

Crude oil is a complex liquid mixture made up of a vast number of hydrocarbon compounds that consist mainly of carbon and hydrogen in differing proportions. In addition, small amounts of organic compounds containing sulfur, oxygen, nitrogen, and metals such as vanadium, nickel, iron, and copper are also present.

النفط الخام هو خليط سائل معقد يتكون من عدد كبير من المركبات الهيدروكربونية التي تتكون أساساً من الكربون بالإضافة إلى ذلك، توجد كميات صغيرة من المركبات العضوية التي تحتوي على الهيدروجين بنسب مختلفة الكبريت، والأكسجين، والنيتروجين، إلى جانب معادن مثل الفاناديوم، النيكل، الحديد، والنحاس

- Table 2.1 shows the elemental composition of crude oils based on their weight percentage (wt%)
  - Carbon (83.0 – 87.0%): Carbon is the primary element in crude oil, making up the majority of its composition.
  - Hydrogen (10.0 – 14.0%): Hydrogen is the second most abundant element, contributing to the hydrocarbon structure of crude oil.
  - Sulfur (0.05 – 6.0%): The sulfur content varies significantly. High sulfur crude oil is called sour crude, while low sulfur crude is known as sweet crude.
  - Nitrogen (0.1 – 0.2%): Found in small amounts, nitrogen can impact the refining process and product quality.
  - Oxygen (0.05 – 2.0%): Also present in minor amounts, oxygen-containing compounds affect crude oil stability.
  - Nickel (Ni) < 120 ppm: A trace metal that can act as a catalyst poison during refining.
  - Vanadium (V) < 1200 ppm: Another trace metal that can cause corrosion issues in refining equipment

**Table 2.1** Elemental composition of crude oils (Roussel and Boulet, 1995c)

Element	Composition (wt%)
Carbon	83.0–87.0
Hydrogen	10.0–14.0
Sulphur	0.05–6.0
Nitrogen	0.1–0.2
Oxygen	0.05–2.0
Ni	<120 ppm
V	<1200 ppm

- Crude oil is not classified based on carbon content – This means that crude oil is not categorized solely by the amount of carbon it contains but rather by other factors such as sulfur content, API gravity, and hydrogen-to-carbon ratio.

3. Impurities in crude oil (low concentrations) – Crude oil contains unwanted impurities such as sulfur, nitrogen, oxygen, and metals. Even in low concentrations, these impurities are undesirable because they:
  - Affect crude oil processability in refining.
  - Reduce the quality of final petroleum products.
4. Catalyst poisoning and corrosion – During refining, the impurities present in crude oil cause two major issues:
  - Catalyst poisoning: Certain metals (e.g., nickel and vanadium) deactivate catalysts used in refining.
  - Corrosion: Sulfur and acidic compounds can damage refinery equipment.

يجب أن تفهم هذه المفاهيم:

- يعتمد تكوين النفط الخام على العناصر المكونة له، والتي تقع ضمن نطاقات محددة بغض النظر عن مصدره. أن محتويات الكربون والهيدروجين تختلف ضمن نطاقات ضيقة (2.1) يوضح الجدول لهذا السبب، كما هو مذكور في النقطة الأولى، لا يتم تصنيف النفط الخام بناءً على محتوى الكربون الشوائب الموجودة في النفط الخام (بتركيزات منخفضة) مثل الكبريت، النيتروجين، الأكسجين، والمعادن غير مرغوب فيها لأنها:
- تسبب صعوبات في معالجة المواد الخام النفطية.
  - تؤثر على جودة المنتجات المكررة.
  - يُعتبر تسمم المحفزات والتآكل من بين أكثر التأثيرات الملحوظة أثناء عملية التكرير بسبب تركيزات الشوائب.

There are three main classes of hydrocarbons, which are classified based on the type of carbon-carbon bonds present.

1. Saturated Hydrocarbons
  - Contain only single carbon-carbon bonds.
  - Called paraffins (alkanes) if they are acyclic (straight or branched chains).
  - Called naphthenes (cycloalkanes) if they are cyclic (ring structures).
2. Unsaturated Hydrocarbons
  - Contain multiple carbon-carbon bonds (double, triple, or both).
  - Called olefins due to their chemical reactivity.
  - Alkenes contain one or more carbon-carbon double bonds.
  - Alkynes contain one or more carbon-carbon triple bonds.
3. Aromatic Hydrocarbons
  - A special class of cyclic compounds.
  - These hydrocarbons are related to benzene and have a distinct ring structure.

هناك ثلاث فئات رئيسية للهيدروكربونات، والتي تُصنف بناءً على نوع روابط الكربون - الكربون الموجودة فيها.

1. الهيدروكربونات المشبعة
  - تحتوي على روابط أحادية فقط بين ذرات الكربون.
  - تُعرف باسم البارافينات (الألكانات) إذا كانت سلسلة مستقيمة أو متفرعة.
  - تُعرف باسم النافثينات (الألكانات الحلقية) إذا كانت ذات بنية حلقية.
2. الهيدروكربونات غير المشبعة

- (ثنائية أو ثلاثية أو كلاهما) تحتوي على روابط كربون - كربون متعددة.
  - تُعرف باسم الأوليفينات بسبب نشاطها الكيميائي.
  - الألكينات تحتوي على رابطة ثنائية واحدة أو أكثر بين ذرات الكربون.
  - الألكاينات تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة أو أكثر بين ذرات الكربون.
3. الهيدروكربونات العطرية
- فئة خاصة من المركبات الحلقية.
  - هذه المركبات مرتبطة ببنية البنزين ولها هيكل حلقي مميز

### 2.2.1 Paraffin (Alkanes)

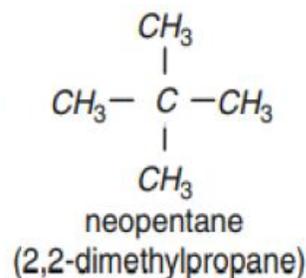
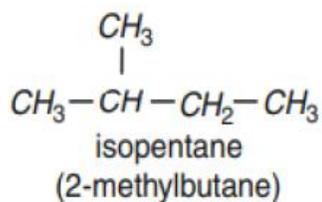
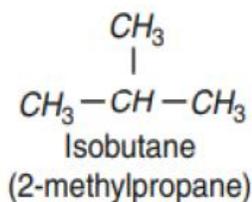
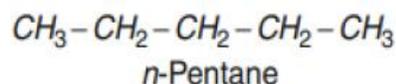
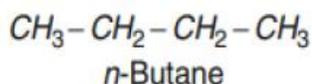
- Paraffins (alkanes) are saturated hydrocarbons that follow the general formula ( $C_nH_{2n+2}$ ), where n represents the number of carbon atoms.
- Normal paraffins (n-paraffins or n-alkanes) are straight-chain hydrocarbons with no branching.
- Each paraffin molecule differs from the next by a (-CH<sub>2</sub>-) methylene group, meaning each successive alkane is longer by one carbon unit. (Table 2.2)

**Table 2.2** Names and formulas of the first ten paraffins (alkanes)

Name	Number of carbon atoms	Molecular formula	Structural formula	Number of isomers
Methane	1	CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	1
Ethane	2	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	CH <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	1
Propane	3	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	1
Butane	4	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	2
Pentane	5	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	3
Hexane	6	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH <sub>3</sub>	5
Heptane	7	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	9
Octane	8	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> CH <sub>3</sub>	18
Nonane	9	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH <sub>3</sub>	35
Decane	10	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> CH <sub>3</sub>	75

### Iso-Paraffins (Iso-Alkanes) and Isomerization

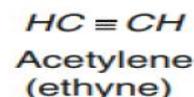
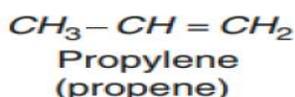
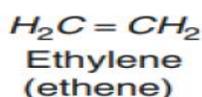
- Iso-paraffins (iso-alkanes) are branched-chain hydrocarbons that undergo structural isomerization.
- Structural isomerization occurs when two molecules have the same molecular formula but different bonding arrangements.
- The molecules have the same formulas but different atomic arrangements, which is why they are called isomers.
- Example: Butane and Pentane have structural isomers, meaning they have identical molecular formulas but different structural configurations.



- Paraffins in the range of C<sub>5</sub>–C<sub>12</sub>:
  - There are more than 600 possible isomers for paraffins with 5 to 12 carbon atoms.
  - However, only 200–400 of these isomers are commonly found in petroleum fractions.
- Isomers Have Different Properties:
  - The differences in molecular structure cause variations in physical and chemical properties.
  - Iso-paraffins in gasoline increase the octane number, which improves fuel efficiency and combustion performance.

### 2.2.2 Olefins (Alkenes and Alkynes)

- Olefins (Alkenes) are unsaturated hydrocarbons that contain at least one carbon-carbon double bond.
- Compounds with carbon-carbon triple bonds are called acetylenes (alkynes).
- The general formula for:
  - Olefins (Alkenes): C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub> (R–CH=CH–R'). (الأوليفينات (الألكينات))
  - Acetylenes (Alkynes): C<sub>n</sub>H<sub>2n-2</sub> (R–C≡C–R'). (الأسيتيلينات (الألكاينات))
- Olefins are not naturally present in crude oil; instead, they are formed during conversion processes such as cracking and refining.
- The lightest alkenes are ethylene (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) and propylene (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>), which are essential feedstocks in the petrochemical industry.
- The lightest alkyne is acetylene.



## 2.2.3 Naphthenes (Cycloalkanes)

- Naphthenes, also known as cycloalkanes, are saturated hydrocarbons that contain at least one ring of carbon atoms.
- They follow the general formula  $C_nH_{2n}$ .
- A common example is cyclohexane ( $C_6H_{12}$ ), which consists of a six-carbon ring structure.

## Properties of Naphthenes

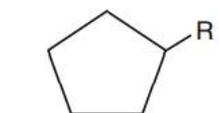
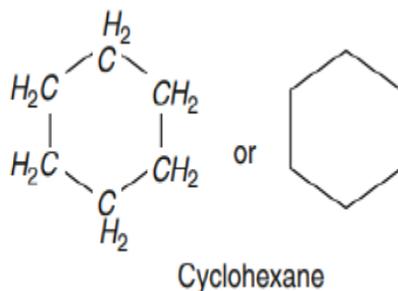
- Higher boiling points and densities than alkanes with the same number of carbon atoms.
- Naphthenes commonly found in crude oil are rings with five or six carbon atoms.
- These rings usually have alkyl substituents (side chains) attached to them.
- Multi-ring naphthenes are typically present in the heavier fractions of crude oil.

## 2.2.3 النفثينات (الألكانات الحلقية)

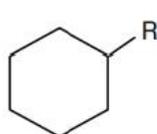
- النفثينات، والمعروفة أيضاً باسم الألكانات الحلقية، هي هيدروكربونات مشبعة تحتوي على حلقة واحدة على الأقل من ذرات الكربون.
- $C_nH_{2n}$  تتبع النفثينات الصيغة العامة.
- ، والذي يحتوي على بنية حلقية مكونة من ست ذرات كربون ( $C_6H_{12}$ ) مثال شائع هو السيكلوهكسان.

## خصائص النفثينات

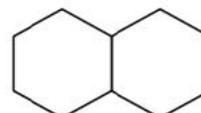
- درجة غليان وكثافة أعلى من الألكانات التي تحتوي على نفس عدد ذرات الكربون.
- النفثينات الموجودة في النفط الخام عادة ما تكون حلقات تحتوي على خمس أو ست ذرات كربون.
- غالباً ما تحتوي هذه الحلقات على سلاسل جانبية ألكيلية مرتبطة بها.
- النفثينات متعددة الحلقات توجد عادةً في الأجزاء الأثقل من النفط الخام.



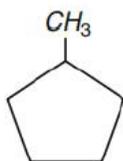
Alkylcyclopentanes



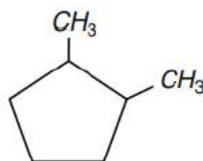
Alkylcyclohexanes



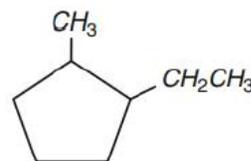
Bicycloalkanes



methylcyclopentane



1,2-dimethylcyclopentane



1-ethyl-2-methylcyclopentane

#### 2.2.4 Aromatics

- Aromatics are unsaturated cyclic hydrocarbons that contain one or more benzene rings.
- The benzene ring has three double bonds arranged in a unique way, making it highly stable.

#### Types of Aromatic Compounds in Crude Oil:

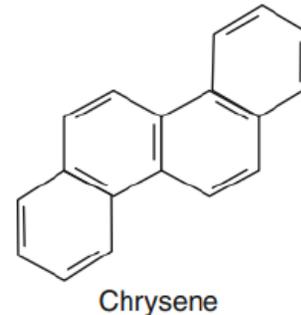
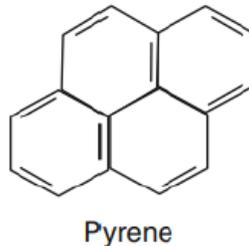
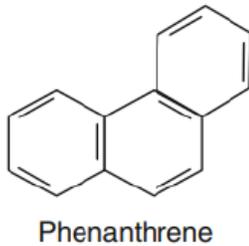
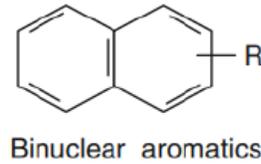
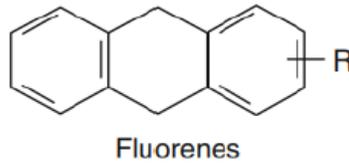
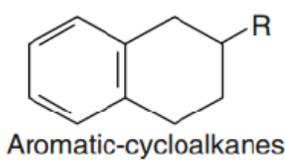
- Mono-aromatics:
  - Contain one benzene ring.
  - Some hydrogen atoms may be replaced by alkyl groups.
  - Examples: Toluene and Xylene.
  - Importance: Used as petrochemical feedstocks and help increase octane number in gasoline.
- Polynuclear Aromatic Compounds (Complex Aromatics):
  - Consist of multiple fused benzene rings.
  - Found in heavy petroleum fractions.
  - Undesirable because they:
    - Cause catalyst deactivation and coke deposition during processing.
    - Create environmental problems, especially in diesel and fuel oils.
  - The heaviest portion of crude oil contains asphaltenes, which are polynuclear aromatic compounds with complex structures.

## 2.2.4 المركبات العطرية (الأروماتية)

- المركبات العطرية هي هيدروكربونات حلقة غير مشبعة تحتوي على حلقة بنزين واحدة أو أكثر.
- حلقة البنزين تحتوي على ثلاث روابط مزدوجة مرتبة بطريقة فريدة تمنحها استقرارًا عاليًا.

أنواع المركبات العطرية في النفط الخام:

- المركبات العطرية الأحادية (Mono-Aromatics):
  - تحتوي على حلقة بنزين واحدة.
  - يمكن استبدال بعض ذرات الهيدروجين بمجموعات ألكيلية.
  - التولوين والزيلين: أمثلة.
  - تستخدم ك مواد أولية في الصناعات البتروكيميائية وتساعد في زيادة رقم الأوكتان في: الأهمية البنزين.
- المركبات العطرية متعددة النوى (Polynuclear Aromatic Compounds):
  - تتكون من عدة حلقات بنزين مدمجة.
  - توجد في الكسور الثقيلة من النفط الخام.
  - غير مرغوبة لأنها:
    - تسبب تعطيل المحفزات وترسب فحم الكوك أثناء المعالجة.
    - تؤدي إلى مشكلات بيئية، خاصة عند وجودها في الديزل وزيت الوقود.
  - أثقل جزء في النفط الخام يحتوي على الأسفلتينات، وهي مركبات عطرية متعددة النوى ذات تركيب معقد.



## 2.2.5 Sulphur Compounds in Crude Oil

- Sulphur content in crude oil varies from less than 0.05% to more than 10 wt% , but most crude oils have 1–4 wt% sulphur.
- Crude oil with less than 1 wt% sulphur is called low sulphur or sweet crude.

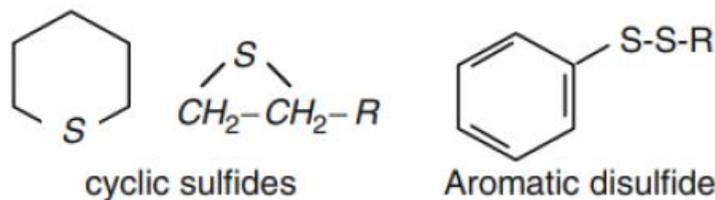
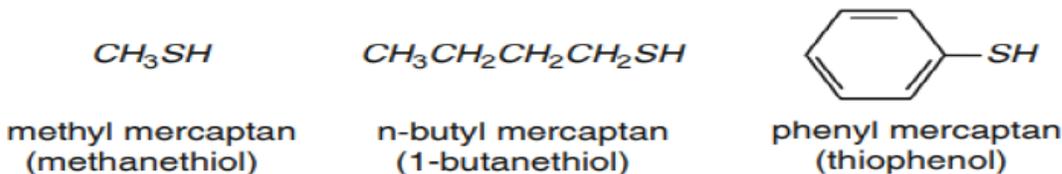
- Crude oil with more than 1 wt% sulphur is called high sulphur or sour crude.

### Types of Sulphur in Crude Oil:

- Found in different forms:
  - Elemental sulphur (S).
  - Dissolved hydrogen sulphide (H<sub>2</sub>S).
  - Carbonyl sulphide (COS).
  - Organic sulphur compounds, where sulphur is part of the hydrocarbon structure.

### Mercaptans and Sulphides:

- Mercaptans (also called thiols) are organic compounds containing a -SH functional group at the end of an alkyl chain (R-SH).
- Mercaptans can be simple like methyl mercaptan (CH<sub>3</sub>SH) or more complex like phenyl mercaptan (thiophenol).
- Sulphides and Disulphides:
  - Sulphur replaces one or two carbon atoms in the hydrocarbon chain.
  - Found in light fractions of crude oil.
  - Can be cyclic (ring structures) or aromatic (benzene-like structures).



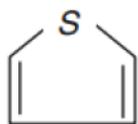
2.2.5 مركبات الكبريت في النفط الخام  
، لكن معظم أنواع النفط تحتوي wt% تتراوح نسبة الكبريت في النفط الخام بين أقل من 0.05% إلى أكثر من 10 من الكبريت wt% على 1-4 من كبريت يسمى نفط منخفض الكبريت أو نفط حلو wt% النفط الخام الذي يحتوي على أقل من 1 كبريت يسمى نفط عالي الكبريت أو نفط حامض wt% النفط الخام الذي يحتوي على أكثر من 1 أشكال الكبريت في النفط الخام: يوجد بأشكال مختلفة مثل

(S) الكبريت العنصري  
(H<sub>2</sub>S) كبريتيد الهيدروجين المذاب  
(COS) كبريتيد الكربونيل  
مركبات الكبريت العضوية، حيث يكون الكبريت جزءاً من بنية الهيدروكربونات:  
الميركبتانات (الثيولات) والكبريتيدات  
في نهاية -SH الميركبتانات (المعروفة أيضاً باسم الثيولات) هي مركبات عضوية تحتوي على مجموعة وظيفية (R-SH) سلسلة ألكيل  
أو أكثر تعقيداً مثل فينيل ميركبتان (ثيوفينول) (CH<sub>3</sub>SH) يمكن أن تكون الميركبتانات بسيطة مثل ميثيل ميركبتان  
الكبريتيدات وثنائي الكبريتيدات  
يحل الكبريت محل ذرة أو ذرتين من الكربون في سلسلة الهيدروكربونات  
توجد في الكسور الخفيفة من النفط الخام  
يمكن أن تكون حلقة (ذات بنية دائرية) أو عطرية (تشبه البنزين)

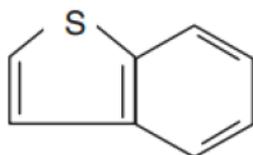
**Thiophenes are polynuclear aromatic compounds where a sulfur atom replaces one or more carbon atoms in the aromatic ring.**

These compounds are typically found in heavier crude oil fractions.

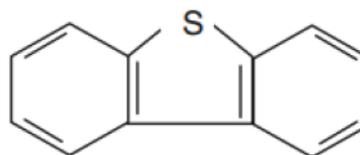
Thiophenes in crude oil may have different chemical formulas, indicating the presence of various sulfur-containing aromatic structures.



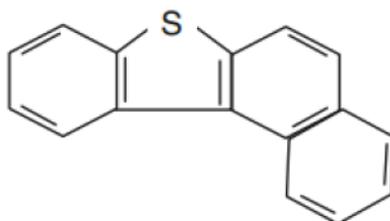
Thiophene



Benzothiophene



Dibenzothiophene



Naphthobenzothiophene

- الثيوفينات هي مركبات عطرية متعددة الحلقات حيث تحل ذرة الكبريت محل ذرة أو أكثر من ذرات الكربون داخل الحلقة العطرية
- توجد هذه المركبات عادةً في الكسور الثقيلة من النفط الخام
- قد تكون للثيوفينات الموجودة في النفط الخام صيغ كيميائية مختلفة، مما يشير إلى وجود تراكيب عطرية مختلفة تحتوي على الكبريت

### 2.2.6 Oxygen Compounds in Crude Oil

- The **oxygen content in crude oil** is usually **less than 2 wt%**.
- Oxygen in crude oil exists in **various forms**, including:
  - **Alcohols, Ethers, Carboxylic Acids, Phenolic Compounds, Ketones, Esters, and Anhydrides.**
- The **presence of oxygen compounds** makes crude oil **acidic**, leading to **processing issues such as corrosion.**

#### Types of Oxygen Compounds in Crude Oil:

##### 1. Alcohols:

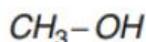
- Have the **general formula R–OH.**
- Structurally **similar to water**, but one **hydrogen atom is replaced by an alkyl group.**

##### 2. Phenols:

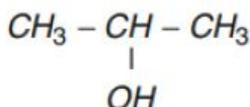
- In **aromatic compounds**, one **hydrogen atom in the benzene ring is replaced with a hydroxyl (-OH) group.**

##### 3. Ethers:

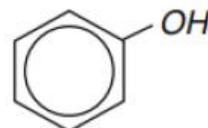
- Contain **two organic groups (R and R') connected by an oxygen atom.**
- **General formula: R–O–R'.**



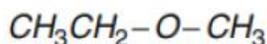
methyl alcohol  
(methanol)



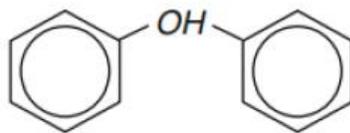
isopropyl alcohol  
(2-propanol)



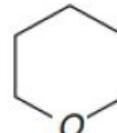
phenyl alcohol  
(phenol)



ethyl methyl ether



diphenyl ether



tetrahydropyran  
(cyclic ether)  
pentamethylene oxide

## 2.2.6 مركبات الأوكسجين في النفط الخام

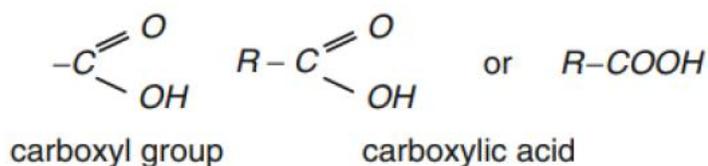
- wt% تبلغ نسبة الأوكسجين في النفط الخام عادةً أقل من 2 .
- يوجد الأوكسجين في النفط الخام بأشكال مختلفة، مثل:
  - الكحوليات، الإيثرات، الأحماض الكربوكسيلية، المركبات الفينولية، الكيتونات، الإسترات، والأنهيدريدات
- وجود مركبات الأوكسجين يجعل النفط الخام حمضيًا، مما يؤدي إلى مشكلات في المعالجة مثل التآكل

## أنواع مركبات الأوكسجين في النفط الخام

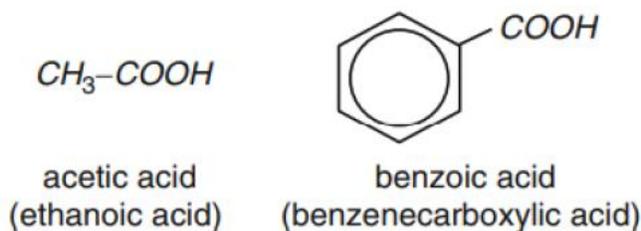
1. الكحوليات (Alcohols):
  - تتبع الصيغة العامة R-OH.
  - تشبه الماء في تركيبها، ولكن يتم استبدال إحدى ذرات الهيدروجين بمجموعة ألكيل
2. الفينولات (Phenols):
  - في المركبات العطرية، يتم استبدال إحدى ذرات الهيدروجين في حلقة البنزين بمجموعة هيدروكسيل (-OH).
3. الإيثرات (Ethers):
  - متصلتين بذرة أوكسجين واحدة (R و R') تحتوي على مجموعتين عضويتين
  - الصيغة العامة: R-O-R

- Carboxylic acids are **organic compounds** that contain a **carboxyl functional group** (-COOH).
- This functional group is responsible for the **acidic properties** of these compounds.
- The **general formula** for carboxylic acids is typically **R-COOH**, where **R** represents a hydrocarbon chain.

- (-COOH). الأحماض الكربوكسيلية هي مركبات عضوية تحتوي على مجموعة وظيفية كربوكسيلية
- هذه المجموعة الوظيفية هي المسؤولة عن الخواص الحمضية لهذه المركبات
- سلسلة هيدروكربونية R، حيث تمثل الصيغة العامة للأحماض الكربوكسيلية هي عادةً R-COOH



Examples of aliphatic and aromatic carboxylic acids are:



- **Ketones** are **organic compounds** that contain a **carbonyl functional group (C=O)**.
- In ketones, the **carbonyl carbon** is **bonded to two other carbon atoms**.
- This structure distinguishes ketones from **aldehydes**, where the **carbonyl group** is at the end of the molecule.

### 2.2.7 Nitrogen Compounds in Crude Oil

- Crude oils contain **very low amounts** of nitrogen compounds.
- **More asphaltic crude oil** has a **higher nitrogen content**.
- **Nitrogen compounds** are **more stable than sulphur compounds**, making them **harder to remove** during refining.
- They can cause **poisoning of cracking catalysts** and **contribute to gum formation** in finished petroleum products.

#### Types of Nitrogen Compounds in Crude Oil:

- **Basic and Non-Basic Nitrogen Compounds:**
  - **Basic nitrogen compounds** include **pyridines**, which are **six-membered heteroaromatic compounds containing one nitrogen atom**.
- **Polycyclic Nitrogen Compounds:**
  - When **pyridines fuse with benzene rings**, they form **quinolines and isoquinolines**, which are **polycyclic nitrogen-containing aromatic compounds**.

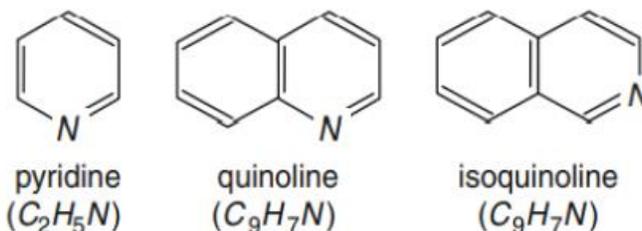
#### مركبات النيتروجين في النفط الخام 2.2.7

- يحتوي النفط الخام على كميات منخفضة جداً من مركبات النيتروجين

- كلما زاد محتوى الأسفلت في النفط الخام، زادت نسبة النيتروجين فيه.
- مركبات النيتروجين أكثر استقراراً من مركبات الكبريت، مما يجعلها أصعب في الإزالة أثناء التكرير.
- يمكن أن تسبب تسمم المحفزات في عمليات التكسير الحراري، كما أنها تساهم في تكوين الرواسب الصمغية في المنتجات البترولية النهائية.

#### أنواع مركبات النيتروجين في النفط الخام:

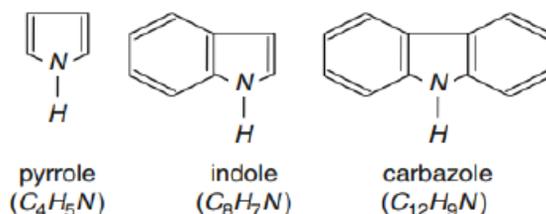
- المركبات النيتروجينية الأساسية وغير الأساسية
- المركبات النيتروجينية الأساسية تشمل البيريدينات، وهي مركبات عطرية حلقة سداسية تحتوي على ذرة نيتروجين واحدة.
- المركبات النيتروجينية متعددة الحلقات
- عند اندماج البيريدينات مع حلقات البنزين، تتكون الكينولين والإيزوكينولين، وهي مركبات نيتروجينية عطرية متعددة الحلقات.



- **Non-basic nitrogen compounds** include **pyrroles**, which are **five-membered heteroaromatic compounds containing one nitrogen atom**.
- When **pyrrole** is fused with a **benzene ring**, it forms **polycyclic heteroaromatic compounds** such as **indole and carbazole**

المركبات النيتروجينية غير الأساسية تشمل البيرولات، وهي مركبات حلقة عطرية غير متجانسة تتكون من خمس ذرات وتحتوي على ذرة نيتروجين واحدة.

عند اندماج البيروول مع حلقة البنزين، يتم تحويله إلى مركبات عطرية متعددة الحلقات مثل الإندول والكاربازول.



### 2.2.8 Metallic Compounds in Crude Oil

- Metallic compounds exist in very small amounts in all types of crude oil.
- Their concentration must be reduced to prevent operational problems and contamination of products.

- Metallic compounds cause poisoning of catalysts used in hydroprocessing and cracking.
- Even trace amounts of metals (such as iron, nickel, and vanadium) can:
  - Affect catalyst activity in catalytic cracking.
  - Increase gas and coke formation, leading to reduced gasoline yields.
- Vanadium, nickel, copper, and iron exist as oil-soluble compounds and can form complexes with pyrrole compounds.
- In high-temperature power generators, the presence of vanadium in fuel may:
  - Cause ash deposits on turbine blades.
  - Lead to severe corrosion and damage refractory furnace linings.
- Crude oils also contain inorganic water-soluble salts (e.g., chlorides and sulfates of sodium, potassium, magnesium, and calcium), which are removed in desalting operations.
- Oil-soluble metallic compounds (such as zinc, titanium, calcium, and magnesium) appear in the form of organometallic soaps.

### 2.2.8 المركبات المعدنية في النفط الخام

توجد المركبات المعدنية بكميات صغيرة جدًا في جميع أنواع النفط الخام. يجب تقليل تركيزها لتجنب المشكلات التشغيلية وتلوث المنتجات البترولية. المركبات المعدنية تسبب تسمم المحفزات المستخدمة في عمليات المعالجة الهيدروجينية والتكسير الحراري حتى كميات ضئيلة من المعادن مثل الحديد، النيكل، والفاناديوم يمكن أن تؤثر على نشاط المحفزات في عملية التكسير الحفزي. تزيد من تكوين الغاز وفحم الكوك، مما يؤدي إلى انخفاض إنتاج البنزين. الفاناديوم، النيكل، النحاس، والحديد توجد في شكل مركبات قابلة للذوبان في الزيت ويمكنها الارتباط بمركبات البيروول. في مولدات الطاقة عالية الحرارة، يمكن أن يؤدي وجود الفاناديوم في الوقود إلى ترسب الرماد على شفرات التوربينات. التسبب في تآكل شديد وتلف بطانة الأفران الحرارية. يحتوي النفط الخام أيضًا على أملاح غير عضوية قابلة للذوبان في الماء (مثل الكلوريدات والكبريتات. للصدويوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم والكالسيوم)، والتي تتم إزالتها أثناء عمليات نزع الأملاح. المركبات المعدنية القابلة للذوبان في الزيت (مثل الزنك، التيتانيوم، الكالسيوم، والمغنيسيوم) تظهر على (organometallic soaps) شكل صابون عضوي معدني.

### 2.2.9 Asphaltenes and Resins in Crude Oil

- The physical properties of crude oil, such as specific gravity (API), are significantly influenced by high-boiling constituents, including heteroatoms (sulphur, nitrogen, and metals).
- It is essential to characterize the heaviest fractions of crude oil to determine their properties and processability.
- Two major classes of heavy fractions in crude oil are:
  - Asphaltenes
  - Resins

## Asphaltenes

- Asphaltenes are dark brown, friable (brittle) solids that do not have a defined melting point and leave carbonaceous residue upon heating.
- They are separated from crude oil in laboratories using non-polar solvents like pentane and n-heptane.

## Problems Caused by High Asphaltene Content in Crude Oil:

High amounts of asphaltenes in crude oil can lead to tremendous problems in production and processing, such as:

1. Precipitation inside rock pores, wellheads, and surface equipment, leading to flow restrictions.
2. Increased viscosity and gravity, causing transportation challenges.
3. Reduced processability in refining operations.
4. Coke formation and metal deposition on catalysts, leading to catalyst deactivation.

## 2.2.9 الأسفلتينات والراتجات في النفط الخام

- تتأثر بشكل كبير بـ المكونات الثقيلة (API) الخصائص الفيزيائية للنفط الخام، مثل الجاذبية النوعية ذات درجات الغليان العالية، والتي تحتوي على الذرات غير المتجانسة مثل الكبريت، النيتروجين، والمعادن.
- من المهم تحليل الكسور الثقيلة في النفط الخام لتحديد خصائصها وسهولة معالجتها:
  - هناك فئتان رئيسيتان من المركبات الثقيلة في النفط الخام:
    - الأسفلتينات
    - الراتجات

## الأسفلتينات

- الأسفلتينات هي مواد صلبة بنية داكنة وهشة ليس لها نقطة انصهار محددة وتترك رواسب كربونية عند تسخينها.
- يتم فصل الأسفلتينات من النفط الخام في المختبرات باستخدام مذيبات غير قطبية مثل البنزين والهيبتان العادي.

## المشكلات الناتجة عن ارتفاع نسبة الأسفلتينات في النفط الخام

يمكن أن تؤدي التركيزات العالية من الأسفلتينات في النفط الخام إلى مشاكل كبيرة في الإنتاج والمعالجة، مثل:

1. ترسب الأسفلتينات داخل مسامات الصخور، رؤوس الآبار، والمعدات السطحية، مما يؤدي إلى انسداد التدفق.
2. زيادة اللزوجة والكثافة، مما يسبب مشاكل في النقل والتدفق.
3. تقليل قابلية المعالجة في عمليات التكرير.

4. تكوين فحم الكوك وترسب المعادن على سطح المحفزات، مما يؤدي إلى تعطيل المحفزات.

## Resins in Crude Oil

- Resins are polar molecules with molecular weights ranging from 500 to 1000.
- They are insoluble in liquid propane but soluble in n-heptane.
- Resins play a crucial role in dissolving and stabilizing asphaltenes in petroleum.
- Mechanism of Action:
  - Resin molecules surround asphaltene clusters (micelles) and keep them suspended in liquid oil.
- Resin Content in Crude Oil:
  - Since each asphaltene particle is surrounded by multiple resin molecules, the content of resins in crude oil is higher than that of asphaltenes.

### الراتنجات في النفط الخام

- الراتنجات هي جزيئات قطبية ذات أوزان جزيئية تتراوح بين 500 و 1000 .
- غير قابلة للذوبان في البروبان السائل لكنها قابلة للذوبان في الهبتان العادي .
- تلعب الراتنجات دوراً مهماً في إذابة وتثبيت الأسفلتينات في النفط الخام .
- آلية العمل :
  - تحيط جزيئات الراتنج بتجمعات الأسفلتينات (المذيلات) وتُبقِيها معلقة في الزيت السائل .
  - محتوى الراتنجات في النفط الخام :
  - بما أن كل جسيم من الأسفلتينات محاط بعدد من جزيئات الراتنج، فإن محتوى الراتنجات في النفط الخام أعلى من محتوى الأسفلتينات .

## 2.3 Products Composition in Refineries

There are specifications for over 2000 individual refinery products.

Intermediate feedstocks can be processed in various refinery units to produce different blended products based on market demand.

Figure 2.1 illustrates common refinery products, detailing their carbon atom contents and boiling ranges.

تكوين المنتجات في المصافي 2.3

يوجد أكثر من 2000 منتج مختلف في المصافي النفطية، لكل منها مواصفات خاصة يمكن توجيه اللقيم الوسيطة إلى وحدات تكرير مختلفة لإنتاج مزيج متنوع من المنتجات البترولية حسب الطلب في السوق.

يوضح الشكل 2.1 بعض المنتجات الشائعة في المصافي، مع تفصيل عدد ذرات الكربون ونطاقات الغليان لكل منتج.

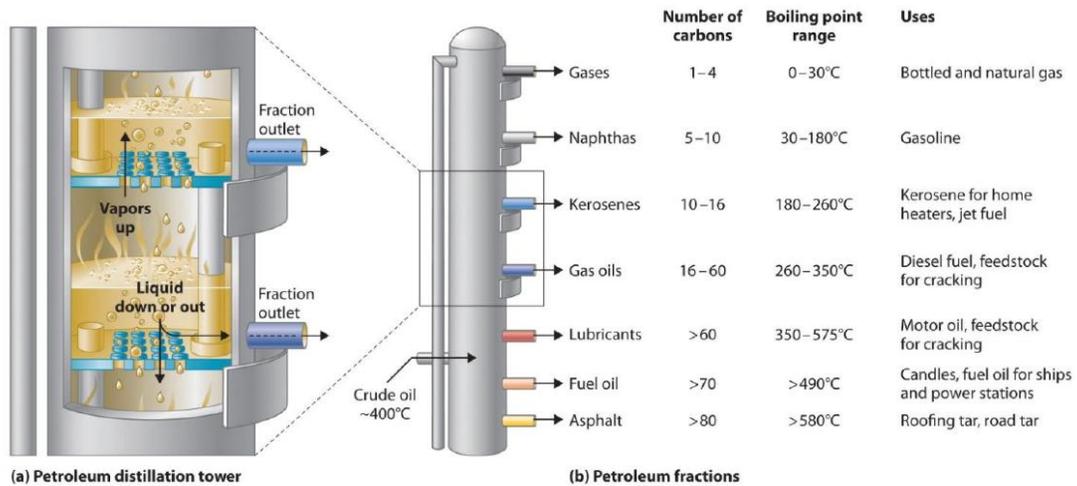


Figure 2.1 Principal petroleum products with carbon numbers and boiling ranges

### 2.3.1 Liquefied Petroleum Gas (LPG)

**Liquefied Petroleum Gas (LPG)** is a group of hydrocarbon-based gases derived from crude oil refining or natural gas fractionation.

It includes gases such as:

- **Ethane, ethylene, propane, propylene, normal butane, butylenes, isobutane, and isobutylene.**

These gases are liquefied through pressurization to facilitate transportation and storage.

هو مجموعة من الغازات الهيدروكربونية المستخرجة من تكرير النفط الخام أو تجزئة (LPG) الغاز النفطي المسال الغاز الطبيعي

يشمل الغازات التالية

الإيثان، الإيثيلين، البروبان، البروبيلين، البيوتان العادي، البيوتيلين، الأيزوبيوتان، والأيزوبيوتيلين. يتم إسالة هذه الغازات بالضغط لتسهيل نقلها وتخزينها

### 2.3.2 Gasoline | البنزين

- **Gasoline is classified by octane rating into three types:**
  1. **Regular gasoline:**
    - Octane rating between 85 and 88
  2. **Mid-grade gasoline:**
    - Octane rating between 88 and 90
  3. **Premium gasoline:**
    - Octane rating greater than 90

### 2.3.2 البنزين

- يتم تصنيف البنزين وفقًا لرقم الأوكتان إلى ثلاث درجات رئيسية

1. البنزين العادي (Regular gasoline):
  - يحتوي على رقم أوكتان بين 85 و 88
2. البنزين متوسط الدرجة (Mid-grade gasoline):
  - يحتوي على رقم أوكتان بين 88 و 90
3. البنزين الممتاز (Premium gasoline):
  - يحتوي على رقم أوكتان أعلى من 90

### 2.3.3 Kerosene | الكيروسين

- Kerosene is a light petroleum distillate used in space heaters, cook stoves, and water heaters. It is also suitable for use as a light source.
- Distillation Properties:
  - Maximum distillation temperature: 204°C (400°F) at the 10% recovery point.
  - Final boiling point: 300°C (572°F).
  - Minimum flash point: 37.8°C (100°F).
- Kerosene is classified into two grades under ASTM Specification D3699.
- A jet-fuel-based kerosene must meet ASTM Specification D1655, with similar distillation properties.

### 2.3.3 الكيروسين

- الكيروسين هو مقطر بترولي خفيف يستخدم في مدافئ الفضاء، مواقد الطهي، وسخانات المياه، كما أنه مناسب كمصدر للإضاءة.
  - خصائص التقطير:
    - عند نقطة استرداد 10%: 204°C (400°F) درجة حرارة التقطير القصوى
    - نقطة الغليان النهائية: 300°C (572°F).
    - نقطة الوميض الدنيا: 37.8°C (100°F).
  - ASTM D3699 يتم تصنيف الكيروسين إلى درجتين وفقاً لمواصفات
- ، والتي تتمتع ASTM D1655 يجب أن يفي الكيروسين المستخدم في وقود الطائرات بمواصفة بخصائص تقطير مماثلة

### 2.3.4 Jet Fuel | وقود الطائرات

- Jet fuel includes both gasoline and kerosene.
- It meets the specifications for use in aviation turbine power units.
  - وقود الطائرات يشمل البنزين والكيروسين
  - يفي بالمواصفات اللازمة لاستخدامه في وحدات الطاقة التوربينية للطائرات

### 2.3.5 Diesel Fuel | وقود الديزل

- **The quality of diesel fuel is measured by cetane number or cetane index.**
  - **Cetane number (CN)** is based on the volume percentage of **cetane (C<sub>16</sub>H<sub>34</sub>)** (high ignition quality, CN = 100) and **alpha-methyl-naphthalene (C<sub>11</sub>H<sub>10</sub>)** (low ignition quality, CN = 0).
  - **Railroad diesel fuels are heavier than automotive diesel fuels and have higher boiling ranges (up to 400°C or 750°F) but lower cetane numbers (CN = 30).**
- يتم قياس جودة وقود الديزل باستخدام رقم السيتان أو مؤشر السيتان
- (CN = 100) جودة اشتعال عالية، (C<sub>16</sub>H<sub>34</sub>) يعتمد على النسبة الحجمية لـ السيتان (CN) رقم السيتان
  - (CN = 0) جودة اشتعال منخفضة، (C<sub>11</sub>H<sub>10</sub>) والفايثيل-نفتالين
  - وقود الديزل المستخدم في القطارات يكون أثقل من وقود الديزل المستخدم في السيارات، وله نطاق غليان (CN = 30) ، لكنه يحتوي على أرقام سيتان أقل (750 °F أو 400 °C حتى أعلى)

### 2.3.6 Fuel Oil | زيت الوقود

#### English Explanation:

- **Fuel oils are mainly used in space heating, with high demand in cold climates.**
  - **No. 1 fuel oil is similar to kerosene, while No. 2 fuel oil is similar to No. 2 diesel fuel.**
  - **Heavier fuel oil grades (No. 3 and No. 4) are also available.**
- زيت الوقود يستخدم بشكل رئيسي في التدفئة، ويزداد الطلب عليه في المناطق الباردة
- الوقود رقم 1 يشبه الكيروسين، بينما الوقود رقم 2 يشبه وقود الديزل رقم 2
  - (مثل رقم 3 ورقم 4) توجد أيضًا أنواع أثقل من زيت الوقود

### 2.3.7 Residual Fuel Oil | زيت الوقود المتبقي

- **Residual fuel oil is mainly composed of vacuum residue.**
  - **Key specifications include viscosity and sulfur content.**
  - **Low-sulfur residues are in higher demand in the market.**
- زيت الوقود المتبقي يتكون بشكل أساسي من بقايا التفريغ الفراغي (vacuum residue).
- المواصفات الرئيسية تشمل اللزوجة ومحتوى الكبريت
  - المتبقيات منخفضة الكبريت تحظى بطلب أعلى في السوق

### 2.3.8 Lube Oil | زيت التزييت

- Lubricants are categorized based on **viscosity index**.
- Paraffinic and naphthenic lubricants have a **viscosity index greater than 75**.
- يتم تصنيف زيوت التشحيم (التزييت) وفقاً لمؤشر اللزوجة.
- تتمتع الزيوت البارافينية والنفتينية بمؤشر لزوجة أعلى من 75.

### 2.3.9 Asphalt | الإسفلت

- Asphalt is a **key material in construction**.
- It makes up to **20% of construction products**.
- Asphalt is only produced from **crude oil containing asphaltic material**.
- يُعد الإسفلت مادة أساسية في البناء.
- من مواد البناء 20% يشكل ما يصل إلى.
- يتم إنتاج الإسفلت فقط من النفط الخام الذي يحتوي على مواد إسفلتية.

### 2.3.10 Petroleum Coke | فحم البترول

- **Petroleum coke** is formed through **thermal conversion** of petroleum residues.
- It consists of **85% carbon and 4% hydrogen**, with small amounts of **sulfur, nitrogen, oxygen, vanadium, and nickel**.
- يتشكل فحم البترول من خلال التحويل الحراري لمتبقيات النفط.
- كربون و 4% هيدروجين، بالإضافة إلى الكبريت، النيتروجين، الأكسجين، 85% يتكون بشكل رئيسي من الفاناديوم، والنيكل.