى المحلول المجهول الموجود في ورق مخروطي يسمى (بدورق ايرلنماير) وتدعى عملية الإضافة هذه والتي تستمر لحين اكتمال التفاعل بين الكاشف الكيميائي المضاف والمكون المراد تقديره بعملية التسحيح، اما النقطة التي يكتمل فيها التفاعل في عملية التسحيح فتدعى من الناحية النظرية بنقطة التكافؤ، تحدد هذه النقطة عمليا من خلال حدوث تغير ما في إحدى صفات المحلول كتغير لون المحلول أو تكون راسباً يمكن تمييزه بسهولة بالعين المجردة، ولهذا الغرض عادة ما تضاف كواشف كيميائية تساعد في ذلك تدعى الدلائل ( Indicators ) وهي مواد كيميائية لا تشترك عادة في تفاعل التسحيح بل يتغير لونها أو إحدى صفاتها الفيزيائية بشكل واضح عند نقطة التكافؤ النظرية أو بالقرب منها، ولهذا السبب تدعى النقطة التي يحدث عندها هذا التغير وإيقاف عملية التسحيح والإضافة من السحاحة بنقطة نهاية التفاعل والتي يفترض من الناحية النظرية ان تنطبق مع نقطة التكافؤ النظرية، ولكن قد يحصل اختلاف بسيط بين النقطتين النظرية والعملية حيث يمثل ذلك خطأ التسحيح، وفي الكثير من الأحيان يستعاض عن مصطلح التحليل الحجمي بمصطلح آخر هو التحليل التسحيحي لكون إن عملية التسحيح هي العملية الأكثر شيوعا واستعمالا، لكن يبقى مصطلح التحليل الحجمي أكثر شمولاً حيث انه يتضمن إضافة الى التحليل باستعمال عمليات التسحيح، عمليات التحليل الكمي التي تتضمن تحليل الغازات أيضا، يشترط في التفاعلات الكيميائية بين الكواشف القياسية والمكونات المراد تقديرها في عمليات التحليل الحجمي بطريقة التسحيح ان تخضع لشروط معينة هي:

- يجب أن يكون التفاعل بسيطاً ويمكن التعبير عنه بمعادلة كيميائية موزونة تمثل تفاعل المكون المراد تقديره كميا مع الكاشف القياسي.

- أن يتجه التفاعل باتجاه واحد (تفاعل غير انعكاسي).

- يجب أن يحدث التفاعل من الناحية العملية بشكل أني (تفاعل سريع جدا)، وفي بعض الأحيان يمكن إضافة عامل مساعد لزيادة سرعة التفاعل.

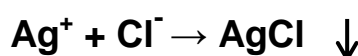


- يجب أن تتوفر وسيلة لتعيين نقطة نهاية التفاعل من الناحية العملية، وذلك عن طريق حصول تغير ملحوظ في إحدى صفات المحلول، عند نقطة التكافؤ أو بالقرب منها، يؤدي إلى تحديد نقطة انتهاء التفاعل وعلى هذا الأساس، يمكن تقسيم التفاعلات الكيميائية التي يمكن استعمالها بنجاح في عمليات التسحيح، لانطباق الشروط السابقة عليها، إلى أربعة أقسام هي:

أ- تفاعلات الحوامض والقواعد ( تفاعلات التعادل): يتضمن هذا النوع تسحيح محلول لقاعدة قوية أو المحاليل الناتجة من التحلل المائي لأملح الحوامض الضعيفة مقابل محلول قياسي لحامض قوي أو بالعكس (أي تسحيح محلول لحامض قوي) أو المحاليل الناتجة من التحلل المائي لأملح القواعد الضعيفة مقابل محلول قياسي لقاعدة قوية، حيث يتحد ايون الهيدروجين مع ايون الهيدروكسيد لتكوين الماء.

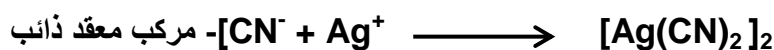
ب- تفاعلات التأكسد و الاختزال: يتضمن هذا النوع جميع التفاعلات التي يحدث فيها تغير للأعداد التأكسدية للمواد المشتركة فيها (تتضمن انتقال الالكترونات)، ويكون فيها المحلول القياسي إما عاملاً مؤكسداً أو عاملاً مختزلاً.

ج- تفاعلات الترسيب: يتضمن هذا النوع اتحاد الايونات (عدا  $H^+$  و  $OH^-$ ) لتكوين رواسب بسيطة كما هو في تفاعل ايون الفضة مع ايون الكلوريد.



راسب

د- تفاعلات تكوين معقد: يتضمن هذا النوع اتحاد أيونات (عدا  $H^+$  و  $OH^-$ ) لتكوين مركبات معقدة يتضمن الاتحاد تكوين أصرة تناسقية دائبة في المحلول ولكنها قليلة التفكك مثل التفاعل الآتي:



## 8-1 الأواصر الكيميائية

تتحد الذرات مع بعضها فتكون مركبات لها خواص فيزيائية و كيميائية تختلف عن خواص ذرات العناصر المكونة لها وتكون الجسيمات الناتجة من هذا الاتحاد أحيانا ذات شحنات موجبة او سالبة تتجاذب مع بعضها مكونة مركب يسمى بالمركب الايوني مثل كلوريد الصوديوم و احيانا اخرى تتماسك الذرات في تجمعات او كتل صغيرة متعادلة الشحنة تسمى مركبات تساهمية مثل الميثان  $CH_4$  والسكروز  $C_{12}H_{22}O_{11}$  والماء  $H_2O$  وفي كل الحالات يمكن التعبير عن المركبات الناتجة بصيغ كيميائية تدل على عدد الذرات في الجزيئة الواحدة والذي يكون محددًا بنسب ثابتة، ان القوى التي تربط الذرتين او اكثر في جزيئة ما تسمى اصرة، والاصرة الكيميائية هي قوة فيزيائية ذات طبيعة كهربائية تجاذبية بين الذرات.

## 1-8-1 أنواع الأواصر الكيميائية

### أولاً- الأصرة الأيونية :

تنشأ الأصرة الأيونية بين عنصر فلزي و آخر لا فلزي من خلال فقد واكتساب الكترونات أي انها تنتج عن مشاركة ذرتين احدهما تمتلك كهر وسلبية عالية مثل ذرات عناصر مجموعة الهالوجينات والآخرى تمتلك كهر وسلبية واطئة مثل عناصر مجموعة الفلزات القلوية و فلزات الاتربة القلوية، في هذه الحالة سينتقل الكترون التكافؤ انتقالا كاملا من ذرة العنصر ذي الكهر وسلبية الواطنة الى ذرة العنصر ذي الكهر وسلبية العالية وعندئذ سينتقل الكترون من ذرة العنصر ذي الكهر وسلبية الواطنة الى ذرة التكافؤ و الثاني ايون سالب الشحنة نتيجة استقبال هذا الالكترون وعندئذ ترتبط هذه الايونات المختلفة الشحنة نتيجة التجاذب الالكتروستاتيكي مكونة شبكة بلورية (crystal lattice) معقدة و متعادلة الشحنة مثل الاصرة في كلوريد الصوديوم NaCl وكلوريد البوتاسيوم KCl وكلوريد المغنيسيوم MgCl<sub>2</sub> وكلوريد الكالسيوم CaCl<sub>2</sub> كذلك جميع هيدريدات العناصر زمرة الفلزات القلوية مثل هيدريد الصوديوم NaH اما اهم خواص المركبات الايونية فهي:

- 1- توجد على شكل شبكية بلورية وهي ترتيب هندسي منتظم للأيونات السالبة والايونات الموجبة الحركة.
- 2- تمتلك درجات انصهار و غليان مرتفعة جدا للتغلب على قوى التجاذب بين الايونات السالبة والموجبة ولتكسير الشبكية البلورية .
- 3- عدم قدرتها على التوصيل الكهربائي في الحالة الصلبة نظرا لارتباط الايونات وعدم قدرتها على الحركة داخل الشبكية البلورية بينما تصبح موصلة للكهرباء عند صهرها او اذابتها بالماء (ستكون الايونات عندئذ حرة الحركة في المنصهر وفي المحلول المائي) .
- 4- تذوب في المذيبات القطبية كالماء ولا تذوب في المذيبات العضوية اللاقطبية كالبنزين والايثر .

### ثانياً - الاصرة التساهمية :

تتكون الاصرة التساهمية عندما يصعب انتقال الكترون التكافؤ انتقالا كاملا وفي هذه الحالة يتكون المزدوج الالكتروني من مساهمة او مشاركة كلتا الذرتين ولا تظهر شحنات على الذرات وغالبا ما تحدث الاصرة التساهمية بين اللافلزات، ان الفرق في قيمة الكهر وسلبية يلعب دورا مهما في تشكيل الاصرة التساهمية ويمكن ان يؤدي الى اعطاء نوعين من الاواصر التساهمية تتميز المركبات التي تمتلك اواصر تساهمية بالصفات الآتية :

- 1- درجة الانصهار والغليان منخفضة فلا تحتاج الى طاقة حرارية عالية لان قوى التجاذب بين جزيئاتها ضعيفة .
- 2- لا توصل التيار الكهربائي لأنها لا تكون ايونات موجبة او سالبة في منصهراتها او محاليلها.
- 3- لا تذوب معظمها بالمذيبات القطبية كالماء بينما تذوب في المذيبات العضوية مثل الايثر والبنزين.

### ثالثاً- الاصرة التناسقية :

تتكون الاصرة التناسقية عندما تفقد احدى الذرتين زوجا من الالكترونات الى ذرة اخرى لها القدرة على استقبال هذا الزوج الالكتروني لتكوين الاصرة وعندئذ سيكون هذا الزوج مشتركا بين الذرتين، أي ان الذرة المانحة للالكترونات تحتوي زوج الكترون حر مثل ذرة الاوكسجين في جزيء الماء او ذرة النيتروجين في جزيء الامونيا اما الذرة المستقبلة فغالبا ما تكون من الفلزات الانتقالية لان لها اوربياتالات فارغة مثل النيكل او ايون ذرة الهيدروجين ويمكننا القول ان الاصرة التناسقية هو نوع

خاص من الاصرة التساهمية الا ان مصدر زوج الالكترونات هو ذرة واحدة فقط وتكون الاصرة التناسقية اطول و اضعف من الاصرة التساهمية .

#### رابعا - الاصرة الفلزية :

هي اصرة كيميائية تحصل بين ذرات عنصر من الفلزات وتعزى هذه الاصرة الى امتلاك الذرات الفلزية الكترونات في اغلفتها الخارجية تسهم في تكوين بلورة من الذرات مع امتلاك الالكترونات حرية في الحركة ضمن هذه البلورة، عندما ترتبط ذرات الفلزات مع بعضها فإنها لا تصل الترتيب الالكتروني للغازات النبيلة فمن السهل ان تفقد ذرات الفلزات مثل الصوديوم و البوتاسيوم الكترونات تكافؤها لتصبح ايونات موجبة لان كهروسلبيتها منخفضة.

وتتأثر قوة الاصرة الفلزية بعدة عوامل اهمها كثافة الشحنة والتي تساوي شحنة الايون /حجم الايون (الذي يتناسب مع عدد المدارات) حيث ان شحنة الايون هي الشحنة التي يكتسبها الفلز بعد ان يخسر الالكترونات الموجودة في المدار الاخير وعليه تعتمد قوة الاصرة الفلزية على عدد الكترونات حزمة التكافؤ في ذرات الفلز فكما زادت الكترونات حزمة التكافؤ زاد تماسك الفلز ويصبح الفلز اكثر صلابة واعلى في درجة الغليان وكلما كانت كثافة الشحنة على الايون اعلى زادت قوة الاصرة الفلزية ونتيجة لذلك تكون درجة الانصهار اعلى وترجع الكثير من خصائص الفلزات الطبيعية الى طبيعة هذه الاصرة فالتوصيل الكهربائي و التوصيل الحراري للفلزات سببه حركة الالكترونات الحرة بين الذرات .

#### خامسا - الاصرة الهيدروجينية:

تنشأ الاصرة الهيدروجينية بسبب التجاذب الذي يحصل بين الطرف الموجب (ويكون ذرة الهيدروجين) والطرف السالب ذرة تمتلك مزدوجا الكترونيا او اكثر وتتنحصر هذه الصفات الثلاثة في ثلاثة عناصر فقط وهي ذرات الاوكسجين والنيتروجين والفلور ولذلك نجد جزيئات الماء والامونيا وفلوريد الهيدروجين وغيرها متكئة بتأثير الاواصر الهيدروجينية ان الاصرة الهيدروجينية هي السبب في ارتفاع درجة غليان الماء ودرجة انصهار الجليد ولهذا يطفو الثلج في الماء كما ان الاصرة الهيدروجينية هي قوة ارتباط فيزيائية ضعيفة تنشأ بين الجزيئات وليست اصرة كيميائية حقيقية لذا تكون قوتها اقل بكثير من الاواصر الاخرى .

### 9-1 التفاعل الكيميائي

ان التغيرات الكيميائية وبشكل مبسط تحصل بين المواد المتفاعلة لتكوين المواد الناتجة ويعبر عنها بالمعادلة الكيميائية الموزونة والتي تفيدنا في حساب عدد مولات المواد وكتلتها وحجوم الغازات المتفاعلة والناتجة ولكن المعادلة الكيميائية لم تخبرنا عن تفاصيل اخرى تتعلق بالسرعة التي يتم فيها تحول المتفاعلات الى نواتج وكذلك عدد الخطوات التي يمر بها التفاعل لتكوين النواتج ان كل هذه التغيرات يتم دراستها عن طريق الحركيات الكيميائية chemical kinetics والتي تختص بدراسة النقاط الآتية :

- 1- سرعة التفاعل الكيميائي وكيفية قياسها و العوامل المؤثرة عليها .
  - 2- ميكانيكية التفاعل أي التفاعلات الأولية التي تمر بها المواد المتفاعلة للوصول إلى الناتج النهائي وكيفية التعبير عنها بالمعادلات الكيميائية الموزونة .
- تعتبر الحركيات الكيميائية علما مهما وذلك لمعرفة سرعة التفاعل والعوامل المؤثرة عليه والتي سيتم شرحها لاحقا، مثل التركيز والضغط ودرجة الحرارة وطبيعة المواد المتفاعلة والمواد الناتجة مما يؤدي إلى تكوين عناصر جديدة مختلفة في صفاتها الكيميائية والفيزيائية معاً، وتشمل هذه التفاعلات تغيير

ترتيب الذرات في الجزيئات بما يؤدي الى اتحاد البعض منها لتكوين شكل من مركب اكبر او اعقد، او تفكك المركبات لتكوين جزيئات اصغر .

### 1-9-1 نظريات سرعة التفاعل الكيميائي

لقد تم وضع عدد من النظريات لتفسير كيفية حدوث التفاعل الكيميائي واهم هذه النظريات نظريتان هما نظرية التصادم ونظرية الحالة الانتقالية، حيث فسرت الاولى كيفية حدوث التفاعل على الاساس الظاهري اما الثانية فقد فسرت حدوث التفاعل بطريقة ما يحدث داخل الجزيئات عند خضوعها لتفاعل، وفيما ياتي شرحا موجزا لكلا النظريتين :

#### اولا - نظرية التصادم

تختلف سرعة التفاعلات الكيميائية باختلاف خواص الدقائق المتفاعلة (الذرات، الجزيئات او الايونات) وباختلاف ظروف التفاعل، ولتوضيح كيف تحصل التفاعلات الكيميائية وسبب اختلاف سرعتها وضعت نظرية التصادم والتي تنص فرضيتها على ما يأتي :

- 1- يحصل التفاعل الكيميائي نتيجة تصادم دقائق المواد المتفاعلة مع بعضها، وافترضت النظرية بان شكل الدقائق المتصادمة كرويا .
- 2- سرعة التفاعل تتناسب طرديا مع عدد التصادمات الحاصلة بين دقائق المواد المتفاعلة في وحدة الزمن، حيث يمكن القول انه كلما زاد عدد الاصطدامات بين دقائق المواد المتفاعلة زادت احتمالية حدوث التفاعل .

3- لا تكون جميع التصادمات فعالة وتقود الى نتائج، وذلك بدلالة ان عدد الاصطدامات الحاصلة بين الدقائق عدد هائل ويبلغ  $1 \times 10^{17}$  اصطدام في الثانية الواحدة بين جزيئات غاز حجمه واحد لتر في الظروف الاعتيادية ، وعليه اذا كان مثل هذا العدد الهائل من الاصطدامات يؤدي الى تكوين نواتج لا اكتملت جميع التفاعلات في لحظة خلط المواد المتفاعلة، لذلك فان معظم الاصطدامات هي غير فعالة ولا تؤدي الى نواتج ، وحتى يكون الاصطدام فعلا يجب ان يتوافر الشرطان الاتيان :

أ - ان تمتلك الجزيئات المتصادمة حد ادنى من الطاقة الكامنة فيها للتغلب على قوة التنافر فيما بينها عند الاصطدام وتكسر روابط المواد المتفاعلة وتحويلها الى نواتج ويسمى الحد الادنى من الطاقة اللازمة للتفاعل بطاقة التنشيط .

ب - ان يكون اتجاه الجزيئات المتصادمة مناسباً، أي ان تكون الجزيئات بوضع فراغي (هندسي) مناسباً وبالالاتجاه الصحيح عند التصادم والذي يؤدي الى تكوين النواتج المطلوبة .

#### ثانيا - نظرية الحالة الانتقالية

بينت هذه النظرية انه في جميع التفاعلات الكيميائية لا يمكن ان تتكون المواد الناتجة مباشرة بل لا بد ان تمر بما يسمى بالحالة الانتقالية النشطة، وهي التي يتكون عندها ما يسمى بالمعقد المنشط (Activated Complex) وهو مركب نشط غير ثابت اقترح بان يكون تركيبه وسط بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة، لذلك تسمى هذه النظرية بنظرية المعقد المنشط ايضا، ان طاقة هذا المركب اكبر دائما من طاقة المواد المتفاعلة الناتجة ، والجدير بالذكر انه لا يمكن فصل المعقد المنشط في الغالب ولكن يمكن ان يتفكك لإعطاء النواتج او لإعطاء المواد المتفاعلة حسب ظروف التفاعل .

### 10-1 قانون سرعة التفاعل الكيميائي

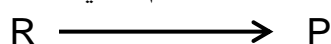
ان التفاعلات الكيميائية تجري بسرعات متباينة وفقا لتغير كميات المواد الداخلة في التفاعل أو الخارجة عنه في وحدة الزمن تختلف التفاعلات الكيميائية في سرعتها فبعضها سريعة جدا و تحصل مباشرة عند خلط المواد المتفاعلة مع بعضها و في جزء من الثانية مثل تفاعلات التعادل بين الحوامض

والقواعد وتفاعلات الاحتراق والبعض الآخر معتدلة السرعة تستغرق عدة دقائق إلى عدة أشهر مثل صدأ الحديد و التفاعلات التي تؤدي إلى نضج الفواكه والخضراوات و هناك تفاعلات بطيئة جدا تحتاج إلى عدة سنوات أو ملايين السنين لكي تحصل مثل التفاعلات التي تؤدي إلى نمو الإنسان و تقدمه في السن و تحول النباتات الميتة إلى فحم .

### 1-10-1 قياس سرعة التفاعل الكيميائي

تقاس سرعة التفاعل الكيميائي من معرفة التغير في تركيز مادة متفاعلة أو ناتجة في وحدة الزمن (وحدة الزمن قد تكون ثانية أو دقيقة أو ساعة أو يوم أو أي وحدة زمنية أخرى) سنستخدم هنا التركيز المولاري و الذي يعرف بأنه عدد المولات من المذاب في لتر واحد من المحلول mol/l ويعبر عنه بقوس مربع [ ] حيث ان أي رمز داخل القوس يعني التركيز المولاري فمثلا [X] يعني التركيز المولاري للمادة X لذا سنعتبر عن السرعة (rate) بالعلاقة الرياضية الآتية :

معدل سرعة التفاعل Rate = التغير في تركيز احد المواد المتفاعلة او الناتجة / التغير في الزمن حيث الرمز دلنا يعني التغير و [ ] يعني التركيز المولاري بوحدة mol / l وعليه ستكون وحدة سرعة التفاعل الكيميائي هي mol / l . t للتفاعل العام الآتي :



حيث R تمثل أي مادة متفاعلة Reactant و P تمثل أي مادة ناتجة product تحسب سرعة التفاعل العام هذا باستخدام العلاقة أعلاه وبدلالة المواد المتفاعلة R وعلى الصورة الآتية :

معدل سرعة التفاعل بدلالة R = (-) التغير بالتركيز / التغير في الزمن

$$\text{Rate} = \frac{\Delta[R]}{\Delta t}$$

أن وحدات سرعة التفاعل الكيميائي هي mol / liter / sec.

### مثال 20

في التفاعل الآتي  $H_2 + I_2 \longrightarrow 2HI$  إذا علمت أن تركيز  $[I_2]$  كان 0.02 mol / liter وبعد مرور 10 sec أصبح 0.1 mol / l ، أحسب سرعة التفاعل بدلالة  $[I_2]$

الحل

$$\frac{\Delta[R]}{\Delta t} = \frac{-(0.1 - 0.2)}{10 \text{ sec}} = 0.001 \text{ mol / l . sec} = [I_2]$$

فإذا ابتدأ التفاعل بتركيز معين من المادة المتفاعلة وليكن R في زمن t وبتقدم التفاعل يقل تركيز المادة المتفاعلة بينما يزداد تركيز المادة الناتجة و في زمن (t<sup>2</sup>) يصبح تركيز المادة المتفاعلة أقل.

### 1 - 10 - 2 العوامل المؤثرة في سرعة التفاعلات الكيميائية

هناك عدة عوامل تؤثر في سرعة التفاعلات الكيميائية وهي كالآتي :

- أ - طبيعة المواد المتفاعلة .
- ب - تراكيز المواد المتفاعلة .
- ج - درجة الحرارة .
- د - العوامل المساعدة .

ومن المعروف ان التفاعلات الكيميائية المختلفة تتم بسرعات مختلفة حتى ولو كانت الظروف متشابهة، فمثلا يتفاعل غاز الفلور مع غاز الهيدروجين تفاعلا سريعا وعنيفا الى حد الانفجار في درجة حرارة

الغرفة، بينما تفاعل اليود مع الهيدروجين اقل حدة واقل سرعة في الظروف نفسها، كما وان الهيئة الفيزيائية للمادة تؤدي ايضا الى تحديد سرعة التفاعل، فمثلا يحترق مسحوق المغنسيوم بصورة اشد من احتراق شريط المغنسيوم، اما زيادة تراكيز المواد المتفاعلة فأنها بصورة عامة تؤدي الى زيادة سرعة التفاعلات الكيميائية، ان ازدياد درجة الحرارة يؤدي الى سرعة الجزيئات وزيادة في عدد الجزيئات التي تمتلك الحد الأدنى من الطاقة، وعموما فان زيادة عشر درجات حرارة يؤدي الى مضاعفة سرعة بعض التفاعلات، ان تأثير العوامل المساعدة على سرعة التفاعلات ناتج من التغير الذي يطرأ على مسلك التفاعل، العامل المساعد يؤدي الى خفض طاقة تنشيط التفاعل مما يؤدي الى زيادة في عدد الجزيئات التي تمتلك الحد الأدنى من طاقة التنشيط المنخفضة هذه .

### 11-1 التفاعلات الباعثة و الماصة للحرارة:

يصاحب التفاعل الكيميائي تغير في الطاقة وذلك نتيجة لامتصاص او انبعاث كمية من الحرارة وهذه الكمية تمثل الفرق بين طاقة المواد الناتجة وطاقة المواد المتفاعلة وتسمى بحرارة التفاعل وتحسب على النحو الاتي : حرارة التفاعل = طاقة المواد المنتجة - طاقة المواد الداخلة

### 1-11-1 التفاعلات الماصة للحرارة (Endothermic Reactions)

إن التفاعل الكيميائي الماص للحرارة هو التفاعل الذي يكون فيه للنواتج طاقة أعلى من المواد الداخلة في التفاعل، وبالتالي يحتاج سريان التفاعل إلى حرارة نعطيها له من الخارج بحيث يتم التفاعل، ولهذا نقول إنه تفاعل يمتص حرارة، بدون تلك الحرارة التي تزوده بها لا يبدأ التفاعل ولا يستمر، وقد يتم التفاعل عن طريق امتصاص الحرارة من الوسط المحيط، ان زيادة درجة الحرارة لمثل هذه التفاعلات يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل وبالتالي اتجاه التفاعل إلى الاتجاه الأمامي، والتفاعلات الماصة للحرارة هي عكس التفاعلات المنتجة للحرارة، والتي تنبعث منها حرارة، وفيها تكون حرارة التفاعل ذات قيمة موجبة .

يتم التعبير عن التفاعل الماص للحرارة بالطريقة الآتية :

المتفاعلات + طاقة ← النواتج

وكمثال للتفاعلات الماصة للحرارة هو تفكك غاز الأمونيا الى غازي الهيدروجين والنيتروجين كما موضح في المثال الآتي :



كمية الحرارة الناتجة تساوي = 91.542 KJ

### 2-11-1 التفاعلات الباعثة للحرارة (Exothermic Reactions)

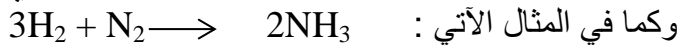
في الكيمياء، فإن التفاعل المنتج للحرارة هو التفاعل الذي تنطلق منه حرارة ، وهو يعكس التفاعل الماص للحرارة الذي لا يتم إلا إمداده بحرارة من الخارج، وفيها تكون حرارة التفاعل ذات قيمة سالبة .

مثال على التفاعل المنتج للحرارة ، احتراق الخشب (اتحاد الكربون مع الأوكسجين).

يتم التعبير عن التفاعل المنتج للحرارة بالطريقة الآتية :

المتفاعلات ← النواتج + طاقة

وكمثال على التفاعلات الباعثة للحرارة هو تفاعل غازي الهيدروجين والنيتروجين لتكوين غاز الأمونيا



كمية الحرارة الناتجة تساوي = 91.542 KJ -

## أسئلة الفصل الأول

- س 1 : عرف الحجم، ثم جد حجم أسطوانة قطر قاعدتها 10 cm وأرتفاعها 100 cm .
- س 2 : عرف كلاً من الوزن الذري و الوزن الجزيئي .
- س 3 : جد الكتلة المولية للمركبات الآتية :
- أ- الماء  $H_2O$
- ب- نترات الفضة  $AgNO_3$
- ج - هيدروكسيد الكالسيوم  $Ca(OH)_2$
- د - الكحول الأيثلي  $C_2H_5OH$
- هـ - البنزين  $C_6H_6$
- س 4 : أحسب مولالية المحلول المحضر بإذابة 36 g من سكر الكلوكوز، الكتلة المولية  $180 \text{ g/mol}$  في 360 g من الماء المقطر.
- س 5 : عرف كلاً من المولالية و المولارية مبيناً ما الفرق بينهما .
- س 6 : حضر محلول السكروز  $C_{12}H_{22}O_{11}$  ( الكتلة المولية =  $342 \text{ g/mol}$  ) وذلك بإذابة 34.2 g منه في 180 g من الماء المقطر ( الكتلة المولية للماء =  $18 \text{ g/mol}$  ) . عبر عن تركيز السكر والماء في المحلول بدلالة الكسر المولي لكل منهما .
- س 7: ما الوزن المطلوب من هيدروكسيد الصوديوم لتحضير ربع لتر من محلول مولاري .
- س 8 : عرف الكثافة ثم جد الكثافة الوزنية لسائل لحجمه 10 kg ووزنه 900 g .
- س 9 : عرف العيارية ثم جد عيارية حامض الهيدروكلوريك الذي يحتوي 500 ml من محلوله على 37.413 g من غاز HCl
- س 10 : أشرح عملية التسحيح مبيناً الغرض الرئيس منها
- س 11 : عرف الأصرة الكيميائية ثم عدد أنواعها
- س 12: ما الفرق بين الأصرة التساهمية والأصرة الأيونية
- س 13: أذكر نظريات سرعة التفاعل الكيميائي ثم قارن بينهما .
- س 14 : ما هو دور الأدلة في عمليات التسحيح .
- س 15 : وضح الفرق بين التفاعلات الباعثة للحرارة والتفاعلات الماصة للحرارة .



### اهداف الفصل

تهدف دراسة الفصل الى تعريف الطالب بالمعلومات الاتية:

1. ماهية المركبات العضوية.
2. الترتيب الالكتروني لذرة الكربون وقدرة الذرة على تكوين اواصر تساهمية.
3. انواع المركبات العضوية من اليفاتية الى اروماتية و تسمية المركبات العضوية وفق نظام IUPAC.
4. الخواص الفيزيائية للالكانات والالكينات والالكينات.
5. المركبات المشبعة وغير المشبعة والتميز بينها .



## 2-1 تمهيد

ترجع بداية التاريخ الحديث للكيمياء العضوية الى بدايات القرن التاسع عشر وقد وصف هذا العلم آنذاك بانه غابة لا حدود لها ومع تطور هذا العلم بدأت تتضح معالمه واصبحت الكيمياء العضوية اكثر تحديدا وفي متناول الجميع .

**الكيمياء العضوية:** هي أحد فروع علم الكيمياء ويتناول هذا العلم دراسة بناء وخواص وتركيب وتفاعلات المركبات الكيميائية العضوية والتي تحتوي على عنصر الكربون كعنصر أساسي بالإضافة إلى عناصر أخرى مثل النيتروجين، الأوكسجين والهالوجينات، وفي احيان قليلة الفسفور أو الكبريت، تختص الكيمياء العضوية بدراسة مركبات الكربون العضوية وطرائق تحضيرها وخواصها والتي تمس حياتنا اليومية مباشرة حيث ان هذه المركبات تدخل في الغذاء والدواء والكساء والوقود وتمتاز المركبات العضوية عن المركبات اللاعضوية بصورة عامة بما يأتي:

أ- يكون الكربون هو العنصر الاساس في تركيبها ويليه الهيدروجين وعناصر اخرى مثل الاوكسجين والنتروجين والكبريت و الفسفور.

ب- تكون الاواصر الكيميائية في المركبات العضوية في الغالب تساهمية.

ج- معظم المركبات العضوية قابلة للاحتراق والتجزؤ بالتسخين لذا تعتبر أهم مصدر للطاقة.

د- تكون تفاعلات المركبات العضوية بصورة عامة بطيئة وانعكاسية.

هـ- معظم المركبات العضوية تذوب في المذيبات العضوية كالكحول والايثر والبنزين والاسيتون والكلوروفورم.

و- تتميز المركبات العضوية بوجود ظاهرة الجناس وهي ظاهرة ذات اهمية كيميائية وفيزيائية.

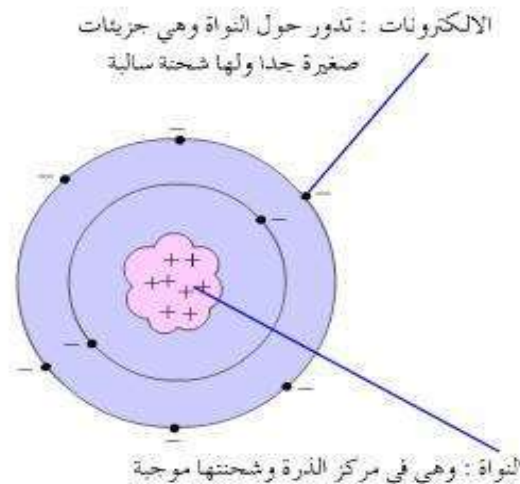
**تصنف المركبات العضوية الى:**

(1) المركبات او الهيدروكربونات الأليفاتية: وهي سلاسل كاربونية قد تكون طويلة او قصيرة ويمكن أن يعدل تركيبها عن طريق المجموعة الفعالة.

(2) الهيدروكربونات الأروماتية، والتي تحتوى على حلقة واحدة أو أكثر من حلقات البنزين.

## 2-2 الصيغة التركيبية او البنائية لذرة الكربون

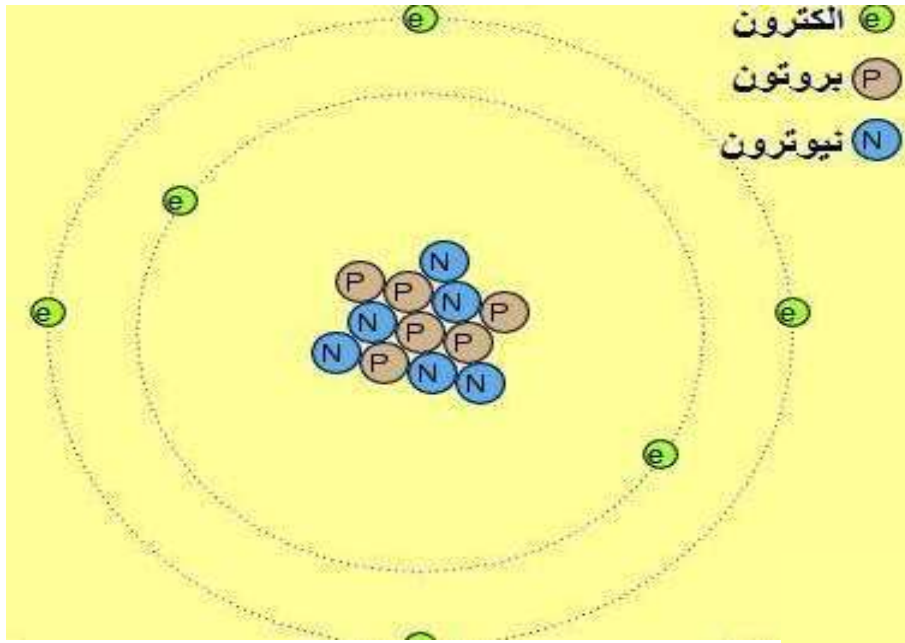
### Structural formula of carbon atom



شكل (1-2) الذرة ومكوناتها

الذرة أصغر جزء في المادة تتكون من النواة والمدارات الإلكترونية، شكل (2-1) الذرة ومكوناتها، وتوجد في الذرة ثلاثة أنواع أساسية للجسيمات وهي الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات وهذه الدقائق غير قابلة للانقسام وهي أصغر جزء من العنصر يحمل صفاته الأصلية. تتركز البروتونات ذات الشحنة الموجبة والنيوترونات ذات الشحنة المتعادلة في داخل النواة بينما تدور الإلكترونات في المدارات الإلكترونية حول النواة .

تؤخذ ذرة الكربون كمثال على ماورد سبفا حيث يكون العدد الذري لذرة الكربون هو ستة، حيث تحتوي على ستة بروتونات وستة نيوترونات داخل النواة وستة إلكترونات تدور في المدارات الإلكترونية حول النواة وكما هو موضح في الشكل (2-2)، وتعتبر الذرة متعادلة كهربائيا حيث ان عدد البروتونات الموجبة داخل النواة يساوي عدد الإلكترونات السالبة حول النواة.



شكل (2-2) النواة والمدارات الإلكترونية في ذرة الكربون

يتضح من اعلاه ان العدد الذري لذرات الكربون هو 6 اي انها تحتوي على الكترونين في مدارها الاول واربعة الكترونات في مدارها الخارجي اي ان هذا المدار يكون غير مشبع اي لا تستطيع من اكتساب او فقدان الكترونات لإشباع مدارها الخارجي وانما تساهم بالإلكترونات الأربعة لإشباع مدارها الخارجي مع بقية الذرات فإذا تكون اربعة اواصر تساهمية، مما يؤدي الى تكوين عدد هائل من المركبات العضوية، هذه المركبات تكون بالأشكال الآتية :

1- سلاسل كاربونية مستمرة غير متفرعة.  $-C-C-C-C-C-$

2- سلاسل كاربونية متفرعة.  $\begin{array}{c} C \\ | \\ -C-C-C-C-C- \end{array}$

3-سلاسل كاربونية مغلقة-حلقية.

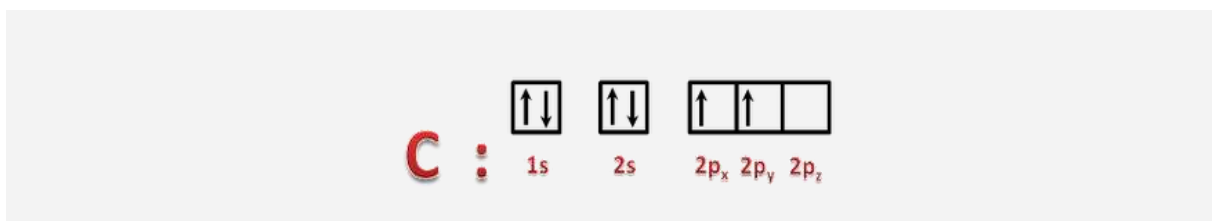
4- سلاسل كاربونية تحتوي على اواصر مزدوجة.  $-C-C=C-C-$

5- سلاسل كاربونية تحتوي على اواصر ثلاثية.  $-C-C\equiv C-C-$

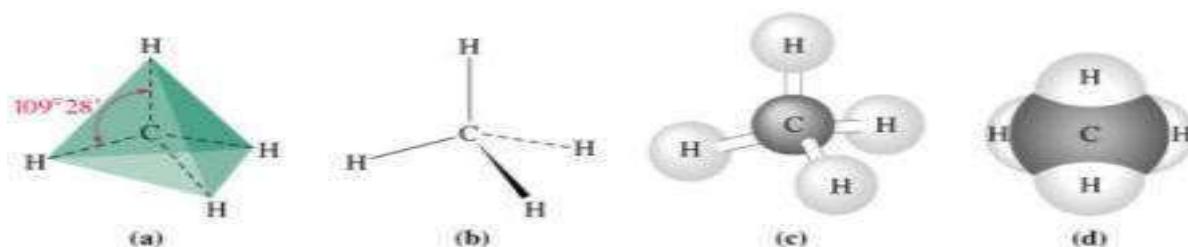
## 2-3 الترتيب الإلكتروني لذرة الكربون

### Electron configuration of carbon atom

من المعروف أن التوزيع الإلكتروني العادي لذرة الكربون ذات الستة إلكترونات هو :  
 $1S^2 2S^2 2P^2$  شكل (3-2)، شكل (4-2).



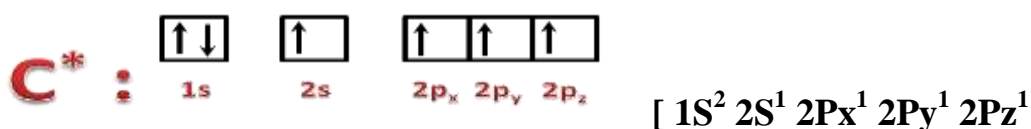
شكل (3-2) التوزيع الإلكتروني العادي لذرة الكربون



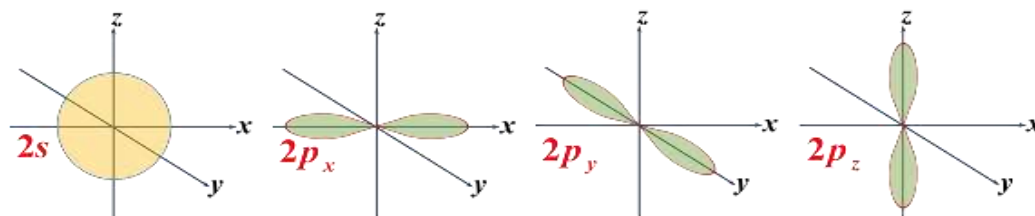
شكل (4-2) التوزيع الإلكتروني العادي لذرة الكربون

الترتيب الإلكتروني لذرة الكربون بعد التهجين:

يكون الترتيب الإلكتروني لذرة الكربون شكل (5-2)، شكل (6-2):

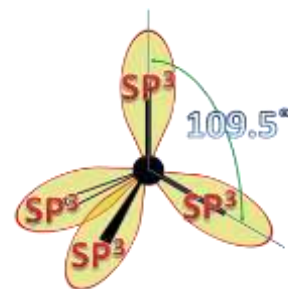
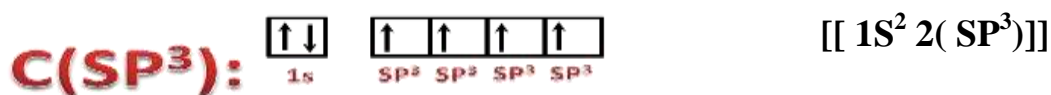


شكل (5-2) الترتيب الإلكتروني لذرة الكربون بعد التهجين



شكل (6-2) التوزيع الإلكتروني لذرة الكربون بعد التهجين

نظرية التهجين التي تنص على أنه لكي ترتبط ذرة الكربون بأربعة ذرات هيدروجين وتكون جزيء الميثان يجب أن يتوفر في ذرة الكربون أربعة مدارات متشابهة ونصف ممتلئة وتكون الزوايا بينها  $109.5^\circ$  ولكي يتحقق ذلك يجب ان يدمج المدار (S) الموجود في مستوى الطاقة الثاني مع ثلاث مدارات من نوع (P) لتتكون أربعة مدارات جديدة من نوع  $SP^3$  بحيث تكون هذه المدارات الأربع في أركان هرم رباعي السطوح والزوايا بينها  $109.5^\circ$ . ويصبح التوزيع الإلكتروني لذرة الكربون المشبعة كما في شكل (7-2) :



شكل (7-2) التوزيع الإلكتروني لذرة الكربون بعد التهجين.

وبهذا التصور يتكون جزيء الميثان ( $CH_4$ ) الذي يتخذ شكل هرم رباعي السطوح منتظم في الفراغ وتكون جميع الاواصر الأربعة متشابهة والزوايا بينها  $109.5^\circ$  ، وهذا التصور تم تأكيده لاحقاً .

## 4-2 اصناف ذرة الكربون

يمكن تصنيف ذرات الكربون في السلسلة الهيدروكربونية بناءً على عدد ذرات الكربون الأخرى التي ترتبط بها ذرة الكربون وكما يأتي :

### (أ) الكربون الأولي:

وهو كربون يرتبط مع ذرة كربون واحدة فقط :

مثال:  $CH_3CH_2CH_3$  : ذرتا الكربون ( 1و2) أوليتان لأن الواحدة منهما تتصل بذرة كربون واحدة فقط ، وفي المركب : البروبان :  $CH_3CH_2CH_3$  : ذرة الكربون (1) أولية وكذلك ذرة الكربون (3) لأن كليهما ترتبطان مع ذرة كربون واحدة فقط ، هذا ويسمى الهيدروجين الذي يرتبط بذرة الكربون الأولية باسم الهيدروجين الأولي أيضاً، أي أنه يأخذ اسمه منها.

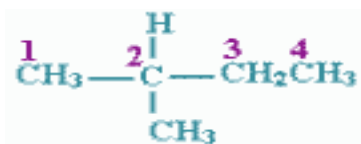
### (ب) الكربون الثانوي :

إن ذرة الكربون رقم (2) في البروبان :  $CH_3CH_2CH_3$  : ترتبط مع ذرتي كربون أخرى هما (1،3) ولذا تصنف على أنها كربون ثانوي، أي أن ذرة الكربون الثانوية ترتبط مع ذرتي كربون أخريين.

**مثال آخر :** في البنتان:  $\overset{1}{\text{CH}_3}\overset{2}{\text{CH}_2}\overset{3}{\text{CH}_2}\overset{4}{\text{CH}_2}\overset{5}{\text{CH}_3}$  يوجد ثلاث ذرات كربون ثانوية وهي رقم (2، 4، 3) ويسمى الهيدروجين المرتبط بذرة كربون ثانوية باسم الهيدروجين الثانوي.

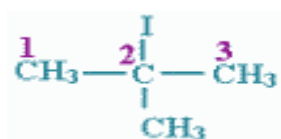
### (ج) الكربون الثالثي:

إن الكربون الثالثي يرتبط في السلسلة مع ثلاث ذرات أخرى من الكربون ففي المركب الآتي مثلاً:



الكربون رقم (2) هو كربون ثالثي لأنه يرتبط مع ثلاث ذرات كربون، أما الهيدروجين المرتبط به فهو هيدروجين ثالثي.

أما في المثال الآتي:



إن الكربون رقم (2) هو كربون ثالثي كونه يرتبط بثلاث ذرات كربون أخرى لذلك يسمى المركب ثلاثي يوديد البيوتيل أي أن اليوديد اعتبر ثالثياً لأنه ارتبط بالكربون الثالثي.

ملاحظة:

يجب التمييز بين ثالثي وبين ثلاثي، فالأولى تعني مرتبة ذرة الكربون وما يرتبط بها، أما الثانية فتعني وجود ثلاث مجاميع معوضة، ينطبق الأمر نفسه على ثانوي وثنائي التي تعني وجود مجموعتين معوضة.

## الهيدروكربونات Hydrocarbons

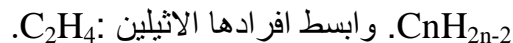
هي مركبات عضوية تتكون من الكربون والهيدروجين فقط ويمكن تصنيفها حسب :

1- كونها مشبعة أو غير مشبعة.

2- كون السلسلة الكربونية مغلقة أو مفتوحة. وتصنف إلى:

أ- البرفينات أو الألكانات : أبسط افرادها الميثان . وهي مركبات مشبعة تمتلك اصرة مفردة قانونها العام  $C_nH_{2n+2}$

ب- الاولفينات او الالكينات : وهي مركبات غير مشبعة، ذات اصرة مزدوجة : قانونها العام:



ج - الاستيلينات او الالكينات : وهي مركبات غير مشبعة، ذات اصرة ثلاثية : قانونها العام  $C_nH_{2n-2}$  . و ابسط افرادها الاستيلين :  $C_2H_2$ .

د- المركبات ذات السلسلة الكربونية المغلقة او الحلقية: وقسم منها المشبع مثل الهكسان الحلقي او غير المشبع مثل حلقة البنزين ومشتقاته.

## 5-2 الالكانات Alkanes

توصف الألكانات بأنها هيدروكربونات مشبعة وسميت بالهيدروكربونات لأنها تحتوي على ذرات الكربون والهيدروجين فقط وهي مركبات مشبعة لأنها تحتوي على روابط احادية بين ذرات الكربون والكربون وكذلك بين الكربون والهيدروجين. القانون العام هو:  $C_nH_{2n+2}$ ، عدد ذرات الهيدروجين فيها يكون ضعف عدد ذرات الكربون ويزيد باثنين، وتسمى ايضا بالمركبات الاليفاتية وهو اسم مشتق من اسم اغريقي ( Greek aleiphas ) ويعني ذلك دهن ( fat ) .

### أمثلة:

(1) الميثان ( $CH_4$ ): مركب مؤلف من ذرة كربون واربعة ذرات من الهيدروجين، فذرة الكربون هنا اذن مرتبطة بأربع ذرات من الهيدروجين مؤلفة مركب يدعى الميثان.

(2) المركب المؤلف من ذرتي كربون وستة ذرات من الهيدروجين يدعى ايثان ( $CH_3-CH_3$ ) .

(3) المركب المؤلف من ثلاث ذرات كربون وثمانية ذرات هيدروجين هو البروبان ( $CH_3CH_2CH_3$ ).

(4) المركب الكون من اربع ذرات كربون وعشرة ذرات هيدروجين هو البيوتان ( $CH_2CH_2CH_2CH_3$ ) .

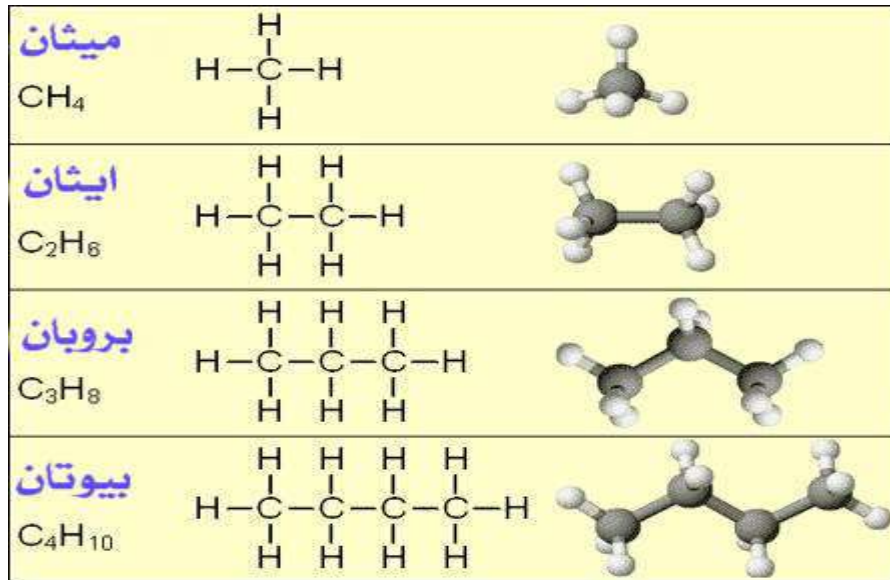
وهكذا فان الالكانات المتسلسلة او ما تسمى بالالكانات المتشاكلية : تسمى وفقا لعدد ذرات الكربون في السلسلة كما يظهر في الجدول (1-2).

## الألكانات

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{CH}_3$	أنديكان	$\text{CH}_4$	ميثان
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CH}_3$	دوديكان	$\text{CH}_3\text{CH}_3$	إيثان
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{CH}_3$	ترايديكان	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	بروبان
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{CH}_3$	تتراديكان	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$	بيوتان
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{13}\text{CH}_3$	بنتاديكان	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$	بنتان
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CH}_3$	هكساديكان	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$	هكسان
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{CH}_3$	هبتاديكان	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3$	هبتان
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CH}_3$	أوكتاديكان	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$	أوكتان
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{17}\text{CH}_3$	نوناديكان	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$	نونان
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{CH}_3$	إيكوسان	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_3$	ديكان

جدول (1-2) يمثل الألكانات العشرة الأولى

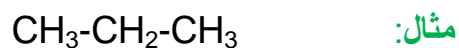
باستثناء الأربع مركبات الأولى (الميثان، الإيثان، البروبان و البيوتان) فأسمائها لها جذور تاريخية معروفة، تسمى بقية الألكانات اعتمادا على عدد ذرات الكربون التي يحتويها المركب حيث يضاف المقطع -ان إلى نهاية كل اسم للإشارة إلى أن المركب المعرف ألكان شكل رقم (2-8).



شكل رقم (2-8) الألكانات الأربعة الأولى

### 1-5-2 نظام التسمية للألكانات.

ان الألكان الذي له سلسلة كاربونية مستمرة (غير متفرعة) تسمية شائعة وقديمة جدا تبدأ بالحرف (ن) أو (n) والذي يشير الى كلمة (نظامي) أو (Normal) ثم يذكر اسم الألكان المقابل:



ن- بروبان

n- Propane

اما الالكان الذي يحتوي على مجموعة متفرعة فله ايضا تسمية شائعة وقديمة تبدأ بكلمة ( ايزو ) أو (Iso) ثم يذكر اسم الالكان المقابل:



ايزو- بيوتان

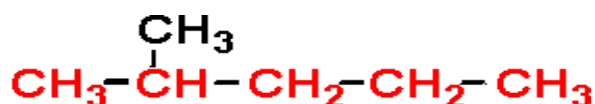
Iso-butane

مع تطور علم الكيمياء العضوية في القرن التاسع عشر، أصبحت الحاجة ملحة لاستخدام طريقة منظمة لتسمية المركبات العضوية، يسمى النظام المستخدم حالياً بنظام الايوباك وهو اختصار للاتحاد العالمي للكيمياء الصرفة (النقية) والتطبيقية.

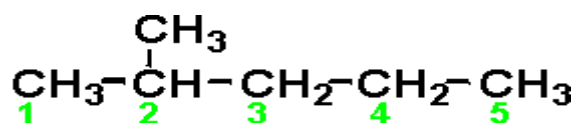
**(IUPAC) (International Union of Pure and applied Chemistry)**

**طريقة تسمية الالكانات المتفرعة**

1 - تحديد أطول سلسلة مستمرة لذرات الكربون، وإذا كان هناك سلسلتين مختلفتين مع تساوي الطول، يتم اختيار السلسلة التي تحتوي على أكبر عدد من الكربون



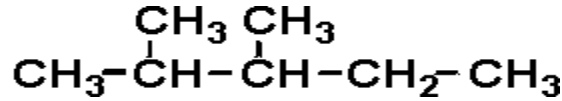
2- ترقيم الذرات ابتداءً من أحد الأطراف حتى الطرف الآخر، على أن يكون طرف البداية هو الأقرب لمجموعات التفرع في حالة وجودها، وإذا كان هناك تفرع في نهاية الطرفين من السلسلة وبنفس البعد، يبدأ الترقيم من الطرف الأقرب إلى ثاني تفرع.



مجموعة الميثيل تقع على ذرة الكربون رقم 2



**3-** يتم تحديد المجموعات المتصلة بالسلسلة الرئيسية بالترتيب ويكتب اسم الالكان كالاتي :  
حيث ترقم ذرة الكربون المتصلة بالمجموعات الفرعية وفي حالة وجود أكثر من تفرع يتم كتابة أرقام التفرع بترتيب الترقيم في السلسلة الرئيسية (3,2) وليس (2,3) كما في المثال الآتي:



فيكون اسم المركب : 3,2- ثنائي ميثيل بنتان

في حالة وجود اتصال لنفس المجموعة أكثر من مرة بسلسلة الالكان تستخدم البادئات الآتية طبقا لعدد مرات التكرار "ثنائي" ، "ثلاثي" وهكذا.

### 2-5-2 مجاميع الالكيل

لو تم نزع ذرة هيدروجين واحدة من الالكان فان الجزء المتبقي يسمى بمجموعة الألكيل، يتم تسمية مجموعة الألكيل باستبدال المقطع -ان في نهاية مركب الالكان الأصلي بالمقطع -يل. على سبيل المثال :  
نزع ذرة هيدروجين من

الميثان ( $\text{CH}_4$ ) يعطي مجموعة الميثيل ( $-\text{CH}_3$ ) (شكل (9-2))

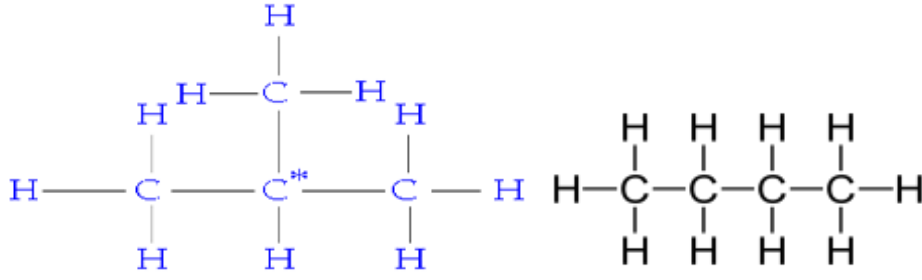


شكل (9-2) مجاميع الالكيل الثلاثة الاولى

### 3-5-2 الجناس (Isomers)

وتسمى المركبات التي لها نفس الصيغة الجزيئية وتختلف في الهيكل البنائي (أي الصيغة التركيبية) ولذا فهما يختلفان في الخواص الفيزيائية والكيميائية بالأشبه الجزيئية او الجناس (Isomers) وكما سبق الاشارة اليه في الميثان والايثان والبروبان ترتبط ذرات الكربون مع ذرات الهيدروجين او مع ذرات الكربون الاخرى بأواصر تساهمية مفردة ولا يوجد سوى احتمال واحد لترتيب تنظيم الذرات.

اما في حالة البيوتان فهي مختلفة حيث يوجد احتمالان لارتباط ذرات الكربون مع بعضها، الاول حالة السلسلة المستقيمة، والثاني السلسلة المتفرعة، والشكل (10-2) يبين الاشباه الجزيئية للبيوتان.



شكل (10-2) الاشباه الجزيئية للبيوتان

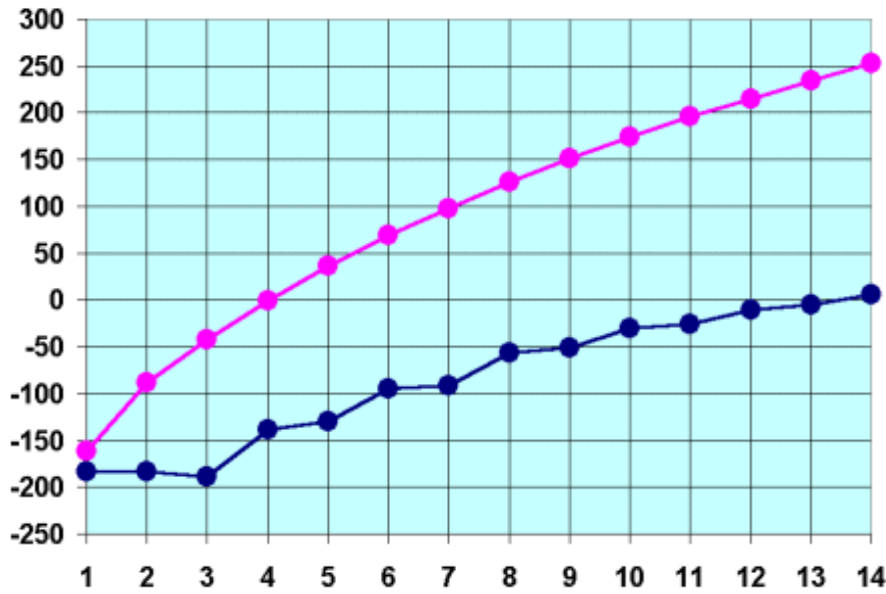
## 2 - 5 - 4 الخصائص الفيزيائية للألكانات

من اهم الخصائص للألكانات هي:

1- الألكانات لا تذوب في الماء .

2- كثافة الألكانات أقل من كثافة الماء .

تزيد نقطة الانصهار والغليان للألكانات بصفة عامة بزيادة الوزن الجزيئي وأيضا بزيادة طول السلسلة الكربونية الرئيسية، ويفسر هذا التأثير نتيجة لوجود قوى فانديرفال، ويوضح الشكل ( 2 - 11 ) درجات الانصهار والغليان لبعض الألكانات .



شكل (11-2) درجات الانصهار والغليان للألكانات (للأطلاع)

درجات الانصهار (اللون الأزرق) ودرجات الغليان (اللون الوردي) للألكانات بالدرجة السيليزية في الظروف القياسية تكون الألكانات من الميثان الى البيوتان في الحالة الغازية بينما تكون الألكانات من البنتان وحتى الألكان ذو عدد ذرات الكربون (17) في الحالة السائلة اما الألكانات ذو العدد الكربوني الأعلى فتكون في الحالة الصلبة.

## 5-5-2 الخصائص الكيماوية للألكانات

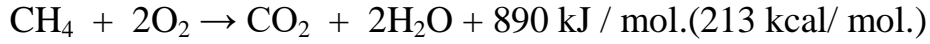
وتسمى الألكانات بالبرافينات وتعني قليلة الالفة الكيماوية وهذا المعنى يصف سلوك الألكانات بالنسبة للمواد الأخرى لان الالفة الكيماوية للألكانات بالنسبة للمواد الأخرى تعتبر قليلة جدا وتعتبر مواد خاملة تجاه معظم الكواشف المختبرية، ومن اهم الخصائص الكيماوية للألكانات هي:

### 1- تتفاعل الألكانات مع الأوكسجين والكلور تحت شروط ملائمة

### 2- تفاعل الألكانات مع الأوكسجين

يحدث هذا التفاعل خلال عملية الاحتراق في المحرك و الفرن عندما يستخدم الألكان كوقود و ينتج من التفاعل ثاني أوكسيد الكربون والماء وكمية كبيرة من الحرارة.

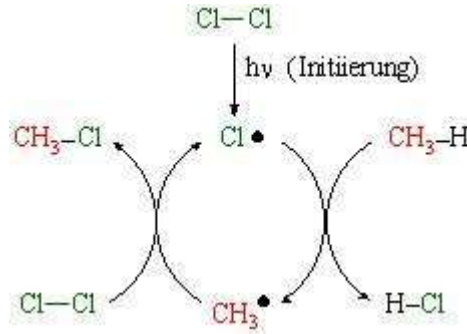
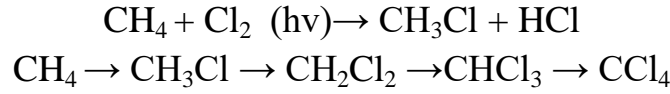
**مثال:** يتفاعل غاز الميثان الطبيعي مع الأوكسجين حسب المعادلة الآتية:



### تفاعل الألكانات مع الكلور

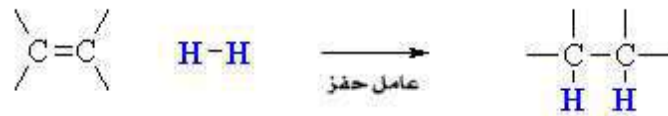
يتفاعل الألكان مع الكلور بوجود الضوء (الاشعة فوق البنفسجية) حيث يحدث استبدال متسلسل لذرات الهيدروجين في الألكان بذرات كلور.

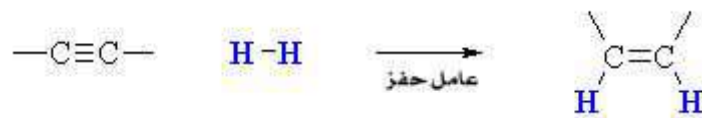
**مثال:** يتفاعل الميثان مع الكلور ليعطي مزيج من الكلورميثان وثنائي الكلورميثان والكلورفورم ورابع كلوريد الكربون .



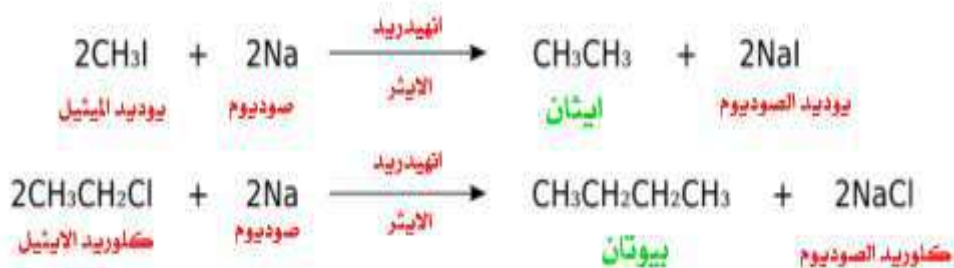
## 6-5-2 تحضير الألكانات

1- تفاعل الهدرجة للألكينات (الأولفينات) أو الألكاينات (الاستيلينات) بوجود عامل مساعد وكما يأتي :

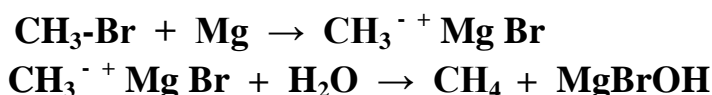




2- التفاعل المزدوج ،تفاعل ورتز Wurtz Reaction :



3- تحضير كاشف جرينيارد من هاليد الألكيل ومن ثم مفاعله مع الماء:



4- السحب الحراري لمح الكربوكسيل وكما يلي في المعادلة الآتية:



## 2-6 الألكينات او الاوليفينات

الألكين في الكيمياء العضوية هو هيدروكربون غير مشبع يحتوي على الأقل اصرة ثنائية واحدة بين ذرتي كربون وتكون الألكينات البسيطة التي تحتوي على اصرة مزدوجة واحدة سلسلة متجانسة، والألكينات لها الصيغة العامة  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ .

أبسط الألكينات هو الذي يعرف باسم "إثيلين" بينما الاسم المعتمد طبقا للاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والكيمياء التطبيقية (IUPAC) يسمى إتين. تسمى الألكينات أيضًا بالأوليفينات، إن الزاوية بين ذرتي الكربون في الرابطة المزدوجة ستكون  $120^\circ$ ، الاثيلين هو جزيء مستو بطول (الكربون - الكربون) الاصرة المزدوجة ( $1.34\text{Å}$ ) الذي هو أقصر بكثير من طول الاصرة الاحادية المقابلة ( $1.53\text{Å}$ ) في الإيثان.

## 2-6-1 التسمية العامة للألكينات

توجد ثلاث خطوات مهمة في التسمية هي :

- 1- تسمى أطول مجموعة متسلسلة كربونية تحتوي على اصرة ثنائية ثم يستخدم المقطع (ين) في النهاية.
- 2- ترقم ذرات الكربون في السلسلة من النهاية الأقرب للأصرة الثنائية وإذا كانت النهايتان بنفس المسافة من الاصرة الثنائية يبدأ بالترقيم من النهاية التي يكون بقربها أول تفرع .
- 3- يكتب الاسم كاملاً ورقم المعوضات حسب موقعها ثم ترتب بحسب التهجئة الإنجليزية ، ويعين موقع الاصرة الثنائية بإعطائها رقمًا يمثل أول ذرة كربون من الألكين . وإذا كان هناك أكثر من

اصرة ثنائية يرقم موقعها وتستخدم الدلالات الآتية الدالة على عددها [ داين ، ترايين ] اصرتين ، ثلاث اواصر .

### اسماء شائعة

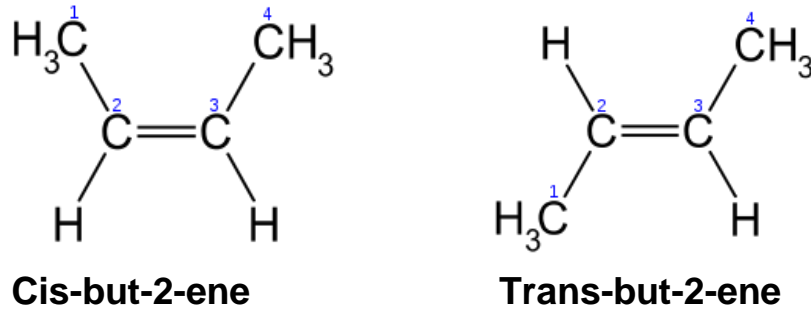
بالرغم من أن تسمية IUPAC هي الأكثر دقة في تسمية الألكينات، إلا أنه توجد بعض الأسماء الشائعة الاستخدام مثل :

$\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	
ميثل بروبين	بروبين	إثين	IUPAC : اسم
ايزوبيوتيلين	بروبيلين	إثيلين	الاسم الشائع:

### 2-6-2 الجناس الهندسي (جناس التجاور والتقابل او جناس سس و ترانس).

يوجد هذا النوع من الجناس في المركبات التي تحتوي على اصرة مزدوجة ويحدث الاختلاف في نظام ترتيب المجموعات حول الاصرة الثنائية، فإذا كانت الذرات أو المجموعات المتشابهة في نفس الاتجاه من الاصرة يسمى المركب (سيس) ومعناه مضاهي (Cis)، وإذا كانت في جهتين متعاكستين يسمى ترانس ومعناه مخالف (Trans).

**مثال:** البيوتان له جزيئان شبيهان في الاول تكون مجموعتا الميثيل ( $\text{CH}_3$ ) في الوضع سيس حيث يلاحظ أن مجموعتي الميثيل جاءتا في اتجاه واحد (على اليمين) بينما في الصيغة الثانية في الوضع ترانس حيث تأتي مجموعتي الميثيل في اتجاهين متعاكسين. شكل (12-2)



شكل رقم (12-2) الاشباه الجزيئية للبيوتان

### 3-6-2 الخواص الفيزيائية للألكينات

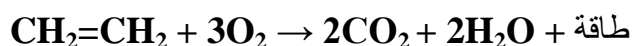
**أ- الذوبان:** ذوبانيتها في الماء مثل ذوبانية الألكانات ولكنها تظهر تفوقاً بسيطاً جداً في الذوبانية عن الألكانات ويعود السبب في ذلك إلى الاصرة الثنائية ( باي) التي تضيف قليلاً من القطبية على الجزيء، ولا تذوب الالكينات في الماء، ولكنها تذوب في المذيبات الغير قطبية، مثل : البنزين.

**ب- الكثافة:** الالكينات عموماً كثافتها منخفضة، ولها كثافة اقل من كثافة الماء.

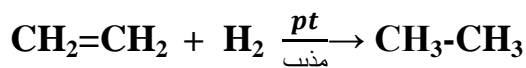
**ج- درجة الغليان:** تمتاز الألكينات بأنها ذات درجات انصهار وغليان منخفضة، وتزداد درجة غليان الألكينات مع زيادة عدد ذرات الكربون (الكتلة الجزيئية) هذا وان وجود التفرعات في الألكينات يقلل من درجات الغليان.

## 4-6-2 الخواص الكيميائية للألكينات

**أ- تفاعل الاحتراق "** وهو من أهم تفاعلات الهيدروكربونات ، وينتج عنها طاقة تستخدم في تشغيل الآلات " :



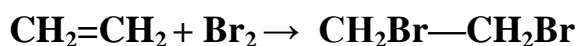
**ب- تفاعل الهدرجة:** الهدرجة الحفازية للألكينات تنتج الألكان المقابل، حيث يتم التفاعل تحت الضغط في وجود عامل مساعد فلزي. ومن الحفازات الصناعية الشائعة الاستخدام البلاتين، النيكل، البلاديوم، وغالبا ما يستخدم نيكول راني، وهو سبيكة من النيكل والألمنيوم في هذا النوع من التفاعلات وتوضح المعادلة الآتية . هدرجة الإثيلين للحصول على الإيثان:



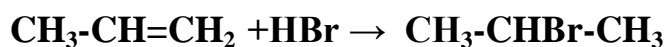
الإثيلين

الإيثان

**ج- الهلجنة:** عند إضافة البروم، أو الكلور في حالتهم العنصرية إلى الألكينات ينتج ثنائي برومو الكين وثنائي كلورو الكين، بالترتيب، وتعد عملية نزع الكلور من محلول البروم في الماء هي طريقة تحليلية للتأكد من وجود الألكين:

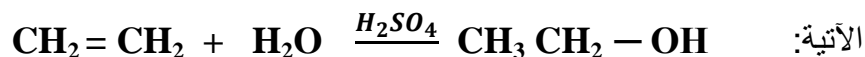


**د- التفاعل مع هاليد الهيدروجين .** يمكن إضافة حامض هيدروهاليد مثل HCl أو HBr للألكين وينتج الهالو ألكان المقابل.



ولو أن ذرتي الكربون عند الاصرة الثنائية مرتبطتان بعدد مختلف من ذرات الهيدروجين، فإن الهالوجين يتجه لذرة الكربون التي بها عدد ذرات هيدروجين أقل (وفقا لقاعدة ماركونيكوف).

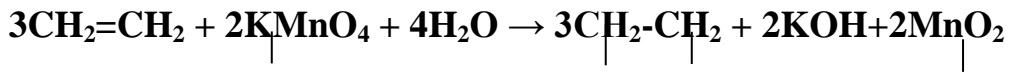
**ه-إضافة حامض الكبريتيك المركز الى الألكين :** يتكون الكحول المقابل عند امرار حامض الكبريتيك المركز في محلول احد الألكينات ثم اجراء عملية التحلل المائي للملح الناتج كما يظهر في المعادلة الآتية:



الإثيلين

كحول الإثيل

و-الأكسدة. في وجود الأوكسجين، تحترق الألكينات بلهب لامع لتنتج ثنائي أوكسيد الكربون ويمكن استخدام هذا النوع من التفاعلات لتحديد مكان الاصرة المزدوجة في الألكين



محلول بنفسجي

OH OH

راسب بني غامق

الاثيلين كلايكول

وعند اكسدة الالكينات بمحلول البرمنكنات البنفسجي يختفي لون البرمنكنات ويتكون الاثيلين كلايكول وراسب بني غامق من ثنائي اوكسيد المنغنيز.

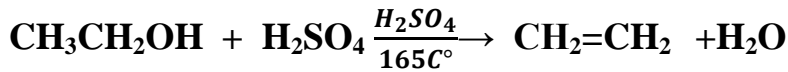
ح- البلمرة. بلمرة الألكينات تفاعل له أهمية اقتصادية، ونتيجة التفاعل هي البوليمرات ذات القيمة الصناعية الكبيرة، ومن نواتج عملية البلمرة اللدائن مثل البولي إيثيلين، البولي بروبيلين، ويمكن أن تتم عمليات البلمرة بعدة طرق منها طريقة الجذر الحر، أو الطريقة الأيونية .

## 2-5-6 تحضير الألكينات

1. تكسير البترول: أكثر الطرق الصناعية شيوعا لتصنيع الألكينات .

2. تفاعلات السحب(النزع) :

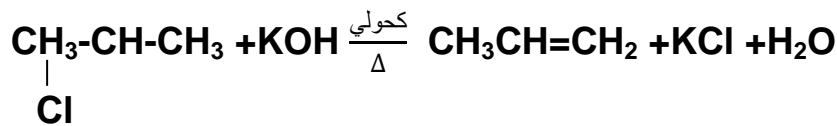
(أ) سحب جزيئة ماء من الكحولات : يمكن تصنيع الألكينات من الكحولات خلال تفاعلات السحب والتي يتم فيها سحب جزيء ماء من جزيء الكحول كما في المعادلة الآتية:



كحول الاثيل

الاثيلين

(ب) سحب جزيئة هاليد الالكيل: يحضر هاليد الالكيل من تسخين هاليد الالكيل مع قاعدة قوية مثل هيدروكسيد البوتاسيوم المذاب في الكحول حيث يعمل الكحول كعامل مساعد.



2- كلوروبروبان

بروبين

## 7-2 الالكينات او الاستيلينات

الالكينات : هي هايدروكربونات تحوي اصرة ثلاثية واحدة على الاقل بين ذرتي الكربون. وتعرف الالكينات باسم الاستيلينات ، وذلك على الرغم من ان الاستيلين هو ايضا اسم اول مركبات هذه السلسلة ، وان كان اسمه العلمي ايثاين.

القانون العام للالكينات هو  $C_nH_{2n-2}$

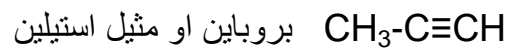
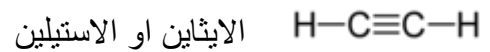
والاصرة الثلاثية قوية وتبلغ طاقتها 837 kJ/mol وتتضمن اصرة من نوع سيكما: تبلغ طاقتها 39 kJ/mol ، واصرتان من نوع باي الاولى طاقتها 268 kJ/mol. والاصرة باي الثانية وتبلغ طاقتها 2.2 kJ/mol ، اما عن طول الاصرة الثالثة بين ذرات الكربون - كربون فيبلغ  $1.21 \text{ \AA}$  وهو اقل بكثير من طول الاصرة في الالكانات والالكينات .

## 7-2-1 نظام تسمية الالكينات

1- يتم اختيار أطول سلسلة متصلة تحوي الاصرة الثلاثية، ويكتب اسم الألكاين على حسب عدد ذرات الكربون في هذه السلسلة منتهياً بالمقطع (ين) أو (يلين) على أن يسبق الاسم رقم ذرة الكربون الموجودة في الاصرة الثلاثية الأقل رقماً.

2- يتم ترقيم السلسلة من الطرف القريب للأصرة الثلاثية بغض النظر عن موقع المجموعات المتفرعة. ثم يتبع باقي النظام السابق في تسمية الألكينات.

أصغر الألكينات هو الاستيلين



## 7-2-2 الخواص الفيزيائية للالكينات

(أ) بعكس الألكانات والألكينات فإن الألكينات تكون غير ثابتة ونشيطة للغاية، وهذا سبب زيادة الحرارة الخارجة من الأستيلين أثناء عمليات اللحام.

(ب) تزداد درجة الغليان فيها مع زيادة الوزن الجزيئي (او مع زيادة عدد ذرات الكربون فيها). وتكون الافراد الاربعة الاولى فيها غازات في درجة حرارة الغرفة والبقية سوائل.

(ج) وتكون الالكانات سهلة الذوبان في المذيبات غير القطبية (مثل رباعي كلوريد الكربون والبنزين) وقليلة الذوبان في الماء.



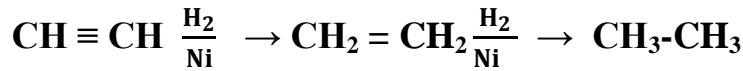
## 2-7-3 الخواص الكيميائية للألكينات

الألكينات تدخل في كثير من التفاعلات العضوية نتيجة احتوائها على مجموعتين فعالة : الأولى متمثلة بالأصرة الثلاثية والثانية متمثلة بالهيدروجين الحامضي الضعيف والقابل للاستبدال بفلز لتكوين الاستيليد.

تفاعلات الأصرة الثلاثية:

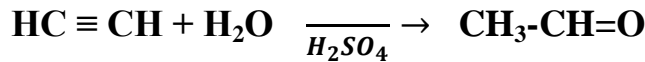
(أ): تفاعلات الإضافة

1- الهدرجة : يمكن اشباع الأصرة الثلاثية في الألكينات بمفاعلتها مع غاز الهيدروجين بوجود النيكل أو البلاتين كعامل مساعد ففي المرحلة الأولى يتكون الألكين وفي المرحلة الثانية يتكون الألكان كما يأتي:



2- إضافة جزيئة ماء:

عند امرار الاستيلين بمحلول مائي محمض بكبريتات الزئبق وينتج الاستالديهايد.



3- إضافة الهالوجينات الى الألكينات:

يمكن إضافة الهالوجين بسهولة الى الألكين ليصبح الكين مهلجن (أولفين) أولاً. ثم بإضافة جزيئة اخرى من الهالوجين يصبح الكان بعد ان يتم اشباع الأصرة الثلاثية.



الاستيلين                      2,1 - ثنائي برومو اثيلين                      2,2,1,1 - رباعي برومو ايثان

4- إضافة هاليد الهيدروجين :

ويتم ايضا على مرحلتين ، المرحلة الأولى يتكون مركب احادي الهاليد وفي الثانية يتكون مركب ثنائي الهاليد.



2,2 - ثنائي برومو بروبان                      2 - برومو بروبين

## (ب) تكوين الأسيتيليدات الفلزية

تتفاعل الألكاينات الطرفية مع القواعد القوية مثل الصوديوم، أميد الصوديوم، ن-بيوتيل ليثيوم، كاشف كرينيارد وينتج أنيون من الألكاين الطرفي واسيتيليد فلزي، واثناء تحلله المائي يحرر الألكاين الأصلي.



## 4-7-2 تحضير الألكاينات

### (أ) تحضير الاستيلين صناعيا ومختبريا :

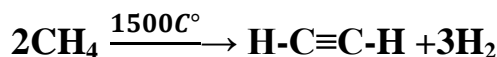
1- من التحلل المائي لكاربيد الكالسيوم كما هو موضح في المعادلة الآتية:



غاز الاستيلين                      كاربيد الكالسيوم

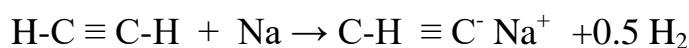
(الايثاين)

2- من بالتسخين الشديد للميثان (في معزل عن الهواء):



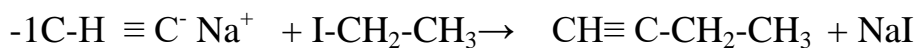
### (ب) تحضير الألكاينات ذات الكتلة المولية العالية:

تصنع الألكاينات بصفة عامة عن طريق سحب الماء المهلجن من الألكيل داي هاليد المتجاور، أو عن طريق تفاعل الأسيتيليدات الفلزية مع هاليد الألكيل الأساسي.



استيلين

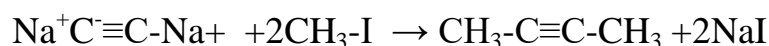
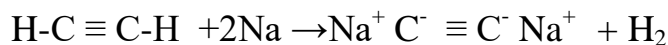
استيليد الصوديوم



بيوتاين

استيليد الصوديوم

يوديد الاثيل



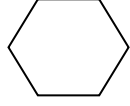
2- بيوتاين

## 8-2 المركبات العطرية (الاروماتية) Aromatic Hydrocarbons

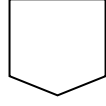
لقد وجد علماء الكيمياء العضوية انه من الأفضل أن تقسم المركبات العضوية (الهيدروكربونات) الى صنفين رئيسيين :

- المركبات الاليفاتية Aliphatic

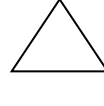
- المركبات العضوية العطرية (الاروماتية) Aromatic  
المركبات الاليفاتية وكما مر ذكرها هي مركبات مفتوحة السلسلة وتشمل الالكانات والالكينات  
والالكينات بالإضافة إلى المركبات الحلقية cyclic compounds مثل :



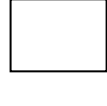
هكسان حلقي



بنتان حلقي



بروبان حلقي



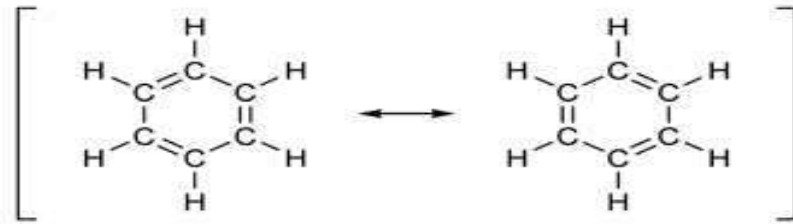
بيوتان حلقي

وتتشابه هذه المركبات بتفاعلاتها فهي تعاني من تفاعلات بالإضافة بالنسبة للأواصر والتعويض  
بالجذور الحرة على مواضع السلسلة الاليفاتية.

أما الهيدروكربونات الاروماتية فهي المركبات العضوية ذات الصيغة الكيميائية العامة  
( $C_nH_{2n-6}$ ) والتي تتميز بروائح عطرية لذلك اطلق عليها اسم المركبات العطرية (الاروماتية) وابطس  
واول مركب لهذا الصنف هو البنزين، ولغرض دراسة المركبات العطرية (الاروماتية) من الضروري  
دراسة مركب البنزين.

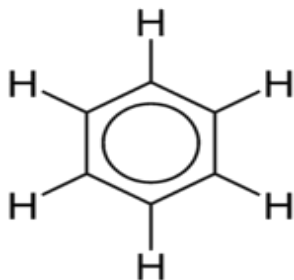
## 2- 1-8 البنزين Benzene

البنزين اول المركبات العضوية العطرية (الاروماتية) وقد عرف منذ عام 1825، حيث أثبتت  
تجارب تقدير الوزن الجزيئي للبنزين أن جزيئته تتألف من ست ذرات كاربون وست ذرات هيدروجين  
وبصيغة جزيئية وتركيبية  $C_6H_6$ ، وأشارت نسبة الكاربون إلى الهيدروجين أن كل ذرة كاربون ترتبط  
مع الأخرى بأصرة كيميائية مكونة حلقة سداسية وهذه الذرات بدورها مرتبطة بذرة هيدروجين، وبذلك  
يكون مركب البنزين مركب حلقي غير مشبع كما في الصيغ التركيبية الآتية:



وقد وضعت فكرة التركيب الحلقي غير المشبع للبنزين من قبل العالم الألماني كيكول عام 1865م إذ  
اقترح أن الأواصر المزدوجة تتذبذب بين هذين التركيبين المتكافئين، إن الأواصر في هاتين الصيغتين  
تتبادلان الأماكن بسرعة كبيرة بحيث أن الأصرة بين ذرتي الكاربون لا تكون أحادية ولا مزدوجة ولكن  
وسطاً بين الاثنين وهي حالة من حالات صفة التآرجح او ما يسمى بالروزونانس وعليه يمكن تمثيل

البنزين بالصيغة (أ) او (ب)، ولا يمكن لأي منهما ان تمثل صيغة البنزين تمثيلاً حقيقياً ، وذلك لأن جميع أطوال أواصر C - C في حلقة البنزين متكافئة في الطول وتساوي ( $1.40 \text{ \AA}$ ) وهذه قيمة وسطية بين طول الأصرة الأحادية التي تساوي ( $1.54 \text{ \AA}$ ) والمزدوجة التي تساوي ( $1.34 \text{ \AA}$ ) ، وبذلك اعتبر تركيب البنزين هجيناً بين الصيغتين واعتبرت هاتان الصيغتان تراكيب رنينية تحمل صفة التآرجح أو الروزونانس و يمكن التعبير عنهما بالصيغة الأشمل كما في الشكل الاتي الذي اصبح اكثر قبولاً .



ويعد البنزين أكثر المركبات الاروماتية أهمية كمادة أولية أساسية للمنتجات البتروكيمياوية حيث يدخل في صناعات عديدة من البلاستيكات والراتنجات والألياف والمواد المطاطية ومنظفات ومبيدات .

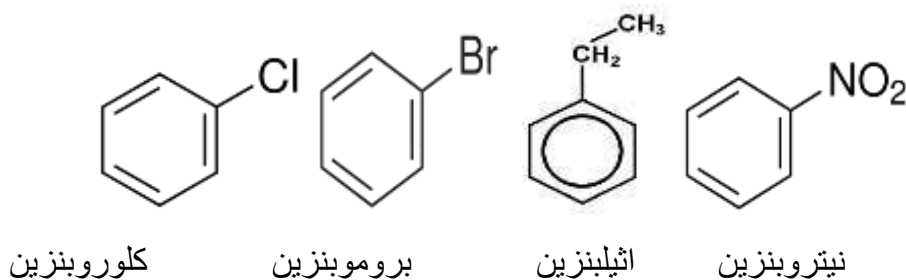
## 2- 8- 2 الصفة الاروماتية Aromatic Character

المركبات الاروماتية هي تلك المركبات التي تشابه البنزين في تركيبها وصيغتها الجزيئية وتحتوي على عدد كبير من الأواصر المزدوجة ولا تستجيب لتفاعلات الإضافة وتعاني من تفاعلات تعويض شبيهه بجزيئة البنزين . بالإضافة إلى أن المركبات الاروماتية، وبسبب ظاهرة الروزونانس، تكون ذات ثباتية عالية ومسطحة الشكل ويمكن ان تكون خماسية وسداسية وسباعية ومتعددة الحلقات .

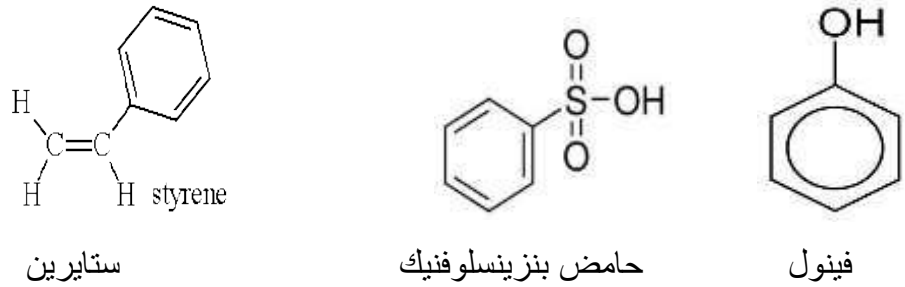
## 2- 8- 3 تسمية المركبات العطرية ( الاروماتية )

تخضع المركبات العطرية في تسميتها إلى طريقة تختلف نسبياً عن تسمية المركبات العضوية الاليفاتية، إذ تعتمد التسمية بالدرجة الأساس على اسم المجموعة تتبعها الحلقة الاروماتية، ففي حالة البنزين مثلاً هنالك عدة أساليب للتسمية :

أ - إذا احتوت حلقة البنزين على مجموعة معوضة فتسمى هذه المجموعة تتبعها كلمة بنزين مثل :

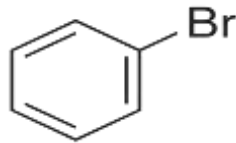


ب - مركبات أخرى تحمل تسمية شائعة تكون فيها المجموعة المعوضة وحلقة البنزين وحدة كاملة من أهمها :



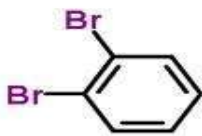
ويلاحظ من التسميات أنفاً بأن مجموعة واحدة معوضة في حلقة البنزين .

ج - أما في حالة وجود مجموعتين معوضتين في حلقة البنزين عندئذٍ توجد ثلاثة تراكيب ايزومرية تستخدم مقاطع أورثو ortho وميتا meta وبارا para قبل اسم المركب بعد تثبيت اسم المجموعة المعوضة الأولى ، مثلاً :

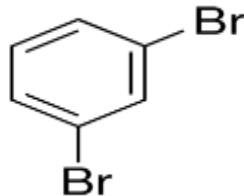


بروموبنزين (المجموعة المعوضة الاولى)

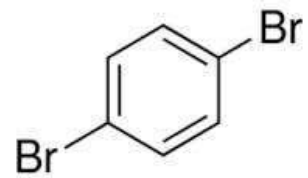
عندما تكون المجموعتين متشابهتين :



اورثو-ثنائي بروموبنزين

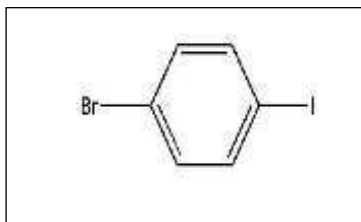


ميتا-ثنائي بروموبنزين

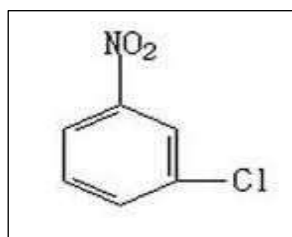


بارا-ثنائي بروموبنزين

- عندما تكون المجموعتين مختلفتين :

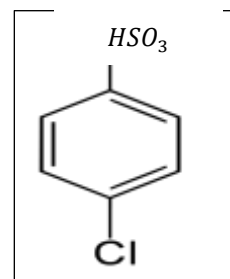


بارا- برومو ايودوبنزين



ميثا- كلورو

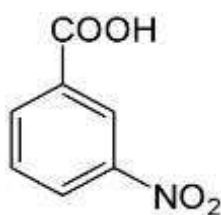
نايتروبنزين



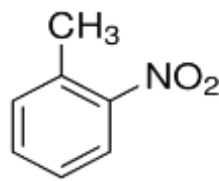
بارا-كلوروحامض

بنزينسلفونيك

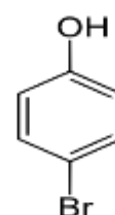
- عندما تكون المجموعة المعوضة من المركب الشائع التسمية :



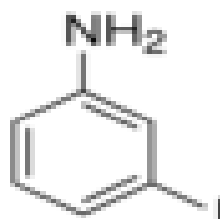
ميثا- نايترو حامض البنزويك



اورثو - نايتروتولوين

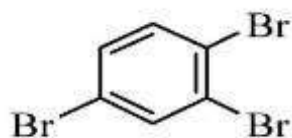


بارا- بروموفينول

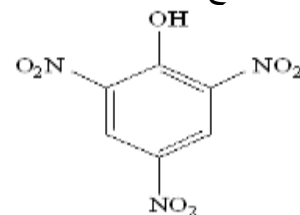


ميثا - ايودو انيلين

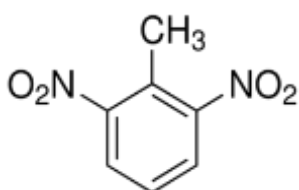
- د - عندما ترتبط بحلقة البنزين أكثر من مجموعتين معوضتين تستخدم الأرقام لتحديد المواقع النسبية للمجاميع مثل :



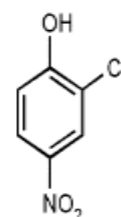
1,2,4-ثلاثي بروموبنزين



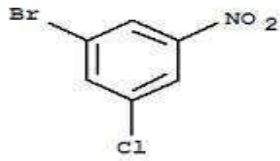
2,4,6-ثلاثي نايتروتولوين



2,4-ثنائي نايتروتولوين



2,4-كلورو- نايتروفينول

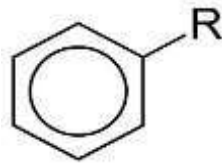


3- برومو-5- كلوروناتروبنزين



2,4,6- ثلاثي نايثرو فينول

هـ - سبق وان سميت مجموعة (  $\text{CH}_3$  ) في المركبات العضوية الالفاتية بالمثل لذلك فان مجموعة حلقة البنزين تسمى بالفينيل مثل :

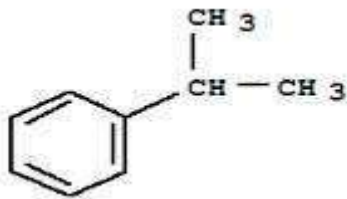


مجموعة فينيل



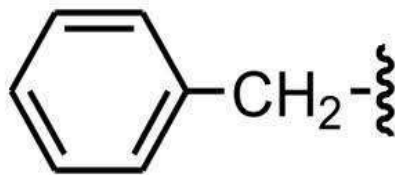
مجموعة مثل

لذا عند ارتباط حلقة بنزين بسلسلة اليفاتية فان الحلقة هي التي تعتبر مجموعة معوضة على السلسلة،  
مثل:

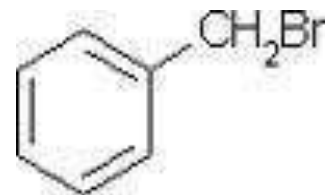


2- فنيل بروبان

و - أما المجموعة المشتقة من التلوين فتسمى بنزيل Benzyl ، مثلاً :



مجموعة بنزيل



بروموبنزيل

## 2-8-4 الخواص الفيزيائية للمركبات الاروماتية

للمركبات العطرية أو الاروماتية خواص فيزيائية تشابه الخواص الفيزيائية للالكانات فهي لا تذوب في الماء وتذوب في المذيبات العضوية اللاقطبية اقل كثافة من الماء ودرجات غليانها واطنة نسبياً وتزداد مع زيادة وزنها الجزيئي، وهي ذات روائح مقبولة لها القابلية العالية للاشتعال وذات سمية عالية،

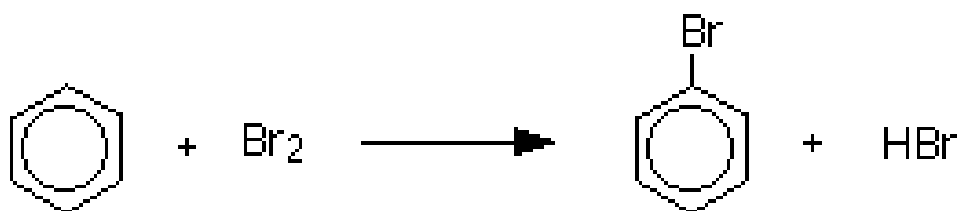
والمصدر الرئيس للمركبات الاروماتية من القطران أو الالكانات والمخلفات النفطية حيث يتم تحضيرها بعملية تسمى إعادة التكوين والتي تتضمن إزالة الهيدروجين .

## 5-8-2 الخواص الكيماوية للمركبات الاروماتية

### ( A ) الخواص الكيماوية للبنزين

المركبات الاروماتية مثل البنزين والمركبات المشابهة له في التركيب تكون مستقرة نسبياً لا تتأثر بالقواعد القوية أو الحوامض القوية مثل حامض الهيدروكلوريك المركز ولا بالعوامل المؤكسدة مثل البرمنكنات، إلا أن الهيدروكربونات الاروماتية تتميز بميلها للتفاعل التعويضي الأيوني والاستبدال بدلاً من تفاعلات الإضافة .

فمثلاً تفاعل البنزين مع البروم يؤدي إلى تعويض ذرة بروم بدلاً عن ذرة هيدروجين



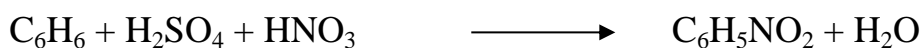
ويحترق البنزين في الاوكسجين الجوي لينتج ثنائي اوكسيد الكربون مع دخان اسود وماء.

## 2-6-8 التفاعلات الكيماوية للمركبات العطرية

يعاني البنزين وبسهولة مجموعة من التفاعلات التي تشمل التعويض أو استبدال مع ذرة هيدروجين من الحلقة مما يجعل هذه التفاعلات سهلة في انتاج عدد كبير من المركبات الاروماتية او مشتقاتها وتشمل هذه التفاعلات:

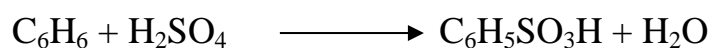
**1-النترنة :** يتفاعل البنزين مع مزيج من حامضي الكبريتيك والنتريك المركزين بدرجة حرارة

45° موهو سائل اصفر اللون اثقل من الماء.



**2-السلفنة :** يتفاعل البنزين مع حامض الكبريتيك الداخن (المركز) في درجة حرارة الغرفة ليتكون

حامض البنزين سلفونك ويفيد هذا التفاعل في انتاج المنظفات



**3-الهجنة :** يتفاعل البنزين مع الهالوجينات بوجود هاليد الحديدك الجاف كعامل مساعد لينتج هاليد

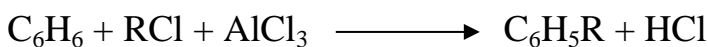
بنزين وهاليد هيدروجين.





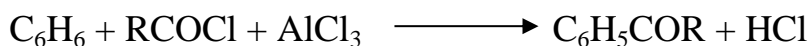
**4-الاكللة :** كما يمكن تعويض مجموعة الكيل عند مفاعلة البنزين مع هاليد الكيل بوجود عامل

مساعد في هذه الحالة كلوريد الالمنيوم الجاف لكي نحصل على الكيل بنزين مثل التلويين.



**5-الاستلة :** تعويض مجموعة استيل وذلك بتفاعل كلوريد الاستيل مع البنزين وبوجود كلوريد

الالمنيوم الجاف لتكوين اسيتوفينون.



وفي جميع هذه التفاعلات تستبدل ذرة أو مجموعة بإحدى ذرات هيدروجين البنزين . ويمكن للنتائج

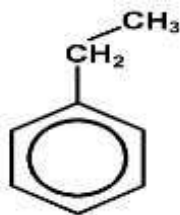
أن يعاني تفاعل استبدال أو تعويض ثاني تستبدل فيه ذرة هيدروجين أخرى لينتج مركب ثنائي التعويض.

وهذه التفاعلات هي دلالة على ثبات البنزين وانه يقاوم تفاعلات الإضافة حفاظاً على نظامه الحلقي .

### **(B) الخواص الكيميائية لمشتقات البنزين ( الارينات )**

هنالك نوع ثاني من المركبات العطرية وهي تلك الحاوية على وحدات اليفاتية واروماتية وتسمى

بالارينات مثل اثيل البنزين :



**اثيل بنزين**

في مثل هذه المركبات يتوقع ان تظهر نوعين من الخواص الكيميائية فحلقة البنزين تعاني تفاعلات

تعويض ومجموعة الاثيل او السلسلة الجانبية تعاني تفاعلات الاضافة المميزة للالكانات ، بالإضافة الى

ذلك فان المجموعة الاليفاتية تؤثر على مجموعة البنزين والعكس صحيحاً فعند معاملة اثيل البنزين مع

حامض النتريك وحامض الكبريتيك تدخل مجموعة النايترو الى حلقة البنزين في حين معاملته مع البروم

بوجود الضوء تدخل ذرة البروم الى مجموعة الاثيل .

وفي هذه التفاعلات تكون عملية النترة أسهل منها في البنزين وجود مجموعة الاثيل وتفاعل البروم

أسرع مما في الايثان بسبب تأثير حلقة البنزين .

## اسئلة الفصل الثاني

- س 1 : عرف الكيمياء العضوية؟  
 س2 : كيف تصنف المركبات العضوية؟  
 س3 : اذكر الترتيب الالكتروني العادي لذرة الكربون؟ ما هي الصفة الفريدة لذرة الكربون؟  
 س 4: في جزيئة الميثان كيف ترتبط ذرة الكربون بالهيدروجين؟  
 س 5: اذكر التوزيع الالكتروني العادي لذرة الكربون؟  
 س 6: ما لمقصود بالصيغة التركيبية لذرة الكربون؟  
 س 7: كيف يمكنك تصنيف ذرة الكربون؟  
 س 8: ما لمقصود بالالكانات؟ ما هو قانونها العام؟  
 س 9: عرف الالكانات المتسلسلة او المتشاكسة؟ ما فوائدها؟  
 س 10 : ما لمقصود بما يأتي :

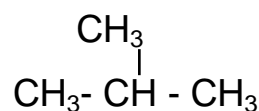
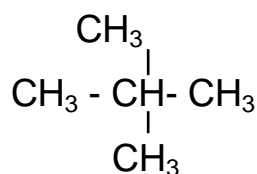
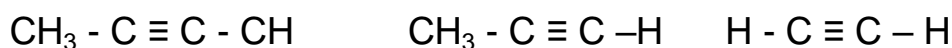
أ - الجناس.

ب - مجاميع الالكيل

س 11: ما هي الاسماء الشائعة أو القديمة لكل مما يأتي:



س 12: اعط الاسماء النظامية لكل من الصيغ التركيبية الآتية:



س 13: اكتب الصيغ التركيبية لكل من الاسماء الآتية:

أ ) 2-مثيل - 2 - بيوتين.

ب ) 2 - مثيل - 1 - بنتين.

ج ) 2,2- ثنائي مثيل بروبان.

د ) 2,2,2- ثلاثي مثيل بنتان.

هـ ) 2مثيل-بيوتان.

س 14: ما هي الصيغ التركيبية للالكانات (البارافينات) ذات الصيغة الجزيئية  $(\text{C}_5\text{H}_{12})$  و  $(\text{C}_4\text{H}_{10})$ ؟

س 15: اكمل الفراغات الآتية بما يناسبها:

- 1-القانون العام للالكانات والالكينات ..... والالكينات.....
- 2-الصيغة العامة للالكانات..... والالكينات ..... والالكينات.....
- 3-المجموعة العاملة أو الفعالة في الالكانات..... والالكينات.....

س16: علل ما يأتي:

ا ( تزداد نقاط الانصهار والغليان الالكان بزيادة الكتلة المولية(الوزن الجزيئي)وطول السلسلة الكربونية.

ب ( الالكانات لا تذوب في الماء.

ج ( الالكانات مركبات غير فعالة.

د (تسمى الالكانات بالبرافينات؟

هـ ( عند اضافة HBr الى البروبين يتكون 2-برومو بروبان وليس - 1 برومو بروبان؟

و) عملية اضافة حامض الكبريتيك المركز الى الالكين ثم التحلل المائي للناتج مهمة من الناحية التجارية والصناعية؟

س 17: اكتب متجانسات الالكان  $C_4H_{10}$  و  $C_5H_{12}$  وسمها حسب التسمية النظامية؟

س 18: اكتب معادلات توضح التفاعلات الآتية:

- 1-تفاعل الميثان مع الكلور 2-الايثان مع الاوكسجين. 3-تفاعل الاثيلين مع الاوكسجين.
- 4-تفاعل الاثيلين مع البرمنكنات. 5-تفاعل البروبان مع الهيدروجين بوجود النيكل.
- 6- تفاعل البروبان مع 2 مول من البروم. 7- اضافة بروميد الهيدروجين الى البروبين.
- 8-سحب كلوريد الهيدروجين من كلوريد الاثيل بواسطة (KOH). 9-سحب الماء من كحول الاثيل بواسطة حامض الكبريتيك المركز مع التسخين.

س 19: حضر المركبات الآتية:

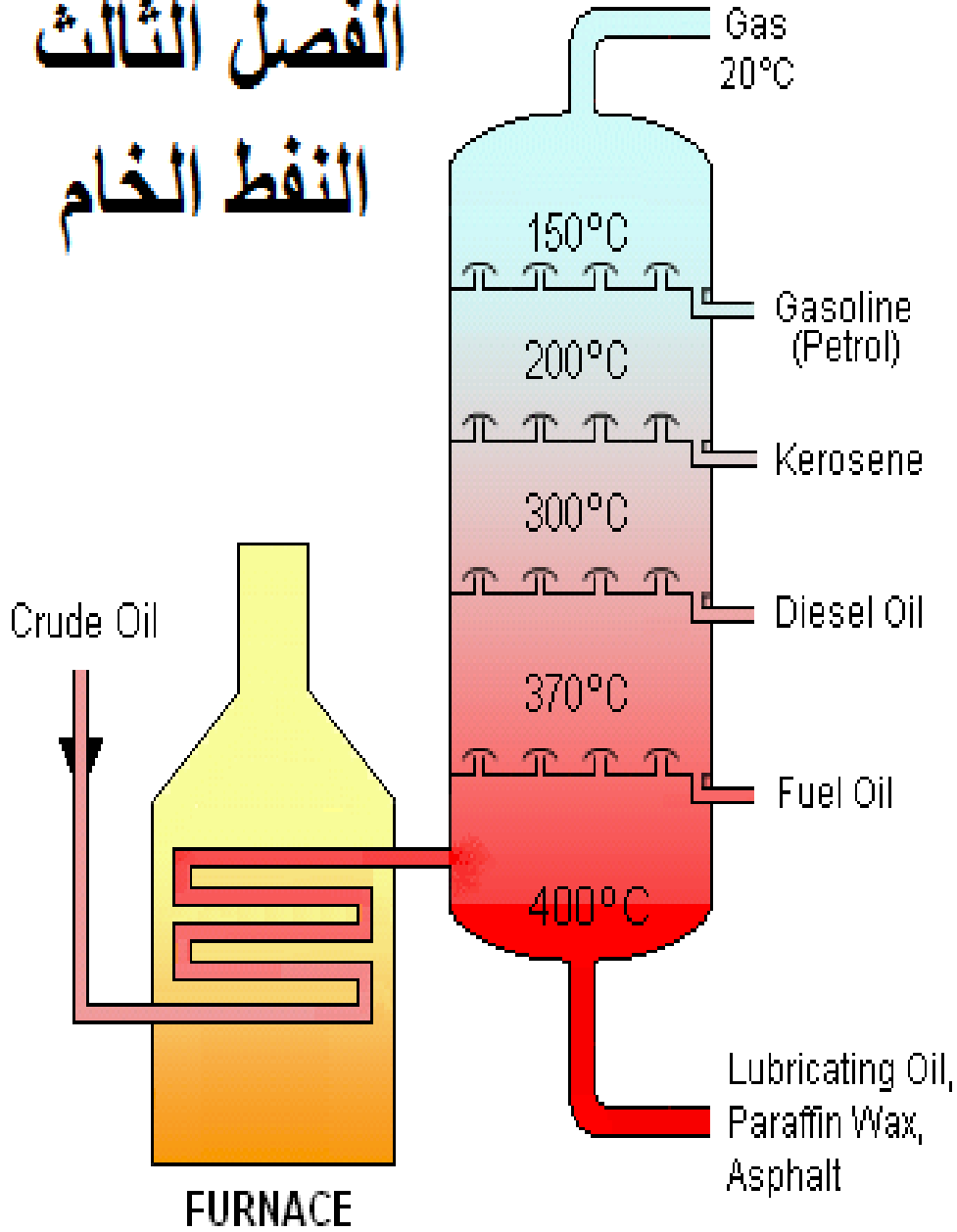
- 1-الايثان من الاثيلين. 2-ابتدا بيوريد المثيل وحضر الايثان. 3- ابتدا بكلوريد الاثيل حضر البيوتان.
- 4-حضر البروبين من 2-كلوروبروبان وما تحتاج اليه من مواد. 5- حضر البروبين من اي كحول مناسب وما تحتاج اليه من مواد 6 -حضر 1-بيوتين من هاليد الكيل مناسب وما تحتاج اليه من مواد 8-
- مبتدا بكاربيد الكالسيوم وما تحتاج اليه من مواد كيف يمكنك تحضير ا- البروبان ب- 2-بيوتانين.

س 20: اختر الجواب الصحيح لكل مما ياتي:

- 1-الالكانات ا-جميعها غازات ب-تذوب في الماء ج-تحتوي على اواصر تساهمية منفردة.
- 2- الجزيئات الآتية ينطبق عليها القانون العام للالكانات ا-  $C_3H_8$  ب-  $C_3H_6$  ج-  $C_3H_4$
- 3- الجزيئات الآتية ينطبق عليها القانون العام للالكينات ا-  $C_3H_6$  ب-  $C_3H_4$  ج-  $C_3H_8$ .

- 4- الكواشف الآتية تستخدم للتمييز بين غاز الايثيلين والايثان:  
أ- ماء البروم الاحمر ب- ماء الجير ج- محلول نترات الفضة.
- 5- الجزيئات الآتية الكانات: أ-  $C_{15}H_{32}$  ب-  $C_{20}H_{38}$  ج-  $C_9H_{20}$ .
- 6- الجزيئات الآتية الكينات: أ-  $C_7H_{14}$  ب-  $C_7H_{16}$  ج-  $C_7H_{12}$
- س21 : بماذا تختلف المركبات العطرية عن المركبات البرافينية الحلقية .
- س22 : لماذا سميت المركبات الاروماتية بالمركبات العطرية .
- س23 : عرف الحالة التأرجحية ( الرزونانس ) ، ذكرا سبب حدوثها .
- س24 : اكتب المعادلات الكيمياوية الخاصة بتفاعلات النترنة، السلفنة ، الهلجنة، الالكلة ، الاسيلة .

# الفصل الثالث النفط الخام



## اهداف الفصل

بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادرا على ان:-

- يتعرف على اهم مميزات النفط الخام، نظريات نشوءه وتركيبه الكيميائي.
- التمييز بين المشتقات الناتجة من تكرير النفط الخام، خواصها الفيزيائية واهم استخداماتها.
- يقارن بين انواع الخامات النفطية من ناحية التركيب والكثافة.
- يتعرف على اهم العمليات التي تجرى على النفط الخام في المصافي.

### 3-1 تمهيد

عرف النفط الخام أو البترول منذ آلاف السنين، وعرفته شعوب العالم ذات الحضارات القديمة، كمصر وبابل وسومر والصين وروسيا. وقد ورد ذكره في الكتب المقدسة، وكذلك فيما كتبه الرحالة الأوائل، وقد جاء في التاريخ القديم أن فلك نوح عليه السلام قد غُطي من الداخل والخارج بالقطران ، كما تم استخدامه للإضاءة والبناء وفي علاج بعض الأمراض وفي تحنيط الموتى وفي بعض الصناعات البسيطة.

كلمة بترول (Petroleum) مصطلح لاتيني مكون من (petra) بمعنى صخر (rock) و (oleum) بمعنى زيت (oil) ويطلق على البترول أحياناً اسم "الذهب الأسود" وهو سائل كثيف، بني غامق أو بني مخضر ويتكون من خليط معقد من الهيدروكربونات وهو يختلف في مظهره وتركيبه ونقاوته بشدة من مكان لآخر، وفي العصور الحديثة أصبح للنفط مكانته الراسخة في الحضارة الإنسانية واحتل مركزاً مميزاً بين مختلف مصادر الطاقة في العالم كمادة أولية في الصناعات البتروكيميائية. ومن أبرز المميزات التي يتمتع بها النفط :

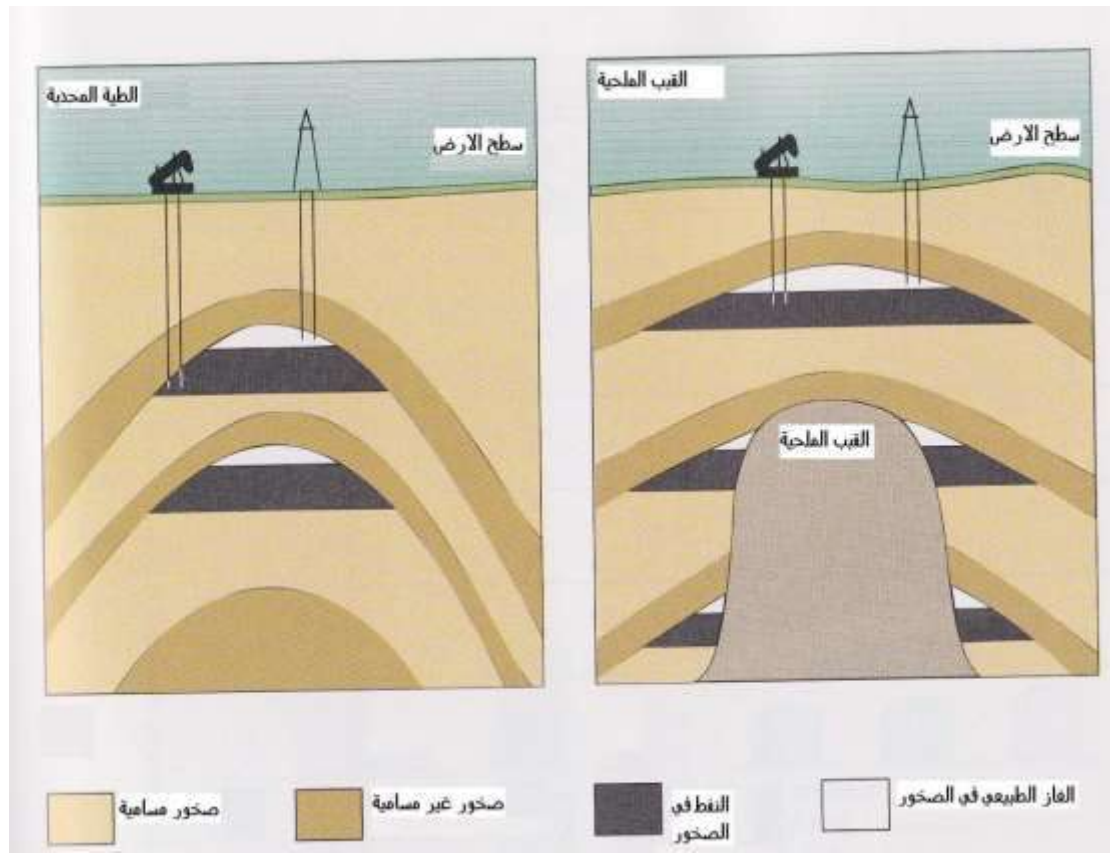
1. بعد تكريره يمكن الحصول على منتجات تعتبر مصادر متنوعة للوقود مثل الغازات الهيدروكربونية الخفيفة، وقود السيارات، وقود التدفئة وزيت الغاز كما يمكن إنتاج منتجات مساعدة كزيوت التزييت والاسفلت والمذيبات النفطية
2. تشكل بعض مشتقاته مواد أولية مهمة في الصناعة البتروكيميائية والتي يمكن بدورها أن تستخدم لأغراض عديدة مثل الأسمدة، البلاستيك ، الأصباغ ، المبيدات ، الأدوية والخيوط
3. احتوائه على الغاز الطبيعي الذي يفصل عن النفط بعد خروجه على سطح الأرض.
4. سهولة نقله الى مسافات بعيدة وتوفر وسائط النقل والتكنولوجيا الخاصة به كخطوط الانابيب او الناقلات البحرية العملاقة وكذلك سهولة خزنه في خزانات كبيرة.
5. انخفاض كلفة انتاجه ونقله وتكريره نسبياً وامتيازته بالكفاءة الحرارية العالية مقارنة بالوقود الصلب.

### 3-2 نشأته وتكوينه

تكوّن النفط - الذي نستخدمه اليوم - منذ ملايين السنين، ويوجد النفط في قيعان البحار القديمة، يستقر الكثير منه الآن بعيداً تحت سطح الأرض في المناطق البرية، أو تحت قيعان البحار والمحيطات. يتواجد النفط الخام تحت طبقات غير مسامية من القشرة الأرضية وبمسافات متفاوتة تصل إلى مئات الأمتار بتراكيب جيولوجية صخرية متشعبة بالنفط وعلى شكل خزانات تدعى مكامن النفط او مصائد النفط تتواجد فيها المواد النفطية على شكل طبقه غازيه، باعتبارها الاخف، الى الاعلى ومن ثم الطبقة النفطية تليها طبقة الماء الى الاسفل.

هنالك نوعين من التراكيب الجيولوجية التي تعتبر مكامن نفطية وهي ، مكامن من الطية المحدبة (anticline) و مكامن القباب الملحية (salt domes) .

تعرف مكامن الطية المحدبة بأنها عبارة عن طية محدبة من الطبقات الصخرية غير مسامية ولا تسمح بنفاذ المواد النفطية أو الغاز من خلالها وبذلك تقوم بحجز المواد النفطية الهيدروكاربونية فيها، كما في الشكل (3-1) . حيث يلاحظ حجز الغازات الهيدروكاربونية في الاعلى.



### الشكل (3-1) المكامن النفطية تحت الطبقات الأرضية

أما النوع الثاني من المكامن النفطية فهي مكامن القباب الملحية والتي يكون فيها النفط الخام متواجد ومرتبط مع قباب ملحية تحت سطح الأرض، ان عملية البحث واستكشاف النفط عمليه معقده تحتاج الى توظيف رؤوس اموال كبيره يستخدم فيها الباحثين طرق عديدة للبحث واستكشاف المكامن النفطية ومن هذه الطرق عمليات حفر في الطبقات الارضية وتحليل تربتها ، أما الطريقة الثانية فهي عملية إجراء تفجير سطحي وقياس صدى الأمواج الصوتية المرتدة من الطبقات الصخرية . منذ فترة من الزمن سادت نظريتان رئيستان عن ماهية النفط وهي :-

### أولا :- النظرية غير العضوية

افترض مندليف ان المركبات الهيدروكربونية النفطية تتكون في باطن الارض من تفاعل بخار الماء الساخن مع كربيدات الفلزات وتحت تأثير الحرارة والعوامل الحافزة كما يتبين من المعادلة الآتية:-



إلا أنه ليس هناك ما يؤيد هذه النظرية لعدم وجود آثار لكربيدات تلك الفلزات ووجود عنصر النيتروجين في بعض هذه المركبات .

## ثانياً :- النظرية العضوية

تفترض هذه النظرية أن النفط قد تكوّن من النباتات الميتة، ومن أجسام مخلوقات دقيقة لا حصر لها. ومضمون هذه النظرية، أن مثل هذه البقايا ذات الأصل الحيواني أو النباتي، ترسبت في قيعان البحار القديمة، وترسبت فوقها المزيد من الصخور المحتوية على المواد العضوية نفسها، التي تحملها الأنهار لتصب في البحار. وقد شكلت هذه المواد العضوية، المختلطة بالطين والرمال، طبقة فوق طبقة استقرت على قاع البحار. ولأن الطبقات القديمة قد دفنت تحت أعماق أبعد وأبعد، فقد تحللت المواد العضوية بفعل الوزن والضغط القائم فوقها. وهذا الضغط الهائل يولد أيضاً الحرارة. ومن ثمّ فإنه بفعل الضغط والحرارة، فضلاً عن النشاط الإشعاعي والتمثيل الكيميائي والبكتيري كذلك، تحولت المادة العضوية إلى مكونات الهيدروجين والكربون، التي تتحول في النهاية إلى المادة التي نعرفها باسم "النفط"، ونستخدمها للطاقة.

من الأدلة التي تؤيد صحة هذه النظرية:

1. وجود المنابع النفطية بالقرب من شواطئ البحار أو تحت سطح المياه.
2. عند تقطير زيت السمك نحصل على مادة تشبه النفط.
3. وجود بقايا كائنات بحرية مختلطة بالنفط.

### 3-3 التركيب الكيميائي للنفط

يتكون النفط من مئات المركبات الهيدروكربونية الممزوجة مع بعضها. تشكل المركبات الهيدروكربونية البارافينية والنفثينية والأروماتية المركبات الأساسية الداخلة في تركيب النفط (80 – 90%)، كما توجد في النفط، علاوة على ذلك، كميات ضئيلة نسبياً من المركبات الأوكسجينية والكبريتية والنتروجينية. وتحدد الخواص الفيزيائية والكيميائية للنفط الخام بنسبة المركبات الداخلة في تركيبه. أما الهيدروكربونات غير المشبعة "الأوليفينات" فغالباً لا تتوفر في الخام، ولكن تتكون لاحقاً نتيجة لعمليات التكرير المختلفة.

### أولاً- الهيدروكربونات الداخلة في تركيب النفط

في النفط هيدروكربونات غازية وسائلة وصلبة بتركيبات مختلفة ويمكن تقسيمها إلى:

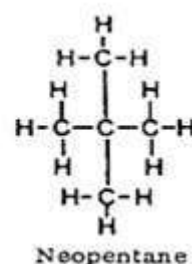
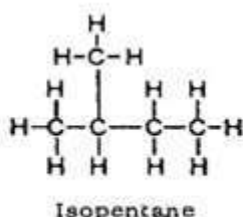
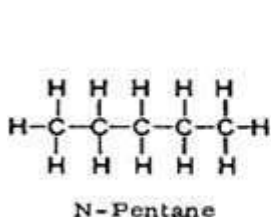
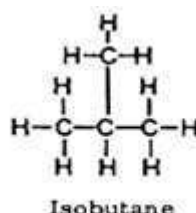
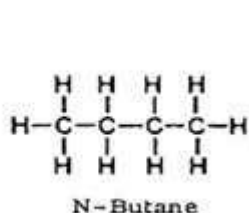
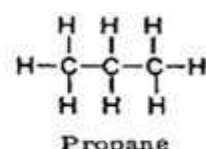
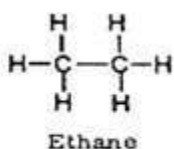
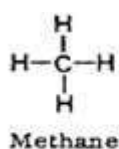
#### أ. الهيدروكربونات البارافينية "الكانات" Paraffins

ذات الصيغة الكيميائية العامة  $(C_nH_{2n+2})$  وهي مركبات مشبعة وتوجد في النفط الخام ابتداءً من الميثان إلى المركبات ذات العدد الكربوني 44 أو أكثر. وهي عبارة عن غازات أو سوائل أو مواد صلبة عند درجة الحرارة العادية. وتحتوي سلسلة المركبات الغازية من 1 إلى 4 ذرات كربون



( $C_4 - C_1$ ) وتدخل هذه المركبات (الميثان، الإيثان، البروبان، البيوتان) في تركيب الغازات الطبيعية المصاحبة أما المواد التي تحوي من 5 إلى 15 ذرة كربون ( $C_{15} - C_5$ )، فهي سوائل، تدخل في تركيب الجازولين والكيروسين ووقود آلات الديزل، وابتداء من 16 الى 34 ذرة كربون ( $C_{34} - C_{16}$ )، فهي مواد صلبة "شموع بارافينية".

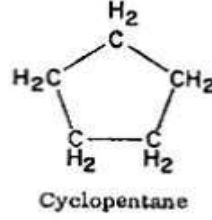
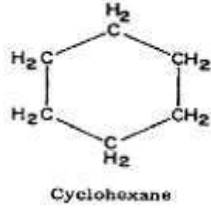
ابتداء من البيوتان توجد البرافينات على شكل سلاسل مستقيمة او سلاسل متشعبة الشكل (2-3) وهي عبارة عن ايزومرات البرافينات ويزداد عدد الايزومرات لكل مركب بارافيني بزيادة العدد الكربوني له. ان نوع المركبات البرافينية يؤثر على خصائص المنتجات النفطية فوجود نسبة عالية من البرافينات العادية تؤدي الى انخفاض نوعية بنزين المحركات او ارتفاع درجتي انجماد وانسكاب وقود الديزل وزيت التزيت.



الشكل(2-3) البرافينات في النفوط الخام

### ب. الهيدروكربونات النفثينية "الألكانات الحلقية" Naphthenes:

وهي عبارة عن مركبات هيدروكربونية حلقية مشبعة ، الصيغة الجزيئية العامة لها ( $C_nH_{2n}$ ) وتختلف عن الأوليفينات بعدم وجود روابط ثنائية. وهي أكثر الهيدروكربونات الداخلة في تركيب النفط انتشاراً. توجد في القطفات المنخفضة الغليان نفثينات خماسية الحلقة مثل البنتن الحلقي (Cyclopentane) وسداسية الحلقة مثل الهكسان الحلقي (Cyclohexane) كما موضح في الشكل(3-3).



الشكل (3-3) النفثينات في النفوط الخام

وتوجد كميات كبيرة من الهيدروكربونات النفثينية في القطفات التي تتبخر عند درجة حرارة أعلى من  $400^{\circ}\text{C}$ . تتميز نفثينات القطفات العالية الغليان بتركيب متعدد الحلقات، أي أنها تحتوي على حلقة واحدة أو عدة حلقات ذات سلاسل بارافينية جانبية طويلة.

### ج. الأوليفينات Olefins:

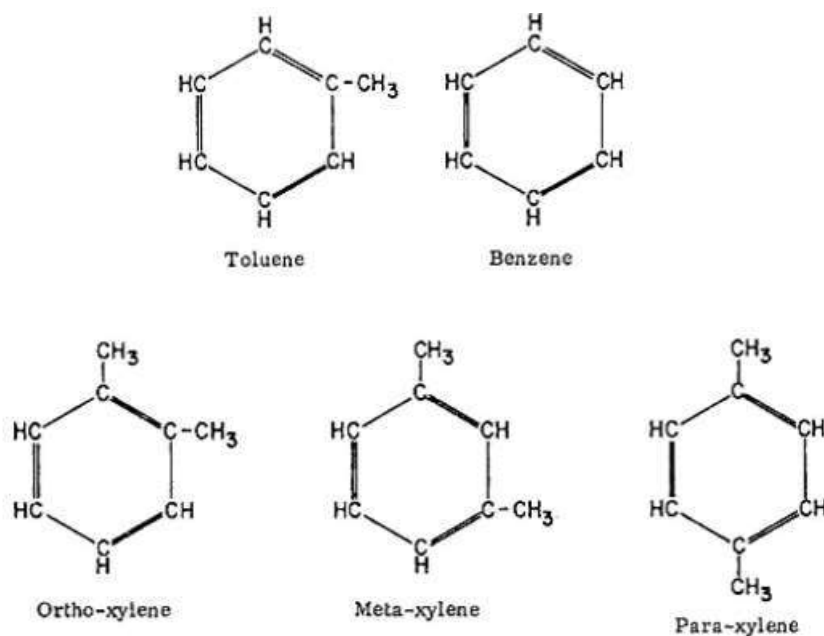
لا توجد الأوليفينات بشكل مستقل في النفط الخام ولكن تتشكل خلال عملية المعالجة. وهي مشابهة جداً لبنية البارافينات لكن تتكون على الأقل من ذرتين كربون تربط بينهما اصرة مزدوجة. الصيغة العامة هي  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ .

الأوليفينات بصورة عامة غير مرغوب بها في النواتج النهائية بسبب الاصرة المزدوجة التي تتفاعل مع المركبات وهي تتأكسد بسهولة وتتبلر لتكوين الصمغ، في الجازولين و بعض من الأوليفينات مرغوبة لان لها اعداد اوكتانية مختبرية عالية مقارنة مع البارافينات التي لها نفس عدد ذرات الكربون. الأوليفينات التي تحتوي على خمسة ذرات كربون لها معدلات تفاعل عالية مع المركبات في الغلاف الجوي والتي تسبب تكوين ملوثات.

### د- الهيدروكربونات الأروماتية (العطريات) Aromatics:

وهي عبارة عن مركبات هيدروكربونية حلقة غير مشبعة، الصيغة الجزيئية العامة لها  $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$ . تدخل الهيدروكربونات الأروماتية ذات الصيغة من سلسلة البنزول والتولوين والنفثالين الشكل (3-4) وغيرها، في تركيب جميع القطفات النفطية. وقد تم فصل البنزول والتولوين من قطفات الجازولين. وتحتوي قطفات الكيروسين على هيدروكربونات أروماتية أحادية الحلقة، وقد ثبت وجود مشتقات ثنائي الفينيل والنفثالين وغيرها، وكذلك مشتقات البنزول ذات السلاسل الأليفاتية الجانبية الطويلة والقصيرة في القطفات التي تغلي عند درجات حرارة أعلى. والقطفات العالية الغليان تحتوي كقاعدة على نسبة من الهيدروكربونات الأروماتية أكبر مما تحتويه القطفات المنخفضة الغليان. وعلى هذا فإن في الجازولين الذي يحتوي على كمية كبيرة من الهيدروكربونات النفثينية، كمية صغيرة من الهيدروكربونات الأروماتية، وبالعكس فالقطفات الغنية بالهيدروكربونات البارافينية تحتوي على كمية كبيرة من

الهيدروكربونات الأروماتية، وقد اكتشف وجود هيدروكربونات تحتوي على حلقات أروماتية ونفتينية في الوقت نفسه، وذلك في القطرات البترولية الزيتية العالية الغليان ويمثل الجدول (3-1) يبين النسب الوزنية للمركبات الهيدروكربونية الداخلة في تركيب الخامات النفطية.



الشكل (3-4) العطريات في النفط الخام

مدى النسب الوزنية	معدل النسب الوزنية	المركب الهيدروكربوني
15-60%	30%	البارافينات
30-60%	49%	النفتينات
3-30%	15%	العطريات
المتبقي	6%	الاسفلتينات

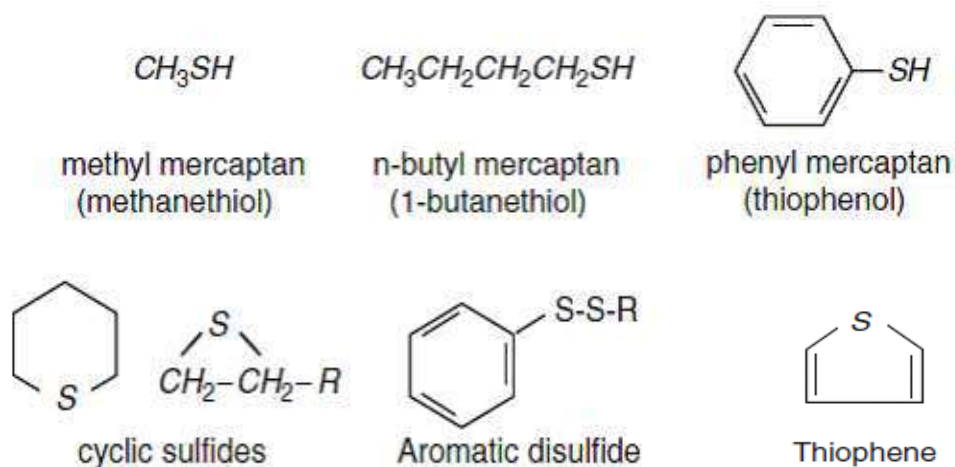
جدول (3-1): النسب المئوية الوزنية للمركبات الهيدروكربونية الداخلة في تركيب الخامات النفطية

ثانيا- المكونات غير الهيدروكربونية في النفط

أ. المركبات الكبريتية

توجد المركبات الكبريتية في جميع أنواع الخامات النفطية بكميات مختلفة 0.5% الى 3.0% ويمكن أن تصل إلى 70%، ويُعدّ الخام المحتوي على أقل من 0.5% كبريت خامًا منخفض الكبريت، وأعلى من ذلك يعدّ خامًا عالي الكبريت. ويدخل الكبريت في تركيب مركبات مختلفة، منها غاز كبريتيد الهيدروجين (H<sub>2</sub>S)، والمركبتانات (RSH) والكبريتيدات (R-S-R) وثنائي الكبريتيدات R-S-S-

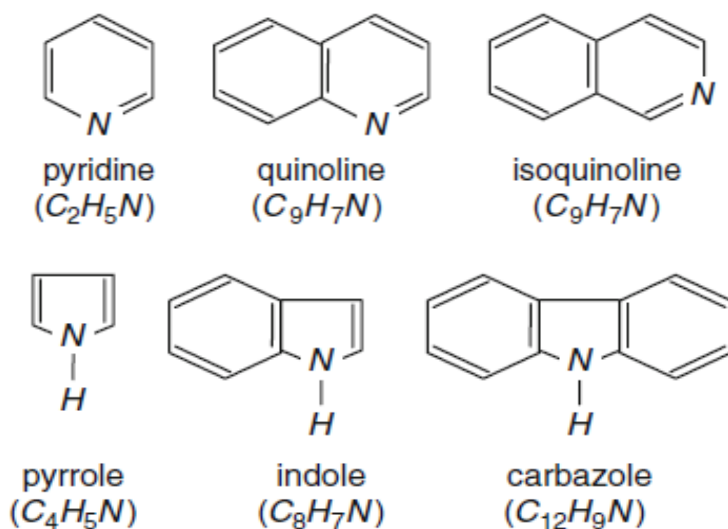
(R) والكبريتيدات الحلقية الشكل (3-5). ويتوزع الكبريت في القطفات البترولية، بحيث تزداد نسبة وجوده مع ارتفاع درجة الغليان.



الشكل (3-5): مركبات الكبريت

### ب. المركبات النتروجينية

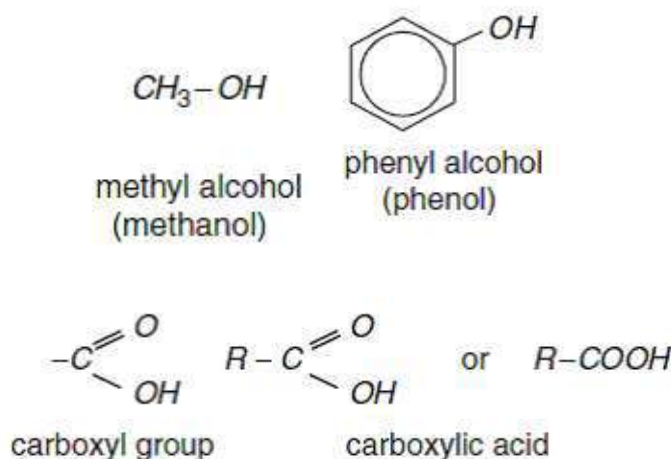
توجد المركبات النتروجينية في النفط بكميات صغيرة (0.03% إلى 0.3%)، وتزداد نسبة النتروجين في النفط بزيادة الوزن النوعي، ونسبة المواد الراتنجية، ويوجد النيتروجين في الغالب على صورة مركبات ذات طابع عضوي، مثل البريدين والكوينولين والبيروول وغيرها شكل (3-6) وتتركز المركبات النتروجينية أثناء التقطير بصورة أساسية في المتبقي بعد عملية التقطير الأولى.



الشكل (3-6): المركبات النتروجينية

### ج. المركبات الأوكسجينية

لا تزيد نسبة الأوكسجين في النفط عن 1.0%، وتتنمي إلى الأحماض النفثينية والفينولات وكذلك المركبات الأسفلتية الراتنجية . والأحماض النفثينية من ناحية التركيب الكيميائي هي مركبات حلقة تحتوي على مجموعة الكربوكسيل كما موضح في الشكل (7-3).



الشكل ( 7-3 ) المركبات الأوكسجينية

### د. الشوائب المعدنية

إن دراسة رماد النفط تقودنا إلى أن النفط يحتوي - علاوة على النتروجين N والكبريت S - على عناصر أخرى مثل الفناديوم V والفسفور P والبوتاسيوم K والنيكل Ni واليود I وغيرها.

### هـ. المواد الأسفلتية والراتنجية

تنضم إلى طائفة المركبات العديدة الحلقات، ذات الوزن الجزئي الهائل المتعادلة والمحتوية على الكبريت، علاوة على الأوكسجين وتتركز في المتبقي بعد التقطير. والمواد الراتنجية والأسفلتية تكسب المنتجات البترولية لوناً غامقاً، ويساعد توفر كميات كبيرة من هذه المواد في الوقود، على تكوين فحم الكوك والقشور في أسطوانات المحرك.

وتنقسم المواد الراتنجية والأسفلتية، طبقاً للتصنيف المعمول به، إلى راتنجات متعادلة تذوب في الجازولين الخفيف، وأسفلتينات "نواتج بلمرة الراتنجات المتعادلة مع الأحماض الهيدروكسيلية لا تذوب في الجازولين الخفيف، ولكنها تذوب في البنزول والكلوروفورم، وكبريتيد الكربون، وأحماض بولينفثينية وانهيدريداتها، وهي ذات طابع حمضي، ولا تذوب في الجازولين الخفيف ولكنها تذوب في الكحول.

وفي العادة فإن التركيب العضوي لاغلب أنواع النفوط الخام يكون مختلفاً ويتراوح بين القيم الموضحة في الجدول رقم (2-3).

الكربون	87 - 83%wt
الهيدروجين	15 - 11%wt
الكبريت	8.0 - 0.1%wt
النتروجين	1.7- 0.1%wt
الايوكسجين	0.5 %wt تقريبا
الفلزات	0.03%wt تقريبا

جدول (3-2): التحليل النهائي للبترول (بالمائة وزنا)

### 4-3 التصنيف الكيميائي للنفط

لنظام تصنيف الخامات النفطية أهمية كبيرة، إذ يسمح بتحديد اتجاه عمليات التكرير، وقائمة أنواع المنتجات وجودتها. ويتخذ التركيب الهيدروكربوني أساساً للتصنيف الكيميائي للنفط، فبعض أنواع الخام تحتوي على نسب عالية من البارافينات، ومنها الشموع البارافينية الصلبة، وأنواع أخرى تحتوي على النفثينات. وبالآتي فالمنتجات غير القابلة للتقطير "المتبقي" تختلف من خام إلى خام آخر.

يصنف الخام النفطي بصورة عامة إلى ثلاثة أصناف:

#### أ. الخام ذو الأساس البارافيني (Paraffinic Crude Oil):

يحتوي على الشموع البارافينية، وقد يحتوي على كميات ضئيلة من المواد الأسفلتية، ويحتوي عموماً على الهيدروكربونات البارافينية، وغالباً ما يعطي كميات جيدة من الشمع البارافيني وزيت التزيبب عالية الجودة.

#### ب. الخام ذو الأساس الإسفلتي (Asphaltic Crude Oil):

يحتوي على المواد الإسفلتية بكميات كبيرة، أما الشمع البارافيني فلا يتوفر أو يتوفر بكمية ضئيلة، الهيدروكربونات تكون غالباً من النوع النفثيني "الحلقي". وتحتاج زيوت التزيبب المنتجة من هذا الخام إلى نوع من المعالجة لتكون في كفاءة الزيوت المنتجة من الخامات ذات الأساس البارافيني.

#### ج. الخام ذو الأساس المختلط ( Intermediate Crude Oil )

يحتوي على كل من الشمع البارافيني وكذلك المواد الإسفلتية بالتساوي، وفيه الهيدروكربونات البارافينية والنفثينية، وكذلك بعض النسب من الهيدروكربونات الأروماتية.

### 3-5 الخواص الفيزيائية للنفط الخام ومنتجاته

عرفنا أن النفط هو خليط معقد من المركبات الهيدروكربونية؛ ولذلك فإن الخواص الفيزيائية التي يتم تعيينها هي في الواقع متوسطات للقيم المفردة لهذه المركبات. ويهدف تحديد خصائص المشتقات النفطية إلى:

- تحديد مدى مطابقة متطلبات الاستعمال.
- تحديد الظروف السليمة للخرن والنقل والتعامل.
- تحديد نسبة الشوائب.

وتستعمل عادة في تحديد خصائص المشتقات النفطية الطرق القياسية (Standard Methods) وأهمها:

- مواصفات الجمعية الأمريكية للفحوصات والمواد

(American Society for Testing and Materials (ASTM))

- مواصفات معهد البترول (Institute of Petroleum (IP) )

وفي ادناه اهم الخصائص وطرق الأختبار التي تحدد خصائص النفط الخام والمشتقات النفطية.

#### 1- الوزن النوعي ودرجة API (Specific Gravity and API Gravity)

تُعرّف الكثافة على أنها كتلة وحدة الحجم في درجة حرارية معينة ، وتكون وحداتها  $g/cm^3$  ، أما الخاصية الأخرى المهمة فهي الوزن النوعي أو الكثافة النسبية التي تكون عبارة عن كثافة النفط قياساً بكثافة الماء في درجة حرارية معينة.

وفي حالة كون حرارة الماء تساوي  $4^\circ C$  فإن الكثافة النسبية تكون مساوية للكثافة لأن حجم 1g من الماء في تلك الدرجة يساوي 1 ml ، كما أن كثافة الماء تختلف وفقاً لدرجة الحرارة في حين أن الكثافة النسبية واحدة لنفس درجة الحرارة. أن درجة الحرارة القياسية للكثافة النسبية في الصناعة النفطية هي  $60/60^\circ F$  ورغم أن الكثافة والكثافة النسبية تستخدم بكثرة ، لكن الأهمية الكبرى تكون لدرجة API (American Petroleum Institute) والذي يتم التعبير عنه بالمعادلة الآتية:

$$\text{API gravity} = \frac{141.5}{\text{SG}} - 131.5$$

$$\text{SG at } 60^\circ F = \frac{141.5}{\text{API gravity} + 131.5}$$

لذلك فإن السائل الذي تكون كثافته النسبية مساوياً لـ 1 فإن درجة API له هي 10 درجات ، ويكون الوزن النوعي مؤشراً على نوع النفط ، أن الوزن النوعي إذا كان عالياً فهذا يشير إلى أن النفط خفيف، أما إذا كان الوزن النوعي واطيء فهذا يدل على أن النفط ثقيل.

درجة API تبدأ غالباً من 10 إلى 50 API، ولكن لمعظم أنواع البترول تنحصر القيمة بين 20 إلى 45 API. وتستخدم قيم الكثافة والوزن النوعي مرشداً لمعرفة التركيب الكيميائي للخام، فعموماً الهيدروكربونات البارافينية تكون كثافتها قليلة، والهيدروكربونات النفثينية والأوليفينية لها كثافات متوسطة، أما الهيدروكربونات الأروماتية فلها قيم كبيرة للكثافة. فكلما زادت قيم API يعتبر النفط خفيف، وعند قيم API القليلة يعتبر النفط ثقيل. وعليه توجد أربعة أنواع من النفوط اعتماداً على قيم الـ API

- API أكثر من 31.0 خفيف
- API بين 22.0 و 31.0 متوسط
- API أقل من 22.0 ثقيل
- API أقل من 10.0 ثقيل جداً

#### هناك عدة طرق لقياس الكثافة (الوزن النوعي) للقطرات النفطية:

أ- طريقة المكثاف (Hydrometer) : وتعتبر ابسط الطرق لتعيين الكثافة التقريبية للسوائل. وهو يعمل على اساس قاعدة ارخميدس ويتم القياس بغمر المكثاف في المنتج النفطي عند 15°C ويقرأ الوزن النوعي عند تطابق سطح السائل مع تدرج المقياس ويستعمل لهذا الغرض مجموعة من المكثافات ذات تدرج مختلف.

ب- طريقة قنينة الكثافة (Pyknometer): تعطي دقة اكثر في تعيين الكثافة وتعتمد الطريقة على مقارنة وزن المنتج النفطي المأخوذ من حجم معين مع وزن نفس الحجم من الماء النقي عند نفس درجة الحرارة.

#### 2- نقطتي الوميض والاشتعال (Flash and Fire Points) :

نقطة الوميض (Flash Point) لسائل سريع الاشتعال هي أدنى درجة حرارة يمكن أن يشكل عندها مزيج مع الهواء قابل للاشتعال وتعتبر مواصفة مهمة لأغراض الخزن والسيطرة والسلامة وعند درجة الحرارة هذه يمكن إيقاف اشتعال البخار عند إزالة مصدر الإشعال. وهناك نوعان أساسيان لقياس نقطة الوميض هما طريقة الكأس المفتوحة وطريقة الكأس المغلقة. في أجهزة الكأس المفتوحة، تكون العينة محتواة في كأس مفتوحة (ومن هنا جاءت التسمية) ومن الأمثلة على هذه الطريقة: طريقة الكأس المفتوحة كليفلاند (COC) وطريقة الكأس المفتوحة بينسكي - مارتنز. والفرق الرئيس هو أن الكأس تسخن من الأسفل في الطريقة الأولى، في حين أن الكأس تسخن من الجوانب والأسفل في الطريقة الثانية.

في أجهزة اختبار الكأس المغلقة، ومثال عنها طريقة الكأس المغلقة بينسكي - مارتنز، مختومة مع غطاء يتم إدخال مصدر الإشعال من خلاله دورياً كما موضح في الشكل (3-8) .





شكل ( 8-3 ) جهاز قياس نقطتي الوميض والأشتعال بطريقة الكأس المغلقة

وعند درجة حرارة أعلى قليلاً، نقطة الاشتعال (Fire Point) تعرف بأنها درجة الحرارة التي يستمر فيها البخار بالاحتراق بعد إشعاله.

### 3- متبقي الكربون (Carbon Residue):

وهو النسبة الوزنية للكربون والأسفلت والمحروقات الثقيلة التي تتبقى بعد تبخير النفط في الظروف المختبرية القياسية. ويسمى اختصاراً CCR (Conradson Carbon Residue) وهو مؤشر جيد على المركبات الأسفلتينية والمواد التي لا تتبخر تحت الظروف المختبرية. الشكل (9-3) يمثل جهاز قياس متبقي الكربون.

$$\text{الكربون المتبقي \%} = \frac{\text{وزن المتبقي (g)}}{\text{وزن النموذج (g)}} \times 100$$



شكل (9-3): جهاز قياس متبقي الكربون

### 4- اللزوجة (Viscosity):

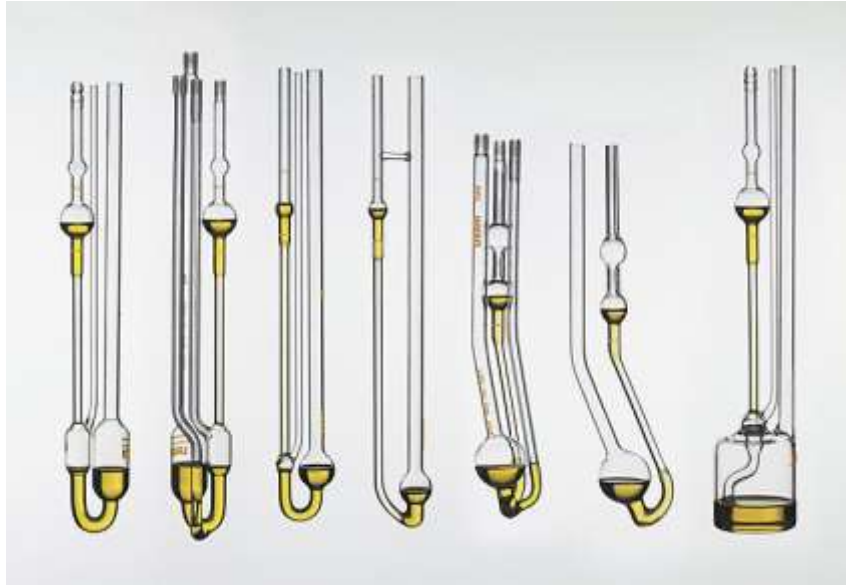
وهي تعبير عن مقاومة السائل للجريان ، ولذا فهو تعبير عن قابلية النفط للضح. الوحدات الأساسية للزوجة (المطلقة الديناميكية) هي بويس (Poise(P)) او السنتي بويس ((centiPoise (cP)).

- 1 poise = dyne s/cm<sup>2</sup> = g/cm.s = 1/10 Pa.s = 1/10 N.s/m<sup>2</sup>
- 1 Pa.s = 1 N s/m<sup>2</sup> = 1 kg/m.s
- 1 p = 100 cP
- 1 cP = 0.01 poise = 0.01 gram per cm second = 0.001 Pascal second = 0.001 N.s/m<sup>2</sup>

تعبّر اللزوجة الكينماتية (Kinematic Viscosity) عن النسبة بين اللزوجة المطلقة (الديناميكية) وكثافة السائل عند نفس درجة الحرارة ووحداتها الأساسية هي ستوك (Stoke(St)) وستي ستوك (cSt)centiStoke .

- 1 St = 10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>/s
- 1 St = 100 cSt
- 1 cSt = 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s

يستخدم لقياس اللزوجة الكينماتية انبوب شعري معقوف الشكل (3-10) وتعتمد الطريقة على قياس الزمن (ثانية) اللازم لجريان كمية معينة من السائل بتأثير وزنه خلال جهاز القياس .



شكل (3-10): مقياس اللزوجة

## 5- نقطتي الضباب و الأنسكاب (Cloud and Pour Points)

يطلق اسم نقطة الضباب على درجة الحرارة التي يبدأ عندها ظهور التعكر او تكوين بلورات البارافين في النموذج عند تبريده في الظروف القياسية للتجربة.

وتمثل نقطة الأنسكاب أدنى درجة حرارية يحصل فيها جريان للسائل. وكلما كانت نقطة الأنسكاب أقل فإن المحتوى البارافيني أقل. الشكل (3-11) يوضح نموذج لجهاز قياس نقطة الضباب والأنسكاب.



شكل (3-11): جهاز قياس نقطة الضباب والانسكاب

### 6- محتوى الرماد (Ash Content)

وهو مؤشر على كمية المعادن والأملاح الموجودة في النموذج ، ويكون عادةً على شكل أكاسيد الحديد ، أملاح ثابتة ، وأكاسيد السليكون ، ويتم حرق نموذج النفط في الضغط الجوي ويكون المتبقي (غير المحترق) هو محتوى الرماد. ولهذا الفحص أهمية كبيرة لمعرفة البقايا المتخلفة اللاعضوية.

$$\text{محتوى الرماد \%} = \frac{\text{وزن المتبقي (g)}}{\text{وزن النموذج (g)}} \times 100$$

### 7- محتوى الشمع (Wax Content)

أن النفط الحاوي على نسبة شمع عالية نطف خفيف ولكن هذا الشمع يعطيه تأثيرات سلبية لكونه سيتركز في المشتقات النفطية التي تعطي درجة أنسكاب واطئة.

### 8- الضغط البخاري بطريقة ريد (Reid Vapor Pressure)

وهو مقياس للضغط البخاري المسلط بواسطة النفط أو المنتجات الخفيفة في 100°F. وفائدته معرفة ضغط بخار النفط لمنع تأثيراته السلبية عند النقل والخرن. الشكل (3-12) يوضح نموذج لجهاز قياس الضغط البخاري بطريقة ريد.



الشكل (3-12): جهاز قياس الضغط البخاري بطريقة ريد

## 9- محتوى الأملاح (Salt Content)

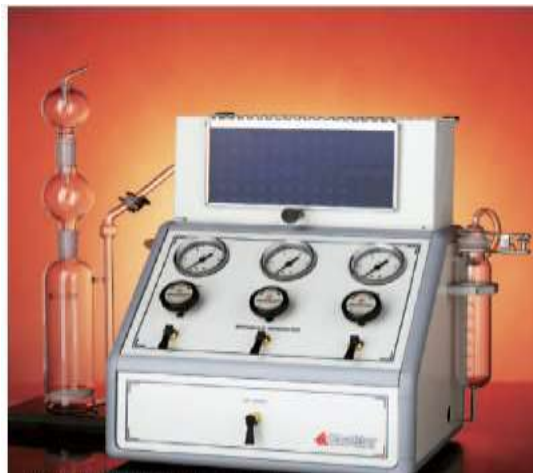
وهو من الشوائب غير الذائبة وتكون عادةً ذائبة في قطرات الماء ، والنفط الحاوي على أملاح يكون غير مرغوباً فيه لحاجته الى وحدات إزالة الأملاح Desalters ويُعبّر عنه بوحدات (باوند من الأملاح) مثل كلوريد الصوديوم (NaCl) لكل 1000 برميل من النفط شكل (3-13). أن الأملاح الموجودة في النفط الخام والمنتجات الثقيلة قد تسبب مشاكل تأكل خطيرة وخاصةً في الأجزاء العليا من أبراج التقطير والمكثفات.



شكل (3-13): جهاز قياس محتوى الاملاح

## 10- محتوى الكبريت (Sulfur Content)

ويكون نسبة وزنية (جزء بالمليون) لمحتوى الكبريت في نموذج للنفط الخام أو أحد منتجاته. ويجب أخذه بنظر الاعتبار بالإضافة الى API لتحديد قيمته التجارية. حيث أن النفوط الثقيلة تكون ذات محتوى كبريتي عال. ووجود الكبريت في النفط الخام يؤدي الى مشاكل التآكل وارتفاع درجة غليان النفط. الشكل (3-14) يمثل نموذج لجهاز قياس محتوى الكبريت.



شكل (3-14): جهاز قياس محتوى الكبريت

### 3-6 تكرير النفط (Oil Refining)

هو العمليات الضرورية التي يمكن من خلالها معالجة النفط الخام، بتجزئة هذا الأخير إلى مكوناته الأصلية وإعادة ترتيبها وتصنيعها إلى منتجات صالحة للاستعمال. أن معهد البترول الأمريكي (API) قام بمسح على معامل تكرير البترول والمعامل البتروكيمياوية الأمريكية أظهر وجود أكثر من 2000 منتج من المنتجات النفطية بمواصفات مختلفة ، ومصفاة النفط (Oil Refinery) عبارة عن منشأة تستقبل النفط الخام وتفصل مواده إلى عدد كبير من المنتجات الاستهلاكية ؛ كالجازولين (بنزين السيارات) ووقود الطائرات والنفط الأبيض ووقود الديزل وزيت الوقود وزيوت التزييت والشمع والقار والمئات من المنتجات الأخرى وتتكون المصفاة بشكل عام من:

- أبراج الفصل.
- مبادلات حرارية وافران
- مضخات كهربائية أو بخارية.
- مفاعلات كيميائية.
- اوعية وخزانات للفصل والتخزين.
- صمامات ومسيطرات آليه ويدوية.
- بالإضافة إلى آلاف الاطنان من الاسلاك الكهربائية والأجهزة الدقيقة.

يمر النفط داخل المصافي بثلاث مراحل وهي:

- العمليات الفيزيائية "الفصل" (Physical Separation) : تفصل المواد المختلفة بالحرارة، فالمركبات ذات درجة غليان عالية تبقى أسفل البرج والمركبات ذات درجة غليان منخفضة ترتفع إلى أعلى البرج وتُسحب منه .
- العمليات الكيميائية "التحويل": (Chemical Conversion): إجراء بعض العمليات الكيميائية لتحويل بعض المركبات الناتجة من البرج إلى منتجات مرغوبة كعمليات التهذيب بالعامل المساعد و التكسير الحراري والتكسير بالعامل المساعد والتكسير الهيدروجيني وعمليات البلمرة والأكلية.
- المعالجة (Treating): تنقية المنتجات النفطية من الشوائب وإعدادها للاستهلاك.

### 3-6-1 العمليات الفيزيائية "الفصل Physical Separation"

تعتبر عمليات التقطير التجزيئي (Fractional Distillation) من اهم عمليات الفصل التي تجري في المصافي النفطية ويتم التقطير بواسطة أجهزة التقطير وهي نوعان:

#### أ- أجهزة التقطير الابتدائي أو الجوّي ( Atmospheric Distillation ) .

تعد هذه العمليات الخطوة الأولى التي تستخدم في معامل تكرير النفط الخام لتجزئة النفط الخام إلى "قطفات"، تكوّن كل منها مجموعة مكونات هيدروكربونية. تتم هذه العملية تحت الضغط الجوي الاعتيادي بتسخين و تبخير النفط الخام بواسطة المبادلات الحرارية والأفران الأنبوبية إلى درجة حرارة ( 350 – 400 )°م وبعدها ترسل الأبخرة والسوائل

الساخنة إلى برج مصمم بشكل خاص يحتوي على صواني حيث يتجزأ الخليط الساخن إلى غازات وأبخرة تسحب من أعلى و جوانب البرج ، أما المواد الصلبة المتبقية فتسحب من أسفل البرج . الشكل (15-3) يمثل برج التجزئة أو التقطير تحت الضغط الجوي ، والمنتجات الرئيسية التي تؤخذ من برج التقطير تحت الضغط الجوي هي:



شكل (15-3): برج تقطير تجزيئي

### 1. الغازات البترولية المسالة (Liquefied Petroleum gases (LPG))

هي خليط من غازي البروبان والبيوتان، اللذان يمكن تحويلهما إلى سائل تحت الضغط. ويمكن الحصول عليهما من الغاز الطبيعي، أو من وحدة الجازولين الطبيعي، وكذلك من وحدة التقطير الابتدائي. وهي تعتبر وقودًا منزليًا مهمًا ، وكذلك تستخدم مواد وسيطة في الصناعة البتروكيمياوية. ويجب الاهتمام بإزالة غاز كبريتيد الهيدروجين منها؛ حيث إنه يسبب مشكلات التآكل. ويتم الحصول من أجهزة التقطير أيضًا على غازي الميثان والأيثان. وهي غازات غير قابلة للتكثيف تحت الضغط الجوي، وتستخدم في صناعة الأسمدة.

### 2. الجازولين "بنزين السيارات" (Gasoline)

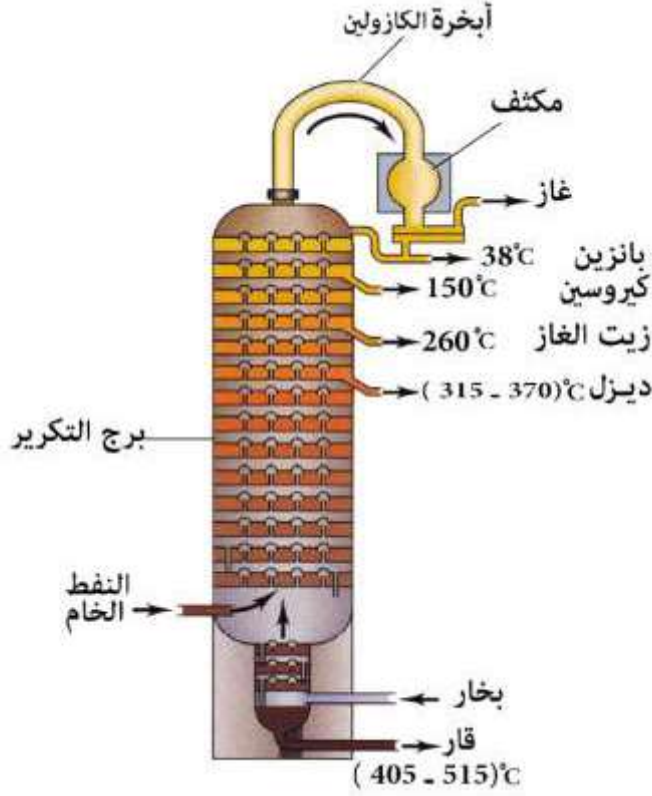
هي القطفة البترولية التي يصل مدى غليانها حتى  $150^{\circ}\text{C}$ ، وهي خليط من الهيدروكربونات من  $\text{C}_4$  حتى  $\text{C}_{12}$ ، والجازولين غني بالبارافينات العادية والمتفرعة، وكذلك النافثينات وحيدة الحلقة، التي من الممكن أن تكون لها سلاسل جانبية صغيرة، كذلك توجد الهيدروكربونات الأروماتية "العطرية" مثل البنزول والتولوين والزيلين، وأيضًا يوجد إيثيل البنزول. أما بالنسبة لمركبات الكبريت، فتوجد المركبتانات بصفة رئيسة وأحادي الكبريتيد. كذلك يوجد في الجازولين الأحماض الأليفاتية القصيرة والفينولات.

### 3. الكيروسين (Kerosene)

هو المنتج الرئيس لعملية التكرير من حيث حجم الإنتاج، ويستخدم في الإضاءة وكذلك يستخدم وقودًا منزليًا للطبخ والتدفئة، ومكونًا أساسيًا لوقود النفاثات. ويشمل القطفة البترولية ذات مدى الغليان من  $150-250^{\circ}\text{C}$  ، ويحتوي على البارافينات من  $\text{C}_{12}$  حتى  $\text{C}_{16}$ ، كذلك النافثينات ثنائية الحلقة والهيدروكربونات العطرية أحادية الحلقة ذات السلسلة الجانبية الطويلة، مع العطريات ثنائية الحلقة والمركبتانات الحلقية، وتوجد الأحماض النفثينية مع الأحماض الأليفاتية في الكيروسين.

#### 4. زيت الغاز (Gas Oil)

هو القطعة البترولية التي تغلي من  $250-350^{\circ}\text{C}$ ، وتحتوي على البارافينات من ذرة الكربون 17 حتى الكربون 20 ( $C_{20} - C_{17}$ )، والنافثينات ثنائية الحلقة مع العطريات أحادية الحلقة، التي بها عدد كبير من السلاسل الألكيلية الجانبية، وكذلك العطريات ثنائية الحلقة. وتوجد الأنواع المختلفة من المركبات الكبريتية. كذلك المركبات النتروجينية القاعدية وغير القاعدية، وكذلك أمكن استخلاص الأحماض الدهنية من زيت الغاز. ويمكن الحصول على وقود محركات الديزل المختلفة من مقطرات الكيروسين وزيت الغاز مدى غليان  $180-360^{\circ}\text{C}$  غالبًا، وهي قطفات ذات مدى غليان ضيق حسب نوع محرك الديزل، شكل (3-16) يمثل نواتج التقطير الجوي.

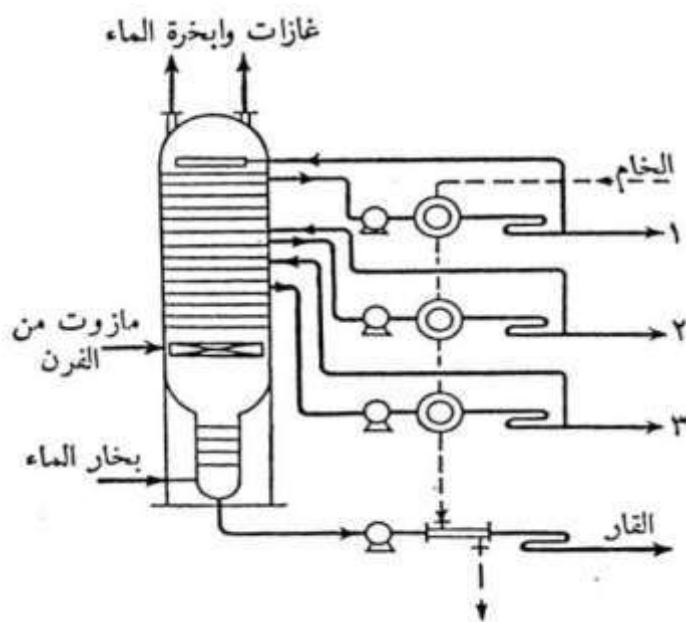


شكل (3-16): نواتج التقطير الجوي

#### ب- التقطير تحت الضغط المخلخل "الفراغي" (Vacuum Distillation)

تستخدم هذه الطريقة لتجزئة زيت الوقود الثقيل الناتج من عملية التقطير الابتدائي إلى بيتومين "إسفلت" ومواد أخرى "زيت الغاز ومقطرات شمعية"، وتستخدم أساسًا في إنتاج زيوت التزيت والشحومات، كما يمكن استخدامها في عمليات التكسير الحراري أو الحفزي التي سيرد ذكرها فيما بعد، والتقطير تحت الضغط المخلخل يتيح خفض درجة الحرارة اللازمة لتبخير أكبر جزء من زيت الوقود الثقيل للحصول على الإسفلت؛ ذلك لأن درجة الحرارة التي يغلي عندها السائل ترتبط بالضغط الواقع عليه. إذ يمكن تخفيض نقطة غليان السائل بتخفيض الضغط الواقع عليه. وتجرى هذه العملية لتفادي عملية التكسير لو تم التقطير تحت الضغط الجوي، إذ إن درجة حرارة زيت الوقود الثقيل إذا ما ارتفعت إلى الدرجات العالية التي يتطلبها تقطيره تحت الضغط الجوي العادي، فإنه لن يتبخر فحسب، بل ينكسر إلى مكونات لها خواص مختلفة تمامًا عن المنتج المطلوب. وتحقق هذه الطريقة خفضًا ملحوظًا في التكاليف.

وفي هذه العملية يتم تقطير نواتج التقطير الأولى الثقيلة تحت ضغط مخلخل ( 14 – 30 ) ملم زئبق وبدرجة حرارية تصل إلى 500°C حيث ينفصل زيت الديزل ( الكاز ) الذي يستخدم وقود لمحركات الديزل من أعلى البرج ومواد برفينية شحمية ( زيت تشحيم المحركات ) تفصل من جوانب البرج أما المواد المتبقية الثقيلة فتسحب من أسفل البرج لمختلف الاستخدامات الأخرى كما في الشكل (3-17).



شكل (3-17) التقطير تحت الضغط المخلخل "الفراغي"

### 2-6-3 العمليات الكيميائية "التحويل" (Conversion)

تختلف العمليات التحويلية عن عمليات التقطير الجوي والتقطير تحت التفريغ، التي يتم بواسطتها الحصول على المنتجات البترولية بطرق الفصل الفيزيائي للنفط الخام، إلى قطفات تختلف في درجات غليانها، فالعمليات التحويلية هي عملية كيميائية، تجري تحت تأثير الحرارة والضغط أو بالعوامل المساعدة، والهدف منها زيادة كمية وقود السيارات والنفاثات وجودته، حيث يتم فيها تغير جزيئات الهيدروكربونات الموجودة في القطفات النفطية، وتشمل هذه العمليات التحويلية: التكسير الحراري، أو التكسير بالعامل المساعد، والتهديب بالعامل المساعد، والألكلة، والأزمره والبلمره.

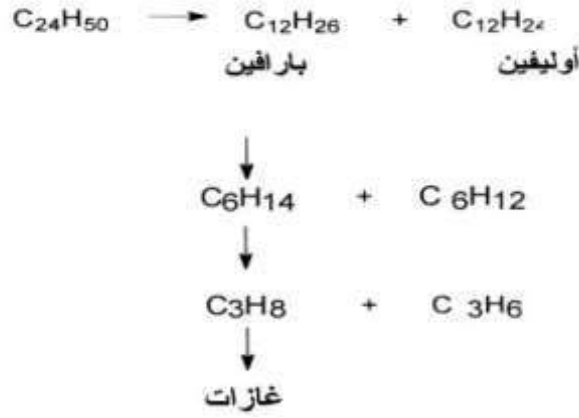
### أولاً- العمليات التحويلية الحرارية (Thermal Conversion Processes)

#### أ. التكسير الحراري (Thermal Cracking)

تعد عملية التكسير (Cracking) في جوهرها من عمليات التأثير الحراري، حيث تستخدم الحرارة العالية في تقسيم جزيئات القطفات الثقيلة أو الكبيرة، بعد ترتيبها إلى جزيئات صغيرة، ويمكن عن طريق تكسير زيت الوقود المتخلف من عملية التقطير الابتدائي للنفط الخام، الحصول على بنزين إضافي من نوع جيد. وقد استخدمت طريقة التكسير على نطاق تجاري للمرة الأولى في عام 1913م، فبتعرض النفط الخام إلى درجات حرارة مرتفعة، وتحت ضغوط عالية، تحدث عملية تكسير الجزيئات الهيدروكربونية الكبيرة إلى جزيئات أصغر. وبهذه الطريقة، أمكن تحويل المنتجات الثقيلة إلى منتجات خفيفة مثل الجازولين. وأمکن بهذا الاكتشاف زيادة كميات الجازولين المنتج، فضلاً عن إدخال تحسين مهم من حيث النوع، إذ إن الجازولين الناتج من عمليات التكسير الحراري كان أحسن بكثير من حيث



مميزات منع الفرقة في محركات الاحتراق الداخلي، بالمقارنة بالجازولين الناتج من عمليات التقطير العادية، وتعرض جزيئات البارافينات إلى الحرارة العالية والضغط يتم تكسير الجزيء إلى بارافين وأوليفين، شكل (3-18)



شكل (3-18): نواتج التكسير الحراري

### ب- التفحيم (Coking)

تتم عملية تفحيم زيت الوقود المتبقي عند درجات حرارة عالية، وذلك لإنتاج فحم كوك نفطي. وبالاعتماد على نوعية المواد الأولية وظروف العملية يمكن أن تنتج 15-38% كوك تجاري، 49-77% منتجات سائلة، منها 7-17% قطفة جازولين، وكذلك 5-12% غازات حتى ذرة كربون 4. وقد تطورت عملية التفحيم لمقابلة الطلب على إنتاج الكوك المستخدم في أقطاب التحليل الكهربائي.

### ج- الحل الحراري (Pyrolysis)

تتم عملية الحل الحراري على الغازات مثل الإيثان وحتى البيوتان، وكذلك على المقطرات الخفيفة مثل الجازولين منخفض الأوكتان "النافتا". وغالبًا ما تتم عند درجة حرارة عالية تصل إلى 850°C، والهدف الرئيس منها إنتاج غازات الإيثيلين والبروبيلين والبيوتيلين، وهي المواد الأولية لصناعة البتروكيماويات، وكذلك إنتاج العطريات مثل البنزول والتولوين والزيلين.

### ثانيا- عملية التكسير الحفزي (Catalytic Cracking)

استخدمت طريقة التكسير الحفزي للمرة الأولى على أساس تجاري في عام 1936م. وهذه الطريقة تمتاز بمميزات كثيرة على طريقة التكسير الحراري، فهي تنتج جازولين من نوع أجود مما ينتج في التكسير الحراري، وبدون الحاجة إلى ضغط عال، ويتحقق ذلك باستخدام عامل حفاز "عامل مساعد" هو مادة تزيد من سرعة التفاعل الكيميائي، دون أن تتعرض لأي تغير كيميائي، وهناك نوعان من التكسير الحفزي، الأولي يستخدم فيها العامل المساعد فقط، والثانية تستخدم العامل المساعد في وجود غاز الهيدروجين، الذي ينتج بطريقة رخيصة بوصفه منتجًا ثانويًا في عمليات التهذيب الحفزي للنفثا، تحت ضغط يصل إلى 30 جوي، ودرجة حرارة منخفضة، وتسمى التكسير الهيدروجيني (Hydrocracking)، وأهم عامل مساعد يستخدم في هذه الطرق هو نوع من ألومينا-سيليكات المخلفة "الزبوليت"، المكون من 12% ألومينا 88% سيليكات. ان جودة الجازولين الناتج تأتي من تكوين البارافينات المتفرعة، وكذلك الهيدروكربونات العطرية ذات رقم الأوكتان العالي، جدول (3-3) يمثل مقارنة بين التكسير الحراري والتكسير الحفزي.

التكسير الحفزي	التكسير الحراري
يتم التكسير باستخدام حرارة منخفضة في وجود عامل مساعد	- يتم التكسير باستخدام الحرارة العالية
- تتم في الطور السائل فقط	- تتم في الطور السائل والطور الغازي
- تستخدم على نطاق انتاجي كبير	لا تستخدم على نطاق انتاجي كبير، لأنها تحتاج الى معدات مكلفة
البنزين الناتج يحتوي على كمية اقل من الأوليفينات والكوك	البنزين الناتج يحتوي على الأوليفينات والكوك

جدول (3-3) مقارنة بين التكسير الحراري والتكسير الحفزي

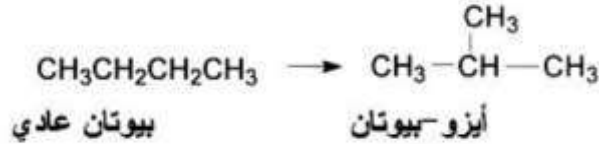
### ثالثا- عمليات استخدام الغازات البترولية

تستخدم قطرات غازات "البروبان - بروبلين" و"البيوتان - بيوتيلين" الناتجة من تجزئة الغازات النفطية في إنتاج بنزين عالي الأوكتان؛ وذلك بعمليات البلمرة والألكلة:

#### أ. عمليات الأزمنة "التماكب" للبرافينات الخفيفة ( Isomerization )

تستخدم عملية الأزمنة في المصافي لتحقيق هدفين:

1- تحويل البيوتان العادي "قليل النشاط" إلى الأيزوبيوتان لاستخدامه في عملية الألكلة (Alkylation) مع البيوتين لإنتاج الأيسواوكتان، الذي يمتاز بعدد الاوكتان 100.

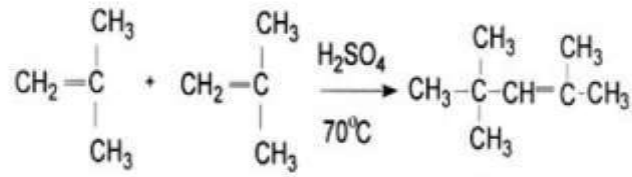


3- تحويل البرافينات المستقيمة الواطنة كالبنتان والهكسان الى نظائرها المتشعبة والتي تمتاز بعدد اوكتاني عال. كما في اجراء الأزمنة للنفثا الخفيفة (تتكون من الهكسان والبنتان بصورة رئيسة) حيث تحصل زيادة في العدد الاوكتاني من حوالي 70 الى 84 تقريبا. ومن أهم العوامل الحفازة المستخدمة في عمليات الأزمنة كلوريد الألمنيوم اوالبلاتين محمولا على سليكات الالمنيوم.

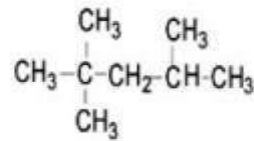
#### ب. عمليات البلمرة (Polymerization)

البلمرة - كما هو معروف - هي اتحاد جزيئين أو أكثر من مركب ما، لتشكيل مركب آخر ذي وزن جزيئي أكبر. أي أن البلمرة هي عكس التكسير. ففي أي عمليات للتكرير تتكون هيدروكربونات غازية، ويتم ذلك بوضوح وبشكل بارز في عمليات التكسير. وإذا عرضت الغازات لدرجات حرارة مرتفعة ولضغوط عالية يمكن التحكم فيها، فإن جزيئاتها تتحد "تتبلمر" في جزيئات أكبر مكونة منتجات سائلة تسمى البوليمرات "Polymers"، وفي بعض الحالات تستخدم غازات معامل التكرير والغازات من المصادر الطبيعية سوياً في عمليات البلمرة، والمنتج النهائي في هذه العملية قد يكون مركزاً عالي

الأوكتان "الجازولين البوليميري"، وهي خامة للخليط تستخدم في إنتاج البنزين عالي الأوكتان. والجازولين البوليميري ينتج من بلمرة البيوتيلين.



داي أيزو بيوتيلين

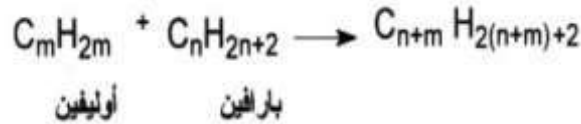


٢٠٢؛ - ثلاثي ميثيل بنتان

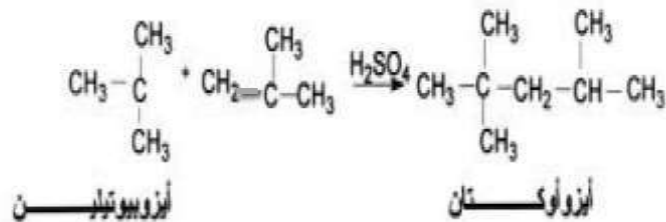
أيزو أوكتان، الجازولين البوليميري

ج. ألكلة الأيزوبيوتان بواسطة الأوليفينات

تعدّ عملية الألكلة إحدى العمليات العالية الفعالية المستخدمة في الحصول على مركبات الجازولين ذات العدد الأوكتاني المرتفع، ويمكن التعبير عن تفاعل الألكلة بالأوليفينات بالمعادلة العامة الآتية:



وتجري الألكلة عند درجات حرارة وتحت ضغوط معتدلة في وجود العوامل الحفازة، ويعدّ حامض الكبريتيك وحامض الهيدروفلوريك أو كلوريد الألمنيوم أكثر العوامل الحفازة فعالية في عمليات الألكلة.



وحيث إن ظروف إجراء تفاعل الألكلة هي ظروف مناسبة لسريان تفاعل بلمرة الأوليفينات، ولمنع التفاعل الأخير، تجري عملية الألكلة في وجود فائض كبير 4-8 مرات من الأيزو بارافينات.

## رابعاً- التهذيب الحفزي "العامل المساعد" ( Catalytic Reforming )

يسمح التهذيب الحفزي "العامل المساعد" بتحويل الجازولين ذي العدد الأوكتاني المنخفض الناتج من التقطير إلى جازولين ذي عدد أوكتاني مرتفع. وإلى جانب ذلك، يمكن الحصول على الهيدروكربونات الأروماتية "البنزول والتولوين والزيلينات والأيثيل بنزول" التي تعد خامات مهمة في الصناعة البتروكيمياوية. ولذلك أصبحت هذه العملية إحدى العمليات المهمة في الصناعة النفطية.

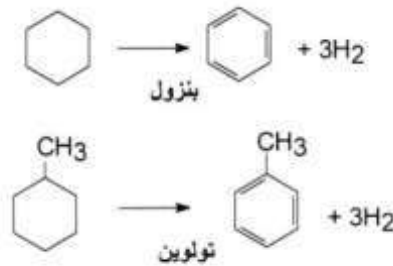
**العدد الأوكتاني**

لقد صممت محركات الاحتراق الداخلي بحيث يتفاعل الجازولين مع اوكسجين الهواء الجوي فنتج طاقة حرارية تعمل على تمدد الغازات فتؤدي الى تحريك الآلة (تحويل الطاقة الحرارية الى طاقة حركية). ولكي يحدث التفاعل لابد من اعطاء شرارة كهربائية واذا تم التوافق ما بين حركة المحرك والاحتراق فإن اداء الآلة يكون منتظماً. اما اذا كان هناك عدم توافق بين الاحتراق وحركة الآلة بحيث يحترق الوقود قبل اكمال شوط الحركة فيحدث ما يسمى الفرقة (Knocking) أو ما يطلق عليه انفجار صغير يصدر على هيئة صوت غريب تصدره الآلة، و تعتبر هذه الظاهرة طاقة مهدرة في الوقود وقد تؤدي الى تدمير المحرك مع الزمن وهذا. ومن خلال دراسة المركبات وخاصة الفرقة في المحركات تبين ان الهبتان ألعبيادي (  $nC_7H_{16}$  ) من اكثر المركبات الى تسبب هذه الخاصية فاعطي له الرقم صفر وان مركب الايزو اوكتان (4,2,2- ثلاثي ميثيل بنتان) لاترافقه فرقة فاعطي الرقم 100 وعليه تم استخدام مقياس اعتباري لتحديد مدى جودة الوقود يسمى رقم الاوكتان وذلك بمقارنة اداء الوقود (الجازولين) مع مزيج من الهبتان والايزواوكتان.

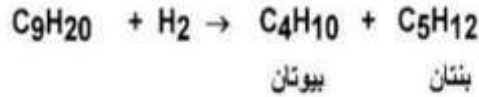
يتم التهذيب الحفزي بتعرض الجازولين الناتج من التقطير الجوي إلى معالجة "في وجود عامل مساعد". ويجري التهذيب الحفزي في الصناعة باستخدام البلاتين أو الموليبدنم عاملاً مساعداً محملاً على الألومينا أو الألومينا والسيليكا. والإصلاح بالبلاتين (Platforming) يستخدم بكثرة، وينتج منها جازولين عالي الأوكتان يصل حتى 98 أوكتان، بدون إضافة السائل الأيثيلي للرصااص (TEL). وتتم العملية كذلك تحت تأثير إعادة دورة الغاز المتكون في العملية والمحتوي على 80% هيدروجين، وهذا الغاز يعدّ مصدرًا رخيصًا للهيدروجين، لذلك يستخدم في جميع العمليات النفطية وخصوصًا عملية المعالجة بالهيدروجين وعملية التكسير بالهيدروجين. والبنزين الناتج من عملية الإصلاح الحفزي "البنزين المحسن"، يكون غنيًا بالهيدروكربونات المتفرعة وكذلك الأروماتية، وهذا هو السبب في ارتفاع رقمه الأوكتاني .

والتفاعلات التي تحدث في عملية التهذيب الحفزي هي:

أ. نزع الهيدروجين من النافثينات "الهيدروكربونات الحلقية المشبعة"

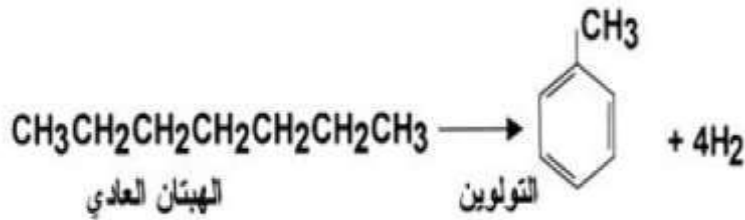


## ب. التكسير بالهيدروجين



و عملية الأزمرة ملازمة لعملية التكسير بالهيدروجين لتكوين بارافينات متفرعة.

ج. تكوين المركبات الحلقية من الهيدروكربونات البارافينية مع نزع الهيدروجين



### 3-6-3 التنقية بالهيدروجين (Hydrotreating)

تهدف عمليات التنقية الى إزالة الشوائب غير المرغوب فيها في المنتجات البترولية . فمن المعروف أن زيت البترول الخام يحتوي على بعض الشوائب تتراوح نسبتها بين 1-4% وفقاً لنوع الخام ومصدره.

وتبذل معامل التكرير جهوداً كبيرة لتنقية المنتجات النفطية من الشوائب، قبل تسويقها وذلك للتغلب على مشكلات تآكل الأجهزة وتلوث الهواء، والوفاء باحتياجات الاستهلاك المحلي، وللتغلب على المنافسة في مجال التصدير وتتكون هذه الشوائب، عادة، من المركبات الكبريتية والنتروجينية والأوكسجينية. والمنتجات النفطية الناتجة من عمليات التقطير والتكسير تحتوي على الأولفينات ومركبات كبريتية وأوكسجينية، وهي تسبب عدم ثبات المنتجات، وكذلك تكوين رواسب كربونية داخل آلات الاحتراق، وتعطي للمنتجات ألواناً وروائح غير مرغوب فيها. فعمليات التنقية هي العمليات النهائية للمنتجات البترولية، وهي إما كيميائية أو فيزيائية، والمواد الكيميائية المستخدمة في عمليات التنقية كثيرة، منها محلول الصودا الكاوية الذي يستخدم في تنقية الغازات البترولية والبنزين من كبريتيد الهيدروجين ومركبات المركبتان، وحامض الكبريتيك المركز الذي يستخدم في تنقية الكيروسين من المواد الكبريتية والعطرية التي تسبب تصاعد الدخان الأسود، كما يستخدم في تنقية وقود النفاثات وغيره.

تطورت في السنوات الأخيرة عملية تنقية المنتجات النفطية بواسطة الهيدروجين (Hydrotreating) تطوراً كبيراً، وذلك مع توافر غاز الهيدروجين بوصفه منتجاً ثانوياً رخيصاً ناتجاً من عمليات التهذيب الحفزي، حيث إن الغاز الناتج من هذه العمليات يحتوي على 80% هيدروجين. ولذلك نجد أن عمليات التكسير والتهذيب والمعالجة تتم في وجود الهيدروجين، وتنقسم العمليات المستخدمة فيها الهيدروجين إلى التكسير بالهيدروجين وتنقية بالهيدروجين. وتستخدم التنقية بالهيدروجين الآن تجارياً على نطاق واسع، نظراً لأنها عملية متعددة الوظائف، فهي تزيل المواد الكبريتية المحدثة للتآكل بتحويلها إلى كبريتيد الهيدروجين.

بالإضافة إلى ذلك عملية التنقية بالهيدروجين تؤدي إلى إزالة المواد النتروجينية والأكسجينية والهالوجينية (كما موضح ادناه) كذلك إزالة الشوائب المعدنية الموجودة في الزيت، كما يتم تشبع الأوليفينات؛ مما يؤدي إلى ثبات المنتجات.

#### أ- إزالة الكبريت

- المركبتانات



- الكبريتيد



- الثيوفين



#### ب- إزالة النيتروجين

- البيرول



- البيريدين



#### ج- إزالة الأوكسجين

- الفينول



- البيروكسيدات



#### د- إزالة الهالوجين الكلوريد



#### هـ- تشبع الأوليفينات



### أسئلة الفصل الثالث

- س1: قارن بين نظريتنا نشأة البترول وما يؤيد كل نظرية؟
- س2: يتكون التركيب الكيميائي للبترول من ----- و ----- و -----  
ومركبات تحتوى على أوكسجين مثل ----- . ومركبات تحتوى على نتروجين مثل -----  
ومركبات تحتوى على كبريت مثل-----.
- س3 : أشرح تأثير التركيب الكيميائي للبترول على نوعيته وخصائص مشتقاته.
- س4 : ماهي أكثر المركبات الكبريتية تواجدا في البترول ولماذا يجب التخلص منها قبل معالجته.
- س 5: توجد بعض المركبات النتروجينية في البترول. فما هي ولماذا يجب التخلص منها.
- س6: قارن بين النفط ذو الأساس البرافيني والنفط ذو الأساس النفثيني.
- س7: ما لمقصود بالتعبير الأتية؟ حدد أهمية كل منها، والوحدات المستخدمة في القياس (إذا وجدت):
- درجة الكثافة القياسية
  - نقطة الوميض
  - الكربون المتبقي
  - اللزوجة
- س8 : ماهي اهمية تقطير البترول؟
- س 9 : نواتج عملية التقطير التجزيئي للبترول تحت الضغط الجوي العادي  
مثل .....و.....و.....و.....و.....و نواتج عملية التقطير  
التجزيئي للبترول تحت الضغط الفراغي مثل .....و.....و.....
- س 10 : عينة قياسية من جازولين 95 تحتوى على 5% ..... و 95% .....
- س11: قارن بين عمليتي التكسير الحراري والتكسير المحفز، أي العمليتين ملائمة في المصافي النفطية؟
- س12 : ما هو هدف عملية التكسير الحراري في المصافي ؟
- س13 : حدد هدف عملية البلمرة، الألكلة والأزمنة في المصافي ، و اشرح لماذا تكون عملية البلمرة ملائمة في حالة وجود عملية التكسير في نفس المصفي.
- س14 : أشرح أهمية عمليات التنقية في المصافي.

## الفصل الرابع

### العمليات الفيزيائية في الصناعات البتروكيمياوية



#### اهداف الفصل

بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادرا على ان :

- 1- يفهم الاسس العامة لنقل المواد الصلبة والسائلة .
- 2 - يفهم الاسس العامة لعمليات تصغير الحجم ( التكسير والطحن ) .
- 3 - يدرك اهمية عملية الغربلة .
- 4 - يتعرف على عمليات التركيز والطررد المركزي .



## 4 - 1 تمهيد

هي عمليات تشغيل يتم فيها أحداث تغيير فيزيائي أو كيميائي في طبيعة المادة أو خليط المواد وتتم العملية الصناعية أما في عملية واحدة أو في مجموعة من الوحدات تسمى وحدات التشغيل . المواد التي تدخل في الوحدة الصناعية تسمى مدخلات التغذية إما تلك التي تخرج من الوحدات تسمى مخرجات أو نواتج . والنواتج من العملية إما ان يكون منتج نهائي او يكون منتج وسيط يحتاج إلى بعض المعالجات لتحسين بعض الخواص . من هذه الوحدات وحدات التقطير، وحدات التجفيف، الفصل، التبخير، الاستخلاص، التكرير، التبادل الحراري. في هذه المرحلة الدراسية تتم دراسة عمليات نقل المواد الصلبة والسائلة والغازية، وحدات التكسير والطحن بالإضافة الى التكرير والفصل بواسطة قوة الطرد المركزي . في المراحل الدراسية اللاحقة سيتم دراسة وحدات تشغيلية وتصنيعية ذات اهمية في الصناعات البتروكيمياوية .

## 4 - 2 النقل، التكسير، الطحن والغربلة .

تعتمد عملية نقل المواد في الصناعات البتروكيمياوية على طبيعة ونوع المادة المنقولة (صلبة، سائلة، غازية) والمقصود بطبيعة المواد كونها صلبة حبيبية أو غبارية أو كتلية أو كونها سوائل مختلفة اللزوجة ومختلفة في الخواص الفيزيائية الأخرى أو كونها غازات تختلف في صفاتها الفيزيائية والكيميائية .

## 4 - 2 - 1 طرق نقل و تداول المواد:

تنقسم المواد من حيث طرق نقلها و تداولها إلى ثلاث أنواع هي :

أولاً - المواد الصلبة.

ثانياً - المواد السائلة باختلاف انواعها .

ثالثاً - الغازات بنوعها ( الحالة الغازية والحالة المسالة ) .

## 4 - 2 - 2 طرق نقل و تداول المواد الصلبة:

(1) استخدام العربات باختلاف أنواعها.

(2) استخدام الأوناش و الروافع.

(3) استخدام السيور الناقلة.

(4) استخدام الجرارات .

(5) استخدام خطوط الأنابيب ( عن طريق الشفط أو الضغط).

تحدث مخاطر اثناء تداول ونقل المواد الصلبة اهمها سقوط المواد الصلبة على العاملين بالإضافة الى تطاير أتربتها أثناء نقلها عن السيور وغيرها من المخاطر .

#### 4 - 2 - 3 طرق نقل و تداول المواد السائلة:

- (1) استخدام الأوعية الناقلة.
- (2) استخدام العربات المجهزة.
- (3) استخدام خطوط الأنابيب.

تشمل مخاطر نقل وتداول المواد السائلة تعرض الأوعية الناقلة للكسر أو انسكاب السوائل الحارقة على العاملين، تفاعل هذه السوائل مع وسيلة النقل (الوعاء الخارجي) تعرض هذه المواد للهب سواء كان مباشر أو غير مباشر بالإضافة الى المخاطر الاخرى من المخاطر.

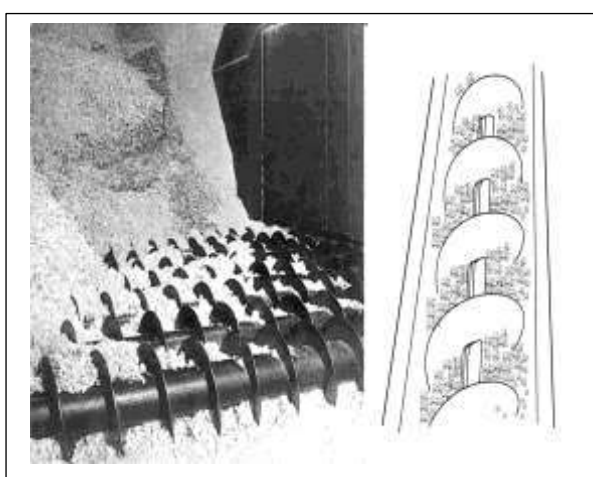
#### 4 - 2 - 4 طرق نقل و تداول الغازات:

- (1) عن طريق خطوط الأنابيب و هو غاز.
- (2) عن طريق استخدام الاسطوانات و هو مسال.

تشمل مخاطر نقل وتداول الغازات تعرض خطوط الأنابيب للضغوط الخارجية أو وجود هذه الانابيب بجوار خطوط الكهرباء ذات الضغط العالي . ان تعرض الاسطوانات المعبأة بالغاز المسال للحرارة العالية يسبب انفجارها .

#### 4 - 2 - 5 نقل المواد الصلبة بالهزمة الناقلة

**الحزام الناقل :** هو وسيلة لحمل كميات كبيرة من المواد من مكان إلى آخر ويتكون من بكرتين احدهما البكرة المسيرة التي تؤمن الطاقة وتبقي الحزام في حركة مستمرة. وتسير معظم الأحزمة الناقلة بواسطة محرك كهربائي. ومن الممكن ان يبلغ طول الحزام الناقل المستخدم في المناجم إلى أكثر من كيلومتر. تستخدم السيور الناقلة في العديد من الصناعات مثل الصناعات الغذائية وصناعة الأسمدة وصناعة السكر والمطاحن، شكل (4 - 1) يمثل أنواع مختلفة للسيور والاحزمة الناقلة



شكل ( 4 - 1 ) أنواع مختلفة للسيور والاحزمة الناقلة

#### 4 - 2 - 6 نقل المواد السائلة والغازية :

تعد الصهاريج والأنابيب هي الوسيلة الأكثر استخداما لنقل المواد السائلة والغازية . يعتمد اختيار نوع الأنبوب الناقل على العديد من العوامل منها .

- 1- الغرض من استخدام الأنبوب .
- 2- كلفة الأنبوب .
- 3- نوع المادة المنقولة في الأنبوب .
- 4- مسافة امتداد الأنبوب .
- 5- الضغط الداخلي في الأنبوب .
- 6- سرعة سير المادة المطلوب نقلها .
- 7- لزوجة المادة المطلوب نقلها .
- 8- درجة حرارة المادة المنقولة .

يعد نشاط النقل والتوزيع من عناصر صناعة البترول حيث انه يمثل واجهة هذه الصناعة . وقد تطورت وسائل نقل الخام والمنتجات وتوزيعها لتواكب التطور الذي حدث في مجال الاستهلاك . انتشرت المستودعات الأزمة لتخزين المنتجات البترولية وتخدمها شبكة ضخمة من وسائل النقل المختلفة، تشمل السكك الحديدية، والشاحنات، والصنادل النهرية، والناقلات الساحلية، وأخيرا خطوط الأنابيب .

**أنواع الأنابيب :** تصنع معظم انابيب المياه التي يزيد قطرها عن 8 cm من الحديد الزهر او الخرسانة المسلحة أو الصلب أو خليط من الاسبتوس والاسمنت . إما أنابيب المياه الأصغر حجما فتصنع من الصلب المجلفن أو النحاس أو الحديد المطاوع أو البلاستيك . وتبنى خطوط الأنابيب الغازية والنفطية من الأنابيب الصلبة . إما الحديد الزهر والفخار والخرسانة فمن ضمن المواد المستخدمة في أنابيب الصرف والبالوعات وقد يكون بأنظمة الري أنابيب خفيفة من الألمنيوم يمكن تحريكها بسهولة . ولمصانع الطاقة الذرية نظام أنابيب من الصلب الذي لا يصدأ . وقد يصنع الأنبوب بطرق عدة اعتمادا على خامة الأنبوب المطلي وشكله . وتشمل هذه الطرق صب القوالب والسبك واللحام وسحب الخامة أو دفعها على طرف مدبب لإحداث فتحة مركزية . تحتوي أنظمة الموائع المستخدمة في نقل السوائل والغازات على أنابيب مختلفة الأقطار إضافة إلى أنواع عديدة من الصمامات للتحكم في التدفقات أو إيقافها ، ومضخات لنقل وضغط السوائل وضواغط لضغط الغاز أو نقلة . وتغطي الأواني والأنابيب وغيرها من التجهيزات في درجات الحرارة العالية أو المنخفضة جدا بعوازل للحفاظ على امن الموظفين والاحتفاظ بدرجة الحرارة الداخلية . وتتشترك أنظمة الموائع ووحداتها جميعها في أجهزة القياس مثل مقياس درجة الحرارة والضغط و أجهزة قياس التدفق التي توجد في مواقع محددة من إي مصنع .

## مراحل عملية تفتيت المواد الصلبة

تعرف عملية التفتيت بانها من العمليات المتعاقبة الغرض منها تصغير الحجم الكبيرة للمواد الصلبة ( الصخور مثلا ) للحصول على الحجم المطلوبة للعمليات اللاحقة وذلك بتسليط طاقة او قوة على الصخور المراد تكسيرها الى ان تصل الى النقطة بعد الحرجة ومن ثم تنهشم .

تتم عملية التفتيت بمراحل متعددة وتكون مقسمة الى نوعين هما التكسير والتنعيم او الطحن. ان التكسير يعني تصغير الحجم الى حد (1 mm) باستخدام الكسارات، اما عمليات التنعيم فتطلق على العمليات التي يتم الحصول على حجوم اقل من (1 mm) باستخدام الطواحين .

### 4 - 2 - 7 التكسير crushing

ان التكسير هو المرحلة الميكانيكية الاولى في عملية التفتيت ، والتكسير عموما عملية جافة تجري بمرحلتين او ثلاث، على سبيل المثال قد تكون الكتل الخارجة من المنجم ذات حجو يصل الى 1.5 m بالقطر حيث تصغر هذه الحجوم في عملية التكسير الاولى الى 10 cm – 2 cm في المكائن الضخمة.

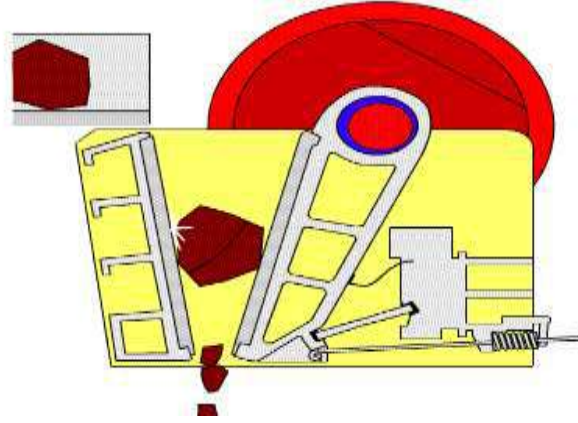
ان لعملية التكسير فوائد يمكن ذكرها بما ياتي :

- 1 - سهولة نقل ومدولة وتخزين الخامات .
- 2 - انتاج الحجوم والاشكال الملائمة لعمليات الفصل .
- 3 - زيادة المساحة السطحية للخام ليكون سهل الاتصال بالمذيبات الكيماوية .

توجد انواع عديدة من الكسارات مثل الكسارات الفكية، الكسارات الدوارة، الكسارات المخروطية، الكسارات المطرقية وغيرها. وتعتبر الكسارة الفكية من الانواع الشائعة الاستخدام، ويكسر الخام بين فكين على شكل حرف ( V )، يثبت احد الفكين الى جدار الماكينة اما الثاني فانه يتأرجح قريبا وبعيدا عن الجدار الثابت . باستعمال وصلة مفصلية مما يساعد في تكسير الحجوم الكبيرة ( الصخور مثلا ) . ان عملية ابتعاد الفك يساعد على خروج الناتج من الكسارة. يمكن التحكم في فتحة خروج الناتج عن طريق منظم هيدروليكي لضبط المسافات شكل ( 4 - 2 ) منظومة تكسير فمثلا تستخدم الكسارة الفكية في العديد من الصناعات مثل صناعة الاسمنت والصناعات التعدينية والانشائية شكل ( 4 - 3 ) الكسارة الفكية.

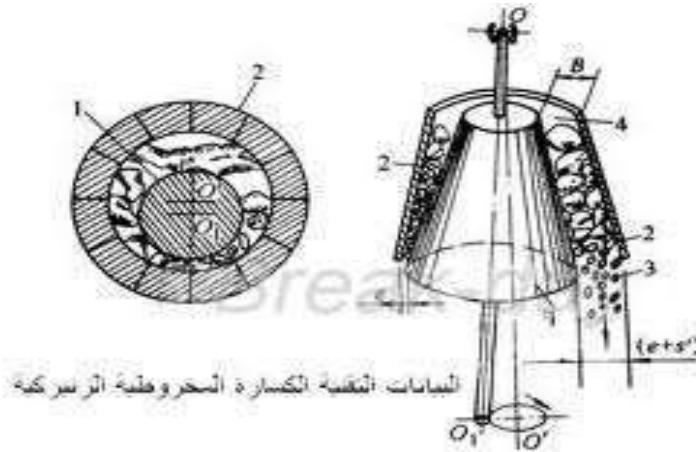


شكل ( 4 - 2 ) منظومة تكسير

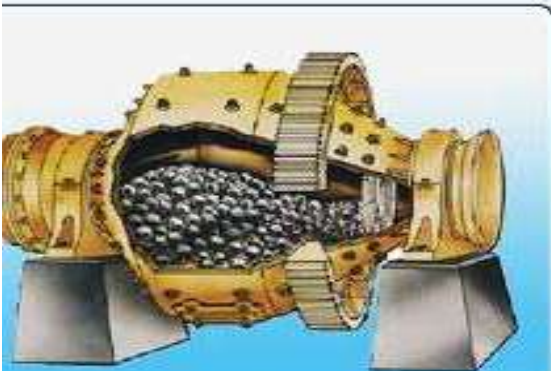


شكل ( 4 - 3 ) الكسارة الفكّية

وهناك أيضا الكسارات الدوامية أو المخروطية شكل ( 4 - 4 ) وسطوح التكسير فيها على شكل مخروطات مقطوعة يتدرج احدهما على السطح الداخلي للأخر فيكسر كتل الخام المحصورة بينهما وقد تصل طاقة إنتاج هذه المعدات الى  $2000 \text{ m}^3 / \text{hour}$  .



شكل ( 4 - 4 ) الكسارة المخروطية



شكل ( 4 - 5 ) الكسارة ذات الكرات

وتوجد أيضا الكسارات ذات الدرافيل وفيها ترتطم المواد المغذاة للماكينة بأسنان الدرافيل الدوار وتكسب كذلك بينه وبين لوح الكسارة فتتمزق الأسنان الموجودة على سطح الدرافيل المواد لاستكمال تكسيرها، وهناك نوع اخر من الكسارات هي الكسارات المطرقية التي تستخدم في مقالع المرمر، تمتاز هذه الكسارة بنسبة تصغير عالية وسعة قد تصل الى  $\text{ton}/\text{hour}$  1500. تتكون من عدة مطارق مثبتة على طبلة دوارة . ان القوة المركزية للمطارق المسطحة على الخام تؤدي الى تحطيمه شكل ( 4-5 )

## 4-2-8 الطحن Grinding

تؤدي عملية الطحن الى اختزال حبيبات المادة الصلبة المكسرة الى دقائق ناعمة . تتم عملية الطحن في وعاء اسطواني مصنوع من الصلب يدور حول محوره ويحتوي على كرات او قضبان فولاذية وتدعى هذه المواد بأجسام الطحن .

ان عملية الطحن يمكن ان تنجز في حالة رطبة او جافة، كما يمكن انجازها بدفعة واحدة او بشكل مستمر. عند دوران الطاحونة حول محورها ترتفع مع جدارها اجسام الطحن والخام الى ارتفاع معين ثم تسقط مرة ثانية الى داخل الطاحونة. ان هذه العملية تسبب توليد قوة تصادم بين اجسام الطحن والخام وبالتالي الحصول على ناتج ناعم . ان ضبط سرعة دوران الطاحونة امر هام للتحكم في طبيعة الناتج . تستخدم الطواحين في العديد من الصناعات مثل صناعة الاسمنت، الصناعات الغذائية والاعلاف الحيوانية، شكل ( 4 - 6 ) أنواع مختلفة للطواحين وصورة للمظهر الخارجي للطاحونة

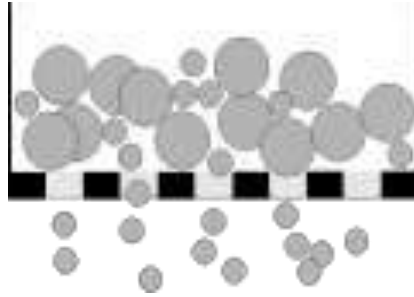


شكل ( 4 - 6 ) أنواع مختلفة للطواحين وصورة للمظهر الخارجي للطاحونة (للاطلاع)

## 4-2-9 الغربلة sieving

هي عملية ميكانيكية من اجل التحليل الحجمي للحبيبات الناتجة من عملية التفتيت ، أي ان الفصل يتم على اساس الحجم ، ويمكن الحصول على هذا النوع من الفصل بإمرار المادة الصلبة على سطح مخرم ( مثقب ) بثقوب منتظمة وهذه الثقوب تسمح بمرور الحبيبات خلالها اولاً ، حيث ان الحبيبات ذات الحجم الاكبر من فتحات الغربيل تبقى على سطح الغربيل ويرمز لها بالإشارة ( + )

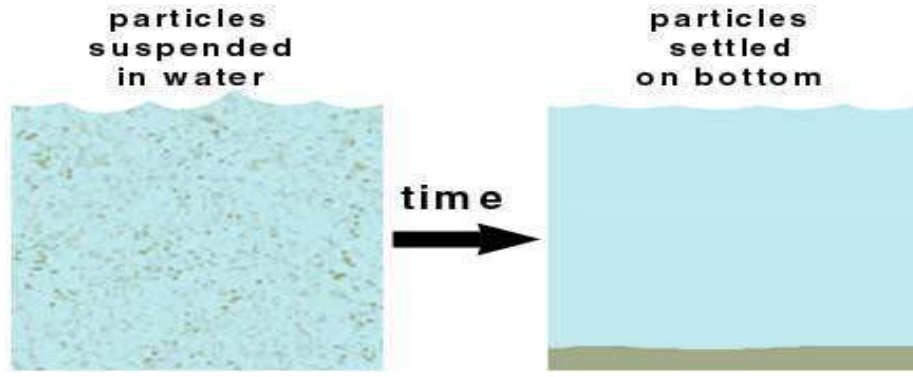
والحبيبات المارة أي الاصغر من فتحات الغزيريل فيرمز لها ( - ) ، اما الحبيبات التي تبقى في الفتحات فتدعى بالحبيبات ذات الحجم الوسطية، وتصنف المناخل الصناعية الى نوعين رئيسيين هما المناخل الثابتة والمناخل المتحركة شكل ( 4 - 7 ) غرابيل متنوعة



شكل ( 4 - 7 ) غرابيل متنوعة (للاطلاع)

### 3-4 الترسيب Sedimentation

هي العملية التي يتم فيها معالجة المياه عن طريق الخواص الفيزيائية دون اللجوء إلى المعالجات الكيميائية ( مع الملاحظة انه يتم إضافة بعض المواد لتسريع العملية منها كبريتات الألمنيوم المائية (الشب) أو كبريتات الحديدوز). الغرض منها هو إزالة جزء كبير من المواد العالقة بالمياه كجسيمات التراب والبكتيريا . هذه العملية هي أول مرحلة من مراحل تحلية الماء وتعتمد بشكل أساسي على قوانين ميكانيكا الموائع وخصائص الجاذبية والكثافة فيتم تكتل المواد غير المرغوبة ومن ثم تترسب بفعل الجاذبية . ان عملية ترسيب الدقائق يقل كلما صغر حجم الدقائق الى ان تقترب السرعة من الصفر للدقائق الناعمة جدا . وزيادة سرعة ترسيب هذه الدقائق يتم بواسطة عملية تدعى بالاندماج ( اندماج الدقائق المترسبة )، أي جعل الدقائق المترسبة مندمجة مع بعضها وعند تكتلها تحصل زيادة في حجمها ونتيجة لذلك تزداد سرعة ترسيبها ، وهذا يتطلب إضافة بعض المواد كما ذكرنا سابقا، شكل ( 4 - 8 ) ترسب الجسيمات العالقة، ومن خصائص هذه العملية أنها غير مكلفة ولا تحتاج إلى مهارة عالية للقيام بها ولكن في الوقت ذاته تتطلب مساحات واسعة من الارض. شكل ( 4 - 9 ) احواض الترسيب في محطة معالجة المياه



شكل ( 4 - 8 ) ترسب الجسيمات العالقة



شكل ( 4 - 9 ) احواض التركيز في محطة معالجة المياه

#### 4 - 4 الفصل بواسطة قوة الطرد المركزي

**جهاز الطرد المركزي :** هو يعتمد على الحركة الدورانية وقوة الطرد المركزي ويستخدم في فصل المواد الصلبة العالقة عن المادة السائلة. وكذلك تستخدم في فصل السوائل بالاعتماد على فرق الكثافة، ويحتوي جهاز الفصل بالطرد المركزي شكل ( 4 - 10 ) على محرك كهربائي يولد حركة دورانية بسرعة عالية تصل إلى 2000 - 3000 دورة بالدقيقة مما يجعل المادة الصلبة تندفع بتأثير قوة الطرد المركزي إلى محيط الاسطوانة المشبك . تعمل أجهزة الطرد المركزي على الأغلب بطريقة الوجبات .

تستخدم هذه الأجهزة في المجالات الآتية :

- 1- في مجال الصناعات الغذائية لفصل حبيبات الدهن عن الحليب في تحضير القشطة والزبد في أجهزة تدعى الفرازات .



شكل ( 4 - 10 ) جهاز فصل بالطرد المركزي الانتاجي



2- في المجالات الطبية المخبرية لفصل الدم او المواد السائلة الى اجزائها الرئيسية وذلك لاستخدام كل واحدة على حدة أو دراسته أو تحليله شكل ( 4 - 11 ).



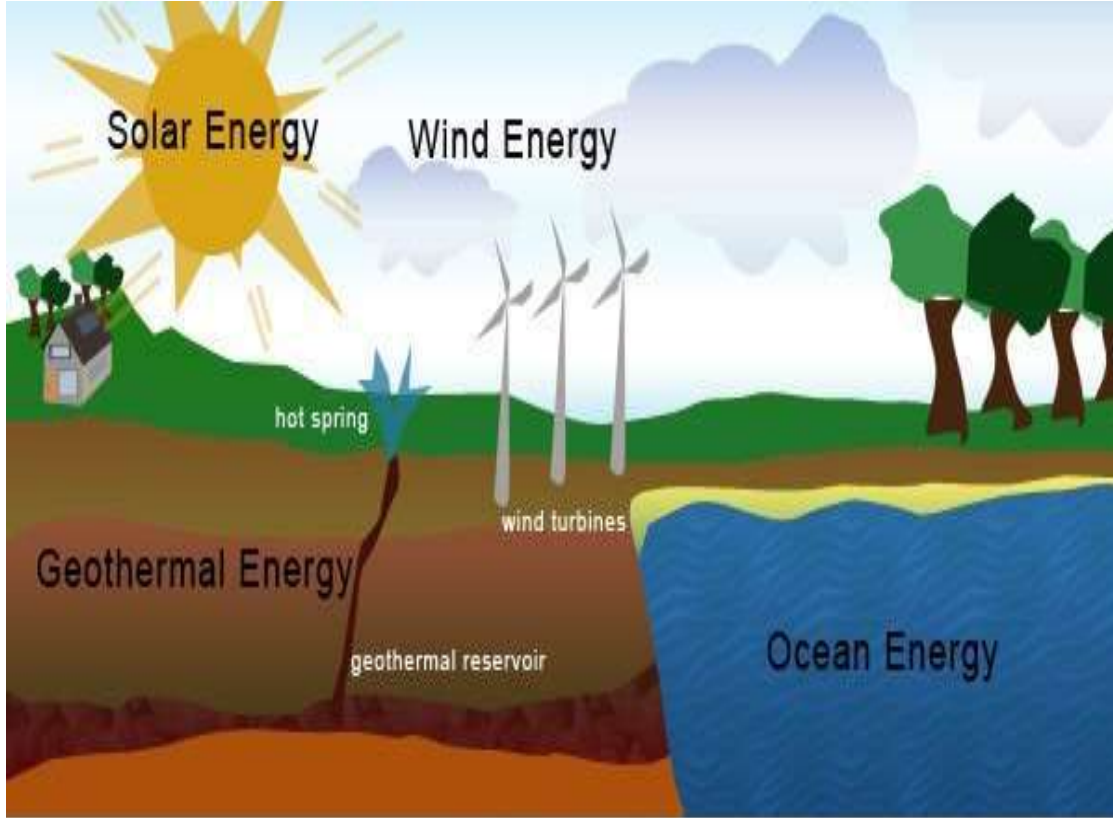
شكل ( 4 - 11 ) جهاز طرد مركزي مختبري

3- في الصناعات الكيماوية في مجال صناعة الأسمدة الكيماوية وصناعة السكر وغيرها حيث يتم فصل بلورات المادة الصلبة عن المحلول باستخدام فواصل الطرد المركزي .

4- في المجال النووي لفصل اليورانيوم المشع من غير المشع اعتماد على الوزن الذري لكل منهما .

### اسئلة الفصل الرابع

- س1 : ما هي وسائل نقل المواد الصلبة والسائلة والغازية ؟
- س2 : ما هي عوامل اختيار الانابيب ؟
- س3 : عرف عملية التكسير وعدد انواع الكسارات مع ذكر استخداماتها ؟
- س4 : ما لمقصود بعملية الطحن وما فرقها عن عملية التكسير ؟ عرف عملية الغرلة واصفا عملية مرور الحبيبات من فتحة المنخل ؟
- س5 : ما هو الاساس العلمي الذي تستند اليه كل من :
  - عملية الترييد .
  - عملية الفصل بالطرد المركزي .



## الفصل الخامس مصادر الطاقة

### الاهداف

- بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادرا على ان :
- 1 – يتعرف على مصادر الطاقة وانواعها واهميتها .
  - 2 – يتعرف على انواع الوقود ( الصلب ، السائل والغازي ) وخواصها واستعمالاتها .
  - 3 – يفهم معنى الطاقة البديلة واهميتها كبديل عن مصادر الطاقة التقليدية .
  - 4 – يتعرف على الوقود الحيوي وانواعه واستخداماته .
  - 5 – يعرف اهمية الطاقة الشمسية والطاقة النووية في توليد الطاقة الكهربائية .

## 5 - 1 تمهيد

تعتبر الطاقة احد المقومات الأساسية في حياة المجتمعات الحضارية، وكان تأمين مصادر الطاقة ضرورة وهاجس كبير للإنسان لتلبية حاجاته اليومية في المعيشة والتنقل، حيث اعتمد في بداية الأمر على المصادر الطبيعية الحيوانية والنباتية .

ونتيجة لمراحل التطور التي مرت بها المجتمعات، ازدادت الحاجة إلى إيجاد مصادر طاقة جديدة وبأنواع وأشكال مختلفة سيتم ذكرها لاحقاً .

تعرف الطاقة علمياً بأنها هي القدرة أو القابلية على انجاز شغل معين أو إحداث تغيير ما. وتنتج الطاقة من مصادر كثيرة تشمل المخلفات النباتية صعوداً الى الطاقة النووية وكما يأتي:

1- الوقود الاحفوري: الذي يشمل النفط الخام ومشتقاته ، الغاز الطبيعي والفحم الحجري .  
2- الطاقة الحرارية الجوفية في باطن الأرض (طاقة الينابيع والنافورات الحارة): والتي تستخدم حالياً في إنتاج الطاقة الكهربائية والتدفئة والتسخين.

3- غاز الهيدروجين : الذي يعتبر نوع من أنواع الوقود لسهولة اشتعاله وكمية الطاقة التي ينتجها وقد استخدم في المركبات الفضائية وفي محركات الاحتراق الداخلي، وليس له تأثير ضار على البيئة ولذلك يعتبر من مصادر الطاقة النظيفة .

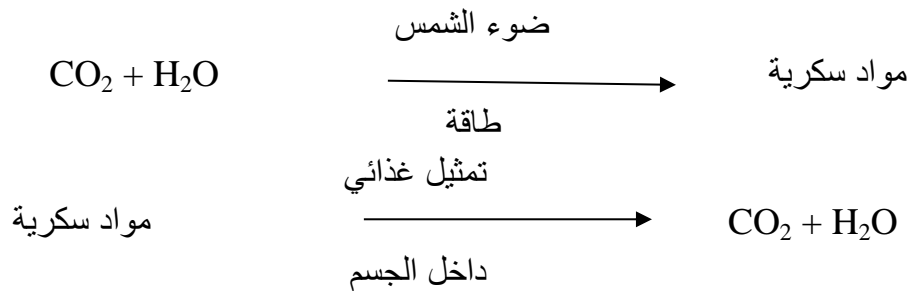
4- طاقة الكتل الحيوية ( Biomass ) : وهي الطاقة المتولدة من المخلفات الحيوانية أو النباتية من خلال تخميرها لإنتاج غازات هيدروكربونية لاستخدامها في إنتاج الطاقة أو إنتاج الوقود الحيوي السائل (الايثانول) أو حرقها مباشرة لإنتاج طاقة حرارية .

5-الطاقة النووية : وهي مصدر طاقة ينتج من الانشطار النووي في التفاعلات النووية ويستخدم في إنتاج الطاقة الكهربائية، إلا أن هذا المصدر له سلبية المخلفات الإشعاعية (النفائات المشعة ) وصعوبة التخلص منها .

6-المصادر الميكانيكية: وتتضمن مساقط المياه ( الشلالات ) والسدود أو طاقة الرياح أو المد والجزر والتي تستخدم في تشغيل توربينات الطاقة الكهربائية .

7-الطاقة الشمسية : وهي المصدر الأساسي للطاقة في الكون وهي المسؤولة عن إنتاج جميع أنواع الطاقة التي مر ذكرها ( ما عدا الطاقة النووية ) .

إذ أن أشعة الشمس الحاملة للطاقة تقوم ومن خلال عملية التركيب الضوئي بتحويل ثنائي اوكسيد الكربون في الجو إلى مواد غذائية وسكريات تخزن في النباتات. وبمعنى آخر فإن الطاقة الشمسية تأتي من الشمس لتخزن في المركبات الكيميائية في النباتات و الحيوانات والمواد الغذائية في الوهلة الأولى، لتتحول إلى طاقة داخل جسم الإنسان أو الحيوان من خلال عملية التمثيل الغذائي ( هضم الغذاء ) وهذه الطاقة تظهر على شكل فعاليات حركية . ويمكن تمثيل ذلك بالمعادلات:



كما انها تكون مخزونة في المركبات الكيميائية التي تكون الوقود الاحفوري والذي سيتم ذكره لاحقاً.

## 5-2 الوقود الاحفوري

يعد هذا النوع من الوقود من اهم مصادر الطاقة في الوقت الحاضر و يشمل ثلاثة انواع:

1-الوقود الصلب ( الفحم الحجري ) .

2-الوقود السائل ( النفط الخام ومشتقاته ) .

3-الوقود الغازي ( الغاز الطبيعي وغاز الهيدروجين ) .

وقد تكون الوقود الاحفوري من تحلل جزئي لبقايا الأحياء ( النباتية والحيوانية ) وخلال فترة ملايين السنين والحقب الجيولوجية ، ويعتبر هذا المصدر من المصادر القابلة للنفاد . ولقد تم التطرق الى نظريات تكوين النفط في الفصل الثالث من هذا الكتاب .

### 5-2-1 الوقود الصلب

هو تلك المواد التي من الممكن استخدامها كوقود في حالتها الصلبة مباشرة أو كمصدر طاقة بصورة غير مباشرة ( تحويل طاقتها إلى شكل آخر من الطاقة). ويعد هذا النوع من المصادر المهمة للطاقة ويمثل الفحم الحجري Coal أهم أنواعها .

أن الفحم الحجري هو أول وأهم أنواع مصادر الطاقة حيث استخدم لأول مرة في القرن الثامن عشر كبديل عن الخشب وقد ساهم مساهمة كبيرة في تاريخ الإنسانية في سد الحاجة لتوفير الطاقة للمكانن البخارية في الثورة الصناعية التي بدأت منتصف القرن الثامن عشر، واليوم يستعمل الفحم الحجري لإنتاج الطاقة الكهربائية ولمدى اقل في بعض الصناعات الثقيلة ، مثل صناعة الحديد والفولاذ .

وكما ذكرنا سابقاً فإن الفحم الحجري قد تكون من البقايا المتحللة للأحياء النباتية والحيوانية ونتيجة تعرضه إلى ضغط وحرارة عاليين أصبح ذا صلابة كبيرة وقيمة حرارية عالية. ولذلك يكون الفحم الحجري على ثلاثة أنواع هي فحم اللكنايت lignite coal، وفحم البيتومين Bituminous coal ، فحم والانتراسايت Anthracite coal .

### A – اللكنايت lignite coal

وهو فحم ناعم أملس ذو لون بني أو بني مسود تركيبه خشبي رطب قيمته الحرارية (كمية الحرارة المنبعثة عند احتراقه) واطئة و يستعمل لإنتاج الطاقة الكهربائية والتدفئة.

### B – الفحم البيتوميني Bituminous Coal

وهو نوع شائع ويسمى أيضا الفحم الناعم أو الأملس ، لونه اسود لامع صلابته اعلى من فحم اللكنايت . معظم الفحم القاري يحتوي على نسبة من الكبريت ولذلك عند احتراقه يسبب مشاكل بيئية كبيرة ومع ذلك يستخدم كوقود لإنتاج الطاقة الكهربائية بسبب القيمة الحرارية التي ينتجها

### C – الفحم الصلب أو الانتراسايت Anthracite coal

هذا النوع من الفحم هو أرقى الأنواع واصلها بسبب تعرضه إلى حرارة عالية جداً أثناء تكونه. اسود اللون لامع يحترق بدون ملوثات كبيرة وقيمته الحرارية عالية بالنسبة للأنواع ( A,B ) أعلاه . ومن أشهر مناطق انتاجه الولايات المتحدة الأمريكية ، روسيا ، الصين ، استراليا ، الهند ، ألمانيا وأفريقيا الجنوبية ، وما متوفر منه في المناجم العالمية الآن يكفي لـ 200 سنة قادمة .

### 5-2-2 استخراج الفحم

ان موضوع استخراج الفحم يقود الى الحديث عن مناجم الفحم . يتواجد الفحم في طبقات وشقوق تحت القشرة الأرضية وبسمك يتراوح بين 2.5 cm إلى 30 m . وتتواجد هذه الطبقات الفحمية في مناجم قريبة من سطح الأرض أو في مناجم عميقة نسبياً لذا فإن اختيار المنجم لغرض استخراج الفحم يعتمد على موقع المنجم وطبقة الفحم نسبة إلى سطح الأرض . فإذا كانت طبقة الفحم على بعد 30 m

من سطح الأرض فيكون منجم سطحي surface mining حيث يسحب الفحم منه بواسطة آلات حفر ثقيلة وعلى شكل خنادق طويلة متوازية بعد رفع سطح التربة العليا من تلك المناجم، أما عندما يكون الفحم على بعد أكثر من 30 m من سطح الأرض عندئذ يكون المنجم تحت سطح الأرض Subsurface mining . المناجم السطحية أفضل من تلك التي تحت سطح الأرض لكونها أقل كلفة اقتصادية وأقل خطورة على العاملين لكن لها تأثير ضار على البيئة ، وفي كل الأحوال، سواء كان الفحم المستخرج من المناجم السطحية أو من تحت سطح الأرض فإن عملية الحفر تتم بواسطة آلات ثقيلة مزودة بدواليب مسننة دائرية تقوم بعملية الحفر لينقل الفحم بعد ذلك بعربات مخصصة لهذا الغرض أو في بعض الأحيان بأحزمة ناقلة ومن ثم تحميلها بواسطة القطارات إلى مواقع الاستهلاك مثل صناعة الفولاذ و محطات إنتاج الطاقة الكهربائية.

### 3-5 الصخور البيتومينية Bituminous Rock

الصخور البيتومينية Bituminous Rock أو صخور ( قارية ) وهي النوع الثاني من الوقود الصلب والذي يكون على شكل صخور رملية أو رمال مائية متشعبة بالمواد العضوية البيتومينية أو في الصخور الجيرية وقد تصل نسبة المواد العضوية في هذه الصخور إلى 20% وتستخدم في رصف الطرق وطلاء الأرضيات والسقوف .

ومن الصخور البيتومينية التي حظيت ببعض الاهتمام ذلك النوع المعروف بالطفل الزيتي Oil Shale والتي تتكون من طبقات أو صفائح من الصلصال و الطين المترسبة فوق بعضها البعض، والتي تحتوي على نسبة عالية من المواد العضوية التي يمكن تكسيدها بالحرارة للحصول على كميات من الزيت الذي يعرف بالزيت الحجري ويستخدم كوقود لإنتاج الطاقة الكهربائية. ويتواجد مثل هذا الصخور في كندا وفنزويلا وأستراليا والولايات المتحدة الأمريكية.

### 4-5 الوقود السائل

بالرغم من أن الوقود الصلب ( الفحم الحجري ) كان أكثر مصادر الوقود شيوعاً ولغاية منتصف القرن العشرين إلا أن النفط الخام ومشتقاته أصبحت أكثر أهمية منذ عام 1940م وقد حدث هذا التغيير المهم لعدة أسباب منها سهولة اشتعاله ونقله بالإضافة إلى المخلفات القليلة التي يتركها بعد الحرق نسبة إلى الفحم الحجري ، وعليه يعتبر النفط الخام ومشتقاته من المصادر المهمة في توفير الطاقة وركيزة أساسية للتطور الحضاري للدول والشعوب.

### 5-5 الوقود الغازي

تعتبر الغازات خصوصاً الغازات الهيدروكربونية ( الغاز الطبيعي ) من أهم مصادر الطاقة بعد وقود النفط الخام ومشتقاته. كما يعتبر غاز الهيدروجين مصدر آخر للطاقة ومصدر يمكن اعتباره أيضاً بديلاً عن مصادر الطاقة الأحفورية ( الناضبة ) ومن المصادر الواعدة مستقبلاً ، وعليه سنتناول في دراستنا هذه شرح مفصل عن الغازات الهيدروكربونية (الغاز الطبيعي) من حيث المصادر والمكونات والخصائص أما غاز الهيدروجين فسيتم تناوله في فصل مصادر الطاقة البديلة والمتجددة.

### 1-5-5 الغاز الطبيعي

الغاز الطبيعي هو نوع من أنواع الوقود الأحفوري وينتج من نفس مصادره يتكون من خليط من الهيدروكربونات الخفيفة تشمل غازات الميثان والإيثان وكميات من البروبان والبيوتان تصاحبها في بعض الأحيان هيدروكربونات سائله مثل البنتان والهكسان . كما يحتوي الغاز الطبيعي على بعض

المركبات الكبريتية التي تعتبر شوائب غير مرغوب فيها تسبب تآكل الانابيب والمعدات الصناعية مثل غاز كبريتيد الهيدروجين  $H_2S$  أو المركبات الغازية فضلاً عن ثنائي اوكسيد الكربون والنتروجين والهيليوم .

### 5-5-2 مصادر الغاز الطبيعي و استخراجة

ينتج الغاز الطبيعي من عدة مصادر أهمها الحقول الغازية من باطن الأرض ومن العمليات النفطية للمشتقات التي تشمل التكسير والتهديب وتشمل هذه المصادر :

#### أ - الحقول الغازية (الغاز الطبيعي الحر)

ينتج الغاز الطبيعي الحر من مكامن غازية من تحت سطح الأرض أي من حقول غازية ويكون هذا النوع من الغاز من النوع الجاف بمعنى أنه يحتوي على غازي الميثان والإيثان بصورة رئيسة . وتوجد مثل هذه الحقول في قطر وإيران وأمريكا الشمالية والاتحاد السوفيتي السابق .

#### ب - الغاز المصاحب في العمليات النفطية

هذا النوع من الغاز يكون مصاحب للنفط الخام المستخرج من المكامن البترولية حيث تحتوي معظم أنواع النفط على غازات هيدروكربونية مذابة فيها نتيجة الضغط العالي تحت سطح الأرض. فعند استخراج النفط الخام يتم فصل الغازات المذابة (الغاز الطبيعي) بعدة عمليات ومراحل انتاجية ليخزن في خزانات كروية ويمتاز الغاز المصاحب بمحتوى عال من الإيثان وكميات من البروبان والبيوتان والسوائل الهيدروكربونية مثل البنتان والهكسان ، ولذلك يسمى بالغاز الرطب.

#### ج - غازات التصفية في العمليات النفطية ( غازات التكسير والتهديب )

عند تكرير النفط الخام ( بعد فصل الغاز المصاحب) تنتج كميات من الغازات الهيدروكربونية تسمى غازات المصافي أو غازات التقطير وهي نواتج عرضية عن عمليات التكسير وفصل مكونات النفط الخام الى مشتقاته . تفصل غازات التقطير هذه من أعلى برج التقطير وتحتوي على الميثان والإيثان والبروبان والبيوتان وقليل من الهيدروكربونات الأثقل . يفصل غاز الميثان والإيثان لغرض استخدامها كوقود في المصافي ، أما غازي البروبان والبيوتان فتفصل على شكل غاز البترول السائل liquefied petroleum gas ( LPG ) . وهناك أنواع من الغازات تنتج خلال العمليات التحويلية أو عمليات التكسير Cracking للمشتقات النفطية الثقيلة وكنواتج عرضية وهي غنية بالبروبان والبيوتان ايضاً .

### 5-5-3 معالجة الغاز الطبيعي

يحتوي الغاز سواء كان الطبيعي الحر أو الناتج من المصادر الأخرى على شوائب تعتمد على مصدر الغاز، وتتمثل هذه الشوائب بالماء أو غاز ثنائي كبريتيد الهيدروجين أو ثنائي اوكسيد الكربون وهي غازات حامضية تسبب مشاكل صناعية كبيرة اهمها التآكل مما يحتم إخضاع الغاز الطبيعي إلى معالجة لتنتقيه من تلك الشوائب ، وتتضمن هذه المعالجة :

- 1- التخلية : تتضمن فصل الغازات الحامضية (غاز كبريتيد الهيدروجين) واسترجاع الكبريت .
- 2- التجفيف : فصل الماء أو خفض مستواه .
- 3- الفصل : ويتضمن عزل المتكثف وتجزئة الغاز حسب الطلب .
- 4- التسيل : ويتضمن تحويل الغاز الى سائل بعملية الضغط والتبريد لأغراض التسويق و الخزن .

### 5-6 الطاقة البديلة

لقد أصبح من الواضح لدى المهتمين وخبراء الطاقة أن مصادر الطاقة التقليدية أو الوقود الاحفوري ( الفحم ، البترول ، الغاز الطبيعي ) أنها ستنتضب عاجلاً أم آجلاً ، وقد حدث نضوب للنفط

في عدد من الابار والحقول النفطية في العالم وقربت احتياطات هذا الوقود من النفاذ. لذا توجه العلماء والباحثون في الدول المتقدمة والصناعية بالعمل الدؤوب لإيجاد بدائل لهذه الطاقة بمصادر جديدة ومتجددة ومتاحة ومتوفرة دون أن تستنفذ لتلبي حاجات المجتمعات الإنسانية المتزايدة من الطاقة للاستخدامات الصناعية والزراعية والنقل.

لذا بدأ الاهتمام باستخدام مصادر طاقة جديدة ومتجددة غير التقليدية، كما اتجهت البحوث بتطوير تلك المصادر وتقليل التأثيرات البيئية وكان هذا التطور سريعاً حيث ظهرت مصادر بديلة عديدة و كما يأتي:

### 5-6-1 غاز الهيدروجين

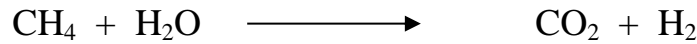
يعتبر هذا الغاز من اخف الغازات وأكثرها قابلية على الاشتعال ومن أكثر العناصر شيوعاً في الأرض، ويوجد تقريباً في كل المركبات العضوية ؛ لذا فإن العديد من الخبراء وعلماء الطاقة يعتقدون بأن غاز الهيدروجين يمكن أن يكون مصدر بديل ودائم للطاقة ، لاسيما وان الطاقة التي يبعثها الغرام الواحد من غاز الهيدروجين تعادل 29000 cal/g ، ولغرض استخدام غاز الهيدروجين كمصدر للطاقة فإن ذلك يتطلب أن يكون الغاز خالي من الشوائب، عليه هنالك عدة طرق لإنتاج الهيدروجين أهمها الطريقة الكيميائية والطريقة الكهروكيميائية (التحليل الكهربائي للماء ) .

### A- الطرق الكيميائية

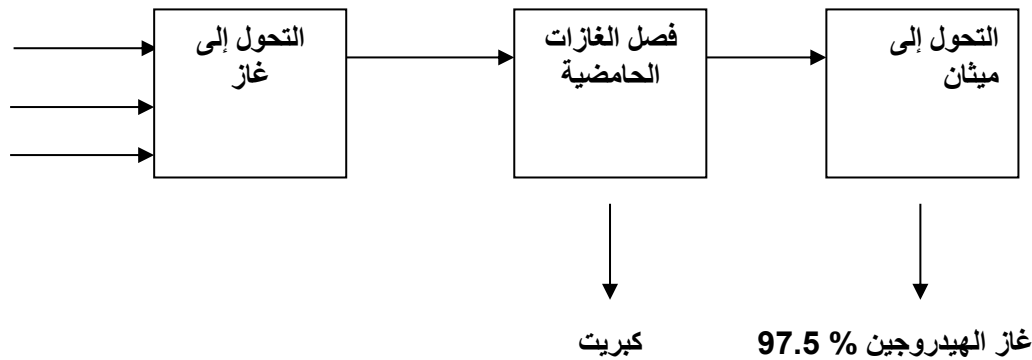
من أهم الطرق الكيميائية وأكثرها انتشاراً هي :

1- التكسير الحراري للهيدروكربونات حيث تتم هذه العملية باستخدام الهيدروكربونات البرافينية الخفيفة مثل غازات الميثان أو الإيثان أو البروبان مع بخار الماء بوجود النيكل كعامل مساعد ودرجة حرارة تصل إلى 800 ° ، وكما في التفاعل الآتي:

Ni



2- تآكسد الهيدروكربونات أو الفحم: وفي هذه الطريقة تستخدم المخلفات النفطية من عمليات التكرير أو الفحم حيث تتأكسد عند درجات الحرارة العالية وبوجود الأوكسجين وبخار الماء كما في شكل ( 5-1 ) .

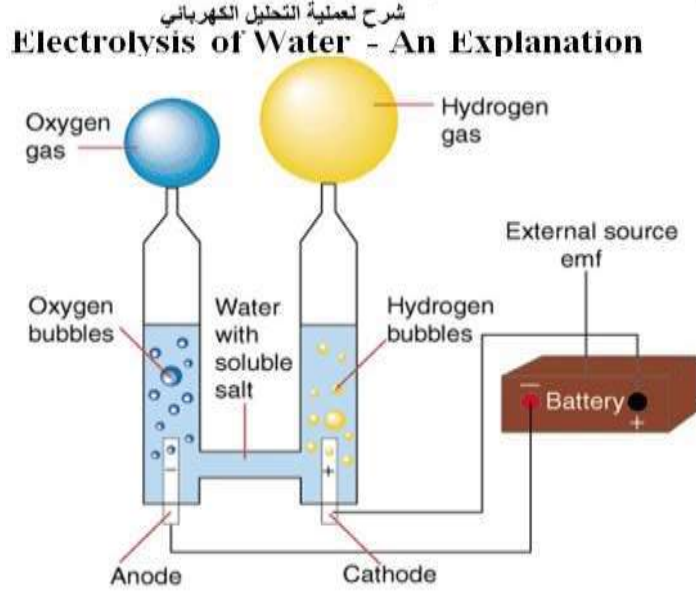


شكل ( 5-1 ) مخطط انتاج الهيدروجين من تآكسد الهيدروكربونات

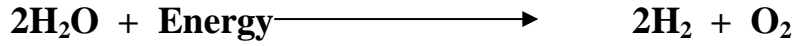
### B- التحليل الكهربائي

وهي طريقة يتم فيها تحليل الماء كهربائياً إلى مكوناته الأساسية الهيدروجين والأوكسجين حيث ينفصل الأوكسجين عند الأنود والهيدروجين عند الكاثود في خلية التحليل الكهربائي وباستخدام محلول الكتروليتي مخفف ( 25 – 30 ) لهيدروكسيد البوتاسيوم أو الصوديوم KOH أو NaOH. أما

أقطاب الخلية فتكون مصنوعة من النيكل Ni واوكسيد النيكل NiO . وتحدث هذه العملية في خلايا مزودة بفواصل لتجمع الغازين وكما في الشكل ( 5 - 2 ) .



شكل ( 5 - 2 ) التحليل الكهربائي للماء



وفي هذه الطريقة يستخدم التيار الكهربائي المنتج عن طريق الطاقة الشمسية وبواسطة الخلايا الضوئية أو من الينابيع الحارة حيث تكون كلفة الانتاج بهاتين الطريقتين رخيصة جدا.

### C- الطرق الأخرى لإنتاج غاز الهيدروجين

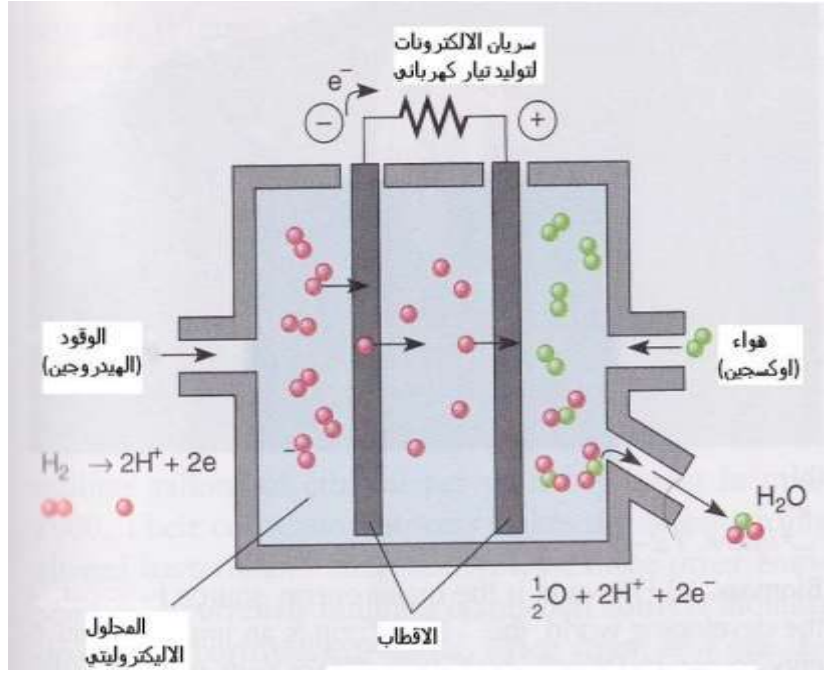
هنالك طرق أخرى لإنتاج غاز الهيدروجين ظهرت نتيجة الحاجة المتزايدة له لغرض استخدامه في انتاج الطاقة او الصناعات المختلفة منها على سبيل المثال استعمال الطحالب أو البكتريا للإنتاج، حيث ينتج الهيدروجين طبيعياً نتيجة لتأثير ضوء الشمس في عملية تسمى التحليل الضوئي ، إلا أن هذه الطريقة لازالت بمستوى البحث المختبري والريادي ولم تصل الى مستوى الانتاج .

### 2-6-5 تطبيقات استخدام الهيدروجين

هنالك ميزات عديدة لغاز الهيدروجين تجعل عملية استخدامه في مجالات تطبيقية واسعة ، ومن هذه الميزات خفة وزنه ( كثافته 1/14 من كثافة الهواء ) ، سرعة احتراقه ، طاقة الاشتعال لبدء الاحتراق قليلة ، يمكن حدوث تفجير بين خليط هيدروجين - هواء % ( 15 - 18 ) ولذا يستخدم الهيدروجين في مجالات مختلفة ، نوجز منها ما يأتي :

1- كمصدر وقود بديل عن الوقود الاحفوري ( صديق للبيئة ) في السيارات والطائرات، حيث يتم ذلك بواسطة خلايا الوقود A fuel cell وهي نوع من الخلايا الكهروكيميائية تنتج فيها الطاقة الكهربائية من خلال تفاعل كيميائي لغازي الهيدروجين و الاوكسجين وهي تشابه بذلك عمل البطاريات الا انها تختلف عنها بان المواد المتفاعلة (الهيدروجين والاكسجين) تجهز من خزانات خارجية و ناتج التفاعل إلكترونات التي تعتبر تيار كهربائي وماء. والشكل (5-3) يمثل مخطط لخلية وقود.





الشكل ( 5-3 ) خلية الوقود العاملة لغاز الهيدروجين (للاطلاع)

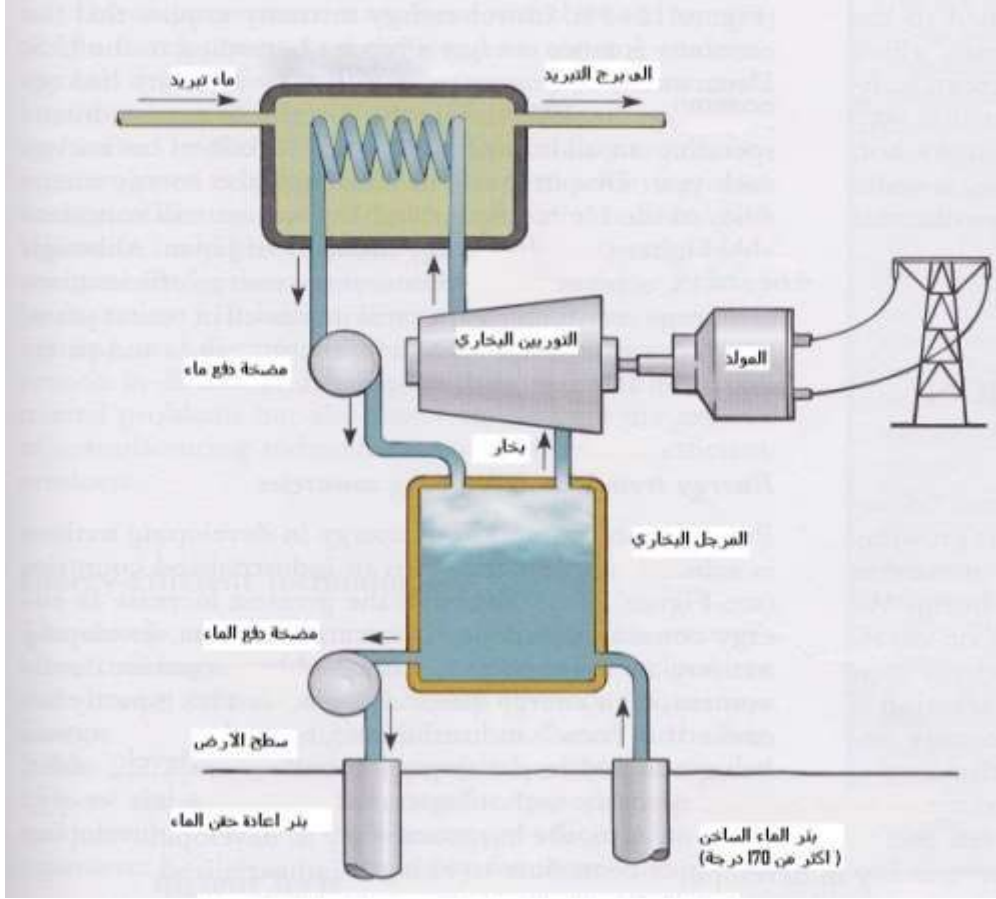
- 2- توليد الطاقة الكهربائية في محرك الاحتراق الداخلي للمولدات الكهربائية.
- 3- إنتاج حرارة مفيدة عند الاحتراق مع الأوكسجين .
- 4- تصنيع أنواع أخرى من الوقود مثل الميثانول والميثان .
- 5- استخدامه في الصناعة مثل صناعة الامونيا والهدرجة والعمليات البتروكيميائية .

## 7-5 الطاقة الحرارية الأرضية

تعتبر حرارة الأرض مصدر لطاقة بديلة ومتجددة يمكن استغلاله في عمليات إنتاج الطاقة الكهربائية أو التدفئة والتبريد، ومصدر حرارة الأرض بالحقيقة هو مركز الكرة الأرضية الذي يتكون من منصهر يسمى (Magma) الذي تصل درجة حرارته إلى ( 4500 C° )، والقشرة الأرضية التي تكون بمعدل عمق ( 32 km ) ومعدل درجة حرارتها تصل إلى ( 1400 C° )، حيث تكون هذه الحرارة العالية هي المصدر لتسخين المياه الجوفية وتكون الينابيع والنافورات البخارية الحارة على سطح الأرض وتحت الطبقات الصخرية. وتتبع طرق تكنولوجية متخصصة لاستغلال والاستفادة من هذا المصدر والشكل ( 4 – 5 ) يبين استغلال طاقة حرارة الأرض في إنتاج الطاقة الكهربائية وكما يأتي :

### A- الينابيع المائية والبخارية الحارة

يتواجد في مناطق كثيرة من العالم ينابيع مياه حارة تتخللها نافورات بخارية حارة تصل إلى سطح الأرض وبضغوط مختلفة ( تعتمد على طبيعة المنطقة والأرض ) تصل إلى ( 8 atm ) ودرجات حرارة ( 150-300 ) C° . تستغل هذه الحرارة في التدفئة بسخ الماء الحار إلى الأبنية والبيوت ، أما النافورات البخارية فتستغل لتحريك التوربينات الكهربائية لتوليد الكهرباء .



الشكل ( 4-5 ) استغلال طاقة حرارة الأرض في إنتاج الطاقة الكهربائية (للاطلاع)

## B - حفر الآبار

وفي المناطق التي لا تتواجد فيها ينابيع حاره يتم حفر آبار عميقه لاستخراج المياه الحارة المخزونة تحت الصخور وتوظيفها في التدفئة وإنتاج الطاقة الكهربائية وهذه الطريقة تستوجب تدوير وإعادة المياه بضغطها إلى الطبقات الأرضية لضمان ديمومة المياه الجوفية الساخنة، أما الطريقة الثانية فيتم فيها البحث عن الصخور الساخنة والجافة القريبة من سطح الأرض وبجوار المناطق النشطة بركانياً والتي قد تصل درجة الحرارة فيها إلى حدود (  $300\text{ C}^\circ$  ) ، حيث يتم حفر آبار في هذه المنطقة ويضخ فيها ماء ليعود ساخن أو على شكل بخار يقوم بدوره بتشريك توربينات توليد الطاقة الكهربائية. وفي حقيقة الأمر فإن هذه الطرق حديثة العهد وتتطلب توظيف رؤوس أموال كبيرة .

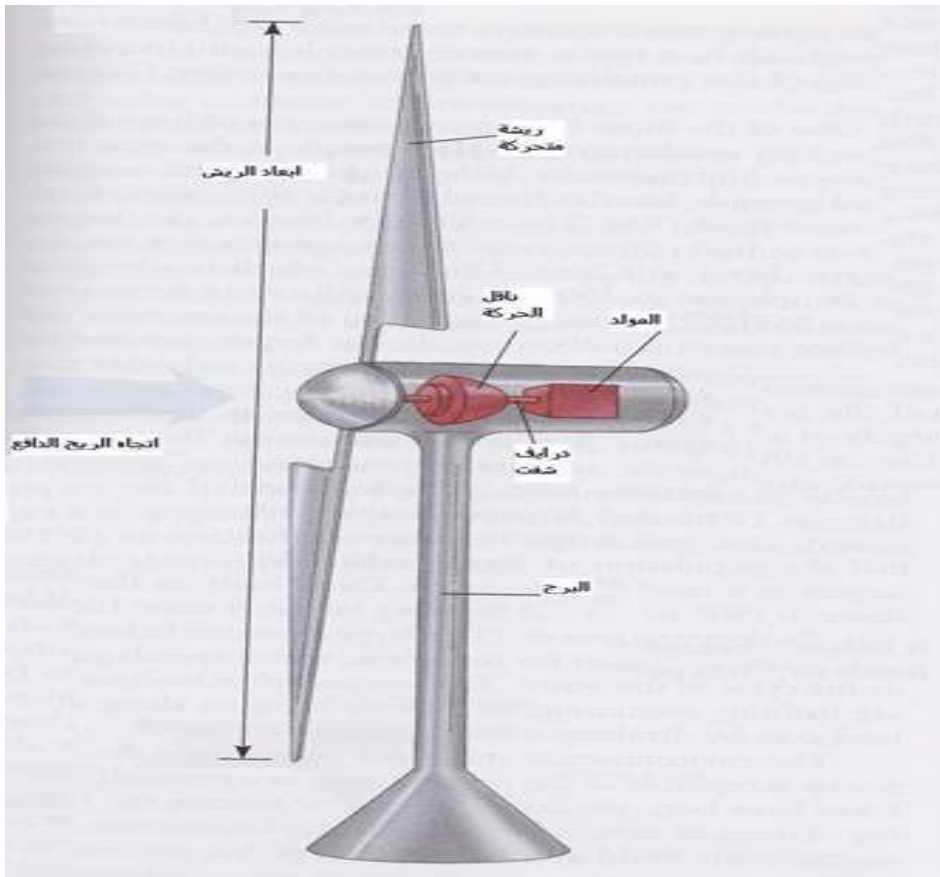
## 5-8 الطاقة الحركية

حركة الموائع ( السوائل أو الهواء ) يمكن لها أن تكون مصدر لطاقة بديلة ومتجددة لما لها من قوة دافعة يمكن تحويلها إلى نوع آخر من أنواع الطاقة يستفاد منها في إنتاج الطاقة الكهربائية أو إنجاز بعض الأعمال الميكانيكية غير الملوثة أو الطاقة النظيفة. ومن أنواع الطاقة الحركية حركة الرياح المياه المخزونة في السدود ، حركة المد والجزر للبحار .

## 5-8-1 طاقة حركة الرياح

تتحرك الرياح نتيجة اختلاف درجات الحرارة والضغط الجوي التي تسببها الشمس على سطح الأرض. وقد استغلت قوة الرياح هذه في تدوير الطواحين سابقاً لإنجاز بعض الأعمال المتعلقة بحياة الإنسان ولا زالت تستخدم في بعض المناطق الزراعية لسحب المياه لأغراض السقي، وخلال فترة التسعينيات من القرن الماضي أصبحت قوة الرياح من المصادر المهمة لإنتاج الطاقة الكهربائية ، ويتم

ذلك من خلال اعتماد تقنية بسيطة تتمثل في انشاء برج يرتفع ما لا يقل عن ( 30 m ) فوق سطح الأرض ترتبط فيه مراوح شبيهه بمراوح الطائرة عددها ( 2 - 3 ) مروحة وترتبط هذه المراوح بدورها ومن خلال محور دوران بمولد كهربائي لانتاج الطاقة الكهربائية ليتم توزيعها بعد ذلك عبر الشبكة الكهربائية للمستهلكين. والطواحين الهوائية الشائعة حالياً تسمى ( توربين الرياح ذو المحور العمودي )، وتنتج الطاقة الكهربائية بهذه الطريقة في العديد من دول العالم ، ففي وسط الولايات المتحدة الأمريكية تجهز توربينات الرياح الطاقة الكهربائية لنصف مليون بيت، أما في الدنمارك فإن 7% من اجمالي الطاقة الكهربائية المنتجة تتم بهذه الطريقة، ومن أهم الفوائد الناتجة من هذه التقنية هو إنتاج الطاقة الكهربائية بدون ملوثات بيئية، إلا أنها تتسبب في قتل الطيور عند اصطدامها بالمراوح . الشكل (5-5) يمثل احد توربينات الرياح المنتجة للطاقة الكهربائية.



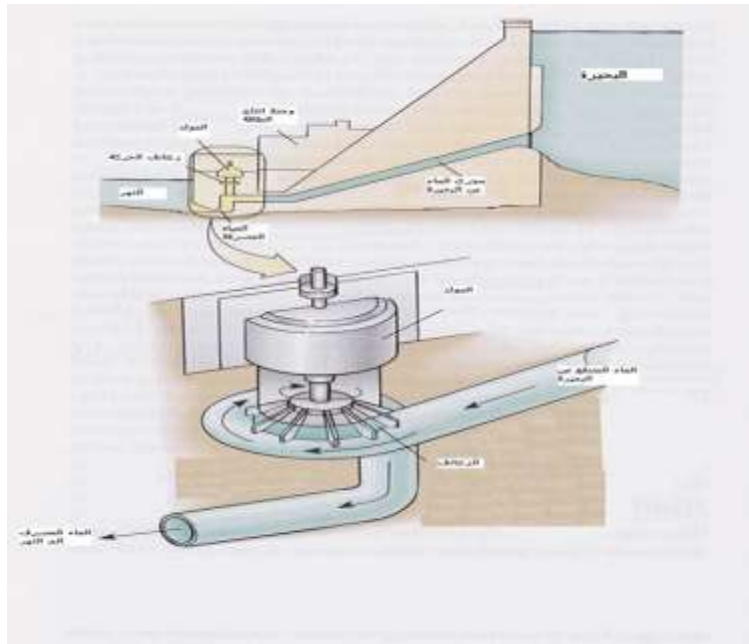
الشكل ( 5-5 ) توربين الرياح ذو المحور العمودي (للاطلاع)

### 2-8-5 طاقة الشلالات والخزانات المائية ( السودان )

عند تساقط مياه العيون أو مياه الأمطار من المرتفعات وجريانها للوصول إلى مستوى البحر بسبب الجاذبية الأرضية فإنه من الممكن الاستفادة من قوة حركة هذه المياه واستغلالها في انجاز شغل. لذلك استخدمت قوة حركة أو جريان الماء ( الطاقة الحركية ) في إنشاء النواعير على الانهر لنقل الماء في الزراعة، كما استخدمها البابليون والمصريون القدماء في اختراع الساعة المائية وبناء مطاحن الحبوب .

ولغرض الاستفادة من طاقة المياه تم بناء السدود التي تقوم بخزن المياه وإنشاء محطات توليد الطاقة الكهربائية تسمى المحطات الكهرومائية على تلك السدود لإنتاج الطاقة الكهربائية المسماة بالطاقة الكهرومائية، إشارة إلى إنتاج الكهرباء من حركة المياه .  
وتحتاج المحطة الكهرومائية إلى مكونات أساسية تتضمن :

- 1- **جسم السد** : بناء السد الذي يحجز الماء في خزان السد الذي يكون وادي دائماً . حجز الماء هو عبارة عن حجز طاقة كامنة تتحرر عندما يسمح للماء بالتدفق وعندئذ تكون طاقة حركية.
  - 2- **أنابيب الجريان** : وهي أنابيب ذات أبواب للسيطرة على جريان المياه متصلة بجسم السد توجه باتجاه الدواليب أو التوربينات .
  - 3- **الدولاب أو التوربين** : وهو عبارة عن مجموعة من المراوح شبيهة بمراوح التوربينات الهوائية وعند جريان الماء واصطدامه بهذه المراوح يسبب دورانه ، وأكثر الأنواع شيوعاً هو توربين (فرنسيس) (نسبة الى مصممه) ذو المراوح المنحنية .
  - 4- **المولد الكهربائي** : يربط التوربين بالمولد الكهربائي عن طريق محور الدوران ( drive shaft ) لإنتاج الطاقة الكهربائية . وعمل المولد الكهربائي يستند إلى الحقيقة الفيزيائية في أن حركة أي سلك داخل مجال مغناطيسي يؤدي الى توليد تيار كهربائي . إذن العملية تتضمن تحويل الطاقة الكامنة للماء في الخزان إلى طاقة حركية عند نزوله في أنابيب الجريان ، ومن ثم إلى طاقة ميكانيكية لتحريك التوربين الذي بدوره يحرك المولد لإنتاج الطاقة الكهربائية .
  - 5- **المحول الكهربائي** : يقوم المحول الكهربائي بتحويل الطاقة الكهربائية الناتجة من المولد إلى فولتية عالية لتنتقل بعد ذلك عبر خطوط نقل التيار الكهربائي إلى المستهلكين .
  - 6- **قنوات تصريف المياه** : قنوات لتصريف المياه إلى النهر بعد اصطدامها بمراوح التوربينات وإعادتها إلى النهر .
- ومن أهم ميزات الطاقة الكهرومائية عدم تأثيرها البيئي ورخص ثمن الطاقة المنتجة . الشكل (5-6) يمثل مخطط استغلال طاقة السدود والخزانات في إنتاج الطاقة الكهربائية.



الشكل ( 5-6 ) وحدة إنتاج الطاقة الكهربائية من حركة المياه (للاطلاع)

### 3-8-5 حركة مياه البحر ( المد والجزر )

ومن التقنيات الحديثة في إنتاج الطاقة الكهربائية التي يعتمد مبدؤها العلمي على حركة المد والجزر لمياه البحار والأمواج البحرية في دوران التوربينات والتي بدورها تربط مع مولدات إنتاج الطاقة الكهربائية، وفي كل الأحوال فإن هذه التقنية حديثة العهد وعلى نطاق بحثي وتجريبي .

### 9-5 الوقود الحيوي ( الكتلة الحيوية ) Biomass Energy

الوقود الحيوي من أقدم مصادر الطاقة التي عرفها الإنسان ويشمل المواد الخشبية وبقايا النباتات والمحاصيل الزراعية وفضلات الحيوانات لذلك يسمى وقود الكتلة الحيوية بسبب مصدره الحيوي (الكائنات الحية).

يحتوي الوقود الحيوي على طاقة كيميائية مخزونة مصدرها الطاقة الشمسية التي تكونت خلال عملية التركيب الضوئي على شكل مركبات كيميائية في النباتات ( غذاء النباتات ) وانتقلت إلى الحيوانات عبر السلسلة الغذائية .

و يعتبر الوقود الحيوي مصدر من مصادر الطاقة المتجددة بسبب نمو النباتات بشكل دائم فضلاً عن إنتاج الحيوانات للسماد ورمي الفضلات الناتجة من الفعاليات البشرية . كما ان وقود الكتلة الحيوية يعتبر اقل تلويثاً للبيئة من الوقود الاحفوري ويمكن استخدامه مباشرة في عمليات التدفئة وإنتاج الكهرباء وتشغيل مكائن الاحتراق الداخلي .

#### 1-9-5 أنواع الوقود الحيوي

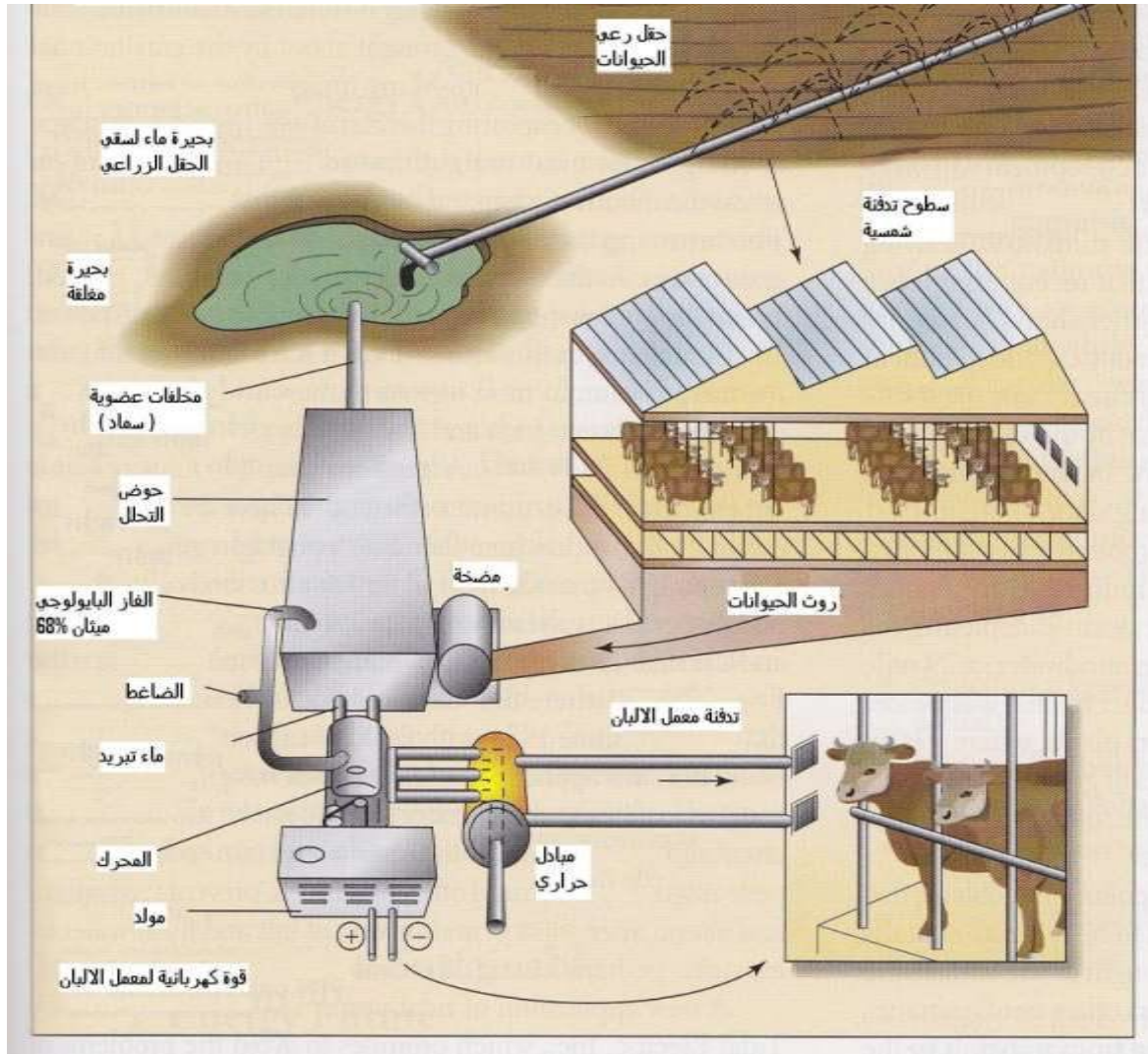
يمكن استخدام الوقود الحيوي بصورة مباشرة مثل حرق المواد الصلبة وبصورة غير مباشرة من خلال إنتاج مواد تستخدم في تشغيل مكائن الاحتراق الداخلي .  
هنالك ثلاثة أنواع رئيسة من الوقود الحيوي :

#### 1- الوقود الحيوي الصلب :

وهو عبارة عن الأجسام الصلبة التي من الممكن حرقها بصورة مباشرة لإنتاج الطاقة الحرارية ، وتتضمن الخشب والفحم والقمامة وفضلات الحيوانات وبقايا النباتات .

#### 2- الوقود الحيوي الغازي :

وهو الغاز الذي ينتج من تفسخ الفضلات الحيوانية والنباتية عموماً. والمكون الأساسي لهذا النوع من الوقود هو غاز الميثان والشكل (5-7) يمثل مخطط لحضيرة أبقار أمريكية في ولاية بنسلفانيا تكتفي ذاتياً من الطاقة الكهربائية المحصلة من فضلات الحيوانات ( روث الحيوانات ) حيث ينتج غاز الميثان من تفسخ الفضلات ويستخدم كوقود لإنتاج الطاقة الكهربائية التي تستهلك في عمليات إنتاج مشتقات الألبان والتدفئة .



الشكل ( 5-7 ) مخطط لحضيرة أبقار تكتفي بالطاقة الكهربائية المنتجة من فضلات الأبقار (للاطلاع)

### 3- الوقود الحيوي السائل :

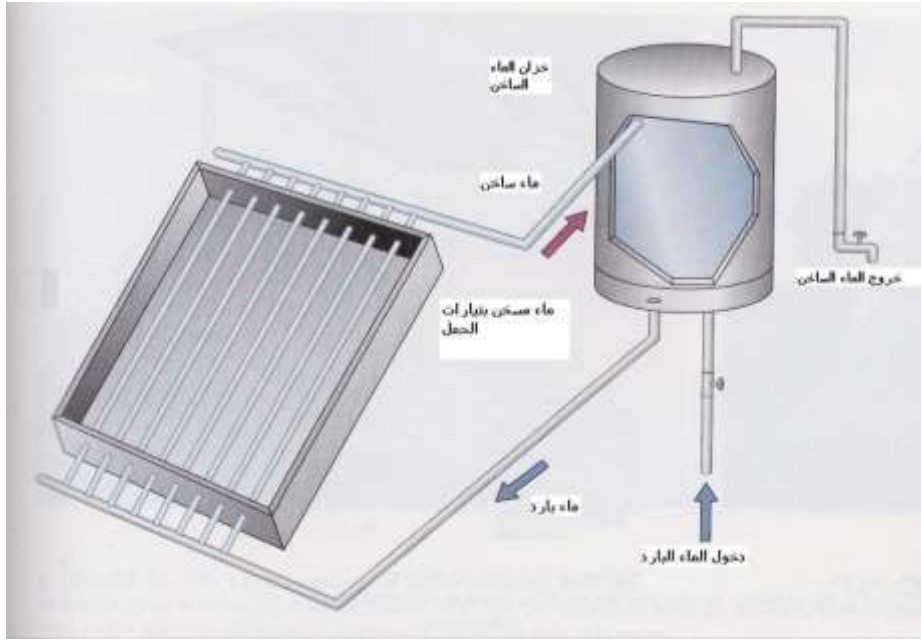
وهو الوقود السائل الذي ينتج من المواد الحيوية او مخلفاتها مثل تخمر مخلفات السكر لإنتاج الايثانول كما في البرازيل اما في الولايات المتحدة الامريكية فينتج الايثانول من تخمير الذرة ومخلفاتها، وفي العراق يمكن انتاج هذه المادة من تخمر التمور او مخلفاته، ويستخدم الايثانول كوقود لمحركات الاحتراق الداخلي أو يمزج مع الكازولين ( وقود السيارات العادي ) وعندئذ يسمى بالكازول، كما ينتج الديزل الحيوي من مخلفات الزيوت النباتية أو الحيوانية بعملية استرة لإنتاج استرات المثل والتي تعتبر وقود شبيه بوقود الكازاويل (الكاز).

## 10-5 الطاقة الشمسية Solar Energy

تعتبر أشعة الشمس الحاملة للطاقة الشمسية هي المصدر الرئيس لجميع أنواع الطاقة على الكرة الأرضية إذ أن الطاقة الشمسية تسبب في اختلاف درجات الحرارة لليابسة والبحار أو المحيطات مسببة حركة الرياح وحركة المياه وبالتالي الاستفادة منها في إنتاج الطاقة الكهربائية كما أن ضوء الشمس هو المسؤول عن إنتاج مركبات كيميائية في النباتات بعملية التركيب الضوئي . أي أن الطاقة الشمسية في الحقيقة تخزن في هذه المركبات التي تنتقل إلى الحيوان والإنسان عن طريق السلسلة الغذائية . وما الطاقة في الوقود الاحفوري الذي مر ذكره الا عبارة عن طاقة شمسية مخزونة في الكائنات الحية التي انطمرت تحت الترسبات الطينية قبل ملايين السنين وتحولت الى الفحم و النفط والغاز الطبيعي. ويمكن استغلال والاستفادة من الطاقة الشمسية بصورة مباشرة أو غير مباشرة ويمكن تلخيص بعض التطبيقات العملية للطاقة الشمسية بما يأتي :

### اولا - منظومات تسخين الماء بالطاقة الشمسية :

تعتمد هذه المنظومات على الأشعة الشمسية مباشرة في تسخين المياه حيث تكون هذه المنظومات على شكل صناديق خفيفة مغطاة من الأعلى بالزجاج ومن الأسفل بعازل حراري اسود اللون تمتد فوقه أنابيب المياه . يوضع الصندوق باتجاه مقابل لأشعة الشمس ومرتببط بخزان المياه ويفضل دائماً أن يكون الخزان أعلى من صندوق التسخين ، فعند سقوط أشعة الشمس على صندوق التسخين يقوم الغطاء الأسفل الأسود اللون بامتصاص الحرارة في حين يمنع الغطاء الزجاجي الأعلى هروب وتبدد الحرارة إلى الخارج ، وعند مرور المياه خلال هذه الأنابيب سوف تسخن وتنتقل إلى خزان المياه بطريقة تيارات الحمل ليحل محلها مياه باردة من الخزان وكما في الشكل (5-8) .



الشكل ( 5-8 ) تسخين المياه بالطاقة الشمسية (للاطلاع)

### ثانيا - إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية

يمكن أن تستخدم الطاقة الشمسية في إنتاج الطاقة الكهربائية كبديل عن الفحم أو الطاقة النووية. وذلك من خلال استعمال الخلايا الكهروضوئية Photovoltaic Cell التي تقوم بتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية مباشرة .

والخلايا الضوئية هذه عبارة عن رقائق بقطر ( 5 cm ) يمكن لها أن تنتج واط واحد من القدرة بفرق جهد فولت ونصف ، ويمكن ربط هذه الخلايا مع بعضها لإنتاج مجموعات متكونة من ( 40 ) خلية يربط التيار الناتج منها على التوالي أو على التوازي . وتستخدم هذه الخلايا الشمسية بتزويد المركبات الفضائية والطائرات بدون طيار والاشارات الضوئية على الخطوط السريعة بالطاقة الكهربائية.

وتحتاج الخلايا الشمسية إلى ملحقات لتجعلها ذات فائدة اكبر منها :

- 1- العاكس الذي يساعد على تحويل التيار المستمر الى تيار متناوب .
- 2- وحدات الخزن لحزن الطاقة المتولدة عندما تكون الطاقة الشمسية قليلة ومن هذه الوحدات البطاريات التي تقوم بخزن الطاقة على شكل طاقة كهروكيميائية .

### ثالثاً - الطاقة الشمسية لأغراض التدفئة والإنارة

تستخدم الطاقة الشمسية في تدفئة البنايات وإنارتها وذلك لغرض التقليل من الحاجة إلى الطاقة الكهربائية ، ولذلك تصمم البنايات أو البيوت للاستفادة من أشعة الشمس في التدفئة أو التبريد خصوصاً في البلدان التي فيها أشعة الشمس غير قوية .

## 5 - 10 - 1 استخدام الطاقة الشمسية

استفاد الإنسان منذ القدم من طاقة الإشعاع الشمسي مباشرة في تطبيقات عديدة كتجفيف المحاصيل الزراعية وتدفئة المنازل وطهي الطعام وتوليد بخار الماء وتقطير الماء وتسخين الهواء. لقد حاول الإنسان منذ فترة بعيدة الاستفادة من الطاقة الشمسية واستغلالها ولكن بقدر قليل ومحدود ومع التطور الكبير في التقنية والتقدم العلمي الذي وصل إليه الإنسان فتحت آفاقاً علمية جديدة في ميدان استغلال الطاقة الشمسية .

بالإضافة لما ذكر تمتاز الطاقة الشمسية بالمقارنة مع مصادر الطاقة الأخرى بما يلي :-

1. إن التقنية المستعملة فيها تبقى بسيطة نسبياً وغير معقدة بالمقارنة مع التقنية المستخدمة في مصادر الطاقة الأخرى .
2. توفير عامل الأمان البيئي حيث أن الطاقة الشمسية هي طاقة نظيفة لا تلوث الجو وتترك فضلات مما يكسبها وضعاً خاصاً في هذا المجال وخاصة في السنوات القادمة.

## 5- 10- 2 اليات تحويل الطاقة الشمسية

يمكن تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية وطاقة حرارية من خلال آليتي التحويل الكهروضوئية والتحويل الحراري للطاقة الشمسية، ويقصد بالتحويل الكهروضوئية تحويل الإشعاع الشمسي أو الضوئي مباشرة إلى طاقة كهربائية بوساطة الخلايا الشمسية ( الكهروضوئية )، وكما هو معلوم هناك بعض المواد التي تقوم بعملية التحويل الكهروضوئية تدعى اشباه الموصلات كالسيليكون والجرمانيوم وغيرها . وقد تم اكتشاف هذه الظاهرة من قبل بعض علماء الفيزياء في أواخر القرن التاسع عشر الميلادي حيث وجدوا أن الضوء يستطيع تحرير الإلكترونات من بعض المعادن كما عرفوا أن الضوء الأزرق له قدرة أكبر من الضوء الأصفر على تحرير الإلكترونات وهكذا . وقد تم تصنيع نماذج كثيرة من الخلايا الشمسية تستطيع إنتاج الكهرباء بصورة علمية وتتميز الخلايا الشمسية بأنها لا تشمل



أجزاء أو قطع متحركة ، وهي لا تستهلك وقوداً ولا تلوث الجو وحياتها طويلة ولا تتطلب إلا القليل من الصيانة . ويتحقق أفضل استخدام لهذه التقنية تحت تطبيقات وحدة الإشعاع الشمسي ( وحدة شمسية ) أي بدون مراكز أو عدسات ضوئية ولذا يمكن تثبيتها على أسطح المباني للاستفادة منها في إنتاج الكهرباء وتقدر عادة كفاءتها بحوالي 20% أما الباقي فيمكن الاستفادة منه في توفير الحرارة للتدفئة وتسخين المياه . كما تستخدم الخلايا الشمسية في تشغيل نظام الاتصالات المختلفة وفي إنارة الطرق والمنشآت وفي ضخ المياه وغيرها .

أما التحويل الحراري للطاقة الشمسية فيعتمد على تحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية عن طريق المجمعات ( الأطباق ) الشمسية والمواد الحرارية. فإذا تعرض جسم داكن للون ومعزول إلى الإشعاع الشمسي فإنه يمتص الإشعاع وترتفع درجة حرارته . يستفاد من هذه الحرارة في التدفئة والتبريد وتسخين المياه وتوليد الكهرباء وغيرها . وتعد تطبيقات سخانات الشمسية هي الأكثر انتشاراً في مجال التحويل الحراري للطاقة الشمسية . يلي ذلك من حيث الأهمية المجففات الشمسية التي يكثر استخدامها في تجفيف بعض المحاصيل الزراعية مثل التمور وغيرها كذلك يمكن الاستفادة من الطاقة الحرارية في طبخ الطعام ، حيث أن هناك أبحاث تجري في هذا المجال لإنتاج معدات للطهي تعمل داخل المنزل .

ورغم أن الطاقة الشمسية قد أخذت تتبوأ مكاناً هاماً ضمن البدائل المتعلقة بالطاقة المتجددة ، إلا أن مدى الاستفادة منها يرتبط بوجود أشعة الشمس طيلة وقت الاستخدام أسوة بالطاقة التقليدية. وعليه يبدو أن المطلوب من تقنيات بعد تقنية وتطوير التحويل الكهربائي والحراري للطاقة الشمسية هو تقنية تخزين تلك الطاقة للاستفادة منها أثناء فترة احتجاب الإشعاع الشمسي . وهناك عدة طرق تقنية لتخزين الطاقة الشمسية تشمل التخزين الحراري الكهربائي والميكانيكي والكيميائي والمغناطيسي . وتعد بحوث تخزين الطاقة الشمسية من أهم مجالات التطوير اللازمة في تطبيقات الطاقة الشمسية وانتشارها على مدى واسع، حيث أن الطاقة الشمسية رغم أنها متوفرة إلا أنها ليست في متناول اليد وليست مجانية بالمعنى المفهوم . فسعرها الحقيقي عبارة عن المعدات المستخدمة لتحويلها من طاقة كهرومغناطيسية إلى طاقة كهربائية أو حرارية . وكذلك تخزينها إذا دعت الضرورة . ورغم أن هذه التكاليف حالياً تفوق تكلفة إنتاج الطاقة التقليدية إلا أنها لا تعطي صورة كافية عن مستقبلها بسبب أنها أخذت في الانخفاض المتواصل بفضل البحوث الجارية حالياً ومستقبلاً .

## 11-5 الطاقة النووية Nuclear Energy

لقد أدرك العلماء بأن الوقود الاحفوري في طريقه إلى النضوب لامحالة ، ولغرض التعويض وإيجاد بديل عنه وبالكميات الكبيرة والواسعة للإنتاج ؛ توجهت الكثير من دول العالم إلى استغلال الطاقة النووية .

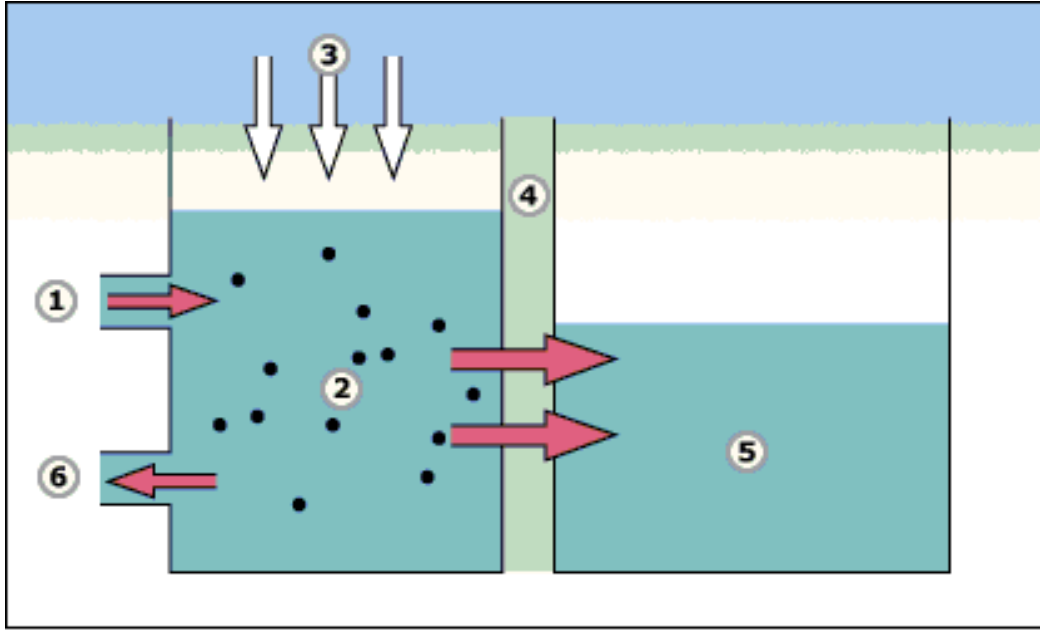
والطاقة النووية تتضمن حرارة عالية وضوء وأشعة نووية ، وينتج هذا النوع من الطاقة من الانشطار نووي لمادة مشعة أو ما يسمى بالوقود النووي، فعند قصف ذرات الوقود النووي بأشعة أو نيوترونات سوف يؤدي إلى انشطار هذه الذرات وإنتاج طاقة حرارية عالية يمكن الاستفادة منها في إنتاج طاقة كهربائية ، وتتم هذه العملية داخل المفاعل النووي ( محطات الطاقة النووية ) الذي هو بالحقيقة قنبلة نووية مسيطر عليها. والوقود النووي المستخدم دائماً هو عنصر اليورانيوم ( $U_{235}$ ) ، فالحرارة العالية المتولدة سوف تستعمل لإنتاج بخار الماء الذي يقوم بإدارة مولد إنتاج الطاقة الكهربائية . وتتم هذه

العملية في ظروف عالية الدقة ووفق أعلى المعايير القياسية وهو عمل تقني معقد جداً وليس بالسهولة التي تم وصفها .

وبالرغم من أن الطاقة الكهربائية المنتجة بهذه الطريقة رخيصة جداً إلا أن مخاطرها كبيرة جداً أيضاً بسبب الإشعاعات التي تصدرها والملوثات البيئية التي قد تنتج عنها . وتعتمد فرنسا على 78% من طاقتها الكهربائية على هذا المصدر ، واليابان 34% ، والولايات المتحدة الأمريكية 12% .

### أسئلة الفصل الخامس

- س1 : ما هو الوقود الاحفوري وكيف تكون ؟
- س2 : كيف تكون الشمس المصدر الرئيسي للطاقة في الكون ؟
- س3 : ما هو المبدأ لإنتاج الطاقة من المياه والرياح ؟
- س4 : لماذا يعتبر فحم الانتراسايت أفضل أنواع الفحم ؟
- س5 : لماذا يفضل استخدام الوقود الغازي بدلاً من مشتقات النفط الخام والفحم ؟
- س6 : وضح دور مصادر الوقود الصلب ( الفحم ) في التطور الحضري ؟
- س8 : علل اعتبار غاز الهيدروجين من مصادر الطاقة والطاقة المتجددة .
- س9 : كيف تستخدم الطاقة النووية مصدراً للطاقة ؟
- س10 : اشرح اليات تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية وطاقة حرارية .



## الفصل السادس الماء والصناعة

### الاهداف

بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادرا على ان :

1 – يفهم على الخواص الكيميائية والفيزيائية للماء .

2 – يتعرف على مصادر المياه .

3 – يدرك اهمية التخلص من عسرة الماء .

4 – يفهم طرق معالجة المياه صناعيا .

## 1-6 تمهيد

الماء هو المركب الكيميائي الأكثر شيوعا في الأرض . وهو مكون من ذرتين من الهيدروجين وذرة من الأوكسجين . يتواجد الماء على الأرض بحالاته الثلاث السائلة والصلبة والغازية . ويعتبر العلماء الماء أساس الحياة على الأرض . من خصائص الماء التي أعطته قيمة كبيرة في الحياة والصناعة والزراعة وغيرها من مجالات الحياة هي :

- تميل جزيئات الماء إلى التصرف كمجموعات مترابطة وليس كجزيئات منفصلة .
- يتمدد الماء بارتفاع درجات الحرارة إذا كانت فوق  $4\text{ C}^{\circ}$  وينكمش بالبرودة لكنه تحت درجة  $4\text{ C}^{\circ}$  يتمدد بدلا من ان ينكمش وبذلك يوفر حماية كبيرة للإحياء التي تعيش في الماء .
- الماء متعادل كيميائيا حيث إن درجة حامضيته (  $\text{pH}=7$  ) .
- الماء مادة مذيية جيدة للأملاح والمواد الأخرى لذلك فالماء الموجود في الطبيعة لا يوجد بصورة نقية %100 .
- الماء موصل رديء للكهربائية إذا كان نقيًا ولكنة يصبح موصلا إذا احتوى على الأملاح والمواد المذابة فيه .
- للماء القابلية على نقل المواد داخل الخلايا وخارجها وبذلك تتمكن من التخلص من فضلاتها والحصول على حاجتها من المواد المختلفة .
- حرارته النوعية عالية .

## 2-6 مصادر المياه في الطبيعة

يعتبر الماء من أهم الموارد الطبيعية فهو عصب الحياة واهم عناصرها ،قال تعالى ( وجعلنا من الماء كل شيء حي ) .. صدق الله العظيم

وعلى الرغم من إن الماء يغطي %70 من الكرة الأرضية وان كميته محدودة وثابتة لآتزيد ولا ننقص فان المياه التي يمكن للإنسان الاستفادة منها لا تتجاوز %0.01 من إجمالي المياه المتوفرة إذ تصل كمية المياه الموجودة في الكرة الأرضية إلى  $1360 \times 10^6 \text{ km}^3$  في المحيطات والبحار و  $37 \times 10^6 \text{ km}^3$  مياه متجمدة في القطبين . 8 مليون كم<sup>3</sup> في البحيرات والأنهار وغيرها من الصور التي يمكن للإنسان إن يستفيد منها ، يمكن تصنيف الموارد المائية إلى موارد متجددة كمياه الأمطار والأنهار ، وموارد ناضبة كالمياه الجوفية الموجودة في تكوينات جيولوجية لا تتغذى بالأمطار والأنهار، وموارد مائية جارية وهي التي تذهب سدى إذا لم يستفيد منها الإنسان في نشاطاته كمياه الأمطار التي تنتهي في البحار .

يمكن بشكل عام تقسيم مصادر المياه إلى ما يأتي :

**1- مياه سطحية :** تعد المياه السطحية المصدر الأساس لتأمين الاحتياجات المائية سواء

كانت بشرية أو صناعية إلا أنها ملوثة نتيجة تعرضها للعوامل البيئية المختلفة ، وتشمل :

أ - مياه الأمطار : هي أنقى أنواع المياه الطبيعية حيث تنحل فيها أثناء سقوطها بعض الغازات المنتشرة في الجو كالأوكسجين وثنائي وكسيد الكربون وبعض المواد الصلبة العالقة في الجو .

ب - مياه الأنهار : تتكون مياه الأنهار أساسا من الأمطار وتحتوي هذه المياه على العديد من

المواد الصلبة الذائبة فيها بسبب مرورها وانسيابها عبر أنواع التربة المختلفة .

ج - مياه الينابيع : وتقسّم إلى نوعين من الينابيع صغيرة الحجم وكبيرة الحجم .

د - مياه المحيطات والبحار : وتمثل النسبة الكبيرة من المياه السطحية .

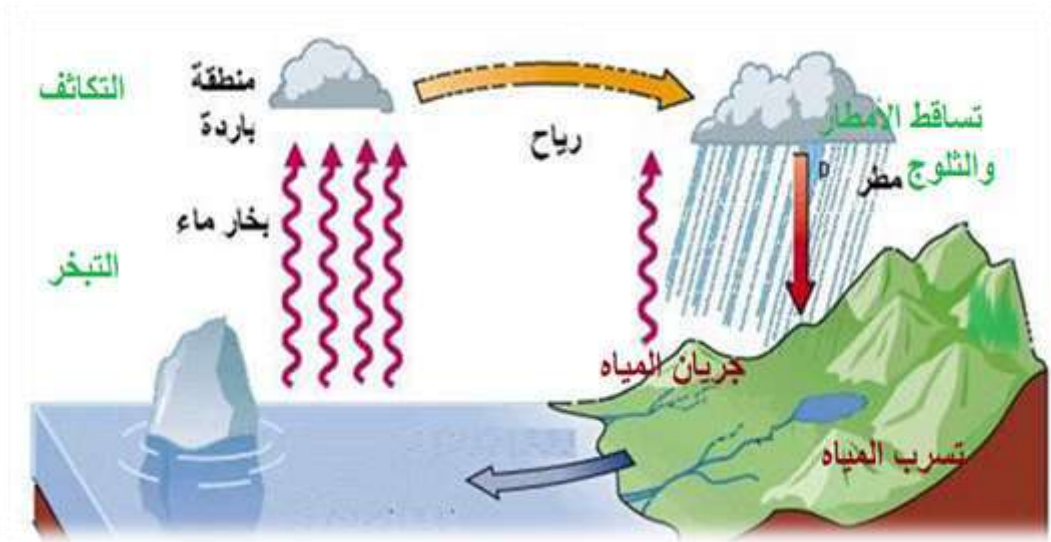
**2- مياه جوفية :** وهي المياه الموجودة في باطن الأرض والتي تسربت خلال طبقاتها وتوجد على

أعماق مختلفة حيث يتوقف ذلك على التركيبات الجيولوجية لطبقات الأرض . وتتميز المياه الجوفية

بأنها أكثر نقاءا من المياه السطحية كونها لا تحتوي على مواد عالقة ولا تتأثر بالعوامل الجوية إلا

أن تركيز الأملاح فيها يكون عاليا مما يكسبها طعما ولونا خاصة بها . شكل ( 6 - 1 ) دورة

الماء في الطبيعة



شكل ( 6 - 1 ) دورة الماء في الطبيعة

## 6 - 3 الاملاح الذائبة في الماء

الماء مذيب جيد للكثير من المواد لذا فإنه يحتوي على الكثير من الأملاح وبنسب مختلفة حسب نوعية وكمية املاح التربة التي يمر بها خلال جريانه والتي تؤدي إلى ظاهرة التكلس في الأجهزة والمعدات الصناعية كما انه يحتوي على مواد عالقة وغازات ذائبة فيه كالأوكسجين وثاني وكسيد الكربون التي تسبب التآكل للمعدات. هذه المشاكل تؤثر مباشرة على نوعية الإنتاج وكميته في العمليات الصناعية. لذلك فان تحديد مصدر الماء له اهمية في اختيار مواقع المصانع ، فمثلا :

أ - جعل الماء يسرا لغرض استخدامه في الغسيل تجنباً للإسراف في استهلاك الصابون .

ب - جعل الماء يسرا لغرض استخدامه في المراجل البخارية ، لمنع تكون رواسب كبريتات الكالسيوم وكربونات الكالسيوم التي تترسب على الجدران الداخلية للمرجل .

ج - تتطلب مصانع الورق ماء خالي من الحديد لأنه يؤدي الى تكوين بقع على الورق .

د - تحتاج صناعة المعجنات والمخابز الى ماء صالح يحتوي على حد ادنى من المواد العضوية التي يمكن ان تؤثر على الخميرة .

## 6 - 3 - 1 الماء العسر

يعتبر الماء عسرا عندما يتفاعل مع الصابون ليكون راسب ابيض دون ان يحدث رغوة بسهولة، يتكون عسر الماء بصورة رئيسة من مركبات الكالسيوم والمغنسيوم الذائبة في الماء على شكلبيكاربونات أو كلوريدات أو كبريتات ويأتي الاهتمام بعسر الماء نتيجة للتأثير السلبي في فاعلية الصابون ومواد التنظيف الأخرى بالإضافة إلى تكوين بعض الرواسب على الجدران الداخلية للغلايات (المراجل البخارية ) وأنابيب نقل المياه .العسرة تكون على نوعين :

أ - **العسرة المؤقتة** : وتعرف بانها العسرة الممكن ازلتها بالغليان وسببها وجود أملاح الكالسيوم والمغنسيوم على شكل بيكاربونات وهذه الأملاح تقل ذوبانيتها بارتفاع درجة الحرارة حيث تتحلل وتنفصل عن الماء بدرجة  $82^{\circ}C$  حيث تترسب على أسطح التبخير وقد تتحلل هذه الأملاح بالحرارة فتنتج غاز ثاني وكسيد الكربون الذي قد يهاجم أسطح التسخين داخل الغلاية ويسبب التآكل .

ب - **العسرة الدائمة** : سببها وجود أملاح الكالسيوم والمغنسيوم على شكل كلوريدات أو كبريتات أو سيليكات . وهذه الأملاح لا تتحلل إثناء عملية التسخين أو الغليان ولكن ذوبانها يقل إلى درجة كبيرة بارتفاع درجات الحرارة إلى إن تنفصل مكونة رواسب صلبة على أسطح التسخين تدعى بالقشور . من أهم إضرار تكوين الرواسب على السطوح الداخلية هو انخفاض انتقال الحرارة حيث ان هذه الرواسب تعيق عملية انتقال الحرارة

## 6 - 3 - 2 إزالة العسرة

توجد عدة طرق للتخلص من العسرة يمكن ذكرها بما يأتي :

### اولا - الترسيب الكيميائي :

تتضمن إزالة مركبات الكالسيوم و المغنسيوم المسببة للعسرة عن طريق تحويلها الى مركبات مترسبة ، تتم هذه العملية في محطات المياه بإضافة الجير المطفأ ( هيدروكسيد الكالسيوم ) إلى الماء بكميات محدودة حيث تحدث تفاعلات كيميائية تتشكل عنها رواسب من كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد المغنسيوم وقد يتم اللجوء إلى إضافة كربونات الصوديوم مع الجير للتعامل مع بعض صور العسرة .



وبما إن  $\text{MgCO}_3$  ذائبة فإنها تعامل مرة أخرى مع هيدروكسيد الكالسيوم



إما أملاح الكلوريدات والكبريتات ( العسرة الدائمة ) فإنها تتعامل مع هيدروكسيد الكالسيوم وكربونات الصوديوم كما في المعادلات الآتية :



### ثانيا - طريقة الزيولايت :

تعد هذه الطريقة من أهم طرق إزالة عسرة الماء . والزيولايت مادة تتكون من أكاسيد الصوديوم والألمنيوم والسليكون . وتركيب الزيولايت هو  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Na}_2\text{O}$  وتتراوح قيمة ( x ) ما بين ( 2-5 ) وقيمة ( y ) ما بين ( 2-6 ) ويمكن تمثيله للسهولة بالرمز  $\text{Na}_2\text{Z}$  وفي عملية إمرار الماء العسر على الزيولايت فإن ايون الكالسيوم والمغنسيوم الموجود في الماء يحل محلها ايونات الصوديوم الموجودة في الزيولايت حسب المعادلة :



ويمكن استرجاع فعالية الزيولايت الناتج بتحويله إلى زيولايت الصوديوم مرة أخرى بمعالجته بمحلول 10% كلوريد الصوديوم حسب المعادلة .



### ثالثاً - طريقة التبادل الأيوني :

تستخدم في هذه الطريقة مواد عضوية تسمى الراتنجات لإزالة جميع أنواع الأملاح وبشكل كامل من الماء العسر . وهذه المواد التي تحمل مجاميع حامضية مثل مجموعة السلفونيل (  $RSO_2H$  ) تدعى براتنجات التبادل الأيوني الموجب ، وذرة الهيدروجين تكون هي الفعالة في المجموعة . إما الراتنجات التي تحمل مجاميع قاعدية مثل مجموعة الأمين (  $RNH_2$  ) فتدعى براتنجات التبادل الأيوني السالب وتكون مجموعة الأمين هي الفعالة في المجموعة .



### 4-6 استعمال الماء في الصناعة

في بعض المجالات الهندسية والصناعية تستعمل المياه الطبيعية أو مياه البحار مباشرة بدون معالجتها وفي حالات أخرى يستوجب إن تكون المياه المستعملة ذات مواصفات عالية تفوق مواصفات مياه الشرب . فالمياه المطلوبة للصناعات الالكترونية مثلا يجب إن تكون نقية جدا وكذلك الحال في المفاعلات النووية و المراجل البخارية ذات الضغط العالي التي تعمل بدرجات حرارية عالية تفوق الدرجة الحرجة للماء . استعمال المياه غير المعاملة أو التي تعامل بصورة غير صحيحة قد تسبب كوارث صناعية منها انفجار المرجل وتلف وتآكل المعدات بسرعة وزيادة كلفة التشغيل والإدامة .

### يستعمل الماء في الصناعات للأغراض الآتية :

- 1- التبريد : في معظم المشاريع الكبيرة ( الصناعية البتروكيمياوية ومحطات القوة الكهربائية) يستخدم الماء بكميات هائلة لجميع الأغراض وخاصة التبريد والتخلص من الحرارة الناتجة عن طبيعة عمل هذه الصناعات ولكون الماء أحسن السوائل المستخدمة للتبريد لوفرتة العالية لاستيعاب الحرارة .
- 2- الماء المقطر : تستخدم أجهزة تقطير تعمل على التسخين وتكثيف الماء حيث يستخدم الماء المقطر بشكل واسع في مصانع الأدوية والتي تحتاج إلى مياه خالية تماما من الأملاح .
- 3- توليد بخار الماء : باستخدام المراجل البخارية والتي يكاد لا يخلو اي معمل كيميائي منها . حيث يستخدم بخار الماء في العديد من المجالات منها :
  - أ- لأغراض تسخين المنتجات النفطية .
  - ب- لتذرية الوقود السائل لأغراض الاحتراق .



ج - لتشغيل التوربينات .

د - لتشغيل المضخات الترددية والمضخات الطاردة المركزية والكابسات الترددية والتوربينية .

هـ - لطررد أو نزع المواد المتطايرة غير المرغوب فيها من المنتجات النفطية

و - لأغراض التدفئة .

4- الماء المستخدم في الصناعات الغذائية حيث تختلف مواصفاته حسب نوع الصناعة .

## 5-6 معالجة المياه الصناعية

**تلوث المياه :** هو إي تغير فيزيائي أو كيميائي في نوعية المياه بطريقة مباشرة أو غير مباشرة يؤثر

سلبا على الكائنات الحية أو المياه لتصبح غير صالحة للاستخدامات المطلوبة ، شكل ( 6 - 2 )

مجرى نهر ملوث بمخلفات صناعية

ينقسم التلوث المائي إلى نوعين رئيسيين الأول هو التلوث الطبيعي ، ويظهر في تغير درجة حرارة

الماء ، أو زيادة ملوحته ، أو زيادة المواد العالقة . والنوع الأخر هو التلوث بمخلفات المعامل والمخلفات

الزراعية كالمبيدات الحشرية و المخصبات الزراعية .



شكل ( 6 - 2 ) مجرى نهر ملوث بمخلفات صناعية

**معالجة المياه الصناعية :** هي عملية تنقية مياه الصرف من الشوائب والمواد العالقة والملوثات والمواد

العضوية لتصبح صالحة لإعادة الاستخدام أو لتكون صالحة للتخلص منها في المجاري المائية دون

تسبب تلوثا لها .

إن الغرض من معالجة مياه الصرف هو إسراع العمليات الطبيعية التي تحدث لتلك المياه تحت ظروف محكمة . ومن الأسباب الهامة لتطوير طرق معالجة تلك المياه تأثيرها على الصحة العامة والبيئة حيث كانت المعالجة تختصر في إزالة المواد العالقة والطاقية والتخلص من المواد العضوية المتحللة وبعض الإحياء الدقيقة المسببة للإمراض . ونتيجة لتقدم العلم في مجال الكيمياء والكيمياء الحيوية وعلم الإحياء الدقيقة وزيادة التقدم الصناعي وإنتاج مواد جديدة جعل من الضروري تطوير طرق معالجة تلك المياه لتكون قادرة على إزالة معظم الملوثات التي لم يكن من السهل إزالتها بالطرق المستعملة قديما .

**مياه الصرف ومكوناتها :** يتم جمع مياه الصرف الصحي من عدة مصادر منها :

- 1- المخلفات السائلة المنزلية : ويطلق عليها مياه المجاري وهي المياه المستعملة في الوحدات المنزلية والمباني العامة . شكل ( 6 - 3 ) مياه ملوثة بمخلفات الصرف الصحي
- 2- المخلفات السائلة الصناعية : وهي المخلفات الناتجة من استعمال المياه في عمليات التصنيع المختلفة وقد تحتوي هذه المخلفات على مواد سامة أو ضارة لذلك يتم ربط المصانع بشبكة التصريف بعد تحقيق شروط معينة .
- 3- مياه الإطمار.



شكل ( 6 - 3 ) مياه ملوثة بمخلفات الصرف الصحي

تحتوي مياه الصرف على عناصر صلبة وذائبة يمثل الماء فيها نسبة 99.9% والبقية عبارة عن ملوثات أهمها :

- 1- مواد عالقة .
- 2- مواد عضوية قابلة للتحلل .
- 3- كائنات حية مسببة للأمراض.
- 4- مواد عضوية مقاومه للتحلل .
- 5- معادن ثقيلة .
- 6- أملاح معدنية ذائبة .

تشتمل معالجة مياه الصرف الصحي مجموعة من العمليات الطبيعية والكيميائية والإحيائية التي يتم منها إزالة المواد الصلبة والعضوية والكائنات الدقيقة أو تقليلها الى درجة مقبولة . و هذه المراحل هي :

- 1- المعالجة التمهيدية : تستخدم في هذه المرحلة من المعالجة وسائل لفصل وتقطيع الأجزاء الكبيرة الموجودة في المياه لحماية أجهزة المحطة ومنع انسداد الأنابيب . تتكون هذه الوسائل من منخل متسع الفتحات وأجهزة سحق .
- 2- المعالجة الأولية : الغرض من هذه المعالجة إزالة المواد العضوية والمواد الصلبة غير العضوية القابلة للفصل من خلال عملية الترسيب و شكل ( 6 - 4 ) يمثل أحواض الترسيب المستخدمة في معالجة المياه الملوثة . وتحتوي هذه المرحلة على أحواض الترسيب وقد تحتوي على وحدات تغذية لبعض المواد الكيماوية .
- 3- المعالجة الثانوية : هذه المرحلة عبارة عن تحويل إحيائي للمواد العضوية الى كتل حيوية تزال فيما بعد عن طريق الترسيب في حوض الترسيب الثانوي .



شكل ( 4 - 6 ) احواض الترسيب المستخدمة في معالجة المياه الملوثة

المعالجة المتقدمة : يتم تطبيق هذه المرحلة من المعالجة عندما تكون هناك حاجة إلى ماء نقي بدرجة عالية . وتحتوي هذه المرحلة على عمليات مختلفة لإزالة الملوثات التي لا يمكن إزالتها بالطرق التقليدية، ومن هذه الملوثات النتروجين، الفسفور، والمواد العضوية التي يصعب تحللها بسهولة والمواد السامة.

وتتضمن هذه العمليات ما يلي :

- أ- التخثير الكيماوي والترسيب : هو عبارة عن إضافة مواد كيميائية تساعد على إحداث تغيير فيزيوكيميائي ، شكل ( 5 - 6 ) حوض الترسيب المستخدم في عملية التخثير الكيماوي ينتج عنه تلاحق للجسيمات مع بعضها وبالتالي تجمعها ومن ثم ترسيبها في أحواض الترسيب .



شكل ( 6 - 5 ) حوض الترسيب المستخدم في عملية التخثير الكيميائي

- من أهم المواد المستعملة هي مركبات الحديد والألمنيوم والكالسيوم .
- ب- الترشيح الرملي: عبارة عن عملية تسمح بنفاذ الماء خلال وسط رملي بسمك لا يقل عن 50 cm ويتم خلال هذه العملية إزالة معظم الجسيمات العالقة والتي لم يتم ترسيبها في أحواض الترسيب .
- ج - الامتصاص الكربوني : ويتم في هذه العملية استخدام كاربون منشط لإزالة المواد الذائبة حيث يتم تمرير الماء من خلال خزانات تحتوي على الوسط الكربوني .
- د - التبادل الأيوني : يتم خلال هذه العملية إحلال ايونات معينة في الماء من مادة تبادل غير قابلة للذوبان بأيونات أخرى . وهذه العملية تتم لإزالة المركبات غير العضوية الموجودة في المياه .
- هـ - التناضح العكسي : شكل ( 6 - 6 ) طريقة التناضح العكسي و يتم في هذه العملية ضخ الماء تحت ضغط عالي من خلال غشاء رقيق ذو فتحات صغيرة جدا يسمح بمرور جزيئات الماء فقط ويمنع مرور جزيئات الأملاح .



شكل ( 6 - 6 ) طريقة التناضح العكسي

4- عملية التطهير : تتم هذه العملية من خلال ضخ محلول الكلور إلى حوض التطهير .

## 6 - 6 وحدة معالجة المياه الملوثة في المنشآت النفطية

إن الغاية من هذه الوحدة هو فصل المواد النفطية والعالقة من المياه ومعالجة هذه المياه لغرض تعديل مواصفاتها إلى المواصفات المطلوبة للمياه الصناعية المراد طردها إلى الأنهار والبحار لتقليل التلوث البيئي .

إما مصادر المياه الملوثة في المصافي والمنشآت النفطية فهي :

- 1- الوحدات التشغيلية .
- 2- الخزانات .
- 3- وحدة الخدمات .
- 4- البزل لمياه المراجل البخارية .

تتم معالجة الفضلات بأجزاء العمليات الرئيسية الآتية :

أولاً: عملية فصل المواد النفطية : هي عملية التخلص من النفط بفصله عن الماء حيث تتجمع المياه النفطية في حوض فصل النفط ، وتتم عملية الفصل بالاعتماد على فرق الكثافة بين النفط والماء . وحوض النفط هذا مزود بقاشطة النفط حيث يتم بواسطتها إزالة النفط الطافي ومن هناك إلى

مستودع الفضلات النفطية حيث يكون النفط حاويا على كميات قليلة جدا من الماء . اما الماء الذي تم فصله عن النفط فانه ينساب الى حوض التجانس .

ثانيا : عملية التجانس : بعد تجمع الماء الملوث في حوض التجانس يتم خلطه بواسطة خباطات وذلك لغرض الحصول على سائل مائي متجانس وعدم السماح للمواد العالقة بالترسيب ، ويضخ هذا الماء الملوث بعد ذلك الى حوض التخثير بواسطة مضخات خاصة.

ثالثا : عملية التخثير : الغاية من هذه العملية هو لغرض التخلص من بقايا المواد النفطية والمواد الصلبة العالقة بالماء الملوث التي من حوض التجانس بعد تجمع الماء الملوث في حوض التخثير تضاف اليه مواد كيميائية كمادة الشب وهي مادة غروية تلتصق بها الأطيان وتكون عالقا غرويا وسهل الفصل وكذلك تضاف مادة اخرى من نوع بولي الكتروللايت لمساعدة مادة الشب في عملية ترسيب المواد الطينية . بعد ذلك يذهب الماء مع العالق الغروي الى احواض التطويق .

رابعا : عملية التطويق ( التعويم ) : يتم تطويق المواد الصلبة بمساعدة الهواء المضغوط حيث يتحرر الهواء منه بعد دخوله مع الماء الى حوض التطويق نتيجة لهبوط الضغط الى الضغط الجوي الاعتيادي مكونا فقاعات هوائية وهذه الفقاعات تجذب نحوها دقائق المواد الصلبة العالقة بواسطة قوة الشد السطحي مكونة دقائق وتجميعها في حوض خزان جانبي تسحب منه بعد ذلك إلى حوض التخثير .

خامسا: عملية التصفية : هي عملية تصفية الماء والتخلص من جميع المواد العالقة باستخدام المرشحات الرملية حيث يضخ الماء الصافي المتجمع في أحواض التطويق إلى المرشحات الرملية وتتكون المرشحة من ثلاث طبقات :

1- القسم العلوي يحتوي على فحم حجري أو كاربون منشط .

2-القسم الوسطي يحتوي على الرمل .

3- القسم السفلي يحتوي على حصى ناعم.

يدخل الماء من أعلى المرشحات ويخرج من أسفلها ويتجمع في حوض المراقبة .

سادسا : عملية المراقبة : بعد إن يتجمع الماء في حوض المراقبة يتم إشباع الماء بالهواء بواسطة أجهزة خاصة وخطها وبعد التأكد من صلاحية الماء وخلوه من المواد الملوثة وذلك من نتائج الفحوصات المخبرية حينئذ يضخ الماء إلى النهر .

سابعا : عملية الحرق : إما بالنسبة للمواد المترسبة والمتجمعة في حوض التخثير فإنها تجفف بواسطة ( NaOH ) في مجففات خاصة ومن ثم تجمع في خزان خاص وتضخ إلى المحرقة . وفي المحرقة يتم حرق المواد الصلبة حيث تتحول إلى مواد لا عضوية غير ضارة ، والرماد المتكون يغسل بواسطة الماء ، وبعد ذلك يرسل الرماد إلى مرشحات تعمل تحت ضغط فراغي حيث يستخلص

منها الماء ، والناتج المتكون يدعى ( cake ) بتركيز % 35-40 وهذا ينقل بواسطة حزام ناقل الى السيارات الخاصة لرميه خارجا.

## 6 - 7 استخدامات المياه المعالجة

يمكن استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في عدة أغراض سواء بطريقة مباشرة او غير مباشرة . وبصفة عامة فان نسبة إعادة استعمال المياه المعالجة تتمثل في الاتي :

- 1- أغراض زراعية % 60 .
- 2- أغراض صناعية % 30.
- 3- أغراض أخرى كتغذية المياه الجوفية % 10.

### مساوئ استخدام المياه المعالجة :

من مساوئ استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة أنها تسبب مشاكل صحية إذا لم تتم معالجتها بشكل صحيح بسبب وجود أنواع مختلفة من الفيروسات والبكتريا وغيرها إضافة إلى تراكيز عالية من المواد الكيميائية التي تتم إزالتها في مراحل المعالجة المختلفة .

## اسئلة الفصل السادس

- س1 : اذكر مصادر المياه في الطبيعة .
- س2 : عرف الماء العسر ، ثم عدد انواع العسرة ، ذكرا الاملاح المسببة لها .
- س3 : عدد طرق ازالة العسرة .
- س4 : اكتب المعادلات الكيماوية الخاصة بإزالة عسرة الماء ذكرا اسماء المركبات الكيماوية تحت صيغها .
- س5 : ما هي مادة الزيولايت وما تركيبها الكيماوي ؟ صف عملية ازالة العسرة باستعمال مادة الزيولايت موضحا ذلك بالمعادلات الكيماوية .
- س6 : عدد استخدامات الماء في الصناعة .
- س7 : ما المقصود بمعالجة المياه الصناعية ؟ وما الغرض منها ؟
- س8 : ما هي مصادر مياه الصرف الصحي وما هي الملوثات الموجودة فيها ؟
- س9 : وضع مراحل معالجة مياه الصرف الصحي ؟
- س10 : ما هي مصادر المياه الملوثة في المصافي والمنشآت النفطية ؟
- س11 : وضح اهم العمليات التي تتضمنها معالجة المياه الملوثة في المنشآت النفطية .



## المصادر

### المصادر العربية

- 1-الدكتور محمد يوسف ، الدكتور محمد حسين عبدالمجيد ، 2001 ( المدخل في علم الكيمياء للمهندسين) ، دار المعارف بمصر .
- 2 – الدكتور ثابت سعيد واخرون ، 2002 ( الكيمياء التحليلية الفيزيائية ) ، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر – الموصل – جمهورية العراق .
- 3 – هاري ميسلر ، 1999 ( التركيب الالكتروني ، الخواص ، والقانون الدوري ) ، ترجمة الدكتور مهدي ناجي والدكتور باقر عبود ، جامعة البصرة .
- 7-كتاب أساسيات الكيمياء العضوية : تأليف جون. د. روبرت و مارجوري. س. كازيرو 1965 .
- 8-الكيمياء العضوية / الطبعة الثانية : تأليف آرت مورسن و آر.ن بويد
- 9-الكيمياء العضوية : تأليف د. محمد نزار إبراهيم و د. خالد داود و د. مروان محمد زكريا / كلية التربية / جامعة الموصل 1984 .
- 10- الكيمياء العضوية لطلبة كلية الزراعة والغابات : تأليف د. بديع علي احمد و د. سامر حامد حسين والسيد خالد فتحي الشاهري / جامعة الموصل 1991 .  
المصادر العلمية ( لفصل مصادر الطاقة )
- 11- الصناعات البتركيماوية : تأليف الأستاذ الدكتور جابر شنشول ، كلية الهندسة ، جامعة النهرين ، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ، الجامعة التكنولوجية ، 2004
- 12- تكنولوجيا تصفية البترول : تأليف James H.Gary و Glenn E. Handwerk  
ترجمة د. سمير سليم القسم ، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ، جامعة البصرة 1988 .
- 13- النفط – المنشأ – التركيب – التكنولوجيا : تأليف د. لطيف حميد علي و د. عماد عبد القادر / وزارة التعليم العالي والبحث العلمي / جامعة الموصل 1989 .
- 14- مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة : تأليف المهندس وحيد مصطفى احمد 2009 .
- 15- الطاقة البديلة – مصادرها واستخداماتها : تأليف د. سمير سعدون مصطفى و د. بلال عبد الله ناصر والأستاذ محمود خضر سلمان 2011 .
- 16- الطاقة النووية – مقدمة في مفاهيم وأنظمة وتطبيقات العمليات النووية : تأليف ر.ل.موري ، ترجمة د. منيب عادل خليل / جامعة الموصل 1987 .
- 17- مصادر الطاقة والبيئة : تأليف المهندس محمد احمد السيد خليل / دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع / القاهرة 2009 .
- 18- محمود حسن الموصليحي ، 2007 ( هندسة التشييد لمرافق المياه والصرف الصحي ) ، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع ، القاهرة .
- 19- محمد صادق العدوي ، احمد جمال الجوهري ، 2003 ( هندسة التركيبات الصحية للهندسة المعمارية والهندسة المدنية ) ، المكتبة المصرية ، القاهرة .

- 20 - محمد احمد السيد خليل ، 2003 (( اعداد المياه للشرب والاستخدام المنزلي )) ، المكتبة  
الاكاديمية ، القاهرة .
- 21 - يحيى حمودة ، 1998 ، (( هندسة الاعمال الصحية )) ، المكتبة المصرية ، القاهرة .

### المصادر الاجنبية

- 1 - Higgins and Morrow , 2004,((Maintenance Engineering Handbook)) , McGraw-Hill Book Company 10th Edition
- 2 - H.Perry 2000, (Chemical Engineers Handbook), McGraw 20th Edition
- 3 - S.K Husain ( Textbook Of Water Supply And Sanitary Engineering), 2001, Oxford IBH publishing company
- 4 - Water treatment Handbook, 5th Edition , Degrement, France , 29th Edition , 2003
- 5 - Water conditioning and waste water treatment (BSP-Indian Publications) 2001 .
- 6 - F.A.Cotter and G. Wilkinson , ( Basic Inorganic Chemistry) , 1976 , Mc Graw Hill Book Company , Montreal .
- 7 - Bernard J.Nebel & Richard T. Wright 2000 ( Environmental Science) Seventh Edition , 2001 .
- 8 - C. Mortimer , 1979 ,( Chemistry , A conceptual Approach ) , 4th Edition , Van Nostrand Co .
- 9 - Leicester F. Hamilton , S . B . 2000 ( Calculations of Analytical Chemistry ) , 8th , Mc Graw Hill Book Company , Montreal , Canada