

جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

العلوم الصناعية

الصناعي / الصناعات البتروكيمياوية

الثاني

المؤلفون

د . نيران خليل ابراهيم
المهندس علاء ابراهيم كريم

د . عماد طه بكر

د . كاظم نوري عبد
د . نجاه جمعة صالح

2024 م – 1446 هـ

الطبعة الخامسة

المقدمة

ان الأساس الذي تعتمد عليه الصناعة البتروكيمياوية هو استخدام افضل الطرق واقلها كلفة للحصول على المنتجات النهائية وبجودة عالية وهذا يقود إلى تصميم الأجهزة والمعدات وفق معايير علمية دقيقة بحيث تتحمل ظروفًا تشغيلية مختلفة. كما ان فهم طبيعة البوليمرات وطرق تحضيرها والتعرف على خواصها واستخداماتها يعد أساسًا آخر لفهم الصناعة البتروكيمياوية . استندت مفردات وفصول الكتاب الحالي على هذه الأسس وجاء ليضم ثمانية فصول ، شكلت مجموعها المدخل النظري إلى الصناعات البتروكيمياوية .

لقد وضعت لجنة تأليف كتاب العلوم الصناعية للصف الثاني / اختصاص الصناعات البتروكيمياوية ضمن اهتماماتها إثراء لفصول الكتاب بالمادة العلمية بما يشجع الطالب على الاستزادة من هذا التخصص الحيوي . اتسمت فصول الكتاب بالحدائثة والبساطة وتسلسل الأفكار لضمان إعداد الطالب للمرحلة الدراسية اللاحقة بشكل كفوء. تناول الفصل الاول الحسابات الكيماوية المتعلقة بتحويل الوحدات وموازنة المادة والطاقة ، اما الفصل الثاني فقد تضمن موضوع جريان الموائع وخواصها والاجهزة المتعلقة بها ، ولاهمية الغاز الطبيعي ومكوناته وانواعه فقد تناوله الفصل الثالث . تناول الفصل الرابع البرافينات كمقدمة للصناعات البتروكيمياوية . اما الفصل الخامس فتطرق الى البوليمرات ومفهومها وتصنيفها وطرق تحضيرها وخواصها ، وهذا الفصل مرتبط بالفصل السادس الذي تضمن التطبيقات الصناعية للبوليمرات والبلاستيك المطاوعة والمتصلبة والمطاط والاصباغ والالياف . تضمن الفصل السابع اهم العمليات الصناعية في الصناعات البتروكيمياوية وهي التقطير – الاستخلاص – الامتصاص – الخلط والمزج . وهنا نود ان نشير إلى أهمية دراسة التلوث البيئي الذي يتضمنه الفصل الثامن نظرا لطبيعة بعض الصناعات البتروكيمياوية الملوثة للبيئة .

وبما ان هذا الكتاب مؤلف جديد فانه يحتاج من الأخوة المدرسين والاختصاصيين التربويين وأولياء أمور الطلبة وكل من له صلة بتنفيذ هذا المنهج بالصيغة المثلى موافاة شعبة المناهج في المديرية العامة للتعليم المهني بالآراء والمقترحات التي يفرزها الميدان التعليمي للإفادة منها في تنقيح الطبقات اللاحقة .

المؤلفون

المحتويات

الصفحة	الفصل
42 - 5	الفصل الاول
55 - 43	الفصل الثاني
73 - 56	الفصل الثالث
88 - 74	الفصل الرابع
102 - 89	الفصل الخامس
120 - 103	الفصل السادس
138 - 121	الفصل السابع
160 - 139	الفصل الثامن
162 - 161	المصادر

الفصل الأول الحسابات الكيمياءوية

الأهداف

- بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل يكون الطالب قادرا على أن :
- يعرف أنظمة الوحدات (الدولية ، الأمريكية، السنتمتر-غرام- ثانية).
 - ينتقل من نظام الى اخر وببسر.
 - يحول وحدات معادلات الأبعاد.
 - يفهم مبدأ موازنات المادة.
 - يطبق قواعد الموازنة بطريقة مرتبة وسهلة والحصول على خبرة واسعة لحل المسائل بطريقة عملية.
 - يفهم مبدأ موازنة الطاقة وطرق انتقال الحرارة.
 - يعرف تأثير الحرارة في التفاعلات الكيمياءوية.

1-1 تمهيد

ان الطالب سوف يكتشف في مرحلة مبكرة من دراسته بأن الأرقام التي يتعامل معها يعبر عنها بوحدات مختلفة وذات تنوع كبير، ناتج عن تباين أنظمة وحدات القياس التي كانت مستعملة في دول اوروبا وامريكا. وعلى هذا الأساس وقبل البدء بالحسابات يجب التعرف على الأنظمة المختلفة والمستعملة ومعرفة طرق تحويل القياسات من نظام الى آخر.

تشغل قوانين البقاء مكانا خاصا في العلوم . والتعابير الشائعة لهذه القوانين تأخذ شكلا من الأشكال التالية: " الكتلة (الطاقة) لا تستحدث ولا تفتنى ولكن يمكن تحويلها من شكل الى اخر" ، " الكتلة (الطاقة) لأي نظام معزول ثابتة"، أو التعابير المكافئة. ووجد العلماء الذين درسوا التغيرات الكيمياءوية الكمية بان أوزان المواد الداخلة للتفاعل تساوي مجموع الأوزان الناتجة من التفاعل . ولقد تم تلخيص هذه الحقائق وعممت بقانون حفظ المادة ، باستثناء العمليات المتضمنة التحولات الذرية. ولقد تم توسيع هذا القانون ليشمل حفظ الطاقة ايضا.

تعتبر الطاقة العامل الأساسي المحرك للعمليات الصناعية. فمثلا ، عند انتاج البخار يتم بتحويل الطاقة الكامنة الموجودة في الوقود خلال عملية الاحتراق. وتنتقل هذه الطاقة الكامنة بدورها الى الماء وتحوله الى مادة ذات طاقة بمستوى أعلى ، ذلك هو البخار. ويمكن ان تستعمل طاقة البخار في بعض الأجهزة لإنتاج الطاقة الميكانيكية أو الكهربائية. ان تجهيز أو تبدل شكل الطاقة يجعل من الضروري حساب الطاقة لأجل تحليل أوجه العملية . ويتم ذلك عادة بواسطة موازنة الطاقة، وبطريقة مشابهة لما عليها موازنة المادة.

1-2 الوحدات ومشتقاتها

لأي كمية مقاسة هناك قيمة عددية ووحدة قياس. ومعرفة القيمة العددية ووحدة القياس من الأمور الضرورية في الحسابات الهندسية على سبيل المثال : 3 غرام ، 20 دقيقة ، 110 كيلومتر. فالقيمة العددية هي 3 و 20 و 110 ووحدة القياس هي غرام ودقيقة و كيلومتر.

والأبعاد هي كميات يمكن قياسها مثل الطول والوقت والكتلة ودرجة الحرارة أو حسابها بقسمة أو ضرب

الأبعاد الأساسية . على سبيل المثال السرعة $(\frac{\text{الطول}}{\text{الزمن}})$ ، الحجم (طول³) ، معدل الجريان $(\frac{\text{حجم}}{\text{الزمن}})$ ،

الكثافة $(\frac{\text{كتلة}}{\text{طول}^3})$ ، معدل انتقال المادة $(\frac{\text{كتلة أو مول}}{\text{الزمن}})$.

ويمكن معاملة الوحدات كما تعامل الحدود في المعادلة الجبرية. فالقيمة العددية لأي كمية يمكن جمعها أو طرحها فقط اذا كانت الوحدات متماثلة.

$$8\text{cm} - 6\text{cm} = 2\text{cm}$$

ولكن لا يمكن عمل الاتي :

$$8\text{m} - 6\text{cm} = ?$$

في المقابل فانه يمكن ضرب أو قسمة قيمتين عدديتين حتى في حال اختلاف وحدتيهما :

$$4\text{N} \times 5\text{m} = 20 \text{ N.m} \quad \text{أو} \quad \frac{5\text{kg}}{10\text{m}^3} = 0.5 \text{ kg/m}^3$$

1-2-1 أنظمة الوحدات (Systems of Units)

- **الوحدات الأساسية :** مثل الطول ، الوزن ، الزمن ، درجة الحرارة ، قوة التيار الكهربائي ، قوة اشعاع الأشعة . وهناك عدة أنظمة قياس أساسية والتي كانت مستعملة في دول اوربا وامريكا ولكن المعتمد عليها هي:

1- نظام الوحدات العالمي (International System of Units , SI)

2- النظام العشري (الفرنسي) (Centimeter – gramme – second, cgs)

3- النظام البريطاني (foot-pound –second)

ويبين الجدول رقم (1-1) الوحدات الأساسية في كل هذه الأنظمة.

جدول (1-1) وحدات القياس الأساسية

الوحدات	القياس العالمي	القياس العشري (الفرنسي)	القياس البريطاني
وحدات الطول	المتر	المتري	القدم
وحدات الكتلة	الكيلوغرام	الغرام	الباون
وحدات الزمن	الثانية	الثانية	الثانية
وحدات درجات الحرارة	كلفن	المئوي	رانكين
وحدات الحرارة	جول	السعرة	الوحدة الحرارية البريطانية
التيار الكهربائي	الأمبير	الأمبير	الأمبير

● **الوحدات المتعددة :** مثل اليوم = 24 ساعة، والساعة = 60 دقيقة، والدقيقة = 60 ثانية، الكيلومتر = 1000 متر، والمتر = 100 سنتيمتر، والسنتيمتر = 10 ملليمتر. والغرض من هذه الوحدات هو التبسيط وتفاذي التعقيدات. فعلى سبيل المثال فإن التعبير عن اليوم ب 24 ساعة أسهل من القول بان اليوم يساوي 86400 ثانية.

● **الوحدات المشتقة :** ويقصد بها جميع الكميات اللازمة لوصف ما يحصل في الطبيعة، كالسرعة أو القوة أو الشغل.... الخ والتي يمكن اشتقاقها من الكميات الأساسية بحيث تكون وحداتها مكونة من وحدتين أساسيتين أو أكثر ($kg.m/s^2$, $lb_m.ft/s^2$, ft/min). ويمثل الجدول (1-2) الوحدات المشتقة من الوحدات الأساسية في النظام العالمي (SI). أما الجدول (1-3) فيجمع أهم المضاعفات والأجزاء المتعارف عليها.

جدول (1-2): الوحدات المشتقة من الوحدات الأساسية في النظام العالمي (SI)

الكمية	الوحدة	الرمز	المساوي لها في الوحدات الأساسية
الحجم (Volume)	لتر (liter)	L	$0.001m^3$ $1000 cm^3$
القوة (Force)	نيوتن (Newton) داين (dyne)	N Dyne	$1 kg.m/s^2$ $1 g.cm/s^2$

1 N.m	J	جول (Joule)	الطاقة، الشغل (Energy, Work)
1 J/s	W	واط (Watt)	القدرة (Power)

جدول (3-1) الوحدات المضاعفة

المعامل	رمز البادئة	البادئة
10^{-9}	N	نانو (nano)
10^{-6}	μ	مايكرو (micro)
10^{-3}	m	ملي (mili)
10^{-2}	C	سنتي (centi)
10^3	K	كيلو (kilo)
10^6	M	ميغا (mega)
10^9	G	كيغا (giga)
10^{12}	T	تيرا (tera)

2-2-1 تحويل الوحدات (Conversion of Units)

يمكن التعبير عن الكميات المقاسة باستخدام وحدات مختلفة. فالسرعة يعبر عنها km/h أو ft/min أو mi/h وتعتمد القيمة العددية للسرعة مثلا على الوحدات المستخدمة في حسابها. لتحويل وحدة كمية معينة الى ما يساويها من الوحدات الى اخرى فانه يتم ضرب الكمية المعطاة برقم يسمى معامل التحويل:

$$\text{معامل التحويل} = \frac{\text{الوحدة الجديدة}}{\text{الوحدة القديمة}} \quad (1 - 1)$$

فمثلا لتحويل 5 km الى m:

$$(5 \text{ km}) \times \left(\frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \right) = 5000 \text{ m} \quad (2 - 1)$$

$$\frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} = \text{فمعامل التحويل في هذه الحالة}$$

ويمكن كتابة المعادلة (2-1) كما يلي :

$$\begin{array}{c|c} 5 \text{ km} & 1000 \text{ m} \\ \hline & 1 \text{ km} \end{array} = 5000 \text{ m}$$

مثال (1-1) :

طائرة تطير بسرعة مساوية لضعف سرعة الصوت (افرض ان سرعة الصوت تساوي 1100 ft/sec) كم هي سرعتها بالأميال لكل ساعة (miles per hour)؟
الحل :

$$\frac{2 \left| \frac{1100 \text{ ft}}{\text{s}} \right| \left| \frac{1 \text{ mi}}{5280 \text{ ft}} \right| \left| \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right| \left| \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} \right| = 1500 \frac{\text{mi}}{\text{hr}}$$

مثال (2-1) :

استبدل وحدات 400 in³/day الى cm³/min .

الحل :

$$\frac{400 \text{ in.}^3}{\text{day}} \left| \frac{(2.54 \text{ cm})^3}{1 \text{ in.}} \right| \left| \frac{1 \text{ day}}{24 \text{ hr}} \right| \left| \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} \right| = 4.56 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

يلاحظ في هذا المثال ان الوحدات رفعت الى نفس القوة التي رفعت اليها الارقام .

مثال (3-1) : الكثافة (Density)

كم لترا يشغل 50 lb من سائل كثافته 115 lb/ft³؟

الحل :

$$\frac{50 \text{ lb}}{115 \text{ lb}} \left| \frac{1 \text{ ft}^3}{1 \text{ ft}^3} \right| \left| \frac{28.32 \text{ L}}{1 \text{ ft}^3} \right| = 12.31 \text{ L}$$

مثال (4-1) : الضغط (Pressure)

اذا كان الضغط في مفاعل يساوي 0.5 kg/cm² فكم يكافئ هذا الضغط بالسنتيمترات زئبق (cmHg) ؟ علما ان كثافة الزئبق = 13.6 g/cm³ في الظروف القياسية.

الحل:

$$\frac{0.5 \text{ kg}}{\text{cm}^2} \left| \frac{1000 \text{ g}}{\text{kg}} \right| \left| \frac{\text{cm}^3}{13.6 \text{ g}} \right| = 36.8 \text{ cmHg}$$

مثال (5-1) : القوة (Force)

$$F = Cma$$

$$(3 - 1)$$

حيث ان : F = القوة

$$m = \text{الكتلة}$$

$$a = \text{التعجيل}$$

C = مقدار ثابت تعتمد قيمته العددية ووحداته على اختيارات قيم $a \cdot m \cdot F$

تعرف في نظام ال cgs، وحدة القوة بالداين (dyne) ومن هنا تكون C مساوية الى $1 \text{ dyne}/(\text{g})(\text{cm}) \text{ sec}^2$ عند تعجيل كتلة 1g بمقدار $1 \text{ cm}/\text{sec}^2$.

$$F = \frac{1 \text{ dyne}}{(\text{g})(\text{cm}) \text{ s}^2} \left| \frac{1 \text{ g}}{1 \text{ g}} \right| \left| \frac{1 \text{ cm}}{\text{s}^2} \right| = 1 \text{ dyne}$$

وبالمثل في نظام SI تعرف وحدة القوة (نيوتن - N) وعليه فان C تساوي $1 \text{ N}/(\text{kg})(\text{m})\text{sec}^2$ عند تعجيل كتلة 1 kg بمقدار $1 \text{ m}/\text{sec}^2$.

$$F = \frac{1 \text{ N}}{(\text{kg})(\text{m}) \text{ s}^2} \left| \frac{1 \text{ kg}}{1 \text{ kg}} \right| \left| \frac{1 \text{ m}}{\text{s}^2} \right| = 1 \text{ N}$$

مثال (6-1) : الشغل (Work)

تسحب قوة أفقية مقدارها 25 N صندوقاً على طاولة ما مقدار الشغل المبذول إذا سحبت الصندوق لمسافة 80 cm ؟

$$W = F \cdot s$$

الحل :

$$\frac{25 \text{ N}}{1} \left| \frac{80 \text{ cm}}{100 \text{ cm}} \right| \left| \frac{1 \text{ m}}{1} \right| = 20 \text{ N.m} = 20 \text{ J}$$

مثال (7-1) : الوزن الجزيئي (Molecular Weight)

إذا احتوى وعاء على 2.0 lb من هيدروكسيد الصوديوم (NaOH)، كم عدد:

(أ) الباون مول لهيدروكسيد الصوديوم التي يحتويها ؟

(ب) الغرام مول لهيدروكسيد الصوديوم التي يحتويها؟

الحل :

الأساس : 2.0 lb هيدروكسيد الصوديوم (NaOH)

الوزن الجزيئي لهيدروكسيد الصوديوم = 40 lb / lb mole

(أ) وزن هيدروكسيد الصوديوم بالباون مول :

$$\frac{2.00 \text{ lb NaOH}}{40.0 \text{ lb NaOH}} \times \frac{1 \text{ lb mol NaOH}}{1 \text{ lb mol NaOH}} = 0.050 \text{ lb mol NaOH}$$

(ب) وزن هيدروكسيد الصوديوم بالغرام مول :

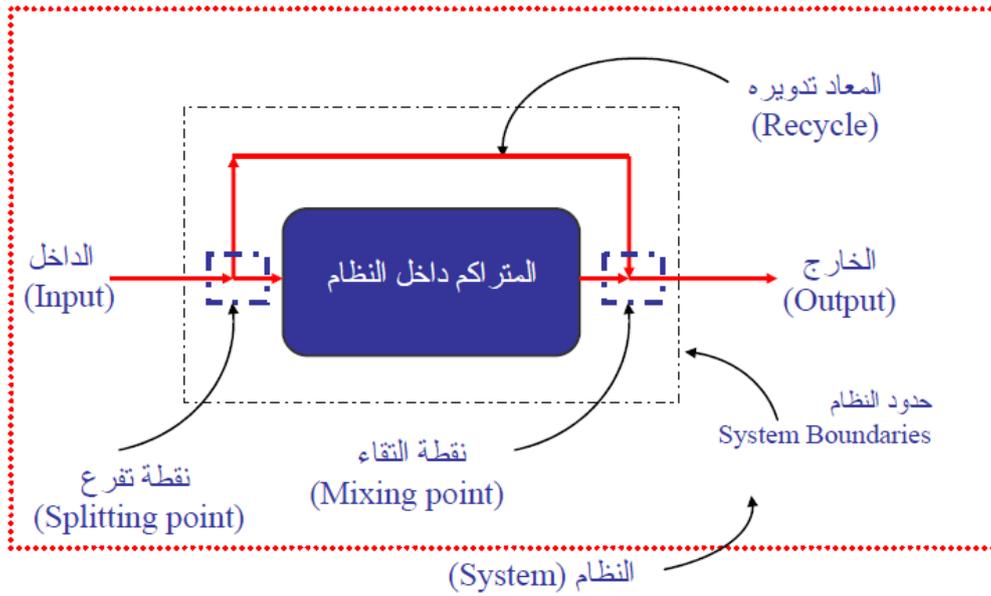
$$1 \text{ lb} = 454 \text{ g}$$

$$\frac{2.00 \text{ lb NaOH}}{40.0 \text{ lb NaOH}} \times \frac{1 \text{ lb mol NaOH}}{1 \text{ lb mol}} \times \frac{454 \text{ g mol}}{1 \text{ lb mol}} = 22.7 \text{ g mol}$$

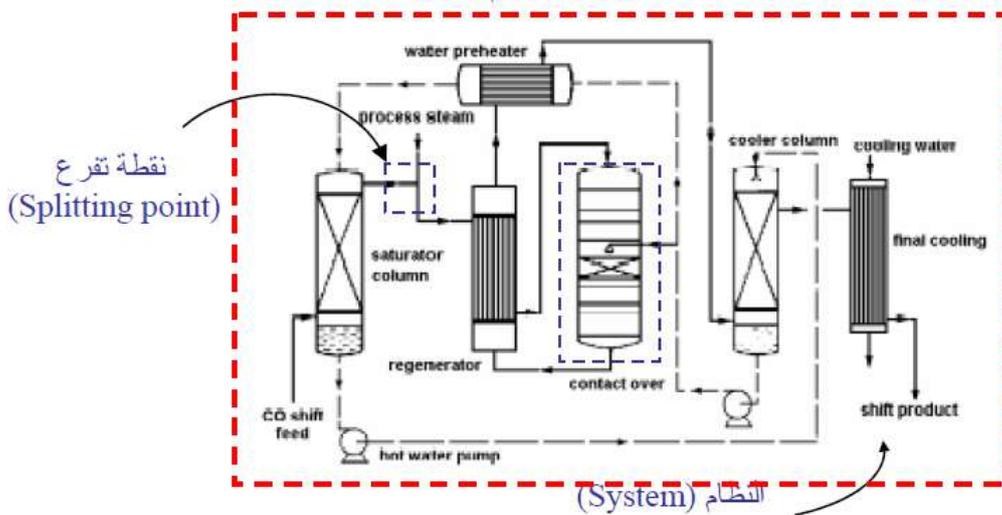
$$\frac{2.00 \text{ lb NaOH}}{1 \text{ lb}} \times \frac{454 \text{ g}}{1 \text{ lb}} \times \frac{1 \text{ g mol NaOH}}{40.0 \text{ g NaOH}} = 22.7 \text{ g mol}$$

3-1 موازنة المادة (Mass Balance)

يطلق على اي عملية (عمليات) كيميائية أو فيزيائية نظام (System). ولكل نظام يوجد: داخل أو تغذية (Feed or input) (المواد المتفاعلة في حالة التفاعلات الكيميائية)، خارج (Product or output) (المواد الناتجة من التفاعل)، متراكم داخل النظام (Accumulation) (وهو ما تبقى داخل النظام)، حدود النظام (System boundaries) (يعين حدود انتقال المادة أو الطاقة من وإلى النظام) كما هو مبين في الشكل (1-1).



شكل 1-1 : مكونات النظام ومصطلحاته



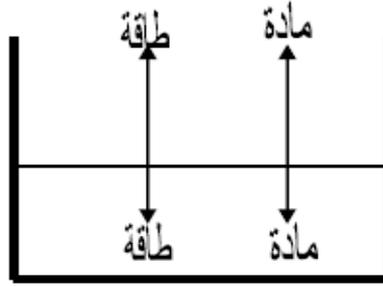
شكل 2-1 : حدود النظام لعملية كيميائية

ويمكن تطبيق هذه المصطلحات على رسم انسيابي (flow chart) لعملية كيميائية كما هو مبين في الشكل (2-1).

• أنواع الأنظمة (Types of Systems)

1. النظام المفتوح (Open System)

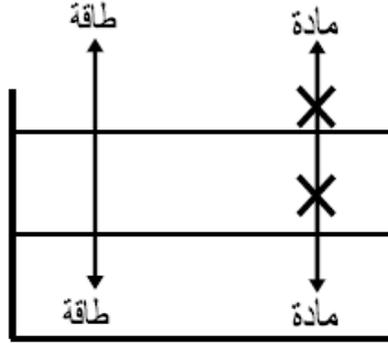
وهو ذلك النوع من الأنظمة الذي يسمح بتبادل الطاقة والمادة بينه وبين المحيط. مثال على ذلك اناء يحوي على سائل حيث أن الحرارة يمكن أن تنتقل من وإلى النظام بسهولة ، وكذلك بالإمكان أن يتبادل ما بداخله من مادة بينه وبين المحيط. كما في شكل (3-1)



شكل 1-3 : النظام المفتوح

2. النظام المغلق (Closed System)

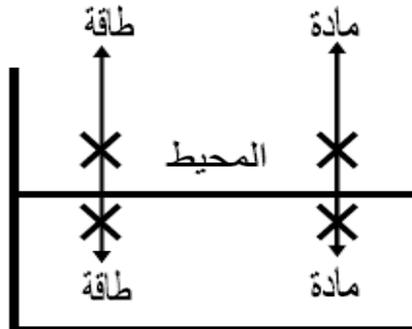
وهو ذلك النوع من الأنظمة الذي يسمح بتبادل الطاقة بينه وبين المحيط ولكن لا يسمح بتبادل المادة ومثال على ذلك اناء مغلق يحتوي على سائل (جدار الإناء من النوع المنفذ للإشعاع الحراري) (Diathermic) حيث أن هذا النوع من الأنظمة يسمح بتبادل الطاقة ولكنه مغلق بحيث لا يمكن نقل المادة إلى المحيط ولا يمكن أن نضيف له مادة من المحيط. كما في الشكل (1-4).



شكل 1-4 : النظام المغلق

3. النظام المعزول (Isolated System)

وهو ذلك النوع من الأنظمة الذي لا يسمح بتبادل الطاقة كما لا يسمح بتبادل المادة بينه وبين المحيط مثال على ذلك قنينة الثرموس المغلقة حيث يكون الحاجز ما بين محتويات القنينة والمحيط من النوع الأديباتي (ثابت الحرارة) adiabatic. كما في الشكل (1-5).



شكل 1-5 : النظام المعزول

• قانون حفظ المادة والطاقة

(Law of Mass and Energy Conservation)

الداخل الى النظام يجب ان يخرج من النظام أو يتراكم فيه. أخذ هذا القانون البسيط أشكالاً عدة منها:
أ- أن الكتلة أو الطاقة لا تستحدث ولا تفتنى.

ب- أن الكتلة أو الطاقة -لأي نظام معزول (Isolated System) - ثابتة
مثلاً لا يمكن تحديد كمية الداخل من مادة A الى مفاعل ما ب 500 g ثم نتوقع ان نحصل على 1000 g من A أو الناتج B.

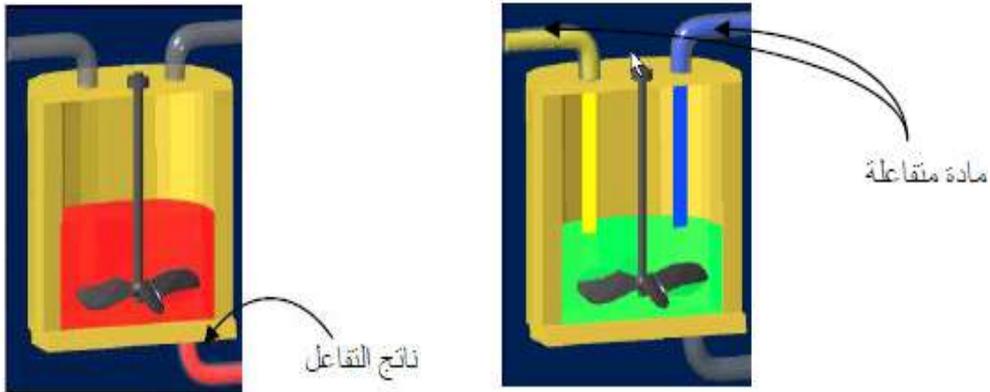
مثال اخر يوضح توازن المادة ، فاذا افترضنا انه يتم حرق فحم في - فرن محطة توليد طاقة يومية- يحتوي على 2000 kg من الكبريت (S)، فاننا نعلم -وبدون تحليل غازات المدخنة (Stack gases) أو الرماد الناتج من عملية الحرق - ان متوسط كمية الكبريت التي تغادر الفرن بشكل أو باخر في اليوم هي 2000 kg.

• تصنيف العمليات (Classification of Processes)

يمكن تصنيف العمليات الكيماوية والفيزيائية الى:

1. العملية المتقطعة (Batch Process):

هي العملية التي تتم فيها التغذية في البداية ويبقى خلالها صمام الخارج مغلق الى نهاية العملية وتفرغ المنتج. كما في الشكل (1- 6).



شكل 1- 6: العملية المتقطعة

2. العملية المستمرة (Continuous Process):

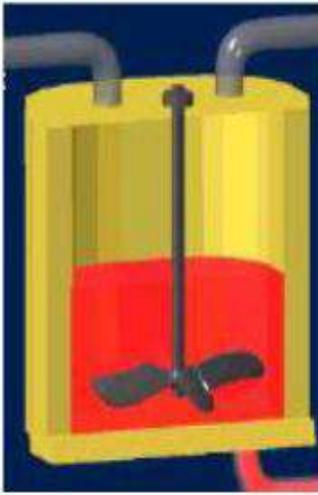
هي العملية التي يكون فيها سريان الداخل والخارج مستمر خلال حدوث العملية وتستخدم عندما يكون المطلوب هو انتاج كميات كبيرة. كما في الشكل (7-1).



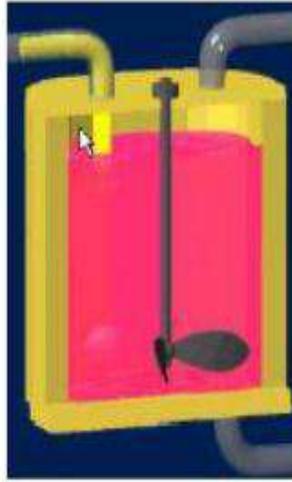
شكل (7 -1) العملية المستمرة

3. العملية شبه المتقطعة (Semi-batch Process):

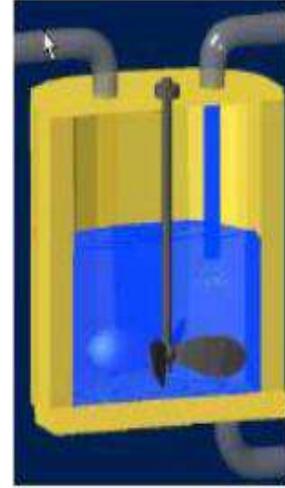
وهي العملية التي لا يمكن تصنيفها على انها متقطعة أو مستمرة. كما في الشكل (8-1).



ج- بعد انتهاء التفاعل



ب - قبل التفاعل



أ- (قبل التفاعل)

شكل 1- 8 : العملية شبه المتقطعة

• المعادلة العامة للموازنة (The General Balance Equation)

موازنة المادة هي حساب انتقال الكتلة والتغيرات في خزين الكتلة داخل أي نظام (System) على اثر أي عملية فيزيائية أو كيميائية .

فلو فرضنا أن مادة A لها معدل جريان m_1 (lb_m/min) تغذى الى مفاعل كيميائي (Chemical Reactor) وتخرج منها بمعدل جريان m_2 (lb_m/min) ، فانه يلزم في الحالة المستقرة أن تكون m_1 تساوي m_2 أما في الحالة غير المستقرة فأن m_1 لا تساوي m_2 ويكون هذا الاختلاف راجع احد العوامل الاتية :

- 1- وجود تسرب في المفاعل أو خطوط التغذية والخارج .
- 2- خطأ أثناء قياس m_1 أو m_2 .
- 3- استهلاك أو إنتاج المادة A أثناء التفاعل .
- 4- تراكم المادة A داخل المفاعل.



فاذا تم استبعاد السبب الأول والثاني، فإن الاحتمالات الأخرى تصبح هي الأسباب الحقيقية في الاختلاف بين معدلات الجريان الداخلة والخارجة. وبالتالي يمكن كتابة معادلة الموازنة العامة لأي نظام كما يلي :

$$(4-1) \quad \begin{array}{c} \text{مجموع} \\ \text{الكتلة} \\ \text{المستهلكة} \\ \text{داخل النظام} \end{array} = \begin{array}{c} \text{مجموع} \\ \text{الكتلة} \\ \text{الداخلة} \\ \text{الى النظام} \end{array} + \begin{array}{c} \text{مجموع} \\ \text{الكتلة} \\ \text{الخارجة من} \\ \text{النظام} \end{array} - \begin{array}{c} \text{مجموع} \\ \text{الكتلة} \\ \text{المنتجة} \\ \text{داخل النظام} \end{array}$$

• خطوات اجراء موازنة المادة

لتسهيل اجراء موازنة المادة تتبع الخطوات الآتية :

- 1- رسم مخطط انسيابي للعملية المراد اجراء موازنة المادة لها ، يوضح عليه كمية الداخل والخارج من كل وحدة في العملية.
- 2- كتابة متغيرات العملية الفيزيائية والكيميائية والمعلومات المتوفرة (مثل درجة الحرارة ، الضغط ، التركيز....الخ) عن كل تيار (Stream) من تيارات الداخل (Input) أو الخارج (Output) أو المعاد تدويره (Recycle).
- 3- اختيار أساس (Basis) للحسابات.
- 4- رسم صندوق ذو خطوط متقطعة (يسمى الحدود ، Boundaries) حول كل وحدة (Unit) ونقطة التقاء تيارات (Mixing point) وتفرع تيار (Splitting point) وحول العملية كاملة (Overall process).
- 5- ايجاد معادلات تبين العلاقة بين الداخل والخارج من الصندوق. هذه المعادلات يجب ان تكون مستقلة (Independent equations) وهي المعادلة التي لايمكن الحصول عليها من طرح أو جمع أو قسمة المعادلات الأخرى كما يجب ان يكون عدد المعادلات المستقلة مساويا لعدد المجاهيل (Unknowns) داخل الصندوق المراد اجراء موازنة المادة عنده.

1-3-1 موازنة المادة في العمليات الفيزيائية

(Mass Balance in Physical Processes)

عندما لا يكون هناك انتاج أو استهلاك للكتلة داخل النظام عندها تكون العملية في الحالة المستقرة (Steady –state)، ومعادلة الموازنة العامة (4-1) يمكن كتابتها كما يلي:

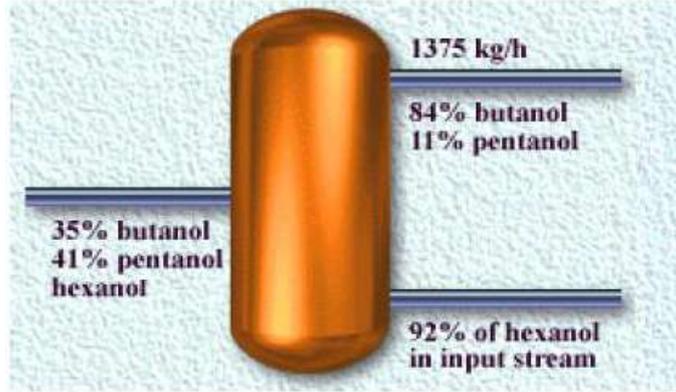
$$(5-1) \quad \text{مجموع الكتلة الداخلة} = \text{مجموع الكتلة الخارجة من النظام}$$

مثال (8-1) :

افترض ان خليطا من الكحول يحتوي على 35% بيوتانول (B) و 41% بنتانول (P) والباقي هكسانول (H) . تيار من هذا الخليط يغذى الى برج تقطير (Distillation column). المنتج المسحوب –بمعدل سريان 1375 kg/h – من اعلى البرج يحتوي على 84% من البيوتانول (B) و 11% من البنتانول (P) والباقي (H). المنتج المسحوب من قاع البرج يحتوي على 92% من الهكسانول الداخل للبرج. ارسم مخطط السريان لهذه العملية موضحا عليه متغيرات التيارات الداخلة والخارجة.

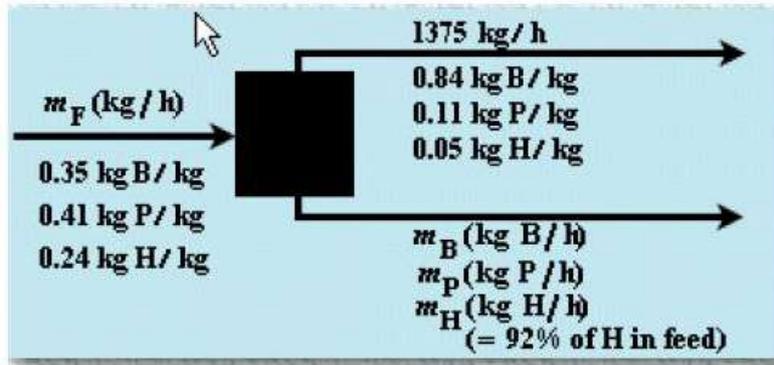
الحل :

- نقوم اولاً برسم العملية كبرج تقطير ونضع المعلومات المعطاة في السؤال فقط كما في الشكل (9-1) .



شكل 9-1: مخطط النظام للمثال (8-1)

- نقوم الان برسم المخطط الأنسيابي للعملية (flow chart) كما في الشكل (4-1).

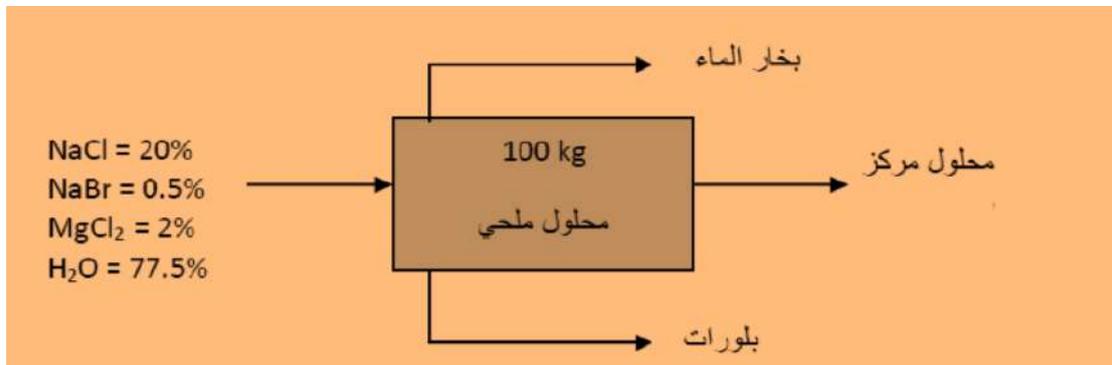


شكل 10-1: المخطط الأنسيابي للعملية في المثال (8-1)

مثال (9-1):

محلول ملحي يحتوي على: $\text{NaCl} = 20\%$ ، $\text{NaBr} = 0.5\%$ ، $\text{MgCl}_2 = 2\%$ ، $\text{H}_2\text{O} = 77.5\%$. وعلى أثر عملية تبخير تم فصل بلورات نقية تمثل 50% من الكمية الأصلية لـ NaCl الموجود أصلاً في المحلول الملحي ووجد أن المحلول المركز المتبقي يمثل 30% من وزن المحلول الملحي الأصل. على فرض أن الأساس في البداية هو 100 kg من المحلول الملحي الأصلي، أوجد ما يأتي:

1. مجموع وزن الماء المتبخر، NaCl المتبلور و المحلول المركز.
2. وزن MgCl_2 في المحلول المركز.
3. وزن NaBr في المحلول المركز.
4. وزن H_2O في المحلول المركز والمتبخر.
5. وزن كلوريد الصوديوم المترسب، الماء المتبخر، المحلول الملحي المركز.
6. نسبة الماء المتبخر من مجموع الماء الموجود في المحلول.
7. إذا تم فصل جميع الماء الموجود في المحلول المركز، ما هو تركيب خليط الأملاح؟



شكل 11-1 : المخطط الأنسيابي للمثال (9-1).

الحل:

الأساس : 100 kg محلول ملحي

$$0.2 \times 100 = 20 \text{ kg}$$

$$20 \times 0.5 = 10 \text{ kg}$$

$$10 \text{ kg}$$

$$30 \text{ kg}$$

$$30 - (10 + 2 + 0.5) = 17.5 \text{ kg}$$

$$77.5 - 17.5 = 60 \text{ kg}$$

$$60 + 10 + 30 = 100 \text{ kg}$$

1. وزن NaCl في المحلول الملحي :

وزن NaCl المتبلور:

وزن NaCl في المحلول الملحي المركز:

وزن المحلول الملحي المركز:

وزن الماء في المحلول الملحي المركز:

وزن الماء المتبخر:

ماء متبخر + كلوريد الصوديوم المتبلور + محلول

ملحي مركز:

$$2 \text{ kg}$$

$$0.5 \text{ kg}$$

$$17.5 \text{ kg}$$

$$60.0 \text{ kg}$$

$$17.5 + 60.0 = 77.5 \text{ kg}$$

$$10 \text{ kg}, 60.0 \text{ kg}, 100 \text{ kg}$$

2. وزن $MgCl_2$ في المحلول المركز:

3. وزن NaBr في المحلول الملحي المركز:

4. وزن H_2O في المحلول المركز:

وزن H_2O في المتبخر:

مجموع الماء:

5. وزن كلوريد الصوديوم المتبلور، الماء المتبخر،

المحلول الملحي المركز:

6. نسبة الماء المتبخر:

$$\frac{60}{77.5} \times 100 = 77.4\%$$

$$0.5 \text{ kg NaBr}, 2 \text{ kg MgCl}_2, 10 \text{ kg NaCl}$$

7. تركيب خليط الأملاح:

مثال (10-1) :

يتم فصل خليط (1000 kg/h) مكون من 50% بنزين (B) و 50% تولوين (T). إذا كان معدل السريان الكتلي للبنزين الناتج من أعلى برج الفصل يساوي 450 kg/h ومعدل السريان الكتلي للتولوين في أسفل البرج يساوي 475 kg/h والعملية في الحالة المستقرة (Steady-state)، اكتب معادلات الموازنة للبنزين والتولوين ثم احسب معدلات السريان المجهولة.



شكل 12-1: المخطط الانسيابي للمثال (10-1)

الحل:

بما ان العملية في الحالة المستقرة وليس هناك تفاعل كيميائي، فانه لا يوجد تراكم أو انتاج أو استهلاك لأي مادة داخل النظام وبالتالي فان:

الداخل (Input) = الخارج (Output)
(a) موازنة البنزين:

$$500 \text{ kg B/h} = 450 \text{ kg B/h} + m_2$$
$$m_2 = 50 \text{ kg B/h}$$

(b) موازنة التولوين:

$$500 \text{ kg T/h} = 475 \text{ kg T/h} + m_1$$
$$m_1 = 25 \text{ kg T/h}$$

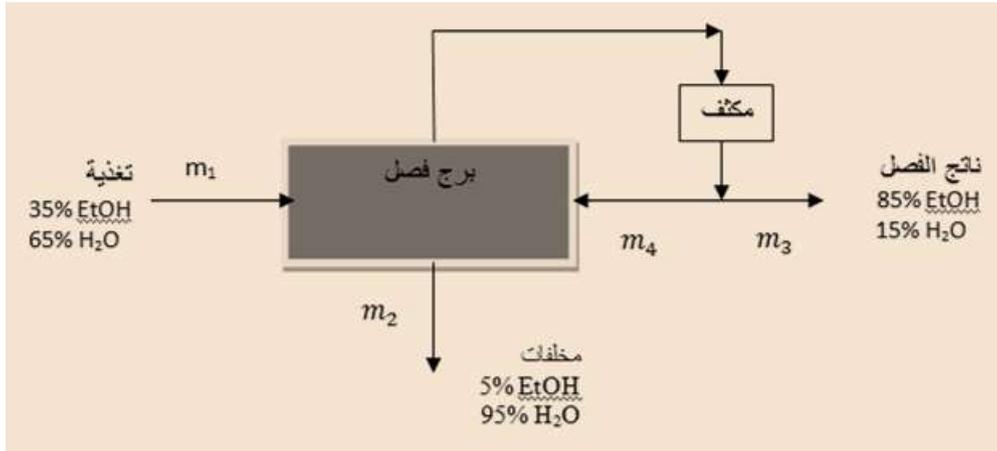
تأكيد الحسابات:

$$450 + m_1 + m_2 + 475 \text{ kg/h} = 1000 \text{ kg/h}$$

$$1000 \text{ kg/h} = 1000 \text{ kg/h}$$

مثال (11-1) :

من الشكل ادناه لبرج فصل، احسب كتلة ناتج الفصل ب kg لكل كيلوغرام تغذية ولكل كيلوغرام مخلفات.



شكل 13-1: مخطط انسيابي للمثال (11-1)

الحل:

نلاحظ أن جميع التراكيب معروفة ولكن معدل السريان الكتلي لكل تيار مجهولة.

الأساس: التغذية (Feed) : $m_1 = 100 \text{ kg/h}$

بما انه لا يوجد تفاعل:

الكتلة الداخلة = الكتلة الخارجة

(a) موازنة اجمالية: $m_2 + m_3 = 100$

(b) موازنة على EtOH : $0.05 m_2 + 0.85 m_3 = 0.35 \times 100$

(c) موازنة على H₂O : $0.95 m_2 + 0.15 m_3 = 0.65 \times 100$

نستطيع حساب m_2 و m_3 من المعادلتين في أ و ب حيث سنحصل على

$$m_3 = 37.5 \text{ kg/h}$$

$$m_2 = 62.5 \text{ kg/h}$$

$$m_3/m_1 = 0.375$$

$$m_2/m_1 = 0.625$$

$$m_3/m_2 = 0.60$$

2-3-1 موازنة المادة في العمليات الكيميائية

(Mass Balance in Chemical Processes)

ان المعادلة الكيميائية تعطي معلومات نوعية وكمية أساسية لحساب اوزان انتلاف المواد المشمولة بالعملية الكيميائية.

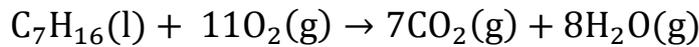
مثال (12-1) :

احسب كتلة ثاني اوكسيد الكربون المتكونة من حرق 10 kg من الهبتان الأعتيادي.

الحل:

الأساس: 10 kg من الهبتان

احتراق الهبتان مبين بالمعادلة الآتية :



معلومات نوعية: يتفاعل الهبتان مع الأوكسجين ليعطي ثاني اوكسيد الكربون والماء .

معلومات كمية: يتفاعل مول واحد هبتان مع 11 مول من اوكسجين ليعطي 7 مولات ثاني اوكسيد الكربون و 8 مولات ماء.

الوزن الجزيئي	المركب
100.1	الهبتان
32.0	الأوكسجين
44.0	ثاني اوكسيد الكربون
18.0	الماء

$$\frac{10.0 \text{ kg } C_7H_{16}}{100.0 \text{ kg } C_7H_{16}} = 0.100 \text{ kg mole } C_7H_{16} \rightarrow \frac{0.700 \text{ kg mole } CO_2}{1 \text{ kg mole } CO_2} \cdot \frac{44.0 \text{ CO}_2}{44.0 \text{ CO}_2} = 30.8 \text{ kg } CO_2$$

∴ 10 kg من الهبتان الأعتيادي يعطي 30.8 kg من ثاني اوكسيد الكربون.

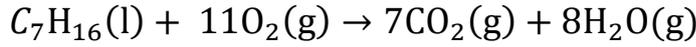
مثال (13-1) :

ينتج غاز ثاني اوكسيد الكربون عند احتراق الهبتان. اذا كان المطلوب انتاج 500 kg من الجليد الجاف (ثاني اوكسيد الكربون الجليدي) في الساعة وان 50% فقط من الثاني اوكسيد الكربون المنتج يمكن تحويله الى الجليد الجاف. ماهي عدد الكيلوغرامات اللازم حرقها من الهبتان للساعة الواحدة ؟

الحل:

الأساس : 500 kg جليد جاف أو ساعة واحدة

المعادلة الكيميائية:



الوزن الجزيئي للهبتان = 100.1

500 kg dry ice	1 kg CO ₂	1 kg mol CO ₂	1 kg mol C ₇ H ₁₆
	0.5 kg dry ice	44 kg CO ₂	7 kg mol CO ₂
			$\frac{100.1 \text{ kg C}_7\text{H}_{16}}{1 \text{ kg mol C}_7\text{H}_{16}} = 325 \text{ kg C}_7\text{H}_{16}$

لما كان الأساس لكمية 500 kg جليد جاف مشابه لساعة واحدة. فان 325 kg هبتان يجب حرقها لكل ساعة.

1-3-3 نسبة التحول والإنتاجية

• نسبة التحول (Conversion)

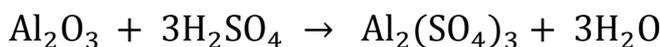
التحويل هو جزء المواد المغذية أو بعض المواد في التغذية والتي حولت الى نواتج . ويجب ان يوضع بدقة الأساس المتخذ بالتغذية والى اي نواتج تم تحويله والا يحصل التباس غير متناه . التحويل الى حد ما ينسب الى درجة اتمام التفاعل ، التي هي في الحقيقة النسبة المئوية أو كسر المادة المحددة المتفاعلة التي حولت الى نواتج.

• الإنتاجية (Yield)

الإنتاجية لمادة متفاعلة واحدة وناتجة تعرف بالوزن أو بالمولات للنواتج النهائي مقسم على وزن أو مولات المادة المتفاعلة في البداية (مثلا P باون للنواتج A لكل R باون مادة متفاعلة B) . في حالة اشتغال التفاعل على أكثر من ناتج وأكثر من مفاعل فيجب ان يبين بصورة واضحة المادة المتفاعلة التي يستند عليها الانتاج.

مثال (14-1):

تنتج كبريتات الألمنيوم من تفاعل خام البوكسايت (Bauxite) المسحوق مع حامض الكبريتيك. وحسب المعادلة التالية:



يحتوي خام البوكسيت على 55.4% وزن اوكسيد الألمنيوم والباقي شوائب. ولأجل انتاج خام كبريتات الألمنيوم الحاوية على 1798 kg من كبريتات الألمنيوم النقية ، استعمل 1080 kg من خام البوكسيت مع 2510 kg من محلول حامض الكبريتيك.

أوجد:

1- نسبة التحول

2- الإنتاجية

الحل:

المعلومات الإضافية المطلوبة :

342.1 kg/kg mole	=	الوزن الجزيئي لكبريتات الألمنيوم
101.9 kg/kg mole	=	الوزن الجزيئي لأوكسيد الألمنيوم

الأساس : يمكن اسناد نسبة التحول الى اوكسيد الألمنيوم ممثلا ب kg mole للمواد النقية والمحسوبة كما يلي:

1798 kg Al ₂ (SO ₄) ₃	1 kg mole Al ₂ (SO ₄) ₃	= 5.261 kg mole
	342.1 kg Al ₂ (SO ₄) ₃	
1080 kg bauxite	0.554 kg Al ₂ O ₃	1 kg mole Al ₂ O ₃
	1 kg bauxite	101.9 kg Al ₂ O ₃
		= 5.87 kg mole

نسبة تحول اوكسيد الألمنيوم الى كبريتات الألمنيوم :

$$= \frac{5.261}{5.87} \times 100 = 89.6 \%$$

الإنتاجية تثبت بالكيلو غرامات كبريتات الألمنيوم الناتج لكل كيلو غرام من خام البوكسيت المغذي للتفاعل

$$= \frac{1798}{1080} = 1.66$$

مثال (15-1) :

ينتج الأنتمون (Sb) بواسطة تسخين كبريتيد الأنتمون (Sb₂S₃) المسحوق مع برادة الحديد (Fe) ومن ثم سحب الأنتمون المنصهر من قعر جهاز التفاعل:



عند تسخين 0.600 kg كبريتيد الأنتيمون (Stibnite) مع 0.250 kg برادة الحديد لاعطاء 0.200 kg من معدن الأنتيمون.

أوجد:

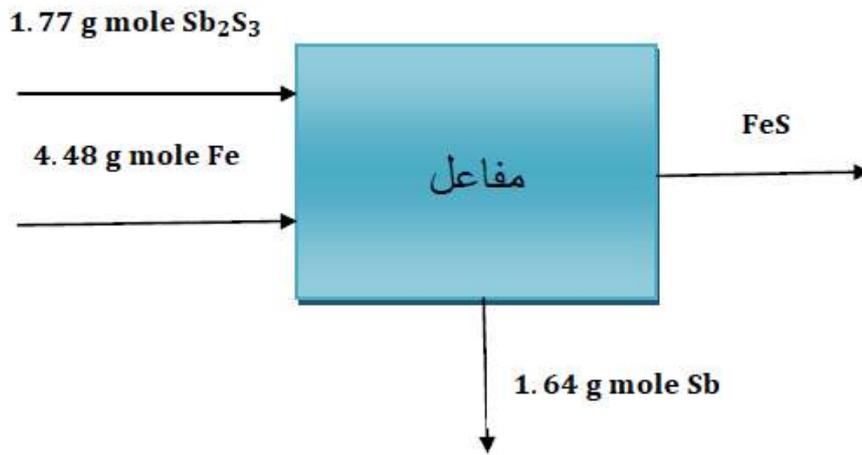
1- نسبة التحول

2- الإنتاجية

Sb₂S₃	Fe	Sb	FeS	المركب
339.7	55.8	121.8	87.9	الوزن الجزيئي (g/gmole)

الحل:

المركب	الوزن (kg)	الوزن (g)	الوزن الجزيئي g/gmole	gmole
Sb₂S₃	0.600	600	339.7	1.77
Fe	0.250	250	55.8	4.48
Sb	0.200	200	121.8	1.64



شكل 14-1 : المخطط الانسيابي للعملية في المثال (15-1)

1. عند اسناد نسبة التحول على Fe الى FeS:

فانه عند انتاج 1.64 g mole Sb ينتج :

$$\frac{1.64 \text{ g mole Sb}}{2 \text{ g mole Sb}} \times \frac{3 \text{ FeS}}{3 \text{ FeS}} = 2.46 \text{ g mole FeS}$$

∴ نسبة التحول Fe الى FeS :

$$= \left(\frac{2.46}{4.48} \right) 100 = 55\%$$

2. يمكن اسناد نسبة التحول اعتمادا على كبريتيد الأنتمون (Sb_2S_3) اذا كان اهتمامنا منصبا على

Stibnite

1.64 gmole Sb	1 gmole Sb_2S_3	= 0.82 gmole Sb_2S_3
	2 g mole Sb	

∴ نسبة تحول Sb_2S_3 الى Sb :

$$\left(\frac{0.82}{1.77}\right)(100) = 46.3\%$$

الإنتاجية : تثبت بالكيلوغرامات أنتمون الناتج لكل كيلوغرام كبريتيد الأنتمون المغذي للتفاعل.

$$\frac{0.2 \text{ kg Sb}}{0.600 \text{ kg } Sb_2S_3} = \frac{1 \text{ kg Sb}}{3 \text{ kg } Sb_2S_3}$$

4-1 موازنة الطاقة (Energy Balance)

ان الماء لا يجري في الأنابيب بدون ضخه. والتيار الكهربائي لا يجري في الدائرة الكهربائية بدون هبوط الفولتية (الجهد الكهربائي)، والمواد الصلبة لا يمكن انتقالها بدون صرف بعض من الطاقة الميكانيكية. وهكذا نجد ان جميع العمليات الفيزيائية والكيميائية تحدث أما بامتصاص طاقة، أو بإشعاع طاقة ، وتتحول الطاقة من نوع الى آخر بصورة متكافئة، وهذا ما يستدعي ايجاد موازنة الطاقة الذي يجري بطريقة مماثلة لموازنة المادة. وتتضمن موازنات الطاقة كمية الطاقة المجهزة ، اضافة الى كميات الطاقة المتحولة من حالة الى اخرى ، وكمية الطاقة المستحصلة من بعض التفاعلات. واخيرا كمية الطاقة المتبقية. وفي كثير من الحالات تعني موازنة الطاقة ايجاد مجموع الطاقة المطلوبة للعملية لتجهيزها، أو مقدار الطاقة المتبقية من العملية لكي يمكن سحبها أو الإفادة منها.

قد تتضمن العملية جميع أنواع الطاقة ، مثل الميكانيكية ، الكهربائية ، الكيميائية ، الذرية والحرارية. ان أهم أنواع الطاقة في حالة التفاعلات الكيميائية ، هي الطاقة الحرارية والحركية. وقد نشأ عن ذلك علم خاص بالحرارة الحركية يدعى "ثرموداينمك" (Thermodynamic). وهذا العلم يشمل على ثلاثة قوانين مهمة هي القانون الأول والثاني والثالث للثرموداينمك .

1-4-1 مفاهيم الطاقة والوحدات

1. الطاقة الحرارية (Thermal energy) : ويرمز لها (Q) وتعرف بصورة عامة بأنها ذلك الجزء من الطاقة الكلية المتدفقة عبر حدود النظام بسبب فرق درجات الحرارة بين النظام والمحيط. يمكن للحرارة أن تتبادل مع المحيط بواسطة التوصيل، الحمل و الأشعاع.

2. الشغل (**Work**) : ويرمز له (W) ويعرف بصورة عامة بالطاقة المنتقلة بين النظام والمحيط بواسطة القوى الموجهة المؤثرة خلال الأزاحة الموجهة على حدود النظام.

$$W = \int_0^1 F dl \quad (6 - 1)$$

3. الطاقة الحركية (**Kinetic Energy**) : ويرمز لها (K) وهي الطاقة التي يملكها النظام بسبب سرعته النسبية الى المحيط. ويمكن حساب الطاقة الحركية من العلاقة التالية:

$$K = \frac{1}{2} mv^2 \quad (7 - 1)$$

4. الطاقة الكامنة (**Potential Energy**) : ويرمز لها (P) وهي الطاقة التي يمتلكها النظام بسبب قوة الجسم المؤثرة على كتلته بواسطة مجال الجاذبية الأرضية بالنسبة لسطح متخذ كمرجع. وتستعمل المعادلة التالية لحساب الطاقة الكامنة.

$$P = mgh \quad (8 - 1)$$

مثال (1 - 16) :

كرة تزن 100 lb على قمة درج ارتفاعها 15ft ثم سقطت على الارض .اوجد ما يلي عند اعتبار الارض كمرجع.

1. ما هي الطاقة الحركية البدائية والطاقة الكامنة بوحدات (ft)(lb_f)؟

$$K = \frac{1}{2} mv^2 = 0$$

$$P = mgh$$

100 lb_m	$g \text{ ft/s}^2$	15 ft	$= + 1500(\text{ft})(\text{lb}_f)$
$=$	$g_c (\text{ft})(\text{lb}_m)/(\text{s}^2)(\text{lb}_f)$		

2. ما هي الطاقة الحركية والطاقة الكامنة للكرة في النهاية؟

$$K = 0$$

$$P = 0$$

3. ما هو تبادل الطاقة الحركية والكامنة للعملية؟

$$K_2 - K_1 = \frac{1}{2} m(v_2^2 - v_1^2) = 0$$

$$P_2 - P_1 = mg(h_2 - h_1) = 0 - (+1500) = -1500(\text{ft})(\text{lb}_f)$$

∴ حدث انخفاض في الطاقة الكامنة.

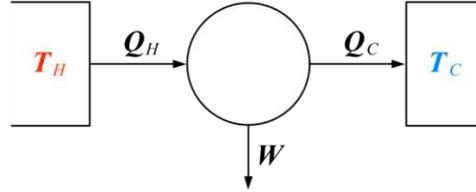
4. اذا حولت جميع الطاقة الكامنة للكرة بطريقة ما الى حرارة، كم سيبلغ عدد الوحدات الحرارية البريطانية؟

1500(ft)(lb _f)	1 Btu	= 1.93 Btu
	778 (ft)(lb _f)	

(First Law of Thermodynamic)

2-4-1 القانون الأول للثرموديناميك

اذا استثنينا امكانية تحويل المادة ، الى طاقة وبالعكس بواسطة التفاعلات النووية فإن المبدأ العام للطاقة هو ان الطاقة لا تفنى ولا تستحدث وهذا هو قانون حفظ الطاقة الذي ينطوي عليه القانون الأول للثرموداينمك والذي ينص على: " يمكن تحويل الطاقة من حالة الى اخرى مع حفظ المكافئ بين تلك الحالات".



ويفسر هذا القانون العلاقة الرياضية الآتية:

$$\Delta E = Q - W$$

$$(9 - 1)$$

حيث ان :

ΔE : الفرق في الطاقة الداخلية .

Q : الطاقة الحرارية الممتصة ، أو الداخلة الى الجهاز.

W : الشغل المنجز (معرف بالمعادلة (1 - 6)).

ولابد قبل اجراء موازنة الطاقة من تحديد "النظام" (System) الذي يتم فيه التحول ، ويميزه من جميع الموجودات خارج ذلك النظام الذي يدعى "بالمحيط" (Surrounding)، ولابد من حصر موازنة الطاقة بين الطاقة الداخلة الى ذلك النظام، والطاقة الخارجة منه فقط، من غير الدخول في تفاصيل ما يحدث ضمن النظام والطريقة التي يحدث بواسطتها التفاعل.

مثال (17-1) :

في نظام معزول عزلا تماما ومقسم الى جزئين بواسطة غشاء، يحتوي احد الجزئين على 1kg ماء ، ويحتوي الجزء الثاني على 1g حامض الكبريتيك المركز، وكان الوعاء محكم السد ، وبدرجة حرارة 40°C في كلا الجزئين . فاذا ثقب الغشاء الفاصل بين الجزئين واختلط الماء وحامض الكبريتيك وارتفعت درجة الحرارة الى 42°C.

(a) ما هو التغيير الحاصل في جميع النظام مع الوعاء من جراء هذا التغيير؟
(b) اذا برد الوعاء الى 40°C وسحبت الحرارة الى خارج الجهاز وقيست فكانت 500 J فما هو التغيير الحاصل في الطاقة الكلية من الحالة الأولى، (قبل امتزاج السائلين) والى الحالة النهائية بعد الأمتزاج والتبريد الى درجة 40°C؟

الحل :

النظام : الجهاز المعزول ذو الجزئين.

أ- في حالة امتزاج السائلين من غير تسرب حرارة :

$$Q = 0$$

$$W = 0$$

∴ حسب القانون الأول للثرموداينمك، يصبح التغيير في الطاقة الداخلية

$$\Delta E = 0$$

ب- في حالة سحب الحرارة من الجهاز يصبح

$$Q = -500 \text{ J}$$

باعتبار ان الحرارة المفقودة من النظام الى المحيط تكون سالبة نسبة الى الحرارة الممتصة بواسطة النظام.

$$W = 0$$

$$\therefore \Delta E = -500 \text{ cal}$$

ويلاحظ ان تعبير الشغل ينطوي على مجالات واسعة تتضمن حركة اي جسم حتى تمدد الغازات، ويعد ذلك شغلا لان هناك علاقة بين حجم الغازات ، وضغطها عند تمددها ، او تقلصها تتمثل في قانون بويل "عند درجة حرارة ثابتة ، عندما يتغير ضغط كمية معينة من غاز يتناسب الحجم عكسيا مع تغير الضغط".

$$PV = K$$

$$(10 - 1)$$

حيث ان :

V : الحجم

P : الضغط

K : عدد ثابت

فاذا حللنا الوحدات فتكون وحدات K هي:

$$m^3 \cdot kg / m^2 = kg \cdot m$$

وهذه الوحدات المركبة المتكونة من حاصل ضرب الوزن في المسافة، هي ما تعرف بالشغل. وهذا ما يسمى شغل PV أو طاقة الضغط أو شغل التدفق ، بمعنى آخر الشغل المنجز بواسطة المحيط على النظام أو بالعكس . وحين يكون الضغط ثابتاً عند انجاز الشغل فأن :

$$W = -P\Delta V \quad (11 - 1)$$

وبذلك يمكن تحويل المعادلة الأولى لقانون الترموداينمك الى ما يأتي :

$$\Delta E = Q - P\Delta V \quad (12 - 1)$$

3-4-1 الحرارة المحسوسة في الغازات كمصدر للطاقة

تحصل المكائن ذات الاحتراق الداخلي على طاقتها من تبريد الغازات الناتجة عن الاحتراق ، وبذلك تقاس كفاءة الماكنة (Efficiency) ذات الاحتراق الداخلي بالفرق بين اعلى درجة حرارة (T_{max}) قبل تفرغها من الجهاز، وأوطأ درجة حرارة (T_{min}) تخرج بها الغازات النهائية من الجهاز مقسومة على درجة الحرارة العظمى، وتوضح هذه العلاقة الرياضية بما يأتي :

$$\eta = \frac{T_{max} - T_{min}}{T_{min}} \times 100 \quad (13 - 1)$$

حيث ان η تمثل كفاءة الماكنة وتكون قيمتها دائماً اقل من 100%.

مثال (18-1) :

احسب كمية الحرارة التي يمكن الاستفادة منها والمطروحة مع 1350 g/min من غازات الاحتراق التي تخرج من مدخنة بدرجة حرارة 210°C وذلك بامرارها على مجفف بحيث تبرد الى 30°C .
أفرض ان الحرارة النوعية للغازات هي 1.01 J/g °C .

الحل :

$$Q = m C_p \Delta T$$

حيث ان:

Q: كمية الحرارة

m : التدفق الكتلي

C_p : الحرارة النوعية
 ΔT : الفرق في درجات الحرارة

$$\begin{aligned} -Q &= 1350 \frac{\text{g}}{\text{min}} \times 1.01 \frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}} \times (210 - 30)^\circ\text{C} \\ &= 245430 \text{ J/min} = 245.30 \text{ kJ/min} \end{aligned}$$

4-4-1 المحتوى الحراري (Enthalpy)

في حالة العمليات التي تجري تحت ضغط ثابت ، يعبر عن الطاقة الحرارية المحتواة في الجسم بكلمة (Enthalpy) ويرمز لها بالرمز (H) وان التغيير في المحتوى الحراري يساوي التغيير في الطاقة الداخلية + التغيير في حاصل ضرب الضغط في الحجم للنظام :

$$\Delta H = \Delta E - \Delta(PV) \quad (14 - 1)$$

وفي حالة الضغط الثابت تصيح :

$$\Delta H = \Delta E - P\Delta V \quad (15 - 1)$$

وعند تعويض القانون الأول للثرموداينمك تصيح العلاقة :

$$\Delta H = (Q + W) + P\Delta V \quad (16 - 1)$$

وعند الافتراض ان الشغل المنجز هو فقط بسبب تمدد الغاز فان :

$$\Delta H = (Q - P\Delta V) + P\Delta V \quad (17 - 1)$$

فان الطاقة الممتصة او المفقودة عند ثبوت الضغط تكون مساوية للتغيير في المحتوى الحراري للنظام :

$$\Delta H = Q \quad (18 - 1)$$

مثال (19-1) :

بالون مملوء بغاز يتمدد تحت ضغط ثابت مقداره 0.93 bar من حجم 5.0 L الى 7 L احسب الشغل المنجز واذا كان مقدار التغيير في طاقة الغاز 450 J ماهي كمية الطاقة المنجزة من قبل المحيط على البالون؟

الحل :

$$W = -P\Delta V$$

$$1 \text{ Joule} = 100 \text{ L} \cdot \text{bar}$$

$$W = -P\Delta V = -(0.93) \times (7 - 5) \times 100 = -186 \text{ J}$$

$$\Delta E = Q - W$$

$$450 \text{ J} = Q - (-186 \text{ J})$$

$$Q = 636 \text{ J}$$

مثال (20-1):

إذا كان معدل ما يتكثف من بخار الماء في ملف مبخرة يساوي 2270 kg/h ، وكان البخار بدرجة 100°C ، وضغط 1 bar ، وبرد المتكثف من البخار قبل خروجه من الملف الى 40°C ، فكم جول يمكن الحصول عليه في الساعة من هذه العملية.

الحرارة المحتواة للبخار في 100°C وتحت الضغط الجوي الاعتيادي = 2676.0 kJ/kg
الحرارة المحتواة للماء في 40°C = 158.2 kJ/kg.

الحل :

النظام : الماء بحالتيه (السائلة والبخار) الموجود داخل الملف ، والمحيط هو الملف ومابعده.

$$-Q = 2270 (2676 - 158.2)$$

$$-Q = 2270 \times 2517.8 = 5715406 \text{ kJ/h}$$

5-4-1 حسابات انتقال الحرارة (Heat Transfer Calculations)



كما موضح في الشكل (1- 15) فان هنالك ثلاث طرق رئيسية في انتقال الحرارة:

1- التوصيل (Conduction)

يتم هذا النوع من انتقال الحرارة في المواد الصلبة والأغشية الرقيقة من المائعات بفعل انتقال ذبذبة الجزيئات ومن غير تغيير في مواقعها . مثل انتقال الحرارة في سلك معدني عند تسخين احد طرفيه.

القانون الرياضي :

$$Q = -k A \frac{\Delta T}{S} \quad (19 - 1)$$

حيث ان :

Q : الطاقة الحرارية.

ان معامل التوصيل

A : مساحة مقطع الجسم الموصل عموديا على مسار الحرارة.

ΔT : فرق درجات الحرارة.

S : طول الجسم الموصل للحرارة.

K : عدد ثابت يعتمد على الجسم الموصل ويسمى "معامل التوصيل الحراري".

الحراري :

هو عدد السرعات الحرارية التي تنتقل خلال ثانية واحدة خلال جسم موصل، مساحة مقطعه 1cm² وطوله 1cm عندما يكون الفرق في درجات الحرارة 1°C.

2- الحمل (Convection)

تنتقل الحرارة بهذه الطريقة بواسطة تغيير موقع جزيئات الموائع ونقل طاقتها الى جزيئات دونها في الطاقة ، مثل تسخين الماء وغليانه . يتم هذا النوع من انتقال الحرارة في الموائع اي الغازات والسوائل فقط .

العلاقة الرياضية :

$$Q = h A \Delta T \quad (20 - 1)$$

حيث ان :

الطاقة الحرارية	: Q
مساحة مقطع الجسم الموصل عموديا على مسار الحرارة	: A
فرق درجات الحرارة	: ΔT
معامل انتقال الحرارة	: H

3- الإشعاع (Radiation)

قد تنتقل الطاقة من جسم الى آخر بدون وجود وسط مادي بين الجسمين ، وذلك عن طريق اصدار اشعة الكتر ومغناطيسية من الجسم الحار، وعند اصطدام تلك الأشعة بالجسم البارد ، تتحول الى طاقة حرارية.

العلاقة الرياضية :

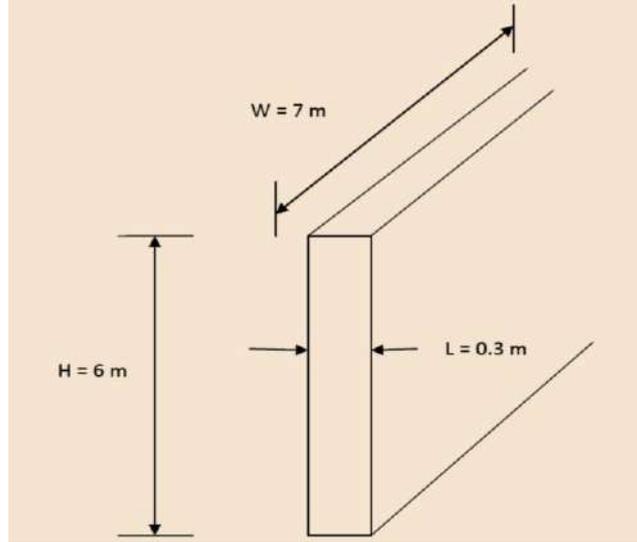
$$Q = \sigma A T^4 \quad (21 - 1)$$

حيث ان :

الطاقة الحرارية.	: Q
مساحة الجسم الباعث للحرارة.	: A
درجة الحرارة المطلقة.	: T
ثابت يعتمد على درجة الامتصاص ، وزاوية الإشعاع.	: σ

مثال (21-1):

احسب كمية الحرارة التي تنتقل خلال ساعة في جدار سمكه 0.3 m وقد وجد بالتجربة ان معامل التوصيل الحراري للجدار يساوي 0.6 W/m K وان ارتفاع الجدار 6 m وعرضه 7 m وكانت درجة الحرارة على احد اوجهه 16 °C وعلى الوجه الاخر 6 °C.



الحل :

$$Q = k A \frac{(T_1 - T_2)}{S}$$

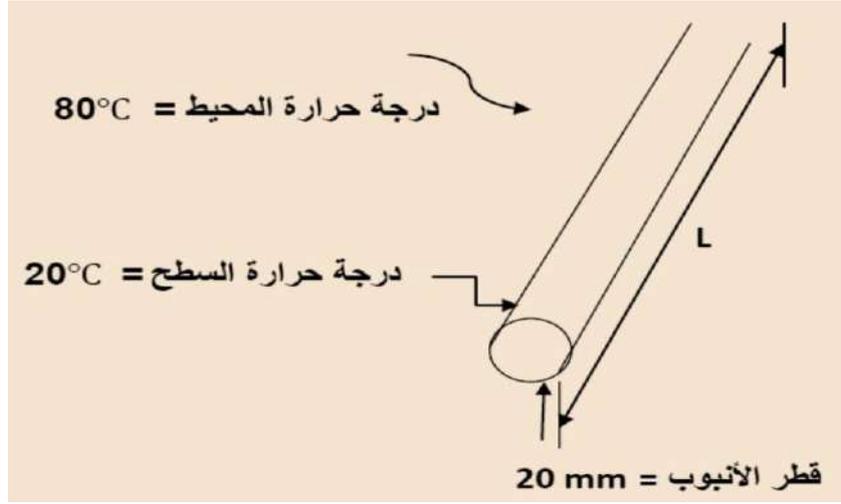
$$A = H \times W = 6 \times 7 = 42 \text{m}^2$$

$$Q = 0.6 \frac{\text{W}}{\text{m K}} \times 42 \text{m}^2 \times \frac{[(16 + 273) - (6 + 273)] \text{ }^\circ\text{C}}{0.3 \text{ m}} = 840 \text{ W}$$
$$= 840 \frac{\text{J}}{\text{s}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \times \frac{\text{kJ}}{1000 \text{ J}} = 30240 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

مثال (22-1) :

انبوب من النحاس قطره 20 mm استخدم لنقل ماء ساخن . السطح الخارجي للانبوب معرض الى محيط درجة حرارته 20°C . اذا كانت درجة حرارة السطح الخارجي للانبوب 80°C وكان معامل انتقال الحرارة يساوي 6 W/m² K احسب:

1. كمية الطاقة المفقودة من السطح الى المحيط بطريقة الحمل لكل متر من طول الانبوب.
2. بافتراض حالة الأشعاع للسطح الأسود ماهي كمية الطاقة المفقودة بطريقة الأشعاع
3. $\sigma \approx 5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$.



الحل :

1. المساحة السطحية لمتر طول من الأنبوب (A) تساوي :

$$A = 2\pi rL$$

$$A = 2\pi(0.01)(1) = 0.06 \text{ m}^2$$

∴ لمتر طول من الأنبوب :

$$Q = h A dT$$

$$Q = 6 \times 0.06 (80 - 20) = 22.6 \text{ W/m}$$

2. كمية الطاقة المفقودة بطريقة الأشعاع

$$Q = \sigma AT^4$$

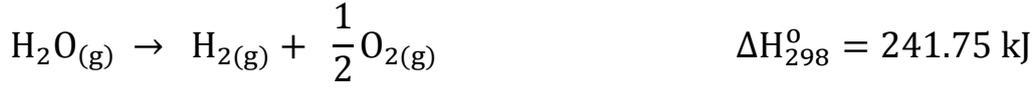
∴ لمتر طول من الأنبوب :

$$Q = 5.67 \times 10^{-8} \times 0.06 \{ (80 + 273)^4 - (20 + 273)^4 \} = 29.1 \text{ W/m}$$

6-4-1 موازنة الطاقة في التحول الكيميائي

(Energy Balance with Chemical Reaction)

يشمل موضوع الكيمياء الحرارية (Thermochemistry) دراسة تأثيرات الحرارة التي تصاحب التفاعلات الكيميائية وتكوين المحاليل وتغيرات الحالة مثل الانصهار والتبخير. إن التغير الحراري الذي يصاحب التفاعلات الكيميائية يصنف إلى نوعين: الأول التفاعلات الماصة للحرارة Endothermic Reactions وهي التفاعلات التي يصاحبها امتصاص الحرارة من المحيط مثل تجزؤ بخار الماء:



وفي هذه الحالة يتم امتصاص حرارة من المحيط وتكتب ΔH موجبة. والثاني التفاعلات الباعثة للحرارة (Exothermic Reactions) وهي التفاعلات التي تحرر حرارة مثل حرق غاز الهيدروجين.



وفي هذه الحالة تتحرر حرارة من النظام لذلك تكتب ΔH بإشارة سالبة. تستخدم الرموز (s) و (g) و (l) للتعبير عن حالة المادة الكيميائية التي تشترك بالتفاعل إذا كانت صلبة أو غازية أو سائلة على التوالي.

7-4-1 حرارة التكوين وحرارة الذوبان

1. حرارة التكوين (Heat of formation)

إن الحالة القياسية (Standard state) لأية مادة كيميائية هي تلك التي تكون بها المادة مستقرة بدرجة 289K وضغط جو واحد ، مثل الأوكسجين $\text{O}_{2(g)}$ والزنابق $\text{Hg}_{(l)}$ والكبريت $\text{S}_{(s)}$ كبلورات معينة ، لذلك تعد المحتويات الحرارية للعناصر الكيميائية في تلك الحالات القياسية مساوية إلى الصفر. يعرف المحتوى الحراري القياسي للتكوين أو الانثالبية القياسية للتكوين (Enthalpy of Formation) ، (ΔH_f°) لأي مركب بأنه التغير الحاصل في الانثالبية عند تكون مول واحد من ذلك المركب من عناصره الأولية ، إذ تكون جميع المواد المتفاعلة والنتيجة في حالتها القياسية وكما هو مبين أدناه:



يبين الجدول (4-1) قيم المحتويات الحرارية القياسية (ΔH_{298}°) للتكوين بدرجة (298 K) كلفن لبعض المواد الكيميائية المحسوبة من الفرق بين المحتويات الحرارية القياسية لتكوين المواد الناتجة والمتفاعلة.

جدول (4-1) بعض حرارات التكوين القياسية بدرجة (298 K)

ΔH_{298} kJ/mol	الحالة	المركب	ΔH_{298} kJ/mol	الحالة	المركب
-20.63	غاز	H_2S	-241.83	غاز	H_2O
-811.32	سائل	H_2SO_4	-285.83	سائل	H_2O
-296.90	غاز	SO_2	-133.20	غاز	H_2O_2

-395.70	غاز	SO ₃	-271.10	غاز	HF
-110.52	غاز	CO	-92.312	غاز	HCl
-393.51	غاز	CO ₂	-36.48	غاز	HB
-205.90	سائل	COCl ₂	-26.48	غاز	HI
-28.85	غاز	S ₂ Cl ₂	-238.6	صلب	HIO ₃
-46.20	غاز	NH ₃	+90.40	غاز	NO
-67.20	سائل	NH ₃	+81.55	غاز	N ₂ O

2. حرارة الذوبان أو حرارة المحلول (Heat of Solution)

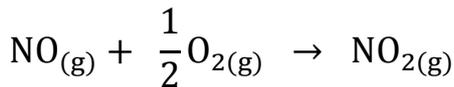
لا يقتصر ظهور الحرارة على التفاعلات الكيماوية حسب، وإنما يتعداها الى ذوبان بعض المواد لتكوين المحاليل. فمثلا عند ذوبان غاز كلوريد الهيدروجين (HCl) في الماء يعطي حرارة قدرها -74.84 kJ لكل وزن جزيئي غرامي للحامض. ويحرر هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) 44.51 kJ - عند ذوبان جزيئي غرامي واحد في الماء. وعلى غرار التفاعلات الكيماوية هنالك بعض المركبات التي تمتص حرارة عند ذوبانها في الماء مثال كلوريد البوتاسيوم (KCl) الذي يمتص 41.38 kJ + عند ذوبان جزيئي غرامي منه في الماء.

8-4-1 تأثير الحرارة في التفاعلات الكيماوية

تحدث التفاعلات الكيماوية تحت ظروف معينة، من ضغط ، ودرجة حرارة ، وظروف اخرى حسب نوع التفاعل ، ويحصل التوازن الكيماوي عند الوصول الى تلك الظروف .

مثال (23-1):

احسب حرارة التفاعل القياسية في درجة 25°C (298 K) للتفاعل الاتي :



إذا علمت ان حرارة التكوين القياسية بدرجة 25°C هي:

$$\text{NO}(g) = +90.4\text{kJ/mol}$$

$$\text{NO}_2(g) = +33.9\text{kJ/mol}$$

الحل :

حرارة التفاعل القياسية = حرارة المادة الناتجة - حرارة المادة المتفاعلة

$$\Delta H_{\text{rxn}(298\text{K})} = \sum \Delta H_{\text{f}(298),\text{pr}}^{\circ} - \sum \Delta H_{\text{f}(298),\text{re}}^{\circ}$$

$$0.0 = (\text{O}_{2(\text{g})}) \text{ حرارة التكوين للعنصر}$$

$$\Delta H_{\text{rxn}(298\text{K})} = 33.9 - \left\{ \left(\frac{1}{2} \times 0 \right) + 90.4 \right\}$$

$$- 56.5 \text{ kJ/mol} = 25^{\circ}\text{C} \text{ حرارة التفاعل القياسية في}$$

مثال (24-1):

احسب حرارة التفاعل القياسية في درجة حرارة 25°C (289 K) للتفاعل الآتي :



إذا علمت ان حرارة التكوين القياسية في درجة 25°C هي:

المركب	$\text{CH}_{4(\text{g})}$	$\text{O}_{2(\text{g})}$	$\text{CO}_{2(\text{g})}$	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$
حرارة التكوين (kJ/mole)	-74.87	0	-393.509	-285.83

وبين إذا كان التفاعل باعثاً ام ممتصاً للحرارة.

الحل :

حرارة التفاعل القياسية = حرارة المادة الناتجة - حرارة المادة المتفاعلة

$$\Delta H_{\text{rxn}(298\text{K})} = \sum \Delta H_{\text{f}(298),\text{pr}}^{\circ} - \sum \Delta H_{\text{f}(298),\text{re}}^{\circ}$$

$$\sum \Delta H_{\text{f}(298),\text{pr}}^{\circ} = \{ -393.509 + 2 (- 285.83) \} = -965.169 \text{ kJ/mol}$$

$$\sum \Delta H_{\text{f}(298),\text{re}}^{\circ} = \{ - 74.87 + (2 \times 0) \} = - 74.87 \text{ kJ/mol}$$

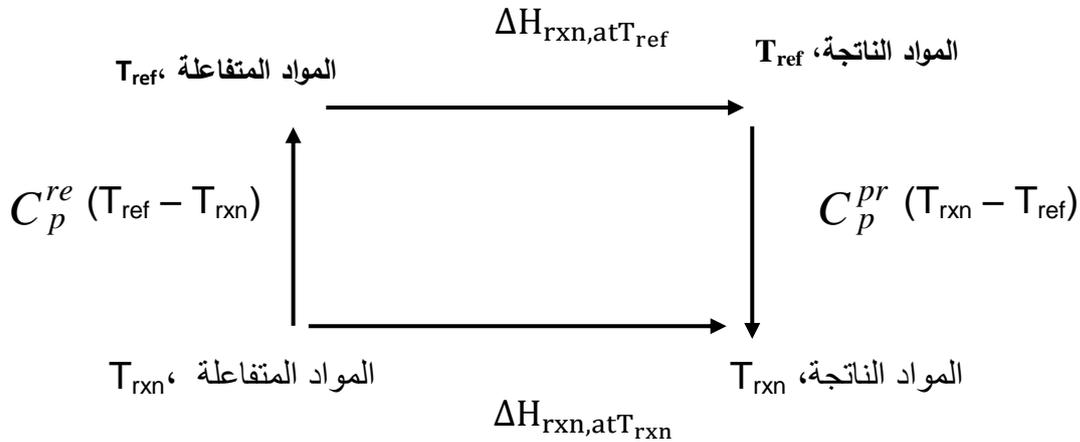
$$\Delta H_{\text{rxn}(298\text{K})} = (-965.169) - (-74.87) = -890.299 \text{ kJ/mole}$$

$$\therefore \text{ حرارة التفاعل القياسية} = 890.299 \text{ kJ/mole}$$

الإشارة السالبة تدل على ان التفاعل باعث للحرارة.

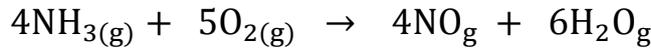
حساب حرارة التفاعل في درجة حرارة غير الدرجة القياسية

تقاس في بعض الأحيان ΔH لتفاعل ما بدرجة حرارة واحدة والمطلوب معرفة قيمتها بدرجة أخرى كما هو مبين في الشكل التخطيطي الآتي :



مثال (25-1):

في معمل انتاج حامض النتريك، اكسدت الأمونيا بوجود عامل مساعد بدرجة 1000°C وحسب المعادلة التالية:



احسب حرارة التفاعل بدرجة 1000°C لكل وزن جزيئي غرامي من الأمونيا. اذا علمت ان حرارات التكوين والسعة الحرارية للمواد المتفاعلة والنواتج كما معطى في الجدول التالي:

الحرارة النوعية (kJ/mol°C)	حرارة التكوين (kJ/mol)	المركب
0.048	-46.20	غاز الأمونيا
0.033	0.0	غاز الأوكسجين
0.032	+90.4	غاز اول اوكسيد النتروجين
0.039	-241.8	بخار الماء

الحل :

$$\Delta H_{\text{rxn } 1000^\circ\text{C}} = \Delta H_{\text{rxn } 25^\circ\text{C}} + \Delta H_{\text{pr}} - \Delta H_{\text{re}}$$

$$\Delta H_{\text{rxn}, 25^\circ\text{C}} = \{6(-241.8) + 4(90.4)\} - \{5(0.0) + 4(-46.2)\}$$

$$= -903.6 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_{\text{re}} = 4(0.048)(1000 - 25) + 5(0.033)(1000 - 25) = 348.075 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_{\text{pr}} = 6(0.039)(1000 - 25) + 4(0.032)(1000 - 25) = +352.95 \text{ kJ}$$

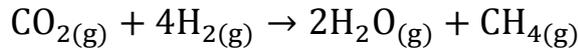
$$\therefore \Delta H_{1000^\circ\text{C}} = (-908) + 352.95 - 348.075 = -898.725 \text{ kJ}$$

∴ الحرارة الناتجة لوزن غرامي واحد من الأمونيا تساوي:

$$\frac{898.725 \text{ kJ}}{4 \text{ mole}} = 224.681 \text{ kJ/mole}$$

مثال (1-26):

في تفاعل انتاج الميثان، يتفاعل الهيدروجين مع ثاني اوكسيد الكربون بوجود عامل مساعد بدرجة 500 °C وحسب المعادلة التالية:



احسب حرارة التفاعل بدرجة 500 °C لكل وزن جزيئي غرامي من ال CO₂. اذا علمت ان حرارات التكوين للمواد المتفاعلة والنواتج كما معطى في الجدول التالي:

	CO ₂	H ₂	H ₂ O	CH ₄
−ΔH _{f,298K} (kJ/mole)	393.513	0	241.826	74.848

كما ان المحتوى الحراري (kJ/ mole) للمواد المتفاعلة والنواتج في درجة حرارة 25 °C و 500 °C كما معطاة في الجدول التالي:

°C	CO ₂	H ₂	H ₂ O	CH ₄
25	0.912	0.718	0.837	0.879
500	22.245	14.615	17.795	24.014

الحل:

$$\Delta H_{\text{rxn}(298\text{K})} = \sum \Delta H_{\text{f}(298),\text{pr}}^{\circ} - \sum \Delta H_{\text{f}(298),\text{re}}^{\circ}$$

$$\Delta H_{\text{rxn},25^{\circ}\text{C}} = [-74.848 + 2(-241.826)] - [4(0) - 393.513] \\ = -164.987\text{kJ/mole CO}_2$$

$$\Delta H_{\text{rxn } 500^{\circ}\text{C}} = \Delta H_{\text{rxn } 25^{\circ}\text{C}} + \Delta H_{\text{pr}} - \Delta H_{\text{re}}$$

$$\Delta H_{\text{rxn } 500^{\circ}\text{C}} = -164.987 + [(1)(24.014) - 0.879 + (2)(17.795 - 0.837)] \\ - [(1)(22.345 - 0.912) + (4)(14.615) - 0.718] \\ = -184.957 \text{ kJ/mole CO}_2$$

خلاصة الفصل الأول

- لأي كمية مقاسة هناك قيمة عددية ووحدة قياس. ويمكن معاملة وحدات القياس كما تعامل الحدود في المعادلة الجبرية. فالقيمة العددية لأي كمية يمكن جمعها أو طرحها فقط اذا كانت الوحدات متماثلة.
- هناك عدة أنظمة قياس أساسية ولكن المعتمد عليها هي: نظام الوحدات العالمي (SI)، النظام العشري (الفرنسي) (cgs)، النظام البريطاني (ft – lb – s). اما الوحدات المشتقة فيمكن اشتقاقها من الوحدات الأساسية لوصف ما يحصل في الطبيعة كالحجم والقوة والشغل ... الخ. ولتحويل وحدة كمية معينة الى مايساويها من الوحدات الاخرى فانه يتم ضرب الكمية المعطاة برقم يسمى معامل التحويل

$$\frac{\text{الوحدة الجديدة}}{\text{الوحدة القديمة}} =$$

- التعابير الشائعة لقوانين البقاء في العلوم تأخذ شكلا من الأشكال التالية: "الكتلة (الطاقة) لا تستحدث ولا تفتنى" ، " الكتلة (الطاقة) لأي نظام معزول ثابتة" ، أو التعابير المكافئة.
- موازنة المادة هي حساب انتقال الكتلة والتغيرات في خزين الكتلة داخل اي نظام على اثر اي عملية فيزيائية أو كيميائية. وبالتالي يمكن كتابة معادلة الموازنة العامة لأي نظام كما يلي:

$$\begin{array}{r} \text{تراكم الكتلة} \\ \text{داخل النظام} \end{array} = \begin{array}{r} \text{مجموع الكتلة} \\ \text{الداخلة الى} \\ \text{النظام} \end{array} - \begin{array}{r} \text{مجموع الكتلة} \\ \text{الخارجة من} \\ \text{النظام} \end{array} + \begin{array}{r} \text{مجموع الكتلة} \\ \text{المنتجة داخل} \\ \text{النظام} \end{array} - \begin{array}{r} \text{مجموع الكتلة} \\ \text{المستهلكة} \\ \text{داخل النظام} \end{array}$$

- عندما لا يكون هناك انتاج أو استهلاك للكتلة داخل النظام وعندما تكون العملية في الحالة المستقرة ، فان معادلة الموازنة العامة يمكن كتابتها كما يلي:

$$\begin{array}{r} \text{مجموع الكتلة الداخلة} \\ \text{الى النظام} \end{array} = \begin{array}{r} \text{مجموع الكتلة الخارجة} \\ \text{من النظام} \end{array}$$

- المعادلة الكيمياوية تعطي معلومات نوعية وكمية اساسية لحساب أوزان ائتلاف المواد المشمولة بالعملية الكيمياوية.
- نسبة التحول هو جزء المواد المغذية أو بعض المواد في التغذية والتي حولت الى نواتج. التحول الى حد ما ينسب الى درجة اتمام التفاعل وهو النسبة المئوية أو كسر المادة المحددة المتفاعلة التي حولت الى نواتج.
- الأنتاجية لمادة متفاعلة واحدة وناتجة تعرف بالوزن أو بالمولات للنواتج النهائي مقسم على وزن أو مولات المادة المتفاعلة في البداية وفي حالة اشتغال التفاعل على أكثر من ناتج وأكثر من مفاعل فيجب ان يبين بصورة واضحة المادة المتفاعلة التي يستند عليها الانتاج.
- ينص القانون الأول للثرموداينمك على: " يمكن تحويل الطاقة من حالة الى اخرى مع حفظ المكافئ بين تلك الحالات" ويفسر هذا القانون العلاقة الرياضية الآتية:

$$\Delta E = Q - W$$

- هنالك ثلاث طرق رئيسية في انتقال الحرارة هي:
1. **التوصيل:** ويتم هذا النوع من انتقال الحرارة في المواد الصلبة والأغشية الرقيقة من المائعات بفعل انتقال ذبذبة الجزيئات ومن غير تغيير في مواقعها.

$$Q = \frac{k A \Delta T}{S}$$

- 2. **الحمل:** تنتقل الحرارة بهذه الطريقة بواسطة تغيير موقع جزيئات المائعات ونقل طاقتها الى جزيئات دونها في الطاقة.

$$Q = h A \Delta T$$

- 3. **الأشعاع:** قد تنتقل الطاقة من جسم الى آخر بدون وجود وسط مادي بين الجسمين، وذلك عن طريق اصدار اشعة الكتر ومغناطيسية من الجسم الحار، وعند اصطدام تلك الأشعة بالجسم البارد، تتحول الى طاقة حرارية.

$$Q = \sigma A T^4$$

- التغيير الحراري الذي يصاحب التفاعلات الكيميائية يصنف إلى نوعين: التفاعلات الماصة للحرارة وهي التفاعلات التي يصاحبها امتصاص الحرارة من المحيط مثل تجزؤ بخار الماء والتفاعلات الباعثة للحرارة وهي التفاعلات التي تحرر حرارة مثل حرق غاز الهيدروجين.
- يعرف المحتوى الحراري القياسي للتكوين او الانثالبية القياسية للتكوين لأي مركب بأنه التغيير الحاصل في الانثالبية عند تكون مول واحد من ذلك المركب من عناصره الاولية .

اسئلة الفصل

س1- كم هو عدد الأمتار المكعبة في قضيب منتظم المقطع العرضي طوله 15 inch وقطره 1/4 inch ؟

س2- أوجد مقدار التعجيل الناتج من تأثير قوة مقدارها 3N عل كتلة 0.016 g .

س3- حول ما يأتي :

a.	السرعة	60 mi/h	الى	m/s
b.	التعجيل	10 ft/s ²	الى	mi/h ²
c.	معدل التدفق	1 L/h	الى	gal/min
d.	درجة الحرارة	100°C	الى	R

س4- ماء يجري خلال انبوب مساحة مقطعه العرضي مساوية الى 3.55 in^2 وبمعدل 60 U. S. gal/min أوجد السرعة بالأقدام/ثانية.

س5- مبخرة تعمل بصورة مستمرة لتبخير 5000 kg/h من محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 5% الى محلول تركيزه 30% هيدروكسيد الصوديوم.

a. كم تبلغ الطاقة الإنتاجية من محلول هيدروكسيد الصوديوم الناتج؟

b. ماهي القابلية للتبخيرية للمبخرة (أي كم كيلو غرام ماء تبخير في الساعة (kg/h) ؟

س6- في عملية تقطير مزيج من الكحول ، والماء بنسبة 15% وزنا كحول في برج تقطير كانت نسبة الكحول في المقطر 85% وزنا ، وبقي 5% وزنا من الكحول الداخل الى جهاز التقطير في اسفل البرج مع الماء. احسب:

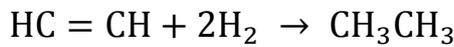
a. وزن الناتج لكل 100 kg من المادة الأولية الداخلة.

b. النسبة المئوية للمتبقي في اسفل البرج.

س7- احرق 160 g من غاز الميثان بالهواء بزيادة 10% من الأوكسجين اللازم للاحتراق ، احسب كمية الهواء اللازمة واجر موازنة المادة .

س8- كم لتر من الهيدروجين يلزم لأختزال 100 g من اوكسيد الحديد المغناطيسي (Fe_3O_4) ؟

س9- كم هي كمية الحرارة الممتصة أو المنطلقة من هدرجة الأستيلين الى ايثان بحالة الظروف القياسية؟



a. استعمل ارقام حرارة الاحتراق للحسابات.

b. استعمل ارقام حرارة التكوين لإنجاز نفس الحسابات.

س10- أوجد حرارة تكوين أول أكسيد الكربون (CO) اذا علمت أن حرارة تكوين ثاني أوكسيد الكربون تساوي -394 kJ/gmole ، حرارة احتراق أول اكسيد الكربون تساوي 283 kJ/gmole .

س11- أوجد حرارة تكوين الأستيلين اذا علمت ان :

حرارة تكوين الماء تساوي -286 kJ/gmole ، حرارة تكوين ثاني اوكسيد الكربون -394 kJ/gmole ، حرارة احتراق الأستيلين -1300 kJ/gmole .

س12- احسب ΔH_{298} للتفاعل التالي لخمسة مولات من الأمونيا .



ملاحظة: يمكن الاستعانة بالمعلومات الموجودة في المثال (1-24).

الفصل الثاني

جريان الموائع

الاهداف

عند الانتهاء من دراسة هذا الفصل يكون الطالب قادرا على ان :

- 1 - يعرف الموائع .
- 2 - يفهم أساسيات جريان الموائع .
- 3 - يفهم الخواص العامة للموائع .
- 4 - يفهم معادلة برنولي وتطبيقاتها .
- 5 - يعرف أنواع أجهزة قياس الضغط ، معدل الجريان ودرجة الحرارة .

2 - 1 تمهيد

ان علم الموائع هو علم يهتم بدراسة سكون الموائع القليلة الانضغاطية وحركتها ، وذلك في حالتها المجاري المفتوحة والمغلقة ، وجريان الموائع داخل الأرض ، كما يهتم بتطبيقات ذلك على الخزانات ومحطات توليد الكهرباء وشبكات المياه وشبكات أنابيب نقل النفط ، كما يتناول هذا العلم الموائع المثالية أي غير القابلة للانضغاط وليست لها لزوجة ، ويهتم أيضا بالموائع الحقيقية أي تلك التي لها لزوجة وانضغاطية .

تتميز الموائع بقدرتها على الجريان عندما تؤثر فيها القوى مهما كانت صغيرة ، وان التحكم الدقيق في حركة الموائع في العمليات الصناعية يؤثر بشكل مباشر على كفاءة الوحدات الصناعية والتشغيلية كالمفاعلات ووحدات الفصل مثل أبراج التقطير والامتصاص وغيرها .

2 - 2 تعريف المائع

يقصد بالموائع السوائل والغازات وتتميز السوائل عن الأجسام الصلبة ، بانها تأخذ شكل الوعاء الذي توضع فيه ، بينما الغازات تأخذ شكل الوعاء الذي توضع فيه وحجمه . وعند ظروف معينة تبرز الحاجة للتمييز الدقيق بين الأجسام الصلبة والسوائل والغازات ، اذ ان هناك سوائل لزجة جدا ، مثل القار ، لا تسيل بسهولة ويظن الشخص إنها أجسام صلبة ، فالخاصية الأساسية التي يتميز بها السائل على الجسم الصلب ، ان السائل مهما بلغت لزوجته يسيل ولو بمعدل صغير جدا ، في حين اذا أثرت قوى خارجية على جسم صلب فان الإجهادات المماسية الناشئة في الجزيئات المتجاورة تسعى لإعادة الجسم الصلب إلى وضعه الابتدائي ، أما في السوائل فان هذه الإجهادات تتناسب مع سرعة التغير في شكل السائل

وتضعف هذه الإجهادات وتتلاشى عند اقتراب سرعة التغير من الصفر لهذا لا يعود السائل الى وضعه الابتدائي ، ويمكن التمييز بين الغازات والسوائل ، اذ ان الغازات لا يمكن ان توجد في حالة اتزان إلا اذا وضعت في إناء .

ان نوع الجريان له أهمية كبرى في كثير من التطبيقات المتعلقة بحركة الموائع . هناك نوعين من الجريان نوع هادئ يتميز بسرعة جريان صغيرة وكأن المائع متكون من طبقات ينزلق بعضها فوق بعض دون إثارة اضطراب في المائع ويسمى الجريان الطبقي (Laminar flow) أما النوع الثاني يظهر عندما تكون سرعة الجريان كبيرة مع وجود دوامات واضطرابات ويسمى هذا الجريان المضطرب (Turbulent flow) .

لوصف جريان مائع يجب معرفة كثافته وضغطه وسرعة جريانه ولتسهيل دراسة الموائع سنفترض ان المائع مثالي Ideal fluid والذي يتميز بما يأتي :

- 1- غير قابل للانضغاط: أي تبقى كثافته ثابتة في أثناء جريانه .
- 2- جريانه منتظم : أي تبقى سرعة جريانه عند نقطة معينة ثابتة مع الزمن .
- 3- عديم اللزوجة : حيث تعتبر اللزوجة مقياس للاحتكاك الداخلي في المائع عند جريانه لذلك نفترض ان لزوجة المائع صفر .
- 4- جريانه طبقي : اي غير اضطرابي .

2 - 3 معادلة برنولي

تشمل أشكال الطاقة لمائع جاري كثافته (ρ) :

- 1- الطاقة الكامنة بسبب وجود المائع في مجال الجاذبية وعلى ارتفاع (Z) بالنسبة لمستوى معين وتساوي ($\rho g Z$) .
- 2- الطاقة الحركية بسبب سرعة المائع (V) وتساوي ($\frac{1}{2}\rho v^2$) .
- 3- طاقة الضغط (P) .

وعلى أساس مبدأ حفظ الطاقة اشتق العالم برنولي معادلته المعروفة باسمه التي تنص على ان :

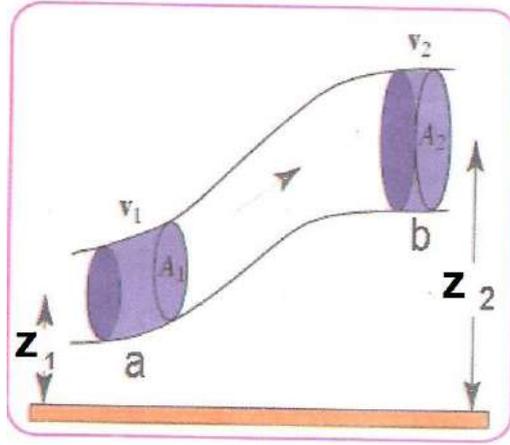
مجموع طاقة الضغط وطاقة الوضع والطاقة الحركية تساوي مقدارا ثابتا على طول مجرى المائع المثالي .

ويمكن كتابة معادلة برنولي رياضيا :

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g Z = \text{ثابت}$$

حيث ان : (P) الضغط و (ρ) كثافة المائع و (V) سرعته و (g) تعجيل الجاذبية .

ولتطبيق المعادلة على نقطتين في مائع جاري نلاحظ الشكل (2-1) .



الشكل 2-1: تطبيق معادلة برنولي على نقطتين

حيث تصبح معادلة برنولي :

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 + \rho g Z_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g Z_2$$

حيث ان :

. P_1, P_2 : الضغط عند النقطتين a , b .

. V_1, V_2 : سرعة المائع في a , b .

. Z_1, Z_2 : ارتفاع مقطعي المائع عن مستوى معين .

. ρ : كثافة المائع .

. g : تعجيل الجاذبية .

وتستخدم معادلة برنولي في تطبيقات عديدة كإيجاد الضغط وسرعة المائع الجاري وهذا ما سنتعرف عليه عند دراسة مقاييس الضغط و سرعة الجريان .

مثال (2 - 1):

جد سرعة الماء خلال فوهة في اسفل خزان مفتوح للضغط الجوي وارتفاعه (4m)؟

الحل : بتطبيق معادلة برنولي

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 + \rho g Z_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g Z_2$$

حيث ان $P_2 = P_1 =$ الضغط الجوي

السرعة في اعلى الخزان $V_1 = 0 =$

$$Z_2 = 0 \quad , \quad Z_1 = 4m$$

تصبح المعادلة:

$$\frac{1}{2}V^2\rho = \rho gZ_1$$

$$\frac{1}{2}V^2 = gZ_1$$

$$V^2 = 2 \times 9.8 \times 4$$

$$V = \sqrt{2 \times 9.8 \times 4}$$

$$V = 8.85 \text{ m \ s}$$

2 - 4 أجهزة قياس الضغط

2 - 4 - 1 تعريف الضغط

الضغط هو القوة العمودية على المساحة و يرمز له P .

ويعرف الضغط الجوي بأنه ضغط عمود هواء الغلاف الجوي . وهو يتغير من مكان لآخر حسب ارتفاع المكان وانخفاضه عن مستوى سطح البحر . والضغط الجوي القياسي P_{atm} يعادل , 1.013 bar , 101.3 kpa , 760mm Hg .

أما ضغط المقياس (P_g) فهو الضغط المبين بواسطة أجهزة قياس الضغط والتي تكون قراءة الصفر فيها تعادل الضغط الجوي القياسي .

ويسمى الضغط الذي يقل عن الضغط الجوي بضغط الفراغ (vacuum) وتكون قيمته سالبة في اجهزة قياس الضغط .

وبهذا يكون الضغط المطلق (P_a) مساويا لضغط المقياس زائدا الضغط الجوي . وفي حالة ضغط الفراغ فان الضغط المطلق يعادل الضغط الجوي ناقصا ضغط الفراغ .

ويمكن ان نستنتج مما ورد سابقا ان :

$$\text{الضغط المطلق} = \text{ضغط المقياس} + \text{الضغط الجوي}$$

$$P_a = P_g + P_{atm}$$

حيث ان : الضغط المطلق (P_a) وضغط المقياس (P_g) والضغط الجوي (P_{atm})

2-4-2 وحدات الضغط

وحدات الضغط هي وحدات قوة على وحدات مساحة والوحدات الشائعة هي N / m^2

وتسمى باسكال (pa) او البار bar الذي يعادل 10^5 pa .

والطريقة الأخرى للتعبير عن الضغط هي بوحدة ارتفاع عمود من مائع باستخدام العلاقة الرياضية الآتية :

$$P = \rho g h$$

حيث الضغط P وكثافة المائع ρ وتعجيل الجاذبية الأرضية g وارتفاع المائع h فمثلا يمكن القول ان الضغط $3m H_2O$ (يقرأ ثلاثة امتار ماء) او 76 cm Hg (ستة وسبعون سنتيمتر زئبق) وهكذا .

مثال (2 - 2) :

اذا كان ضغط المقياس (127 Kpa) والباروميتر يقيس (740 mmHg) احسب الضغط المطلق؟ علما ان كثافة الزئبق $= 13600 \text{ Kg } \backslash \text{ m}^3$

الحل :

$$740 \text{ mmHg} = 0.74mHg$$

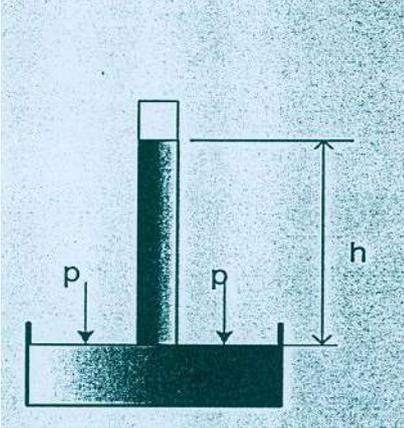
$$P_{\text{atm}} = \rho g h = 13600 \times 9.8 \times 0.74 = 98627 \text{ pa} = 98.6 \text{ kpa}$$

$$P_a = P_g + P_{\text{atm}} = 98.6 + 127 = 225.6 \text{ kpa}$$

الضغط المطلق = 225.6 كيلو باسكال

2 - 4 - 3 اجهزة قياس الضغط

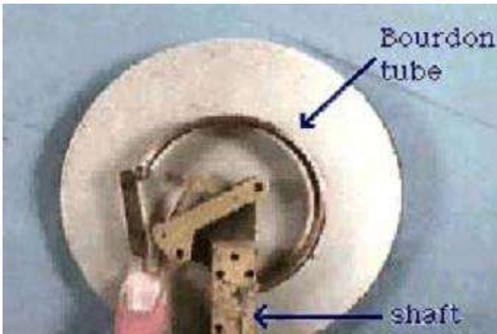
1- الباروميتر



جهاز يستعمل لقياس الضغط الجوي ويتألف من انبوبة مفتوحة من احد طرفيها مملوءة بالزئبق مقلوبة في حوض زئبق كما في الشكل (2- 2) حيث يتخذ الزئبق ارتفاعا قدره h فوق مستواه في الحوض حيث يعادل الضغط الجوي . ووجد العالم تورشيلي مصمم هذا الجهاز ان الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر يعادل عمود زئبق ارتفاعه 76 cm .

شكل 2 - 2 : الباروميتر

2 - مقياس بوردن :



عبارة عن أنبوب مرن مغلق من جهة ومثني على شكل حرف C ، والنهاية المفتوحة متصلة بالأنبوب او الخزان المراد قياس ضغط المائع فيه . وعندما يزداد الضغط يبدأ الأنبوب بالاستطالة مسببا دوران المؤشر ليبين مقدار الضغط . الشكل (2- 3) .

الشكل 2 - 3 : مقياس بوردن

3 - المانومتر

عبارة عن أنبوبة شفافة على شكل حرف U يحتوي على سائل يسمى سائل المانومتر يكون أثقل من المائع المراد قياسه ولا يمتزج معه ولا يتفاعل معه كيميائياً (وعلى الأغلب هو الزئبق) . عندما تتعرض نهايتي المانومتر الى ضغوط مختلفة فأن مستوى سائل المانومتر ينخفض في الساق ذات الضغط العالي بينما يرتفع في الساق ذات الضغط المنخفض ويمكن حساب الضغط بقياس فرق ارتفاع سائل المانومتر .

وهناك عدة أنواع من المانوميترات سنتعرف على أهمها :

A - المانومتر البسيط (المفتوح النهاية)

تعرض احدى ساقي المانومتر للمائع المراد قياس ضغطه

بينما تعرض الساق الأخرى للضغط الجوي الشكل (2- 4) .

يقيس هذا النوع ضغط المقياس (P_g) ولإيجاد الضغط المطلق

نستخدم :

$$P_1 - P_{atm} = \rho_m g h$$

حيث (P_{atm}) الضغط الجوي و(h) الفرق بين ارتفاعي سائل

المانومتر والضغط المطلق P_1 .

$$\rho_m = \text{كثافة الزئبق} = 13600 \text{ Kg/m}^3$$

مثال (2 - 3) :

احسب ضغط مائع يجري في أنبوب متصل بمانومتر بسيط يقرأ (2 cm) علما ان الضغط الجوي يعادل (101.3 Kpa) و ($g = 10 \text{m/s}^2$) ؟

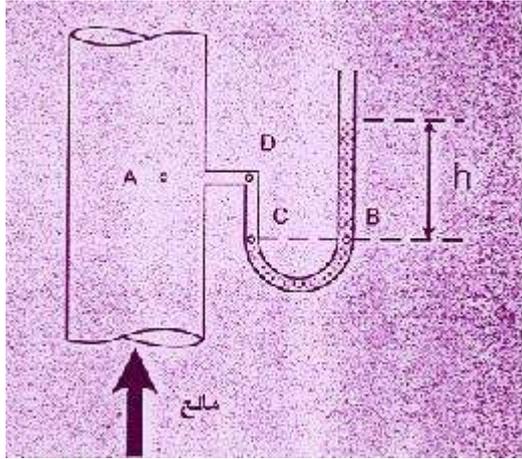
الحل :

$$P_1 - P_{atm} = \rho_m g h$$

$$\rho_m g h = 13600 \times 10 \times 0.02 = 2720 \text{ pa} = 2.7 \text{Kpa}$$

$$P_1 = 101.3 + 2.7 = 104 \text{ Kpa}$$

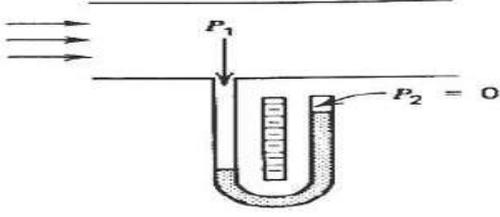
أي ان الضغط المطلق (ضغط المائع) = 104 كيلو باسكال



الشكل 2 - 4: المانومتر البسيط

B - المانومتر مغلق النهاية

في هذا النوع من المانومترات يكون احد الأطراف مغلقا ومفرغا من الهواء والطرف الآخر معرضا لتأثير ضغط المائع المراد قياس ضغطه . لاحظ الشكل (2 - 5) ، وهذا المقياس يقرأ الضغط المطلق مباشرة لان ($P_2 = 0$) حسب العلاقة :



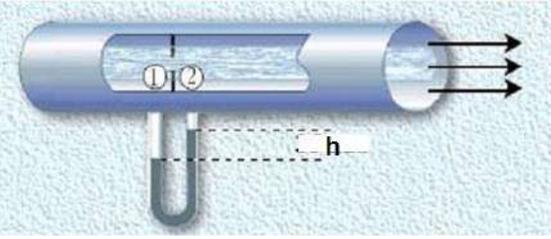
$$P - 0 = \rho_m g h$$

شكل 2 - 5: المانومتر مغلق النهاية

C - المانومتر التبايني

يستخدم لقياس فرق الضغط بين نقطتين في أي عملية .

الشكل (2 - 6) .

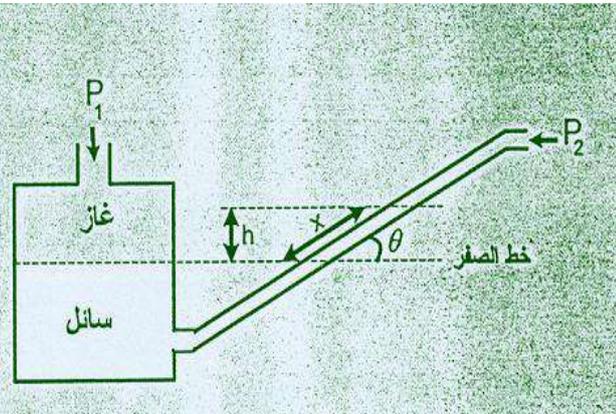


$$P_1 - P_2 = \rho_m g h$$

الشكل 2 - 6 : المانومتر التبايني

D - المانومتر المائل

يستعمل هذا المانومتر لقياس فرق الضغط صغير المقدار لأنه يؤشر قراءة اكبر مما لو كان الأنبوب قائما .
الشكل (2 - 7) .

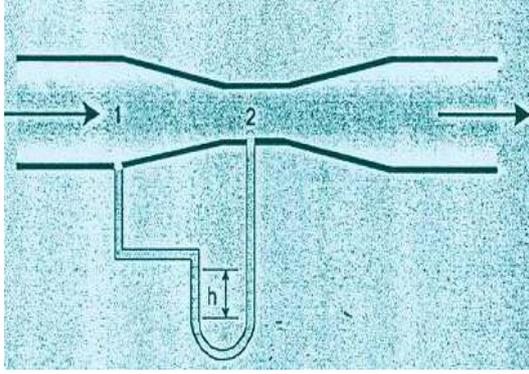


الشكل 2 - 7 : المانومتر المائل

2 - 5 أجهزة قياس الجريان

توجد وسائل عديدة لقياس معدل الجريان منها المقاييس التي تؤشر قراءة مباشرة لمعدل الجريان او مقاييس للسرعة يحسب على أساسها معدل الجريان ويستند تشغيل معظم مقاييس الجريان إلى معادلة برنولي اذ يستخدم تضيق في مجرى المائع لتوليد هبوط في الضغط مصحوب بزيادة في السرعة .

1 - مقياس فنتوري Venturi



هو احد ابرز التطبيقات العملية لمعادلة برنولي التي يمكن بواسطته قياس سرعة مائع وله أشكال عديدة وابسطها الموضح بالشكل (2 - 8) عبارة عن أنبوب واسع من كلا الطرفين وضيق من الوسط ومزود بمانومتر لقياس فرق الضغط بين النقطتين 1 , 2 .

الشكل 2 - 8: مقياس فنتوري

بتطبيق معادلة برنولي بين النقطتين 1 , 2 مع مراعاة ان $(Z_1 = Z_2)$ لان الأنبوبة أفقية نحصل على المعادلة التالية لحساب سرعة المائع :

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2)$$

مثال (2 - 4) :

احسب سرعة جريان ماء يجري في انبوب يحتوي مقياس فنتوري اذا علمت ان فرق الارتفاع في مستوى زئبق المانومتر (2 cm) وسرعة جريان الماء الأولية (5 cm/sec) ؟

الحل:

$$13.6 \text{ g/cm}^3 = \text{كثافة الزئبق}$$

$$1 \text{ g/cm}^3 = \text{كثافة الماء}$$

$$h = 2 \text{ cm}$$

$$P_1 - P_2 = \rho_m g h \quad \text{1-قياس فرق الضغط}$$

$$P_1 - P_2 = 13.6 \times 980 \times 2 = 26656 \text{ dyne / cm}^2$$

2-حساب سرعة الماء الثانية

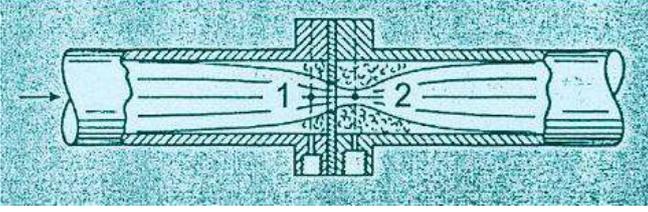
بتطبيق معادلة برنولي:

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2)$$

$$26656 = \frac{1}{2} \times 1 \times (v_2^2 - v_1^2)$$

$$53312 = v_2^2 - 25, v_2 = 231 \text{ cm/sec}$$

2 - المقياس الفوهي (الاورفيسميتر) Orifice

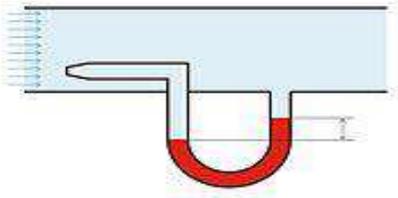


العنصر الأساس في هذا المقياس هو عبارة عن صفيحة تحوي فتحة حافتها حادة تعترض مجرى المائع ويحدد قطر الفتحة (الفوهة) بموجب القياسات العالمية المتفق عليها. الشكل (2 - 9) .

الشكل 2 - 9 : المقياس الفوهي او الاورفيسميتر

مبدأ عمل هذا المقياس يشابه مقياس فنتوري حيث يقاس فرق الضغط بواسطة المانومتر وتطبيق معادلة برنولي يتم حساب سرعة الجريان .

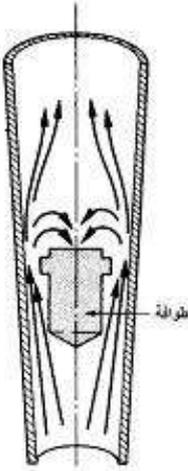
3 - أنبوب بيتوت U - tube



عبارة عن أنبوبة زجاجية تشكل نهايتها زاوية قائمة كما مبين بالشكل (2 - 10) . يوضع أنبوب بيتوت في مجرى المائع ب حيث تكون فتحته عكس اتجاه الجريان ويعتمد ارتفاع المائع فيه على مقدار سرعة الجريان .

الشكل 2 - 10 : أنبوب بيتوت

4- المقياس الدوار Rotameter



يتألف هذا المقياس من أنبوب متناقص المقطع من الأعلى إلى الأسفل في داخله طوافة كما مبين بالشكل (2 - 11) فعند مرور المائع في المقياس ترتفع الطوافة وتستقر في موقع معين بسبب توازن الجاذبية مع قوة دفع المائع ويشير موقع الطوافة إلى مقدار معدل الجريان .

تجدر الملاحظة ان مقاييس الجريان التي تطرقنا لها سابقا تعتمد على تغيير الضغط مع معدل الجريان اما في المقياس الدوار تعتمد على تغيير المساحة المتاحة للجريان .

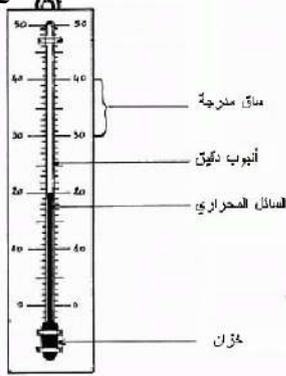
الشكل 2 - 11: المقياس الدوار

2 - 6 أجهزة قياس درجة الحرارة

ان قياس درجة الحرارة مهم جدا في جميع التطبيقات الصناعية وذلك لاستمرار الحاجة له للسيطرة على العمليات الصناعية . ان المبدأ العام لجميع أجهزة قياس درجة الحرارة هو تغيير خاصية فيزيائية للمادة نتيجة تغير درجة الحرارة . وسنتطرق هنا إلى اهم هذه الأجهزة :

1 - المحرار الزئبقي :

يتألف من مستودع زجاجي (بصلة) مملوء بالزئبق ويتصل بأنبوبة شعرية دقيقة ومنتظمة المقطع ومغلقة من الطرف العلوي فعند تعرض البصلة المحرار المحتوية على الزئبق



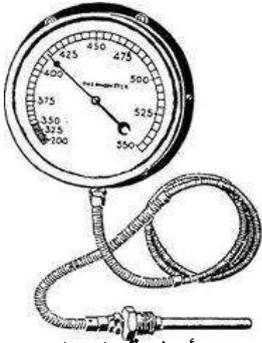
إلى درجات حرارية مختلفة يحصل تمدد أو تقلص ملحوظ في الزئبق تبعاً لارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة . في هذه الحالة فإن الخاصية الفيزيائية التي تتغير هي حجم السائل أي ان أي تغيير في درجة الحرارة يتناسب مع ارتفاع الزئبق في الأنبوبة الزجاجية . الشكل (2 - 12) .

وتتم معايرة المحرار بغمر بصلة المحرار في ماء ثلج نقي

ويؤشر صفر مئوي (32°F) عند الارتفاع الذي يستقر عنده الزئبق ثم توضع البصلة

داخل ماء نقي في حالة الغليان تحت الضغط الجوي ويؤشر 100°C (212°F) عند الارتفاع الذي يستقر عنده الزئبق في الأنبوبة الزجاجية. وتقسّم المسافة بين هاتين النقطتين (0 - 100) إلى مائة قسم متساو يمثل كل قسم منها درجة مئوية واحدة ويمكن تمديد هذا التقسيم إلى فوق المائة وإلى تحت درجة الصفر .

2 - محارير الأنظمة المملوءة :



عبارة عن مستودع يحتوي على غاز او سائل يتغير حجمه او ضغطه البخاري بتغير درجة الحرارة وينقل هذا التغيير إلى أنبوب بوردن (او أي مقياس اخر) عبر أنبوبة شعرية تتحرك بمقدار يتناسب مع درجة حرارة المستودع .

وقد صممت هذه الأجهزة لتعطي قراءة لدرجة الحرارة بعيد عن موضع القياس .

الشكل (2 - 13) : محارير الأنظمة المملوءة

الشكل (2 - 13) .

3 -المزدوج الحراري

إذا وصل طرفا سلكين لمعدنين مختلفين وكانت نقطتا اتصال السلكين في درجات حرارة مختلفة T_1 ; T_2 ينتج تياراً كهربائياً وهذا أساس عمل المزدوج الحراري .

يتكون المزدوج الحراري من قضيبين من معدنين مختلفين معامل التوصيل الكهربائي لكل منهما مختلف وموضوعين في غلاف وهما معزولان عن بعضهما ماعدا احدى نهايتهما متصلة (ملحومة) وتسمى الوصلة الحارة والتي توضع في المكان الذي يراد قياس درجة حرارته . أما النهاية الأخرى

فتكون طليقة وتدعى الوصلة الباردة التي توصل بجهاز القياس (فولتميتر) الموضوع في درجة حرارة ثابتة (مثل درجة حرارة الغرفة) .

جهاز الفولتميتر يقيس القوة الدافعة الكهربائية وهي تتناسب مع الفرق بين درجتى حرارة الوصلتين .
الشكل (2 - 14) .



الشكل 2 - 14 : المزدوج الحراري

مميزات المزدوج الحراري :

- 1 - يقيس مدى واسع من درجات الحرارة فيمكن قياس درجات حرارة (150°C - 300°C) في بعض الأنواع وفي أنواع أخرى (700°C - 2100°C) حسب اختيار نوعية معدني المزدوج .
- 2 - يتميز بقراءة دقيقة نسبيا .
- 3 - لا يتأثر المزدوج الحراري اذا ربط سلك ثالث للتوصيل .
- 4 - باستخدام أسلاك توصيل بين نقطة القياس وجهاز القياس يمكن قراءة درجات الحرارة من مسافات بعيدة .

4 - البايروميتر



جهاز يستعمل لقياس درجات الحرارة العالية جدا التي تتجاوز حدود الثرموميترات وتعتمد على تحويل الطاقة الحرارية المشعة المنبعثة من الجسم الحار إلى ما يقابلها من درجة حرارة.
الشكل (2 - 15) .

الشكل 2 - 15: البايروميتر

خلاصة الفصل الثاني

أنواع جريان الموائع هما طبقي ومضطرب .

يمتاز المائع المثالي بانه :

1- غير قابل للانضغاط .

2- جريانه منتظم .

3- عديم اللزوجة .

4- جريانه طبقي .

تنص معادلة برنولي على ان :

مجموع طاقة الضغط وطاقة الوضع والطاقة الحركية تساوي مقدارا ثابتا على طول مجرى المائع المثالي .

يعرف الضغط الجوي بانه ضغط عمود هواء الغلاف الجوي .

والضغط الجوي القياسي P_{atm} يعادل 101.3 kpa , 760 mm Hg , 1.013 bar .

ضغط المقياس (P_g) هو الضغط المبين بواسطة أجهزة قياس الضغط والتي تكون قراءة الصفر فيها تعادل الضغط الجوي القياسي . ويسمى الضغط الذي يقل عن الضغط الجوي بضغط الفراغ ($vacuum$) وتكون قيمته سالبة في أجهزة قياس الضغط .

يكون الضغط المطلق (Pa) مساويا لضغط المقياس زائدا الضغط الجوي . وفي حالة ضغط الفراغ فان الضغط المطلق يعادل الضغط الجوي ناقصا ضغط الفراغ .

اجهزة قياس الضغط هي :

1- الباروميتر . 2 - مقياس بوردن . 3 -المانومتر .

أجهزة قياس سرعة الجريان :

1 - مقياس فنتوري . 2 - المقياس الفوهي (الاورفيسميتر) .

3 - أنبوب بيتوت . 4-المقياس الدوار Rotameter .

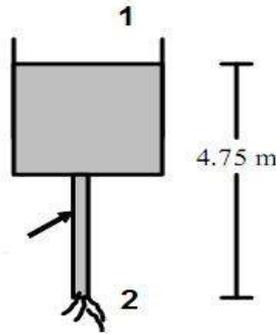
تشمل أجهزة قياس درجة الحرارة ما يأتي :

1 - المحرار الزئبقي . 2 - محارير الأنظمة المملوءة .

3 - المزدوج الحراري . 4 - البايروميتر .

اسئلة الفصل

- س1 : عدد ميزات المائع المثالي؟
س2 : عدد ميزات المزدوج الحراري؟
س3 : ماهي أنواع المانوميترات وما الفرق بينها؟
س4 : خزان واسع يحتوي على ماء يصرف خلال أنبوبة متصلة بقاع الخزان وتنخفض (4.5 m) عن سطح الماء كما موضح بالشكل أدناه احسب سرعة خروج الماء من الأنبوبة ؟



- س5 : احسب ضغط مائع في خزان متصل بمانومتر مغلق النهاية قراءته (5 cm) ؟
س6 : احسب ضغط الماء الموجود في خزان متصل بمانومتر مفتوح النهاية قراءته (3 cm) علما ان الضغط الجوي يعادل (760 mm Hg) ؟

س7 : ما هو أساس عمل الأجهزة الآتية :

البايروميتر – المزدوج الحراري – المقياس الدوار – مقياس فنطوري

س8 : اكمل الفراغات الآتية :

- ا - لوصف جريان مائع يجب معرفة سرعة المائع و----- و----- .
ب - أنواع جريان الموائع هي----- و----- .
ج - الضغط المطلق = ----- + ----- .
د - الباروميتر جهاز لقياس----- اما البايروميتر جهاز لقياس----- .

الفصل الثالث الغاز الطبيعي وغازات المصافي

الأهداف

- عند الانتهاء من دراسة هذا الفصل يكون الطالب قادراً على أن :
1. يعرف مكونات وخصائص الغاز الطبيعي .
 2. يعرف انواع غازات المصافي .
 3. يعرف ما هو الغاز التخليقي واهم مشتقاته .

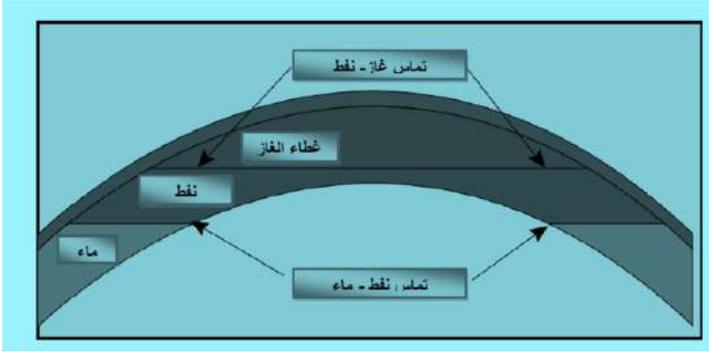
1-3 تمهيد

الغاز الطبيعي هو أحد الثروات الطبيعية التي وهبها الله للإنسان ويوجد على أعماق كبيرة في باطن الأرض وهو مصدر مهم للطاقة . عرفت جميع الحضارات القديمة الغاز الطبيعي كمصدر للطاقة فاستخدمه الصينيون في القرن الخامس قبل الميلاد لاستخراج الملح من مياه البحر، ومنها انتشر الى معظم بقاع الكرة الأرضية . في العصر الحديث كانت المملكة المتحدة أول من استخدم الغاز الطبيعي بطريقة منظمة وذلك في انارة الشوارع في عام 1785، وتبعها بعد ذلك بعض الدول الأوربية والولايات المتحدة الأمريكية . أدى التطور التكنولوجي والصناعي في عالم اليوم الى تعظيم استخدامات الغاز الطبيعي وتضخيم الكميات المستخرجة منه وتسهيل امكانية وكفاءة نقل الغاز عن طريق خطوط النقل (Pipelines) وهو ما أدى الى سرعة انتشار الغاز الطبيعي كوقود حول العالم .

2-3 الغاز الطبيعي وانواعه

الغاز الطبيعي هو أحد مصادر الطاقة من المحروقات عالية الكفاءة قليلة الكلفة قليلة الانبعاثات الملوثة للبيئة . يتكون الغاز الطبيعي من العوالق (Plankton) ، وهي كائنات مجهرية تتضمن الطحالب والكائنات الأولية التي ماتت وتراكمت في طبقات المحيطات والأرض ، وانضغطت البقايا تحت طبقات رسوبية. وعبر آلاف السنين قام الضغط والحرارة الناتجان عن الطبقات الرسوبية بتحويل هذه المواد العضوية إلى غاز طبيعي ، ولا يختلف الغاز الطبيعي في تكوينه كثيراً عن أنواع الوقود الحفري الأخرى مثل الفحم والبتروول . وحيث أن البتروول والغاز الطبيعي يتكونان تحت نفس الظروف الطبيعية ، فإن هذين المركبين الهيدروكربونيين عادةً ما يتواجدان معاً في حقول تحت الأرض أو الماء ، وعموماً الطبقات الرسوبية العضوية المدفونة في أعماق تتراوح بين 1000 – 6000 متر (عند درجات حرارة تتراوح بين 60 إلى 150 درجة مئوية) تنتج بترولاً بينما تلك المدفونة أعمق وعند درجات حرارة أعلى تنتج غازاً طبيعياً ، وكلما زاد عمق المصدر كلما كان أكثر جفافاً (أي تقل نسبة المتكثفات في الغاز) .

بعد التكون التدريجي في القشرة الأرضية يتسرب الغاز الطبيعي والبتترول ببطء إلى حفر صغيرة في الصخور المسامية القريبة التي تعمل كمستودعات لحفظ الخام ، ولأن هذه الصخور تكون عادةً مملوءة بالمياه ، فإن البترول والغاز الطبيعي – وكلاهما أخف من الماء وأقل كثافة من الصخور المحيطة – ينتقلان إلى الأعلى عبر القشرة الأرضية لمسافات طويلة أحياناً . في النهاية تُحبس بعض هذه المواد الهيدروكربونية المنتقلة إلى الأعلى في طبقة غير مسامية (لا ينفذ الماء من خلالها) من الصخور تُعرف بـ صخور الغطاء (Cap Rock)، ولأن الغاز الطبيعي أخف من البترول فيقوم بتكوين طبقة فوق البترول تسمى غطاء الغاز (Gas Cap) ، شكل (1-3) . ولا بد أن يصاحب البترول غاز يسمى بـ



شكل 1-3: غطاء الغاز

"الغاز المصاحب" (Associated Gas). كما

توجد كذلك حقول تحتوي فقط على الغاز

الطبيعي و هو ما يسمى "بالغاز غير

المصاحب" (Non Associated Gas)

أو "الغاز الحر" (Free Gas).

1-2-3 مكونات الغاز الطبيعي

الغاز الطبيعي عبارة عن مزيج من المواد الهيدروكربونية وجميع المكونات الهيدروكربونية للغاز الطبيعي هي من نوع البرافينات الخفيفة القابلة للاشتعال بسهولة بوجود الهواء و يعتبر غاز الميثان (CH_4) أكثر مكونات الغاز الطبيعي توفراً إذ تزيد نسبته عن 80% في أغلب الأحيان وهو أبسط الهيدروكربونات . ان الاستخدام الأساسي للميثان هو كوقود ، ويستخدم كمغذي (Feedstock) بتروكيماوي لإنتاج العديد من المواد الكيماوية وخاصةً الأمونيا والميثانول.

وبالإضافة إلى الميثان يحتوي الغاز الطبيعي الخام على كميات مختلفة من المركبات التالية:

- الإيثان (C_2H_6) الذي يستخدم كمغذي بتروكيماوي في إنتاج الأثيلين والبولي إثيلين وأحياناً كوقود .
- البروبان (C_3H_8) ويوجد بصورة طبيعية كغاز ولكن يمكن تحويله إلى سائل بالضغط والتبريد. ويستخدم كمغذي بتروكيماوي ، وفي الاستخدام المنزلي ، الاستخدام الزراعي ، الاستخدام الصناعي والنقل.

- البيوتان (C_4H_{10}) ويوجد بصورة طبيعية كغاز ويمكن تحويله إلى سائل بالضغط والتبريد. ويكون على نوعين الأيزوبيوتان (i - butane) والذي يستخدم بصورة أساسية لتصنيع مركبات الأيثر

وأهمها " ثلاثي - مثيل - بيوتيل - ايثر " ("MTBE "Methyl Tertiary Butyl Ether") كما يستعمل لإنتاج الكازولين، وإنتاج أكسيد البروبيلين. أما ن- بيوتان (n – butane) فهو يمزج في الغالب مع الكازولين لتنظيم ضغطه البخاري لتقديم تشغيل أفضل في الطقس البارد.

- بالإضافة إلى الهيدروكربونات القابلة للاحتراق توجد كميات متفاوتة من الغازات الأخرى غير القابلة للاحتراق. مثل النيتروجين (N_2) و كبريتيد الهيدروجين (H_2S) وثاني أكسيد الكربون (CO_2) وبعض الغازات الخاملة مثل الأرجون (Ar) والهيليوم (He). أن بعض معامل الغاز الطبيعي تقوم بتحويل H_2S إلى الكبريت. أن الاستخدامات الرئيسية للكبريت تتضمن صناعة المطاط، وإنتاج حامض الكبريتيك، وإنتاج البارود.
- قد يوجد الزئبق بكميات ضئيلة جدا معظمه بهيئته الخام، وقد يكون متحدا مع الكلور ومركبات أخرى.
- الماء على شكل بخار الماء والماء السائل.
- الكازولين الطبيعي Natural Gasoline : وهو مزيج من الهيدروكربونات التي تتألف من البنجان والهيدروكربونات الثقيلة، أن أهم استخدامات الكازولين الطبيعي هي في المصافي، وخاصة في وحدات الأزمره، كما يستخدم في الصناعات البتروكيمياوية لإنتاج الإيثيلين.

● المصطلحات المستخدمة في صناعة الغاز الطبيعي

- **غاز حامضي (Sour Gas)** إذا احتوي على الغازات الحامضية السامة مثل ثاني أكسيد الكربون (CO_2) أو كبريتيد الهيدروجين (H_2S).
- **غاز حلو (Sweet Gas)** إذا كان خاليا من الغازات الحامضية.
- **غاز رطب (Wet Gas)** إذا احتوى على كمية عالية نسبيا من البروبان والبيوتان والبنجان وسوائل هيدروكربونية أخرى إلى جانب الميثان والإيثان.
- **غاز جاف (Dry Gas)** إذا كان يتكون من الميثان والإيثان بصورة رئيسية ولا يحوي (أو يحوي على كميات قليلة) من الغازات الهيدروكربونية الأخرى.
- **الغاز الطبيعي المسال (Liquefied Natural Gas, LNG)** هو خليط من الميثان والأيثان وبالإمكان تسييله باستعمال الضغط والتبريد معا.
- **الغاز الطبيعي المضغوط (Compressed Natural Gas, CNG)** هو ميثان مخزن تحت ضغط عال. حيث يضغط الغاز الطبيعي حتى ينخفض حجمه إلى أقل من 1% من الحجم الذي يشغله في الضغط الجوي القياسي ويمكن استخدامه كبديل للكازولين، وقود الديزل والبروبان. قد يجمع الغاز المضغوط من مكبات القمامة أو وحدات معالجة مياه الصرف الصحي حيث يعرف بالغاز الحيوي.
- **غاز البترول المسال (Liquified Petroleum Gas, LPG)** فهو خليط من البروبان والبيوتان بصورة رئيسية وبالإمكان تسييله باستعمال الضغط إلى حد 20 ضغطا جويا وبدون تبريد. ويتم ضغطه وتسييله ثم تخزينه في اسطوانات غاز، ويستخدم بصورة أساسية كوقود في طبخ الطعام

-سوائل الغاز الطبيعي : (Natural Gas Liquids, NGLs) وتتضمن جميع الهيدروكربونات المُسالمة مثل: الأيثان ، والبروبان، والبيوتان ، والجازولين.

2-2-3 خصائص الغاز الطبيعي

ان معرفة خصائص الغاز الطبيعي أمر أساسي في تصميم منظومات أنتاج ومعالجة الغاز الطبيعي ومن المهم جداً معرفة مكونات الغاز الطبيعي لأنها تساعد على معرفة خصائصه. والغاز الطبيعي عديم اللون والرائحة ، لأغراض الأمان تتم إضافة رائحة مميزة اليه عند النقل لتحسس حالات التسرب ، وهو أخف من الهواء بحوالي 0.6 – 0.8 ، وفي حالات التسرب فإنه يتشتت الى أعلى ويختفي في الهواء ، ويشتعل الغاز الطبيعي مع الهواء بنسبة 5 – 5% ، وهو وقود نظيف لا يسبب الضرر للبيئة عند الأشتعال عند مقارنته بالأنواع الأخرى من الوقود.

(a) الوزن النوعي Specific Gravity :

وهو النسبة بين الوزن الجزيئي للغاز الطبيعي الى الوزن الجزيئي للهواء ، ورمزها γ_g ، علماً أن الوزن الجزيئي للهواء يساوي 28.97 (أوكسجين 21% – نيتروجين 79%) وبذلك تحسب الكثافة النسبية للغاز من خلال المعادلة التالية :

$$\gamma_g = \frac{MW_g}{28.97} \quad (1 - 3)$$

ويمكن احتساب مكونات الغاز مختبرياً ، وذكر النسب المولية *Mole fractions*، y_i ولتكن MW_i الوزن الجزيئي للمركب i ، فإن الوزن الجزيئي للغاز يحسب بالمعادلة التالية :

$$MW_g = \sum_{i=1}^{N_c} y_i MW_i \quad (2 - 3)$$

حيث أن MW_i هو الوزن الجزيئي للمركب i ، و N_c هو عدد المركبات ، ويمكن أيجاد الأوزان الجزيئية للمركبات في كتب الكيمياء العضوية والمركبات البترولية .

$$y_i = \frac{\text{عدد مولات المركب في الغاز}}{\text{عدد مولات الغاز الكلية}}$$

مثال (1-3):

أحسب الوزن النوعي للغاز الطبيعي الذي تركيبه كالتالي:

عدد المولات	المركبات
85	الميثان (CH ₄)
9	الايثان (C ₂ H ₆)
4	البروبان (C ₃ H ₈)
2	البيوتان (C ₅ H ₁₂)
100	المجموع

الحل:

أولاً : احسب النسب المولية للمركب في الغاز

$$y_i = \frac{\text{عدد مولات المركب في الغاز}}{\text{عدد مولات الغاز الكلية}}$$

ثانياً : احسب الوزن الجزيئي للغاز

$$MW_g = \sum_{i=1}^{N_c} y_i MW_i$$

ثالثاً : احسب الوزن النوعي للغاز

$$\gamma_g = \frac{MW_g}{28.97}$$

$$\gamma_g = \frac{19.22}{28.97} = 0.66$$

∴ الوزن النوعي للغاز الطبيعي = 0.66

المركبات	النسب المولية, (y _i)	MW _i	y _i × MW _i
الميثان (CH ₄)	0.85	16	13.60
الايثان (C ₂ H ₆)	0.09	30	2.70
البروبان (C ₃ H ₈)	0.04	44	1.76
البيوتان (C ₅ H ₁₂)	0.02	58	1.16
المجموع	1.00	(MW _g)	19.22

(b) عامل الانضغاطية Compressibility Factor :

ويسمى أيضاً بـ عامل الحيد أو بـ **Z – factor** وهو القيمة التي تعكس حيد الغاز الحقيقي عن الغاز المثالي (الغازات التي تتبع قانون بويل ، وقانون شارل) وكالاتي:

$$z = \frac{V_{actual}}{V_{ideal\ gas}} \quad (4 - 3)$$

وبصفة عامة ، يكون حيود الغازات الحقيقية عن السلوك المثالي أكثر وضوحاً عند الضغوط العالية ، وعند درجات الحرارة المنخفضة . وبوضع عامل الانضغاطية في قانون الغاز المثالي:

$$PV = nzRT \quad (5 - 3)$$

يمكن تحديد عامل الانضغاطية من خلال قياسات المختبر ، ولكمية معلومة من الغاز إذا كانت الحرارة ثابتة والحجم قد تم قياسه تحت ضغط مقداره $1\ bar$ فإن معامل الانضغاطية يمكن حسابه بالمعادلة التالية :

$$z = \frac{P_1 V_1}{1 V_0} \quad (6 - 3)$$

حيث أن V_0 و V_1 هي حجوم الغاز في ضغط $1\ bar$ و P_1 على التوالي .

(c) كثافة الغاز Gas Density :

بما أن الغاز الطبيعي قابل للانضغاط ، فإن كثافته تعتمد على ضغطه ودرجة حرارته ، ويمكن احتسابها من خلال قانون الغاز المثالي ، أو الغاز الحقيقي لدقة أكثر.

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{MW_g P}{zRT} \quad (7 - 3)$$

حيث:

كتلة الغاز : m

حجم الغاز : V

الوزن الجزيئي للغاز : MW_g

ضغط الغاز : P

عامل الانضغاطية : z

R : ثابت الغاز = $8.314\ m^3\ Pa\ K^{-1}\ mol^{-1}$ في نظام الوحدات العالمي (SI)

أو $10.73\ ft^3\ psi\ R^{-1}\ lbmol^{-1}$ في نظام الوحدات البريطاني

T : درجة الحرارة المطلقة

مثال (2-3): احسب كثافة الغاز الطبيعي الذي وزنه النوعي = 0.75 في ضغط 667 psi و درجة حرارة °F اذا كان معامل انضغاط الغاز = 0.98.

الحل :

اولا : احسب الوزن الجزيئي للغاز

$$\gamma_g = \frac{MW_g}{28.97}$$

$$0.75 = \frac{MW_g}{28.97}$$

$$\therefore MW_g = 21.7$$

ثانيا : احسب كثافة الغاز

$$\rho = \frac{MW_g P}{zRT}$$

$$\rho = \frac{21.7 \times 667}{0.98 \times 10.73 \times (20 + 460)} = 2.8 \text{ lb/ft}^3$$

(d) اللزوجة (Viscosity):

أن لزوجة الغاز هي عبارة عن مقدار مقاومته للتدفق ، وعادةً ما تستعمل اللزوجة الديناميكية *Dynamic Viscosity* مع الغاز الطبيعي ، ويرمز للزوجة الديناميكية بالرمز μ_g وتكون وحداتها *centipoise (cP)* حيث ان :

$$1 P(\text{Poise}) = 0.1 \text{ pascal. second (Pa. s)} \quad (8 - 3)$$

$$1cP(\text{centipoise}) = 0.001Pa.s = 0.001 N \cdot s/m^2 \quad (9 - 3)$$

أما اللزوجة الكينماتيكية ν_g فهي مرتبطة باللزوجة الديناميكية عن طريق الكثافة ρ_g وكالاتي:

$$\nu_g = \frac{\mu_g}{\rho_g} \quad (10 - 3)$$

علماً أن اللزوجة الكينماتيكية لا تستعمل مع الغاز الطبيعي.

3-2-3 معالجة الغاز الطبيعي

هناك نوعان من الاستخدامات الأساسية للغاز الطبيعي : كوقود ، أو في الصناعات البتروكيمياوية . وبناء على ذلك هناك ثلاثة أسباب لمعالجة الغاز الطبيعي :

- التنقية (Purification) : إزالة بعض المكونات سواء كانت ثمينة أو لا ، والتي تمنع استخدام الغاز في الصناعة .

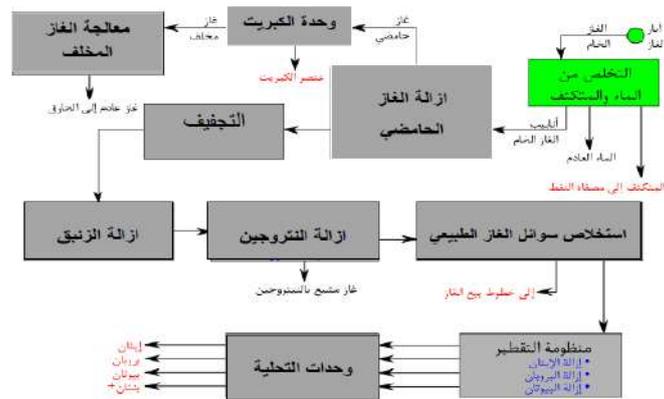
- الفصل (Separation) : فصل المكونات من الغاز مثل : الأيثان – البروبان – الهليوم.
- التسييل (Liquefaction) : زيادة الكثافة لأغراض النقل والخرن .

ولذلك فإن أية عملية معالجة يجب أن تندرج تحت أحد العمليتين: الفصل والتنقية. فعلى سبيل المثال عند إزالة كمية قليلة من غاز H_2S أو حرقها فإن هذه العملية هي عملية تنقية ، أما عند إزالة كمية كبيرة منه واستخلاص الكبريت منها فإن هذه العملية تعتبر عملية فصل .

عادة ما يجمع الغاز الطبيعي الخام من عدة آبار متجاورة حيث يتم تخليصه من الماء السائل الحر (Free Water) ومن متكثف الغاز الطبيعي (Natural Gas Liquids). الماء المستخلص يتم التخلص منه كميته عادمة ، أما متكثف الغاز فيرسل إلى محطات تنقية النفط . بعد ذلك ، يساق الغاز بواسطة الأنابيب إلى منشأة معالجة الغاز.

يوضح الشكل (2-3) أهم العمليات التي تجرى على الغاز الطبيعي الخام في وحدات منشأة معالجة الغاز وكما يلي :

- إزالة الغازات الحامضية (كبريتيد الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون) .
- ترسل الغازات الحامضية المستخلصة من الغاز إلى وحدة معالجة الكبريت التي تحول كبريتيد الهيدروجين الموجود في الغاز الحامضي إلى عنصر الكبريت . الغازات غير المتحولة عادة تسمى "الغازات المتخلفة" وتخضع لعمليات معالجة إضافية في وحدة معالجة الغازات المتخلفة لاستخلاص ما تسرب من المواد المحتوية على الكبريت وإعادةها إلى وحدة الكبريت .
- بعد التخلص من الغازات الحامضية يرسل الغاز الطبيعي إلى وحدة التجفيف للتخلص من بخار الماء الموجود في الغاز .
- يلي وحدة التجفيف وحدة إزالة الزئبق والخطوة التالية يتم فيها إزالة النيتروجين .
- بعد ذلك ، تكون عملية استخلاص سوائل الغاز الطبيعي والتي تتم في أغلب منشآت معالجة الغاز الكبيرة الحديثة بواسطة التقطير . الغاز الناتج بعد عملية استخلاص سوائل الغاز الطبيعي هو المنتج النهائي من الغاز الجاهز للتسويق لأغراض الاستهلاك.



شكل 2-3 : وحدات منشآت معالجة الغاز الطبيعي



3-3 غازات المصافي (Refinery Gases)

تظهر غازات المصافي ، شكل (3-3) ، بصورة عرضية في عمليات تصفية البترول المختلفة، وفيما يأتي أهم أنواعها :

شكل 3-3: غازات المصافي

1-3-3 غازات التقطير (Distillation Gases)

يوجد في البترول الخام حسب مصدره كميات مختلفة من الغازات الهيدروكربونية ذائبة فيه. وعند اجراء عملية التقطير تفصل هذه الغازات كناتج اولي من اعلى برج التقطير (Distillation Column) ، واحيانا مع القطفة الخفيفة (النفثا الخفيفة). وتختلف حصيلة الغاز وتركيبه ، حسب نوع البترول الخام ، ويحوي على كمية من الهيدروكربونات الغازية الثقيلة وهي مركبات مشبعة. وتستخدم في انتاج غاز البترول المسال (LPG) وكوقود في وحدات التصفية المختلفة. ويبين الجدول (1-3) معدل تركيب غاز التقطير.

2-3-3 غازات التكسير (Cracking Gases)

يحصل على غازات التكسير كناتج عرضي عند اجراء عمليات التكسير على القطفات النفطية بهدف الحصول على بنزين المحركات والمشتقات الوسطية. تتوقف كمية وتركيب الغاز، بصورة اساسية على نوع التكسير (تكسير حراري أو بالعامل المساعد) وعلى ظروف العمل من درجة الحرارة والضغط وزمن التفاعل .

جدول (1-3) معدل مكونات الغاز المستحصل عند تقطير النفط الخام (بالمائة حجما)

المكونات	النسبة (بالمائة حجما)
ميثان	5
ايثان	10
بروبان	30
بيوتان	35
بنتان وهيدروكربونات اثقل	20

تعطي عمليات التكسير الحراري حصيلة اكبر من الغاز، مقارنة بعمليات التكسير بالعامل المساعد . كما ان درجة الحرارة العالية والضغط الواطئ نسبيا تزيدان من كمية الغاز . ويعطي الجدول (2-3) مقارنة في حصيلة وتركيب غازات التكسير المستخلصة من مختلف العمليات لزيت الغاز.

جدول (2-3) معدل حسيلة وتركيبي غازات التكريير

التكريير الحراري	التكريير تحت الضغط	التكريير بالعامل المساعد	الحسيلة % وزنا تركيبي الغاز (% حجما)
25 – 20	12 – 10	12 – 8	الهيدروجين
7	3	7	الميثان
30	35	18	الأثلين
24	3	5	الأيثان
12	20	9	البرولين
14	7	16	البروبان
4	15	14	البيوتان
3	10	21	البيوتين
6	7	10	

3-3-3 غازات التهذيب (Reforming Gases)

هناك منتجات غازية تظهر في وحدات التصفية لمعالجة البنزين والمشتقات الأخرى. فعند إجراء عملية التهذيب للبنزين بهدف رفع العدد الأوكتاني ، ينتج خليط من الغازات الهيدروجينية الغنية بالهيدروجين . وتتوقف حسيلة وتركيبي الغاز على نوع التهذيب وظروف العمل . ويحصل على كمية من الغاز الرطب الغني بالبروبان والبيوتان عند تثبيت البنزين ، اي فصل الغازات الذائبة فيه. ونظرا لطبيعة التفاعلات الكيميائية اثناء التهذيب ، تنتج كميات من الهيدروجين الذي يفصل ويستخدم في المصفي أو في عمليات اخرى .

4-3-3 غازات المعالجة بالهيدروجين (Hydrotreating Gases)

ينتج الغاز الغني بالهيدروجين في وحدات المعالجة بالهيدروجين (وحدات الهدرجة) لإزالة الكبريت من مختلف المشتقات البترولية.

4-3 الغاز الطبيعي التخليقي (Synthetic Natural Gas, SNG)

1-4-3 تفاعلات الميثان - بخار الماء

ينتج من تفاعل الميثان CH_4 مع بخار الماء عند درجة 700 – 800 °م بوجود عامل مساعد مزيج من غازي الهيدروجين وأول أكسيد الكربون ، والذي يسمى غاز التخليق أو الغاز الصناعي (Syngas) أو (Synthesis Gas)



والذي يمكن تحضيره أيضاً من تفاعل بخار الماء مع الفحم



لقد جاءت تسمية غاز التخليق بسبب استخدامه كمادة وسيطة لإنتاج الغاز الطبيعي التخليقي وإنتاج الأمونيا أو الميثانول في الصناعة .

يصنع الغاز الطبيعي التخليقي ذو المحتوى العالي من الميثان بطريقتين :

أ- عند تفاعل غاز التخليق بوجود العامل المساعد



ب- يتم الحصول على الغاز الطبيعي التخليقي أيضا عند تحويل النفط بوجود العامل المساعد وبعده مراحل :



2-4-3 تفاعلات الميثان - أوكسجين

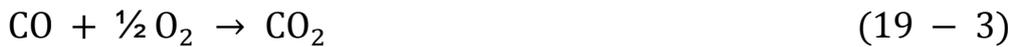
يوجد العديد من الخطوات عند احتراق الميثان:



- يتحول الميثان إلى الجذر ميثيل CH_3 ، والذي يتحول إلى فورمالدهيد (H_2CO أو $HCHO$) .
- يتحول الفورمالدهيد إلى الجذر فورمال HCO ، والذي بدوره يكون أول أكسيد الكربون CO . وهذه العملية يطلق عليها تحلل حراري تأكسدي.
- بعد عملية الانحلال الحراري التأكسدية يتأكسد H_2 مشكلاً H_2O ، ويطلق حرارة . ويحدث هذا بسرعة عالية جدا ، في وقت أقل من جزء من الثانية .



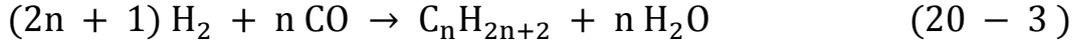
- وأخيرا، يتأكسد CO ليكون CO_2 وينطلق مزيد من الحرارة. وهذه العملية أبطأ الخطوات وتحتاج بضع ثواني لتكتمل .



3-4-3 تفاعلات فشر- ترويش

عملية فشر- ترويش تعني هدرجة اول اوكسيد الكربون بوجود عامل مساعد من الحديد أو الكوبلت لإنتاج خليط من الهيدروكربونات الأليفاتية ذات الصيغة الجزيئية C_nH_{2n+2} . يستعمل كمصدر

لوقود البنزين والديزل كما ويحوي الناتج على مركبات اوكسجينية مثل الكحول من تفاعلات جانبية



حيث n في الغالب 10 - 20. تتم العملية تحت ضغط 1 - 30 جو ودرجة حرارة تتراوح بين 150 - 300 م°.

تجرى عدة تفاعلات للسيطرة على نسبة خليط H₂/CO . اهمها هو تفاعل التحويل (Shift Reaction) عند معاملة اول اوكسيد الكربون مع بخار الماء.



وبالنسبة لمعامل فشر- ترويش التي تستخدم الميثان كمغذي هناك تفاعل اخر مهم هو تفاعل التهذيب البخاري (Steam Reforming) والذي يحول الميثان الى اول اوكسيد الكربون والهيدروجين.

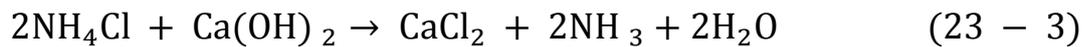


5-3 الامونيا

هو غاز قلوي لا لون له. يتشكل من جزء نتروجين واحد وثلاثة أجزاء هيدروجين ، وهو أخف من الهواء وله رائحة نفاذة مميزة. الصيغة الكيميائية له هي NH₃ .

1-5-3 تحضير الامونيا في المختبر

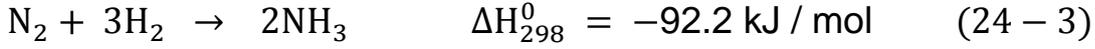
يتم تحضير الأمونيا في المختبر بتسخين أحد أملاح الأمونيوم مع هيدروكسيد الصوديوم. ويمكن أن يعرف غاز الأمونيا من رائحته وبقدرته على تحويل ورق دوار الشمس الرطب من الأحمر إلى الأزرق دلالة على قاعدته. مثلاً يمكن تحضيره بتسخين كلوريد الأمونيوم مع الجير المطفأ الجاف أو NaOH .



2-5-3 صناعة الامونيا بطريقة هابر - بوش

تجري عن طريق التفاعل المباشر بين النتروجين والهيدروجين عند ضغوط مرتفعة بوجود عامل مساعد . إن كلا من الغازين يمكن الحصول عليهما بسهولة لتوفرهما . يتم مزج حجم واحد من النتروجين مع ثلاثة حجوم من الهيدروجين تحت ضغط مرتفع ودرجة حرارة عالية (300 ضغط جوي، 475 م°)

وبوجود عامل مساعد من أكسيد الحديد المنشط وبعض أكاسيد المعادن مثل: أكسيد الألومنيوم هذا وتزداد نسبة الأمونيا بازدياد الضغط وانخفاض درجة الحرارة .

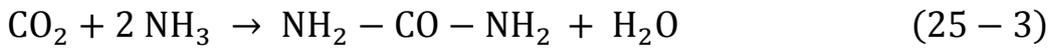


كما يمكن الحصول على الأمونيا كمنتج ثانوي أثناء إنتاج الفحم الحجري وغاز الكوك .

3-5-3 استعمالات الامونيا

- يستخدم غاز الأمونيا بشكل واسع كسماد مخصبا . وتعتبر نترات الأمونيوم وأملاح الأمونيوم الأخرى أسمدة جيدة وتساعد في زيادة إنتاج المحصول لأنها تحتوي على نسبة عالية من النتروجين . وتقدر الكمية المستعملة من الأمونيا في صناعة الأسمدة ب 75% من إنتاج الأمونيا ومن أهمها سماد اليوريا.
- تعتبر الأمونيا مادة جوهرية في صناعة الكثير من المواد الكيميائية والبلاستيكية والفيتامينات والعقاقير . مثلا تقوم الأمونيا بدور العامل المساعد في صناعة مواد بلاستيكية مثل : الراتنج الصناعي ، راتنج الميلامين .

تنتج اليوريا من تفاعل الأمونيا مع ثاني اوكسيد الكربون تحت درجات الحرارة العالية والضغط العالي ، كما في المعادلة الآتية :



تجري عمليات التفاعل في درجة حرارة 193°C بين الأمونيا وثاني اوكسيد الكربون لإنتاج المركب الوسيط وهو الكربامايث ، كما في المعادلة الآتية:



ويتحلل هذا المركب لينتج اليوريا والماء كما في المعادلة الآتية:



ترسل نواتج التفاعل الى فاصل الأمونيا الفائضة حيث يتم فصل معظم الأمونيا وتكثف لارجاعها الى خزان الأمونيا. بينما يرسل مزيج اليوريا والماء الى قسم البلورة حيث تجري عملية تبخير المحلول فيتركز المحلول الى فوق الأشباع وتتكون بلورات اليوريا.

6-3 الكحول المثيلي (الميثانول)

هو مركب هيدروكربوني يتألف من الكربون والهيدروجين والأوكسجين الذي ينتمي إلى صنف الكحولات . صيغته العامة هي CH_3OH ، ويدعى أيضا كحول الخشب لإمكانية تحضيره من التقطير الاتلافي للخشب (أو حرق الخشب وتقطيره بعزله عن الهواء) ، بحيث يعتبر من أحد العناصر المكونة

للكثير من المركبات الكيميائية والمنتجات ذات الاستعمال اليومي ، و يمكن استخدامه لأغراض صناعية واسعة .

1-6-3 التفاعلات الكيميائية للميثانول

للميثانول تفاعلات كيميائية متعددة أهمها:

1- تفاعل الأكسدة : ينتج عن أكسدة الكحول الميثيلي مادة الميثانال (الفورمالدهيد) حيث يعد مكونا مهما في صناعة اللدائن، مانع لتآكل المعادن، صناعة المواد الصيدلانية...الخ، ويتأكسد حسب المعادلة الآتية :



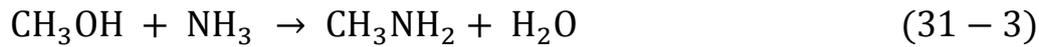
2- تفاعل الميثانول مع أول أكسيد الكربون: ان تفاعل الكحول الميثيلي مع أول أكسيد الكربون ينتج حامض الخليك الذي يستخدم في إنتاج الأسيرين، كمادة مساعدة في صناعة الورق وصناعة خلاص السليلوز التي تستخدم في صناعة الألياف...الخ، ويتأكسد حسب المعادلة الآتية :



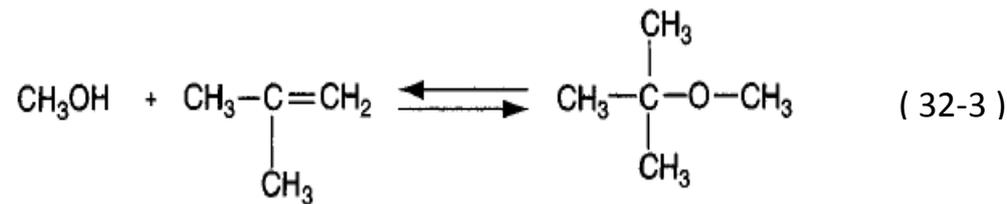
3- تفاعل الميثانول مع كلوريد الهيدروجين: ينتج عن هذا التفاعل مادة كلوريد الميثيل ، التي تستخدم في صناعة السيلكون ، إضافة إلى صناعة مطاط البيوتيل...الخ ، حسب المعادلة التالية:



4- تفاعل الميثانول مع الأمونيا: ينتج من تفاعل الأمونيا مع الكحول الميثيلي مادة أمينات الميثانول. وتستخدم في إنتاج مبيدات الحشرات ، وفي دباغة الجلود...الخ، حسب المعادلة التالية:



5- تفاعل الميثانول مع الايزوبيوتيلين : تنتج عنه مثيل ثلاثي بيوتيل الايثر، يستخدم كمذيب ، وفي الصناعات البتروكيمياوية...الخ، حسب المعادلة التالية :



6- تفاعل الميثانول مع الزايلين المؤكسد: ينتج عن هذا التفاعل مادة ثنائي مثيل ترفثاليت، تستخدم لإنتاج ألياف البولي استر، صناعات علب الأغذية والمشروبات...الخ.

3-6-2 صناعة الميثانول

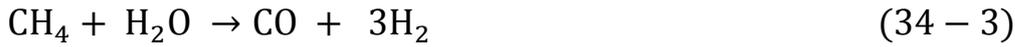
يصنع الميثانول من غاز التخليق (Syngas) منذ عام 1923 بالطريقة نفسها التي ينتج بها اليوم وتتم عملية تصنيعه وفق المراحل التالية :

او كسيد النيكل



1- مرحلة تنقية الغاز الطبيعي من مركبات الكبريت (Desulphurization) : يؤدي وجود المركبات الكبريتية إلى تسمم العامل المساعد وبالتالي يقلل أو يعدم فعاليته . ويتم التخلص من المركبات الكبريتية الموجودة مع الميثان عن طريق استخدام الكربون المنشط .

2- مرحلة التشكيل الكيميائي للغاز الطبيعي: وتتم عن طريق تسخين الميثان ومزجه مع ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء ويمرر الخليط فوق عامل مساعد مثل النيكل، ،يجري التفاعل عند درجة حرارة بحدود 800°C فيتحول الميثان إلى أول او كسيد الكربون والهيدروجين (غاز التخليق) كما هو موضح في المعادلة الآتية :



3- مرحلة إنتاج الميثانول الخام : تتم هذه المرحلة باستخدام مفاعل إنتاج الميثانول. وتحتوي نواتج التفاعل على 5 - 20 % ميثانول فقط، إذ أن عملية التحويل تتم في اتجاه واحد ببطء، وبعد التبريد وخفض الضغوط يفصل الميثانول السائل اما باقي غاز التخليق غير المتفاعل فيتم تدويره إلى المفاعل مرة أخرى.

4- مرحلة التقطير وتنقية الميثانول الخام: تستخدم طريقة التقطير لتنقية الميثانول الخام والوصول به إلى المنتج النهائي حسب المواصفات العالمية.

3-6-3 استعمالات الميثانول

يستخدم في عدة مجالات عديدة منها :

(a) يستخدم كمادة خام في العديد من الصناعات الكيميائية مثل صناعة الفورمالدهيد وحامض الخليك.

(b) صناعة المستحضرات الطبية .

(c) صناعة اللدائن (البلاستيك) .

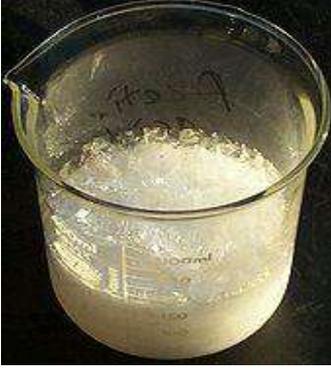
(d) تطبيقات في خلايا الوقود ، التي تعتمد على تفكيك الميثانول لتوليد الطاقة .

(e) مذيب جيد لبعض المواد العضوية .

(f) يستخدم في رش الاسطح الخارجية للطائرات لإزالة الجليد عنها حيث يذوب الميثانول. في الجليد (الماء) فتتخفض درجة تجمد المحلول (انصهار الجليد) .

(g) وقود عالي النقاوة لبعض المكائن، السيارات وفي المنازل.

3 - 7 حامض الخليك



يعرف حامض الخليك أيضا باسم حامض الإيثانويك ، وصيغته CH_3COOH وهو مركب كيميائي عضوي ، وحامض كربوكسيلي عضوي ، يعطي للخل طعمه الحامض ورائحته النفاذة. حامض الخليك النقي والخالي من الماء (حامض الخليك الجليدي) هو سائل عديم اللون يمتص الماء من الجو المحيط ويتجمد تحت $16.7^\circ C$ م إلى بلورات صلبة

عديمة اللون ، شكل (3-4) .

شك 3-4: بلورات حامض الخليك

حامض الخليك هو مادة تسبب التآكل ، وهو حامض ضعيف لأنه في الظروف القياسية لدرجة الحرارة والضغط . يتواجد الحامض المتفكك في توازن مع الشكل غير المتفكك في شكل محاليل مائية ، على النقيض من الحوامض القوية ، التي تنفصل تمامًا .

حامض الخليك هو واحد من أبسط الحوامض الكربوكسيلية وثاني أبسط حامض بعد حامض الفورميك . وهو كاشف كيميائي مهم ومادة كيميائية صناعية تستخدم في إنتاج البولي إيثيلين تيريفثاليت ، والبولي إستر المستخدم في صناعة حاويات المياه التجارية والمشروبات الغازية و خلاص السيليلوز المستخدمة بشكل أساسي في تصنيع أفلام التصوير و خلاص البولي فينيل المستخدمة في تصنيع غراء الخشب ، فضلا عن الألياف الصناعية والأقمشة.

يصنع حامض الخليك بطريقتين:

1- التقطير الإتلافي للخشب .

2- تخمر الكحول الإيثيلي بواسطة بكتيريا خاصة تعرف ببكتيريا حمض الخليك ، وتتكاثر هذه البكتيريا على سطح الكحول وتؤكسد الكحول الإيثيلي بأوكسجين الجو محولة إياه إلى حمض الخليك.

خلاصة الفصل الثالث

- الغاز الطبيعي واحد من أفضل مصادر الطاقة الصديقة للبيئة، وهو من أنواع الوقود الأحفورية كالنفط والفحم تشكل في باطن الأرض من بقايا النباتات والحيوانات والجزئيات الحية التي عاشت قبل ملايين السنين.
- مصادر الغاز الطبيعي تكون على نوعين الأول: الغاز الحر الذي يوجد في حقول حرة تحت اعماق الارض ويكون على الاغلب من النوع الجاف والثاني: الغاز المصاحب والذي يظهر مصاحب للبترول عند استخراجها من اعماق الارض ويفصل في محطات عزل الغاز (تثبيت النفط).
- الغاز الطبيعي عبارة عن مزيج من المواد الهيدروكربونية البرافينية الخفيفة القابلة للاشتعال بسهولة بوجود الهواء. يتكون الغاز الطبيعي الخام بصورة رئيسية من الميثان اضافة الى كميات متفاوتة من هيدروكربونات أثقل هي الأيثان، البروبان ، البيوتان، البنتان وهيدروكربونات أثقل.
- معالجة الغاز الطبيعي هي مجموعة من العمليات يتم فيها تنقية الغاز الطبيعي الخام بعد استخراجها من آبار الغاز ودفعه للسطح. بعد معالجته يكوّن غاز الميثان جلاً محتوى الغاز الطبيعي والذي تصبح خصائصه عند ذلك مختلفة إلى حد كبير عن خصائص الغاز الخام. يستخدم الغاز الطبيعي المعالج كوقود للاستهلاك السكاني والتجاري والصناعي.
- تظهر غازات المصافي بصورة عرضية في عمليات تصفية البترول المختلفة، وأهم أنواعها: غازات التقطير، غازات التكسير، غازات التهذيب، وغازات المعالجة بالهيدروجين.
- ينتج من تفاعل الميثان مع بخار الماء عند درجة 700 – 800 °م بوجود عامل مساعد مزيج من غازي الهيدروجين وأول أكسيد الكربون ، والذي يسمى غاز التخليق أو الغاز الصناعي
- عملية فشر- ترويش تعني هدرجة اول اوكسيد الكاربون بوجود عامل مساعد من الحديد أو الكوبلت لانتاج خليط من الهيدروكربونات الأليفاتية.

أسئلة الفصل

س1- ما المقصود بما يأتي :

- الغاز المصاحب.
- سوائل الغاز الطبيعي.
- الغاز الحامضي.
- غاز البترول المسال.
- غاز التخليق.

س2- مم يتكون الغاز الطبيعي.

س3- غاز طبيعي يحتوي على التركيب (بالنسبة المئوية الحجمية) الآتي :

CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	CO ₂	H ₂ S
87.1	8.4	2.3	1.6	0.6

أوجد ما يأتي :

- التركيب بالمول نسبة مئوية.
- الوزن الجزيئي للغاز.

س4- احسب الوزن الجزيئي لغاز كثافته 2.5 g/L. (المول الواحد من أي غاز يشغل حجماً مقداره (22.4L) في الظروف القياسية.

س5- كم هي كثافة غاز الميثان (CH₄) عند 20°C ، وضغط 506 N/m² إذا كان معامل الانضغاط 1.0.

س6- احسب كتلة الغاز الطبيعي الذي وزنه النوعي 0.75 والذي يشغل حجم 1000 ft³ في الفراغ عند ضغط 1500 psi ودرجة حرارة 405 R إذا كان معامل الانضغاط 0.51.

س7- ارسم مخطط يوضح اهم وحدات منشآت معالجة الغاز الطبيعي.

س8- قارن بين غازات التقطير وغازات التكسير.

س9- عرف ما يأتي :

- عملية فشر ترويش.
- تفاعل هابر- بوش.

س10- ماهي اهم استعمالات الميثانول.

الفصل الرابع البرافينات أو الكانات

الاهداف

بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادرا على ان :

- 1 – يميز المركبات البرافينية .
- 2 – يطبق النظام الدولي في تسمية البرافينات .
- 3 – يفهم عملية تكوين مجاميع الالكيل والايزومرات والسلسلة المتشاكله .
- 4 – يدرك أهمية الخواص الفيزيائية للالكانات .
- 5 – يتعرف على التفاعلات الكيميائية للالكانات .

4 – 1 تمهيد

الهيدروكربونات مركبات عضوية تتكون بصورة رئيسية من الكربون و الهيدروجين وتعتبر أساسا للعديد من المركبات العضوية وهي بداية لتكوين مختلف المركبات العضوية الأخرى . ويعتمد نظام التصنيف فيها على الهيكل الكربوني للهيدروكربون يضاف اليه المجموعة الوظيفية مثل الهيدروكسيل, الخلات , الأمين.

وتقسم عائلة الهيدروكربونات إلى قسمين رئيسيين وهي :

– الهيدروكربونات الأليفاتية مفتوحة السلسلة او الحلقية وتسمى البرافينات.

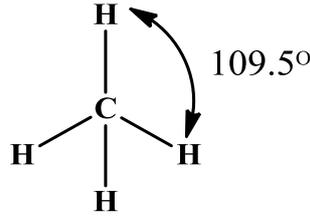
– الهيدروكربونات العطرية (الاروماتية) البنزين ومشتقاته.

ويتميز هذان الصنفان عن بعضهما استناداً إلى الصيغة التركيبية و ميزاتهما العطرية وعلى أساس اختلاف تفاعلاتها الكيميائية الذي يعود إلى اختلاف طبيعة الأصرة الكيميائية في جزيئاتها، وتقسم الهيدروكربونات الأليفاتية سواء كانت مفتوحة السلسلة أو حلقية إلى مركبات مشبعة او غير مشبعة فالمركبات الهيدروكربونية المشبعة هي الالكانات او البرافينات .

4 – 2 الالكانات أو البرافينات Alkanes

مركبات عضوية مشبعة مفتوحة السلسلة او حلقية (Cyclic) تكون فيها أواصر كربون – كربون (C – C) وكربون – هيدروجين (C – H) تساهمية و قوية. قانونها العام (C_nH_{2n+2}) حيث يمثل (n) عدد ذرات الكربون ويكون رقم صحيح .

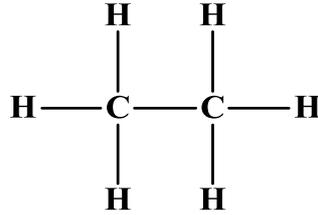
ويعتبر الميثان CH_4 أبسط أنواع الالكانات حيث يتكون من ذرة كربون واحدة واربعة ذرات هيدروجين مشكلة هرم رباعي السطوح الزاوية بين ذرات الهيدروجين 109.5° .



والميثان غاز يخرج من قيعان المستنقعات نتيجة التحلل اللاهوائي و تفسخ بقايا النباتات بفعل البكتيريا اللاهوائية . كما يمكن ان يحصل على غاز الميثان من التقطير الاتلافي للخشب . أما المصدر الأساسي الصناعي للميثان في الوقت الحاضر فهو الغاز الطبيعي حيث يكون غاز الميثان (97 %) من مكوناته.

والميثان غاز عديم اللون والرائحة يذوب في المذيبات العضوية الكحول والايثر والكازولين ولا يذوب في الماء ، وصفاته الفيزيائية او الكيميائية تمثل نموذج لصفات مركبات الالكانات او البرافينات الأخرى التي تليه.

الالكان الثاني الذي يلي الميثان هو الايثان C_2H_6 الذي يتكون من ذرتي كاربون مرتبطة مع بعضها بأواصر قوية و تكون كل ذرة كاربون مرتبطة بدورها بثلاث ذرات هيدروجين لتكون التركيب الآتي :



وكما يلاحظ ان القانون العام للالكانات (C_nH_{2n+2}) ينطبق في حالة الايثان أيضا. وهكذا فان زيادة ذرات الكاربون يؤدي إلى الحصول على الكانات أخرى والجدول (4 - 1) ، يوضح عدد من الالكانات التي تختلف الواحدة عن الأخرى بمجموعة مثيلين (CH_2) لتكون سلسلة تسمى السلسلة المتشاكلة او المتشابهة (Isomers) وتتماثل الصفات الكيميائية و الفيزيائية لهذه السلسلة.

جدول (4 - 1) بعض الصفات الفيزيائية للهيدروكربونات المشبعة

الاسم	الصيغة	درجة الانصهار (م)	درجة الغليان (م)	الكثافة غم / مل
ميثان	CH ₄	183-	162-	0,42
ايثان	C ₂ H ₄	172-	89-	0,54
بروبان	C ₃ H ₈	187-	42-	0,58
بيوتان	C ₄ H ₁₀	135-	0.5-	0,57
د- بنتان	C ₅ H ₁₂	130-	36	0,62
د- هكسان	C ₆ H ₁₄	94-	69	0,66
د- هبتان	C ₇ H ₁₆	91-	98	0,68
د- اوكتان	C ₈ H ₁₈	57-	126	0,70

4 - 3 مجاميع الاكيل Alkyl group

ان حذف هيدروجين من أي الكان أو برفين يؤدي إلى تكون مجموعة ذلك الاكيل ويرمز لها بالرمز (R) فمثلا عند حذف ذرة هيدروجين من (الميثان) تتكون مجموعة المثيل ، ومجموعة الاكيل المتكونة تكون دائما مرتبطة بذرة او مجموعة أخرى ، وفي أدناه بعض أنواع وأسماء مجاميع الاكيل.

ميثيل CH₃

اثيل CH₃ - CH₂

بروبيل CH₃ - CH₂ - CH₂

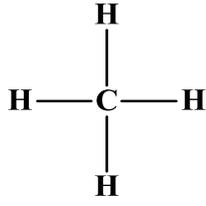
بيوتيل CH₃ - CH₂ - CH₂ - CH₂

وتتم التسمية بحذف مقطع أن (ane) من البرافين أو الاكيل المقابل وإضافة يل (yl) بدلا منه .

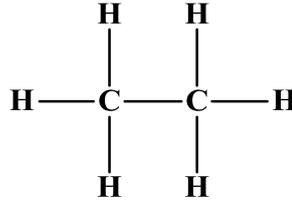
4 - 4 الجناس والايزومرات Isomers

يعرف الجناس على انه ظاهرة وجود اكثر من مركب لها نفس الصيغة الجزيئية إلا إنها تختلف في صفاتها الفيزيائية او الكيميائية بسبب اختلافها في الهيكل البنائي او الصيغة التركيبية.

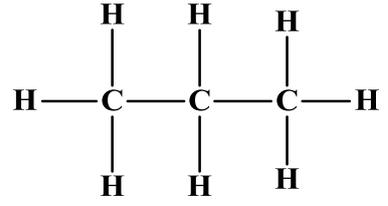
عند البدء بالالكانات الثلاثة الأولى الميثان و الايثان والبروبان فإن الصيغ التركيبية لها تكون :



ميثان methane

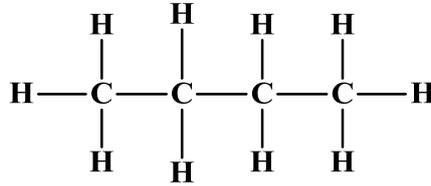


ايثان Ethane



بروبان Propane

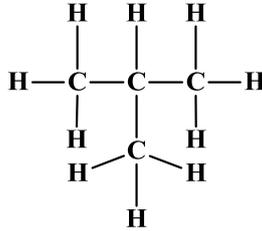
حيث يلاحظ بأن هذه المركبات لها صيغة تركيبية او بنائية واحدة لكل مركب في حين نجد البيوتان الذي يحتوي أربعة ذرات كاربون ($\text{CH}_3 \text{CH}_2 \text{CH}_2 \text{CH}_3$) فيه احتمالين لارتباط ذرات الكاربون مع بعضها : الأول تركيب بنائي على شكل سلسلة مستقيمة .



butane

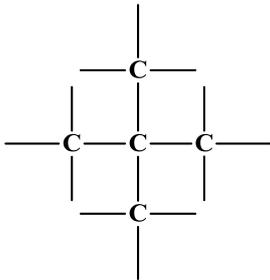
بيوتان عادي Normal butane

أما الثاني فيكون على شكل سلسلة متفرعة

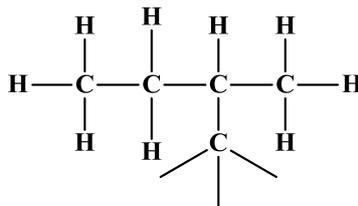


بيوتان ثلاثي Tertiary butane

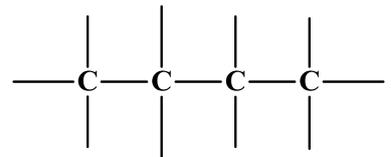
وبمعنى اخر فإن مركب البيوتان يظهر في صيغتين تركيبيتين او ايزومرين اثنين فقط وصعودا إلى الالكانات الأكبر مثل البنتان ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$) فهناك ثلاثة ايزومرات او تراكيب بنائية محتملة.



نيوبنتان Neopentane

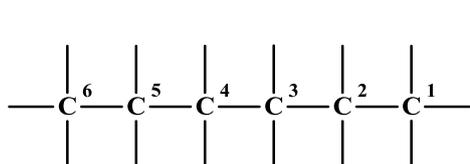


ايزوبنتان Isopentane

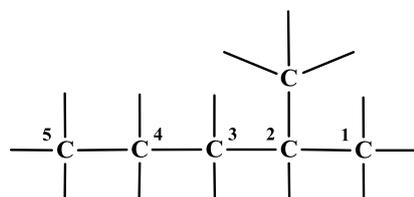


بنتان عادي N- Pentane

وعند ملاحظة التراكييب البنائية للهكسان نجد انه يشمل خمسة متجانسات ووجود خمسة أشكال تركيبية مختلفة الصيغة الجزيئية.

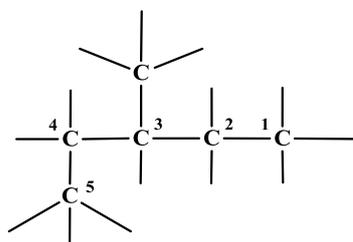


هكسان عادي N-hexane

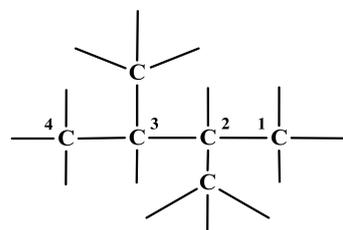


ايزوهوكسان Isohexane، 2 - مثيل بنتان

2-Methylpentane

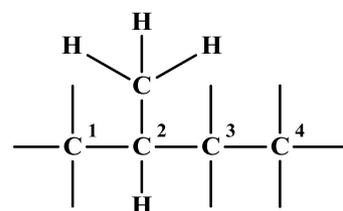


3 - مثيل بنتان 3-methylpentane



2,3-ثنائي مثيل بيوتان 2,3-Dimethyl

butane



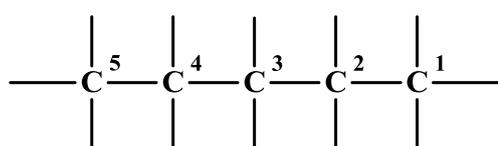
2-مثيل بيوتان 2-methyl butane

وهكذا كلما زاد الوزن الجزيئي للالكانات (ازداد عدد ذرات الكربون او مجاميع CH_2) زاد عدد المتجانسات والأشكال البنائية ذات السلاسل المستمرة او المتفرعة و بالتالي يزداد الالتباس و عدم الوضوح في تسميتها لذا وضع نظام عام لتسمية الالكانات بقواعد بسيطة و مفهومة.

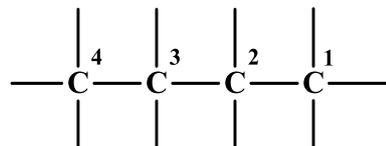
4 - 5 نظام التسمية العام

تعتبر تسمية المركبات العضوية جزءا أساسيا ومهما في الكيمياء العضوية وذلك لغرض التمييز بين هذه المركبات بسبب زيادة أعدادها التي وصلت إلى ملايين المركبات. في بداية الأمر سميت المركبات العضوية تسميات شائعة مثل حامض الخليك والكحول و حامض الفورميك و هكذا إلى ان تم استخدام النظام الدولي الذي وضعه الاتحاد الدولي للكيمياء الصرفة و التطبيقية (International union of pure and Applied chemistry IUPAC) الذي يشمل مجموعة من الخطوات لتنظيم تسمية المركبات و كما يأتي:

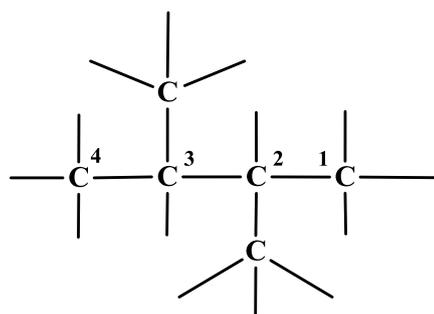
1- يتم اختيار أطول سلسلة مستقيمة من ذرات الكربون و يعطى لها اسم الالكان المقابل فمثلا:



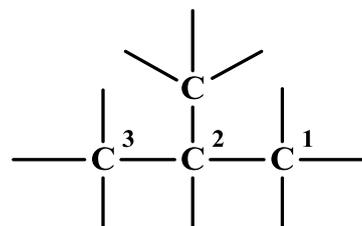
بنتان Pentane



بيوتان Butane

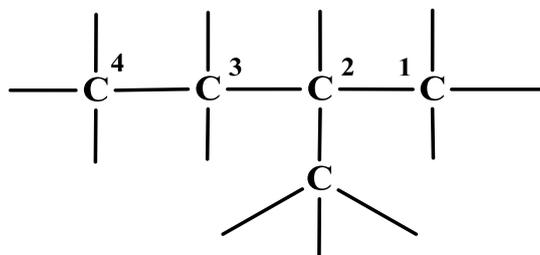


مشتق من البيوتان



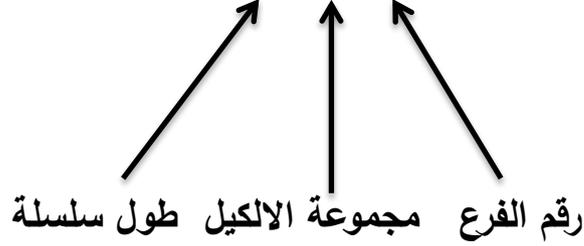
مشتق من البروبان

2 - ترقم السلسلة من الطرف الأقرب إلى التفرع المرتبط بها و يعطى اسم الفرع , والغرض من ذلك توضيح موقع الفرع واسمه فمثلا:

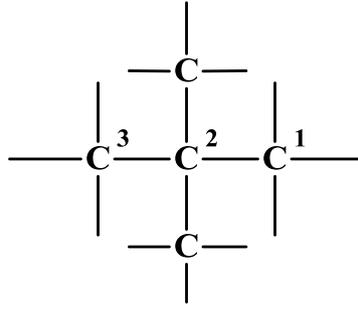


ولغرض تسمية هذا المركب يذكر رقم ذرة الكربون الحاملة للتفرع ثم اسم مجموعة الألكيل المرتبطة ،
لذا يكون اسم المركب

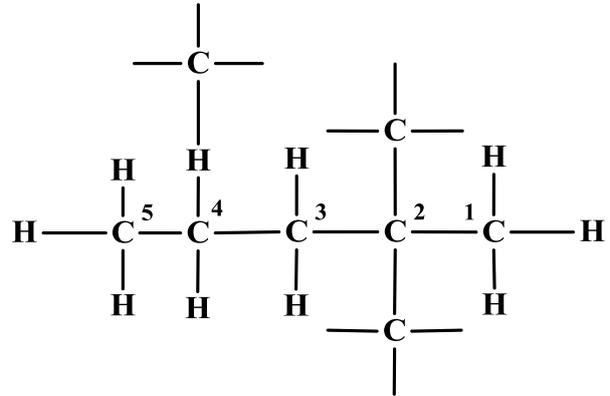
2- ميثيل بيوتان



3 - عندما يكون الألكان حاملا لأكثر من مجموعة تستعمل مقاطع مناسبة (مشتقة من المقاطع الأجنبية) بعد تحديد مواقعها :
أحادي (mono) ، ثنائي (di) ، ثلاثي (Tri) ، رباعي (Tetra) ، خماسي (penta) ، سداسي (hexa) فمثلا:



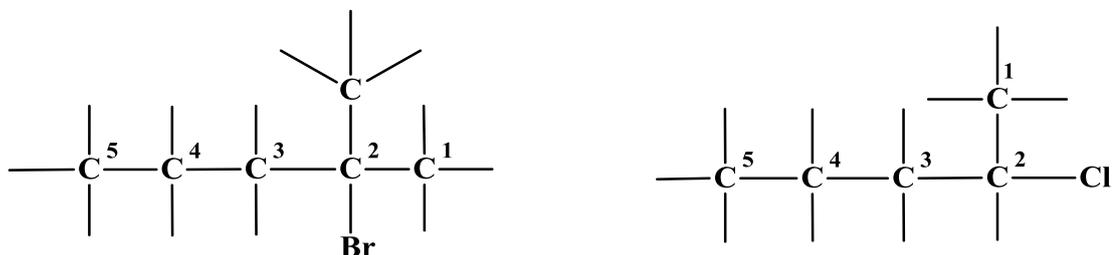
2 ، 2 - ثنائي ميثيل بروبان 2,2-Dimethylpropane
في هذا المركب يشار إلى ذرة الكربون رقم (2) و التي تحمل مجموعتي ميثيل لذلك يكون الاسم 2 ، 2 - ثنائي ميثيل بروبان 2,2- Dimethylpropane.
مثال:



2 ، 2 ، 4 - ثلاثي ميثيل بنتان

2, 2, 4- Trimethylpropane

4- تعيين مواقع المجاميع بأرقام ذرات الكربون التي تحملها السلسلة وتعطى المجاميع او الفروع الجانبية اسماءها .



2 - كلورو - 3 - ميثيل بنتان 2 - برومو - 2 - ميثيل بيوتان
2-chloro -3- methylpentane 2-bromo-2- methylbutane

4 - 6 السلسلة المتشاكلية Homologous series

عند تفحص الصيغة الجزيئية للالكانات وابتداء من الميثان (CH_4) المركب الذي يليه الايثان (CH_3CH_3) ومن ثم البروبان ($CH_3CH_2CH_3$) والبيوتان ($CH_3CH_2CH_2CH_3$) نلاحظ اختلاف البروبان عن الايثان بمجموعة (CH_2) وكذلك اختلاف البيوتان عن البروبان بمجموعة (CH_2) او بمعنى اخر زيادة ذرة كربون واحدة وذرتي هيدروجين) وهكذا صعودا إلى الالكانات الكبيرة . حيث تتكون سلسلة تسمى السلسلة المتشاكلية و التي هي عبارة عن سلسلة من المركبات التي تختلف فيها أعداد الكربون والهيدروجين من مركب إلى الآخر بعدد ثابت و يلاحظ منها ما يأتي :

- 1- الصيغة الجزيئية لهذه المركبات (C_nH_{2n+2}) .
- 2 - يختلف كل مركب عن سابقه ولاحقه بالوحدة البنائية (CH_2) وعليه سميت بالسلسلة المتشاكلية.
- 3 - تحضير الالكانات المتسلسلة المتشاكلية بطرق كيميائية متشابهة.
- 4 - تتشابه مركبات الالكانات المتسلسلة المتشاكلية في تفاعلاتها الكيميائية.
- 5 - تتدرج الخواص الفيزيائية و الكيميائية للمتسلسلات المتشاكلية بانتظام مع زيادة الوزن الجزيئي فمثلا عن زيادة الوزن الجزيئي تزداد درجات الغليان و كذلك الكثافة الخ .

4 - 7 الخواص الفيزيائية للالكانات

1. درجة الغليان :

تزداد درجات غليان الالكانات مع زيادة الوزن الجزيئي للمركبات حيث تتدرج الزيادة بشكل منتظم . فالمركبات الأربعة الأولى من الالكانات (الميثان , الايثان , البروبان , البيوتان) عبارة عن غازات في درجة حرارة الغرفة في حين ان البقية سوائل. وعند زيادة الوزن الجزيئي بحيث يصبح عدد ذرات الكربون (18) ذرة تكون الالكانات صلبة مثل شمع البرافين (Paraffin wax) . ويعزى سبب زيادة درجة الغليان مع زيادة الوزن الجزيئي إلى ان قوى فاندرفالز تزداد حيث تزداد المساحة السطحية للالكانات التي تؤدي إلى زيادة قوى التجاذب. أما عندما تكون الالكانات متفرعة فإن ذلك يؤدي إلى ضعف التجاذب بين قوى فاندرفالز بين جزيئات الالكان وتباعدا المسافة بينهما ومن ثم تكون درجة الغليان واطنة مقارنة بتلك الالكانات غير المتفرعة .

2 - قابلية الذوبان:

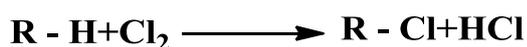
ان معظم الالكانات مركبات عضوية مشبعة غير قطبية لذا لا تميل للذوبان في المركبات القطبية من الكحولات والماء . إلا إنها تذوب في المركبات غير القطبية كالبنزين ورباعي كلوريد الكربون.

4 - 8 التفاعلات الكيميائية

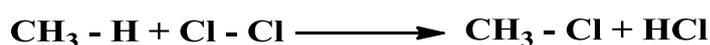
الالكانات مركبات خاملة نسبيا تسمى البرافينات (paraffin) وتعني قليلة الميل للتفاعل الكيميائي ، ولا تذوب في الماء أو المحاليل الحامضية أو القاعدية المائية. ولا تتفاعل مع العوامل المؤكسدة لكنها تتفاعل مع الأوكسجين لتعطي لهبا كما إنها تتفاعل مع الهالوجينات بوجود الضوء لتنتج هاليدات الالكيل و كذلك مع حامض النتريك كما في التفاعلات الآتية :

4 - 8 - 1 الهلجنة :

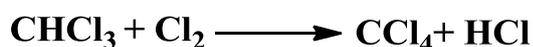
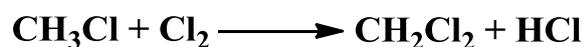
تعاني الالكانات من تفاعلات تسمى تفاعلات الاستبدال أو التعويض (substitution) يتم فيها استبدال ذرة هيدروجين بذرة هالوجين و ذلك بتأثير الأشعة فوق البنفسجية (u.v) او الحرارة.



ف عند خلط الالكان مع غاز الكلور أو البروم و حفظه في الظلام و درجة حرارة واطئة لا يحدث تفاعل ، وعند تعريض الخليط إلى الضوء او الحرارة تحدث عملية الاستبدال التي لا يمكن السيطرة عليها و ل حين استبدال جميع ذرات الهيدروجين من الالكان كما في تفاعل الميثان مع الكلور لتكوين كلوروميثان :



ويمكن لهذا التفاعل ان يستمر إلى ان تستبدل جميع ذرات الهيدروجين وتكوين رابع كلوريد الكربون .

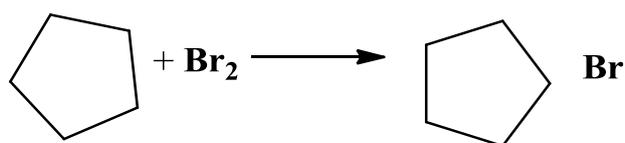


رابع كلوريد الكربون

عندما يكون الالكان حاويا على ذرات كربون اكثر تكون النواتج اكثر تعقيدا كما في تفاعل غاز البروبان مع البروم :



كذلك تتفاعل الالكانات الحلقية تفاعلات مشابهة مكونة مشتقات حاوية على ذرة واحدة مستبدلة . فمثلا:



بننان حلقي Cyclopentane

بروموبننان حلقي Cyclobromopentane

4 - 8 - 2 النترنة :

يتم في هذا التفاعل استبدال ذرة هيدروجين للالكان بمجموعة (NO₂) ويتضمن تفاعل الالكان مع حامض النترريك المركز او بخاره تحت الضغط العالي و درجة حرارة تصل إلى 500° C :

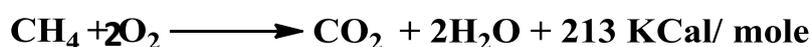


وفي الالكانات الكبيرة يحدث تكسر لأواصر (C-C) أو (C-H) لذلك تتكون عدة مركبات لها اهميتها في الصناعة كوقود و مذيبات ومواد علاجية كما في التفاعل الاتي :

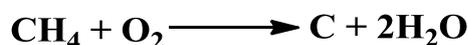
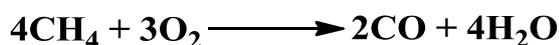


4 - 8 - 3 الأوكسدة :

تستخدم الالكانات كوقود وذلك لسهولة احتراقها وتفاعلاتها مع الأوكسجين لذا فإن هذا التفاعل يسمى بالأوكسدة الذي ينتج عنه طاقة حرارية يمكن الاستفادة منها في مجالات كثيرة مثل إنتاج الطاقة الكهربائية و تشغيل محركات الاحتراق الداخلي كما في السيارات . وينتج من عملية الاحتراق غاز ثنائي أوكسيد الكربون و الماء كما في احتراق غاز الميثان :

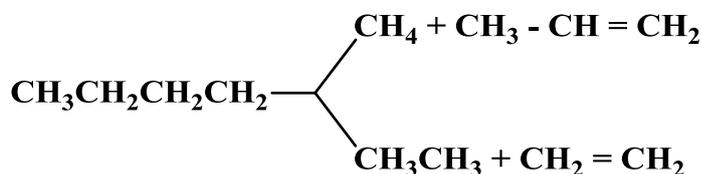


وعند عدم توفر الكمية الكافية من الأوكسجين لعملية الاحتراق يتكون غاز أول أوكسيد الكربون السام وفي بعض الأحيان يترسب الكربون داخل مكائن الاحتراق الداخلي :



4 - 8 - 4 التكسير الحراري

يتضمن التكسير الحراري تحويل الالكانات الكبيرة قليلة الاستعمال والاستهلاك إلى مركبات عضوية صغيرة الحاجة اليها عالية وتتضمن هذه عملية تكسر لأواصر (C-C) و (C-H) في درجات الحرارة العالية وبمعزل عن الهواء كما في المعادلة الآتية :



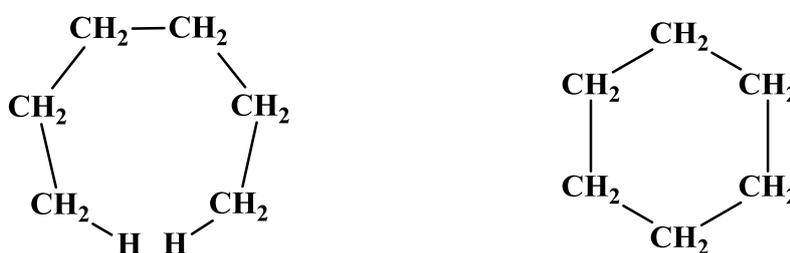
ويستخدم التكسير الحراري بصورة كبيرة في الصناعات البتروكيميائية.

4 - 9 الألكانات الحلقية

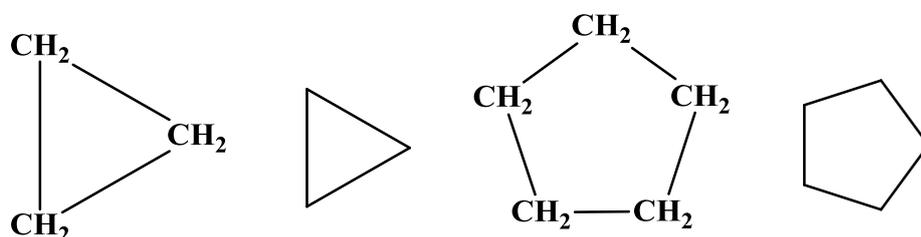
تم النظر في الفقرات السابقة على الألكانات الاعتيادية مفتوحة السلسلة أو المستقيمة والمتفرعة وخواصها وقانونها العام. (C_nH_{2n+2}) .

وفي كل الأحوال يمكن لذرات الكربون ان تتركب لتعطي تركيب حلقي لالكان تسمى الألكانات الحلقية أو الهيدروكربونات الأليفاتية الحلقية.

تتكون الألكانات الحلقية من حذف ذرتي هيدروجين من نهايتي الالكان المستقيم وربطهما (أي النهايتين) بأصرة جديدة بين ذرتي الكربون لتكوين حلقة وفي هذه الحالة يصبح القانون العام للألكانات الحلقية (C_nH_{2n}) .



وتسمى الألكانات الحلقية بإضافة كلمة حلقي (Cyclo) بعد اسم الالكان المناسب.



وتتشابه الألكانات الحلقية مع الألكانات المفتوحة و المستقيمة السلسلة بتفاعلاتها فهي خاملة تجاه المحاليل القاعدية والكواشف المؤكسدة إلا إنها تعاني تفاعل الاستبدال مع الهالوجينات بوجود الضوء أو الحرارة. والألكانات الحلقية لا تحتاج إلى ترقيم المعوضات لغرض التسمية لكون جميع المواضع في الحلقة متكافئة، أما الألكانات الحلقية ثنائية التعويض أو أكثر ترقم حسب نظام التسمية العام بحيث يعطى اصغر الأرقام للمجاميع المعوضة.

خلاصة الفصل الرابع

الهيدروكربونات مركبات عضوية تتكون بصورة رئيسية من عنصري الكربون والهيدروجين وتقسم إلى :

1 - الأليفاتية أو البرافينية مفتوحة السلسلة أو الحلقية .

2 - العطرية (الأروماتية) وتشمل البنزين ومركباته .

ان الأواصر بين ذرات الكربون - كربون والكربون - هيدروجين تساهمية قوية .

أبسط أنواع البرافينات هو الميثان CH_4 يليه الإيثان C_2H_6 .

- القانون العام للبرافينات هو C_nH_{2n+2} .

عند حذف ذرة هيدروجين من البرافين تتكون مجموعة باسم مجموعة الألكيل ويرمز لها بالحرف (R)

، فمثلا عند حذف (H) من (CH_4) تتكون مجموعة الميثيل (CH_3) وهي مجموعة الألكيل .

أما الجناس (تكون الأيزومرات) فانه ظاهرة وجود أكثر من مركب له نفس الصيغة الجزيئية إلا انه يختلف في صفاته الفيزيائية او الكيميائية بسبب اختلافه في الصيغة التركيبية . فمثلا البيوتان يظهر في ايزومرين اثنين فقط صعودا إلى الألكانات الأكبر .

ان تسمية البرافينات تعتمد على النظام الدولي (IUPAC) الذي يتضمن عدد من الخطوات لتسمية المركب .

تعرف السلسلة المتشاكله بانها سلسلة من المركبات التي تختلف فيها أعداد ذرات الكربون والهيدروجين من مركب إلى اخر بعدد ثابت ويختلف كل مركب عن سابقه ولاحقه بالوحدة البنائية (CH_2) ، ان الصيغة الجزيئية لهذه المركبات هي (C_nH_{2n+2}) .

ان درجة الغليان للبرافينات تزداد مع زيادة الوزن الجزيئي للمركبات ، والسبب هو زيادة قوى فاندرفالز حيث تزداد المساحة السطحية للألكانات التي تؤدي الى زيادة قوى التجاذب . اما قابلية الذوبان ، فان معظم الألكانات لا تميل للذوبان في الكحولات والماء ولكن تذوب في البنزين ورابع كلوريد الكربون .

اهم تفاعلات البرافينات هي :

- الهلجنة : تتفاعل مع الهالوجينات بوجود الضوء او الحرارة .

- النترنة : تتضمن استبدال ذرة الهيدروجين بمجموعة (NO_2) .

- الأكسدة : احتراق البرافينات وتفاعلها مع الأوكسجين .

- التكسير الحراري : تحويل الألكانات الكبيرة إلى الكانات صغيرة قابلة للاستعمال بتكسير أواصر (C

- C) و (C - H) .

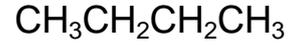
تتشابه الالكانات الحلقية مع الالكانات المفتوحة بتفاعلاتها وتتكون من حذف ذرتي هيدروجين من نهايتي الالكان المستقيم وربطهما باصرة جديدة بين ذرتي الكربون . تسمى الالكانات الحلقية بإضافة كلمة حلقي (Cyclo) بعد اسم الالكان المناسب .

اسئلة الفصل

س1 : اكمل التفاعلات الهيدروكربونية البرافينية الآتية :

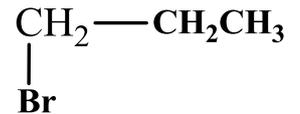
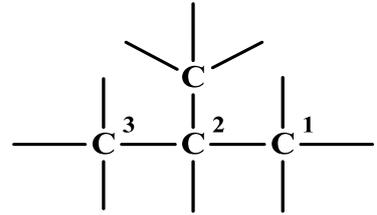
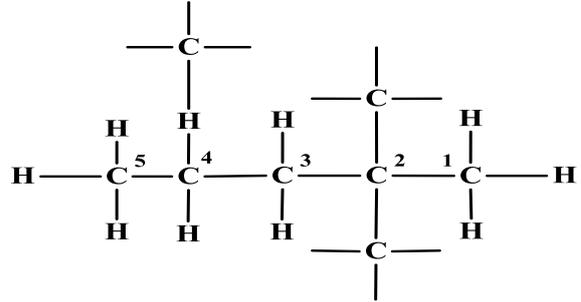
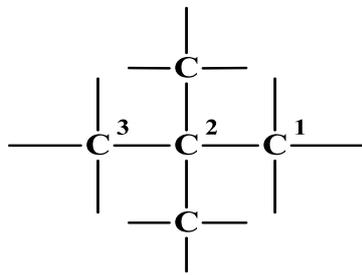
- 1- $\text{CH}_3\text{CH}_3 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{u.v.}}$
- 2- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 + \text{HNO}_3 \xrightarrow{\hspace{2cm}}$
- 3- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3 + \text{O}_2 \xrightarrow{\hspace{2cm}}$
- 4- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{تكسير حراري}}$

س2 : ما هو عدد الايزومرات التي من المحتمل ان يظهر بها البيوتان :



س3 : علل زيادة كثافة ودرجات غليان البرافينات مع زيادة وزنها الجزيئي .

س4 : أعط اسم لكل من البرافينات الآتية :



س5 : عرف الهلجنة ، النترنة والأكسدة مع ذكر معادلات كيميائية لكل منهما ؟

س6 : عرف التكسير الحراري مع ذكر مثال له ؟

س7 : اذكر الفرق بين الالكانات المفتوحة السلسلة والالكانات الحلقية ؟

س8 : اذكر خمس الكانات حلقية مع صيغها البنائية ؟

س9 : اذكر خمس الكانات مفتوحة السلسلة مع صيغها البنائية ؟

س10 : عرف السلسلة المتشاكلية مع ذكر خواصها ؟

الفصل الخامس

البوليمرات Polymers

الأهداف

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

- 1- يفهم معنى كلمة بوليمر ومن أين وكيف يتم تحضير هذه البوليمرات.
- 2- يصنف البوليمرات.
- 3- يسمي البوليمرات.
- 4- يفهم طرق تحضير البوليمرات.
- 5- يتعرف على تفاعلات البلمرة المختلفة.
- 6- يتعرف على نوعية القوى الجزيئية الرابطة في البوليمرات.
- 7- يتعرف على الخواص الفيزيائية للبوليمرات.
- 8- يفهم الخواص الميكانيكية للبوليمرات.

1-5 تمهيد

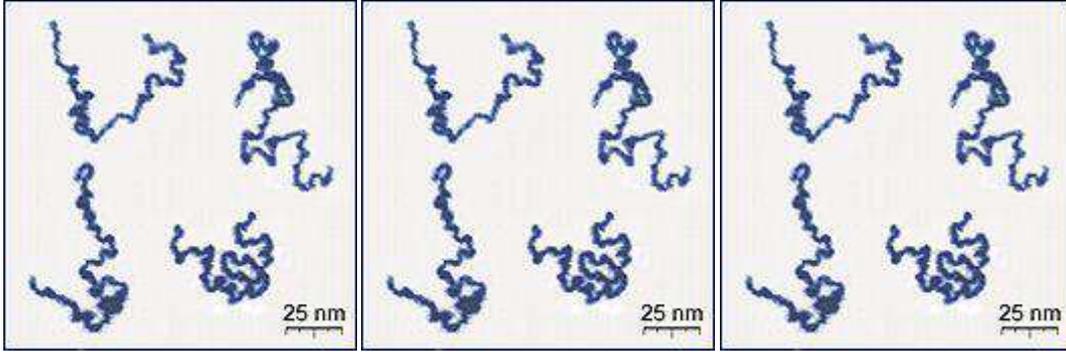
البوليمرات عبارة عن مركبات ذات أوزان جزيئية عالية مكونة من وحدات بنائية جزئية مكررة. قد تكون هذه الوحدات عضوية أو غير عضوية (معدنية) وقد تكون طبيعية أو صناعية في أصلها.

للبوليمرات دور أساسي في الحياة اليومية وذلك بسبب خواصها الفريدة فهي مواد أساسية في القطاعات الصناعية المختلفة سواء كانت مواد أولية ام وسطية مثل المواد اللاصقة ومواد البناء والورق والملابس والألياف واللدائن والسيراميك والخرسانة ومواد التغطية كما أن البوليمرات متواجدة في معظم مكونات التربة والنباتات والكائنات الحية وهي مهمة في التغذية والهندسة وعلم الأحياء والطب والحواشيب، واستكشاف الفضاء والصحة والبيئة.

تشمل البوليمرات الطبيعية غير العضوية : الماس ، الجرافيت ، الرمل ، الأسبستوس ، العقيق ، الصوان ، الفلدسبار(سيليكات الألومنيوم) والمرمر . وتشمل البوليمرات الطبيعية العضوية النشا ، السليلوز ، الأحماض الأمينية والبروتينات . وتشمل البوليمرات التركيبية (الصناعية) غير العضوية ، الخرسانة ، العديد من الموصلات فائقة التوصيل لدرجات الحرارة العالية ، والعديد من الزجاجيات. وتمثل مركبات السيلوكسان أو متعدد السيلوكسان ، البوليمرات التركيبية العضوية المعدنية.

وتوفر البوليمرات التركيبية الطاقة عند مقارنتها مع المعادن .فخفة وزنها تقلل من استهلاك الوقود في المحركات والطائرات ، وهي تفوق معظم المعادن عند قياس القوة نسبة إلى الوزن . وقد طورت البوليمرات فامتلكت خواصًا جيدة وأصبحت اقتصادية التصنيع ، كما أمكن استخدامها للأغراض الهندسية حيث يمكن استخدام المسننات ، المحركات ، والهياكل المصنعة من البوليمرات.

5 - 2 بنية البوليمرات



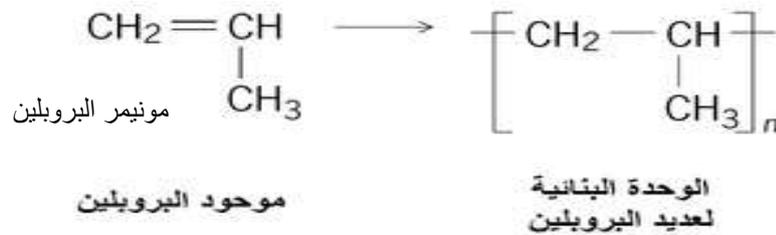
شكل 5-1 : بوليمر خطي حقيقي مصور باستخدام مجهر القوة الذرية

البوليمر (Polymer) : كلمة تتألف من مقطعين ، المقطع الأول (البولي) ومعناه متعدد والمقطع الثاني (مر) ومعناه الجزء أي كلمة بوليمر تعني متعدد الأجزاء .شكل (5-1).

البوليمرات (Polymers) : هي مركبات ذات أوزان جزيئية كبيرة . وتتألف من وحدات تركيبية صغيرة جدا تعرف بالوحدات البنائية (Structural unit) أو الوحدات المتكررة (Repeating unit).

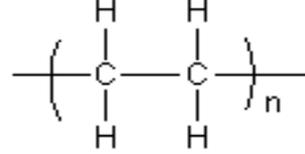
وهذه الوحدات بدورها تتكون من جزيئات أصغر تسمى المونيمرات وهي مركبات هيدروكربونية أي مؤلفة من ذرات الكربون والهيدروجين .شكل (5-2).

المونيمر (Monomer) : وهي المادة الأولية المستخدمة لإنتاج وتحضير البوليمرات .وهي عبارة عن جزيئات صغيرة قليلة الوزن الجزيئي تتحد مع بعضها لتكون البوليمر كما في التفاعل الآتي :



الشكل 5-2: تفاعل مونيمرات البروبيلين بعدد (n) لتكوين بوليمر البولي بروبيلين.

ويحدث هذا في عملية البلمرة، والتي ترتبط فيها المونيمرات معا لتكوين البوليمر فمثلا لتكوين البولي إيثيلين يستلزم الأمر ان تتفاعل الآلاف من مونيمرات الإيثيلين معا لتكوين سلسلة طويلة من بوليمر (Polyethylene) وكما هو موضح في الشكل رقم (5 - 3) حيث يظهر متعدد الاثيلين (البولي إيثيلين).



الشكل 5-3: الوحدة المتكررة في بوليمر البولي ايثيلين.

3 - 5 تصنيف البوليمرات

5-3-1 تصنيف البوليمرات حسب مصادر إنتاجها

تصنف البوليمرات من حيث مصادر إنتاجها إلى البوليمرات الطبيعية البوليمرات المحضرة والبوليمرات الطبيعية المحورة .

(أ) البوليمرات الطبيعية: (Natural polymers)

هذا النوع من البوليمرات مصدره نباتي يشمل المواد السليلوزية الموجودة في الخشب و القطن و أشجار المطاط أو حيواني و يشمل الصوف و الجلود و الشعر و الحرير..... الخ .

(ب) البوليمرات المحضرة (Synthetic Polymers)

ويشمل هذا النوع من البوليمر المواد البلاستيكية ، المطاط الصناعي ، الجلود الصناعية ، الأقمشة، النايلون ، البولي استر، الأصباغ ، الطلاءات ، الزجاج المعدني و العضوي وغيرها .

(ج) البوليمرات الطبيعية المحورة (Natural modified polymers)

وهي بوليمرات طبيعية تجرى عليها بعض التغييرات في سبيل تحسين بعض خواصها ، مثل تحويل السليلوز لأجل زيادة ذوبانيته.

5 - 3 - 2 التصنيف التكنولوجي للبوليمرات

تصنف البوليمرات حسب طريقة استخدامها إلى ما يأتي :

a - البوليمرات المطاوعة بالحرارة (Thermoplastic polymers) .

b - البوليمرات المتصلبة بالحرارة (Thermoset polymers) .

c - البوليمرات المرنة المطاطة (Elastomers) .

d - الألياف (Fibers) .

e - اللواصق والطلاء (Adhesive and Coatings) .

وسيتم شرح هذه الأصناف في الفصل القادم.

5 - 3 - 3 التصنيف المعتمد على الطبيعة الكيميائية للبوليمرات

(a) البوليمرات العضوية (Organic polymers)

تحضر من مركبات عضوية بسيطة وتعتبر من أكثر البوليمرات أهمية في الصناعة ، مثل البولي ايثيلين ، البولي بروبيلين والبولي ستارين.

(b) البوليمرات اللاعضوية (Inorganic polymers)

تحضر من مركبات غير عضوية وهي مركبات لعناصر الكبريت ، الفسفور والسيلكون وتمتاز بمقاومة عالية للحرارة وفعل المواد الكيميائية ، مثل السليكون المستعمل في صناعة الألياف الزجاجية ومتعدد السيليكات (الأسبستوس) .

(c) البوليمرات العضوية - اللاعضوية (Organic-Inorganic polymers)

تحتوي عناصر عضوية ولا عضوية (معدنية) وتمتاز بمقاومة جيدة للحرارة . مثل متعدد السلفون ومتعدد السيليكات .

5 - 4 التسمية العامة للبوليمرات

تسمى البوليمرات نسبة إلى المونومير المكون لها مثل :

البولي ايثيلين أي متعدد الايثيلين ويرمز له بالصيغة $[-CH_2-CH_2-]_n$ -

تمثل (n) عدد وحدات الايثيلين التي تكون ضمن السلسلة البوليمرية وغالبا ما تكون مساوية لما يسمى بدرجة البلمرة أو (Dp) .
مثال :

- البولي ستايرين (متعدد الستايرين) ويرمز له بالصيغة $[-CH(C_6H_5)-CH_2-]_n$ -

-البولي أوكسيد الايثيلين (متعدد أوكسيد الايثيلين) ويرمز له بالصيغة $[-CH_2-CH_2O-]_n$ -

وتستخدم العديد من الشركات أسماء تجارية للتعريف بمنتجاتها من البوليمرات .مثلا، فورتل -بولي إستر هي ألياف بولي إيثيلين تيرفتالات أو ألياف (PET) وقد يكون للبوليمر اسم عام مثل الرايون ، البولي إستر، والنايلون .

درجة البلمرة (Polymerization degree)

درجة تبلمر المونومير (Dp) أو (n) وهو معدل عدد الوحدات المونيمرية التي تكون سلسلة البوليمر. و تحسب كالآتي :

درجة تبلر المونيمر = الوزن الجزيئي للبوليمر/الوزن الجزيئي للوحدة المتكررة [مثال : البولي (الستايرين) الستايرين هي الوحدة المونيمرية هي $[\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5) - \text{CH}_2 -]$ و يسمى (n) درجة التبلر أو درجة البلمرة و يعني متوسط عدد الوحدات المونيمرية المكونة للسلسلة البوليمرية.

مثال : اذا كان الوزن الجزيئي العددي للبولي ستارين = 1248 غم \ مول
الوزن الجزيئي لوحدة الستارين المتكررة = 104 غم \ مول
درجة البلمرة لمونيمر الستارين = 1248 غم \ مول / 104 غم \ مول = 12
اي ان وحدة الستارين مكررة في السلسلة البوليمرية بمقدار 12.

مثال: اذا كان الوزن الجزيئي العددي للبولي فنيل كلوريد = 2500 غم/مول الوزن الجزيئي لوحدة الفنيل كلوريد المتكررة = 62.5 غم \ مول درجة البلمرة لمونيمر الفنيل كلوريد = 2500 غم \ مول \ 62.5 غم \ مول = 4 أي ان وحدة الفنيل كلوريد مكررة في السلسلة البوليمرية بمقدار 40.

5 - 5 تفاعلات البلمرة (Polymerization Reactions)

ان كل مونيمر خالي تماما من الشوائب لا يتبلر من تلقاء نفسه عندما يكون محفوظا في درجة حرارة منخفضة وبعيدا عن الضوء. لكن يكفي فقط وجود شائبة حامضية أو قاعدية أو وجود أوكسجين مذاب في المونيمر حتى تتم البلمرة و التفاعل يكون باعثة للحرارة وسريع قد ينجم عنه انفجارا ، لهذا السبب ينصح المستخدمون لهذه المواد بإضافة مثبط (inhibitor) إلى المونيمر قبل تخزينه أو أثناء نقله من مكان إلى آخر بكمية كبيرة . عندما يراد بلمرة هذه المواد يستلزم في هذه الحالة التخلص من هذه المواد بالتقطير تحت ضغط جوي منخفض .

ان الهدف الأساسي من كل طرق البلمرة هو تحويل المادة الأولية (المونيمر) إلى بوليمر.

وتقسم عملية البلمرة بصورة عامة إلى نوعين :

1 - بلمرة التكثيف : (Condensation polymerization)

وهي عملية تكثيف مونيمرات بسيطة مع بعضها لتكوين سلاسل بوليمرية طويلة تسمى بوليمرات التكثيف.

المونيمرات المستعملة في هذا النوع من البلمرة تحوي على مجموعتين فعاليتين مختلفتين أو أكثر . وتتكون مجاميع تربط الوحدات المتكررة مع بعضها الآخر أثناء تفاعل التكثيف . وتتكون أيضا نتيجة التفاعل نواتج ثانوية تكون مصاحبة لعمليات التكثيف وهذه النواتج الثانوية مثل جزيئة الماء او الميثانول ونتيجة تكون هذه النواتج الثانوية تنقص الوحدات التركيبية للبوليمر بذرة أو مجموعة ذرات عن الصيغة التركيبية للمونيمر أو المونيمرات المستخدمة لتحضيره.

1- تفاعلات البلمرة بالجذور الحرة :

تحدث هذه البلمرة بواسطة مواد (عوامل مساعدة) تسمى البادئات تتفكك حراريا أو ضوئيا لتعطي أجزاء من تلك المواد تحمل الكترولونات منفردة تدعى الجذور الحرة والتي بدورها تتفاعل مع الأصرة المزدوجة في المونمر لتبدأ ميكانيكية البلمرة ،حيث يبدأ تفاعل البلمرة بتكوين الجذور الحرة وهي المادة التي تحتوي على الكترولون منفرد وتكون غير مستقرة وتحاول ان تصبح مستقرة من خلال تكوين أصرة مع المادة التي تعطيها او تشارك معها بالكترولوناتها . المادة التي تعطي الكترولون هي المونيمر .

ميكانيكية التفاعل تكون كما يأتي :

(1) تتفكك مادة تسمى البادئ لتعطي جذرا حرا .

(2) يتفاعل الجذر الحر مع المونيمر ليكون مركزا فعالا ينمو ويكبر بإضافة المزيد من المونيمرات.

(3) ينتهي التفاعل وذلك عن طريق اتحاد الجذور الحرة المتحدة بالمونيمرات مع بعضها الآخر لتكون البوليمرات ذات الأوزان الجزيئية العالية .

من الأمثلة على هذا النوع من أنواع البلمرة : بلمرة الاثيلين وبلمرة البروبلين .

2- تفاعلات البلمرة الأيونية

(a) البلمرة الأيونية الموجبة : وتتم بنفس الخطوات المذكورة في بلمرة الجذور الحرة ، أي (1)الابتداء (2) النمو والتكاثر (3) الانتهاء.

ولكنها تختلف عن بلمرة الجذور الحرة من حيث (ا) البادئات : حيث تستعمل الحوامض البروتونية ، حوامض لويس (ب) المونيمرات حيث تحتوي على مجاميع واهبة للإلكترونات .

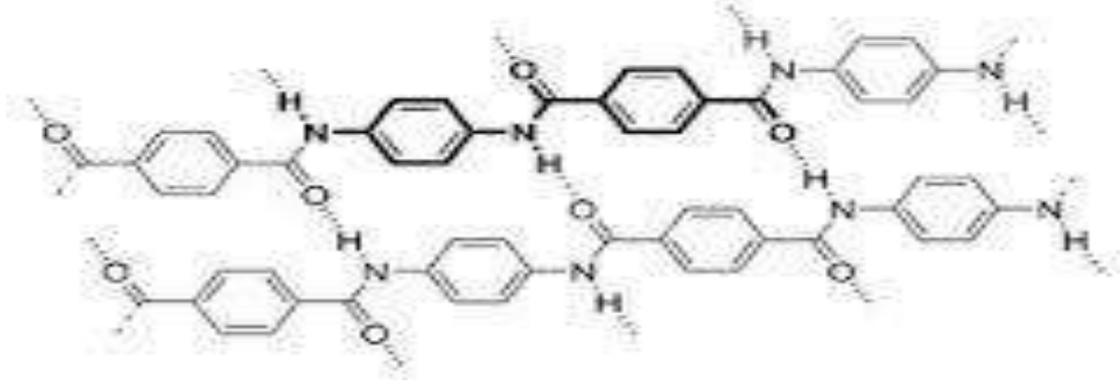
(b) البلمرة الأيونية السالبة : وتتم بنفس الخطوات المذكورة في بلمرة الجذور الحرة ،أي (1)الابتداء (2) النمو والتكاثر (3) الانتهاء .

ولكن تختلف عن بلمرة الجذور الحرة من حيث(ا) البادئات : حيث تستعمل البادئات القاعدية مثل اميدات الفلزات او الكيلات المعادن (ب) المونيمرات حيث تحتوي على مجامع ساحبة للإلكترونات .

3- تفاعلات بلمرة الإضافة التناسقية

هي البلمرة التي تتم باستخدام عوامل مساعدة غير متجانسة وتتم البلمرة بدرجات حرارة منخفضة وتحت الضغط الجوي الاعتيادي ويتمتع البوليمر الناتج بصفات ميكانيكية وحرارية جيدة وذو كثافة وقوة ومثانة ودرجة انصهار عالية ، مثال على ذلك ، إنتاج البولي بروبيلين، البولي اثيلين والبولي ستارين.

6-5 أنواع القوى الجزيئية للبوليمرات



شكل 5-5 : أنواع من القوى التي تربط الوحدات البنائية في البوليمرات

يوجد عدد من القوى التي تربط الوحدات البنائية للبوليمر كما في الشكل (5-5)، وكما يأتي :

(1) القوى أو الروابط الأولية : وهي تلك القوى التي تربط الوحدات البنائية أو الوحدات التركيبية بأواصر تساهمية .

(2) القوى أو الروابط الثانوية : وهي تلك القوى التي تربط السلاسل البوليميرية مع بعضها البعض مثل القوى الهيدروجينية ، قوى فاندرفالز .

7 - 5 الخواص الفيزيائية للبوليمرات

إن التركيب الفيزيائي للبوليمرات مسؤول عن الكثير من الخواص التطبيقية للبوليمرات كشفافيتها ، قوتها ومرونتها . والكثير من الخواص الميكانيكية المختلفة التي تتطلبها الإستخدامات العملية لهذه البوليمرات . كما ان للخواص الفيزيائية للبوليمرات تأثيرا على الخواص الأخرى للبوليمرات مثل قابلية ذوبانها ، امتصاصها للالوان ومقاومتها للظروف البيئية المختلفة كالتشقق الذي يحصل للبوليمرات عند تعرضها لإجهاد معين أو تعرضها لفعال بعض المذيبات العضوية . كما وان للخواص الفيزيائية تأثيرا كبيرا على الخصائص الحرارية للبوليمر لذلك فقد أصبحت دراسة الخواص الفيزيائية والتركيب الفيزيائي للبوليمرات ضرورة لا بد منها من الناحية النظرية والعملية. ومن معرفة وفهم الخواص الفيزيائية للبوليمرات يمكن إدخال الكثير من التحسينات على البوليمرات بطرق كيميائية أو تكنولوجية . فمثلا يمكن زيادة مقاومتها الحرارية ورفع درجة انصهارها أو درجة انتقالها الزجاجية. وبالمقابل يمكن التخلص من الكثير من المساوئ الموجودة في البوليمرات من خلال فهم التركيب الفيزيائي لها.

1-7-5 التبلور والبوليمرات المتبلورة

إن مفهوم التبلور في البوليمرات يختلف عن طبيعة التبلور بالنسبة للجزيئات الصغيرة العضوية أو اللاعضوية التي تترتب فيها عدد من الجزيئات أو الذرات مكونة تراكيب بلورية ذات أشكال هندسية

ثابتة ومنتظمة مثل التراكيب المنشورية أو الإبرية أو الهرمية وغيرها . غير أن ذلك لا يحصل في البوليمرات .

التبلور في البوليمرات : هو إمكانية ترتيب أجزاء السلاسل في بعض البوليمرات وتكوين تراكيب منتظمة تدعى بالمناطق البلورية . وعلى هذا الأساس لا يوجد بوليمر متبلور كلياً (100%) عليه نعني بالبوليمر المتبلور (crystalline polymer) البوليمر الذي يحتوي على نسب عالية من التراكيب البلورية ويطلق على النسبة المئوية للمناطق المتبلورة بدرجة التبلور (degree of crystallinity).

متطلبات التبلور في البوليمرات

لأجل أن تتكون التراكيب البلورية في البوليمرات لا بد أن تتوفر فيها بعض المواصفات المتعلقة بالتركيب الكيميائي للبوليمر والتاريخ الحراري . ومن أهم هذه المتطلبات التي يجب توفرها لتكوين التراكيب البلورية ما يأتي :

(a) انتظام التركيب الجزيئي : لكي تحدث في البوليمر درجة عالية من التبلور لا بد أن يكون التركيب الجزيئي للسلاسل البوليمرية منتظماً حتى يكون بإمكان أجزاء السلاسل البوليمرية الاقتراب من بعضها .

(b) القوى بين السلاسل البوليمرية : تعتمد درجة التبلور في البوليمرات على مقدار القوى الثانوية الموجودة بين السلاسل البوليمرية ، فلو أخذنا مثلاً البولي أسترات فنجد فيها أنواعاً من القوى الثانوية مثل قوى الإنتشار والتجاذب القطبي . أما في البولي أميدات فتحتوي على الأواصر الهيدروجينية الناجمة عن وجود مجموعة الأמיד.

(c) حرية الحركة الموضعية للسلاسل : تعتبر حرية حركة السلاسل أو مقطع من السلاسل البوليمرية من العوامل المهمة المؤثرة على قابلية البوليمر للتبلور فكلما ازدادت قدرة السلاسل على الحركة الموضعية كلما ازدادت قابليتها على التبلور، وبناء على ذلك فالبوليمرات المتكونة من وحدات تركيبية صغيرة متناظرة تكون أكثر قدرة على التبلور من البوليمرات المتكونة من وحدات تركيبية كبيرة وقليلة التناظر.

5 - 7 - 2 درجة الإنصهار البلورية للبوليمرات

تعتبر درجة الإنصهار البلورية من الثوابت الفيزيائية المهمة بالنسبة للبوليمرات المتبلورة من الناحية التكنولوجية لأنه تحصل عند هذه الدرجة تغيرات كبيرة في الخصائص الفيزيائية للبوليمر مثل تغير الحجم النوعي ، السعة الحرارية ولزوجة البوليمر . وعليه يمكن استخدام تغير هذه الخصائص كوسائل لقياس درجة انصهار البوليمر المتبلور، غير أن البوليمرات المتبلورة تنصهر عادة ضمن مدى من درجات الحرارة ، وذلك لتغير تراكيب المناطق المتبلورة من حيث حجمها ومن حيث تكاملها . فالتركيبة البلورية غير المتكاملة والصغيرة الحجم تنصهر قبل غيرها .

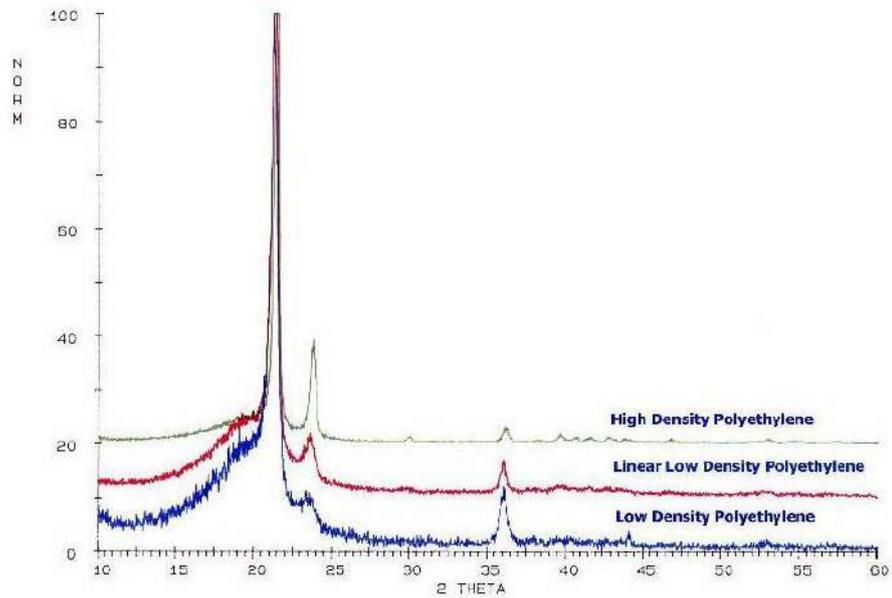
درجة الإنصهار البلورية (T_m) تمثل الدرجة الحرارية التي تختفي عندها آخر التراكيب البلورية. إن درجة الإنصهار البلورية تعتمد على الكثير من العوامل منها ما يتعلق بتركيب البوليمر ومنها ما يتعلق بطرق قياس درجة الإنصهار البلورية مثل سرعة التسخين. ولغرض الحصول على درجة انصهار بلورية دقيقة يجب أن تكون سرعة التسخين بطيئة جداً لأن درجة الإنصهار المعينة تكون أعلى كلما ازدادت سرعة التسخين لأن معظم البوليمرات رديئة التوصيل للحرارة .

طرق تعيين درجة التبلور في البوليمرات (Crystallinity Determination)

إن لتعيين درجة التبلور أهمية كبيرة من الناحية التطبيقية لأن درجة التبلور تحدد الكثير من خواص البوليمر الفيزيائية والميكانيكية والتكنولوجية ولقد استخدمت العديد من الطرق لتعيين درجة التبلور. ومن أهم الطرق ما يأتي :

(a) حيود الأشعة السينية (X-ray Diffraction)

يمكن استخدام جهاز الأشعة السينية التي تتولد نتيجة لاصطدام الإلكترونات ذات الطاقة العالية بسطح فلز) لذلك فإنها تنتجت عند اصطدامها بالتراكيب البلورية الموجودة في البوليمرات. درجة التبلور تستخرج من مساحة الحزم الحادة إلى مساحة الحزمة الكلية. كما في الشكل (5-6).



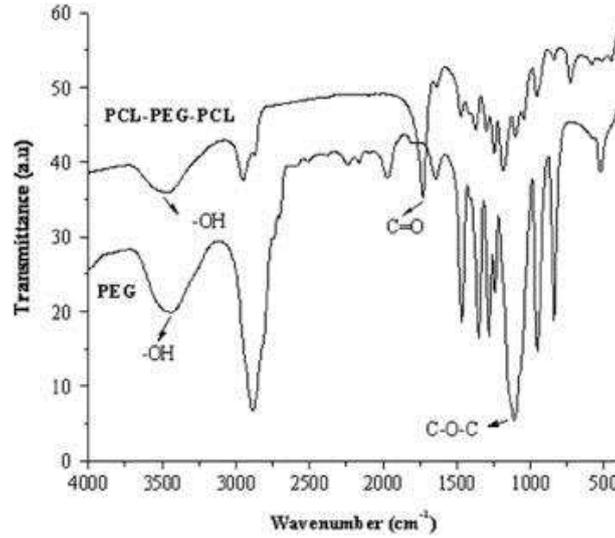
شكل 5 - 6: مخطط الأشعة السينية للبولي إيثيلين

(b) من قياس كثافة البوليمر : بشكل عام يمكن القول بأن جزيئات البوليمر تكون مترابطة أكثر في التراكيب البلورية مما في الحالة غير البلورية لأن كثافة البوليمر المتبلور تكون أعلى من كثافة البوليمر غير المتبلور أي أن الحجم النوعي يكون أقل . وعليه يمكن التعبير عن درجة البلورة في البوليمرات إما

بدلالة الحجم النوعي أو بدلالة الكثافة وتعين كثافة البوليمر عملياً بطريقة الطوفان في محاليل بعض الأملاح.

(c) قياس التغير في المحتوى الحراري : إن لدرجة الانتظام في البوليمر تأثيراً ملحوظاً على الحرارة النوعية لذلك فإن الحرارة النوعية للبوليمر المتبلور تختلف عن الحرارة النوعية للبوليمر غير المتبلور ولا يمكن التعبير عن درجة التبلور بدلالة التغير في المحتوى الحراري .

(d) أطيف الأشعة تحت الحمراء : في بعض البوليمرات المتبلورة تظهر في طيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء حزم جديدة غير موجودة في طيف امتصاص البوليمر غير المتبلور . بعض هذه الحزم التي تظهر في بعض البوليمرات المتبلورة تقع عادة بين (650 – 1500) سم⁻¹ إن الطريقة المألوفة لإيجاد درجة التبلور من أطيف الأشعة تحت الحمراء بإيجاد نسبة الإمتصاص للبوليمر تام التبلور (100% متبلور) ثم قياس مقدار الامتصاص للبوليمر المراد تعيين درجة تبلوره . إن نسبة الإمتصاص تمثل درجة التبلور α فعندئذ يمكن حساب مقدار الإمتصاص للبوليمر غير المتبلور، كما في الشكل (5-7).



شكل 5-7: نموذج لمخطط طيف الأشعة تحت الحمراء للثايلين

5-7-3 درجة الانتقال الزجاجي Glass Transition Temperature

وهي الدرجة الحرارية التي يتحول عندها البوليمر من مادة زجاجية صلبة قوية الى مادة مرنة جلدية ، فوق درجة الانتقال الزجاجي يكون البوليمر ليناً ومرناً. ويكون البوليمر عند هذه الدرجات الحرارية إما في الحالة المطاطية أو بهيئة سوائل عالية اللزوجة .تتغير خواص البوليمر الميكانيكية تغيراً كبيراً عند درجة الانتقال الزجاجي. فمثلاً يقل معامل المرونة بحوالي (1000) مرة عندما ترتفع درجة الحرارة فوق درجة الانتقال الزجاجي ولهذا السبب تعتبر درجة الانتقال الزجاجي من أهم الخصائص الفيزيائية للبوليمرات من حيث اعتماد الخواص الميكانيكية للبوليمرات عليها . فتحصل تغيرات كبيرة في العديد من الثوابت الفيزيائية عند درجة الانتقال الزجاجي . منها على سبيل المثال ، معامل التمدد الحراري، والسعة الحرارية، معامل الانكسار، التضائل الميكانيكي ، الصفات الكهربائية وغيرها.

طرق قياس درجة الانتقال الزجاجي للبوليمر Determination of T_g

يمكن قياس درجة الانتقال الزجاجي للبوليمرات بالعديد من الطرق والأجهزة المتطورة وذلك بالإعتماد على تغير إحدى خواص البوليمر الفيزيائية أو الميكانيكية أو الحرارية . فيما يأتي أهم الطرق المتبعة في قياس درجة الانتقال الزجاجي للبوليمرات :

(a) الطرق المعتمدة على قياس الحجم النوعي للبوليمر

يستخدم لقياس الحجم النوعي أجهزة خاصة ، يمكن بواسطتها قياس التغير في الحجم بتغير درجة الحرارة. فعند درجة T_g يحصل تغير ملحوظ في الحجم النوعي للبوليمر كما في الشكل (5-8).

(b) الطرق المعتمدة على قياس تغير معامل الإنكسار مع درجة الحرارة

لقد وجد بأن معامل الإنكسار للبوليمر يتغير مع درجة الحرارة ويكون هذا التغير كبيراً بالنسبة للبوليمرات عند درجة الانتقال الزجاجي .

(c) الطرق المعتمدة على قياس التغير في الحرارة النوعية

إن الحرارة النوعية للبوليمرات تزداد بزيادة درجة الحرارة إلا أن هذه الزيادة تكون أكبر بكثير عند درجة الانتقال الزجاجي للبوليمر .

(d) الطرق المعتمدة على قياس التغير في

الإنتالبي (المحتوى الحراري) Enthalpy

تتغير البوليمرات بتغير درجة الحرارة ، يكون هذا التغير كبيراً عند درجة الانتقال الزجاجي

للبوليمر (T_g) وعند درجة انصهاره T_m . ويستفاد

من هذا التغير في قياس كل من T_g ، T_m ودرجة التبلور

ويجري ذلك بواسطة أجهزة مسعريّة حساسة مصممة

لهذا الغرض . شكل رقم (5-9) .

(e) الطرق المعتمدة على قياس التغير في الخصائص الميكانيكية للبوليمرات:

نظراً للتغير الكبير الذي يطرأ على الكثير من خواص البوليمرات الميكانيكية عند درجة الانتقال الزجاجي فقد اتخذ التغير في بعض هذه الخصائص كوسيلة لتعيين درجة الانتقال الزجاجي للبوليمرات. لعل من أهم هذه الخصائص هي خواص اللزوجة المرونية ، مثل تغير معامل المرونة لأن هناك علاقة مباشرة بين سرعة التسخين ودرجة الانتقال الزجاجي المستحصل عليها .

8-5 الخواص الميكانيكية للبوليمرات

اللزوجة المرنة (Viscoelastic)

تتصف البوليمرات بصفات السوائل اللزجة التي عند فرض إجهاد تتلاشى بشكل حرارة وعند رفع الإجهاد عنها فإنها تبقى في الحالة المشوهة غير قادرة على إعادة مواصفاتها الأولية وفي نفس الوقت فان البوليمرات تمتاز بصفات المرنة ، أي عند فرض إجهاد ما عليها فإنها تخزن الشغل المصروف عليها على هيئة طاقة مخزونة فتسترجع الأبعاد الأولية للبوليمر حال زوال الإجهاد وشانها في ذلك شان النابض الحلزوني الموجود في القبان الحلزوني . لذا تعتمد الخواص الميكانيكية على (1) درجة الحرارة (2) زمن التحمل مقارنة بالمواد البنائية الأخرى الأقل تأثرا بهذين العاملين مثل المعادن

خلاصة الفصل الخامس

البوليمرات (Polymers) : هي مركبات ذات أوزان جزئية كبيرة ، تتألف من وحدات تركيبية صغيرة جدا تعرف بالوحدات البنائية (Structural unit) او الوحدات المتكررة (Repeating unit).

تصنف البوليمرات حسب مصادر إنتاجها إلى بوليمرات طبيعية ، محظرة والبوليمرات الطبيعية المحورة كما تصنف حسب طريقة استخدامها و هناك التصنيف المعتمد على الطبيعة الكيماوية للبوليمرات . تسمى البوليمرات نسبة إلى المونومير المكون لها أما درجة البلمرة فيقصد بها معدل عدد الوحدات المونوميرية التي تكون سلسلة البوليمر .

تقسم عملية البلمرة إلى نوعين هما بلمرة التكثيف وبلمرة الإضافة التي تقسم بدورها إلى تفاعلات البلمرة بالجذور الحرة ، تفاعلات البلمرة الأيونية (الموجبة و السالبة) و تفاعلات البلمرة التناسقية أو المنتظمة فراغيا .

تعد الخواص الفيزيائية للبوليمرات من العوامل المهمة في طريقة أدائها ومن هذه الخواص الفيزيائية :

أولا التبلور و هو إمكانية ترتيب أجزاء السلاسل البوليمرية و تكوين تركيب منتظم .

ثانيا درجة الانصهار البلورية للبوليمرات و التي تعد من الثوابت المهمة بالنسبة للبوليمرات المتبلورة من الناحية التكنولوجية .

ثالثا درجة الانتقال الزجاجي .

اسئلة الفصل

- س1 : عرف كلا مما يأتي :
- أ- البوليمر ب - المونيمر ج - الوحدة المتكررة في البوليمر ؟
- س2 : كيف تصنف البوليمرات اعتمادا على مصدرها ؟
- س3 : كيف تصنف البوليمرات حسب الطبيعة الكيماوية لها ؟
- س4 : اذكر التصنيف التكنولوجي للبوليمرات؟
- س5 : اذكر طريقة تسمية البوليمرات؟
- س6 : ما المقصود بدرجة البلمرة ؟
- س7: احسب درجة البلمرة لبوليمر البولي اثيلين اذا علمت ان الوزن الجزيئي له =1000غم/مول ؟
- س8 : اذا كانت درجة البلمرة للبولي ستارين = 20 . احسب الوزن الجزيئي له؟
- س9 : صنف البوليمرات حسب نوعية التفاعل ؟ وما المقصود بتفاعلات الإضافة والتكثيف؟
- س10: ماهي خطوات البلمرة التكتيفية ؟ ماهي ميزاتها؟
- س11: اكتب ميكانيكية تفاعلات التكثيف؟
- س12: ماهي خطوات بلمرة الإضافة ؟ وماهي ميزاتها؟
- س13: اكتب ميكانيكية تفاعلات بلمرة الإضافة؟
- س14: ما المقصود بالبلمرة الأيونية ؟
- س15: ما الفرق الذي تجده في تفاعلات البلمرة التناسقية؟
- س16: ماهي نوعية القوى الجزيئية في البوليمرات ؟ عددها وشرحها؟
- س17: عدد الخواص الفيزيائية للبوليمرات؟
- س18: ما المقصود بدرجة الانصهار البلورية؟ ما العوامل المؤثرة عليها عددها وشرحها؟
- س19: كيف يمكن قياس درجة الانصهار البلورية؟ عدد الطرق وشرح احداها؟
- س20: ما المقصود بدرجة الانتقال الزجاجية ؟
- س21: كيف يمكن قياس درجة الانتقال الزجاجية؟ عدد الطرق وشرح احداها؟
- س22 : ماذا نعني باللزوجة المرنية؟ كيف يتصف بها البوليمر؟

الفصل السادس

التطبيقات الصناعية للبوليمرات

الأهداف

بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادرا على ان :

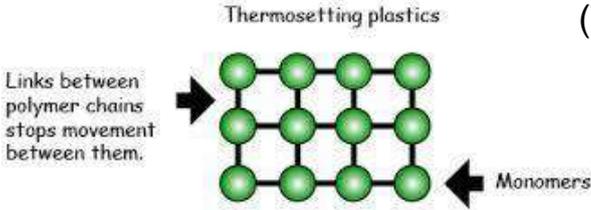
- 1- يفهم ماهي الراتنجات المتصلبة بالحرارة ولماذا سميت كذلك وتطبيقاتها.
- 2- يتعرف على البلاستيكات المطاوعة للحرارة وبصورة خاصة على (بولي فنيل كلوريد).
- 3- يفهم المقصود بالأصباغ والمواد اللاصقة وفهم مكوناتهما.
- 4- يفهم خصائص المواد المطاطية المرنة.
- 5- يتعرف على أنواع المواد المطاطية .
- 6- يتعرف على الألياف واستخداماتها .

1-6 تمهيد

بدأت اللدائن من الطبيعة، مثل الصمغ العربي والمطاط الطبيعي . وفي القرن التاسع عشر، بدأ العلماء محاولة تقليد الطبيعة. وفي القرن العشرين عندما زادت الحاجة للمطاط في الحرب العالمية الثانية ، استطاع العلماء الألمان إنتاج المطاط الصناعي ، وهو يعطى نفس مواصفات المطاط الطبيعي وله نفس التركيب الكيميائي تقريبا. ويسعى علماء البوليمرات في الوقت الحاضر إلى إنتاج مواد بوليميرية تصلح لمختلف التطبيقات الصناعية . وتعتبر اللدائن من أهم القطاعات في الصناعات الكيماوية المختلفة حيث تمتاز بصلابتها ورخص ثمنها وقابلية تشكيلها لذلك تعدد استخدامها في مجالات مختلفة بدءا من الأدوات المنزلية والعوازل الكهربائية إلى صناعة السيارات والطائرات ، كما تلعب دورا " كبيرا" ومتزايدا" في صناعة الأقمار الصناعية وأبحاث الفضاء فتصنع منها الدوائر الكهربائية وأغلفة الهوائيات وعلب الأجهزة الدقيقة والحواجز الحرارية . وقد بدأت اللدائن تحل محل الفلزات حيث تنافس الحديد الصلب وتفوق كثير من المعادن في مقاومة التآكل ولها أيضا" تمدد حراري وحرارة نوعية أعلى من الفلزات مما أدى إلى استخدامها في تشييد و تبطين المفاعلات وأبراج الامتصاص وكذلك في عمل الأنابيب و الصمامات . تصنع في الوقت الحاضر العديد من اللدائن المختلفة على شكل مادة صلبة رغوية وتستعمل هذه المواد الخفيفة الوزن كمواد عازلة لكونها رديئة التوصيل للحرارة و الكهربائية لان الإلكترونات الحرة شبه معدومة فيها إلا أن التقدم العلمي و التكنولوجي مكن من الحصول على جيل جديد من اللدائن تجاوز هذه الصفة المألوفة عبر التعديلات التي أجريت على اللدائن العادية فنتجت مواد جديدة ، تجمع بين الخصائص الكهربائية للمواد الموصلة أو شبه الموصلة والخصائص المهمة لللدائن

كالخواص البلورية والميكانيكية والكيميائية والمادة الجديدة لها تطبيقات عملية جديدة كصناعة الطائرات والسفن الفضائية.

6 - 2 الراتنجات المتصلبة بالحرارة (Thermoset polymers)



شكل 6 - 1 : الأواصر القوية في تركيب الراتنجات المتصلبة حراريا حيث لا تسمح بالحركة

ان البوليمرات المتصلبة حراريا (Thermoset Polymers)

تعاني من تغيرات كيميائية عند تسخينها فتتشابك فيها

السلاسل البوليميرية وتصبح هذه البوليمرات بعد

معاملتها حراريا غير ذائبة، رديئة التوصيل للحرارة

و الكهربائية وغير قابلة للانصهار نتيجة لارتباط جزيئات

هذا النوع بأواصر كيميائية قوية حيث تشترك تساهميا بذرة أو مجموعة ذرات مشكلة كتلة ثلاثية الأبعاد

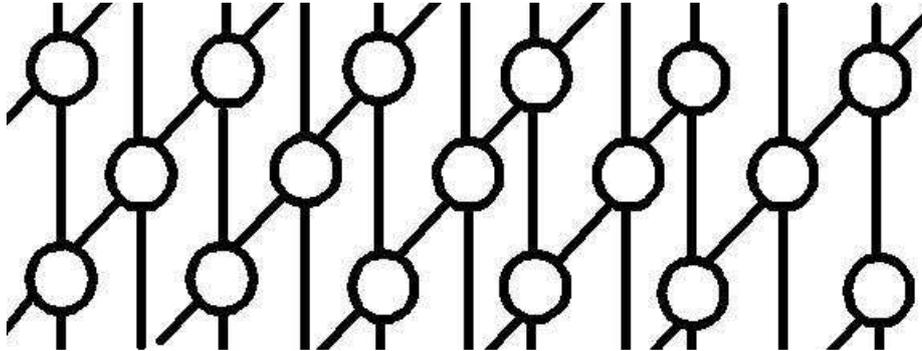
شكل رقم (6-1). لا يمكن تغيير شكل هذا النوع بالحرارة و سيزداد صلابة بالتسخين .

لذا تصنع منه فيش الأجهزة الكهربائية ، لتحملها الحرارة الناتجة من التيار الكهربائي .من الأمثلة على

هذا النوع من البوليمرات ، البيرسبكس وهو بلاستيك شفاف مثالي لملاعب السكواش ، يتميز بالصلابة

والقوة اكثر من الزجاج وراتنجات الفينول فورمالديهايد وراتنجات اليوريا فورمالديهايد وغيرها.كما

واضح في الشكل (2-6)



شكل 6 - 2 : التركيب ثلاثي الأبعاد للبوليمرات المتصلبة بالحرارة

6 - 2 - 1 راتنجات الايبوكسي Epoxy Resin

مادة كيميائية تعتبر أحد أنواع اللدائن المتصلبة بالحرارة وتتكون من مركبين ، مادة الأساس (resin)

ومصلب (hardener) . وهي شديدة الالتصاق ومقاومة للاحتكاك والمواد الكيميائية سواء كانت

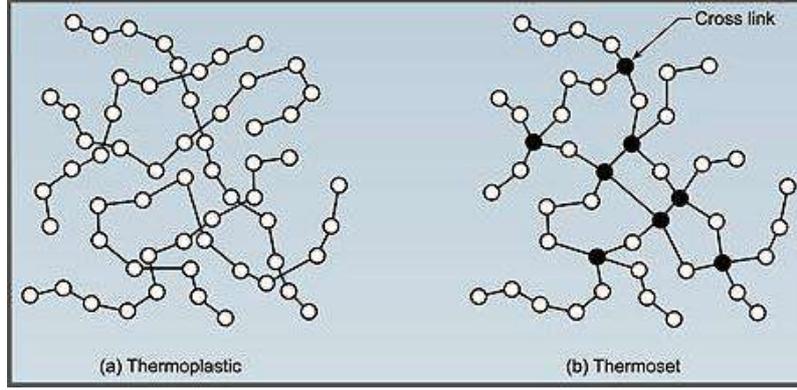
أحماض أو قواعد أو مذيبيات ، حيث تشكل طبقة عازلة عند جفافها. تستخدم كطلاء أو مونة أو لاصق.

أكثر أنواع راتنج الإيبوكسي إنتاجاً هي الناتجة عن التفاعل بين مادتي الإيبوكسي كلوروهيدرين (epichlorohydrin) و البزفينول (bisphenol).

أول محاولة قام بها الكيميائيون لإنتاج هذه المادة كانت في عام 1927 بالولايات المتحدة عبر شركة سيبا السويسرية لإنتاج الكيماويات . ينتمي راتنج الإيبوكسي إلى مجموعة الراتنجات المتصلبة بالحرارة حيث تتميز هذه الراتنجات بعدم إمكانية إعادة تشكيلها بالحرارة بعد تحولها إلى مادة صلبة نتيجة لتكون سلاسل بوليميرية طويلة متشابكة مع بعضها وهو ما يسمى بالترابط التشابكي . يحتوي راتنج الإيبوكسي على مجموعتين أو أكثر من مجاميع الإيبوكسيدات التي تتألف من ذرة أو كسجين مرتبطة مع ذرتي كربون . ترتبط مجموعة الإيبوكسي كيميائياً مع الجزيئات الأخرى لتشكيل شبكة ثلاثية الأبعاد ذات ترابط تشابكي بعملية المعالجة . يتميز راتنج الإيبوكسي بالصلادة والمقاومة الكيميائية العاليتين نسبياً إضافة إلى ذلك يمتلك هذا الراتنج قابلية التصاق نوعي عالي بسبب التركيب الكيميائي له والمتمثل في مجموعة الإيثرات والهيدروكسيل والمجاميع القطبية التي تعطي متانة والتصاق عاليين وتكسب المادة صلادة وقوة ، لذلك يستعمل في التطبيقات التي تتطلب إداء وظيفياً عالياً. تتفاعل هذه الراتنجات مع المصلدات أثناء المعالجة ويكون التفاعل غير مصحوب بانبعثات الماء أو تحرر أي منتجات ثانوية مما يجعل التقلص الحجمي قليل جداً (أقل من 2%) وبالتالي يكتسب الراتنج قوة وخواص ميكانيكية عالية إضافة إلى ذلك تمتلك راتنجات الإيبوكسي المعالجة متانة عالية نتيجة للبعد بين نقاط الترابط التشابكي ووجود السلاسل الإليفاتية المتكاملة. كما واضح في الشكل (3-6)



شكل 6 - 3 : الإيبوكسي وتطبيقاته



شكل 6 - 4 : ترتيب الجزيئات في البوليمرات المتصلبة والمطاوعة حراريا

الشكل رقم (6 - 4) يوضح طبيعة الجزيئات في كل من البوليمرات المتصلبة والمطاوعة بالحرارة حيث تكون هذه الجزيئات أواصر كيميائية دائمية في حالة المتصلبة حراريا والتي تتشابك مع بعضها عند ارتفاع درجة الحرارة وتتفحم عند درجات الحرارة العالية جدا .

3-6 البوليمرات المطاوعة بالحرارة (Thermoplastic polymers)

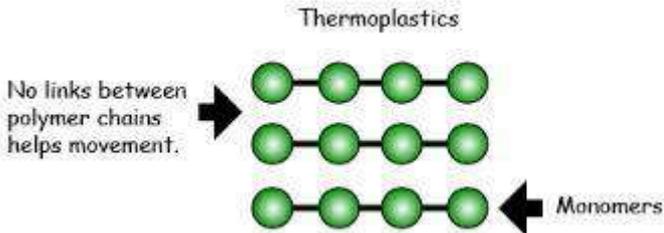
يتضمن هذا النوع البوليمرات التي تتغير صفاتها

بتأثير الحرارة ، فزيادة درجة الحرارة تزداد

مرونتها وتتحول إلى منصهرات لزجة و عند

خفض درجة حرارة المنصهر تسترجع حالتها

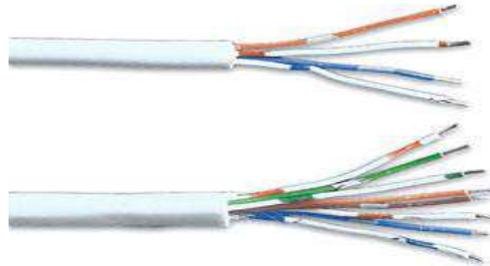
الصلبة القوية وسبب ذلك أن التجاذب بين جزيئات



شكل 6 - 5 : الأواصر الضعيفة في تركيب الراتنجات المطاوعة حراريا تسمح بالحركة

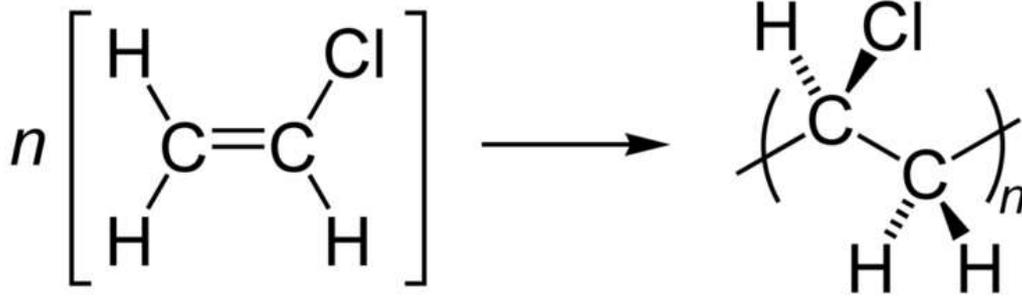
هذا النوع يكون ناتجا أما عن القطبية أو عن قوة فاندرفالز الضعيفة حيث عند تسخينها يمكن للجزيئات أن تنزلق فوق بعضها البعض . كما واضح في الشكل (6-5)

تعتبر من اكثر البوليمرات أهمية صناعية كما في البولي ستايرين (متعدد الستارين) ، بولي الاثيلين (متعدد الاثيلين) ، بولي فنيل كلوريد (متعدد فنيل الكلوريد) و بولي بروبيلين (متعدد البروبيلين) وغيرها ، شكل رقم (6 - 6) .



شكل 6 - 6 : تطبيقات البوليمرات المطاوعة بالحرارة

6 - 3 - 1 بولي فنيل كلوريد (Polyvinyl chloride)



مونيمر الفينيل كلوريد

بولي فنيل كلوريد (متعدد كلوريد الفينيل)

البولي فنيل كلوريد ، مادة بلاستيكية كثيرة الاستعمال وهو من أكثر المنتجات الثمينة للصناعة الكيميائية وهو من بوليمرات الإضافة التي تصنع منها كميات كبيرة جداً عبر ميكانيكية الجذور الحرة . عالمياً أكثر من 50% من البولي فنيل كلوريد المصنع يستخدم في البناء كمادة إنشائية لأنه رخيص وسهل التركيب . استبدل في السنوات الأخيرة البولي فنيل كلوريد مكان مواد إنشائية كثيرة في العديد من المناطق على الرغم من وجود مخاوف حول تأثيره على البيئة والصحة البشرية . حيث أن هذا البوليمر غير مستقر اتجاه الضوء والحرارة وهذا يؤدي إلى تغيرات واسعة في البنية وذلك بسبب إزالة HCl وهذا يؤثر أيضاً على خواصه الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية.

يحضر البولي فنيل كلوريد من مونوميره (كلوريد الفينيل) وهو مركب مهم جداً في الصناعة. الإنتاج العالمي السنوي لبولي فنيل كلوريد بلغ حوالي 17 مليون طن في عام 1985 وأكثر من 26 مليون طن في عام 1995 حيث أن أكثر من 64% منه ينتج في أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية . ان حوالي 95% من إنتاج العالم من الفينيل كلوريد يستخدم لإنتاج البولي فنيل كلوريد(متعدد كلوريد الفينيل).

6 - 3 - 2 تصنيع البولي فنيل كلوريد

نظراً لأهمية مونومير كلوريد الفينيل فقد اتبعت كل الطرق في سبيل تصنيع هذا المركب وحالياً فإن المواد الأساسية الضرورية لإنتاجه ، هي الكلور والإستيلين أو الإيثيلين ويمكن استخدام عنصر الكلور فهو يحضر لذلك من التحليل الكهربائي لكلوريدات المعادن القلوية ، أو على شكل حامض الهيدروكلوريك . وهناك عدة طرق صناعية لصناعته نذكر منها ما يأتي :

أ- نزع كلوريد الهيدروجين من 2,1 - ثنائي كلوريد الإيثان تحت تأثير القلويات أو بالتحلل الحراري . ويتم الأخير بدرجات حرارة عالية $^{\circ}\text{C}$ (500-450) وبوجود عامل مساعد من الحديد .

ا- بدءاً من الأستيلين : يتم بتفاعل HCl مع الإستيلين في درجة حرارة عالية ويتم هذا التفاعل في الحالة الغازية وبوجود عامل مساعد من كلوريد الزئبق أو في وسط مائي .

ب- بدءاً من الإيثيلين : وذلك بكلورة الإيثيلين حيث يتم الحصول على 1,2 ثنائي كلوريد الإيثان وذلك في الدرجة $^{\circ}\text{C}$ (60 - 40) .

ج - طريقة الأكسدة الكلورية : ويتم هذا التفاعل عند درجة حرارة عالية بحدود $^{\circ}\text{C}$ (500 - 470) .

6 - 3 - 3 طرق بلمرة كلوريد الفينيل

تتم بلمرة كلوريد الفينيل إما في بلمرة الكتلة أو بلمرة العوالمق أو في بلمرة المستحلبات.

a- إنتاج البولي فنيل كلوريد في بلمرة الكتلة :

عند بلمرة كلوريد الفينيل في بلمرة الكتلة يتم التفاعل باستخدام المونومير السائل ، تتم العملية إما بشكل مستمر أو متقطع ومن الممكن أن تتم في درجات حرارة منخفضة $^{\circ}\text{C}$ (- 10 - 20)، أو درجات حرارة عالية $^{\circ}\text{C}$ (من 40-70) .

خواص البوليمر الناتج :

- (أ) ذو توزع جزيئي جيد
(ب) نظافة البوليمر الناتج
(ج) خواص العزل الكهربائي عنده جيدة
(د) شفافية القطع المنتجة منه.

b - تحضير البولي فنيل كلوريد بطريقة بلمرة العوالمق :

ينتج القسم الأكبر من بوليمر البولي فنيل كلوريد بهذه الطريقة. حيث أن نوعية المنتج تكون جيدة إلى جانب سهولة التحكم بعملية البلمرة . في هذه العملية تتم عملية الفصل في الوسط المائي والذي به ينتشر كلوريد الفينيل السائل وبوجود منظم للعوالمق . كلوريد الفينيل في الوسط المائي يكون بشكل نقاط والتي بها تتم عملية البلمرة.

من العوامل المؤثرة على عملية البلمرة هذه (1) درجة حرارة التفاعل (2) نسبة كمية الماء والمونومير(3) درجة التحول... وغيرها .

أما نوعية المنظم المستخدم وعملية التحريك فتؤثران وبشكل واضح على حجم دقائق البوليمر. البوليمر المنتج (متعدد كلوريد الفينيل) بهذه الطريقة يكون بشكل مسحوق أبيض اللون . وأما الخصائص الكهربائية والميكانيكية فهي عالية.

C- تحضير البولي فنيل كلوريد بطريقة بلمرة المستحلبات :

إن بلمرة كلوريد الفينيل في المستحلب وكما هي في العوالق تتم في وسط مائي ولكن بوجود مستحلب وبادئ تفاعل ذاتيين في الماء، سرعة العملية وخواص البولي فنيل كلوريد الناتج تتعلق بطبيعة وتركيز البادئ والمستحلب و pH الوسط ونسبة المونومير إلى الطور المائي ودرجة الحرارة وغيرها . وهذه الطريقة يمكن أن تتم بشكل مستمر وبشكل متقطع . والبولي فنيل كلوريد المحضر بطريقة المستحلب يكون مسحوق أبيض اللون.

6 - 3 - 4 إنتاج البولي فنيل كلوريد القاسي:

إن المواد القاسية المستعملة في الأعمال التصميمية والإنشائية هي من البولي فنيل كلوريد. وتنتج بشكل صفائح وبأشكال أخرى ويتم الحصول على المواد المتصلبة بالحرارة (الفينو بلاست) بالتلدين الحراري لمزيج من البولي فنيل كلوريد مع المواد المنظمة والمزيتة وبوجود ملونات في حالة الرغبة بذلك.

6 - 3 - 5 إنتاج الصفائح

يتم إنتاج الصفائح بطريقة السحب التي تتضمن المراحل الآتية :

1- خلط المواد . 2 - سحب المواد . 3 - صقل الصفائح . 4 - ضغط الصفائح .

تستخدم رقائق و صفائح PVC القاسي في صناعة القوارير والحاويات ولتبطين الأجهزة تبطيناً مقاوماً للكيمائيات ويستخدم جزء كبير منه في صناعة الأنابيب وفي الأغراض الصناعية الكيميائية.

6 - 4 الأصباغ والمواد اللاصقة (Adhesive and Coatings)

6 - 4 - 1 الأصباغ أو الطلاء

بعض المفاهيم الأساسية :

الطلاء أو الدهان هو أي مركب سائل أو يمكن تمييعه أو مركب صمغي يمكن أن يغطي سطح المادة بطبقة رقيقة بعد أن يتصلب.

الطلاء (paint) : يستخدم المصطلح عموماً عندما تكون الغاية منه جمالية وتزيينية .

التكسية (coating) : يستخدم المصطلح عندما يستخدم في أغراض محددة أخرى ،

علماً بأن الأحبار المستخدمة في الطباعة تعتبر كعملية تكسية مع أنها ذات أهداف تجميلية وتوضيحية أيضاً.

الطلاء هي مادة تكسية للسطح يطلى بها السطح بإحدى الطرق المناسبة مثل الفرشاة ، أو الفرشاة الأسطوانية ، أو اللبخ أو الترسيب الكهربائي . ثم يجف الطلاء ، أو بقول أصح تتحول طبقة الطلاء من السائل إلى الصلب ، وهذه الطبقة تغطي السطح تماماً ، وتكون عموماً بسمك بضعة عشرات من المايكرومتر . وتطلى السطوح لهدفين : الحماية والتزيين . يستخدم الطلاء لحماية السطوح بطرق مختلفة. وتتم تكسية السطح لحمايته من الإجهاد الميكانيكي بتحسين مقاومة الصدم .

طرق الطلاء

يتكون الطلاء من مسحوق الصبغة اللاعضوية (pigment) العالقة داخل مادة سائلة تسمى الوسيط (vehicle) وعندما يدهن بها السطح يتحول هذا الدهان إلى طبقة رقيقة جداً صلبة بمساعدة إحدى الطرق الآتية :

- 1- الأكسدة : تعمل طبقة صلبة من الدهان باتحادها بأوكسجين الجو.
- 2- التبخر : تعمل طبقة من المادة المطاوعة بالحرارة (الثيرموبلاستيك).
- 3- التسخين: تعمل طبقة من المادة المتصلبة بالحرارة (الثيرموسيت).
- 4- التخيرات الكيميائية : تعمل تلاحماً بين المواد وبعضها وتكون بذلك طبقة رقيقة سطحية صلبة .

المكونات الأساسية للطلاء

يتكون أي طلاء من عدة مكونات أساسية هي :

1 - المادة الرابطة (binder) : وهي السائل الرئيسي الذي يكون مسؤولاً عن حمل جميع مكونات الطلاء الأخرى والمادة الرابطة هي التي تحدد نوع الطلاء سواءً كان دهان مائي أو زيتي أو سيليلوزي أو كحولي، وتتوقف قيمة لطلاء على قيمة المادة الرابطة ، كذلك تتوقف جودته على جودة المادة و قدرتها على حل المكونات المختلفة.

2 - القواعد الأساسية : والمقصود بها هي المسحوق المكون للطلاء (للدهان) والتي تكون مع المادة الحاملة القوام الأساسي للطلاء.

3 - الأكاسيد الملونة : وهي التي تعطي للطلاء اللون المطلوب وقد تكون هذه الأكاسيد لوناً واحداً أو لونين أو أكثر بشرط التجانس وعدم حدوث تفاعلات كيميائية تؤثر على الطلاء.

4-المخففات : وهي ذات أهمية قصوى في صناعة البويات . من أنواعها مواد لمنع الترسيب ، مواد لمنع تكون القشرة ، مواد مجففة ، مواد لزيادة السيولة (مواد مخففة) ، مواد لإكساب للمعان ، مواد لتطفئة للمعان ، مواد لزيادة المرونة ، مواد مثبتة للطلاء ، مواد زيادة الصلابة ، مواد زيادة مقاومة المياه ، مواد زيادة مقاومة الحرارة ، مواد مقاومة للبكتريا و الطفيليات ، مواد زيادة مقاومة صدأ عبوات الصفيح .

طلاء المعادن

تعني كسوة المعادن أو طلاء المعادن اتحاد عنصرين من معدنيين مختلفين . وهو يختلف عن اللحام أو الالتصاق كوسيلة لربط المعادن معا . وغالبا ما يتم عمل كسوة المعادن عن طريق البثق ، حيث يتم مرور معدنيين من خلال الواح دوارة ويتم تسليط ضغط عالي على المعدنين . ان مصنع صناعة العملات المعدنية بالولايات المتحدة يستخدم الكسوة (الطلاء) لصناعة العملات من معادن مختلفة. وهذا يتيح استخدام معادن رخيصة.

طلاء الألياف البصرية

فيما يتعلق بالألياف البصرية المستخدمة في الاتصالات السلكية واللاسلكية ، الكسوة هنا هي عبارة عن طبقة واحدة أو أكثر من المواد التي تتميز بانخفاض معامل الانكسار، والمتصلة مع المواد الأساسية التي تتميز بارتفاع معامل الانكسار لها. والكسوة تجعل الضوء في داخل الألياف ينعكس انعكاسا كليا إلى داخل الألياف. وفي الألياف الضوئية النموذجية ، تعمل الكسوة علي منع انتشار الضوء إلى خارجها.

الطلاء في تشييد المباني

ان الهدف من الطلاء في مجال تشييد المباني هو خلط مادة مع مادة أخرى لإنتاج طبقة تخدم أغراضا معينة مثل منع تسرب الرطوبة من أجل السيطرة على جريان المياه ومنع التسلل إلى هيكل المبنى أو لاستخدامها في أغراض جمالية .

2-4-6 المادة اللاصقة

هي مادة تربط السطوح بعضها مع بعض وهي مواد قادرة على ضم المواد مع بعضها البعض بشكل مفيد عن طريق وصل سطوح هذه القطع . إن الفائدة الأساسية من المواد اللاصقة هو قدرتها على تشكيل روابط قوية بين سطوح طيف واسع من المواد والمحافظة على قوة هذه الروابط تحت ظروف عمل محددة .

على الرغم من أن معظم المواد اللاصقة ليس لها خواص ميكانيكية جيدة عندما تطبق على أحجام كبيرة لذلك يكون من الضروري المحافظة عليها على شكل شرائح رقيقة السمك ، من جهة أخرى فإن

بعض اللواصق مثل الإيبوكسي لها خصائص ميكانيكية جيدة ومن الممكن استخدامها كمواد ميكانيكية في العديد من التطبيقات.

وتستعمل المواد اللاصقة التي تشمل مواد مثل الإسمنت والإيبوكسي والغراء والمعجون على نطاق واسع في الصناعة وفي الأغراض المنزلية . كما أنها تؤدي دوراً مهماً في صناعة الطائرات والسيارات وتجليد الكتب ، وكذلك الأثاث وإنشاء المباني والطرق .

صنع الناس المواد اللاصقة قديماً من المواد الطبيعية كعصارة الأشجار وجلود الحيوانات . أما اليوم ، فإن معظم المواد اللاصقة تتكون بصورة رئيسية من المواد المصنّعة كالنايلون ، متعدد الإثيلين (بولي إثيلين) والسليكون . وتتميز هذه المواد اللاصقة الصناعية بأنها تعيش مدة أطول، وتكوّن رباطاً أقوى من الذي يمكن أن توفره المواد الطبيعية اللاصقة .

تصنيف المواد اللاصقة

(1) اللواصق اللدنة حرارياً التي لها بنية بوليميرية ذات سلسلة طويلة وهي قابلة للتطرية عند تعرضها للحرارة والتقسية بالتبريد . عملية التطرية قابلة للتكرار عدة مرات والذي يساعد على تجميع وتفكيك بنية القطع المجمعة بسهولة.

(2) اللواصق المتصلبة حرارياً ويكون لها بنية بوليميرية ذات ارتباطات متقاطعة وتعطي ارتباطات قوية لا يمكن فكها بعد تشكيلها . وعليه فإن المواد اللاصقة المتصلبة حرارياً لا يمكن تطريتها وفكها بعد تصلبها .

كفاءة اللواصق

من الصعب جداً اختيار المادة اللاصقة الأفضل من أجل الحصول على أفضل كفاءة ميكانيكية لللاصق في عملية ما . للحصول على روابط لاصقة جيدة يجب أن تتطابق كيميائية المادة اللاصقة مع طاقة السطح ، قطبيته ، وكيميائية المواد التي يتم لصقها . حيث أن معامل لدونة المادة اللاصقة يجب أن لا يكون أعلى من المواد التي يتم لصقها . تستخدم المواد اللاصقة في نوعين من التطبيقات ، أحدها يحتاج متانة على القص والأخرى تحتاج خواص ميكانيكية بنيوية غالباً تكون متانة على القص الشد.

ان نوعية السطح الملصوق هي التي تحدد نوعية البوليمرات المستخدمة في اللصق ، فاذا كان السطح نفاذ (كالخشب أو الورق) فيمكن ان تستعمل كل أنواع البوليمرات كإلواصق . أما اذا كان السطح غير نفاذ (كالمعادن والزجاج) فيمكن ان تستعمل البوليمرات التي تحتوي على مجاميع مستقطبة واللصق يتم بين المجاميع المستقطبة في السطح والبوليمر المستقطب . امثله على ذلك الصمغ العربي ، الصمغ الحيواني ، المطاط الطبيعي والدكسترين .

5-6 المواد المطاطية المرنة (Elastomers)

ان المواد المطاطية المرنة لها صفات متميزة كالاستطالة والقابلية على التمدد والتقلص كما تتميز بانخفاض درجة الانتقال الزجاجية لها ويكون عادة تحت درجة استخدام تلك البوليمرات. كما إنها تمتلك قابلية المرونة والتي تعتمد أساسا على مرونة الجزيئات في السلاسل البوليميرية والموجودة في وضعيات ملتفة على بعضها بصورة عشوائية . ويمكن تقسية المواد المرنة المطاطية بعملية الفلكنة . واذ كان البوليمر غير متبلر أي انه يتواجد في حالة أعلى من درجة الانتقال الزجاجية الخاصة به ، فمن الممكن حدوث الحركة النسبية لمكوناته . وفي درجة الحرارة العادية يكون المطاط لينا نسبيا وقابلا للتشكيل . معامل يونج يساوى تقريبا 3 ميكا باسكال . ويستخدم المطاط غالبا كمانع تسرب ، لاصق ، ويستخدم أيضا لتشكيل الأجزاء المرنة. الوحدات المرنة غالبا ما تكون متصلبة بالحرارة (تتطلب عملية فلكنة) ولكن يمكن أيضا أن تكون مطاوعة بالحرارة . وترجع الطبيعة المرنة للمادة إلى طول سلاسل البوليمر وطبيعة التشابك الحادث أثناء البلمرة . ويمكن تخيل البناء الجزيئي للوحدات المرنة على أنه مثل 'المعكرونة وبها كرات من اللحم' حيث تمثل خيوط المعكرونة سلاسل البوليمر، بينما تمثل كرات اللحم نقاط التشابك.

6 - 5 - 1 المطاط Rubber

ويكون على نوعين طبيعي وصناعي ، الطبيعي يخرج من سيقان أشجار خاصة تنمو في المناطق الحارة ، أهم هذه الأشجار (الهيڤيا البرازيلية) الاسم العلمي *Hevea Brazilensis* التي تنمو في حوض نهر الأمازون بالبرازيل .

المطاط الطبيعي Natural rubber

يعتبر من أهم أنواع المطاط المستخدمة في الصناعة بسبب امتلاكه لصفات تتفوق على المطاط الصناعي حيث يمتلك (1) قوة شد عالية (2) رجوعية عالية (3) مقاومة الانتشاء في درجات الحرارة الواطئة و(4) مقاومة التمزق والقطع . يقاوم المطاط الطبيعي التأكسد بالأوكسجين أو الأوزون بشكل طفيف لاحتوائه على أواصر مزدوجة سهلة التفاعل مع هذين الغازين ، ولهذا السبب يتم إضافة مانعات التأكسد والتي تتفاعل مع النهايات الحرة مما يقلل الأوكسدة .

المطاط الطبيعي من المركبات الهيدروكربونية والذي يكون سلسلة منتظمة ومستمرة ، ونتيجة للانتظامية العالية لتركيب المطاط الطبيعي فإنه يميل للتبلور عند درجات الحرارة الواطئة.

كان أول من شاهد المطاط الطبيعي الرحالة كريستوفر كولومبس عندما وصل إلى هايتي عام 1493 ورأى بعض الأطفال يلعبون بكرة غريبة ترتد من سطح الأرض عند قذفها . وفي عام 1521 م ، رأى بعض المستكشفين الإسبان جماعات من أهل المكسيك يستخدمون مادة مرنة مستخرجة من إحدى النباتات وكان اسمها الوطني " كاو أوتشو " *Cao Achu* وهي تعني في لغتهم شجرة الدموع ، حيث

كانوا يقومون بتشريط لحاء هذه الأشجار فيخرج منها لبن نباتي يجمعونه في أوانٍ خاصة ، وقد اشتق الاسم الشائع للمطاط وهو " كاوتشوك " Caoutchouc من هذا الاسم .

ولم يكن للمطاط أي فائدة معروفة في ذلك الحين وإن كان " جوزيف بريستلي " وجد عام 1766 أن المطاط يمحو الكتابة بالرصاص من على الورق . لم تكن خواص المطاط تجعله صالحا للاستخدام في كل الأغراض ، فقد كان يلتصق بكثير من المواد ، وسريع التأثير بالحرارة ولا يتحمل الإجهاد عند استخدامه في أشياء تحتاج إلى مرونة عالية.

المطاط الصناعي Synthetic rubber

ظل المطاط الطبيعي المفلكن دون منافس نحو قرن من الزمان ، وانتشر استخدامه بصفة خاصة في إطارات السيارات والجرارات وغيرها من الأغراض . ونظرا للتوسع الصناعي الذي حدث في بعض دول العالم في بداية القرن العشرين ، فقد أصبحت كميات المطاط الطبيعي المنتجة من مزارع أشجار " الهيفيا" غير كافية لسد احتياجات مختلف الصناعات ، ولذلك كانت هناك حاجة ملحة لتصنيع مادة أخرى مشابهة لها نفس خواص المطاط الطبيعي ويمكن استعمالها بديلا له . وكانت أولى هذه المحاولات على يد بعض علماء الكيمياء في ألمانيا ، فعندما قامت الحرب العالمية الأولى عام 1914 م انقطعت موارد المطاط الطبيعي الآتية من الشرق الأقصى عن ألمانيا ، ولهذا شعرت ألمانيا بحاجاتها الشديدة لإيجاد بديل لهذا المطاط . وكان على علماء الكيمياء أن يجدوا أولا تركيب المطاط الطبيعي لكي يستطيعوا لاحقا القيام بتحضير مادة مشابهة لها.

اكتشافه

وقد كان العالم الشهير " فاراداي " أول من اكتشف أن المطاط الطبيعي يتكون من عنصري الكربون والهيدروجين فقط ، أن نسبة وجودهما فيه هي خمس ذرات من الكربون إلى ثماني ذرات من الهيدروجين أي أن صيغة المطاط الطبيعي الأولية هي (C_5H_8) وقد تم فصل مركب غير مشبع من المطاط بتقطيره ، وسمي هذا المركب " أيسوبرين " وتم التعرف عليه عام 1860 وأمكن تحويله بعد ذلك إلى بوليمر سمي (بولي أيسوبرين) يشبه المطاط الطبيعي في صفاته . وبناء على هذه المعلومات نجح الألمان في أثناء الحرب العالمية الأولى في تحضير نوع من المطاط ببلمرة مركب غير مشبع يعرف باسم (ثنائي ميثيل بيوتاديين) وأطلق عليه اسم (المطاط الميثيلي) وأنتج منه نحو 150طنا في الشهر طوال مدة الحرب العالمية الأولى، ولكن أوقف إنتاجه بعد ذلك لارتفاع تكلفته وعدم صلاحيته للاستعمال في كل الأغراض.

بداية التصنيع

وقد نجحت شركة " باير " الألمانية عام 1935 م في إنتاج نوعين من المطاط :

(1) عرف أولهما باسم بونا (S) وهو يحضر بالبلمره المشتركة للبيوتاديين والأكريلونتريل ، وقد استعملت في هذه البلمره عوامل مساعدة مثل فوق بورات الصوديوم ، وبعض الأكاسيد الأخرى . يمتاز مطاط بونا (S) بعد فلكنته بمقاومة لفعل النار ، وعدم تأثره بطول مدة التخزين ، وكذلك بمقاومته الكبيرة للبري والحك .

(2) مطاط بونا (N) يمتاز بمقاومته العالية للانتفاخ بزيوت البترول ومنتجاته ، كما يتميز بخواصه العازلة للكهرباء .

التمدد

يتمدد المطاط في الأماكن الباردة بسبب زيادة حجم الجزيئات في داخله فيتمدد بصورة مباشرة وهكذا نرى أن الكيمياء قد ساهمت بشكل فعال في سد احتياجات السوق العالمي ومختلف الصناعات بتقديمها لأنواع متعددة ومتغيرة الخواص من المطاط الصناعي شديد التحمل ، مثل مطاط (النتريل) و(الإثيلين برويلين) ، و(المطاط الفلوري) و (المطاط الحراري) و (المطاط الرغوي) وغيرها ، وتستعمل هذه الأنواع المختلفة من المطاط في مختلف الأغراض ، كما في صناعة إطارات السيارات والأشرطة والسيور والحقائب والأحذية والأرضيات والإسفنج الصناعي .

أمثلة: المطاط الصناعي مطاط الستارين بيوتاديين (SBR) ، مطاط النيوبرين (NR) ومطاط البيوتيل (BR).

6-6 الألياف (Fibers)

ألياف النسيج هي العنصر الأساسي في المادة النسيجية كالخيوط والنسيج واللباد . وتتميز الألياف بدقتها فهي ذات قطر أو عرض غاية في الصغر وطول يتجاوز مئة ضعف هذا البعد على الأقل . قطر المادة النسيجية هو غاية في الصغر، إذ يبلغ حوالي (11 - 50) مايكرومتر. ويتراوح طول ألياف النسيج بين (2.2) سم و(عدة أميال) . واعتمادا على طول الألياف تقسم إلى إما ألياف قصيرة (staple fiber) أو شعيرات (filament) .

تتكون ألياف النسيج بشكل عام من جزيئات ضخمة ، فهي بوليمرات ذات خواص محددة ، فليس بالإمكان استخدام أي بوليمر لإنتاج ألياف النسيج ، وإنما يجب على البوليمرات أن تحقق شرطين أساسيين :

(1) أن تكون بوليمرات خطية .

(2) أن تحتوي سلاسل البوليمير على مجموعات قطبية . وإلا فيجب على الجزيئات الضخمة أن تكون طويلة جدًا ، للاستعاضة عن كثافة بروابط أكثر على طول الجزيئات الضخمة .

وتتميز بالقوة والمتانة والقابلية على التبلور وسلاسلها البوليميرية لها القدرة على الترتيب باتجاه محور سحب الليف لتكسبه القوة والمتانة . تمتاز أيضا بارتفاع درجة الانتقال الزجاجية لذا تقاوم ظروف الغسل والكوي ، كما تمتاز بوجود قوى جزيئية عالية تربط السلاسل البوليميرية للألياف لها القدرة على الثبات تجاه الحرارة والضوء والأكسدة .

امثله : النايلون (البولي اميدات) ، بولي استر الخطي ، بولي بروبيلين وألياف الاكريلك .

6 - 6 - 1 إنتاج ألياف النسيج الصناعية :

تنتج بعدة طرق مختلفة التقنيات ، بدءًا من محلول البوليمر (بوليمر مذاب في إحدى المذيبات المناسبة) أو بدءًا من بوليمر مصهور. ولكن أغلبها تعتمد مبدأ إمرار البوليمر عبر فتحات دقيقة (مبدأ البثق) لتحويل البوليمر المصهور أو المذاب إلى ألياف طويلة جدًا. وتسحب الألياف بعدها على عدة مراحل لتحسين خواص الألياف الناتجة . عمليتا البثق والسحب تساعدان في تحويل سلاسل البوليمرات من سلاسل منكورة و متجمعة على بعضها إلى سلاسل متوازية نوعا ما، مما يزيد فرصة تشكل روابط بين جزيئاتها. وتكون بنية الألياف بلورية في المناطق التي تزيد فيها نسبة وانتظام هذه الروابط الكيميائية، بينما تكون البنية لا بلورية في المناطق التي تشكل عيوبًا أو عدم انتظام لهذه الروابط.

الشعيرات النسيجية:

هي نوع من الألياف النسيجية الطويلة جدا ، وليس لها طول محدد. ان الألياف القصيرة هي إما ألياف طبيعية أو شعيرات مقطعة وفق أطوال معينة تتراوح من 3.75 - 28.5 سم.

هناك العديد من أنواع الألياف : القطن، والبولي استر، والنايلون، والصوف، إلخ.. هذه الألياف تشكل الخيوط والأقمشة. وتختلف هذه الألياف عن بعضها في البنية الكيميائية، وشكل المقطع العرضي للليف ومحيطه، كما تختلف في الطول والقطر.

تصنف ألياف النسيج بشكل أساسي إلى :

(1) ألياف طبيعية Natural Fibers : تتميز الألياف الطبيعية بشكل عام بخواص معينة، فهي (أ) تتفكك حيويًا (ب) تعطي شعورًا أكبر بالراحة (ج) ويمكن الحصول عليها من مصادر متجددة حيويًا.

(2) ألياف صناعية Man-made Fibers : تمتاز الألياف الصناعية (أ) بقوتها، (ب) متانتها (ج) رخص ثمنها (د) إمكانية أكبر لتعديل خواصها. ويختلف التركيب الكيميائي لبنية الألياف الطبيعية والاصطناعية تمامًا. ويمكن تصنيع الألياف الصناعية بحيث تحاكي الألياف الطبيعية لرفع نوعية المنتج النهائي. وبطبيعية الحال، تلعب خواص الألياف دورًا كبيرًا في تحديد خواص الخيوط والأقمشة والمنتجات النهائية.

ألياف النسيج الطبيعية

تصنف إلى ما يأتي :

(1) ألياف طبيعية ذات أصل نباتي مثل (القطن)، ألياف جوز الهند .

(2) ألياف طبيعية ذات أصل حيواني : (ألياف بروتينية) مثل الصوف.

(3) ألياف طبيعية من مصدر معدني : أسبستوس.

والألياف الطبيعية تتحلل بيولوجيا بمرور الوقت مع توفر الشروط المناسبة للتحلل كدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة.

ألياف النسيج الصناعية:

تصنف إلى ما يأتي :

1- ألياف طبيعية تركيبية Natural Polymer Fibers

(أ) ألياف سيليلوزية : وتشمل ألياف الفيسكوز، ألياف الحرير الصناعي أو ألياف أكسيد النحاس النشادري، ألياف إستر السيليلوز ألياف أسيتات السيليلوز، ألياف بروتينية تركيبية، ألياف الكازين، ألياف الفول السوداني، ألياف الصويا و ألياف الكولاجين .

2- الألياف التركيبية Synthetic Fibers

(أ) ألياف متعدد الأميد (Polyamide Fibers):

نايلون 6 ، نايلون 6.6 ، نايلون 11 ، نايلون 6.10

(ب) ألياف أخرى لمتعدد الأميد :

- ألياف البولي إستر (Polyester Fibers)

-ألياف البولي الإيثيلين تيرفتالات (Polyethylene Terephthalate Fibers or PET)
(Polyester Fibers)

(ج) ألياف تركيبية أخرى

ألياف زجاجية (Glass Fibers)

ألياف سيليكات الألمنيوم ، ألياف معدنية ، ألياف الكربون .

خلاصة الفصل السادس

يتطرق هذا الفصل الى اهم التطبيقات الصناعية للبوليمرات ويتضمن دراسة الراتنجات المتصلبة بالحرارة وهي البوليمرات التي تعاني من تغيرات كيميائية عند تسخينها فنتشابك سلسلها البوليميرية فتصبح هذه البوليمرات غير ذائبة ، رديئة التوصيل للحرارة و الكهربائية و غير قابلة للانصهار ولا يمكن تغيير شكلها بالحرارة و ستزداد صلابة بالتسخين و من انواع الراتنجات المتصلبة بالحرارة (راتنجات الايبوكسي) والتي تتميز بالصلادة والمقاومة الكيماوية العاليتين نسبيا .

أما البوليمرات المطاوعة بالحرارة فتتضمن البوليمرات التي تتغير صفاتها بتأثير الحرارة اذ تزداد مرونتها وتتحول إلى منصهرات لزجة بازدياد الحرارة وتسترجع حالتها القوية الصلبة عند خفض درجة الحرارة و تعتبر اكثر البوليمرات أهمية من الناحية الصناعية ومن أنواع البوليمرات المطاوعة بالحرارة (البولي فينيل كلوريد او متعدد كلوريد الفينيل) وهو مادة بلاستيكية كثيرة الاستعمال ومن اكثر المنتجات الثمينة للصناعة الكيماوية. و بالنسبة إلى طرق بلمرة كلوريد الفينيل فتنتم إما في بلمرة الكتلة ، بلمرة العوالق أو في بلمرة المستحلبات .

وقد تم التطرق إلى إنتاج البولي فينيل كلوريد القاسي وإنتاج الصفائح التي تتم بطريقة السحب التي تتضمن عدة مراحل و هي (خلط المواد ، سحب المواد ، الصقل للصفائح و ضغط الصفائح) .

و تم أيضا ذكر بعض المفاهيم الأساسية للأصباغ والمواد اللاصقة .

الطلاء هو أي مركب سائل أو قابل للتميع أو مركب صمغي يمكن ان يغطي سطح المادة بطبقة رقيقة بعد ان يتصلب و تتم عملية الطلاء بمساعدة احدى الطرق الآتية : (الأكسدة ، التبخير ، التسخين ، التغييرات الكيماوية) و يتكون الطلاء من المواد الأساسية الآتية : (المادة الرابطة ، القواعد الأساسية ، الأكاسيد الملونة و المخففات) و تم ذكر نبذة مختصرة عن طريقة طلاء المعادن ، طلاء الألياف البصرية ، الطلاء في تشييد المباني). المادة اللاصقة و هي المادة التي تربط السطوح بعضها مع بعض و تصنف المواد اللاصقة إلى (الواصلق المرنة حراريا و اللواصلق المتصلبة حراريا) .

من التطبيقات الصناعية للبوليمرات أيضا المواد المطاطية المرنة التي لها صفات متميزة كالاستطالة و القابلية على التمدد و التقلص و تتميز بانخفاض درجة الانتقال الزجاجي و من الأمثلة الشائعة على هذه المواد ، المطاط الذي يكون على نوعين (مطاط طبيعي و صناعي) و قد تم ذكر نبذة عن تاريخ تصنيعها و شرح مبسط عن صفة التمدد في المطاط .

الألياف : وهي العنصر الأساسي في المادة النسيجية تصنف ألياف النسيج بشكل أساسي إلى ألياف النسيج الطبيعية التي تصنف إلى (ألياف ذات اصل نباتي وألياف ذات اصل حيواني) و ألياف النسيج الصناعية التي تصنف إلى (ألياف طبيعية تركيبية والألياف التركيبية) .

أسئلة الفصل

- س1 : ما المقصود بالبوليمرات المتصلبة بالحرارة : اشرحها وأعط مثالا لها ؟
- س2: علل ما يأتي : بوليمرات الثرموسيت بالحرارة تصبح عديمة التوصيل للحرارة والكهربائية؟
- س3 : اشرح لماذا تستخدم مواد الثرموسيت كعوازل؟
- س4 : كيف تنتج مادة الايبوكسي؟ وما هي المواد الأولية لإنتاجه؟
- س5 : ما المقصود بالرابط الشبكي في مادة الايبوكسي وكيف يتم الحصول عليه؟
- س6 : بين لماذا يمتلك الايبوكسي بعد المعالجة مع المصلد خواص ميكانيكية عالية وكذلك متانة كبيرة؟
- س7: ما لذي يحدث للبوليمرات المطاوعة بالحرارة عند تسخينها ؟ وماذا يحدث لاحقا عند إجراء عملية التبريد؟
- س8: ما هو المونومير المستخدم لإنتاج البولي فنيل كلوريد؟ وماهي طرق الحصول عليه؟ عددها؟
- س9: اكتب معادلة تحضير بوليمر بولي فنيل كلوريد(P.V.C)؟
- س10: ماهي طرق انتاج بوليمر بولي فنيل كلوريد (PVC)؟
- س11: ماهي العوامل المؤثرة على انتاج ال(PV C) عددها ؟
- س12 : بين تأثير درجة الحامضية على طرق أنتاج ال(PVC) عددها ؟
- س13: ماهي خطوات إنتاج الصفائح من بوليمر (PVC)؟
- س14: عرف الطلاء؟ ماهي مكوناته الأساسية؟
- س15- ماهي الخطوات الأساسية للطلاء؟
- س16: كيف يتم طلاء كلا مما يأتي : المعادن ، الألياف البصرية والمباني؟
- س17: ماهي اللواصق؟ عرفها واذكر امثلة عليها؟
- س18: صنف اللواصق إلى أصنافها المختلفة ؟

- س19: ماهي كفاءة اللواصق اذكر اهم العوامل المؤثرة عليها؟
- س20: ماهي طرق الطلاء؟ عددها؟
- س21: عرف المواد المرنة المطاطية؟
- س22: ما هو المطاط الطبيعي؟ ماهي خواصه عددها؟
- س23: كيف يستخدم المطاط في صناعة الملابس؟
- س24: لماذا استحدث المطاط الصناعي؟ ما هي خواصه؟
- س25: ماهي أنواع المطاط؟ عددها؟
- س26: عرف ألياف النسيج؟ ماهي صفاتها؟
- س27: صنف الألياف إلى أصنافها الرئيسية والفرعية؟
- س28: ماهي صفات الألياف الطبيعية؟ والتي تكون غير موجودة في الألياف الصناعية؟
- س29: صنف الألياف الصناعية إلى أقسامها الرئيسية والفرعية؟
- س30: ماهي ميزات الألياف التركيبية؟ ما هي أقسامها؟

الفصل السابع

العمليات الصناعية

الأهداف

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

- 1 - يتعرف على مبادئ عملية التقطير وأنواع أبراج التقطير .
- 2 - يتعرف على مبادئ عملية الاستخلاص وأجهزة الاستخلاص .
- 3 - يتعرف على مبادئ عملية الامتصاص وأبراج الامتصاص .
- 4 - يدرك أهمية عمليات الخلط والمزج وأنواع أجهزة الخلط .

1-7 تمهيد

يتضمن هذا الفصل دراسة مجموعة جديدة من العمليات التشغيلية المهمة وهي عمليات الفصل التي لا تخلو منها أي صناعة كيميائية بجميع مجالاتها حيث سنتعرف على وحدات التقطير والاستخلاص والامتصاص والخلط والمزج ، وهذه العمليات شائعة الاستخدام في الوحدات الإنتاجية لمصانع المواد البتروكيمياوية على اختلاف أنواعها .

وتعتمد دراسة عمليات الفصل على ما سبق دراسته من أسس الفيزياء والكيمياء العامة وكذلك جريان الموائع وانتقال الحرارة وهي تمثل الأسس التي يعتمد عليها تصميم وتشغيل اجهزة الفصل المذكورة .

2-7 التقطير Distillation

تعتبر عملية التقطير للسوائل من اهم عمليات الفصل التي تستخدم في فصل خليط من السوائل وأكثرها شيوعا على الإطلاق ولا يكاد يوجد مجال صناعي إلا ويستخدم فيه التقطير مثل الصناعات البتروكيميائية والأدوية وغيرها .

التقطير هو عملية فصل خليط من السوائل الذائبة في بعضها وذلك بتسخين الخليط حيث تتطاير أولا مكوناته ذات درجة الغليان الواطئة (الأعلى ضغط بخاري) وتجمع أبخرتها وتكثف على هيئة سوائل ثم تليها المكونات ذات درجات الغليان الأعلى(الأقل ضغط بخاري) وتكثف في أوعية مختلفة وتفصل على هيئة سوائل أيضا وهكذا .

1-2-7 درجة الغليان والضغط البخاري

في أية درجة حرارية كل سائل له ضغط بخاري وعندما يتساوى مع الضغط المحيط به يحدث الغليان وتسمى هذه الدرجة الحرارية (درجة الغليان) ولكل سائل درجة غليان خاصة به عندما يكون الضغط هو الضغط الجوي (1 atm) فمثلا درجة غليان الماء 100°C والايثانول 78°C .

وقد يتطلب الأمر خفض درجة غليان خليط السوائل المراد تقطيره حفاظا على مكونات الخليط التي قد تتلف في درجات الحرارة العالية ويتم ذلك بطريقتين :

1- التقطير تحت الضغط الفراغي vacuum distillation

حيث يكون الضغط المسلط على الخليط المراد تقطيره اقل من الضغط الجوي وبالتالي سيتم الغليان بدرجة حرارة اقل من درجة الغليان الاعتيادية . فعلى سبيل المثال يحضر حامض البيركلوريك بتقطير خليط من بيركلورات البوتاسيوم مع حامض الكبريتيك المركز تحت ضغط مخلخل .

2- التقطير ببخار الماء steam distillation

ان مجموع الضغوط البخارية الجزئية للخليط اذا ساوت الضغط المسلط على الخليط يحدث الغليان ومن هذه الحقيقة يمكن إضافة مادة ذات ضغط بخاري عال (مثل بخار الماء) إلى الخليط وبالتالي سيتم الغليان بدرجة حرارة اقل . لان اضافة بخار الماء سيؤدي الى تقليل الضغط البخاري للمادة المطلوبة وبالتالي تقليل درجة الغليان .

2-2-7 أنواع التقطير

هناك أنواع عديدة من عمليات التقطير التي ممكن ان تقسم بصورة رئيسية إلى :

1- التقطير البسيط :

وهو عملية فصل بمرحلة واحدة وتستخدم للمخاليط الثنائية التي يكون مدى الاختلاف في درجات الغليان بينها كبير جدا . ويمكن اجراء مقارنة بين التقطير البسيط والتقطير البخاري وكما يأتي :

1- في التقطير البخاري يتم تقطير السائل مع الماء وذلك لخفض درجة الغليان لمنع تفكك المركب العضوي عند أو قرب درجة الغليان . 1- في التقطير البسيط عند تنقية السوائل يتم تحويل السائل إلى بخار عن طريق التسخين وتحويل البخار إلى سائل عن طريق التبريد مرة ثانية .

2- التقطير البخاري يستخدم لتنقية السوائل التي لا تمتزج مع الماء . 2- التقطير البسيط يستخدم لتنقية السوائل الممتزجة .

3- في التقطير البخاري فصل وتنقية المواد العضوية عن المواد غير العضوية التي تكون كنواتج ثانوية أثناء التفاعل الكيميائي 3- في التقطير البسيط تنقية السوائل من الشوائب غير المتطايرة التي من الممكن أن توجد فيها.

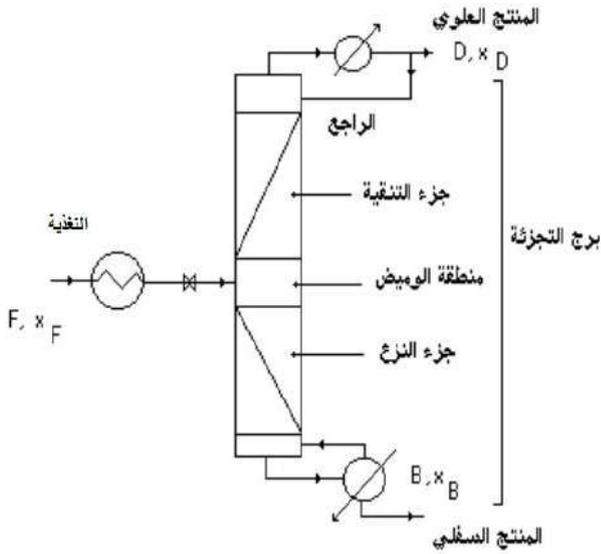
2 - التقطير التجزيئي : Fractional Distillation

ان التقطير الذي يتم في مرحلة واحدة لا يعطي منتجات بالنقاوة المطلوبة . ومن الممكن فصل مكونات الخليط بصورة نقية اذا تم استخدام اكثر من مرحلة تقطير في آن واحد وهذا ما يتم بعملية التقطير التجزيئي وهي اهم عمليات التقطير التي تجري في الصناعة .

الشكل (7-1) يبين المعدات التي تستخدم في هذه العملية وتتميز بوجود مكثف علوي وغلاية اسفل برج التقطير .

ويوضح نفس الشكل ان خليط التغذية (المراد فصل مكوناته) يدفع إلى سخان أو فرن حيث ترفع درجة حرارته ثم يدفع به إلى برج التقطير التجزيئي .

يتصاعد البخار الى جزء التنقية (الجزء العلوي من البرج) وينزل السائل الى جزء النزح او التجريد (الجزء السفلي) .



الشكل 7 - 1: التقطير التجزيئي

إثناء تصاعد البخار يقابله سائل راجع من

المكثف يسمى الراجع Reflux فيحدث تبادل

حراري مباشر بين السائل والبخار ينتج عنه

تكثف المواد الثقيلة (الأعلى درجة غليان)

الموجودة في البخار حيث تفقد حرارتها

ويكتسبها السائل فتتبخر منه المكونات الخفيفة

(درجات غليان واطئة) وتتصاعد مع البخار

الذي يصبح غنيا بالمكونات الخفيفة ويستمر

البخار بالصعود حتى يخرج من اعلى البرج إلى المكثف حيث يتم تحويل البخار إلى سائل

يعاد جزء منه كراجع ويؤخذ الباقي كمنتج علوي . السائل النازل الى جزء النزح يحتوي على نسبة عالية من المواد الثقيلة وبفعل البخار المتصاعد من الغلاية Reboiler تنتزع بقايا المواد الخفيفة من السائل فيخرج نقيا الى حد ما من اسفل الغلاية ويسمى المنتج السفلي Bottom .

7 - 2 - 3 أبراج التقطير

تتم معظم عمليات الفصل في أجهزة عمودية تسمى أبراج وأعمدة (towers, column) وكل جزء من أجزاء البرج يعتبر مرحلة من مراحل التقطير لها درجة حرارة مختلفة عن الأخرى وتركيز الموائع فيها يختلف عن الوحدات الأعلى والأسفل منها ومعنى ذلك ان البرج كله يعمل تحت تأثير تدرج حراري حيث تكون قمة البرج هي اقل درجة حرارة بينما تكون درجة حرارة قاع البرج هو اعلى درجة .

واهم أنواع ابراج التقطير هي :

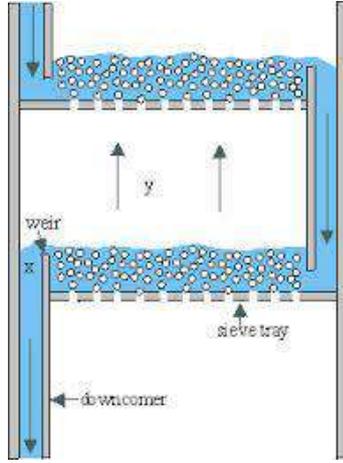
أولاً : برج الصواني Tray tower

هذه الأبراج تستخدم حواجز مثقبة من المعدن تسمى صواني (tray) مرتبة فوق بعضها ويتم توجيه جريان الموائع خلالها حتى تختلط مع بعضها اختلاطاً جيداً يسمح بانتقال المادة والحرارة بينهما مما ينتج عنه تنقية المخاليط حسب المواصفات المطلوبة .

أنواع الصواني

1- صواني المناخل sieve trays

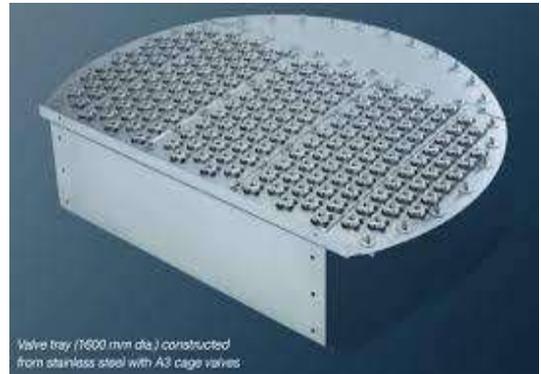
وهي عبارة عن قرص معدني مثقب حيث يتصاعد البخار من خلال هذه الثقوب ويلتقي مع السائل النازل وقد تزود كل صينية بأنبوب نزول (down comer) لنزول السائل إلى الصينية السفلى وتكون الثقوب معبر للبخار وحده لاحظ الشكل (7 - 2) .



الشكل 7 - 2: صينية مناخل

2- صواني الصمامات valve trays

عبارة عن قرص معدني مثقب وكل ثقب مزود بصمام يعمل على التحكم في حجم فتحة الثقب بواسطة البخار المتصاعد فإذا زادت كمية البخار اتسعت الفتحة والعكس صحيح وقد تنغلق الفتحة تماماً إذا انقطع جريان البخار وبذلك يمنع نزول السائل من خلال الثقوب ويتم توجيهه من خلال أنبوب النزول (down comer) المزود بكل صينية. لاحظ الشكل (7 - 3)

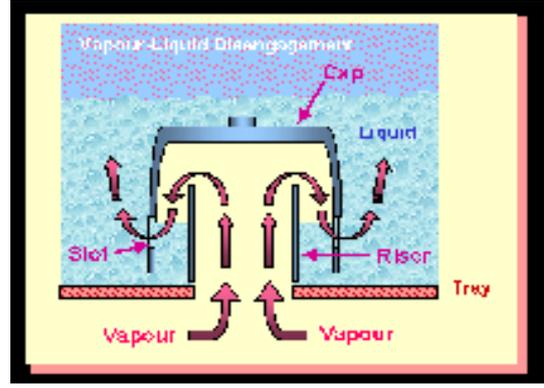


الشكل 7 - 3: صينية الصمامات

3 - صواني أكواب الفقاعات Bubbles cap trays

عبارة عن قرص معدني مثقب ومركب فوق كل ثقب منها كوب معدني مقلوب يستخدم لتوجيه البخار الموجود على الصينية وتزود كل صينية بأنبوب لنزول السائل للسماح للبخار فقط بالصعود عن طريق الثقوب .

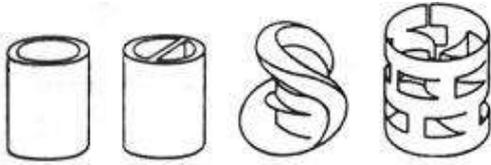
وتعتبر ذات كفاءة عالية في الفصل لكنها معقدة التصميم والتركييب وذات تكلفة عالية . لاحظ الشكل (4 - 7) .



الشكل 7 - 4: صواني أكواب الفقاعات

ثانيا : برج التعبئة

في هذه الأبراج يستعاض عن الصواني بملء البرج بقطع من مواد خاملة مثل البلاستيك والفخار ذات أشكال متعددة ترتب بصورة عشوائية داخل البرج



لزيادة مساحة التلامس بين السوائل والأبخرة وتسمى وصغيرة الحجم حيث لا يزيد ارتفاعها عن (1.5 m)

الشكل 7 - 5: مواد تعبئة

لان زيادة ارتفاعها قد يغلق المسافات البينية بين

قطع التعبئة ونقل كفاءة البرج لذلك تستخدم هذه الأبراج في الصناعات الصغيرة . لاحظ الشكل (7 - 5)

3-7 الاستخلاص Extraction

هو عملية نقل مكونات مزيج صلب أو سائل إلى سائل اخر يسمى المذيب . وعليه يقسم الاستخلاص إلى نوعين هما :

1 - استخلاص سائل :

وهو فصل سائل من محلول بصورة انتقائية بواسطة سائل اخر يدعى المذيب الذي من خواصه انه واطى الكثافة وذو درجة غليان واطنة يسهل تبخره في المراحل اللاحقة من العملية .

2 - استخلاص صلب :

وهي عملية إذابة احد مكونات مزيج صلب وتكوين محلول مع المذيب وتسمى هذه العملية الترويق .

ستكون دراستنا منصبه في هذه المرحلة الدراسية حول استخلاص سائل .

7-3-1 استخلاص سائل

لو كان هناك خليط من سوائل (A+B+C+.....) يسمى سائل التغذية Feed ونريد فصل المكون A عن باقي الخليط يمكن استخدام سائل اخر يدعى المذيب Solvent ليكون مع المكون A طبقة تسمى المستخلص Extract . أما متبقي سائل التغذية يكون طبقة أخرى تسمى المصفى Raffinate ويمكن فصل المكون A عن المذيب بعملية لاحقة وغالبا تكون التقطير .

وقد يتبادر للذهن لماذا لا نستخدم عملية التقطير الأقل كلفة اقتصادية من الاستخلاص والجواب ان عملية الاستخلاص تعتبر بديل ناجح لعملية التقطير في الحالات الآتية :

1 - عندما تكون مكونات سائل التغذية ذات مدى درجات غليان متقاربة أو غير متطايرة نسبيا يصعب فصلها بالتقطير .

2 - عندما تكون مكونات سائل التغذية حساسة لدرجات الحرارة العالية فلا يمكن فصلها بالتقطير .

3 - عندما تكون نسبة السائل المطلوب فصله ضئيلة في سائل التغذية بحيث يصعب الحصول عليه نقيا بعملية التقطير .

خصائص المذيب المناسب

1 - غير سام .

2 - غير قابل للاشتعال .

3 - متوفر .

4 - رخيص الثمن .

5 - لا يتفاعل مع المادة المراد تنقيتها مما قد يحولها إلى مركبات أخرى .

6 - درجة غليانه منخفضة .

7 - يسمح بتكون بلورات بعد انتهاء عملية التبريد .

8 - له القدرة على إذابة أحد المكونات بدرجة أكبر من المذيب الآخر .

9 - المذيب يجب ان تكون كثافته مختلفة عن كثافة المذيب الآخر لتكوين طبقتين يمكن التمييز بينهما

7-3-2 أجهزة الاستخلاص

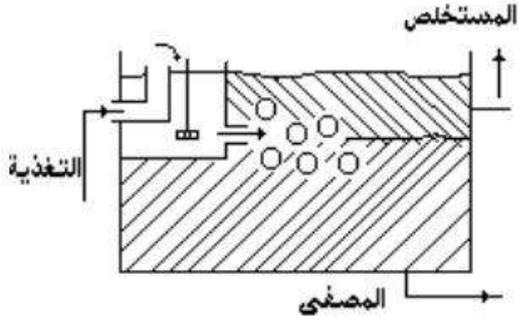
تتم عملية الاستخلاص بتلامس سائل التغذية مع المذيب باندفاع وامتزاج كبير ليتم انتقال اكبر قدر ممكن من المادة ثم بعد ذلك يتم فصل المواد المستخلصة وعلى هذا الأساس يمكن تصميم أجهزة الاستخلاص بنوعين :

1 - أجهزة تحتوي على خلاطات ليحدث التلامس وانتقال المادة .

2 - أجهزة لا تحتاج إلى خلاطات وذلك لان جريان السوائل كبير وكاف لعملية الخلط .
وكلا النوعين أما ان يتم بالطريقة المستمرة أو المتقطعة .

أنواع أجهزة الاستخلاص

أولا : خلاط ومرسب Mixer-settler

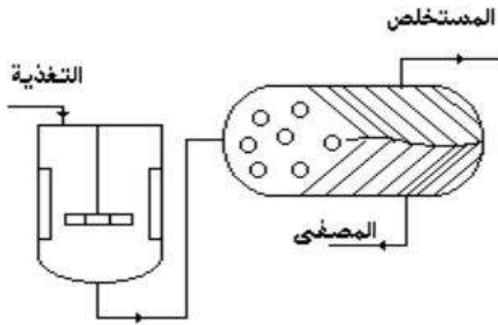


عبارة عن خزان يحوي خلاطا الشكل (7 - 6) لتحسين عملية انتقال المادة بين سائل التغذية والمذيب وبعد فترة زمنية (تحسب بالتجربة العملية) يتم إيقاف تشغيل الخلاط ويسمح للطبقتين (المستخلص والمتبقي) بالانفصال بسبب

الجاذبية واختلاف كثافتهما هذا في العملية المتقطعة . الشكل 7 - 6 : خلاط ومرسب في العملية المتقطعة

أما في العملية المستمرة يكون الخلاط والمرسب

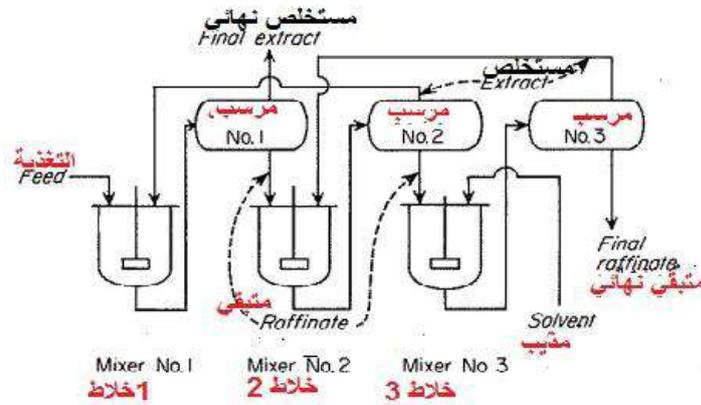
قطعتين منفصلتين كما في الشكل (7 - 7)



شكل 7 - 7 : خلاط ومرسب في العملية المستمرة

وقد يتطلب الأمر استخدام أكثر من مرحلة استخلاص

واحدة عندما تكون الكمية المطلوبة للاستخلاص كبيرة تستخدم العملية كما في الشكل (7 - 8) الذي هو عبارة عن مراحل متعددة من الخلاط والمرسب حيث تجري العملية بالجريان المتعكس بين المذيب وسائل التغذية لذلك متبقي كل مرحلة يصبح سائل تغذية للمرحلة اللاحقة حيث يلاقي مستخلصا وسطيا او مذيبا نقيا جديدا .



الشكل 7 - 8 : مراحل متعددة من الخلاط والمرسب

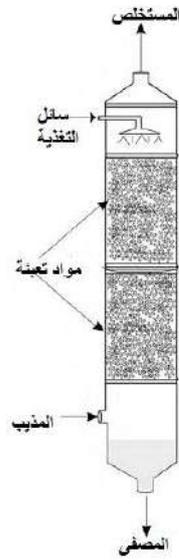
ثانيا : ابراج الاستخلاص

أ - برج النثر

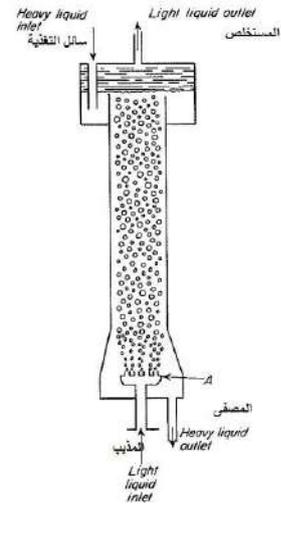
الشكل (7 - 9 - a) يوضح برج النثر حيث يدخل المذيب (الاقل كثافة) من اسفل البرج ويتوزع على شكل قطرات عبر فتحات Nozzle وترتفع القطرات خلال تيار سائل التغذية النازل من الاعلى ثم تتجمع في اعلى البرج لتكون تيار المستخلص اما المصفي فيخرج من اسفل البرج .

ب - برج التعبئة

وهو يشبه برج النثر وينظره في بساطة التصميم حيث يملأ البرج بمواد تعبئة لزيادة سطح التلامس بين السوائل وزيادة كفاءة الاستخلاص . الشكل (7 - 9 - b) .



ب - برج التعبئة



الشكل 7 - 9 : a - برج النثر

ج - برج الصواني

برج اسطواني يحتوي على صواني مثقبة يتوزع عبرها المذيب خلال تيار سائل التغذية من مصبات موجودة في حافة كل صينية .

د - برج الحواجز

هذا النوع من الأبراج يحتوي على حواجز أفقية يجري عليها سائل التغذية فوق كل حاجز وينزل على شكل شلال إلى اسفل ويلاقيه تيار المذيب الذي يتوزع خلاله . وهو مشابه من ناحية التركيب النوع المستخدم في الامتصاص الذي سنتطرق له في موضعه .

7 - 4 الامتصاص Absorption

هو عملية فصل غاز من خليطه الغازي بواسطة إذابته في سائل يسمى المذيب أما الغاز المفصول فيسمى المذاب .

ان الغرض من عملية الامتصاص يكون لاحد امرين أما استرجاع مكونات غازية ثمينة مثل الهيدروكربونات أو لإزالة مكونات غازية غير مرغوب فيها كإزالة غاز كبريتيد الهيدروجين من الغاز الطبيعي .

ان عملية الامتصاص من العمليات الاساسية في المصانع الكيميائية والمجالات المتعلقة بها مثل تكرير النفط ، فإن الامتصاص يعني عادة امتصاص الغاز. في هذه العملية يكون مزيج الغازات (أو البخار) على تماس مع السائل المذيب المختار ليمتص نوعاً واحداً أو أكثر من مكونات المزيج الغازي. والغاية هي إما استرجاع مركب من المزيج الغازي أو تخليص المزيج من الشوائب. وتسمى العملية الأخيرة بغسل الغاز (gas scrubbing). عندما يُمتص الغاز في السائل ، يكون في حالة منحلة تماماً وبالتالي يكون جزءاً أساسياً من طور السائل. يعتبر امتصاص الغاز في الصناعات الكيميائية ثاني عملية فصل الأكثر شيوعاً وتشمل تماس الغاز مع السائل. تسبقه فقط عملية التقطير التجزيئي وهي الأكثر شيوعاً.

في عملية امتصاص الغاز، إما الا تحدث تغيرات للمركب الغازي عندما يُمتص في المذيب السائل، أو أن المركب الممتص (المذاب) سيصبح مشتركاً بتفاعل كيميائي مع المذيب في طور السائل . في الحالة الأولى تسمى العملية بالامتصاص الفيزيائي للغاز، وفي الحالة الثانية تسمى العملية امتصاص غاز بتفاعل كيميائي.

أمثلة عن الامتصاص الفيزيائي للغاز (امتصاص بسيط): امتصاص الزيت الخفيف (البنزين، والتولوين ، والزايلين) من الغازات الثانوية لفرن الكوك عن طريق غسل الغاز بزيت البترول. واسترجاع أبخرة المذيبات الثمينة ، مثل الأسيتون أو تلك المستخدمة في عمليات التنظيف الجاف، من تيارات الغازات بغسل الغاز بواسطة مذيب مناسب.

أمثلة عن امتصاص غاز بتفاعل كيميائي: معالجة الغازات العادمة من محطات التوليد بالفحم بغسلها بمحلول مائي من كاربونات الصوديوم لإزالة ثاني أكسيد الكبريت (سبب محتمل للأمطار الحامضية). واسترجاع النشادر من الغازات الثانوية لفرن الكوك بغسلها بحامض الكبريتيك . وتنقية الغاز الطبيعي بامتصاص كبريتيد الهيدروجين في محلول مائي لأمين الإيثانول .

يتم امتصاص الغاز عادة في نفس أنواع الأعمدة كالتالي تستخدم في التقطير التجزيئي، وخصوصاً الأبراج المحشوة وذات الصواني ، ولكن نوع الأبراج المحشوة يستخدم بكثرة في التقطير. يمكن أن تتم العملية بجريان متوافق الاتجاه (concurrent flow)، يتم فيه جريان كلا الطورين الغاز والسائل صاعدين في العمود. ولكن عادة ما يستخدم الجريان المتعاكس (countercurrent flow) حيث يجري السائل نازلاً بينما يصعد الغاز في العمود. امتصاص الغاز لا يتم عند درجة الغليان كما في عملية التقطير. وعلى العكس، ولأن انحلالية الغازات في السوائل تزداد مع انخفاض درجة الحرارة ، فإن امتصاص الغاز يتم عادة بجو بارد عند درجة حرارة فوق درجة تجمد المذيب بقليل. تحدث تغيرات في الحرارة خلال عملية امتصاص الغاز، كنتيجة أن المركب الممتص يتنازل عن حرارة التبخر الكامنة خلال الامتصاص ، كما أنه سيكتسبها عندما يتكاثف. يتم تصغير ارتفاع درجة الحرارة الناتج باستخدام نسبة (المذيب إلى الغاز) كبيرة لإبقاء تركيز الغاز الممتص منخفضاً في طور السائل، وبالتالي إبقاء التركيز الدافع لعملية الامتصاص مرتفعاً.

وعلى عكس التقطير التجزيئي، فإن امتصاص الغاز لا يتطلب مكررة الغلي (reboiler)، ومكثف ، وراجع (reflux). فهو على أية حال، لا تحتاج إلى عملية استرجاع للمذيب لفصل المذيب والمذاب وهذا هو سبب تدوير المذيب.

ان القاعدة الأساسية في اختيار المذيب هو انحلالية المركب الغازي العالية في هذا المذيب، وأخفض انحلالية محتملة بالنسبة لمكونات المزيج الغازي الأخرى.

7 - 4 - 1 أنواع الامتصاص

1 - عملية امتصاص فيزيائية : هي عملية ذوبان الغاز المطلوب فصله في المذيب السائل دون حدوث أي تفاعل كيميائي خلال العملية مثل استرجاع الأستيون من خليطه مع الهواء بواسطة الماء (المذيب) .

2 - عملية امتصاص كيميائية : وهي عملية تفاعل كيميائي بين المذاب والمذيب مثل امتصاص أكاسيد الكبريت في الماء لإنتاج حامض الكبريتيك او امتصاص غاز ثاني أوكسيد الكربون بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم .

7 - 4 - 2 العوامل المؤثرة على الامتصاص

1 - درجة الحرارة : بارتفاع درجة الحرارة يقل انحلال الغاز (المذاب) في السائل (المذيب) وعلى هذا الأساس يفضل ان تجري عملية الامتصاص بدرجة حرارة واطنة نسبيا .

2 - الضغط : بزيادة الضغط تزداد سرعة الامتصاص .

3 - التفاعلات الكيميائية : كثيرا ما يرافق عملية الامتصاص تفاعل كيميائي بين المذاب والمذيب وهذا يسرع من عملية الامتصاص .

4 - سرعة الجريان : يجب مراعاة التوازن بين سرعتي الغاز والسائل لان زيادة سرعة الغاز تؤدي الى حمله رذاذ من السائل إلى خارج برج الامتصاص أما زيادة سرعة السائل تؤدي الى تقليل الإنتاجية .

7 - 4 - 3 أبراج الامتصاص

تصمم أبراج الامتصاص بالاعتماد على امرين مهمين :

1- تعريض اكبر سطح ممكن من السائل للتماس مع الغاز .

2- اتباع قاعدة التيار المتعاكس بين تيار السائل والغاز .

ومن الأنواع المهمة من أبراج الامتصاص :

أولا - أبراج الصفائح وأبراج التعبئة

تتشابه أبراج التقطير الموضحة سابقا مع أبراج الامتصاص في كونها أعمدة تحتوي على صواني أو مواد تعبئة إلا ان طريقة تشغيلها تختلف في الحالتين ففي الامتصاص تكون التغذية غاز يتم إدخاله من اسفل البرج بينما يغذى المذيب السائل من اعلى البرج فيخرج الغاز الممتص مع المذيب من ا لأسفل وتخرج المكونات الغازية غير الممتصة من الأعلى . وهناك اختلاف جوهري بين العمليتين وهو ان

الطور الغازي في التقطير يتكون من بخار ينتج عن الغليان الجزئي لبعض الطور السائل وعلى هذا يتواجد السائل في التقطير عند درجة الغليان بينما في الامتصاص يكون الطور السائل (المذيب) عند درجة حرارة منخفضة كذلك ان انتقال المادة في حالة التقطير يكون متعاكسا بين الطورين السائل والبخاري بينما في الامتصاص تنتشر فقط جزيئات الغاز (المذاب) في السائل (المذيب) ولا يحدث العكس.

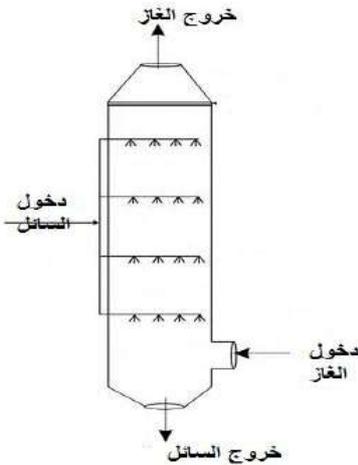
ثانيا - برج النثر الرذاذي

عبارة عن وعاء اسطواني مجوف يدخل السائل من خلال مجموعة أنابيب تنتهي بفتحات nozzle ويخرج على شكل رذاذ ويعاكسه تيار صاعد من الغاز المراد امتصاصه .

ومن ميزات هذه الأبراج انها كبيرة الحجم ومعتدلة السعر وليست فيها أجزاء متحركة على الأغلب مما يقلل من كلفتها التشغيلية .

ان التجفيف بالرذاذ هو طريقة لإنتاج مسحوق جاف من سائل أو مادة ثخينة عن طريق التجفيف السريع باستخدام الغاز الساخن . وتعتبر الطريقة المفضلة لتجفيف الكثير من المواد الحساسة للحرارة مثل الأطعمة والمواد الصيدلانية . ويعتبر توزيع حجم جزئ ثابت سبباً لوجود التجفيف بالرذاذ لبعض الصناعات مثل العوامل المساعدة. ويعتبر الهواء هو وسيط التجفيف المسخن؛ ومع ذلك فإذا كان السائل عبارة عن محلول قابل للاشتعال مثل الإيثانول أو أن المنتج حساس للأكسجين، فيتم استخدام النيتروجين.

والجدير بالذكر أن جميع أجهزة التجفيف بالرذاذ تستخدم نوعاً من بخاخ الرذاذ أو خرطوم للرش لتوزيع السائل أو المعجون في رشاش يتم فيه التحكم في حجم النقطة.



والنوع الأكثر شيوعاً بين هذه هي الأقراص الدائرية والخراطيم

الحلزونية أحادية السائل ذات الضغط العالي. كبديل، واعتماداً على

احتياجات العملية، يمكن الوصول إلى حجم قطرات من 10 إلى

500 مايكرومتر باستخدام الاختيارات المناسبة. وتعد القياسات من

100 إلى 200 مايكرومتر كمعدل لحجم القطرات هي التطبيقات

الأكثر شيوعاً ، وعادة يكون المسحوق الجاف حر التدفق.

الشكل 7 - 10: مخطط اخر لبرج النثر الرذاذي

يطلق على أنواع المجففات بالرذاذ الأكثر شيوعاً أنها ذات تأثير

فردى حيث يكون هناك هواء مجفف واحد فقط أعلى غرفة

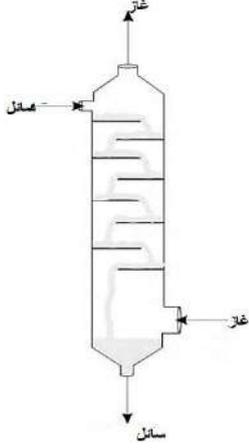
التجفيف (الشكل 7 - 10). وفي معظم الحالات، يتم دفع الهواء بشكل متزامن مع السائل الذي يتم ضخه بالرذاذ، والمسحوق الذي يتم الحصول عليه من هذا النوع من المجففات يكون دقيقاً مع الكثير من الأتربة وضعف القابلية للتدفق.

يمكن تمرير الغاز المجفف الساخن كتدفق متزامن أو عكسي في اتجاه الرذاذ. ويعمل التدفق المتزامن على تمكين الجسيمات من الحصول على وقت تسكين أقل عبر النظام وليعمل فاصل الجسيمات (عادة جهاز إعصار) بشكل أكثر فاعلية، أما طريقة التدفق المتزامن العكسي فتعمل على تمكين وقت تسكين أكبر للجسيمات في الغرفة وعادة يكون مقترناً بنظام طبقة مسيلة. تستخدم هذه الأبراج في حالة كون الغاز قليل الذوبان نسبياً في السائل أي تكون نسبة السائل المستعمل كبيرة بالنسبة للغاز .

ثالثا - برج الحواجز

برج يحتوي على حواجز أفقية يجري عليها السائل فوق كل حاجز وينزل على شكل شلال إلى أسفل ويلاقبه تيار الغاز الذي يتوزع خلاله .

الشكل (7 - 11) .



الشكل 7 - 11:
برج الحواجز

7 - 5 الخلط والمزج Agitation and Mixing

هو عملية تحضير تركيب متجانس من مادتين أو أكثر سواء كانت المواد صلبة أو سائلة أو غازية .

ان الكثير من العمليات الصناعية تعتمد على كفاءة خلط المواد ولهذا تبرز أهمية عملية الخلط واختيار الأجهزة المناسبة لها .

ومن الأغراض المهمة لاستخدام عملية الخلط هي :

- 1 - المحافظة على بقاء عالق من مواد صلبة في سائل مثل خليط الماء والطين في صناعة الإسمنت .
 - 2 - مزج سوائل قابلة للامتزاج مثل الماء والكحول المثلي .
 - 3 - انتشار غاز في سائل على شكل فقاعات صغيرة كما في عملية الامتصاص .
 - 4 - انتشار سائل في سائل اخر غير قابل للامتزاج معه .
 - 5 - زيادة سرعة التبادل الحراري .
 - 6 - لإتمام بعض التفاعلات الكيميائية مثل تفاعلات التبادل الأيوني .
- ويمكن ان يستخدم جهاز الخلط لعدة أغراض في آن واحد .

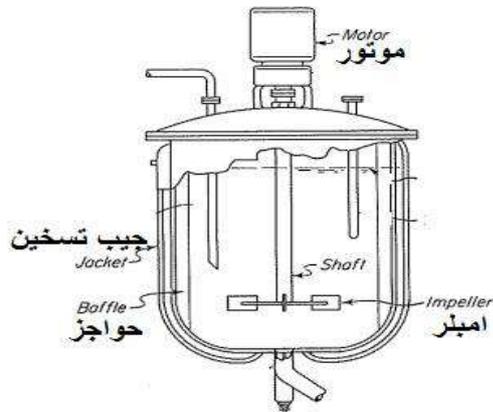
7 - 5 - 1 أجهزة خلط السوائل

يتم خلط السوائل في وعاء يكون عادة اسطواني عمودي والتصميم

المثالي لجهاز الخلط mixer موضح بالشكل (7 - 12) يحتوي على

قلاب agitator يتكون من دفاع امبلر impeller مرتبط بعمود

مثبت من الأعلى ويدار بواسطة محرك وقد يحتوي الوعاء على ملحقات



الشكل 7 - 12 : مخطط
لمنظومة خلط السوائل

أنواع الدفاعات (الامبلمر)

وهي على أنواع كثيرة ويتم اختيارها على أساس معدل سرعتها ولزوجة السائل المطلوب خلطه ووظيفتها خلق نمط الجريان في الوعاء وهناك ثلاثة أنواع رئيسية شائعة الاستخدام للدفاعات المروحية (للامبلمر) ولكل نوع أنواع فرعية كثيرة .

1- مروحية propeller

وهي دفاع تشبه المروحة الثنائية أو الثلاثية كما في الشكل (7 - 13) وهي عالية السرعة حيث سرعة الصغيرة منها (1500-1750 دورة دقيقة) والكبيرة (400-800 دورة دقيقة) وتستخدم للسوائل منخفضة اللزوجة وتستخدم كثيرا في الخزانات الكبيرة حيث يمكن تركيب أكثر من مروحة على نفس العمود .



الشكل 7 - 13: المروحة

2 - المجذاف paddle

عبارة عن قطعة مسطحة ثنائية أو أكثر وتمتاز بسرعتها البطيئة (20 - 150 دورة دقيقة) وتستخدم للمواد التي لا تحتاج إلى تحريك شديد أو التي يخشى من تكوين رغوة فيها من جراء الخلط الشديد كما في حالة السوائل عالية اللزوجة أو المعاجين الخفيفة ومن مميزات التصميمية ان طولها يشكل حوالي (50-80%) من القطر الداخلي للخزان . الشكل (7 - 14) .



الشكل 7 - 14: المجذاف ومخطط لعملية الخلط

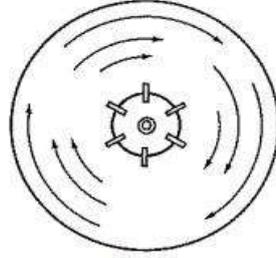
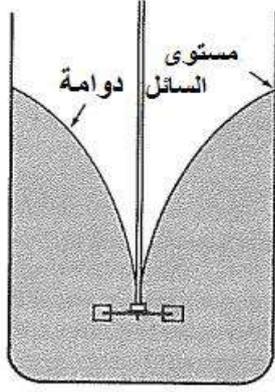
3 - توربينية turbine

وتمتاز بالسرعة العالية (1400 - 3000 دورة دقيقة) وتستخدم للسوائل المتوسطة والعالية اللزوجة والمعاجين كما في صناعة المنظفات وتعتبر اصغر من المجذاف (paddle) ومن أنواعها الشائعة الموضح بالشكل (7 - 15)



الشكل 7 - 15: التوربينية

الدوامة vortex



من الجانب

من الاسفل

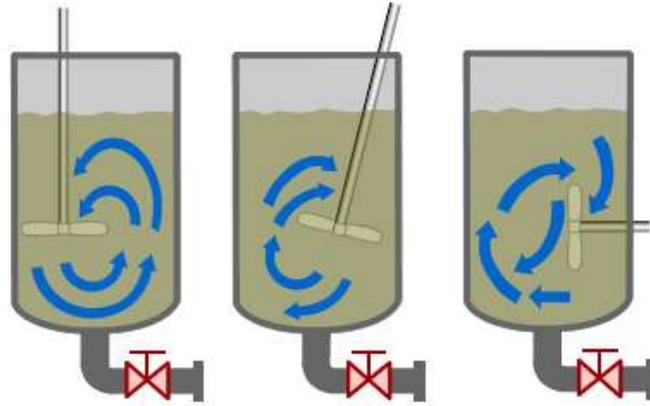
الشكل 7 - 16: الدوامة

أثناء عملية الخلط بالخلطات السريعة وخاصة في السوائل قليلة اللزوجة تحصل ظاهرة الدوامات vortex وهي تركيب جرسى راسه نحو الامبلر وقاعدته إلى الأعلى وكما موضح بالشكل (7 - 16) وهذه الدوامات تجعل السائل في حركة دائرية دون حدوث أي خلط يذكر أما في حالة وجود مواد صلبة مع السائل فإنها سوف تتجمع اسفل الخزان بسبب قوة الطرد المركزي .

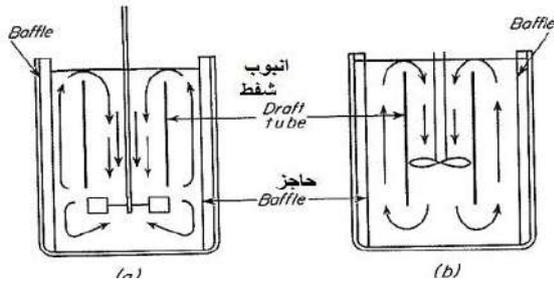
ولتجنب ظاهرة الدوامات تتخذ احد الإجراءات الآتية :

1- وضع الحواجز العمودية داخل وعاء الخلط .

2- وضع القلاب بعيدا عن مركز وعاء الخلط أو وضعه بصورة مائلة أو بصورة أفقية في اسفل الخزان . كما في الشكل (7 - 17) .



شكل (7 - 17) أوضاع القلاب لمعالجة الدوامة



الشكل 7 - 18: معالجة الدوامات بأنبوب الشفط

3 - وضع أنبوب شفط draft tube وهو

عبارة عن حاجز اسطواني يوضع من

نهاية الامبلر إلى اعلى الخزان وفائدته

عند حدوث الدوامات يطرد السائل من

اسفل ذلك الحاجز ويعود مرة أخرى من

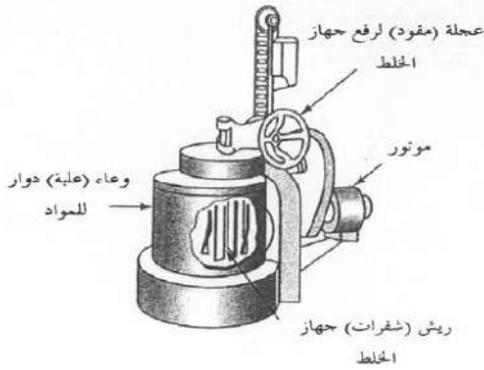
اعلى الحاجز فتحدث عملية الخلط وكما موضح بالشكل (7 - 18) . غير ان انبوب الشفط يقلل من سرعة جريان السائل فيجب عدم استخدامه الا عند الضرورة .

7 - 5 - 2 أجهزة خلط المعاجين

أكثر الصعوبات في عملية الخلط تلك التي تجري على المواد الملتصقة والتي تكون لزوجتها عالية جدا مثل العجينة والبلاستيك والمطاط حيث أنها ليست كالموائد وليست كالجسيمات الصلبة المفككة فهي أثناء خلطها تتمدد وتنثني وتتحرك طبقاتها فوق بعض وتحتاج العملية إلى قدر كبير من الطاقة ويجب ان تكون الخلاطات متينة ومصنوعة من مواد مناسبة لظروف التشغيل . ومن اهم أنواعها :

1- خلاط بوني pony mixer

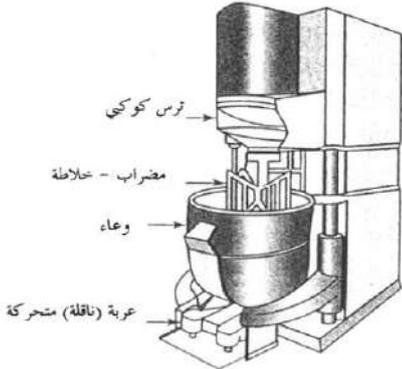
الشكل (7 - 19) يوضح هذا النوع حيث يحوي خزاناً منفصلاً يمكن تركيبه في الخلاط أو نقله مع محتوياته ويستخدم في صناعة الأصباغ .



الشكل 7 - 19: خلاط بوني

2 - خلاط المضرب beater mixer

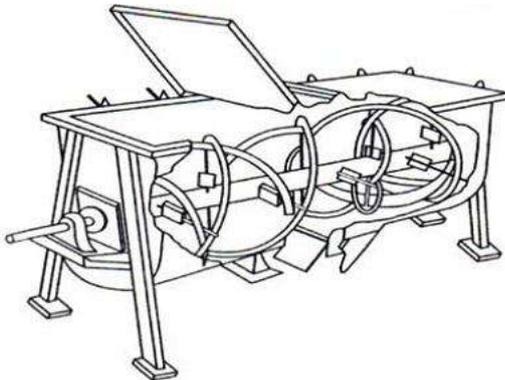
في هذا النوع يكون وعاء الخلط ثابتاً ويمكن إزاحة القلب إلى الأعلى أو إلى الجانب الشكل (7 - 20) .



الشكل 7 - 20: خلاط المضرب

3 - خلاط الشريط اللولبي (رايبون) Ribbon mixer

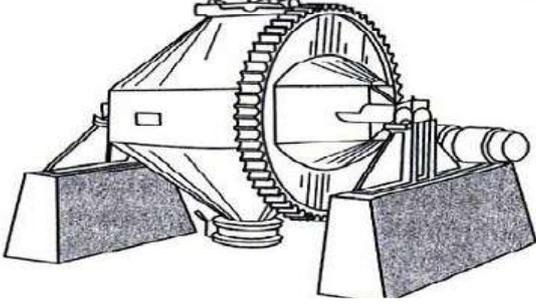
عبارة عن قناة أفقية بداخلها هيكل حلزوني يعمل على دفع وتحريك المعاجين أو حتى المواد الصلبة وقد يحتوي على هيكلين حلزونيين أو أكثر ومن الواضح انه يستخدم حتى في خلط المواد الصلبة الشكل (7 - 21) .



الشكل 7 - 21: خلاط رايبون

7 - 5 - 3 أجهزة خلط المواد الصلبة

هناك عدة أنواع من الأجهزة الخاصة بمزج المواد الصلبة مع بعضها واهمها :



الشكل 7 - 22: البرميل الدوار

1- البرميل الدوار (الخلاط القلاب) Tumblers

كما موضحة بالشكل (7 - 22) عبارة عن وعاء

مخروطي أو اسطواني في داخله عوارض منحنية

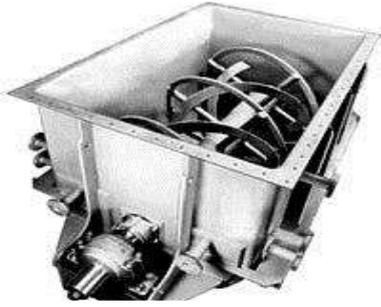
حيث يدور الوعاء حول محوره إضافة إلى حركة اهتزازية.

2- خلاط الحوض والأسطوانة (Trough and shell mixers)

عبارة عن حوض مفتوح فيه عجلات ثقيلة تتحرك على قعر

الحوض وبذلك تستطيع تقطيت ومزج المواد الصلبة وتصلح أيضا

لخلط المعاجين عالية اللزوجة جدا كالمطاط . شكل (7 - 23) .

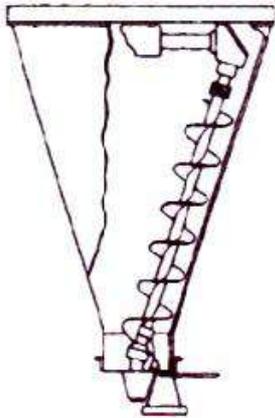


شكل 7 - 23 : خلاط بشكل حوض
وأسطوانة

3 - الدوار اللولبي الراسي (البريمة) Vertical and screw mixer

عبارة عن خزان عمودي بداخله ناقل حلزوني كما في الشكل

(7 - 24) حيث يقوم بنقل وخلط المواد الصلبة .



الشكل 7 - 24: الدوار اللولبي الراسي

خلاصة الفصل السابع

التقطير : هو عملية فصل خليط من السوائل الذائبة في بعضها وذلك بتسخين الخليط حيث تتطاير أولا مكوناته ذات درجة الغليان الواطئة (الأعلى ضغط بخاري) وتجمع أبخرتها وتكثف على هيئة سوائل ثم تليها المكونات ذات درجات الغليان الأعلى (الأقل ضغط بخاري) وتكثف في أوعية مختلفة وتفصل على هيئة سوائل أيضا وهكذا .

الاستخلاص : هو عملية نقل مكونات مزيج صلب أو سائل إلى سائل آخر يسمى المذيب .

الامتصاص : هو عملية فصل غاز من خليطه الغازي بواسطة إذابته في سائل يسمى المذيب . أما الغاز المفصول فيسمى المذاب .

المزج : هو عملية تحضير تركيب متجانس من مادتين أو أكثر سواء كانت المواد صلبة أو سائلة أو غازية .

يتم خفض درجة غليان المواد الحساسة لدرجات الحرارة العالية عند تقطيرها بطريقتين :

1- التقطير تحت الضغط الفراغي . 2 - التقطير ببخار الماء .

يتم فصل مكونات خليط بنقاوة تامة بطريقة التقطير التجزيئي .

أنواع صواني الأبراج هي : المناخل والصمامات والأكواب الفقاعية .

أبراج التعبئة : هي أبراج فصل تحتوي مواد تعبئة من مواد خاملة تستخدم لزيادة سطح التلامس بين المواد .

الفرق بين أبراج التقطير والاستخلاص والامتصاص هو طريقة تشغيلها .

تختلف أجهزة مزج السوائل حسب نوعية الامبلر المستخدمة وتصنف الى ما يأتي :

اولا - خلطات السوائل وتشمل :

1 - الخلاط المروحي . 2 - خلاط المجذاف . 3 - الخلاط التوربيني .

ثانيا - خلطات المعاجين وتشمل :

1 - خلاط بوني . 2 - خلاط المضرب . 3 - خلاط ريبون .

ثالثا - خلطات المواد الصلبة وتشمل :

1 - الخلاط القلاب . 2 - خلاط الحوض والاسطوانة .

3 - الخلاط الدوار اللولبي الراسي .

اسئلة الفصل

س1 : اشرح العمليات التالية :

التقطير - الاستخلاص - الامتصاص

س2 : ما الفرق بين التقطير والامتصاص؟

س3 : كيف يتم تقطير المواد الحساسة لدرجات الحرارة المرتفعة؟

س4 : صف ما يجري داخل برج التقطير التجزيئي؟

س5 : عدد أنواع الصواني وشرحها؟

س6 : ماهي أنواع الامتصاص؟

س7 : ماهي العوامل المؤثرة على سرعة الامتصاص؟

س8 : ماهي الحالات التي يستخدم فيها الاستخلاص بدلا من التقطير؟

س9 : ما الغرض من عملية المزج والخلط؟

س10 : ماهي الدوامات وكيف يمكن تلافيها؟

س11 : ماذا نقصد بما يأتي:

الخلاطات بشكل حوض وأسطوانة - الدوار اللولبي الراسي - خلاط رايبون

س12 : وضح بالرسم جهاز ال(خلاط ومرسب).

س13 : بصورة عامة كيف تصنف أجهزة الاستخلاص من حيث تصميمها؟

الفصل الثامن

التلوث

الأهداف

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

- 1 - يفهم معنى التلوث .
- 2 - يفهم دورة الماء والأوكسجين والنتروجين في الطبيعة .
- 3 - يعرف مصادر تلوث الهواء والماء والتربة وأنواع الملوثات .
- 4 - يدرك التأثيرات الصحية لتلوث الهواء والماء والتربة .
- 5 - يتعرف على مكونات مياه الصرف الصحي ومعالجتها .
- 6 - يفهم التلوث الحراري وأثاره .
- 7 - يعرف الملوثات البلاستيكية والمطاطية .
- 8 - يعرف أساليب معالجة النفايات البلاستيكية والمطاطية .

8 - 1 تمهيد

يعتبر التلوث في الوقت الحاضر مشكلة كبيرة تواجه الدول والشعوب وتؤثر بصورة مباشرة وغير مباشرة على بيئة الكائنات الحية (الإنسان والحيوان والنبات) مسببة لها مشاكل صحية واقتصادية واجتماعية . وقد بدأ الاهتمام بمشكلة التلوث في سبعينيات القرن الماضي حيث عقد اجتماع دولي بشأنها تم فيه المصادقة على معاهدة دولية عام 1972.

يعيش الإنسان والكائنات الحية الأخرى في محيط القشرة الأرضية والجو المحيط بها ضمن توازن طبيعي يضمن فيه استمرار مقومات الحياة وأن أي خلل في ذلك التوازن يؤدي إلى تلوث تلك البيئة.

ويأتي التلوث بصورة عامة من النفايات والفضلات التي يطرحها الإنسان إلى البيئة المحيطة به ، وقد تكون هذه المواد المطروحة سامة وخطرة بحيث تؤثر بصورة مباشرة على صحة الإنسان والكائنات الحية أو تؤثر على طبيعة تلك البيئة المحيطة وبذلك يكون تأثيرها غير مباشر.

ان الزيادة السكانية للكرة الأرضية (كان عدد سكان الأرض عام 1930 مليارين في حين وصل عام 2009 سبعة مليارات) والتطور الصناعي والفعاليات التي يقوم بها الإنسان في مختلف مجالات الحياة واستغلاله للطبيعة ساهم بصورة كبيرة في زيادة التلوث البيئي خلال الخمسين سنة الماضية مما تسبب

في تغيير أنظمة التعايش الطبيعية وظهور مشاكل بيئية وأضرار صحية واقتصادية ، مما يستوجب التعرف على أسباب مشكلة التلوث وطرق إزالتها أو التقليل منها من خلال دراستها . لذا سيتم التطرق في هذا الفصل على المفاهيم البيئية وأنواع الملوثات الهوائية والمائية و ملوثات التربة.

8 - 2 التلوث البيئي Environmental pollution

ان أهمية موضوع التلوث البيئي تكمن في خطورته وتأثيره على الفعاليات الحياتية للكائنات الحية. ولغرض فهم التلوث البيئي لا بد من تبسيط المفهوم العلمي للتعابير المستخدمة في هذا المجال :

فالتلوث Pollution : هو تواجد مادة في الوسط أو المحيط أو البيئة التي تضم الإنسان و الكائنات الحية الأخرى بكميات تمنع وظائف العمليات البيئية الطبيعية وتؤدي إلى أضرار بيئية ، أو ان التلوث هو وجود أي مادة تؤثر سلبا على العناصر المحيطة بالكائن الحي وتؤدي إلى اختلال في تلك العناصر.

أما البيئة Environment : فهي مجموعة الأنظمة التي تحيط بالكائنات الحية من هواء ومياه وتربة مرتبطة مع بعضها البعض ضمن توازن طبيعي دقيق ومحسوب له تأثير على بقاء هذه الكائنات .

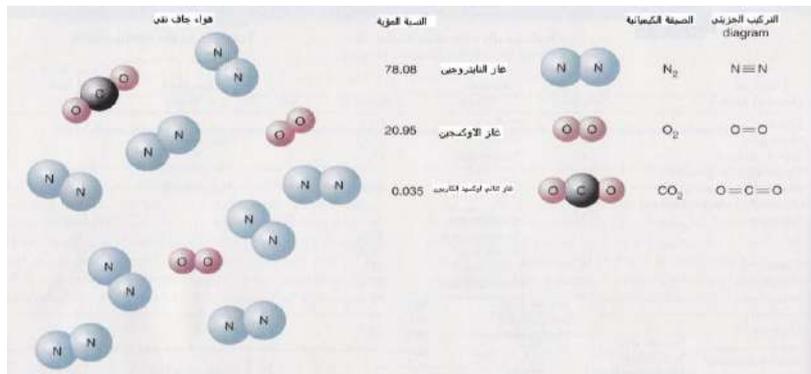
النظام البيئي Ecology : هو مجموعة العناصر الحية وغير الحية التي تكون متكاملة أو مكاملة لبعضها البعض ضمن منهج متوازن يؤثر ويتأثر بعضه على البعض الآخر والاختلال فيه يؤدي إلى التلوث .

لذا فإن أهم العناصر البيئية التي يشملها التلوث والإخلال بها يؤدي إلى تأثير سلبي على النظام البيئي والتي سيتم التطرق إليها هو الهواء والتربة والماء وملوثاتها.

8 - 3 تلوث الهواء Air pollution

يعد الهواء من العناصر الرئيسية المكونة للبيئة فهو أساس الحياة ولا يمكن الاستغناء عنه ولو لفترة قصيرة جدا ، ومن الإمكان الاستغناء عن الماء لفترة أيام إلا ان الهواء لا يمكن الاستغناء عنه مطلقا وبذلك يعتبر اثنان واغلى العناصر البيئية .

يشكل الهواء الغلاف المحيط بالكرة الأرضية و يتكون من خليط من الغازات وبنسب مختلفة تعتمد على فصول السنة وحسب درجات الحرارة . فالنيتروجين N_2 يكون نسبة 78.08% أما الأوكسجين فيكون 20.95% والغاز الثالث ثنائي أوكسيد الكربون 0.03% والنسبة المتبقية 0.93% تمثل الغازات النبيلة في الهواء لاحظ الشكل (8 - 1) .



شكل 8 - 1 : النسب المئوية للغازات المكونة للهواء

و يعتبر غازا الأوكسجين وثنائي أوكسيد الكربون CO₂ من اكثر الغازات أهمية للإنسان و بقية الأحياء ، اذ ان عملية التركيب الضوئي التي تقوم بها النباتات تحتاج إلى ثنائي أوكسيد الكربون لغرض تركيب الغذاء وتخزينه في الثمار و أجزاء النباتات. أما في عملية التنفس فمعظم الأحياء تحتاج إلى الأوكسجين لتكسير جزيئات الغذاء وتحرير الطاقة المخزونة فيه لتلبية حاجات الجسم في أداء فعالياته الحيوية . كما أن الأوكسجين يمنع وصول الجزء الكبير من الأشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس إلى سطح الأرض بتكوين طبقة الأوزون في الطبقات العليا من الغلاف الجوي .

وعندما تمتزج مع الهواء غازات أخرى أو مركبات أو مواد صلبة مثل الغبار أو دقائق صناعية مثل الكربون والمعادن يصبح الهواء ملوثا ، وتترك هذه الملوثات آثارا ضارة على الكائنات الحية وفعاليتها الحيوية.

لذا يعرف مفهوم تلوث الهواء بأنه عبارة عن وجود مادة صلبة أو غازية أو سائلة عالقة في الهواء بكميات غير مناسبة تؤثر في نسب مكوناته مما يؤدي إلى أضرار صحية ومادية ، أو بأنه حالة وجود مادة غريبة بمستوى عال تؤدي إلى تغيير ملحوظ في النسب المكونة للهواء ويؤدي ذلك إلى نتائج ضارة.

8 - 3 - 1 مصادر الملوثات الهوائية Air Pollution Sources

تقسم مصادر الملوثات الهوائية إلى قسمين رئيسيين :

1 - ملوثات طبيعية Natural pollutants

مصادر هذه الملوثات طبيعية وليس للإنسان سيطرة عليها أو دخل فيها وتتمثل في الأتربة والأبخرة والغازات الكبريتية الناتجة من البراكين والعيون الكبريتية الساخنة التي تسبب تكون الضباب الدخاني Smog.

2 - ملوثات صناعية Industrial pollutant

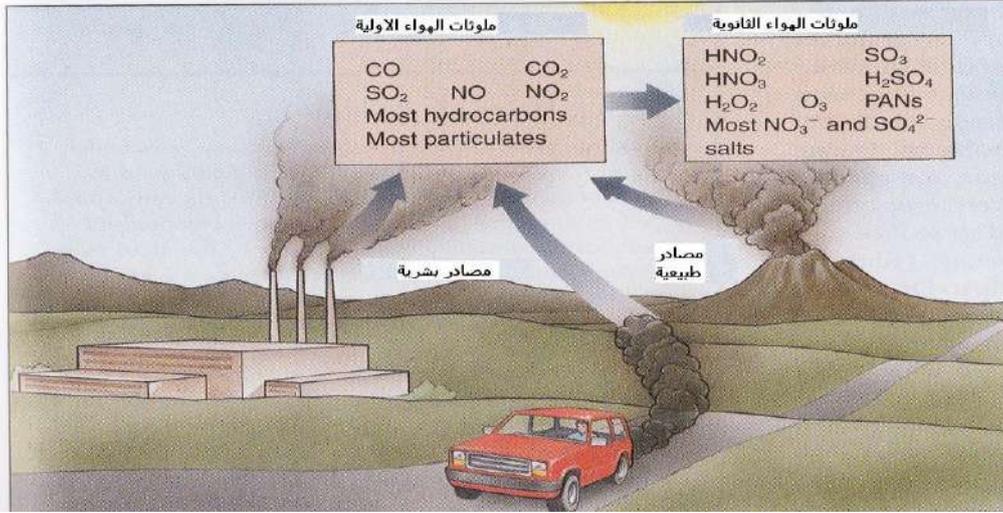
و بالرغم من ان ملوثات الهواء يمكن ان تكون من مصادر طبيعية مثل البراكين والعيون الكبريتية أو احتراق الغابات، إلا ان للإنسان تأثيرا كبيرا على تلوث الهواء من خلال ما يطرحه إلى الغلاف الجوي من مخلفات أو نفايات نتيجة نشاطاته الصناعية المختلفة التي تساهم وبنسبة كبيرة في تلوث الهواء العالمي كما في الشكل (8 - 2) ولهذه المواد أضرار كبيرة عندما تتساقط وتستقر على اليابسة والمسطحات المائية كما ان خطورتها تكمن في تغييرها لكيمياء الهواء أو الغلاف الجوي.

وتقسم ملوثات الهواء إلى صنفين:

1- ملوثات الهواء الأولية Primary Pollutants : وهي ملوثات كيميائية ضارة تطرح إلى الغلاف الجوي مباشرة و تشمل بصورة رئيسية أكاسيد الكربون وأكاسيد النتروجين وأكاسيد الكبريت والدقائق الصناعية الصلبة الكربونية والمعدنية والمواد الهيدروكربونية.

2- ملوثات الهواء الثانوية Secondary Pollutants : وهي مواد كيميائية ضارة تتكون من تفاعل الملوثات الأولية التي اطلقت إلى الغلاف الجوي كما في تفاعل ثنائي أوكسيد الكبريت SO₂

(ملوث أولي) مع الأوكسجين وتكوين ثلاثي أوكسيد الكبريت SO_3 أو تفاعل أكاسيد النيتروجين NO_2 (ملوث أولي) مع الماء وتكوين حامض النتريك HNO_3 المسبب للأمطار الحامضية.



شكل 8 - 2 : ملوثات الهواء الأولية والثانوية

2 - 3 - 8 أنواع ملوثات الهواء Types of Air Pollutants

وبالرغم من وجود مختلف الملوثات الهوائية إلا انه سيتم التركيز على اكثر سبعة أنواع من الملوثات الهوائية أهمية وتشمل المواد الدقائقية وأكاسيد النيتروجين ، أكاسيد الكبريت ، أكاسيد الكربون والهيدروكربونات ، الأوزون والملوثات السمية للهواء.

1- المواد الدقائقية : تتكون من الاف الدقائق الصلبة و السائلة المختلفة العالقة في الغلاف الجوي الناتجة من الأنشطة الصناعية و الخدمية المختلفة وحركة الآليات ووسائل النقل . والدقائق الصلبة تعني بالحقيقة دقائق الغبار والدقائق المعدنية في حين ان دقائق السوائل العالقة في الجو تشير إلى دقائق الرطوبة .

وتشمل دقائق المواد الصلبة السخام (دقائق الكربون) والرصاص (الناتج من عوادم السيارات) والأسبستوس ، أما دقائق السوائل فتشمل الحوامض ، الفورمالديهايد والسوائل الأخرى.

وتتساقط المواد الدقائقية الصلبة المنتشرة في الهواء حسب أوزانها بفعل الجاذبية الأرضية من الغلاف الجوي إلى سطح الأرض ، ولكن الدقائق الصغيرة جدا تبقى معلقة في الجو ولفترات طويلة تصل إلى أيام أو أسابيع مما يؤدي ارتباط و التصاق عدد كبير من المواد الكيميائية الضارة بها وعند استنشاق هذه الدقائق يؤدي إلى دخول المواد السمية الضارة إلى داخل جسم الإنسان أو الكائن الحي مسببة له المشاكل الصحية الخطيرة ، ولذلك تعتبر هذه الدقائق الصغيرة اخطر بكثير من تلك الدقائق الكبيرة الحجم بسبب دخولها العميق إلى داخل الرئتين.

2 - أكاسيد النيتروجين NO_x : هذه الأكاسيد عبارة عن مزيج من غازات أوكسيد النتريك NO وثنائي أوكسيد النيتروجين NO_2 وأكاسيد النتروز N_2O وتنتج من تفاعل غازي النيتروجين والأوكسجين في مكائن الاحتراق الداخلي لوسائل النقل مثل السيارات والطائرات.

ولأكاسيد النتروجين تأثيرات صحية واقتصادية كبيرة ، فعند استنشاقها تسبب الربو وتساهم في تكوين الضباب الدخاني Smog وتساقط المطر الحامضي (يتفاعل ثنائي أكسيد النتروجين NO₂ مع بخار الماء في الجو ليتكون حامض النتريك والنتروز (HNO₂) وبذلك تؤثر على نمو النباتات والإنتاج الزراعي وتاكل المعادن و المواد ، كما تسبب هذه الأكاسيد في زيادة حرارة جو الأرض.

3 - أكاسيد الكبريت SO_x : عبارة عن غازات تنتج كيميائياً من تفاعل الكبريت والأوكسجين الجوي . تطرح إلى الغلاف الجوي عند احتراق وقود الفحم الحجري أو المشتقات النفطية الحاوية على نسبة من الكبريت ، أهم أنواعها غاز ثنائي أكسيد الكبريت SO₂ وهو غاز عديم اللون غير قابل للاشتعال ذو رائحة نفاذة قوية مخدشة ويعتبر ملوثاً هوائياً أولياً ما يلبث ان يصبح من الملوثات الهوائية الثانوية بعد تفاعله مع الأوكسجين في الجو ليكون ثلاثي أكسيد الكبريت SO₃ والذي بدوره يتفاعل مع رطوبة الجو (الماء) ليكون مادة ملوثة هوائية ثانوية أخرى هي حامض الكبريتيك H₂SO₄ المعروف بخصائصه الحامضية القوية والتي تؤدي إلى أضرار خطيرة للجهاز التنفسي للإنسان والحيوانات وتأخر نمو النباتات وقلة إنتاجها ، و يتسبب في تآكل المعادن والصخور والمواد الأخرى.

4 - أكاسيد الكربون : هذه الأكاسيد عبارة عن أول أكسيد CO وثنائي أكسيد الكربون CO₂ . هذه الأكاسيد تنتج من محطات الطاقة الكهربائية وما تطرحه عوادم وسائط النقل والمولدات الكهربائية نتيجة احتراق المواد النفطية والفحم ووقود الكاز .

ان أول أكسيد الكربون غاز عديم اللون والطعم والرائحة وهو غاز سام يتحد مع هيموكلوبين الدم وبذلك يمنع نقل الأوكسجين للدم ، والتعرض إلى التراكيز الواطئة أو المتوسطة منه يؤدي إلى الام وصداع وتعب شديد وغثيان في حين التراكيز العالية تؤدي إلى الموت.

كما ان ثنائي أكسيد الكربون عبارة عن غاز عديم اللون والطعم والرائحة ليس له سمية إلا أنه غاز خانق ويعتبر من الغازات المسببة للاحتباس الحراري أو المسببة لارتفاع حرارة الأرض .

5- الهيدروكربونات Hydrocarbons : هي مركبات عضوية تحتوي على ذرات الهيدروجين و الكربون فقط ، وابطس أنواعها هو غاز الميثان CH₄ الذي يتميز بعدم اللون والرائحة ، والهيدروكربونات على أنواع كثيرة منها السائل مثل النفط الأبيض أو وقود السيارات ذات القابلية على التبخر بسهولة في درجة حرارة الغرفة والأخرى مواد برفينية صلبة مثل الشحوم أو الشمع.

معظم الهيدروكربونات لها تأثيرات صحية على الكائنات الحية البشرية والحيوانية خصوصاً المجاري التنفسية و يعتقد ان القسم الآخر يظهر تأثيرات سرطانية كما ان غاز الميثان يساهم في الاحتباس الحراري للأرض.

6 - الأوزون (Ozone) : وهو صورة من صور الأوكسجين ورمزه (O₃) ,ويعد من الملوثات الهوائية الخطيرة من جهة ومن جهة أخرى مكوناً ضرورياً للغلاف الجوي حيث يكون طبقة تحفظ الكرة الأرضية من الأشعة الكونية خصوصاً الأشعة فوق البنفسجية ويمنعها من النفاذ إلى الغلاف الأرضي وذلك من خلال تفاعل غاز الأوكسجين في الطبقات العليا (ستراتوسفير) مع الأشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس وتكون الأوزون .





ولسوء الحظ فإن بعض الملوثات الكيميائية المصنعة من قبل الإنسان مثل (كلورو فلورو كاربون) التي تستخدم في أجهزة التبريد تتفاعل مع الأوزون في طبقة الستراتوسفير وتؤدي إلى تحطمه وإعادةه إلى غاز الأوكسجين مرة ثانية.

ويعتبر الأوزون من ملوثات الهواء الثانوية التي تتكون في الهواء كما يمكن ان ينتج من بعض الفعاليات والأنشطة الصناعية . والأوزون من أكثر الملوثات المؤدية إلى تكون الضباب الدخاني Smog وتقليل الرؤية والتسبب في مشاكل صحية بالإضافة إلى ضعف إنتاج المحاصيل والقضاء على الغابات.

7- ملوثات الهواء السمية Toxic Air Pollutant : و تتمثل هذه الملوثات الهوائية بمركبات الرصاص ، حامض الهيدروكلوريك ، الفورمالدهايد ، المواد المشعة ، الفلوريدات وغازات الهالوجينات ، ولهذه الملوثات ضرر على الصحة عند التعرض لها على المدى الطويل خصوصا المجتمعات التي تعيش وتعمل بالقرب من المصانع الكيميائية.

8 - 3 - 3 التأثيرات الصحية لتلوث الهواء

ان تلوث الهواء والملوثات الهوائية تأثيرات و خطورة عالية على الصحة العامة حيث تؤدي إلى تلف القصبات الهوائية للإنسان والحيوانات وظهور أمراض رئوية مزمنة مثل ذات الرئة ومشاكل في القلب والأوعية الدموية . كما ان التلوث الهوائي يساهم في الترسبات الحامضية ، ويقلل من الإنتاج الزراعي وإعاقة نمو النباتات ونقصانها ، كما يؤدي تلوث الهواء إلى حدوث التغيرات الحرارية لمناخ الأرض وتقليل أو نضوب طبقة الأوزون .

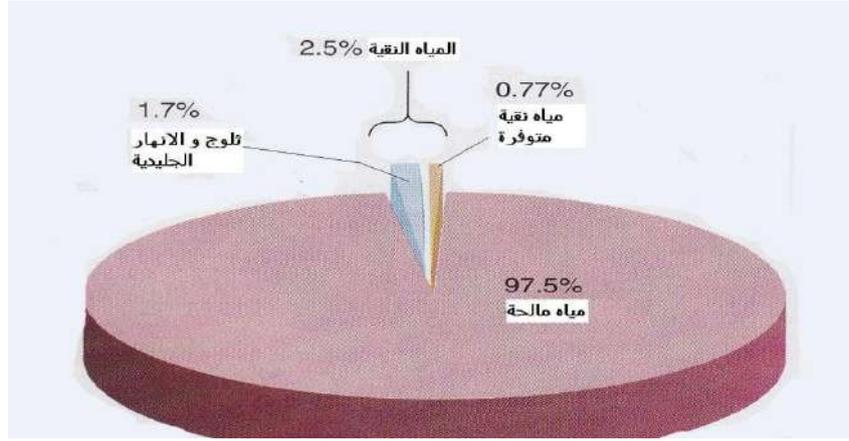
و بشكل عام ان التعرض إلى مستويات قليلة من الملوثات مثل الأوزون ، أكاسيد النتروجين أو أكاسيد الكبريت والمواد الدقائقية يחדش العيون و يسبب التهابات في القصبة والمجاري التنفسية . وقد أظهرت بعض الشواهد وجود علاقة بين ملوثات الهواء وعدم كفاءة الجهاز المناعي للإنسان وزيادة التعرض للالتهابات الصحية الخطيرة.

8 - 4 - 4 تلوث المياه Water pollution

8 - 4 - 1 مصادر المياه Water sources

تعتبر المياه من العناصر الأساسية والحيوية لاستمرارية الحياة ، ولا يمكن تصور وجود حياة بدون ماء ، حيث تكون المياه نسبة كبيرة من جسم الكائن الحي تصل إلى حدود 75% وفي بعض النباتات إلى 90% ، مما يشير إلى الأهمية الكبيرة والحاجة الماسة للمياه. وقد أنعم الله سبحانه وتعالى على البشرية بكميات هائلة من المياه تصل إلى 1.4 مليار كيلو متر مكعب من الماء الذي يغطي تقريبا 71% من سطح الكرة الأرضية.

تتوفر المياه في المسطحات المائية على سطح الأرض وان أكثر من 97% من هذه المياه عبارة عن مياه مالحة تتواجد في المحيطات والبحار والمتبقي مياه عذبة ونقية تتوزع بنسبة 1.7 % على شكل مياه متجمدة في القطبين الجنوبي والشمالي وقمم الجبال . أما كمية المياه العذبة المتوفرة على سطح اليابسة فتكون بنسبة 0.77% لتكون الأنهار والبحيرات والمياه الجوفية و الأراضي الرطبة والنباتات والحيوانات . الشكل (8 - 3) يوضح هذه النسب.



شكل 8 - 3 : نسبة توفر المياه في الطبيعة

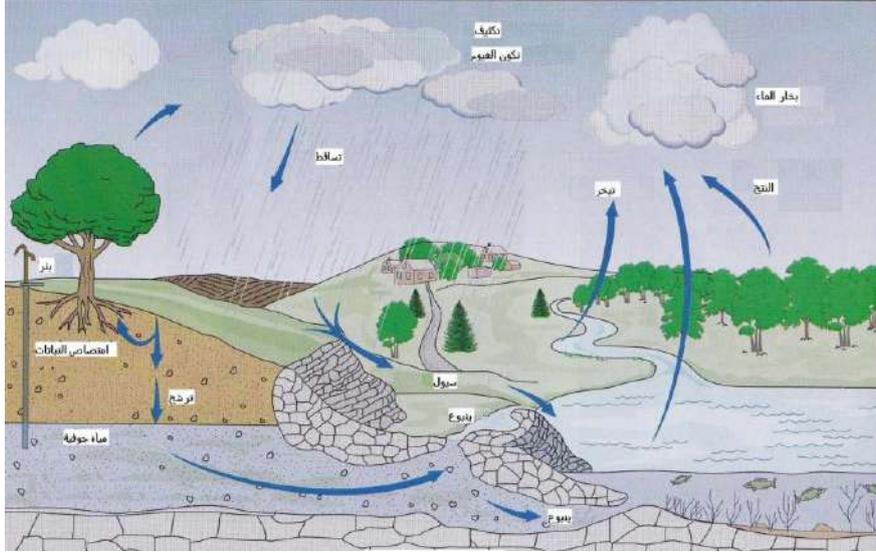
وبالرغم من هذه الكميات الهائلة لاتزال مناطق كثيرة على اليابسة لا تحصل على ماء نقي صالح للشرب والاستعمال البشري ، وان النسبة الأخيرة 0.77% هي نسبة قليلة لاستمرار الحياة اذا ما تجددت مصادر هذه المياه لاسيما وأن حاجة النظام البيئي والإنسان والكائنات الحية تعتمد على المياه العذبة (مياه تحتوي على اقل من 0.1 % أو 1000 جزء من المليون من الأملاح).

وفي كل الأحوال فإن المياه تجدد مصادرهما باستمرار من خلال دورة المياه في الطبيعة بعملية تبخر الماء من البحار بفعل الطاقة الشمسية وسقوطها مرة ثانية إلى الأرض .

8 - 4 - 2 دورة المياه في الطبيعة Water Hydrology

دورة المياه في الطبيعة هي عملية تجديد لمصادر المياه وتنقيتها وتسمى أيضا الدورة الهيدرولوجية وتعتمد بصورة مبدئية على تبخر المياه إلى طبقات الجو العليا بتأثير حرارة الشمس والتحول إلى غيوم لتتساقط المياه مرة ثانية على اليابسة أو البحار على شكل أمطار، و بذلك تؤثر على بيئة الأرض من خلال حركة المياه على سطح الأرض أو داخلها وعلى حياة الكائنات الحية ومعيشتها وحركة الرياح وحرارة جو الأرض .

ويمكن أن تتلخص دورة المياه في الطبيعة بأربع عمليات فيزيائية هي التبخر والتكثيف والتساقط والجريان بفعل انسيابية الأرض . ولا تبدأ هذه الدورة بنقطة بداية معينة ولكن المسطحات المائية قد تكون هي نقطة البداية لتبدأ بعملية التبخر . شكل (8-4) يمثل دورة المياه في الطبيعة ، وفيما ادناه شرح مختصر لكل عملية :



شكل 8 - 4 : مخطط لدورة الماء في الطبيعة

1 - التبخر

التبخر هو عملية تحول الماء من سائل إلى بخار داخل الغلاف الجوي وتسمى (الرطوبة). ان المسطحات المائية (البحيرات والبحار والمحيطات) تعتبر المصادر الرئيسية لهذه الرطوبة .

وتتم عملية التبخر بتأثير أشعة الشمس التي تجهز الحرارة أو الطاقة اللازمة لتبخر المياه وذلك يساعد على تقليل حرارة الغلاف الجوي والبيئة. ويعتبر الغلاف الجوي الذي ينقل المياه المتبخرة بكمياتها الكبيرة مسارا لدورة المياه و نقلها حول العالم ، وبقدر كميات المياه المتبخرة تكون كمية الأمطار الساقطة على الأرض .

2 - التكاثف

التكاثف هو عملية تحويل بخار الماء إلى سائل وتتم هذه العملية من خلال تكثف القطيرات الصغيرة من البخار إلى قطرات أكبر لتشكل الضباب ، وبمعنى اخر فان التكاثف هو عكس عملية التبخر . والتكاثف هو السبب في حدوث الضباب في أيام الشتاء أو الأيام الباردة.

ونتيجة صعود الضباب إلى طبقات الغلاف الجوي وملاستها للطبقات الباردة تحدث عملية التكثيف بصورة اكبر مما يؤدي إلى تشكيل السحب والغيوم . تنتقل هذه السحب بفعل حركة الرياح من منطقة إلى أخرى وإلى مسافات بعيدة عن المناطق التي تبخرت منها المياه لتعود إلى سطح الأرض مره ثانية على شكل أمطار .

3 - التساقط

التساقط هو عملية تحول الماء في الغيوم والسحب على شكل مطر أو ثلج أو جليد وهي طريقة لعودة الماء من الغلاف الجوي إلى الأرض .

وتتشكل الأمطار بعد ان تتحد القطرات الصغيرة لبخار الماء في الغيوم لتكون قطرات كبيرة لا يمكن للهواء ان يحملها فتسقط على الأرض وفي بعض الأحيان تساعد ذرات الغبار الصغيرة الموجودة في الهواء على اتحاد قطيرات الماء لتكوين الأمطار .

8 - 4 - 3 جريان الماء على سطح الأرض

عند تساقط الأمطار من الغيوم والسحب في الغلاف الجوي واصطدامها بسطح اليابسة فإنها تتجمع وتتدفق لتسير بانسيابية الجاذبية الأرضية إلى الجداول والأنهار والبحيرات لتعود مرة ثانية إلى المسطحات المائية التي تبخرت منها أو تتساقط على شكل ثلوج في قمم الجبال . وهنالك نسبة من هذه المياه المتساقطة تترشح داخل التربة مكونة المياه الجوفية التي يمكن لها ان تخزن المياه لمئات أو آلاف السنين ويمكن لجزء اخر من هذه المياه ان تخرج من هذه الخزانات الأرضية أو المياه الجوفية على شكل عيون وينابيع لتأخذ طريقها إلى الأنهار والجداول لتنتهي في البحار والمحيطات مرة ثانية وبذلك فقد أكملت المياه دورتها في الطبيعة وتجدد مصادرها.

8 - 4 - 4 تلوث المياه Water Pollution

تلوث المياه يعني حدوث تغير كيميائي (مثل الحامضية أو القاعدية) أو فيزيائي (مثل اللون أو الطعم أو الرائحة) في الماء بحيث يصبح غير صالح للاستخدام لمضاره البيئية على الكائنات الحية ، وتلوث المياه مشكلة عالمية تختلف في تأثيراتها وأنواع ملوثاتها من منطقة إلى أخرى .

يلاحظ من خلال دورة المياه في الطبيعة بان المياه بحالاتها الثلاث (البخار، السائل، الصلب) متجددة المصادر ومن المفترض ان تكون بنقاوة عالية تجعلها صالحة لمختلف الاستخدامات البشرية والزراعية . وتكمن نقاوة المياه من خلال عملية التبخر من الأراضي الرطبة والنباتات والمسطحات المائية حيث تتبخر جزيئات الماء تاركة الملوثات خلفها . وعند تكاثف هذه الجزيئات لتكون الضباب والسحب والغيوم تكون نقية أيضا وخالية من جميع أنواع الملوثات وهذه هي الحالة عندما يكون الغلاف الجوي خاليا من الملوثات البيئية .

ومن جهة أخرى عندما يحتوي الغلاف الجوي على مواد ملوثة نتيجة طرح الفضلات من المناطق التي تشهد نشاطات صناعية مختلفة ، فان جزيئات الماء المتكاثفة سوف تحمل تلك الملوثات. فمثلا عند تواجد غازات أكاسيد الكبريت SO_2 ، SO_3 في الهواء الجوي سوف تذوب في قطرات مياه الغيوم لتكون حامض الكبريتيك وسقوط امطار حامضية . كما ان سقوط الأمطار على اليابسة الملوثة أو الحقول الزراعية الحاوية على المبيدات الزراعية سوف تنجرف هذه الملوثات إلى الأنهار والجداول مسببة تلوثها بالمبيدات وهكذا لبقية الملوثات الأخرى . والذي يساهم أيضا في زيادة تلوث مصادر مياه التصريف المباشر للمخلفات والنفايات إليها.

8 - 4 - 5 مصادر تلوث المياه Water pollution Sources

مصادر ملوثات المياه يمكن ان تنقسم إلى نوعين :

1- مصادر معينة ومحددة Point pollution source : هذا النوع من المصادر يطرح الملوثات إلى البيئة مباشرة من خلال شبكات المجاري والصرف الصحي من مواقع معينة مثل محطات معالجة المياه الثقيلة والمصانع .

ان السيطرة على هذه المصادر ممكنة نسبيا بالرغم من إمكانية حدوث حالات مثل تسرب ملوثات السيانيد إلى نهر الدانوب في اوربا عام 2000 الذي تسبب في نفوق ملايين الأسماك وإيقاف تجهيز المياه إلى المنازل .

وعندما تكون تراكيز أو نسبة الملوثات عالية في الماء يكون ال (BOD) عاليا مما يسبب انخفاض كمية الأوكسجين المذابة فيه ويصبح الماء اسنا وذا رائحة كريهة.

2- عوامل مسببة للأمراض

هي الكائنات الحية المجهرية المعدية التي تسبب الأمراض ومصدرها مخلفات الأفراد المرضى والمياه الملوثة التي تحتوي على أنواع من البكتيريا وفايروسات والديدان الطفيلية وتسبب الأمراض الشائعة مثل التايفونيد والكوليرا والإسهال الدموي والتهاب الكبد الفايروسي .

ولغرض متابعة نسبة مياه الصرف الصحي يستخدم فحص تواجد بكتريا القولون E. Coli كمؤشر لكمية ملوثات مياه الصرف الصحي في الماء.

3- ملوثات ترسيبية Pollution Sediments

الملوثات الترسيبية Pollution Sediments تنتج من عوامل التعرية أو انجراف الأراضي الزراعية وتربة الغابات وضاف الأنهار والمناجم المكشوفة ومواقع البناء . هذه الملوثات تسبب مشاكل بيئية للأحياء المائية من خلال زيادة تعكر المياه وتغطية الأحياء المجهرية المائية مع جلب ملوثات بيئية سامة إلى المياه فضلا عن ان التعكر يمنع مرور ضوء الشمس خلال المياه ويقلل من كفاءة عملية التركيب الضوئي التي تقوم بها الكائنات الحية المائية والطحالب ، كما ان دقائق التربة قد تحمل المركبات العضوية واللاعضوية السامة من خلال التصاق هذه المواد بدقائق المترسبات ومن ثم انتقالها إلى الماء .

4- مغذيات نمو النباتات و الطحالب Inorganic Plant and Algae Nutrients

هي عبارة عن مواد كيميائية تستخدم في زيادة الإنتاج الزراعي وتحفز نمو النباتات والطحالب بالمركبات النيتروجينية والفسفورية. وهذه المواد تصبح مؤذية في التراكيز العالية .

ان المصدر الرئيسي لهذه الملوثات هي الفضلات البشرية وبقايا النباتات والأسمدة الزراعية وتأتي أيضا من تسرب المياه من الأراضي الزراعية إلى الأنهار والبحيرات وهذه الملوثات تزيد من نمو الطحالب والنباتات المائية. و بالرغم من ان الطحالب والنباتات المائية هي أساس الغذاء في النظام البيئي المائي لكن نموها المتسارع يخلخل التوازن الطبيعي بين المنتج والمستهلك كما يسبب مشاكل أخرى تشمل الرائحة الكريهة و ال BOD العالي للمياه .

5- مركبات عضوية Organic Compounds

المركبات العضوية هي مركبات كيميائية تحتوي على ذرات الكربون ، الهيدروجين ، الأوكسجين والنترجين بدرجة أساسية . معظم هذه الملوثات العضوية في المياه هي مركبات كيميائية مصنعة تطرح إلى البيئة وتشمل المبيدات الحشرية والمذيبات والمركبات الكيماوية الصناعية والبلاستيكية . بعض هذه المركبات العضوية تنتسرب خلال التربة إلى المياه الجوفية أو المياه السطحية أو عن طريق النضح والجريان من الحقول والمناطق السكنية أو من خلال رميها بصورة مباشرة إلى مجرى الأنهار من قبل المعامل الصناعية وتؤدي إلى تلوث المياه.

العديد من المركبات العضوية المصنعة سامة وبعض منها يسبب أمراضا سرطانية أو تشوهات خلقية أو اعتلالات صحية . ولغرض التقليل من تأثيراتها يجب عدم رمي مثل هذه المركبات إلى مصادر المياه ومعالجتها بطرق خاصة.

6- كيمياويات لاعضوية Inorganic Chemicals

الكيمياويات اللاعضوية ملوثات تحتوي على عناصر من غير الكربون مثل الحوامض والأملاح والمعادن الثقيلة وهذه الملوثات لا تتحلل أو تتكسر بسهولة لذلك عند دخولها إلى مصادر المياه تبقى لفترات طويلة من الزمن . أعداد كبيرة من هذه الكيمياويات اللاعضوية تجد طريقها إلى المياه السطحية أو الجوفية من المناجم أو جريان مياه السقي وحفر الآبار النفطية و الصناعات المعدنية . بعض هذه الملوثات اللاعضوية سامة للأحياء المائية ووجودها يجعل المياه غير ملائمة للشرب والاستخدامات الصناعية والزراعية . ومن أمثلة هذه المخلفات العناصر الثقيلة ذات التأثيرات الخطيرة مثل الرصاص والزنك والزرنيخ التي تترسب في انسجة جسم الكائن الحي و تسبب له المشاكل الصحية مثل توقف الكلية والتأثير على الجهاز العصبي .

7- مواد مشعة Radio active materials

المواد المشعة هي مواد تحتوي على نظائر ذرات غير مستقرة تبعث إشعاعا ذا طاقة عالية له تأثير كبير على الأنسجة الحيوية للكائنات الحية. هذه الملوثات يمكن ان تدخل إلى مصادر المياه أثناء عمليات التنقيب عن العناصر المشعة مثل اليورانيوم والثوريوم ومن محطات إنتاج الطاقة النووية وصناعة السلاح النووي وفي بعض الأحيان من المواد الطبية الخاصة بالأمراض السرطانية . ويمكن لهذه المواد المشعة ان تتسرب من الفعاليات المذكورة إلى الهواء والماء والتربة وتؤدي إلى تلوثها ، و من حوادث التسرب في محطات الطاقة النووية مثل حادثة محطة تشرنوبل في الاتحاد السوفيتي السابق حيث أدى انفجار المحطة المذكورة عام 1986 إلى تسرب كميات كبيرة جدا من الملوثات النووية إلى الجو وتلوث مساحات واسعة من الأراضي والمسطحات المائية في أوروبا . وتسبب المواد المشعة الحروق والأمراض السرطانية المختلفة الخطرة .

8 - التلوث الحراري Thermal Pollution

يحدث التلوث الحراري للمياه عند اطلاق المياه الحارة الناتجة من بعض الصناعات إلى النهر مباشرة ، مثل محطات إنتاج الطاقة الكهربائية فالمياه الناتجة من هذه المحطات عند إطلاقها إلى النهر سوف تؤدي إلى زيادة في سخونة الماء وبالتالي ستكون كمية الأوكسجين المذاب في الماء قليلة بحيث تؤدي إلى هلاك الحياة المائية وموت الأسماك .

8 – 5 دورة النيتروجين Nitrogen Cycle

غاز النيتروجين أو عنصر النيتروجين N_2 من العناصر المهمة والأساسية الذي تحتاجه جميع الكائنات الحية لكونه يدخل في تركيب الجزيئات البايولوجية مثل البروتينات أو الحوامض الأمينية و ال DNA المكونة لجسم الإنسان والكائنات الحية الأخرى .

يتوفر غاز النيتروجين في الهواء الجوي للكرة الأرضية بنسبة 78%. ويتكون كيميائيا من ارتباط ذرتين نيتروجين لتكوين جزيئة نيتروجين واحدة N_2 . ومن الميزات المهمة لهذا الغاز انه خامل ومستقر ولا يمكن ان يتفاعل بسهولة في الظروف الجوية الاعتيادية من حرارة وضغط أو عوامل مساعدة أو ظروف خاصة . لذا لا تستطيع الكائنات الحية استخلاصه من الغلاف الجوي والاستفادة منه إلا اذا تحول إلى أملاح النترات أو الأمونيوم من خلال عملية تسمى تثبيت النيتروجين ، وعندئذ تقوم النباتات بامتصاص هذه الأملاح بسهولة وتحويلها إلى مركبات حيوية مثل الحوامض الأمينية والبروتينات لتبدأ دورة النيتروجين في الطبيعة لتبقى نسبة النيتروجين في الجو ثابتة .

تتضمن دورة النتروجين في الطبيعة خمس خطوات :

1- عملية تثبيت أو تفاعل النتروجين بواسطة أنواع من البكتيريا تعيش في عقد جذور بعض النباتات خصوصا البقوليات بتأثير أنزيم نايتروجيناز *nitrogenase* والذي يساعد على تفاعل النيتروجين مع الهيدروجين وتكوين الأمونيا NH_3 التي لا تلبث أن تتحول إلى الأمونيوم NH_4^+ بتفاعلها مع الماء وتكوين هيدروكسيد الأمونيوم NH_4OH

كما تتم هذه العملية بصورة طبيعية بفعل البراكين أو التفريغ الكهربائي والبرق ومن خلالها يتحول غاز النتروجين N_2 إلى الأمونيوم NH_4^+ والنترات NO_3^- التي تسقط مع الأمطار إلى التربة .

2- تحويل الأمونيا NH_3 أو الأمونيوم NH_4^+ التي تكونت في الخطوة السابقة إلى أملاح النترات NO_3 والتي تتم أيضا من خلال أنواع معينة من البكتيريا المتواجدة في التربة .

3- تمتص النباتات أملاح النترات أو الأمونيوم وتقوم بتحويلها إلى الجزيئات الحيوية للنباتات مثل البروتينات أو الحوامض الأمينية النباتية . وعندما تتغذى الكائنات الحية (الإنسان أو الحيوان) على تلك النباتات تقوم هذه الكائنات بتحويل المركبات النتروجينية النباتية إلى مركبات نتروجينية (حوامض أمينية أو بروتينات) خاصة بالإنسان أو بالحيوان.

4- تبدأ هذه الخطوة عندما يطرح الكائن الحي مخلفات تحتوي على مركبات نتروجينية مثل اليوريا (البول) وحمض اليوريا (كما في مخلفات الطيور) تتحول هذه المركبات إلى أمونيا وأملاح الأمونيوم والتي بدورها تدخل إلى دورة النتروجين من ثم التحول إلى نترات وتغذية النباتات مرة ثانية أو التحلل إلى غاز النتروجين والصعود إلى الجو .

وتحدث نفس العملية عند موت الكائنات الحية حيث تتحلل المركبات النتروجينية المكونة لأجسام تلك الكائنات على شكل أمونيا وأمونيوم ونترات والتي بدورها تدخل إلى دورة النتروجين وتغذية النباتات والقسم الآخر يتحول إلى غاز النيتروجين الذي يعود إلى الهواء مره ثانية.

5- يمكن أن تتحول أملاح النترات إلى غاز النتروجين بعملية الاختزال ويتم ذلك أيضا بواسطة أنواع معينة من البكتيريا اللاهوائية أي تلك الأنواع التي لا تحتاج إلى أوكسجين لمعيشتها وبذلك يعود غاز النيتروجين إلى الهواء الجوي ليكمل دورته ويعود بنفس الخطوات السابقة .

8 - 6 دورة الأوكسجين في الطبيعة

غاز الأوكسجين عنصر أساسي في الحياة ولا يمكن الاستغناء عنه لبضع دقائق ، ولا تقل أهميته عن أهمية الكربون والنتروجين في الطبيعة . يوجد غاز الأوكسجين بشكل حر في الهواء الجوي وبنسبة تصل إلى 20% كما يوجد مذابا في الماء وفي الكائنات الحية ، ويصل تركيزه في صخور وتربة القشرة الأرضية إلى 46% حيث يدخل في تركيب صخور السليكا و الكربونات والكبريتات والفسفات والنترات.

وكمية الأوكسجين في الهواء الجوي تكون ثابتة نسبيا ، وينتج الأوكسجين بفعل عمليتين:

1 - عملية التركيب الضوئي Photosynthesis

تحدث هذه العملية في النباتات والطحالب عند تفاعل ثنائي أكسيد الكربون والماء بوجود المادة الخضراء (الكلوروفيل) وتأثير أشعة الشمس حيث يتكون الكلوكوز وي طرح غاز الأوكسجين إلى الهواء الجوي .

2 - التحلل الضوئي للماء Photodecomposition

في هذه العملية ينتج غاز الأوكسجين بكميات قليلة وبتأثير أشعة الشمس (الأشعة فوق البنفسجية) .

ومن هذه العمليات يتضح ان كمية الأوكسجين تتزايد في الطبيعة لكن في الحقيقة ان الأوكسجين يتواجد بحالة متوازنة في الطبيعة حيث يستهلك قسم منه بالاتحاد مع عناصر أخرى كما في العمليات الآتية :

1- احتراق الوقود الأحفوري : يحترق الوقود الأحفوري (الفحم ، البترول ومشتقاته ، الغاز الطبيعي) ويتحد فيه الأوكسجين مع الكربون أو بقية العناصر وينتج عن ذلك الأكاسيد مثل ثنائي أكسيد الكربون ، ثاني أكسيد النتروجين حيث يمكن لهذه الغازات ان تتصاعد إلى الغلاف الجوي وتعود إلى دورتها مرة ثانية حيث يستخدم القسم الأكبر من غاز ثنائي أكسيد الكربون في عمليات التركيب الضوئي لإنتاج الكلوكوز و طرح غاز الأوكسجين كنتاج عرضي كما مر ذكره سابقا.

وبذلك يكمل الأوكسجين دورته في الطبيعة . أما القسم الآخر من ثنائي أكسيد الكربون فيذوب في البحار ليكون الكربونات على شكل صخور كربونات الكالسيوم وبذلك لا يكمل دورته في هذه الحالة .

أما غاز ثنائي اوكسيد النتروجين (الذي يتكون أيضا نتيجة الاحتراق)، فيتحول الى أملاح النترات بفعل رطوبة الغلاف الجوي حيث تستهلك من قبل النباتات و تدخل السلسلة الغذائية الى الحيوان والانسان، أو عند موت الكائنات الحية و من ثم تحللها ينتج غاز النايتروجين (كما في دورة النايتروجين) و غاز الاوكسجين وخلال هذه العملية يكمل الاوكسجين دورته في الطبيعه أيضا .

2- التنفس : وهذه العملية في حقيقتها عملية احتراق للسكريات في الكائنات الحية والإنسان حيث يستهلك الأوكسجين وي طرح ثنائي أكسيد الكربون وفق المعادلة الآتية :



3- تحلل المواد العضوية : وتتم هذه العملية باستهلاك الأوكسجين المذاب في الماء عند وجود المادة العضوية و طرح ثنائي أكسيد الكربون.

ويلاحظ من دورة الأوكسجين في الطبيعة أنها مكتملة أو متلازمة لدورة ثنائي أكسيد الكربون في الطبيعة .

8 - 7 تلوث التربة Soil Pollution

تلوث التربة هو أي تغير فيزيائي أو كيميائي يشمل لون التربة ، رائحتها ، طبيعتها طينية أم رملية ، نسب الأملاح والعناصر المكونة لها ويؤثر على الأنظمة البيئية وتعطيل أداء دورها الطبيعي ، و يعكس ضررا بيئيا مباشرا أو غير مباشر على الكائنات الحية التي تتعايش ضمن تلك البيئة.

تتواجد أنواع عديدة من التربة فمنها مثلا التربة الزراعية سواء كانت رملية أو طينية وتربة غير صالحة للزراعة مثل التربة الصخرية . فالتربة الزراعية هي تلك التربة التي تنتج المحاصيل الزراعية.

تتلوث جميع أنواع التربة بصورة رئيسية بالكيميائيات الزراعية مثل الأسمدة ومبيدات الحشرات والعناصر الثقيلة الناتجة من رمي النفايات الصناعية والنواتج البترولية وما تطرحه عوادم مكائن الاحتراق الداخلي مثل السيارات والمولدات الكهربائية من مواد كاربونية ومعدنية . و تلوث التربة أهمية كبيرة ناتجة من انتقال الملوثات المذكورة إلى المياه السطحية والجوفية نتيجة سقي الأراضي الزراعية أو سقوط الأمطار على اليابسة وبالتالي التسبب في تلوث وتسمم البحيرات والبرك والأنهار ونفوق وموت مئات الطيور المهاجرة والأسماك والأحياء الأخرى. وقد يحدث تلوث للتربة نتيجة الحوادث الطبيعية مثل الزلازل أو البراكين .

ان حركة الملوثات الكيميائية في التربة تعتمد على العديد من العوامل والصفات الكيميائية والفيزيائية وحجوم حبيبات التربة والدالة الحامضية (الرقم الهيدروجيني PH) لها فبعض العناصر تكون حركتها في التربة في ظروف قاعدية بينما حركة العناصر الأخرى تكون في ظروف حامضية .

8 - 7 - 1 مصادر تلوث التربة Soil Pollution Sources

تختلف مصادر تلوث التربة باختلاف الموقع الجغرافي واختلاف النشاطات المتواجدة فيها أو القربية منها ويمكن تقسيم المصادر الملوثة للتربة إلى عدة مصادر:

1 - المصانع : تساهم المصانع بنسبة كبيرة في تلوث التربة خصوصا المصانع الكيميائية و مصانع الصلب والمعادن والمصافي النفطية ومصانع الإسمنت والأعمال الهندسية .

2 - المبيدات الحشرية : ان استخدام مبيدات الحشرات يؤدي إلى تلوث كلا الوسطين الهوائي والتربة وبالنتيجة تلوث المياه السطحية والجوفية أيضا . والمبيدات مواد سامة قابليتها السمية و تأثيرها البيئي يعتمد على نوعيتها وتراكيزها المستخدمة وفترة ثبوتيتها على النباتات أو التربة أو الماء حسب نوع المبيد فمثلا D.D.T وهي مادة ذات سمية عالية تبقى لفترات طويلة في التربة دون تحلل .

3 - الطرق والمواصلات : أنشاء الطرق والمواصلات لها تأثيرات غير مباشرة على نوعية التربة وتلوثها وذلك بسبب وسائط النقل التي تسلك تلك الطرق وتلفظ العديد من الملوثات من عوادمها مثل المركبات العضوية والهيدروكاربونية ومركبات الرصاص التي تتساقط على سطح التربة لتنتقل بعد ذلك إلى النظام البيئي لذلك الموقع.

4 - محطات الوقود : تساهم أيضا في زيادة الملوثات الكيميائية خصوصا المشتقات النفطية ومخلفاتها .

8 - 7 - 2 أنواع الملوثات البيئية للتربة Types of Soil Pollutants

تقسم الملوثات البيئية للتربة وفق التركيب الكيميائي لها و استخداماتها إلى ما يأتي :

1- هيدروكاربونات عطرية متعددة الحلقات : تعتبر هذه المركبات ملوثات عالية السمية وتكون سببا للأمراض السرطانية تطرح من مختلف المصادر مثل احتراق الفحم والبترول والغازات المنبعثة من عوادم جميع الآلات والمكائن ذات الاحتراق الداخلي للمولدات الكهربائية ووسائط النقل مثل السيارات والطائرات والقطارات .

- 2- المواد البترولية :** ومن اهم مصادر هذه الملوثات هي صناعات تكرير البترول والمشتقات النفطية .
- 3- الهالوجينات العطرية :** وتنتج هذه الملوثات من احتراق المواد المطاطية ومبيدات الحشائش والمبيدات الزراعية او احتراق البترول والمخلفات الطبية .
- 4 - المبيدات :** بالرغم من ان المبيدات مفيدة للإنتاج الزراعي إلا أنها تعتبر من الملوثات الخطرة التي تواجه بيئة التربة وذلك لاحتوائها على مركبات كيميائية مختلفة ذات ثباتية طويلة نسبيا .
- 5- الهالوجينات الاليفاتية :** ومن اهم مصادرها هي صناعة المواد البلاستيكية أو حرقها من مبدا التخلص منها .
- 6- ملوثات غير عضوية وتشمل :**

- ا- العناصر الثقيلة :** تتواجد هذه العناصر في التربة نتيجة وجود صخور القشرة الأرضية أو ملوثات جوية فيزيائية .
- ب- مصادر النشاط البشري :** وتشمل هذه المصادر مخلفات الصرف الصحي والصناعي التي تحتوي على تلك العناصر السامة ومن مصادر استخراج المعادن من المناجم وما ينتج عنه من مخلفات إلى الأراضي المحيطة .

8 – 8 الملوثات البلاستيكية والمطاطية Plastic and Rubber Pollutant

المواد البلاستيكية عبارة عن مواد تتكون من مركبات كيميائية صغيرة تسمى الوحدات البنائية أو المونمرات ترتبط مع بعضها لتكون جزيئات كيميائية كبيرة على شكل سلاسل طويلة لتكون بدورها المواد البلاستيكية بالشكل الذي نراه ونتعامل معه.

فمثلا البولي أثيلين (Polyethylene) من المواد البلاستيكية الذي يستخدم في الزراعة المحمية أوالمغطاة و يصنع من غاز الاثيلين (C_2H_6) .

فعلى سبيل المثال يستخدم المطاط في صناعة الإطارات ، وخبوط البولي بروبيلين في صناعة المفروشات ، والبولي ستايرين (الفلين الأبيض) في التغليف ، والبولي اثيلين ترفثاليت في صناعة قناني التعبئة للمشروبات الغازية والعصائر والبولي فنيل كلوريد (PVC) في صناعة الأدوات المنزلية بالإضافة إلى أنواع الايبوكسي الأخرى .

من الميزات المهمة للمواد البلاستيكية أنها ثابتة كيميائيا ولا تتحلل او تتحطم بسهولة و هذه الخاصية مطلوبة ومهمة في العديد من الصناعات الميكانيكية و الكهربائية وفي عمليات التعبئة لبعض المنتجات الصناعية و الغذائية ، ولذا فإن هذه الصناعات تعتبر المصدر الرئيسي للنفايات البلاستيكية المطروحة في البيئة . ان تراكم ونمو المخلفات البلاستيكية في النفايات الصلبة مصدره النشاطات الصناعية والفضلات البلدية للمدن بسبب الاستخدام الواسع والمتنوع لهذه المواد ودخولها في جميع متطلبات الحياة اليومية.

ومن أهم مصادر المخلفات البلاستيكية ما يأتي :

- 1- فضلات التعبئة والتغليف .
- 2- فضلات الصناعات الكهربائية والإلكترونية .
- 3- فضلات البيوت و النشاطات الفردية و التجارية .

وبذلك تمثل النفايات البلاستيكية عنصرا مهما من عناصر تلوث البيئة لعدة أسباب :

أولا : لها استخدامات كثيرة تؤدي إلى رميها بسرعة ومن امثلة استخداماتها التغليف و صناعة القناني .

ثانياً : إنتاج المواد البلاستيكية يزداد بمقدار 10% كل سنة خصوصا للثلاثين سنة الماضية .

ثالثاً : توجد النفايات البلاستيكية وانتشارها مناف للذوق السليم .

رابعاً : النفايات البلاستيكية لا تتحطم أو تتحلل في البيئة بسبب عدم مقدرة البكتريا على تحليلها أو هضمها .

مشكلة الإطارات المستهلكة

تشكل إطارات السيارات التي تصنع من اللدائن أو المطاط مشكلة حقيقية للبيئة لعدة أسباب أهمها الأعداد الكبيرة من الإطارات المستهلكة التي تطرح سنويا إلى البيئة نتيجة الاستخدام و صعوبة تحللها و عدم إمكانية صهرها لغرض تدويرها مرة أخرى في صناعة إطارات جديدة ، حيث أدى ذلك إلى تراكم وتجمع كميات هائلة من هذه الإطارات في أماكن تجمع المخلفات والطمر الصحي .

وتشير التقديرات إلى ان حوالي اكثر من 265 مليون اطار تستهلك وتطمر سنويا في المطامر الصحية ومزابل الإطارات والأراضي الخالية في الولايات المتحدة الأمريكية .

أن عملية دفن الإطارات بالمطامر الصحية تمثل مشكلة حقيقية أيضا بسبب كبر حجم الإطارات وخفة وزنها وميلها للحركة إلى الأعلى حيث تأخذ طريقها إلى سطح الأرض بعد فترة من الزمن . كما أن خطورتها تكمن في قابليتها على الاشتعال وتجمع الأمطار فيها لتكون وسط مثالي لتكاثر البعوض ، ووفقا لذلك فقد منعت معظم الدول دفن الإطارات في المطامر الصحية أو طلبت بان تمزق هذه الإطارات لتقليل مساحة الطمر ومنع تجمع الماء فيها .

8 - 8 - 1 معالجة النفايات البلاستيكية والمطاطية

كما سبق ذكره فان المواد البلاستيكية والمطاطية تشكل مشكلة تلوث كبيرة بسبب صفات ومميزات تلك المواد التي تجعل عملية التخلص منها صعبة ، لذا فان موضوع معالجة هذه المشكلة اصبح ضروريا والزاميا للحد منها ومحاولة الاستفادة من هذه المخلفات وبطرق تحقق اعلى استفادة مع اقل الأضرار الجانبية ولذلك ظهرت أساليب عملية تطبيقية لذلك وتتخلص بما يأتي :

- 1- الطمر .
- 2- الحرق incineration .
- 3- إعادة التدوير recycling .
- 4 - تصنيع مواد بلاستيكية قابلة للتحلل .

1- الطمر

تطمر النفايات البلاستيكية في مطامر النفايات الصلبة ضمن مساحات دفن محددة وبأساليب خاصة وعلى شكل طبقات تتكون من النفايات تليها طبقة ترابية بارتفاع لا يقل عن نصف متر تليها طبقة نفايات أخرى وهكذا . وخلال طمر هذه المخلفات تبدأ عملية التحلل بفعل وتأثير البكتريا والحرارة والأوكسجين ، إلا ان هذه العملية غير كافية لتحطيم وتفسخ النفايات البلاستيكية التي قد تأخذ وقتا طويلا جدا للتحلل .

2- الحرق : incineration

لغرض التخلص من المواد البلاستيكية والمطاطية أو التقليل من تأثيراتها البيئية تحرق بمحارق خاصة لتقليل تأثير المخلفات الغازية السامة الناتجة من عملية الحرق مع الاستفادة من الطاقة المتحررة منها في إنتاج الطاقة الكهربائية ، ومن المعروف أن عملية حرق كيلو غرام الواحد من المخلفات البلاستيكية ينتج حرارة بقدر ما ينتجه كيلو غرام من زيت الوقود (كاز) ويمكن تلخيص فوائد عملية الحرق بما يأتي :

أولاً: تقليل حجم المخلفات الصلبة إلى 90% تقريبا منها لكون حجم الرماد المتخلف سيكون اقل بكثير من حجم المواد قبل الحرق .

ثانياً : عمليات الحرق تنتج حرارة يمكن استخدامها في إنتاج بخار وطاقة كهربائية أو في تدفئة البيوت.

ولكن من مضار عمليات الحرق إنتاج ملوثات بيئية خطيرة أهمها مركبات الدايبوكسين ذات السمية العالية التي تسبب الأمراض السرطانية خصوصا عند حرق مادة البولي فنيل كلوريد، (PVC) بالإضافة إلى طرح غاز ثنائي أوكسيد الكربون ومركبات كيميائية أخرى ودقائق كربونية صلبة إلى الجو.

وتستخدم بعض محطات إنتاج الطاقة الكهربائية في الولايات المتحدة الأمريكية وقود الفحم الممزوج مع نسب معينة من المواد البلاستيكية والإطارات في إنتاج الطاقة الكهربائية وبذلك تحقق هدف التخلص من تلك المواد من ناحية وإنتاج الكهرباء من ناحية أخرى .

3- إعادة التدوير : recycling

إعادة التدوير هي عملية إعادة تصنيع المخلفات البلاستيكية والمطاطية لغرض التقليل من حجمها أو التخلص منها ومن تأثيراتها البيئية مع تحقيق مردود اقتصادي بنفس الوقت ، وذلك باعتبار هذه المخلفات مواد أولية لتصنيع بضائع جديدة .

ونتيجة ذلك فقد ظهرت صناعات كثيرة من إعادة تدوير المواد البلاستيكية مثل استخدام البولي اثيلين ترفثاليت (التي تدخل في صناعة قناني المشروبات الغازية والعصائر) في صناعة السجاد و المفروشات (الكاربت) واستخدام البولي اثيلين عالي الكثافة في صناعة أنابيب السقي و النايلون المستعمل في الزراعة المغطاة وحاويات المهملات.

كما يمكن إعادة تدوير البولي ستايرين الذي تصنع منه أقذاح الشاي ذات الاستخدام الواحد إلى منتجات مختلفة مثل حاملات الملابس والعوازل الإسفنجية وألعاب الأطفال . وكذلك البولي فنيل كلوريد فيمكن إعادة تدويره إلى مختلف البضائع والحاجات المنزلية مثل أنابيب السقي و الحاويات البلاستيكية المختلفة

وبالرغم من ذلك فان نسب تدوير المخلفات البلاستيكية لا يتجاوز 20% من الإنتاج بسبب ان عمليات التدوير تعتمد على الحالة الاقتصادية ففي بعض الأحيان تكون تكاليف تصنيع البضائع البلاستيكية

مباشرة من المواد الأولية (البترول أو الغاز الطبيعي) اقل بكثير من تكاليف عمليات تدوير المخلفات البلاستيكية .

وبدون عملية إعادة التدوير فان حوالي 2-3 مليون طن من البولي ستايرين سوف تطرح أو تنتهي في المطامر الصحية وهي كمية كبيرة جدا اذا ما قورنت مع الملوثات الصلبة الأخرى .

أما المخلفات المطاطية والإطارات المستهلكة فان إعادة تدويرها والاستفادة منها في عمليات التصنيع محدود حيث تستخدم في عمليات تليط أرضيات الملاعب الرياضية (التارتان) بعد تحويلها إلى حبيبات وكبسها، كما يستفاد منها في حدائق الأطفال وصناعة حاويات المهملات وفي الحفاظ على سواحل المناطق البحرية .

وتضاف نسبة 4% من الإطارات المستهلكة (بعد تحويلها إلى حبيبات) في تصنيع إطارات جديدة كما تضاف نسبة 4% من نواتج الإطارات المعادة مع الأسفلت لغرض تليط الشوارع .

مشاكل عمليات التدوير

تواجه عملية إعادة التدوير مشاكل وجود أنواع مختلفة من المخلفات البلاستيكية التي تعتبر عائقا في عمليات التصنيع لذا يجب فصل هذه الأنواع عن بعضها قبل إعادة التصنيع وعند وجود نوعين مختلفين من المخلفات سيكون الناتج بنوعية رديئة وبمواصفات واطئة.

ان عملية إعادة التدوير تتطلب تسخين المخلفات والوصول إلى درجة الانصهار وإعادة تشكيلها أو صبها لصناعة بضاعة أخرى . ولسوء الحظ تبقى بعض الشوائب موجودة مع المواد البلاستيكية المعادة ، مما يشكل خطورة في استخدام الحاويات البلاستيكية المصنعة من المخلفات في حفظ المواد الغذائية . لذلك فان إعادة تدوير المخلفات البلاستيكية يكون محددًا للصناعات غير الغذائية لعدم توفر شروط السلامة الصحية لحفظ المواد الغذائية في العبوات المصنوعة من إعادة التدوير.

4 - تصنيع مواد بلاستيكية قابلة للتحلل:

وكرر فعل للاهتمام بالبيئة ونظافتها والتقليل من حجم وكمية المخلفات البلاستيكية المطروحة قامت بعض الدول بمنع استخدام بعض أنواع المواد البلاستيكية في التغليف والتعبئة مثل (PVC) .

كما تم الاتجاه إلى صناعة بعض المواد البلاستيكية التي لها القابلية على التحطم والتكسر ضوئيا بتعرضها لضوء الشمس أو بتأثير الأشعة فوق البنفسجية ، وطور البعض الآخر لكي يتحلل بايولوجيا بواسطة الأحياء المجهرية خصوصا عند طمرها في المطامر الصحية .

خلاصة الفصل الثامن

يعرف التلوث على انه تواجد مادة في الوسط أو المحيط أو البيئة التي تضم الإنسان والكائنات الحية الأخرى بكميات تمنع وظائف العمليات البيئية الطبيعية وتؤدي إلى الأضرار بالبيئة. وتعرف البيئة على أنها مجموعة الأنظمة التي تحيط بالكائنات الحية من هواء وماء وتربة مرتبطة مع بعضها ضمن توازن طبيعي دقيق ومحسوب له تأثير على بقاء هذه الكائنات . أما النظام البيئي فهو مجموعة العناصر الحية وغير الحية التي تكون متكاملة أو مكملة لبعضها البعض ضمن منهج متوازن يؤثر ويتأثر بعضه على البعض الآخر والاختلال فيه يؤدي إلى التلوث .

يصبح الهواء ملوثا عندما تمتزج معه غازات أو مركبات أو مواد صلبة مثل الغبار أو دقائق صناعية مثل الكربون والمعادن تاركة اثارا ضارة على الكائنات الحية وفعاليتها الحيوية .

مصادر الملوثات الهوائية تشمل :

1 - الملوثات الطبيعية : مثل الأتربة والأبخرة والغازات الكبريتية الناتجة من البراكين .

2 - الملوثات الصناعية : وتشمل النفايات التي تطرح إلى الجو نتيجة النشاطات الصناعية المختلفة مثل أكاسيد الكربون وأكاسيد النتروجين وأكاسيد الكبريت والدقائق الكربونية والمعدنية ، بالإضافة إلى المواد الكيماوية الضارة الناتجة من تفاعل الملوثات الأولية كما في تفاعل ثنائي أكسيد الكبريت مع الأوكسجين لتكوين ثلاثي أكسيد الكبريت .

أما أنواع ملوثات الهواء فتشمل :

المواد الدقائقية - أكاسيد النتروجين - أكاسيد الكبريت - أكاسيد الكربون - الهيدروكربونات - الأوزون - ملوثات الهواء السمية .

تشمل التأثيرات الصحية لتلوث الهواء ما يأتي :

- تلف القصبات الهوائية للإنسان والحيوانات .

- ظهور أمراض رئوية مزمنة مثل ذات الرئة .

- مشاكل في القلب والأوعية الدموية .

- تخدش العيون والتهابات في القصبة الهوائية والمجري التنفسية .

- ضعف كفاءة الجهاز المناعي .

وفي مجال تلوث المياه فان ابرز مصادره ما يأتي :

- الملوثات التي تطرح مباشرة إلى شبكات المجاري والصرف الصحي .

- السيول الزراعية (الأسمدة ، المبيدات وأملاح السقي) .

- المخلفات البلدية مثل الأطعمة ومخلفات البناء .

- الملوثات الترسيبية التي تنتج من عوامل التعرية وانجراف التربة الزراعية وهذه تؤدي الى زيادة تعكر المياه وتغطية الأحياء المجهرية المائية ومنع مرور ضوء الشمس لإتمام عملية التركيب الضوئي . كما ان دقائق التربة قد تحمل مواد سامة .

- مغذيات نمو النباتات وهي مواد كيميائية تستخدم لزيادة الإنتاج الزراعي وتؤدي إلى نمو متسارع يخلل التوازن الطبيعي بين المنتج والمستهلك ، إضافة إلى انبعاث الرائحة الكريهة .

- مركبات عضوية وتشمل المبيدات الحشرية والمذيبات والمركبات الكيميائية الصناعية والبلاستيكية تتسرب إلى المياه الجوفية .

- كيميائيات لا عضوية مثل الحوامض والأملاح والمعادن الثقيلة مثل الرصاص والزرنيخ والزنبق وهي ذات مركبات سامة يمكن ان تتسرب خلال التربة .

- مواد مشعة تدخل إلى مصادر المياه إثناء التنقيب عن العناصر المشعة مثل اليورانيوم والثوريوم أو من محطات إنتاج الطاقة النووية .

- التلوث الحراري الناتج عن اطلاق المياه الحارة الناتجة من بعض الصناعات إلى النهر مثل محطات إنتاج الطاقة الكهربائية وهذه المياه الحارة تؤدي إلى هلاك الحياة المائية وموت الأسماك .

ان اخطر أنواع الملوثات هو ما يطرح من مخلفات مياه الصرف الصحي (المياه الثقيلة) بضمنها الصوابين والمنظفات من شبكات المجاري إلى مصادر المياه . تقاس تراكيز ملوثات الصرف الصحي والمخلفات العضوية بمفهوم المتطلب الحيوي للأوكسجين (BOD) وهي كمية الأوكسجين المطلوبة للأحياء المجهرية لتحلل المخلفات إلى ثنائي أوكسيد الكربون وماء ومعادن .

تشمل التأثيرات الصحية لتلوث المياه ما يأتي :

- انتشار أمراض التايفوئيد والكوليرا والإسهال الدموي والتهاب الكبد الفايروسي .

- تكاثر البكتريا المرضية والفايروسات والديدان المعوية .

يعرف تلوث التربة بأنه أي تغير فيزيائي أو كيميائي يشمل لون التربة ، رائحتها ، طبيعتها طينية ام رملية ، نسب الأملاح والعناصر المكونة لها ويؤثر على الأنظمة البيئية وتعطيل أداء دورها الطبيعي ويعكس ضررا بيئيا مباشرا أو غير مباشر على الكائنات الحية التي تتعايش ضمن تلك البيئة .

ان اهم مصادر تلوث التربة هي :

المصانع – المبيدات الحشرية – الطرق والمواصلات – محطات الوقود

أما الملوثات البيئية للتربة فتشمل :

- هيدروكربونات عطرية متعددة الحلقات .

أسئلة الفصل

- س1 : عرف التلوث واذكر تأثيراته على البيئة والصحة العامة ؟
- س2 : ما هي أصناف التلوث البيئي للهواء ؟
- س3 : كيف تتم معالجة الملوثات البلاستيكية ؟
- س4 : علل ما يأتي :
 - 1- زيادة النفايات البلاستيكية في البيئة .
 - 2- تكون الأمطار الحامضية .
 - 3- لا يمكن لغاز النتروجين ان يتفاعل بسهولة .
 - 4- عدم طمر الإطارات المستهلكة .
- س5 : ماهي خطوات دورة النتروجين في الطبيعة ؟
- س6 : وضح أهمية دورة المياه في الطبيعة .
- س7 : بين مصادر تلوث التربة وكيف يمكن التقليل منها .
- س8 : ما هي التأثيرات الصحية لتلوث المياه ؟
- س9 : كيف يمكن التقليل من الملوثات الهوائية ؟
- س10 : نسبة الأوكسجين ثابتة نسبيا في الطبيعة ، وضح ذلك من خلال دورة الأوكسجين في الطبيعة .
- س11 : كيف يمكن الاستفادة من المخلفات أو النفايات البلاستيكية ؟
- س12 : ما هي أنواع الملوثات المائية ؟

المصادر العربية

- 1 - أ. د . سامي عبد الحميد و د . ايمن محمد الغمري ، (البنية والتلوث) كلية الزراعة ، جامعة المنصورة ، 2007 .
- 1- محمد السيد عجورة ، (التلوث البيئي وأنواع التلوث) ، جامعة الأزهر ، 2010 .
- 3 - الدكتور محمد تقي داود الكامل (ميكانيك الموائع والدقائق) جامعة البصرة ؛مطبعة دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل ، 2005 .
- 4 - الدكتور رحيم جوي محي ، (أساسيات ديناميك الحرارة) ؛ الطبعة الأولى ؛ الجامعة التكنولوجية بغداد ، 2003 .
- 5 - د.جابر شنشول جمالي ، (الصناعات البتروكيمياوية) الطبعة الأولى ، مطبعة الفرخ ، بغداد ، 2004 .
- 6 - د.كوركيس عبد ادم ود.حسين كاشف الغطاء " كيمياء وتكنولوجيا البوليمرات" الطبعة الأولى ، مطبعة جامعة البصر ، 1986
- 7 - د.ذنون محمد عزيز بيرباوي(كيمياء اللواصق والأصباغ والاطلية البوليميرية) الطبعة الاولى ، مطبعة دار الحكمة ، 1999 .
- 8 - د.محمد مجدي عبد الله "كيمياء البوليمرات" دار الفجر للنشر والتوزيع-2005
- 9- د جابر شنشول جمالي، "تكنولوجيا الوقود"، مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر، 1981، العراق.

المصادر الاجنبية

- 1 - R.J.Young and P.A.Lovell " Introduction to polymers "Chapman and Hall, London, 1991.
- 2 -J.M.G.Cowie"Polymers: Chemistry and Physics of modern materials, Blaclie, Glasgow, London, 1991.
- 3 - L.F.Hatch and S.Marter, From hydrocarbon to petroleum, Gulf, Huston, 1991.
- 4 -N.G.Graw, W.G.Buckly and C.P. Becknell " Principle of polymer engineering, 2nd edition, Oxford University, 1991.
- 5 - W.Fred and B.Meyer "Text book of polymer science" Wiley, New York, 1984.
- 6 - A.W.Birley "Plastic materials properties and applications "Leonard Hill, New York, 1982.
- 7 - P.S.Malcolm "Polymer chemistry, Academic, 1984.
- 8 - P.C.Painter and M.M.Cdeman "Fundamental of polymer science an introductory Text, ERS press, 1997.
- 9 - Organic chemistry by R. T. Morrison and R. N. Boyd, (2000).
- 10- F.A.Holland,R.Bragg (Fluid flow for chemical Engineers) 2nd Edition,1995.