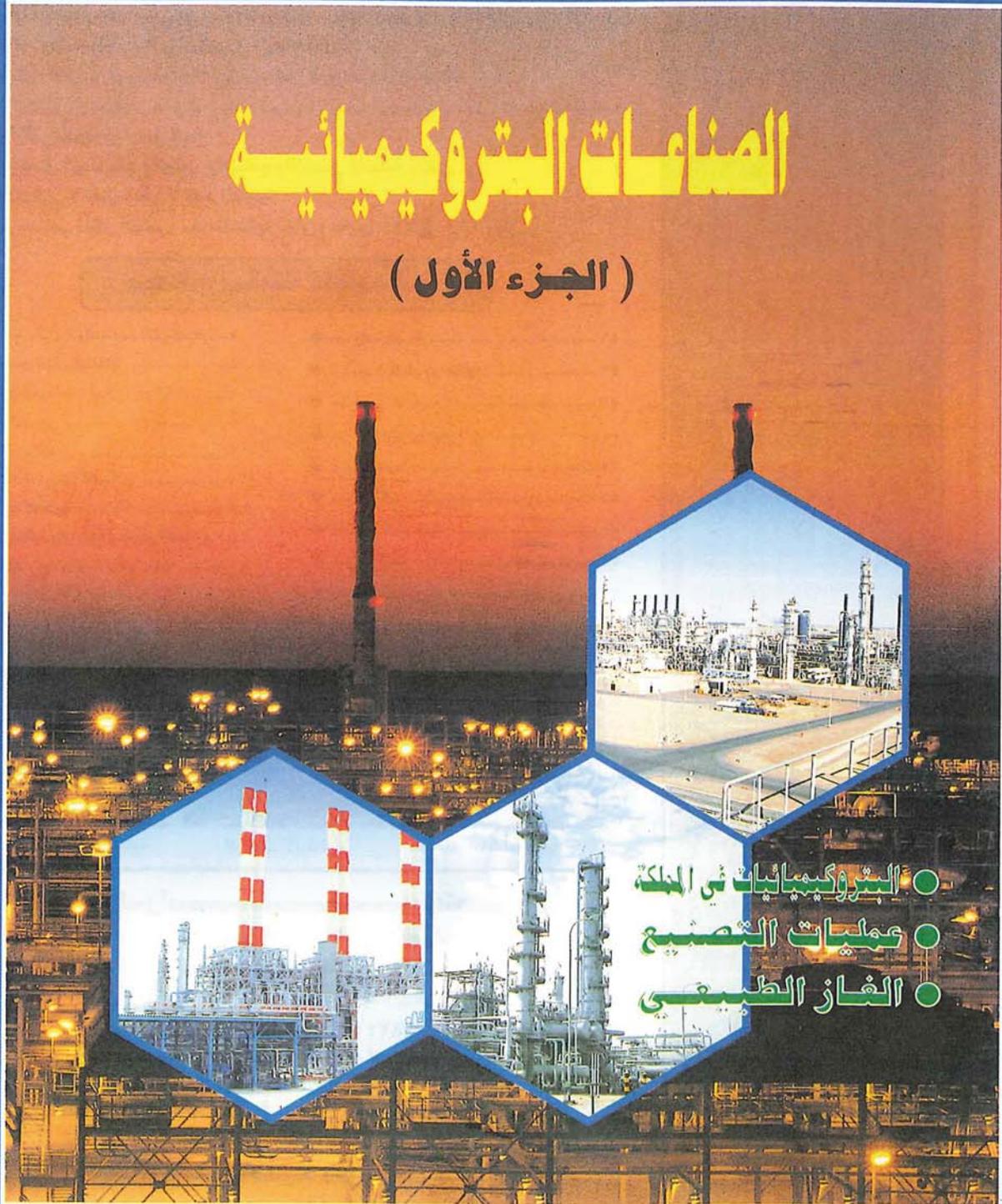


## الصناعات البتروكيميائية

( الجزء الأول )



- البتروكيميائيات في المملكة
- عمليات التصنيع
- الغاز الطبيعي

بسم الله الرحمن الرحيم

## العلوم والتقنية



المشرف العام:

د. صالح عبد الرحمن العذل

نائب المشرف العام  
ورئيس التحرير:

د. عبد الله أحمد الرشيد

هيئة التحرير:

د. عبد الرحمن العبد العالي

د. خالد السليمان

د. إبراهيم المعتاز

د. عبد الله الخليل

د. محمد فاروق أحمد

أ. محمد الطاسان

## منهاج النشر

أعزاءنا القراء:

- يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تفتح أبوابها لمساهماتكم العلمية وإستقبال مقالاتكم على أن تراعى الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة :-
  - يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط أن لايفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها .
  - أن يكون ذا عنوان واضح ومشوق ويعطي مدلولاً على محتوى المقال .
  - في حالة الإقتباس من أي مرجع سواء كان إقتباساً كلياً أو جزئياً أو أخذ فكرة يجب الإشارة إلى ذلك ، وتذكر المراجع لأي إقتباس في نهاية المقال .
  - أن لايقبل المقال عن أربع صفحات ولا يزيد عن سبع صفحات طباعة .
  - إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر إسم المجلة التي نشرته أو أرسل إليها .
  - إرفاق أصل الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال .
  - المقالات التي لا تقبل النشر لا تعاد لكتابتها .
- يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية تتراوح ما بين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ ريال .

## محتويات العدد

- |    |                             |    |  |
|----|-----------------------------|----|--|
| ٥١ | ● مصطلحات علمية             | ٢  | ● معهد بحوث البترول والصناعات البتروكيميائية |
| ٥٢ | ● الجديد في العلوم والتقنية | ٤  | ● الصناعات البتروكيميائية                    |
| ٥٣ | ● مساحة للتفكير             | ٩  | ● النفط في الصناعات البتروكيميائية           |
| ٥٤ | ● من أجل فلذات أكبادنا      | ١٥ | ● الغاز الطبيعي                              |
| ٥٥ | ● كتب صدرت حديثاً           | ١٨ | ● عالم في سطور                               |
| ٥٦ | ● عرض كتاب                  | ١٩ | ● المركبات الأليفاتية الأساس                 |
| ٥٨ | ● بحوث علمية                | ٢٨ | ● المركبات العطرية                           |
| ٥٩ | ● شريط المعلومات            | ٣٤ | ● المفاعلات البتروكيميائية وعمليات التصنيع   |
| ٦٠ | ● مع القراء                 | ٤١ | ● الصناعات البتروكيميائية في المملكة         |
|    |                             | ٤٧ | ● أجهزة التحليل الكيميائي                    |



المركبات العطرية



المركبات الأليفاتية



الصناعات البتروكيميائية

## المراسلات

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر

ص.ب ٦٠٨٦ - الرمز البريدي ١١٤٤٢ - الرياض

ترسل المقالات باسم رئيس التحرير ت: ٤٨٨٣٤٤٤ - ٤٨٨٣٥٥٥

Journal of Science & Technology

King Abdulaziz City For Science & Technology

Gen. Direct. of Sc. Awa. & Publ. P.O. Box 6086

Riyadh 11442 Saudi Arabia

يمكن الإقتباس من المجلة بشرط ذكر إسمها مصدراً للمادة

المقتبسة الموضوعات المنشورة تعبر عن رأي كاتبها .



## كلمة التحرير

قراءنا الأعزاء

يسرنا أن نرفق إليكم أطيب التهاني والتبريكات بمناسبة حلول عيد الفطر المبارك سائلين المولى القدير أن يعيده على الأمتين العربية والإسلامية باليمن والبركات.

قراءنا الأعزاء

بصدور هذا العدد تودع مجلة " العلوم والتقنية " عاماً وتستقبل عاماً آخر ( العام الثامن ) في مسيرتها الطويلة ، بإذن الله تعالى ، لتحقيق الأهداف التي نصبو إليها والتي على رأسها تقديم المادة العلمية للقارئ العربي بأسلوب يلائم مختلف فئاته .

يتناول هذا العدد موضوعاً هاماً في حياتنا اليومية ومكماً ومعتمداً على موضوع العدد السابق ( النفط ) ألا وهو الصناعات البتروكيميائية. ونظراً لأهمية هذا الموضوع فسيخصص له - بإذن الله - ثلاثة أعداد متتالية .

يتناول هذا العدد ( الجزء الأول ) تعريف بالصناعات البتروكيميائية ، والنفط في الصناعات البتروكيميائية ، الغاز الطبيعي ، المركبات الأليفاتية ، المركبات العطرية ، المفاعلات البتروكيميائية وعمليات التصنيع ، والصناعات البتروكيميائية في المملكة ، بالإضافة إلى الأبواب الثابتة التي درجت المجلة على تقديمها لقرائها الأعزاء .

وختاماً لا يفوتنا أن نشركم على ملاحظاتكم وإقتراحاتكم القيمة والتي لها دور فعال - بعد الله - في إستمرارية تطور المجلة .

والله من وراء القصد

سكرتارية التحرير :

د. يوسف حسن يوسف

د. ناصر عبد الله الرشيد

أ. محمد ناصر الناصر

أ. عطية مزهر الزهراني

الهيئة الإستشارية :

د. أحمد المتعب

د. منصور ناظر

د. عبد العزيز عاشور

د. خالد المدني

التصميم والإخراج :

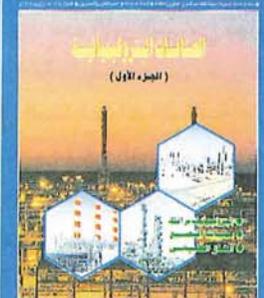
عبد العزيز إبراهيم

طارق يوسف

عبد السلام ريان

\*\*\*

العلوم والتقنية



مجال البترول والبتروكيميائيات وبناء قواعد المعلومات المتعلقة بهذا المجال ، وتوفير تقارير عن هذه التطورات للجهات المعنية.

٣- إعداد وتنفيذ برامج تدريبية في المجالات ذات العلاقة بالمختبرات ، سواء في البحث والتطوير ، أو في استخدام أجهزة معينة أو طرق تقنية معينة للمتطلبات ذات الإختصاص .

٤- تجهيز وإعداد وتشغيل المختبرات المتخصصة ومنها :-

- (أ) مختبر البترول الخام ومنتجاته .
- (ب) مختبر وحدات مفاعلات عمليات التكسير المحفز والتثقية بالهيدروجين .
- (ج) مختبر المواد المحفزة من حيث تحضيرها وقياس خواصها وعمليات الحفز في الأوساط المتجانسة .
- (د) مختبر العمليات البتروكيميائية .
- (هـ) مختبر البوليمرات .
- (و) مختبر التقنية الحيوية .

٥- يقوم المعهد بعملية التنسيق لنشاطات اللجنة الوطنية للصناعات البتروكيميائية التي شكلت بأمر سام عام ١٤٠٧ هـ برئاسة المدينة وعضوية ممثلين عن كل من وزارة المالية والإقتصاد الوطني ، ووزارة البترول والثروة المعدنية ، ووزارة التخطيط، ووزارة الصناعة والكهرباء ، والشركة السعودية للصناعات الأساس (سابق) ، ووزارة التجارة ، وجامعة الملك عبدالعزيز ، وجامعة الملك سعود ، وجامعة الملك فيصل ، وجامعة الملك فهد للبترول والمعادن ، ومجلس الغرف التجارية والصناعية . وقد حدد الأمر السامي مهام اللجنة بـ « متابعة ما يستجد من تطورات تقنية في مجال الصناعات القائمة على البترول والغاز وإطلاع القطاع الخاص عليها ، وتعريف القطاع الخاص بفرص الإستثمار في مجال هذه الصناعات » . وقد ترجمت اللجنة هذه المهام إلى :-



## معهد بحوث البترول والصناعات البتروكيميائية

الصناعات البترولية والبتروكيميائية .  
● القيام بالأبحاث التطبيقية في مجال تطوير طرق تصنيع جديدة في مجال البترول ( وخاصة التكرير والإنتاج المعزَّر ) البتروكيميائيات .  
● القيام بالأبحاث اللازمة لإيجاد منتجات بتروكيميائية جديدة وتحسين نوعية المنتجات الحالية .

### نشاط المعهد

من نشاط المعهد الحالي ما يلي :-  
١- توفير الأجواء المناسبة للبحث والتطوير في مجال البترول والبتروكيميائيات حيث يسعى المعهد إلى تطوير وتنمية الكفاءات البحثية في المدينة وبعض المؤسسات ذات العلاقة .  
٢- متابعة التطورات العلمية والتقنية في

من ضمن مهام مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية إنشاء العديد من معاهد البحوث العلمية للبحث والتطوير في المجالات المتعلقة بقطاعات التنمية المختلفة في المملكة ومن تلك المعاهد معهد بحوث البترول والصناعات البتروكيميائية الذي تم إنشاؤه في عام ١٤٠٦ - ١٤٠٧ هـ .

ومن الأهداف الأساسية للمعهد ما يلي :-  
● القيام بالأبحاث التطبيقية لتطوير قطاع البترول والبتروكيميائيات في المملكة وتحسين أدائه الإقتصادي ، وجعله قادراً على المنافسة في الأسواق المحلية والعالمية .  
● المساهمة في حل المشاكل التقنية التي تواجهها المؤسسات المعنية بالصناعات البترولية والبتروكيميائية .  
● القيام بالأبحاث والدراسات اللازمة لحماية البيئة من الآثار الضارة الناتجة عن

المتخصصة في مدينة تدريب الأمن العام. (و) قام المعهد بتنظيم دورة دراسية علمية لمنسوبي مصلحة المياه والصرف الصحي على تشغيل الأجهزة التحليلية الكيميائية وجهاز قياس الطيف الذري وجهاز الكروماتوجرافيا الغازية.

### الخطط المستقبلية

يقوم المعهد بدراسة بعض المشاريع في مجال البترول والصناعات البتروكيميائية، ومن أهمها ما يلي :-

- ١ - التعاون الدولي مع كل من :-
  - (أ) استراليا ممثلة بـ CSIRO لإيجاد بدائل لمضافات الجازولين بدلاً من رباعي إيثيل الرصاص وذلك لتحسين رقم أوكتانته، ومن هذه البدائل ميثيل ثالثي بوتيل الإيثر (MTBE).
  - (ب) إيطاليا ممثلة بـ CNR وذلك لإنتاج الميثانول، كمادة أساس لبعض الصناعات البتروكيميائية في المملكة العربية السعودية، من الأكسدة الجزئية للميثان.
- ٢ - إبتعات الشباب السعودي للتدريب على المشاريع التعاونية التي تم الإتفاق عليها مع الدول المذكورة للعمل على تهيئة كوادر وطنية مؤهلة.
- ٣ - تطوير بعض أنواع المحفزات لإستخدامها في عمليات التنقية بالهيدروجين وذلك لنزع المركبات الكبريتية من المشتقات النفطية.
- ٤ - تطوير بعض أنواع المحفزات لإستخدامها في عمليات أكلة العطريات.
- ٥ - تطوير بعض أنواع عمليات البلمرة بإستخدام مركبات بتروكيميائية وسطية لإنتاج بوليمرات مشتركة لإستخدامها في مجالات متعددة.
- ٦ - التعاون مع بعض الأساتذة في جامعة الملك سعود لتطوير مفاعلات لإنتاج بعض المركبات البتروكيميائية.

والخاصة المختلفة، شأنه في ذلك شأن بقية معاهد المدينة، ومن الأنشطة القائمة حالياً في هذا المجال ما يلي :-

(أ) يقوم المعهد بتنفيذ دراسة ميدانية عن المواد الكيميائية الخطرة بمدينة الرياض لصالح إدارة الدفاع المدني بمنطقة الرياض تهدف إلى حصر المواد الخطرة التي يتم تداولها وتخزينها وإستخدامها في مدينة الرياض سواء في المصانع، أو في المستشفيات، أو المؤسسات العامة والبحثية يقصد تنظيم إدارتها، وسيتلو هذا العمل - بإذن الله - إنشاء قاعدة معلومات للسلامة خاصة بالمواد الكيميائية الخطرة المتداولة.

(ب) قام المعهد بإعداد دراسة فنية متكاملة عن المواد المستخدمة في الحروب الكيميائية ووسائل الكشف عنها والوقاية منها ومعالجة أضرارها، ووسائل تطهير المواقع والمعدات، وطرق تحضير بعض مواد التطهير من مواد متوفرة محلياً، بالإضافة إلى أخطار المواد الكيميائية خاصة ما قد يتسرب من غازات سامة من المصانع أو ما قد ينتج عن حرائق المصانع من غازات سامة، كما أن المدينة ممثلة بالمعهد عضواً في اللجنة العليا للحماية من المخاطر الكيميائية والجرثومية والنوية التابعة لوزارة الداخلية.

(ج) يساهم المعهد بصورة شبه منتظمة بدراسات تقنية في ندوات الأمن الصناعي، ويوجد ممثل للمعهد بصورة دائمة في اللجنة العلمية لندوات الأمن الصناعي.

(د) يقوم المعهد بالتنسيق مع المديرية العامة للدفاع المدني لإعداد دورة دراسية علمية لمنسوبي الدفاع المدني حول المواد الكيميائية الخطرة، ويتوقع أن يتم ذلك في العام القادم بإذن الله.

(هـ) يقوم المعهد بالمشاركة في تدريس مادة «المواد الكيميائية مخاطرها وطرق الوقاية منها» وذلك في بعض الدورات

(أ) إستمرار الإطلاع على التطورات التقنية في الصناعات البتروكيميائية وتنظيم إيصالها إلى القطاع الخاص.

(ب) القيام بدراسات مقابل الجدوى للصناعات البتروكيميائية وإطلاع القطاع الخاص عليها وتحديثها كلما دعت الحاجة.

(ج) الإطلاع على الأوضاع القائمة لقطاع صناعة البتروكيميائيات وإستكشاف المشاكل التقنية التي يواجهها والمساعدة في حلها.

وقد حددت آلية تنفيذ هذه المهام بإنشاء قواعد معلومات متعلقة بتقنيات الصناعات البتروكيميائية وقواعد معلومات وطنية متعلقة بالصناعات والمنتجات البتروكيميائية الوطنية، وإعداد ندوات متخصصة حول مواضيع مختارة متعلقة بتقنيات وإقتصاديات صناعات بتروكيميائية مختارة، وإجراء عمليات مسح ميداني للصناعات القائمة للإطلاع على أوضاعها التقنية وإستكشاف مشاكلها والمساعدة على حلها. وقد قامت اللجنة فعلاً بعقد ندوة حول إستخدام المواد البلاستيكية في صناعة التعبئة والتغليف عام ١٤٠٩ هـ وقد نشرت وقائع الندوة في كتاب وزع على الجهات المعنية، كما قامت بإجراء مسح ميداني للصناعات البتروكيميائية القائمة. وتقوم اللجنة حالياً بإستحداث المعلومات المتحصل عليها عن طريق إعادة المسح الميداني لإلقاء الضوء على المشاكل التقنية التي تواجه الصناعة الوطنية خلال الفترة السابقة.

٦- يقوم المعهد من خلال اللجنة الوطنية للصناعات البتروكيميائية بالإعداد لتنفيذ دراسات ما قبل الجدوى لصناعات بتروكيميائية مختارة، وستعلن هذه الدراسات للقطاع الخاص لإطلاعها على فرص الإستثمار في هذا المجال.

٧- يقوم المعهد إلى حد كبير بمهمة مستشار تقني للقطاعات الحكومية

# الصناعات البتروكيميائية

د. إبراهيم محمود النجار



تحتل الصناعات البتروكيميائية في عالمنا اليوم مكاناً مرموقاً نظراً لإستخدامات المتعددة لها، حيث أصبحت توفر العديد من المنتجات الضرورية كبديل رخيص للعديد من المنتجات الطبيعية، والتي كان الحصول عليها من مصادرها الطبيعية ممكناً ولكن بصعوبة مثل صناعة الألياف الصناعية والمطاط والأسمدة والأدوية، بالإضافة إلى صناعة المنظفات والمبيدات الحشرية وغيرها، وهي جميعاً بدورها تسهم بشكل واضح في رفاهية الإنسان.

ويمكن تعريف البتروكيميائيات بأنها المركبات الكيميائية التي يتم الحصول عليها من النفط أو الغاز الطبيعي أو المشتقة من المواد الهيدروكربونية المؤلفة للنفط والغاز الطبيعي والتي تستخدم في الصناعات الكيميائية، ويمكن نجاح الصناعات البتروكيميائية في اعتمادها على وفرة الغاز الطبيعي والنفط - المادة الخام - بنقاوة عالية وأسعار منخفضة.

نظراً لأهمية صناعة البتروكيميائيات سيتم - بإذن الله - تخصيص ثلاثة أجزاء من مجلة «العلوم والتقنية» لهذه الصناعة يتضمن الجزء الأول المعلومات الهامة والأساس عن صناعة البتروكيميائيات من حيث المصدر والمشتقات والتطبيقات الصناعية لها بصفة عامة، ويشمل ذلك النفط والغاز المساحب، والغازات الطبيعية،

المواد البلاستيكية، صناعة النايلون، المبيدات الحشرية، صناعة المواد اللاصقة، الأسفنج الصناعي، الدهانات والأصبغة، صناعة الأدوية، كما سيتضمن تأثير صناعة البتروكيميائيات على البيئة.

## مصادر البتروكيميائيات

يمكن تقسيم مصادر البتروكيميائيات حسب نوع الهيدروكربونات المستعملة إلى ثلاثة مصادر رئيسية هي :-

### ● الغاز الطبيعي

تعد الهيدروكربونات الناتجة من فرز وفصل مكونات الغاز الطبيعي المرافق للزيت الخام أو الغاز الطبيعي الحر الموجود في مكامن خاصة بعيداً عن الزيت مصدر رئيس للصناعات البتروكيميائية، حيث

المواد الأساس في الصناعات البتروكيميائية العطرية (الحلقية) والأليفاتية (اللاحقية)، واستخدام المحفزات، وأهم العمليات الهندسية في هذه الصناعة وأجهزة تحليل المواد البتروكيميائية بالإضافة إلى لمحة عن الصناعات البتروكيميائية في المملكة.

أما الجزء الثاني فسوف يتضمن - بإذن الله - أهم المنتجات البتروكيميائية المشتقة من الميثان والإيثيلين والبروبلين والبوتادايين والأيزوبرين والبنزين والتولوين والزاييلينات.

أما الجزء الثالث سوف يتضمن - بإذن الله - أهم الصناعات القائمة على المنتجات البتروكيميائية، مثل صناعة المطاط، الألياف (الخيوط) الصناعية، المنظفات،

كبيرة في العديد من الصناعات البتروكيميائية، فعلى سبيل المثال يستفاد من الأمونيا في الحصول على الأسمدة الأزوتية.

تتخلل عمليات الإنتاج السابقة عمليات كيميائية مختلفة، فعلى سبيل المثال تتحول الهيدروكربونات النفطية إلى مواد أولية قد تكون ذات فائدة ومنتج نهائي أو يمكن اعتبارها مادة أولية وبدورها يمكن أن تكون العمود الفقري للعديد من الصناعات، أو باعتبارها مصدر أساس لانتاج المواد الوسيطة أو النهائية اللازمة لصناعة البتروكيميائيات.

تعد المنتجات الهيدروكربونية العمود الفقري للعديد من الصناعات البتروكيميائية التي أصبحت متعددة نظراً لاختلاف تركيبها وأوزانها وتشابكها وإحتوائها على عناصر أخرى مثل الأكسجين والكبريت والنيروجين، والتي يمكن تصنيفها إلى مجموعات حسب صفاتها الطبيعية والكيميائية، ونظراً لإمكانات تحول المواد الهيدروكربونية وبطرق كيميائية سهلة، مثل: عمليات التكسير بأنواعها والألكلة والبلمرة والتكثيف وإعادة التشكيل والنزع العنصري وبدءاً بهذا المنبع النفطي، متعدد التركيب أصبح بالإمكان الحصول على آلاف المركبات الهيدروكربونية التي يمكن أن تكون مواد أولية أو وسيطة أو نهائية في الصناعات البتروكيميائية، ونظراً لأهمية هذه المنتجات فسوف نتطرق لأهم استخداماتها كمواد أساس لصناعة البتروكيميائيات وذلك كما يلي:-

### ● الغاز الطبيعي

يستخدم الغاز الطبيعي لانتاج الهيدروجين والكربون وتحضير غاز الإصطناع، ويمكن الحصول من المكون الرئيس للغاز الطبيعي (الميثان) على العديد من المركبات الهيدروكربونية المفيدة وذلك عن طريق عدة تفاعلات منها الأكسدة الكاملة والجزئية، والكلورة، والمعالجة

الناجمة عن التحولات الكيميائية لبعض نواتج تقطير النفط الخام لعدم توفر مثل هذه المركبات أو لقلّة وجودها في نواتج التقطير الأساس، كما أن هذه المركبات الجديدة أساس للعديد من الصناعات البتروكيميائية، فعلى سبيل المثال يتم الحصول على المركبات غير المشبعة (الأوليفينات) والعطريات بعمليات التكسير بأنواعه، و البلمرة وغيرها من عمليات كيميائية أخرى، كما أن الهدف الأساس للعديد من العمليات الكيميائية السالفة الذكر الحصول على منتجات نفطية ذات جودة عالية، فالنفثا مثلاً يتم تحويلها إلى جازولين ذو رقم أوكسيني مرتفع، أما زيت الوقود فيعطي منتجات خفيفة ذات جودة مرتفعة منها البنزين. إلا أن هذه العمليات الكيميائية ينتج عنها بعض الهيدروكربونات الخفيفة (الغازية) والتي تمثل المصدر الأول للصناعات البتروكيميائية.

إضافة إلى المصادر المذكورة هناك مصادر أخرى متعددة، تعتمد على المصادر الأساس التي سبق ذكرها، وعلى نوع المنتج البتروكيميائي المطلوب.

### المنتجات البتروكيميائية

تنقسم المنتجات البتروكيميائية إلى مجموعتين رئيسيتين تبعاً لطبيعة المادة الأولية الداخلة في عملية التصنيع وهما: المنتجات العضوية وتتكون أساساً من عنصري الكربون والهيدروجين بالإضافة إلى عناصر أخرى مثل الأكسجين ومن أمثلتها الكحول الميثيلي (CH<sub>3</sub>OH) والأسيتون (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>(CO)، والمنتجات غير العضوية وهي لا تحتوي على عنصر الكربون مثل غاز النشادر (NH<sub>3</sub>)، حامض الكبريتيك (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) والكبريت الصلب.

تنتج المنتجات غير العضوية ثانوياً بالقرب من مصانع تكرير النفط الخام لتوفر المواد الأولية لها، كما أن لها أهمية

يوفر هذا المصدر غاز الميثان اللازم للعديد من الصناعات البتروكيميائية، يعد غاز الميثان المكون الأساس للغاز الطبيعي، حيث تبلغ نسبته فيه حوالي ٩٠٪. ومن أهم الصناعات التي يستخدم فيها الغاز الطبيعي النقي هي صناعة الأمونيا (النشادر) والأسمدة الأزوتية (النيتروجينية)، ويمكن الاستفادة من الغازات الأخرى المرافقة مثل غاز الإيثان في صناعة البلاستيك (بولي إيثيلين)، كذلك يستفاد من كل من البروبان والبوتان، والبنتان والكبريت في كثير من الصناعات البتروكيميائية.

### ● نواتج تقطير النفط الخام

يعد هذا المصدر العمود الفقري للعديد من الصناعات البتروكيميائية، ويمكن الحصول عليه من عمليات تقطير النفط الخام التي تتم بعدة طرق منها التقطير الجوي أو التقطير تحت ضغط جوي منخفض أو تحت ضغط مرتفع، أو بالإستخلاص بوساطة المذيبات أو عمليات الفصل الغشائي أو عمليات التبلور. وتوضح أهمية هذا المصدر في عملية تحويل النفط الخام عديم الفائدة، إلى منتجات هيدروكربونية جديدة (قطفات) تحتوي على العديد من المركبات، وتختلف درجة غليانها باختلاف تكوينها، هذا بالإضافة إلى بعض الغازات التي يتم فصلها والاستفادة منها، وتتمثل نواتج التقطير هذه في الجازولين (مقطر ٤٠ - ١٨٠ م) وكيروسين (مقطر ١٨٠ - ٢٣٠ م) وسولار (٢٣٠ - ٣٠٥ م) وديزل ثقيل (٣٠٥ - ٤٠٥ م) والمازوت (٤٠٥ - ٥١٥ م)، ويعد الكيروسين أهم هذه النواتج في الصناعات البتروكيميائية، وهو لقيم لعمليات تكسير لاحقة أو قابل لعمليات أخرى بالتحويل الكيميائي.

### ● المنتجات النفطية المحولة

يمثل هذا المصدر المركبات الكيميائية

## الصناعات البتروكيميائية

النفطية ومكوناتها وأهم إستخداماتها لإنتاج النفايات البتروكيميائية .

### ● المقطرات الخفيفة

تشمل المقطرات الخفيفة الجازولين والنفثا، ويعد الجازولين أهمها (مدى درجة غليانه من ٤٠ إلى ٢٠٥ م°) ، وهو عبارة عن خليط من الهيدروكربونات التي تحتوي على ٥ إلى ١٠ ذرات كربون ، وتشمل مواد هيدروكربونية مشبعة مستقيمة ومتفرعة وحلقية ، ومواد هيدروكربونية غير مشبعة مثل الأوليفينات والعطريات ، وقد يصل عدد الهيدروكربونات التي يتم فصلها من الجازولين إلى ٥٠٠ مركب، ويمكن الحصول على الجازولين من النفط بعدة طرق منها عمليات التكسير الحراري والتكسير الحفزي والتكسير المهدرج والتكسير البخاري ، كما يمكن الحصول عليه من عمليات بناء الهيدروكربونات للغازات المسالة والتي تشمل عمليات الألكلة والبلمرة لجزيئين أو أكثر بوجود عوامل مساعدة .

تأتي النفثا بعد الجازولين من حيث أهميتها في المقطرات الخفيفة ، وهي مقطر يتراوح مدى درجة غليانه بين ٦٠ إلى ٢٤٠ م°، حسب ظروف الإنتاج ، وتستخدم مركبات النفثا بعد تجزئتها كمذيبات عضوية وذلك بعد إزالة المحتوى الكبريتي بتفاعلها مع الهيدروجين ووجود محفزات مختارة . كما تعد النفثا مصدر أساس للهيدروكربونات العطرية (البنزين ، التولوين ، والزيلينات ) التي يتم فصلها بطريقة المعالجة بالمذيبات. وتعد أجزاء البنزين والتولوين والزيلينات من أهم المنتجات النفطية الأساس للعديد من الصناعات البتروكيميائية الوسطية والنهائية الهامة مثل صناعة المطاط والطلاء والستايرين والأنسجة الصناعية والبلاستيك وغيرها .

### ● المقطرات الوسطية

تعرف المقطرات الوسطية بأنها المقطرات

والتي يتم فصلها من غازات التكسير في تحضير الجليسرين ، المطاط الصناعي ، البلاستيك ، المنظفات الصناعية والعديد من المذيبات العضوية وذلك بالإضافة إلى إنتاج الجازولين المصنوع من خلال عمليات الألكلة الأليفاتية ، شكل (٢) .

### ● الغاز المسيل

يتكون الغاز المسيل من غازي البروبان والبوتان ومشتقاتهما غير المشبعة، وقد سمي بهذا الاسم نظراً لسهولة تحوله إلى سائل تحت ضغط عال وحرارة منخفضة ، ويمكن الاستفادة منه واستخدامه كمصدر لإنتاج البتروكيميائيات بفصل مكوناته بالتجزئة العالية أو بالتقطير الاستخلاصي . ويوضح شكل (٢) أهم مصادر إنتاج الغازات

الحرارية ، ونزع الهيدروجين .

### ● غاز التكسير

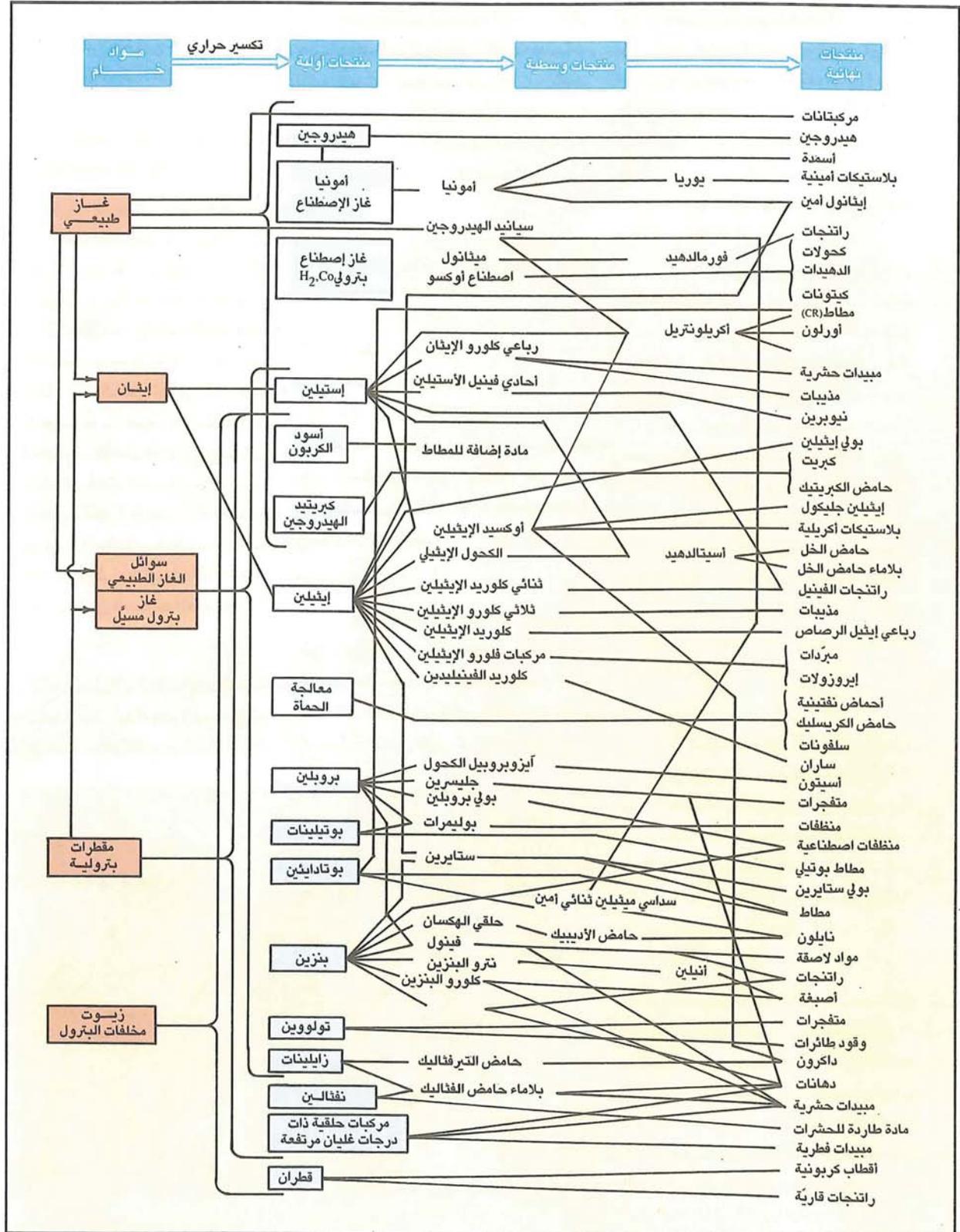
تستخدم الغازات البترولية الناتجة عن عمليات التكسير المختلفة لإنتاج غازات مختلفة ، وتتميز بأنها غازات هيدروكربونية غير مشبعة وتحتوي على ذرتين إلى أربع ذرات كربون مثل الإيثيلين والبروبيلين والبوتلين والبوتاديينين بالإضافة إلى شبيهاتها المشبعة ، شكل (١) . ويعد غاز الإيثيلين أكثر استخداماً في وقتنا الحاضر حيث يدخل في إنتاج عشرات المركبات البتروكيميائية الوسطية والنهائية .

وتستخدم غازات التكسير كمصدر رئيس لإنتاج بتروكيميائيات متنوعة ، كما تستخدم الهيدروكربونات غير المشبعة



● شكل (١) أهم المنتجات القائمة أساساً على الغازات النفطية بمختلف أنواعها .

# الصناعات البتروكيميائية



● شكل (٢) رسم تخطيطي لإستنباط البتروكيميائيات من المنتجات البترولية .

أيضاً يمكن أن يكون مادة أولية لإنتاج الميثانول الذي بدوره يعد المادة الأولية لإنتاج الفورمالدهيد، كذلك يمكن اعتبار مادة الفورمالدهيد مادة أولية لصناعة الراتنج (Resines)، أما الراتنج مثل الفينول فورمالدهيد واليوريا فورمالدهيد وغيرها فإنها تعد منتجات بتروكيميائية نهائية.

ويمكن القول هنا وبعبارة أصح أن الغاز الطبيعي هو في الحقيقة المادة الأولية لجميع هذه البتروكيميائيات والتي يمكن اعتبارها ضمن المجموعة الثانية أي مواد وسطية بينما تعد الراتنجات البتروكيميائيات النهائية، أي أن هناك سلسلة من البتروكيميائيات يمكن انتاج احداها من الأخرى، بالإضافة إلى أن كل من هذه البتروكيميائيات الوسطية تستعمل أيضاً بتروكيميائيات نهائية، فعلى سبيل المثال، يستعمل الميثانول حديثاً كوقود للسيارات، بينما يعد الفورمالدهيد مادة نهائية عند استخدامه في حفظ الأنسجة الحيوانية.

### ● بتروكيميائيات وسطية

يمكن الحصول على البتروكيميائيات الوسطية من المواد البتروكيميائية الأولية بعملية واحدة أو أكثر من عمليات التصنيع، ومن أمثلة البتروكيميائيات الوسطية الكحولات والألدهيدات، والستائر والكيلات البنزين وحامض الفثاليك والهيدروكربونات الكلورة والمفلورة.

### ● منتجات بتروكيميائية نهائية

هي مركبات مصنعة من المواد البتروكيميائية الأولية والوسطية بعدة تفاعلات متتالية، ومن أمثلة المنتجات المواد البلاستيكية والخيوط الصناعية ومذيبات التنظيف الجاف والدهانات والكيميائيات الصناعية والمواد اللاصقة والمطاط الصناعي والراتنج والبوليمرات عالية الكثافة والمبيدات الحشرية والأسمدة والكبريت ومشتقاته والأدوية.

ذرة، وعند إخضاع هذه المركبات إلى عمليات كيميائية مختلفة أهمها عمليات التكسير يمكن الحصول منها على مركبات مختلفة يستفاد منها في الصناعة البتروكيميائية إلا أن استعمالها قليل نظراً للتكلفة الكبيرة لعمليات التكسير المستخدمة فيها.

### التطبيقات الصناعية

يتضح من السابق أن الغاز الطبيعي والنفط ومشتقاته على اختلاف أنواعها متمثلة في الغازات والغازات المسالة والمقطرات الخفيفة والمتوسطة والثقيلة والمخلفات النفطية تعد المصدر الأساس لصناعة البتروكيميائيات والتي يمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات تبعاً لإستخداماتها، شكل (٢)، وذلك كما يلي :-

### ● مواد بتروكيميائية أولية

هي بتروكيميائيات يمكن الحصول عليها من المنتجات النفطية مباشرة أو عن طريق عملية تصنيعية واحدة، ومن هذه المواد يعد غاز الاصطناع (التشبيد) المنتج البتروكيميائي الأولي للغاز الطبيعي. وهو

البتروولية التي يتراوح مدى غليانها من ١٧٥ م° إلى ٤٠٠ م°. وتتراوح عدد ذرات الكربون في المقطرات الوسطى بين عشرة إلى عشرين ذرة كربون، ومن أهم هذه المقطرات الكيروسين ووقود النفثا وزيت التدفئة والمقطرات الشمعية الخفيفة.

تعد المقطرات الوسطى مصدراً إضافياً للمركبات الهيدروكربونية، فعلى سبيل المثال فإن الكيروسين، يشتمل على ١٠ إلى ١٨ ذرة كربون ويتكون من البرافينات المستقيمة والمتفرعة، كما تتواجد فيه البرافينات وحيدة الحلقة المحتوية على مشتقات الهكسان الحلقي الألكيلية، وكذلك البرافينات ثنائية الحلقة ومشتقاتها الألكيلية، بالإضافة إلى الهيدروكربونات العطرية مثل الكيل البنزين والنفثالين ومشتقاتها الألكيلية، ويمكن الاستفادة من جميع محتويات الكيروسين بعد معالجة المقطرات الوسطى بعمليات التكسير أو التقطير أو غيرها من العمليات المعروفة.

### ● المقطرات الثقيلة والمخلفات النفطية

تعد المقطرات الثقيلة والمخلفات النفطية مصدر آخر للمركبات الهيدروكربونية، التي يزيد عدد ذرات الكربون فيها عن ٢٠



● مصنع يبنى للصناعات البتروكيميائية «سابق».

## تصنيف النفط وأجزاؤه

تتبع أهمية تصنيف النفط من تعدد مجالات استخدامه الصناعية حسب مصنفاته لتنوع مركباته الهيدروكربونية. تتكون المركبات الهيدروكربونية المكونة للنفط من مجموعة واسعة من المركبات أبسطها غاز الميثان (CH<sub>4</sub>) وأعلىها جزيئات الاسفلتينات التي يمكن أن يزيد وزنها الجزيئي عن (١٠,٠٠٠). إضافة إلى ذلك فإن كثيراً من المكونات النفطية لها عدة متماكبات وعليه فإنه يصعب تحديد التركيب الدقيق لمزيج النفط بسبب العدد الكبير من المركبات التي يحتويها. وبصورة عامة تتألف مكونات النفط الخام التي تخلي حتى درجة ٢٠٠ م من كميات متفاوتة من البرافينات النظامية والمتفرعة، و البرافينات والعطريات أحادية الحلقة. أما بالنسبة للأجزاء النفطية التي تزيد درجات غليانها عن ٢٠٠ م فقد تم التعرف بها فقط على بعض البارافينات النظامية والعطريات المنكثفة والنفتينات العطرية، جدول (١).

ويصنف النفط الخام حسب طريقة مكتب المناجم الأمريكي بتقطير العينة النفطية وأخذ الجزءين الناتجين في حالتين مختلفتين من ظروف درجة الحرارة والضغط، ويطلق على المقطر الناتج في كل حالة إسم الجزء الدال وذلك كما يلي:-

● الجزء الدال الأول ويتم الحصول عليه عند ضغط ٧٦٠ مم زئبقي (واحد ضغط جوي)، ودرجة حرارة بين ٢٥٠ - ٢٧٥ م.

● الجزء الدال الثاني ويتم الحصول عليه عند ضغط ٤٠ مم زئبقي، ودرجة حرارة بين ٢٧٥ - ٣٠٠ م.

تقاس كثافة كل جزء من هذه الأجزاء ويصنف النفط تبعاً لكثافته أجزائه الدالة بعد مقارنته بجدول الكثافات القياسية، جدول (٢) وتصنف على ضوءها الخامات.

وبصورة عامة يعطي النفط الخام بارافيني القاعدة أنواعاً جيدة من وقود المصابيح وزيت الغاز وزيت التزيت. أما النفط الخام نفتيني القاعدة فيعطي أنواعاً جيدة من الجازولين والإسفلت، وأنواعاً من زيوت التزيت.

# النفط في الصناعات البتروكيميائية

## د. جمال خالد الرفاعي

حققت الصناعة البتروكيميائية الأولية قفزة هائلة، بسبب توفر النفط بكميات كبيرة. فأصبحت عمليات الصناعات البتروكيميائية تتم في مصانع ذات طاقة إنتاجية مرتفعة تتراوح بين ٢٠,٠٠٠ إلى ٦٥٠,٠٠٠ طن سنوياً. وهذه المصانع تستخدم معظم موادها الأساس من منتجات تكرير النفط، حتى أن ما يزيد عن ٩٥٪ من الصناعة الكيميائية العضوية اليوم تعد ذات منشأ نفطي ومن الغاز الطبيعي. وتعد النفتا والمازوت وغازات التكسير المحفز الناتجة عن تكرير النفط هي الأكثر أهمية كمواد أولية لإنتاج المواد البتروكيميائية.

الحرارة، أما التي تحتوي على تسع عشرة ذرة كربون فأكثر فإنها صلبة، بينما تقع المكونات السائلة بين خمس إلى ثمان عشرة ذرة كربون، وهي تشكل نسبة كبيرة من مكونات النفط. عليه يمكن القول أن النفط عبارة عن مزيج سائل يحتوي على مركبات غازية وصلبة ذائبة فيه.

تحتوي الأجزاء النفطية ذات درجة الغليان المرتفعة على مركبات هيدروكربونية يصعب تصنيفها مع أي من المجموعات السابقة الذكر تسمى بالمركبات الهيدروكربونية المعقدة لاحتواء جزيئاتها على سلاسل برفينية وحلقات عطرية ونفتينية في آن واحد، ومن أمثلة هذه المركبات: ١- حلقي-بنتيل-٣-فينيل الأوكتان.

وتعد المركبات الهيدروكربونية المعقدة المكونات الرئيسية لأجزاء زيوت التزيت وبواقى عملية التقطير.

بالإضافة إلى ما تم ذكره يحتوي النفط الخام أيضاً على كميات قليلة من الشوائب عبارة عن مركبات كبريتية ونيتروجينية وأكسجينية ومعدنية مثل الفناديوم والنيكل.

كما يشكل النفط مصدراً أساساً للإيثيلين ومشتقاته والبروبيلين ومشتقاته والمواد الهيدروكربونية المكونة من أربع ذرات كربون (C<sub>4</sub>) ومشتقاتها، وللمشتقات غاز التصنيع والمركبات العطرية.

## تركيب النفط

يشكل النفط الخام بشكل رئيس مزيجاً شديد التعقيد لعدد كبير من المركبات الهيدروكربونية. وقد تم فصل ما يزيد عن ١٥٠ مركباً من هذه المركبات. وهي تتكون من البرافينات بأنواعها النظامية والمتفرعة والحلقية، ومن نسب قليلة من المركبات العطرية. وتختلف نسب هذه المركبات في المادة النفطية تبعاً لنوع النفط. فالخامات النفطية التي يغلب في تكوينها مركبات ذات أوزان جزيئية منخفضة تسمى خامات نفطية خفيفة، أما تلك التي يغلب في تكوينها المركبات ذات الأوزان الجزيئية المرتفعة فتسمى خامات نفطية ثقيلة.

تتميز المكونات النفطية المكونة من ذرة إلى أربع ذرات كربون (C<sub>1</sub> إلى C<sub>4</sub>) بأنها غازية تحت الظروف العادية من الضغط ودرجة

أهم القياسات المستخدمة لوصف نوعية النفط . ومنحنى الغليان هو الخط البياني الذي يظهر العلاقة بين حجم مقطرات النفط الخام بدلالة درجات الحرارة ، وذلك عند تقطيره . ويعطي هذا المنحنى فكرة أولية عن تركيب النفط ونسب مختلف نواتج التقطير المتوقعة ( من الجازولين حتى المازوت ) .

ويتم تعيين منحنى الغليان بطرق مختلفة منها طريقة انجلر (Engler) التي تعتمد على تقطير النفط الخام تحت الضغط الجوي وحتى درجة ٣٥٠ م ، ويعطى منحنى الغليان الناتج بهذه الطريقة فكرة عن حجم الجازولين والكروسين والمازوت في النفط . وهناك طريقة منحنى نقطة الغليان الحقيقي التي يبدأ فيها منحنى الغليان من درجة الصفر المئوي حيث يغلي البوتان . بينما يبدأ منحنى انجلر في الدرجة ٣٧ م . ويبين شكل (١) منحنى الغليان الحقيقي لأحد أنواع النفط الخام مع رسم جانبي يوضح أنواع الأجزاء المقطرة ونسبتها في النفط الخام . ويمكن معرفة شدة الفصل في برج التقطير من خلال منحنيات الغليان للأجزاء النفطية . فلو حددنا على هذه المنحنيات النقاط ٥٪ من الجزء الثقيل و ٩٥٪ من الجزء الأخف الذي يليه مباشرة ، نلاحظ أن هناك تداخلاً ينتج عن رداءة في عملية الفصل (تعبّر عنها المسافة أ) ، أو أن هناك فجوة غليان تنتج عن فصل جيد للأجزاء (تعبّر عنها المسافة ب) ، شكل (٢) .

### ● محتوى الكبريت

يعد وجود الكبريت في المنتجات النفطية أمر غير مرغوب فيه ، بسبب رائحته الكريهة وخصائص التآكل التي تميزه . ويتم تعيين كمية الكبريت الموجودة في العينة النفطية أو المنتج النفطي بطرق مختلفة تبعاً لنوع العينة منها ما يلي :-

● طريقة القنبلة (Bomb Method) : وتطبق على أي منتج نفطي قليل التطاير (بحيث يمكن وزن العينة بدقة في حامل العينة المفتوح) . وتعتمد هذه الطريقة على أكسدة العينة النفطية بحرقها في وعاء قنبري حاو على غاز الأكسجين المضغوط . ويتم قياس الكبريت الموجود في العينة بالوزن بعد تحويل الكبريت إلى كبريتات الباريوم . وتستخدم هذه الطريقة عندما لا تقل نسبة الكبريت في النفط عن ٠,١٪ وزناً .

الكروماتوجرافيا الغازية (Gas chromatography) وغيرها من الطرق الأخرى ويمكننا حالياً التعرف على نوعية النفط من خلال التحاليل القياسية الآتية :-

### ● منحنى الغليان

يعد منحنى الغليان (Boiling curve) من

### تحليل النفط ومنتجاته

بدأت عمليات تحليل النفط منذ عهود المصريين القدماء ، وذلك بوساطة التقطير . وقد تطورت طرق التحليل في عصرنا هذا حتى ظهرت في الخمسينيات طريقة

المركيبات الأجزاء	نظامي وأيزو البرافينات	أحادي وثنائي حلقي البرافينات	متعدد حلقي البرافينات	أحادي العطريات	ثنائي العطريات	متعدد العطريات
غازات (كربون) جازولين	+	-	-	-	-	-
(٣٥ - ١٨٠ م) *	+	+	-	+	-	-
كروسين	+	+	+	+	+	-
(١٨٠ - ٢٣٠ م) *	+	+	+	+	+	-
مازوت	+	+	+	+	+	-
(٢٣٠ - ٣٥٠ م) *	+	+	+	+	+	-
زيوت تزييت خفيفة	+	+	+	+	+	-
(٣٥٠ - ٤٠٥ م) *	+	+	+	+	+	-
زيوت تزييت خفيفة	+	+	+	+	+	-
(٤٠٥ - ٥١٥ م) *	+	+	+	+	+	-

\* مدى درجات الغليان .

● جدول (١) مجموعات المركبات الهيدروكربونية في الأجزاء النفطية .

الصف	كثافة الجزء الدال الأول عند ١٥ م (غ / مل)	كثافة الجزء الدال الثاني عند ١٥ م (غ / مل)
برافيني القاعدة	٠,٨٢٥١ أو أقل	٠,٨٧٦٢ أو أقل
برافيني القاعدة مختلط	٠,٨٢٥١ أو أقل	٠,٩٢٤٠ أو أكثر
برافيني القاعدة - نفتيني القاعدة	٠,٨٢٥١ أو أقل	٠,٩٢٤٠ أو أكثر
مختلط القاعدة	٠,٨٦٠٢ - ٠,٨٢٥١	٠,٨٧٦٢ - ٠,٩٢٤٠
مختلط القاعدة - برافيني القاعدة	٠,٨٦٠٢ - ٠,٨٢٥١	٠,٨٧٦٢ أو أقل
مختلط القاعدة - نفتيني القاعدة	٠,٨٦٠٢ - ٠,٨٢٥١	٠,٩٢٤٠ أو أكثر
نفتيني القاعدة	٠,٨٦٠٢ أو أكثر	٠,٩٢٤٠ أو أكثر
نفتيني القاعدة - برافيني القاعدة	٠,٨٦٠٢ أو أكثر	٠,٨٧٦٢ أو أقل
نفتيني القاعدة - مختلط القاعدة	٠,٨٦٠٢ أو أكثر	٠,٨٧٦٢ - ٠,٩٢٤٠

● جدول (٢) تصنيف النفط تبعاً لكثافة الأجزاء الدالة .

لدورق التقطير .

ويتعين المحتوى الكلي للأملاح في النفط الخام بطريقة الناقلية (Conductivity Method) وذلك ضمن مجال  $0.0005 - 0.03\%$  وزناً يعبر عنها بـ كلوريد الصوديوم. وتجري هذه الطريقة لإذابة النفط الخام في مذيب قطبي، ثم قياس ناقلية المحلول باستخدام جسر قياس الناقلية. ويتم الحصول على محتوى الأملاح بالإستعانة بمنحنى المعايرة (Calibration Curve) الذي يمثل الناقلية المأخوذة لمحاليل قياسية ملحية.

### ● تعيين الباقي الكربوني

وهو فحص هام من أجل زيوت التزييت ووقود الديزل وعمليات التكسير . وتوجد عدة طرق تعتمد على أخذ العينة وتقطيرها ومعرفة النسبة الوزنية للكربون المتبقى، ومن هذه الطرق ما يلي:-

● طريقة كونرادسون (Conradson Method) : ويتم فيها أخذ عينة مؤزونة من المادة النفطية، ووضعها في بوتقة حيث تُعرض لعملية تقطير إتلافي مما يجعل المتبقي يعاني من تفاعلات تكسير وتفحيم خلال فترة التسخين الشديد. تُبرد البوتقة الحاوية على المتبقي الحاوي على الفحم في مجفف ثم توزن، ويتم حساب المتخلف الباقي كنسبة مئوية من العينة الأصلية.

● طريقة رامسبوتوم (Ramsbottom Method) : ويتم فيها وزن العينة داخل حبة زجاجية (Glass Bulb) خاصة ذات فتحة شعرية، ثم وضعها في فرن معدني بدرجة حرارة مقدارها  $500^{\circ}\text{C}$  تقريباً. تؤدي هذه الحرارة إلى تبخر كل المواد الطيارة الموجودة في العينة إلى خارج الحبة، بينما يتعرض المتبقي إلى تفاعلات تكسير وتفحيم. بعد انتهاء فترة التسخين المحددة بدقة، تُبرد الحبة في مجفف ثم توزن ويحسب المتبقي كنسبة مئوية من العينة الأصلية.

### ● نقطة الوميض

وهي أقل درجة حرارة تجعل تركيز بخار العينة النفطية في الهواء يبلغ الحد الأدنى للانفجار إذا قرب منه لهب. ويمكن تعيين نقطة الوميض (Flash Point) بإحدى الطرق التالية:-

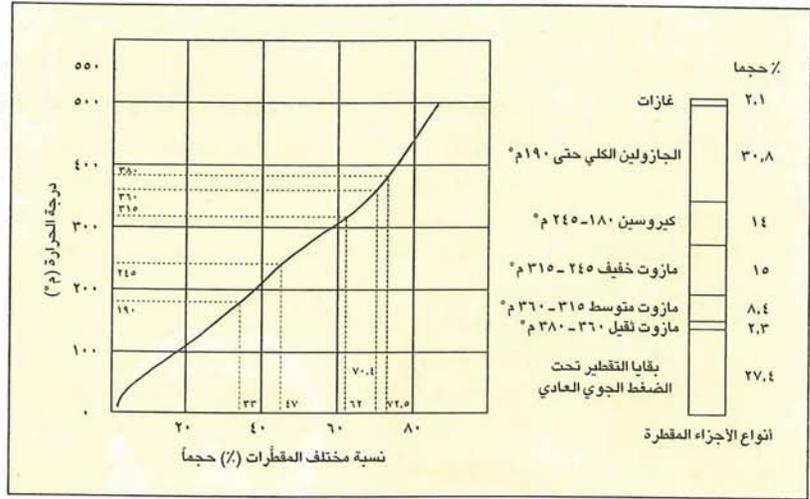
● طريقة مارتنز - بنسكي المغلقة : Closed Flash Point Pensky-Martens Method : وتستخدم لزيوت الوقود وزيوت التزليق والمواد الصلبة المعلقة للسوائل التي تميل

● طريقة وكبولد (Wickbold Oxy-hydrogen) : وهي تصلح بصورة خاصة عندما تقل نسبة الكبريت عن  $0.03\%$ ، وتتلخص هذه الطريقة في إذابة العينة في مذيب مناسب وحرقتها بسرعة في حارق (Burner). ثم تؤخذ نواتج الحرق بواسطة محلول محدد من ماء الأكسجين حيث يتم معرفة نسبة الكبريت من معايرة الكبريتات في هذا المحلول .

### ● محتوى الماء والملح

تعد المياه والأملاح الذائبة فيها من الشوائب غير المرغوبة في النفط لأنها تتسبب في تآكل أبراج التقطير وأنباب ومعدات حمل النفط. ويمكن تحديد محتوى الماء في العينة

● طريقة الإحترق الدورقي (Flask Combustion Method) : وتستخدم عندما تزيد كمية الكبريت الموجودة في النفط عن  $0.2\%$ ، وتتلخص الطريقة في امتصاص العينة النفطية بواسطة قرص مغلف بقصاصة من ورق الترشيح، ثم تحرق بسرعة وبشكل تام في دورق مغلق مملوء بالأكسجين تحت الضغط الجوي العادي. يتم امتصاص نواتج الحرق بواسطة محلول الماء الأكسجيني ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )، وتحدد كمية حامض الكبريت بمعايرته مع محلول فوق كلورات الباريوم .

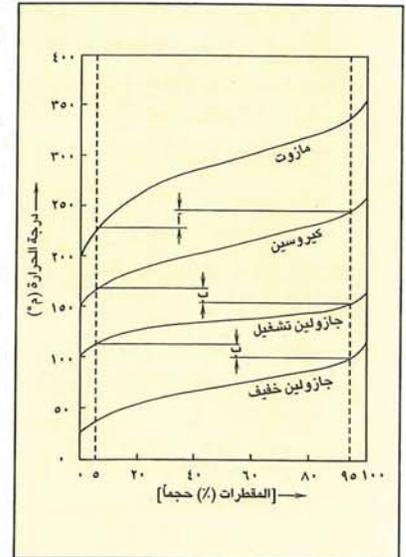


● شكل (1) منحنى الغليان الحقيقي لأحد أنواع النفط الخام .

النفطية بطريقتين هما :-

● طريقة كارل فيشر (Karl Fisher) : ويتم تعيين محتوى الماء في هذه الطريقة عندما يتواجد في العينة نسبة  $0.2\%$  إلى  $2\%$  من النفط الخام، بشرط أن يحتوي الأخير على كميات من الكبريت تقل عن  $500$  جزء من مليون على شكل مركبتان أو كبريتيد أو كلاهما. يحضر مزيج متجانس للعينة النفطية في مذيب، وباستخدام كاشف كارل فيشر تتم معايرة هذا المزيج باستخدام مقياس فرق الجهد الكهربائي .

● طريقة التقطير : وتعتمد على تسخين العينة في دورق ارتداد باستخدام مذيب لا يمتزج مع الماء المرافق للعينة لكنه يتقطر معه في نفس الوقت. ويتم فصل الماء عن المذيب باستخدام محبس (Trap) حيث يهبط الماء إلى القسم المدرج من المحبس، ويعاد المذيب



● شكل (2) منحنيات غليان لأجزاء نفطية .

### ● الرماد

الرماد (Ashes) هو الناتج اللاعضوي المتبقي من المنتج النفطي بعد ترميده بإشعاله عند درجة حرارة ٦٥٠°م. وتتم هذه العملية بتكليس المنتج النفطي بتحميمه في بوتقة تمنع منها الأبخرة من الإحترق ، ثم يرمد الباقي الكربوني بإستخدام لهب حار يهدف إلى حرق الكربون . وبعد تبريد وتجفيف المادة المتبقية ، يحصل على منتج يحتوي على مكونات معظمها أملاح معدنية غير طيارة. ويأتي الرماد من المواد المرافقة للنفط الخام ولزيت الوقود الثقيل ، حيث تحتوي هذه المواد في تركيبها على (V, Fe, Ni, Ca, Na) ، أو من إضافات زيوت التزليق الحاوية على (Ca, Ba, Zn, P) أو من الشوائب التي تدخل في المنتجات النفطية خلال التعامل معها .

### ● اللون

يستخدم اللون كوسيلة للتعرف على فعالية التجزئة والتقطير . وكما هو الحال بالنسبة للزيوت فإن اللون يرتبط بطريقة المعالجة للتكرير . فاللون الأصفر المائل للحمرة يدل على أجزاء برفينية . أما اللون الأزرق المخضر فيدل على الأجزاء النفثينية . وتشير المنتجات المقطرة التي تفقد لونها الأصلي إلى التفكك الحراري لمواد عاتمة اللون ذات طبيعة قطرانية .

### ● اللزوجة

هي مقاومة السائل للتشوه والتدفق. ويُعبر عن اللزوجة بعدة طرق منها :-  
\* اللزوجة الديناميكية أو المطلقة ( Dynamic Viscosity ) : ويُعبر عنها إما بوحدات بواز (Poises) وإما سنتيبواز (Centipoises). وتستخدم هذه الوحدات في النموذج ( C. G. S ) (سنتيمتر ، جرام ، ثانية).

$$١ \text{ بواز} = ١ \text{ جرام/سم} \times \text{ثانية}$$

\* اللزوجة الكينماتيكية ( Kenematic Viscosity ) : وهي حاصل قسمة اللزوجة الديناميكية على الكثافة في نفس درجة الحرارة ، وعلى ذلك فإن سيولة المادة تتناسب عكسياً مع لزوجتها .

ويتم تعيين اللزوجة الكينماتيكية عادة من خلال جريان مادة بين نقطتين في أنبوب شعري . وتعطي طريقة سايبولت (Saybolt) العالمية لقياس اللزوجة ، الزمن (بالثواني)

معينة . وتتم هذه العملية بطريقة المعايرة بإستخدام كاشف لوني. ولا يعبر عدد البروم بالضرورة عن القيمة الحقيقية لعدم التشبع في العينة لأنه توجد مركبات كبريتية وبعض المركبات الهيدروكربونية متعددة الحلقات العطرية يمكنها أن تتفاعل مع البروم .

أما عدد اليود فيجري تعيينه بإضافة كمية معينة من محلول اليود إلى كمية معينة من العينة النفطية بحيث يتفاعل جزء من اليود مع المواد غير المشبعة في العينة. ويتم حساب الكمية غير المتفاعلة (المتبقية) من اليود بإستخدام محلول نظامي من ثيوكبريتات الصوديوم (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ، مع استخدام محلول النشاء ككاشف. وبذلك تحسب كمية اليود المتفاعلة المكافئة للمواد غير المشبعة في العينة .

### ● عدد التعادل و التصبن والإستر

يتم بوساطة عدد التعادل (Neutralization Number) والتصبن (Sponification Number) والإستر (Ester Number) . تحديد نسبة الأحماض المعدنية الحرة والأحماض العضوية الحرة والأحماض المرتبطة على شكل إسترات . يعرف عدد التعادل (Neutralization Number) بعدد ميليجرامات هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) اللازم لتعديل الأحماض الحرة الموجودة في جرام واحد من العينة النفطية .

أما عدد التصبن (Sponification Number) فهو عدد ميليجرامات هيدروكسيد البوتاسيوم اللازمة لتعديل الأحماض الحرة ولتصبن الإستر الموجود في جرام واحد من العينة النفطية. ومما سبق نستنتج أن عدد الإستر هو عبارة عن الفرق بين عدد التصبن وعدد التعادل.

### ● نقطة التغيُّم والأنصباب

يطلق على درجة الحرارة التي تتعكر عندها عينة نفطية لدى تبريدها ببطء ودون تحريك بنقطة التغيُّم (Cloud Point). ففي هذه الدرجة يبدأ شمع البرافين مع مواد أخرى ، موجودة في المادة النفطية ، بالتبلور والإنفصال عن الزيت خلال عملية التبريد.

وتعرف نقطة الإنصباب (Pour Point) بأنها درجة الحرارة التي تتوقف عندها المادة النفطية عن السيلان عند تبريدها ببطء. وتعطي هذه الإختبارات فكرة عن كمية شمع البرافين الموجودة في المنتجات النفطية.

لتشكيل رقاقة (Film) سطحية تحت شروط الإختبار ولوسائل أخرى وتتم هذه الطريقة بتسخين العينة ببطء وبمعدل ثابت مع التحريك المستمر . يدخل لهب صغير مباشر داخل بوتقة الإختبار بحيث يبقى على مسافات منتظمة ، مع التوقف الآني للتحريك . وتقاس أقل درجة حرارة للعينة تجعل البخار الموجود فوقها يشتعل بتأثير اللهب .

### ● طريقة مارتنز - بنسكي المفتوحة Open Flash Point Pensky - Martens Method :

وتختلف عن الطريقة السابقة في استبدال غطاء البوتقة بشبك يسمح بدخول الهواء. وعليه يعتمد اختبار نقطة الوميض على تسخين العينة النفطية في وعاء مفتوح أحياناً أو مغلق. ويتم التسخين بمعدل ١٠ درجات فهرنهايت/دقيقة في حالة اختبار الزيت الثقيل، و ٨ درجات فهرنهايت/دقيقة في حالة الزيوت الخفيفة ، بطريقة البوتقة المغلقة. يستمر التسخين حتى تتبخر كمية كافية من المادة الطيارة بحيث تشتعل أو تفجر هذه الأبخرة عند دخول لهب الإختبار. وبمجرد حدوث هذا الإنفجار الخفيف تؤخذ درجة حرارة المنتج باعتبارها نقطة الوميض .

وبصورة عامة ، يهدف استخدام نقطة الوميض (ونقطة الإحترق) للإشارة إلى درجات الحرارة التي يمكن التعامل ضمنها مع منتج نفطي بعيداً عن خطر الإحترق . كما تعطي نقطة الوميض فكرة عن الكمية النسبية للريت منخفض درجة الغليان الموجود في عينة هيدروكربونية .

### ● نقطة الإحترق

هي درجة الحرارة التي تنبعث عندها أبخرة عينة نفطية ، بسرعة كافية لجعل عملية الإحترق مستمرة ، ولا يتم ذلك إلا بالحصول على لهب ثابت مع التسخين المستمر للمنتج النفطي . ويتم تعيين نقطة الإحترق ( Fire Point ) للمنتجات النفطية بإستخدام طريقة مارتنز-بنسكي المفتوحة .

### ● عدد البروم وعدد اليود

يعطى عدد البروم واليود (Bromine & Iodine Value) فكرة عن نسبة المركبات غير المشبعة الموجودة في العينة النفطية . ويحسب عدد البروم على أساس جرام هالوجين لكل ١٠٠ جرام من العينة النفطية عندما تتفاعل معها تحت شروط

غازات هيدروكربونية مختلفة مثل الإيثان والبروبان والبوتان . أما عمليات التكسير فينتج عنها غازات على قدر كبير من الأهمية ، خاصة الأجزاء الغازية C<sub>3</sub> و C<sub>4</sub> المستخدمة في الصناعات البتروكيميائية — على نطاق واسع . وتكون الغازات الناتجة عن عمليات التكسير الحراري غنية بالأجزاء C<sub>1</sub> و C<sub>2</sub> ، أما تلك الناتجة عن عمليات التكسير المحفز فتكون غنية بالأجزاء C<sub>3</sub> و C<sub>4</sub> . ولا يتم تحويل الغازات C<sub>3</sub> و C<sub>4</sub> للصناعات البتروكيميائية إلا بعد إخضاعها لعمليات تنقية شديدة من الغازات الشائبة . كما يمكن أيضاً استخدام غازات المصافي كوقود مناسب لأغراض مختلفة .

### ● غاز النفط المسيل (LPG)

ويتكون هذا الغاز من مجموعة من المركبات الهيدروكربونية الخفيفة الغازية — أهمها البروبان والبوتان — التي يتم تحويلها للحالة السائلة تحت ضغط مرتفع يصل الى ٢٥ جو في درجة الحرارة العادية . ويمكن التعرف على تركيب غاز النفط المسيل إما بواسطة جهاز الكروماتوجرافيا الغازية ، أو بالتقطير تحت درجات حرارة منخفضة . ويستخدم هذا الغاز كمصدر للطاقة في المنازل .

### ● غازات التثبيت

هي غازات هيدروكربونية موجودة بصورة دائمة في النفط الخام وفي الجازولين الطبيعي أو الناتج عن عمليات التكسير . تتكون هذه الغازات بصورة رئيسة من الميثان

داخل اسطوانة محرك سيارة فإن المكبس سوف يتحرك ليضغط هذا المزيج . وعندما يحصل الانضغاط ، فإن المزيج سوف يسخن إلى حد يمكن أن يجعل المزيج يشتعل تلقائياً دون استخدام شرارة شمعة الإشتعال . إذا حصل ذلك قبل أن يصل المكبس إلى نهاية الشوط ، فإن المحرك سوف يصدر ضجيجا وخبثاً ، وبالتالي فإن بعض الدفع سيحصل معاكساً للعمود المرفقي بدلاً من أن يكون معه ، ومن الواجب تجنب ظاهرة الخبط لسببين هما : - حصول عمل يعاكس الطاقة المحركة للمحرك — ولأن ذلك يضر بالأجزاء الميكانيكية .

### المنتجات النهائية لمصافي النفط

تشمل المنتجات النهائية لمصافي النفط مايلي:-

### ● غازات المصافي

يتم الحصول عليها من وحدات فصل الغازات الملحقة بوحدة تقطير النفط الخام ، ومن الوحدات المنتجة لها ، مثل وحدات إعادة التشكيل المحفز والتكسير المحفز ، ومن عمليات معالجة أخرى تخضع لها بعض منتجات التقطير مثل عملية الهدرجة .

وتتكون هذه الغازات بصورة رئيسة من مركبات هيدروكربونية C<sub>3</sub> و C<sub>4</sub> تتضمن نسباً متفاوتة من الأوليفينات تبعاً لمصدر هذه الغازات ( تقطير نفط خام ، أو منتجات تكسير ، أو منتجات إعادة تشكيل ... الخ ) . ففي عمليات تقطير النفط الخام يتم الحصول على

الذي يتطلبه جريان ٦٠ سم<sup>3</sup> من زيت في أنبوب حامل ، عند درجة حرارة ثابتة ، عبر فتحة عيارية موجودة في قاعدة الأنبوب .

### ● عدد السيتان

يشبه عدد السيتان (Cetane Number) إلى حد كبير عدد الأوكتان في حالة محركات الجازولين ، ويستخدم لقياس جودة زيت الوقود المستعمل في محركات الديزل . ويشير هذا العدد إلى النسبة المئوية للسيتان (C<sub>16</sub>H<sub>34</sub>) المحتواة في مزيج من السيتان وألفا ميثيل النفثالين .

ولتعيين عدد السيتان لوقود ديزل ما ، يقاس التأخر في عملية الإحتراق من لحظة دخول الوقود لغرفة الإحتراق في محرك الديزل حتى إحتراقه . وبالمقارنة ، يعطى هذا الوقود عدد سيتان يكافئ عدد سيتان المزيج القياسي (سيتان + ألفاميثيل النفثالين) الذي له نفس خصائص الإشتعال .

يوضح جدول (٣) بعض خصائص أنواع مختلفة من النفط حسب مصدرها .

### ● عدد الأوكتان

تتبع الخصائص الأساس في الجازولين بمقاومته للخبط (Knocking) عندما يتم حرقه في محرك احتراق داخلي . ويعبر عن هذه المقاومة بعدد الأوكتان . وقد عرف عدد الأوكتان منذ عام ١٩٢٢ عندما أضيف للجازولين مادة رباعي ايثيل الرصاص كمادة مانعة للخبط . ويمكن تفسير ظاهرة الخبط من خلال آلية عمل المحرك ، فعندما يتم حقن مزيج من بخار الجازولين مع الهواء

نوع النفط الخام حسب مصدره	الوزن النوعي ٦٠ فهرنهايت	محتوى الكبريت (% وزناً)	اللزوجة الكينماتيكية ١٠٠ ف (CS)	نقطة الإنصباب (ف)	نسبة الإسفلتينات (% وزناً)	نسبة الحموضة KOH مغم / غم	نسبة المتبقي ٧٠٠ ف (% وزناً) في النفط الخام	نقطة إنصباب المتبقي < ٧٠٠ ف (ف)	الوزن النوعي للمتبقي < ٧٠٠ ف عند الدرجة ٦٠ ف
ليبي (برقة)	٠.٨٢٩	٠.٢١	٤.١٣	٤٥	٠.١٣	٠.١٩	٣٧.٥	١٠٠	٠.٩٢١
نيجيري خفيف	٠.٨٦٧	٠.١٩	٥.١٦	٥	٠.٠٥	٠.١٤	٣٥.٨	١١٠	٠.٩٤٥
إيراني خفيف	٠.٨٥٤	١.٣٣	٥.٦	٥	٠.٧	٠.٠٧	٤٢.٧	٨٠	٠.٩٥٧
إيراني ثقيل	٠.٨٦٩	١.٥٨	٨.٨٣	١٠	١.٩	٠.١٣	٤٧.٨	٨٠	٠.٩٧٤
عراقي (كركوك)	٠.٨٤٥	١.٨٨	٤.٧٥	٣٠	١.٣	٠.١٧	٣٩.٨	٨٠	٠.٩٦٥
كويتي	٠.٨٦٩	٢.٥	٩.٦	٢٥	١.٤	٠.١٥	٥١.٣	٧٠	٠.٩٧٥
فنزويلي	٠.٨٩٦	١.٥٤	٢٥	٣٠	٣.٠٥	٠.٤١	٥٧.٧	٥٠	٠.٩٧٤

● جدول (٣) بعض الخصائص حسب مصدرها لأنواع مختلفة من النفط الخام .

هيدروكربونية يمكن الحصول عليها إما من نواتج تقطير تحت ضغط منخفض ، أو من بقايا التقطير . وتعد زيوت التزيت الناتجة عن التقطير تحت الضغط المنخفض ذات لزوجة منخفضة ، وذلك بسبب تكسر جزيئاتها الكبيرة أثناء التسخين . لذلك يمكن رفع لزوجة هذا الزيت بمزجه مع الزيت الناتج عن بقايا التقطير والذي يتميز بلزوجة مرتفعة . وتتم تنقية زيوت التزيت من الأسفلت والمواد الصمغية باستخدام المواد المذيبة مثل مذيب الميثيل إيثيل أسيتون .

وتكمن أهمية زيوت التزيت الناتجة عن النفط في اتساع استخداماتها حيث تستخدم في تزييت الآلات والمحركات ، وتزييت المغازل المستخدمة في صناعة النسيج ، وفي الصناعات الغذائية ، وفي تصنيع المعادن ( القص والنشر والثقب) . ويختلف استخدام نوع خاص من زيوت التزيت عن غيره بمواصفاته المطلوبة ، وذلك من حيث اللزوجة والقدرة على التزليق ، ودرجة الثبات ضد الأكسدة وناقليته للحرارة و... الخ .

ويحتاج الزيت في كثير من الأحيان لإضافات ترفع من قدرته لمواجهة المتطلبات الجديدة باستمرار ، مثل تحمل الضغوط ودرجات الحرارة المرتفعة والجهد الميكانيكي المتزايد .

### ● القطران والأسفلت

ويحصل على هذه المواد من بقايا تقطير النفط الخام . فالقطران (Bitumen) هو عبارة عن مزيج صلب لمركبات هيدروكربونية كبيرة الجزيئات ، وذات لون داكن قابلة للإنصهار . أما الأسفلت فهو مزيج مكون من القطران مع مواد معدنية . ويستخدم القطران والأسفلت ومزيجهما في تزييت الشوارع . وتشكل نسبة القطران في الأسفلت ٢ - ٨٪ ، ويلعب دور المادة الرابطة في أسفلت الشوارع . ويستخدم القطران أيضا لأغراض العزل في المنازل وغيرها . كما يستخدم في صناعة ورق السقوف وأرضيات البيوت ، وفي صناعات أخرى كثيرة .

● مواد إضافة أخرى : ومنها مواد إزالة الرواسب الرصاصية والمواد المانعة للتجمد ، ومثبطات الأكسدة التي تحول دون تماثر الجزيئات ثنائية الرابطة المضاعفة الموجودة وبالتالي منع حصول الترسبات الناتجة عن تشكلها ، و مواد مانعة لتآكل السطوح المعدنية للخزانات والأنابيب ، و مواد أخرى متعددة الوظيفة .

### ● وقود الطائرات

ينقسم وقود الطائرات إلى نوعين هما :-

● جازولين الطائرات : وهو جزء يغلي في مجال الجازولين بين ٤٥ - ١٥٠ م ، ويستخدم كوقود للطائرات ذات المحركات الانفجارية . ويوجد عدة أنواع منه تبعا للمواصفات المطلوبة . وتعد مواصفاته أعلى بدرجة كبيرة من مواصفات جازولين السيارات حيث يصل عدد الأوكتان فيه الى (١٤٥) .

● كيروسين الطائرات : وهو جزء يغلي بين ١٨٠ - ٢٤٥ م ، ويستخدم كوقود للطائرات النفاثة . ويتم الحصول عليه من أجزاء كيروسين المصافي الحديثة التي تتم تنقيتها بشكل جيد ، والتي يجب أن يقتصر تكوينها على المركبات المشبعة . وهناك ثلاثة أنواع من كيروسين الطائرات هي Jet A و Jet A-1 و Jet B وتختلف هذه الأنواع عن بعضها البعض في مجال درجات غليانها ودرجات تبلورها . ويسمى الوقود Jet B في الولايات المتحدة وبريطانيا (جازولين عنفات الطائرات) .

### ● وقود الديزل

ينقسم وقود الديزل (Gasoil) إلى نوعين هما :- وقود الديزل المستخدم في المحركات السريعة ويحضر بمزج عدة أجزاء تقع درجة غليانها ضمن المجال ١٥٠ - ٣٧٠ م ، تبعا للمواصفات المطلوبة للمنتج النهائي . والزيوت الثقيلة التي تستخدم لتشغيل محركات الديزل الثقيلة . وهي عبارة عن بقايا تقطير النفط الخام تحت الضغط الجوي ، أو ناتج مزجها مع وقود الديزل .

### ● زيوت التزيت

زيوت التزيت عبارة عن مركبات

والإيثان والبروبان والبوتان ، ويتم فصلها بواسطة عملية التثبيت ثم تفصل المكونات من  $C_4$  و  $C_3$  من غازات التثبيت المختلفة من أجل إستخدامها في الصناعات البتروكيميائية .

### ● الجازولين (Gasoline)

تستخدم منتجات تقطير النفط التي تغلي في مجال الجازولين ، في مجالات عديدة ومتنوعة . فمادة النفثا (Naphtha) - الجزء الثقيل من الجازولين - تستخدم كمادة أولية في صناعة غاز الإصطناع ( $CO+H_2$ ) الهام جدا في الصناعات البتروكيميائية ، وكمادة أولية لعمليات التكسير الحراري لإنتاج الإيثيلين والأستيلين . ويستخدم ايثر النفط الذي يمثل الأجزاء الخفيفة من الجازولين ( درجة غليانه بين ٢٥ - ٨٠ م ) في عمليات الإستخلاص (Extraction) وللأغراض الطبية وفي مختبرات الكيمياء . وتستخدم الأجزاء التي تغلي بين ٦٠ - ١٤٠ م لاستخلاص الزيوت النباتية ولتنظيف الملابس . أما الأجزاء التي تغلي بين ١٢٠ - ٢٢٠ م فتستخدم كمواد مذيبة في صناعة الدهانات .

أما الجازولين المستخدم كوقود لمحركات السيارات ، فهو عبارة عن جازولين ذي مواصفات خاصة تتناسب وهذا النوع من الإستخدامات . فالجازولين الناتج عن عملية تقطير النفط لا يبد وأن يمر على مجموعة عمليات مثل إعادة التشكيل (التهديب) والألكلة والتكميب والبلمرة ، ثم تضاف إليه مواد معينة تؤدي لرفع عدد أوكتانه وتحسن من خصائصه . ويمكن الإشارة لهذه الإضافات على النحو التالي :-

● مواد مانعة للخبث : وتقوم هذه المواد بتثبيت الجذور الحرة المتشكلة في غرفة الإحتراق بالمحرك ، وبالتالي إبطال عملية الإشتعال الذاتي . ومن هذه المركبات المضافة رباعي ميثيل الرصاص ورباعي إيثيل الرصاص ، وبعض مركبات الحديد والمنجنيز ، ومانعات خبط عضوية مثل الأنيولين وميثيل ثلثي بوتيل إيثر (MTBE) ، وعلى ما يبدو فإن المركب الأخير هو الأنسب كبديل لمركبات الرصاص ذات السمية العالية والملوثة للبيئة ، وهناك خطط لجعله يحل محل مركبات الرصاص بصورة نهائية .

# الغاز الطبيعي

أ. محمد بن عتيق الدوسري

يعد الغاز الطبيعي مصدراً هاماً من مصادر الطاقة ، ويستخدم إما وقود صناعي منزلي وإما مصدر أساس لتحضير وإنتاج العديد من المركبات البتروكيميائية الأولية. يتكون الغاز الطبيعي - حسب نوعه ومصدره - من خليط من الهيدروكربونات البرافينية الغازية أهمها الميثان (50% - 90%) ، وغازات برفينية أخرى تحتوي على ذرتين إلى خمس ذرات كربون ، كما يحتوي أيضاً على كميات متفاوتة من كبريتيد الهيدروجين (H<sub>2</sub>S) وثاني أكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>) وكبريتيد الكربونيل (COS) والنيتروجين وبعض الغازات النبيلة مثل الهيليوم والأرجون.

نفطية مختلفة الأماكن ، بينما بين جدول (3) تركيب بعض الغازات المصاحبة من مناطق مختلفة وتركيب غاز مصاحب نموذجي .

## معالجة الغاز الطبيعي

يخضع الغاز الطبيعي الناتج من مكامن غازية أو المصاحب للنفط قبل فصله إلى مكوناته الأساس لعملية معالجة منها:-

### ١ - التجفيف

وهو إزالة الماء من الغاز الطبيعي الذي يصاحبه على هيئة بخار يؤدي إلى تكوين هيدرات (Hydrates) وهي مركبات بيضاء اللون صلبة القوام شبيهة بالثلج ، تتكون نتيجة تفاعل كيميائي بين الغازات الهيدروكربونية والماء تحت الضغوط ودرجات الحرارة المستخدمة في خطوط الأنابيب الناقلة للغاز من مكامنه إلى مخازنه أو مراكز توزيعه أو أماكن تصنيعه، وتتم عملية إزالة بخار الماء بعدة طرق منها :-

(١) الإدمصاص : وتتمثل في عملية تجميع الماء المصاحب للغاز على سطح مواد إدمصاص معينة مثل : السيليكا جل أو المناخل الجزيئية أو الألومينا المنشطة .



يعرف الغاز الطبيعي الذي يحتوي على كبريتيد الهيدروجين ومركبات كبريتية أخرى بالغاز الحامض (Sour Gas) ، بينما يعرف الغاز الخالي منها بالغاز الحلو (Sweet Gas) ، أما الغاز الطبيعي المحتوي على كميات من الهيدروكربونات القابلة للتكثيف فيعرف بالغاز الرطب (Wet Gas) ، تمييزاً له عن الغاز الجاف الذي يحتوي على كميات قليلة جداً منها.

يتم الحصول على الغاز الطبيعي من مصدرين أساسين هما :-

● **الغاز الحر** : ويوجد في مكامن غازية مستقلة في باطن الأرض، ويعد الميثان المكوّن

الرئيس للغاز الحر، ويعرف عادة بالغاز الجاف .

● **الغاز المصاحب** : ويوجد مصاحباً للنفط في مكامنه إما على هيئة غطاء غازي يعلو النفط وإما مذاباً فيه، ويعرف عادة بالغاز الرطب . ويحتوي الغاز المصاحب على نسبة أعلى من غازات البروبان والبوتان والبنتان مقارنة بالغاز الحر ، ويوضح جدول (١) تركيب الغاز الطبيعي الجاف والرطب.

يحتوي معظم النفط المنتج في الشرق الأوسط على غاز مصاحب ، وبين جدول (٢) تركيب الغاز الطبيعي لعدة حقول

غاز طبيعي رطب	غاز طبيعي جاف	نوع الغاز المكون
٣٦,٨	٨٤,٧	ميثان
٣٢,٨	٩,٦	إيثان
٢١,١	٣,٠	بروبان
٥,٨	١,١	بوتان
٣,٧	-	بنتان

● جدول (١) تركيب الغاز الطبيعي الجاف والرطب (حجماً %).

## ٢- إزالة الغازات الحمضية

من الضروري تنقية الغاز الطبيعي من غازي كبريتيد الهيدروجين وثنائي أكسيد الكربون نظراً لخطورة الأول على الصحة العامة عند استنشاقه (غاز سام) كما أنه يتحول في وجود الماء إلى محلول حامضي مسبباً للتآكل ، وعند إزالة الغاز الثاني تتحسن القيمة الحرارية للغاز الطبيعي.

ويتم إزالة كبريتيد الهيدروجين وثنائي أكسيد الكربون بعدة طرق منها الإذابة إما في مذيب مائي يتفاعل فيه الغاز مكوناً معقداً كيميائياً تجري له عملية تفكك مرة أخرى ، وإما في مذيب فيزيائي عن طريق الإمتصاص (Absorption) في مذيبات عضوية أو إدمصاص (Adsorption) على حبيبات صلبة القوام .

تتم عملية نزع كبريتيد الهيدروجين باستخدام مذيبات خاصة من محاليل أملاح قلووية وأمينية قابلة للتجديد ، حيث يرتبط بها كبريتيد الهيدروجين عند درجات حرارة منخفضة ولكنها تفصل عنه عند درجات حرارة مرتفعة ، ومن هذه المذيبات : الكيالات أمين مثل أحادي وثنائي وثنائي إيثانول أمين .

ويفضل عادة استخدام ثنائي إيثانول أمين لمعالجة الغاز الطبيعي المحتوي على مركبات الكبريت مثل كبريتيد الكربونيل لأنه يمتاز بقلة تسببه للتآكل وإمكانية إعادة تجديده (تنشيطه) مرة أخرى بتكلفة أقل ، علاوة على ذلك فإن ثنائي إيثانول أمين يتفاعل بشكل عكسي مع ٧٥٪ من كبريتيد الكربونيل ، بينما يتفاعل أحادي إيثانول أمين بشكل غير عكسي مع ٩٥٪ من كبريتيد الكربونيل مكوناً مركباً فاسداً يجب التخلص منه .

وتستخدم محاليل غسل أخرى لنزع كبريتيد الهيدروجين مثل محلول فوسفات البوتاسيوم ومحلول كربونات الصوديوم أو البوتاسيوم وأملاح قلووية لأحماض أمينية مثل جليسينات الصوديوم وثنائي ميثيل جليسينات البوتاسيوم وثيونات زرنخات الصوديوم .

أما غاز ثاني أكسيد الكربون فيتم نزعه باستخدام مذيبات عضوية بوساطة طرق تشبه طرق إزالة كبريتيد الهيدروجين .

الكحولات (الميثانول) أو الجليكولات مثل إيثيلين جليكول وثنائي إيثيلين جليكول ، وثنائي إيثيلين جليكول والتي يكون فيها الماء قابلاً للانحلال بينما تكون المواد الهيدروكربونية غير قابلة للانحلال . وتتميز الجليكولات أن لها إلفة (Affinity) كبيرة للماء وثبات كيميائي وخواص فيزيائية مناسبة، كما أن لها درجة انحلال منخفضة للغاز الطبيعي، وقابلية منخفضة لتشكيل رغوة ، هذا فضلاً عن انخفاض تكاليف استخدامها بسبب تجهيزاتها البسيطة وسهولة تشغيلها .

(ج) التبريد : يتم إخضاع الغاز الطبيعي إلى عمليات تبريد شديدة لتكثيف بخار الماء ولكن تعد طريقة الغسل في ثنائي إيثيلين جليكول أكثر الطرق استخداماً في التجفيف .

وتوضع هذه المواد عادة في أعمدة نزع بخار الماء على شكل طبقة ثابتة ، وتتكون وحدة نزع بخار الماء من ثلاثة أعمدة مملوءة بمادة الإدمصاص يتم إعادة تنشيطها بوساطة تجهيزات ملحقة بالوحدة حيث تتم عملية الإدمصاص في العمود الأول بينما تتم في نفس الوقت عملية التنشيط في العمود الثاني ، ثم التبريد في العمود الثالث وتعكس العملية حيث يتم الإدمصاص من جديد في العمود الثالث والتبريد في العمود الثاني والتنشيط في العمود الأول وهكذا .

ويتم إعادة تنشيط مواد الإدمصاص المستخدمة حسب نوعها وظروف استخدامها إما بغاز خامل حار لإنتاج غاز جاف جداً ، وإما بالتسخين إلى درجة حرارة تتراوح ما بين ٢٠٠ إلى ٣٠٠ م° .

(ب) الغسل : ويستخدم عادة لهذا الغرض

المنطقة	المكونات					
	الحقل	أبو ظبي	إيران	السعودية	بريطانيا	فرنسا
ميتان	٧٦.٠	٦٦.٠	٤٨.١	٩٤.٤	٦٩.٣	٨٣.٥
إيثان	١١.٤	١٤.٠	١٨.٦	٢.١	٢.١	٧.٠
بروبان	٥.٤	١٠.٥	١١.٧	٠.٥	١.١	٢.٠
بوتان	٢.٢	٥.٠	٤.٦	٠.٢	٠.٦	٨.٠
بنينات و C5+	١.٣	٢.٠	٢.٩	٠.٢	٠.٧	٠.٤
نيروجين	١.١	١.٠	٠.٣	١.١	٠.٤	٦.١
ثاني أكسيد الكربون	٢.٣	١.٥	١١.١	٠.٥	٩.٦	٠.٢
كبريتيد الهيدروجين	٣.٠	-	٢.٧	-	١٥.٢	-

● جدول (٢) تركيب الغاز الطبيعي من أماكن مختلفة (حجمياً/).

المنطقة	المكونات				
	السعودية	ليبيا	إيران	بريطانيا	غاز مصاحب
ميتان	٦٢.٢٤	٦٦.٨	٦٦.٩	٨٥.٩	٥١.٠٦
إيثان	١٥.٠٧	١٩.٤	١٣.٠	٨.١	١٨.٥٢
بروبان	٦.٦٤	٩.١	٧.٢	٢.٧	١١.٥٢
بوتان	٢.٤٠	٣.٥	٣.١	٠.٩	٤.٣٧
بنينات و C5+	١.١٢	١.٢	١.٥	٠.٣	٢.١٤
كبريتيد الهيدروجين	٢.٨٠	-	-	-	٢.٢٠
ثاني أكسيد الكربون	٩.٢٠	-	٠.٣	١.٦	٩.٦٨
نيروجين	-	-	-	٠.٥	٠.٥٠

● جدول (٣) تركيب بعض الغازات المصاحبة من مناطق مختلفة و تركيب غاز مصاحب نموذجي (حجمياً/).

يتم فصل الغاز السائل بطريقتين هما :-

( أ ) دورة المُمدّد (Expander Cycle) :  
وفيها يُمدّد جزء من الغاز الطبيعي بإمراره من ضغط عالٍ إلى ضغط منخفض ، مما يسبب انخفاضاً في درجة حرارة الغاز ، ومن خلال المبادلات الحرارية ، يُبرّد الغاز البارد الموجود داخل وحدة التبريد الغاز الداخلي إليها من الخارج ، وتستمر عملية التبريد حتى تنخفض الحرارة وتصل إلى درجة حرارة تبخر غاز الميثان وينتج عن ذلك غاز طبيعي مسيل (LNG) .

( ب ) دورة التبريد الميكانيكي (Mechanical Refrigeration Cycle) :  
وتتم باستخدام ثلاث مبردات سائلة منفصلة للبروبان والإيثان والميثان مرتبه بشكل متوالي لإحداث دورة تعاقبية (Cascade Cycle) بينهما . وعندما تتبخر هذه السوائل فإنها تأخذ الحرارة اللازمة لعملية تبخرها من الغاز الطبيعي ، وينتج عن ذلك انخفاض في درجة حرارة الغاز حتى تصل إلى درجة التسييل . ويعاد ضغط الغازات المبردة مرة أخرى لإعادة دورانها كمبردات سائلة وهكذا ، ويبين شكل ( ٢ ) وحدة نموذجية لعملية التبريد الميكانيكي .

## ٢ - تيار الغازولين

يحتوي تيار الغازولين على مزيج متطاير من مركبات هيدروكربونية مشبعة هي البوتان والبنتان والأجزاء الأعلى من البنتان والتي تكوّن جزءاً من الغاز الطبيعي . ويتم فصل الغازولين إما بوساطة الانضغاط أو الإمتصاص وإما بالإثنين معاً . ويوضح شكل ( ٣ ) مخططاً مبسطاً لوحدة فصل الغازولين من الغاز الطبيعي .

وتتلخص العملية في ضغط الغاز الرطب إلى ٣٥ جو وتمريه في برجين يعملان على التوازي فيلتقي الغاز المضغوط مع زيوت الإمتصاص الداخلة من أعلى البرج إلى أسفله . يمتص الزيت غاز البروبان والهيدروكربونات المشبعة الأعلى ويمر غازي الميثان والإيثان دون أدنى امتصاص ، وبذلك يتم الحصول على غاز طبيعي جاف يستخدم كوقود غازي للوحدة نفسها أو كلقيم للوحدات البتروكيميائية . يمرر زيت الإمتصاص المشبع بمكونات الغازولين الطبيعي وبعض المشتقات الأخرى في وحدة تقطير تعمل على فصل الغازولين الطبيعي .

الطريقة	المذيبات العضوية	الغازات المزالة	ظروف التشغيل	إعادة التجميد
سيليكسول	ثنائي ميثيل إيثرلبولي إيثيلين جليكول	SO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>	ضغط ٦٠-٧٥ جو، ١٦٠-٥٠°م	-
السلفولان	ثنائي أكسيد رباعي هيدرو الثيوفين وثنائي أيزوبروبانول أمين	COS, H <sub>2</sub> S, CO <sub>2</sub> ومركباتان	ضغط ٨٠ كجم/سم <sup>٢</sup>	-
جربتول	أحادي وثنائي إيثانول أمين	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S	٢٠-٢٥°م	تسخين ١٠٥°م
ريكتزول	ميثانول	COS, H <sub>2</sub> S, CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub>	ضغط ١ جو	تخفيف الضغط ٢٠°م إلى -٧٠°م

● جدول ( ٤ ) أهم الطرق المستخدمة لنزع الغازات الحمضية من الغاز الطبيعي والغازات الأخرى .

حرارة منخفضة عن طريق التبادل الحراري مع بروبان سائل حيث يعمل البروبان في هذه الحالة على إذابة المواد الهيدروكربونية القابلة للتكثف ومن ثم فصلها عن المواد الأخرى التي تتكون بشكل رئيس من الميثان وكمية قليلة من الإيثان .

تخضع سوائل الغاز الطبيعي بعد تكثفها إلى عمليات نزع من المذيب المتواجدة فيه وفصلها إلى تيارين هما :-

## ١ - تيار الغاز السائل

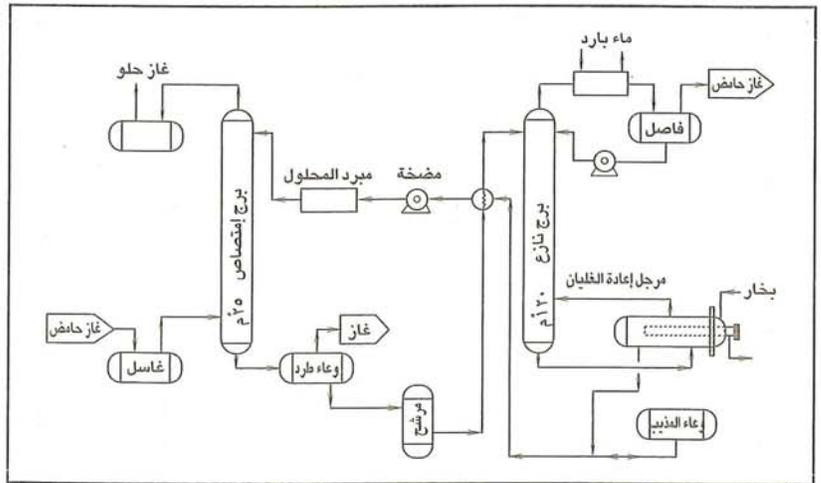
يحتوي تيار الغاز السائل أساساً على بروبان ( C<sub>3</sub> ) مع كمية أقل من أجزاء مركبات البوتان ( C<sub>4</sub> ) ويسمى بالغاز السائل لأنه يتحول إلى سائل عند ضغطه إلى حوالي عشرين جو وعند درجات حرارة عادية . ويعرف تيار الغاز السائل بالغاز الطبيعي المسيل (Liquefied Natural Gas) أو بـغاز البترول المسيل (Liquefied Petroleum Gas) .

ويبين جدول ( ٤ ) بعض الطرق المستخدمة في الوقت الحاضر لنزع غازات كبريتيد الهيدروجين وثنائي أكسيد الكربون وكبريتيد الكربونيل من الغازات الطبيعية . كما يوضح شكل ( ١ ) طريقة جربتول (Grib-tol) لإزالة غاز كبريتيد الهيدروجين وثنائي أكسيد الكربون من الغاز الطبيعي .

## سوائل الغاز الطبيعي

ينجم عن إخضاع الغاز الطبيعي لضغط يتراوح ما بين ٢٠ جو إلى ٥٠ جو تحويل جزء منه إلى سائل . والجزء الآخر يظل غازاً مكوناً من الميثان والإيثان .

يطلق على الجزء السائل اسم سوائل الغاز الطبيعي (Natural Gas Liquids) ، وهي عبارة عن مواد هيدروكربونية قابلة للتكثف يتم فصلها من الغاز الطبيعي بنوعيه الحر والمصاحب بالتبريد إلى درجة



● شكل ( ١ ) مخطط مبسط لطريقة جربتول لنزع الغازات الحمضية من الغاز الطبيعي .

## عالم في سطور

### باستير

- **الإسم :** لويس باستير
- **تاريخ الميلاد :** ١٨٢٢ م .
- **مكان الميلاد :** أربوا بفرنسا .
- **تاريخ الوفاة :** ١٨٩٥ م .
- **صفاته :** يتميز بالصلاية والصبر على العمل، ويروى عنه أنه يقول " أن أهم ثلاث كلمات في القاموس هي العزيمة والعمل والصبر . إن هذه هي أحجار الأساس التي سوف أبنى عليها هرم حياتي .
- **تعليمه :** درس في مدرسة النورمان ببباريس، حصل على درجة الدكتوراة في الكيمياء وكتب رسالتين بدلاً من رسالة واحدة تحت إشراف العالم دوماس .
- **الأعمال التي شغلها :**
  - \* عمل في بداية حياته مع والده في دباغة الجلود .
  - \* عمل استاذاً للفيزياء في ديجون بفرنسا .
  - \* عمل استاذاً للكيمياء في ستراسبورج عام ١٨٤٩ م .
  - \* عمل استاذاً في السوربون عام ١٨٦٧ م .
  - \* عمل في معهد باريس ( يحمل إسمه ) لمكافحة الأمراض المعدية من عام ١٨٨٩ م حتى توفي .
- **إنجازاته العلمية :**
  - \* ينسب اليه علم الأحياء الدقيقة ( Microbiology ) حيث يعد مؤسس هذا العلم .
  - \* توصل من خلال أبحاثه إلى أن البكتيريا هي سبب عملية التخمر .
  - \* إكتشف طريقة قتل البكتيريا عن طريق رفع درجة حرارة الوسط الذي توجد فيه ولفترة محددة ، ثم خفض درجة الحرارة إلى درجة حرارة معينة ولفترة محددة ، وهي ما يعرف الآن بالبسترة ( نسبة إليه ) .
  - \* إكتشف لقاح مضاد لمرض داء الكلب وذلك بحقن الجراثيم المسببة للمرض ، بعد إضعافها ، في جسم الكائن الحي ، وقد أدى إكتشافه هذا إلى إفتح المجال أمام إكتشافات أخرى لإنتاج لقاحات مضادة لبعض الأمراض مثل الكوليرا والطاعون والسل .
  - \* توصل إلى طريقة أمكن بواسطتها إنقاذ محصول الحرير في فرنسا بسبب موت ديدان الحرير وذلك عندما إقترح التخلص من البيض المصاب .
  - \* تعرض باستير لكثير من الحقد والحسد والإهانات من قبل زملائه وعلماء عصره وكانت تزداد كلما زادت شهرته وإكتشافاته ، ولكنه لم يكن يعيرها أي إهتمام بل كانت حافزاً له على المثابرة لكي يصل إلى ما يفكر فيه .

منزوع البوتان	مثبت	خام	المكون
-	-	-	ميثان
-	-	١,٥	إيثان
-	-	١٤,٧	بروبان
-	١,٥	١٠,٢	أيزوبوتان
٣,٢	١٥,٣	٣٠,٠	بوتان نظامي
٨,٥	٧,٢	٤,٨	أيزو بنتان
٢٤,٥	٢١,٠	١٥,٠	بنتان نظامي
٦٣,٨	٥٥,٠	٢٣,٥	C <sub>5</sub> +

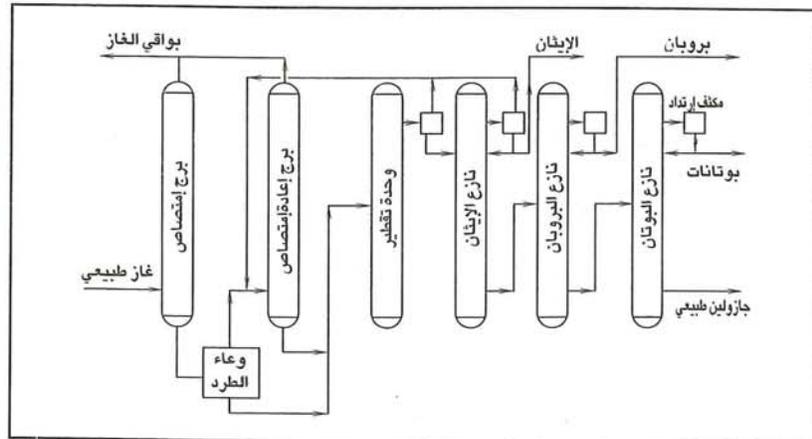
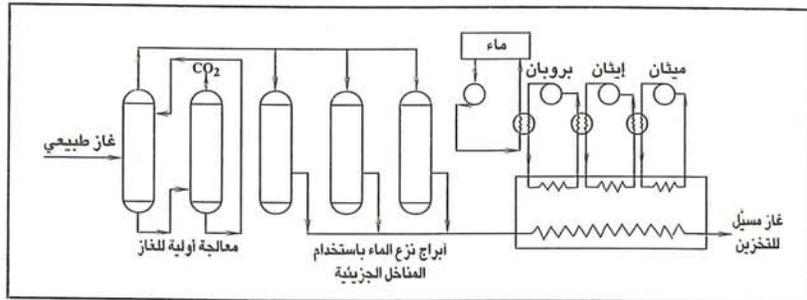
● جدول (٥) تركيب جازولين الغاز الطبيعي (مول %).

- ١ - البخاري وتسهيل بدء تشغيل المحرك في الطقس البارد .
- ٢ - للحصول على غاز الاصطناع من الميثان وذلك في تفاعلات أوكسو (OXO) وللحصول على الهيدروجين اللازم لعمليات الهدرجة وتصنيع النفط وبعض الصناعات الأخرى .
- ٣ - صناعة الإيثيلين ، من الإيثان والبروبان الناتجين من الغاز الطبيعي .

ويبين جدول ( ٥ ) تركيب جازولين الغاز الطبيعي بعد طرده من الزيت الغاسل (خام) وبعد تثبيته وبعد نزع البوتان منه .

### استخدامات الغاز الطبيعي

- يستخدم الغاز الطبيعي والسوائل الناتجة عنه في عدة مجالات منها :-
- ١ - وقود ومواد أولية أساس للصناعات البتروكيميائية ، وتعد الغازات البترولية السائلة الناتجة من الغاز الطبيعي وقوداً مناسباً للأغراض المنزلية والصناعية الخفيفة .
- ٢ - حقن الآبار النفطية ( باستخدام الغاز المصاحب ) ذات الضغط المنخفض لاستخراج أكبر كمية نפט ممكنة .
- ٣ - مصدر هام لغاز الهيليوم حيث تصل نسبته في بعض الأماكن إلى ١٦٪ .
- ٤ - الصناعات التعدينية بهدف استرجاع خامات الحديد عن طريق توفير الفحم ورفع مردود الحديد المنتج .
- ٥ - وقود وذلك بمزج الجازولين الطبيعي مع جازولين السيارات من أجل رفع ضغطه



# المركبات الأليفاتية الأساس

## في الصناعات البتروكيميائية

د . محمد شفيق الكنانى

درجات غليان منخفضة ، والبرافينات العليا التي عبارة عن مزائج سائلة ( من ٦ إلى ١٨ ذرة كربون ) أو صلبة ( من ١٩ إلى ٤٠ ذرة كربون ) .

ومن خصائص البرافينات أنها لا تذوب في الماء ولكنها تذوب بصعوبة في السوائل القطبية كالأيثانول والأسيتون وغيرها ، وتزداد كثافتها ودرجات حرارة غليانها وإنصهارها مع إزدياد عدد ذرات الكربون . وتعاني المركبات البرافينية أنماطاً مختلفة من التفاعلات الكيميائية مثل تفاعلات الإستبدال كالهجنة ( الفلورة ، الكلورة ، البرومة ، اليودية ) وتتم بفعل الضوء أو الحرارة أو بوجود محفزات ، وتفاعلات النترجة ، الأكسدة ، ونزع الهيدروجين ، وغيرها من التفاعلات الثانوية الأخرى . ومن أهم البرافينات التي تعد مواد أساس في الصناعات البتروكيميائية ما يلي :-

### ● الميثان

يوجد الميثان بين منتجات تخمر المواد العضوية في الأماكن الرطبة ، وبين طبقات الفحم الحجري في المناجم ، والغازات المنطلقة من شقوق مكامن الغاز الطبيعي ، كما أنه ينطلق أثناء التقطير الإتالي ( تقطير المادة بمعزل عن الهواء ) للمواد العضوية وخاصة عند تقطير الفحم الحجري ، ويتم الحصول عليه كذلك من كربنة الفحم .

يتم فصل الميثان من الغاز الطبيعي بطريقة الإمتصاص والتبريد إلى درجات حرارة منخفضة من - ٣٤ م° إلى - ٤٥ م° حيث يتم الإمتصاص في مذيب يسمى (زيت الإمتصاص) كالهكسان . ويبين شكل (٢) مخططاً مبسطاً لإحدى طرق فصل الميثان وبقية المركبات البرافينية الدنيا الأخرى من الغاز الطبيعي .

يعد الميثان من أهم المواد الخام المستخدمة لإنتاج المركبات الكيميائية التي تدخل في كثير من الصناعات العضوية واللاعضوية والبتروكيميائية . ويبين شكل (٣) مدى أهمية الميثان في صناعة العديد

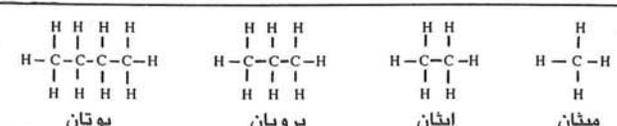
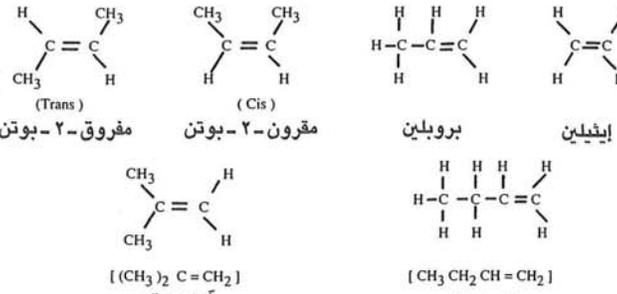
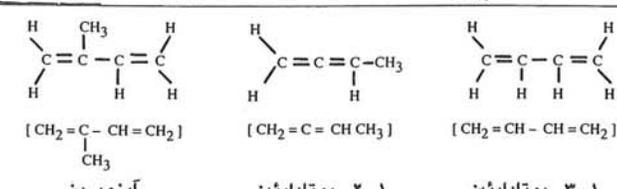
والبنائية لكل مركب من المركبات السابقة ، ويبين جدول (١) أهم خواصها الفيزيائية أما جدول (٢) فيوضح نسبة تواجدها في الغاز الطبيعي والغاز المرافق وغاز تثبيت النفط . وفيما يلي شرح موجز لكل من المركبات المذكورة :-

### البرافينات

تنقسم المركبات البرافينية إلى نوعين هما : البرافينات الدنيا التي عبارة عن مركبات غازية ( ميثان ، إيثان ، بروبان ، بوتان ) في الظروف العادية من الضغط ودرجة الحرارة ، أو سائلة ( بنتانات ) ذات

تُعرف المركبات الأليفاتية بأنها مواد هيدروكربونية ثنائية العنصر - يشكلها الكربون والهيدروجين - ذات سلاسل مفتوحة ، وهي إما ذات روابط أحادية مشتركة بسيطة كالبرافينات ( ميثان ، إيثان ، بروبان ، بوتان ) ، وإما ذات روابط مضاعفة مثل الأوليفينات أحادية الرابطة المضاعفة ( إيثيلين ، بروبيلين ، بوتينات ) ، والأوليفينات ثنائية الرابطة المضاعفة ( بوتادايين ، أيزوبرين ) .

ويبين شكل (١) الصيغ الجزيئية

المركبات الأليفاتية	الصيغ البنائية
البرافينات ( $C_nH_{2n+2}$ ) n = 1,2,.....	 <p>ميثان      إيثان      بروبان      بوتان</p>
أوليفينات وحيدة الرابطة ( $C_nH_{2n}$ ) n = 2,3,.....	 <p>إيثيلين      بروبيلين      أيزوبوتين</p>
أوليفينات ثنائية الرابطة المضاعفة ( $C_nH_{2n-2}$ ) n = 4,5,.....	 <p>أيزوبرين      ١ - بوتادايين      ٢ ، ١ - بوتادايين</p>

● شكل (١) الصيغ الجزيئية والبنائية لبعض المركبات الأليفاتية .

## المركبات الأليفاتية

المركبات الأليفاتية	الصفات المركب	الوزن الجزيئي	درجة الغليان (°م)	درجة التجمد (°م)	الكثافة جم/سم <sup>3</sup>	درجة الاشتعال (°م)	نقطة الوميض (°م)	حدود الانفجار (%)	كثافة البخار	ضغط البخار (جو)	حرارة الاحتراق (10 <sup>3</sup> جول)
أحاديّة الرابطة برافينات	ميثان	16,04	161,50-	182,50-	(1), 415	528,0	222,5-	15,0-5,2	0,554	-	500,20-
	إيثان	30,07	88,63-	182,30-	(2), 546	504,5	135,0-	12,7-2,2	1,049	-	472,02-
	بروبان	44,09	42,10-	187,70-	(3), 580	450,0	104,4-	9,5-2,4	1,560	-	460,12-
	بوتان	58,22	0,50-	128,00-	(4), 600	287,7	73,3-	8,5-1,9	2,070	-	452,85-
وحيدة الرابطة المضاعفة أوليفينات	إيثيلين	28,09	103,71-	169,15-	(5), 340	527	136,0-	28,6-2,75	0,975	(4) 42,3	471,82-
	بروبلين	42,08	47,70-	185,20-	(5), 581	460	108,0-	11-2	1,500	(5) 10,0	458,04-
	بوتينات:										
	1- بوتن	56,11	6,22-	185,30-	(4), 668	384	80,0-	9,3-1,6	1,92	(5) 4,58	452,85-
	مفروق 2-	56,11	1,50-	128,92-	(4), 627	325	73,3-	9,7-1,7	1,90	(5) 1,86	452,85-
	بوتن	56,11	2,50-	105,53-	(4), 613	325	73,3-	9,7-1,7	1,95	(5) 2,10	452,85-
مقرون 2-	56,11	6,90-	140,34-	(4), 600	465	100,0->	9,6-1,8	1,90	(4) 4,60	450,29-	
الرابطة المضافة أليفينات ثنائية	بوتن	54,10	4,41-	108,90-	(5), 621	421	76,0-	11,5-2	1,87	(5) 2,42	442,12-
	أيزوبوتن	68,12	24,10-	145,95-	(5), 681	220	52,9-	9,7-1	2,35	0,52	11,60-
(1) عند درجة حرارة - 164°م (سائل) (2) عند درجة حرارة - 88,6°م (سائل) (3) عند درجة حرارة - 50°م (سائل)											
(4) عند درجة حرارة 20°م (سائل) (5) عند درجة حرارة صفر مئوية											

● جدول (1) الخواص الفيزيائية لبعض المركبات الأليفاتية.

البتروكيميائية لإنتاج مركبات كيميائية عديدة ، شكل ( 5 ) .

### ● البوتان

يختلف البوتان عن البروبان كيميائياً بوجود ثلاث روابط كربونية ، كربون - كربون ، والتي يمكن كسرها للحصول على الكانات ( برافينات ) والكنات ( أوليفينات ) منخفضة درجة الغليان .

يستخدم البوتان بشكل رئيس ككقيم لإنتاج البوتادايين بوساطة طرق نزع الهيدروجين في ظروف متنوعة ، ويستخدم كذلك في الحصول على مركبات كيميائية أخرى ، شكل ( 6 ) .

### ● النفط وزيت الغاز

تعد النفط وزيت الغاز من أهم

الغاز	الحجم %	الميثان	الإيثان	البروبان	البوتان	البنتان	غازات أخرى
الغاز الطبيعي	97-80	4-0,5	1,5-0,2	1,5-0,1	1,0	12-2	
الغاز المصاحب	75-40	20-5	20-2	7-1	5-0,5	18-5	
غاز تثبيت النفط	5	10	30-20	40-30	25-15	-	

● جدول (2) نسبة (%) تواجد البرافينات الدنيا في الغاز الطبيعي ، الغاز المصاحب ، غاز تثبيت النفط .

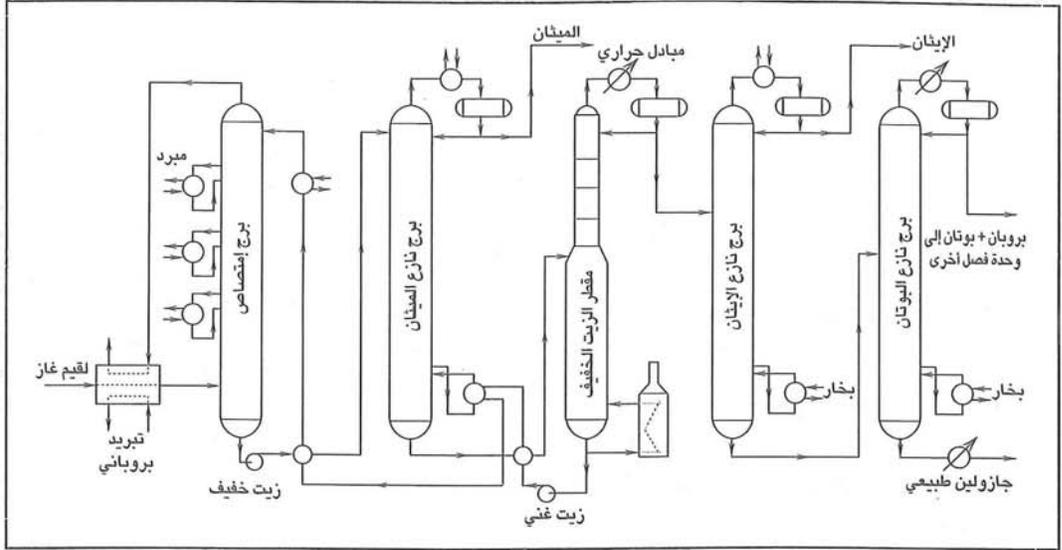
من المركبات الوسيطة (Intermediate) والنهائية في الصناعات البتروكيميائية .

### ● الإيثان

يعد الإيثان المكون الرئيس - بعد الميثان - للغاز الطبيعي ويمكن الحصول عليه أيضا من عمليات تكسير المركبات الهيدروكربونية الغازية والسائلة ومن عمليات كربنة الفحم وغيرها من المصادر الثانوية الأخرى . يستخدم الإيثان

## المركبات الأليفاتية

أما زيت الغاز فهو عبارة عن مشتق نفطي ينتج عن تقطير النفط الخام ويحتوي على مركبات هيدروكربونية (من  $C_{10}$  إلى  $C_{30}$ ) التي يبلغ مجال درجات غليانها من ٢٥٠ إلى ٣٦٠ م.



● شكل (٢) مخطط مبسط لإحدى وحدات فصل الميثان والبرافينات الدنيا الأخرى من الغاز الطبيعي.

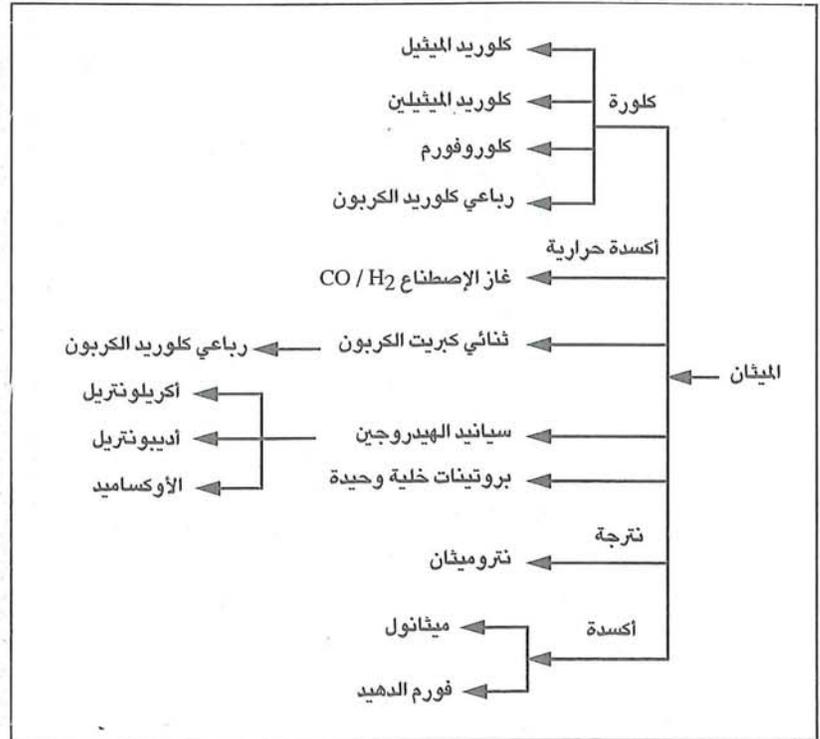
تستخدم النفط وزيت الغاز لإنتاج الإيثيلين ومنتجات ثانوية أخرى، شكل (٧).

## الأوليفينات

هي مركبات هيدروكربونية مفتوحة غير مشبعة تحتوي على رابطة كربون-كربون مضاعفة مكونة من رابطة سيغما ( $\sigma$ ) ورابطة باي ( $\pi$ ) ويبلغ طولها ١,٣٥ أنجستروم، وقيمتها (١٤٦ سعر حراري / جزيئة جرامية).

تتمركز الخواص الكيميائية للأوليفينات حول الرابطة المضاعفة، نظراً لوجود كثافة إلكترونية كبيرة بين ذرتي الكربون المرتبطتين بهذه الرابطة، مما يكسب المركبات الأوليفينية صفة نيكليوفيلية تجعلها تتفاعل مع مواد إلكتروفيلية. ولذا فإن الأوليفينات تعاني الكثير من التفاعلات الكيميائية التي من أهمها تفاعلات الإضافة، الأكسدة، البلمرة، الألكلة، الهلجنة وغيرها.

يمكن تقسيم الأوليفينات إلى نوعين هما الأوليفينات وحيدة الرابطة المضاعفة والأوليفينات ثنائية الرابطة المضاعفة. وتقسّم الأوليفينات وحيدة الرابطة المضاعفة إلى الأوليفينات ذات درجات الغليان المنخفضة (الأوليفينات الدنيا



● شكل (٣) أهم التطبيقات الصناعية للميثان.

النفط الخام عند درجات غليان ابتدائية من ٣٠ م إلى ١٠٠ م ونهائية من ٦٥ م إلى ٢٠٠ م، ويتنوع تركيب النفط بتنوع مصادر النفط الخام، ويوجد منها ثلاثة أنواع هي الخفيفة، المتوسطة، الثقيلة.

البرافينات العليا المستخدمة في الصناعات البتروكيميائية. والنفثا عبارة عن مزيج من نظامي الكانات وأيزوالكانات ونفتينات يتراوح عدد ذرات الكربون فيها ما بين  $C_5$ ،  $C_{10}$ ، ويتم الحصول عليها من تقطير

## المركبات الأليفاتية

ومن منتوجات التكرير الثانوية ومن الغاز الطبيعي ، وقد حل محل الأستيلين في كثير من الصناعات البتروكيميائية. ويتم الحصول على الإيثيلين في الوقت الحاضر من ثلاثة مصادر رئيسة هي :-

(أ) الإيثان والبروبان أو لقيم مكوّن من عدة مكونات مثل سوائل الغاز الطبيعي (NGL) ، وتبلغ نسبة الإيثيلين المنتج من هذا المصدر حوالي ٦٢٪.

(ب) غازات المصافي (تشتمل على الإيثان والبروبان) ، وتنتج حوالي ٢٥٪ إيثيلين .

(ج) النفط بأنواعها الثلاثة - الخفيفة ، المتوسطة ، الثقيلة - وزيت الغاز والجازولين الطبيعي ، وتعطي أقل نسبة إيثيلين والتي تبلغ حوالي ١٣٪ .

يتوقف استخدام أحد اللقائم المذكورة أعلاه على مدى توفرها في الدولة المصنّعة ، فعلى سبيل المثال ، الدول الصناعية التي تفتقر إلى الغاز الطبيعي تستخدم النفط بأنواعها المختلفة الناتجة عن تقطير البترول الخام ، وزيت الغاز كلقيم.

تتضمن عملية صناعة الإيثيلين ثلاث خطوات رئيسة هي : التكسير ، الانضغاط ، التنقية ، وكل خطوة من هذه الخطوات تعتمد على اختيار المادة الخام المستخدمة كلقيم ، ويبين شكل (٨) مخططاً لإحدى الوحدات الصناعية لإنتاج الإيثيلين من النفط .

وبالإضافة إلى الإيثيلين تتكون منتوجات التكسير الأساس من إستيلينات أجزاء  $C_2$  و  $C_3$  وأوليفينات أجزاء  $C_4$  و  $C_5$  وإيثان وميثان وهيدروجين وبروبان وجازولين وتكسير خام وعطريات ونفتالين و قطران .

يعد الإيثيلين من المشتقات البتروكيميائية الواسعة التي تستخدم كمواد أولية للعديد من المشتقات النهائية. ويبين شكل (٩) أهم إستخدامات الإيثيلين في الصناعات البتروكيميائية :-

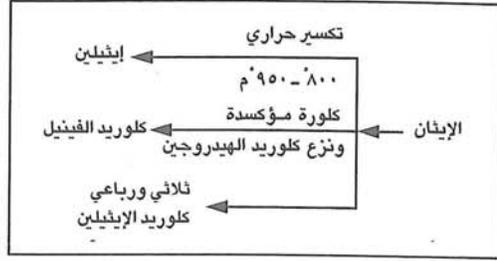
الغازية) والتي تحتوي على ذرتين إلى خمس ذرات كربون ، والأوليفينات ذات درجات الغليان المرتفعة (الأوليفينات العليا السائلة) والتي تحتوي على ست إلى خمس عشرة ذرة كربون .

من خصائص الأوليفينات الدنيا ( من  $C_2$  إلى  $C_4$  ) أنها توجد على هيئة غازات في الظروف العادية من الضغط ودرجة الحرارة ويمكن تحويلها إلى سوائل تحت ضغوط مرتفعة ودرجات حرارة منخفضة. أما البننتات ( $C_5$ ) ، فهي سوائل عديمة اللون ومنخفضة درجة الغليان . وتزداد درجات حرارة غليانها وانصهارها وكثافتها بإزدياد عدد ذرات الكربون. ومن أهم الأوليفينات الدنيا المستخدمة في الصناعات البتروكيميائية ما يلي :-

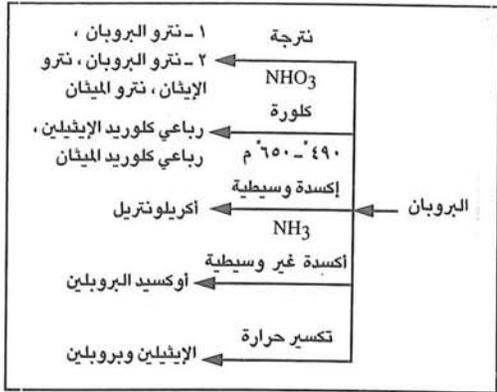
### ● الإيثيلين

يعد الإيثيلين أكبر مادة بتروكيميائية - حجماً - تنتج اليوم حيث أنه الحجر الأساس في الصناعات البتروكيميائية ، وينتج منه العديد من المركبات الكيميائية والوسطية ، في الدرجة الأولى منها البوليميرات مثل البلاستيكات والراتنجات والألياف الصناعية والمطاط وغيرها . ومن المنتجات الأخرى الهامة المذيبات ، المواد الفعّالة سطحياً ، المواد المستخدمة في صناعة الدهانات ، ملونات ، مواد مضادة للتجمد وغيرها .

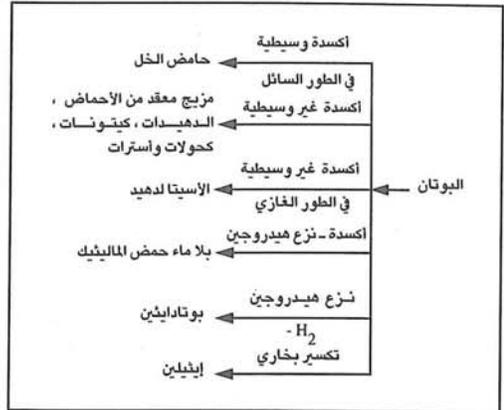
تم الحصول على الإيثيلين في الثلاثينات من غاز فرن الكوك ومن مصادر أخرى ، أما في بداية الأربعينات فقد تم الحصول عليه من غاز مصافي تكرير البترول



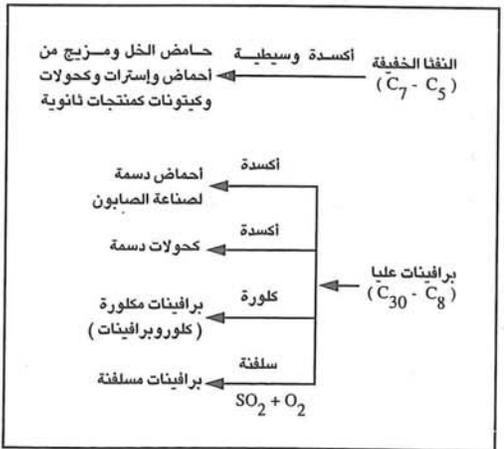
● شكل (٤) أهم التطبيقات الصناعية للإيثان .



● شكل (٥) أهم التطبيقات الصناعية للبروبان .



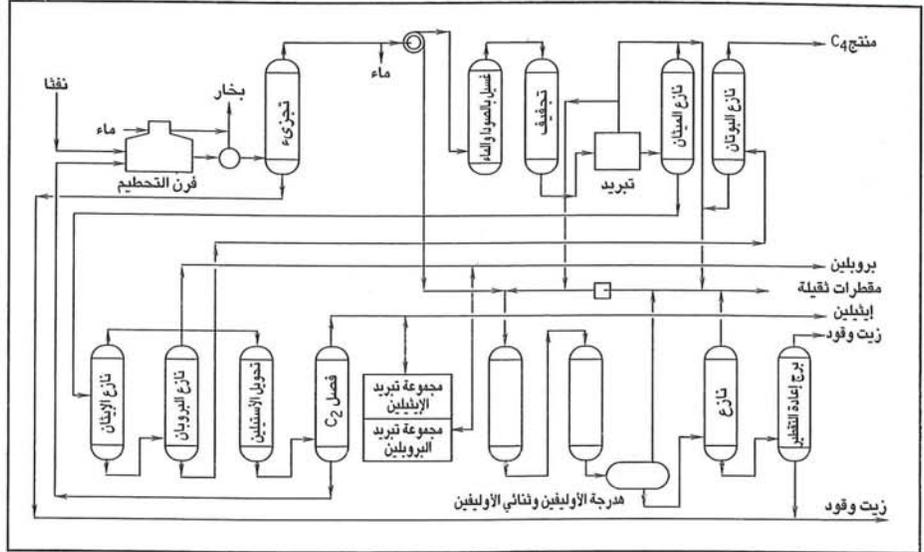
● شكل (٦) أهم التطبيقات الصناعية للبيوتان .



● شكل (٧) أهم التطبيقات الصناعية للنفثا وزيت الغاز .

## المركبات الأليفاتية

كمنتج ثانوي بكميات كبيرة من خلال عمليات التكسير الحراري أو الوسيطى للبروبان، واللغاثم الأثقل مثل النفطا والمقطرات والجازولين الطبيعى وزيت الغاز. وينتج عن هذه الوحدات ايثيلين وبروبلين بنقاوة عادية (٩١٪ - ٩٩٪) أو عالية (٩٩.٩٪) لإستخدامها في صناعة المواد الكيميائية أو في صناعة البوليميرات على التوالى. وللحصول على بروبلين عالي النقاوة اللازم لعمليات البلمرة، فإنه يخضع للهدرجة الوسيطية لإزالة البروبادايثين وميثيل الأستيلين والبقايا



● شكل (٨) مخطط مبسط لإحدى وحدات إنتاج الإيثيلين من النفطا .

### ● البروبلين

يأتي البروبلين ( البروبن ) من حيث أهميته - في الصناعات البترولية والبتروكيميائية - في المرتبة الثالثة بعد الإيثيلين والبنزين . وينتج البروبلين في العالم بكميات أكبر من الإيثيلين ، غير أن معظم إنتاجه لا يستغل في الصناعات البتروكيميائية ، حيث يستخدم ٥٠٪ منه

لإنتاج الجازولين وتحسين نوعيته ( رفع رقم الأوكتان) بوساطة عمليات الألكة و ١٥٪ منه لإنتاج البولي بروبلين و ٣٥٪ لإنتاج الأكريلونتريل وأكسيد البروبلين والكحول الأيزوبروبيلي وغيرها من المشتقات الأخرى .

بدأ إنتاج البروبلين على نطاق واسع منذ عام ١٩٣٩ م مع بدء تطور الصناعات البترولية لإنتاج الجازولين والصناعات البتروكيميائية في الدول الصناعية.

ويتم الحصول عليه في الوقت الحاضر من كمنتج ثانوي من مصدرين رئيسين هما : عمليات صناعة الإيثيلين ، وعمليات صناعة الجازولين بالإضافة إلى طرق أخرى كعمليات التكسير الوسيطى والتفحيم وذلك على النحو التالي :-

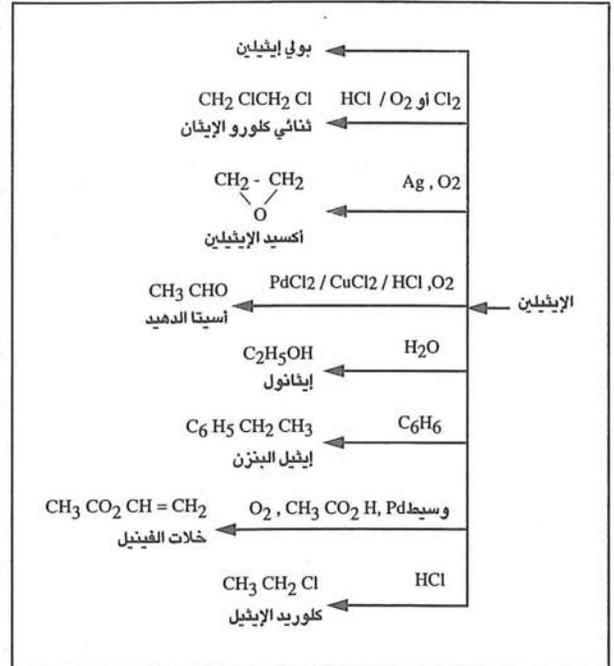
( أ ) من عمليات صناعة الإيثيلين : حيث يتم إنتاجه

الخفيفة ونزع (C<sub>3</sub>) .

( ب ) من عمليات صناعة الجازولين : حيث يتم فصل البروبلين من غاز المصافي والجازولين غير المثبت الناتج من وحدات التكسير الحراري والوسيطى . ويحتوي تيار البروبان - البروبلين الناتج من هذه العمليات على بروبلين بنسبة تتراوح ما بين ٤٠٪ إلى ٦٠٪ ، يستخدم في صناعة الجازولين ، وبعض المواد الكيميائية المعينة. كما يمكن الحصول من هذه الوحدة على بروبلين بدرجة نقاوة تتراوح ما بين ٩٥٪ إلى ٩٩٪ لإستخدامه في صناعة البولي بروبلين .

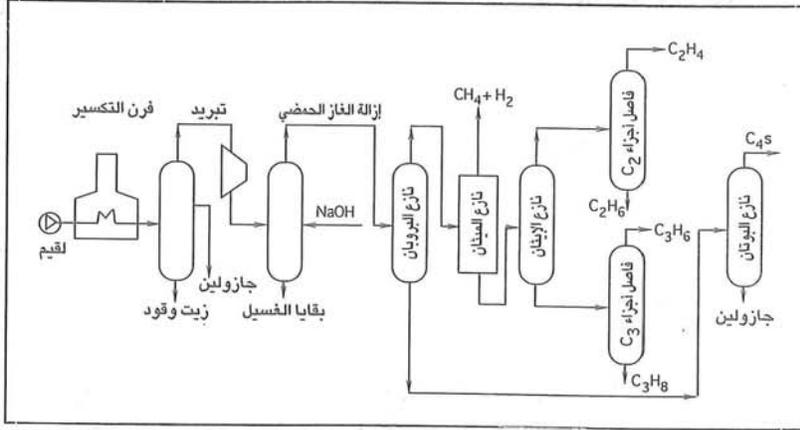
(ج) طرق أخرى : وذلك كمنتج ثانوي من عمليات التكسير الوسيطى السائل لزيوت الغاز ، وعمليات التفحيم المتوانى والتفحيم السائل . ويسمى البروبلين الناتج من هذه الطرق (بروبلين التكسير) ، وتتراوح نسبته ما بين ٢٪ إلى ١٠٪ ، وتعتمد الكمية المنتجة من البروبلين على نوع اللقيم المستخدم وظروف التكسير ونوع المنتج المطلوب .

يستخدم معظم انتاج العالم من البروبلين في عمليات الألكة والبلمرة وتحسين الجازولين ، كما يستخدم أيضاً كوقود وللحصول على مواد كيميائية معينة. ويبين شكل ( ١٠ ) أهم استخداماته الصناعية.



● شكل (٩) أهم التطبيقات الصناعية للإيثيلين .

● البوتينات



● شكل (١١) مخطط مبسط لإحدى طرق عملية التكسير البخاري لإنتاج البوتينات .

البوتينات ( البوتيلينات ) عبارة عن مركبات هيدروكربونية أوليفينية غير مشبعة ، وهي غازات عند درجة حرارة الغرفة وتحت الضّغط الجوي العادي . ويوجد منها أربعة مماكبات ( ١ - بوتن ، مقرون - ٢ - بوتن ، مفروق - ٢ بوتن ، أيزو بوتن ) .

يمكن الحصول على البوتينات كمنتج ثانوي بوساطة ثلاثة طرق رئيسة وذلك كما يلي :-

وتنتقى في هذه العملية ظروف التفاعل لإنتاج أوليفينات خفيفة ( ذات وزن جزيئي منخفض ) بأكثر مردود ممكن ، وتعتمد كمية البوتيلينات المنتجة على ظروف التفاعل ونوع اللقيم المستخدم . ويبين شكل (١١) إحدى طرق عملية التكسير البخاري لإنتاج البوتينات ، حيث يتم فيها فصل الإيثيلين والبروبلين كمنتجات رئيسة ، أما البوتينات فيتم الحصول عليها في مزيج مع البوتادايئين ، ونظرا للقيمة الاقتصادية للبوتادايئين فإن فصله يتم عن طريق وحدة الإستعادة التي توجد في وحدات التكسير البخاري.

(ج) طرق أخرى : وتتم عن طريق عمليتي التفحيم ونزع الهيدروجين حيث تنتج العملية الأولى كميات ثانوية من البوتينات ، وفي العملية الثانية يتم نزع الهيدروجين من نظامي البوتان والأيزو بوتان ، حيث تُعد هذه العملية - في بعض البلدان الصناعية - مصدر أساس لنظامي البوتينات المستخدمة كمركبات وسطية في إنتاج البوتادايئين .

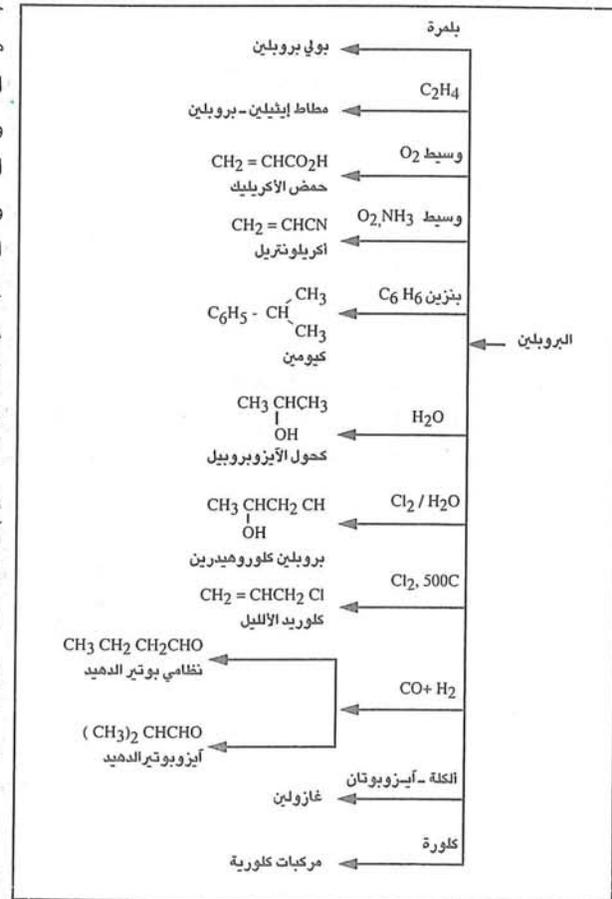
يستخدم أكثر من نصف إنتاج العالم من البوتينات في عمليات الألكلة والبلمرة وإنتاج الجازولين ، وثلاث إنتاجه كوقود ، وحوالي ١٥٪ منه لصناعة مواد كيميائية معينة . ويبين شكلي (١٢ و ١٣) أهم التطبيقات الصناعية لكل من الأيزوبوتن والبوتينات النظامية ( ١ - بوتن و ٢ - بوتن ) .

مع تيار متدفق من الوسيط عند درجة حرارة من ٤٥٠م إلى ٦٥٠م ، وزمن تلامس يتراوح من ٢ ثواني إلى ٦٠ ثانية ، وضغط من ٢,٥ جو إلى ٤ جو . ومن الوسائط المستخدمة في هذه الطريقة مناخل جزيئية المومينو - سيلكات . ويتم فصل جزء البوتان - البوتن من المركبات الهيدروكربونية C<sub>3</sub> و C<sub>5</sub> بوساطة عملية التقطير التقليدية . وتختلف طرق

التكسير الوسيط عن الحراري ، حيث ينتج النوع الأول أوليفين متفرع ومنتجات مشبعة أخرى ذات درجة إنتقاء عالية بسبب آلية الكربنيوم أيون ، أما في النوع الثاني - الحراري - فلا تظهر إنتقائية عالية بسبب آلية الجذر الحر ، ويكون ١ - بوتن هو مماكب البوتن الرئيس .

(ب) التكسير البخاري ( التحطيم ) :

(أ) التكسير الوسيط والحراري : ومن أهمها طريقة التكسير السائل لزيت الغاز أو النفط . وينتج عنها - إلى جانب البوتينات - مزيج من البوتان والأيزوبوتان وقليل من البوتادايئين ومنتجات أخرى . وتتم هذه الطريقة بتلامس زيت الغاز المبخر جزئياً



● شكل (١٠) أهم التطبيقات الصناعية للبروبيلين .

## المركبات الأليفاتية

ويبين شكل (١٤) أهم التطبيقات الصناعية للبتادايئين.

### ● الأيزوبرين

هو أحد الأوليفينات ثنائية الرابطة المضاعفة (C<sub>5</sub>)، يسمى أيضاً ٢-ميثيل-١، ٣-بتادايئين أو ٢-ميثيل ثنائي فينيل، ومن مميزات الألف أهميتها الصناعية وهي مفروق ومقرون - ١، ٣-بتادايئين (ببريلين). يعد الأيزوبرين - مثل البتادايئين - مركب شديد الفعالية بسبب وجود الرابطين المضاعفتين (دايئين) والهيدروجينات الأليلية وعليه فإنه يعاني نفس تفاعلات البتادايئين.

تم تحضير الأيزوبرين لأول مرة في عام ١٨٦٠م من تحطيم المطاط الطبيعي، وقد اكتشف في عام ١٩٥٤م تفاعل بلمرة الأيزوبرين لتحويله إلى مطاط اصطناعي يشبه أو يضاهي المطاط الطبيعي باستخدام محفز زيغلر (Ziegler Catalyst) الذي هو عبارة عن مزيج من أملاح الألومنيوم والتيتانيوم (Ti - Al) ومحفز الكيل الليثيوم.

تم تحضير الأيزوبرين مخبرياً لأول مرة من التكسير الحراري للزيت التربنتين وثنائي البنتن، وزادت أهميته بعد الحصول عليه من مصادر بتروكيميائية، حيث منه المطاط الإصطناعي بولي (مقرون - ١، ٤ - أيزوبرين).

يتم إنتاج الأيزوبرين صناعياً بعدة طرق منها - (معادلات التفاعل شكل ١٥) - مايي :-

(أ) الأستيون - الأستيلين : وتعتمد على الأستيون والأستيلين كمواد أولية وتستخدم حالياً في جنوب أفريقيا، وتتضمن هذه العملية الخطوات الرئيسية التالية :-

● تفاعل الأستيلين مع الأستيون، معادلة التفاعل (١).

والهيدروجينات الأليلية، وبالتالي فإنه يعاني تفاعلات بلمرة، هدرجة، إضافة، أكسدة، استبدال، ديلز-أدر وغيرها من التفاعلات الأخرى، ويعد أهم منتج في الصناعات البتروكيميائية نظراً لإستخدامه في صناعة البولييمر المشترك بوتادايئين - ستايرين (SBR)، ويسمى هذا المنتج بالمطاط الصناعي (بونا S).

يتم الحصول على البتادايئين بوساطة ثلاثة طرق رئيسية هي :-

(أ) نظامي البوتانات بنزع الهيدروجين، وتقدر نسبة الإنتاج منه حوالي ٥٠٪.

(ب) نظامي البوتان بنزع الهيدروجين ونسبة الإنتاج منه حوالي ٣٥٪.

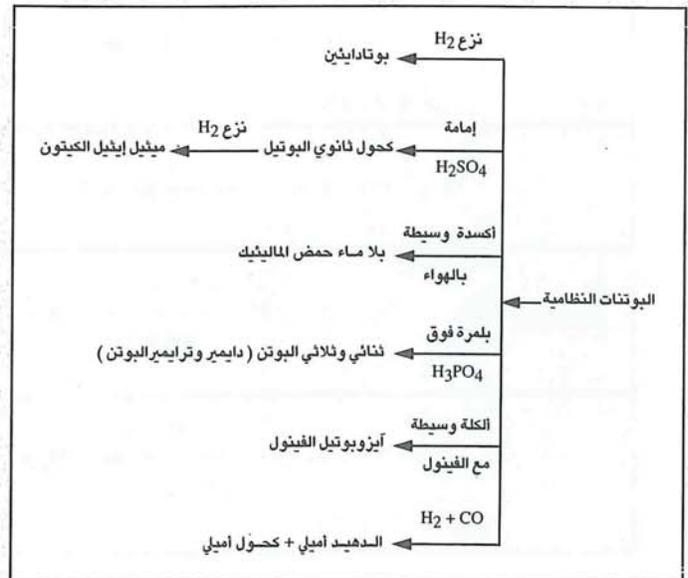
(ج) تكسير المركبات الهيدروكربونية كالفنتا وأجزاء زيت الغاز (بشكل رئيس كمنتج ثانوي من عمليات تصنيع الإيثيلين) وتبلغ نسبة الإنتاج منه حوالي ١٥٪.

يختلف هذا التوزع باختلاف ظروف التكسير والطلب المتزايد على الإيثيلين والأوليفينات المنخفضة الأخرى ومدى توفر اللقيم في البلد المصنّع.



### ● البتادايئين

يعد البتادايئين أحد الأوليفينات ثنائية الرابطة المضاعفة (C<sub>4</sub>) وهو من أنشط المركبات الأوليفينية وذلك لاحتوائه على رابطين مضاعفتين (دايئين)



## المركبات الأليفاتية

$\text{CH}_3 - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{CH}_3 + \text{CH} \equiv \text{CH} \xrightarrow[\text{م } 40 - 10]{\text{KOH في NH}_3 \text{ السائل}} \text{CH}_3 - \overset{\text{OH}}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{C} \equiv \text{CH}$ <p>أستون      إستيلين      ٢ - ميثيل - ٢ - بوتين - ٢ - أول</p>	معادلة رقم ١
$\text{CH}_3 - \overset{\text{OH}}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{C} \equiv \text{CH} \xrightarrow[\text{م } 80]{\text{H}_2 \text{ هدرجة}} \text{CH}_3 - \overset{\text{OH}}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{CH} = \text{CH}_2$ <p>٢ - ميثيل - ٢ - بوتين - ٢ - أول      ٢ - ميثيل - ٢ - بوتين - ٢ - أول</p>	معادلة رقم ٢
$\text{CH}_3 - \overset{\text{OH}}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{CH} = \text{CH}_2 \xrightarrow[\text{م } 250]{\text{Al}_2\text{O}_3} \text{CH}_2 = \overset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH} = \text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O}$ <p>٢ - ميثيل - ٢ - بوتين - ٢ - أول      الأيزوبرين</p>	معادلة رقم ٣
$\text{CH}_3\text{OH} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{HCHO} + \text{H}_2\text{O}$ <p>الميثانول      الفورمالدهيد</p>	معادلة رقم ٤
$2\text{HCHO} + \text{CH}_3 - \overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{O}}{\text{C}}} = \text{CH}_2 \longrightarrow \text{H}_3\text{C} - \text{C}(\text{O})_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{C}(\text{O})_2 - \text{CH}_3$ <p>الفورمالدهيد      الأيزوبوتلين      ثنائي ميثيل - ميتا - ديوكسان</p>	معادلة رقم ٥
$\text{H}_3\text{C} - \text{C}(\text{O})_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{C}(\text{O})_2 - \text{CH}_3 \xrightarrow[\text{م } 200 - 200]{\text{H}_3\text{PO}_4} \text{CH}_2 = \overset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH} = \text{CH}_2 + \text{HCHO} + \text{H}_2\text{O}$ <p>ثنائي ميثيل - ميتا - ديوكسان      الأيزوبرين</p>	معادلة رقم ٦
$\text{CH}_3 - \overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{O}}{\text{C}}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \xrightarrow{-\text{H}_2} \text{CH}_2 = \overset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH} = \text{CH}_2 + \text{CH}_3 - \overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{O}}{\text{C}}} = \text{CH} - \text{CH}_3 + \text{H}_2$ <p>الأيزوبنتان      الأيزوبرين      ٢ - ميثيل - ٢ - البوتن</p>	معادلة رقم ٧
$\text{CH}_3 - \overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{O}}{\text{C}}} = \text{CH} - \text{CH}_3 \xrightarrow{-\text{H}_2} \text{CH}_2 = \overset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH} = \text{CH}_2 + \text{H}_2$ <p>٢ - ميثيل - ٢ - البوتن      الأيزوبرين</p>	معادلة رقم ٨
$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3 \longrightarrow \text{CH}_2 = \overset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ <p>البروبلين      ثنائي البروبلين</p>	معادلة رقم ٩
$\text{CH}_2 = \overset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \xrightarrow[\text{سليكا - الومينا}]{\text{م } 300 - 150 / \text{H}^+} \text{CH}_3 - \overset{\text{CH}_3}{\text{C}} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ <p>ثنائي البروبلين      ٢ - ميثيل - ٢ - البنتن</p>	معادلة رقم ١٠
$\text{CH}_3 - \overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{O}}{\text{C}}} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \xrightarrow[\text{م } 800 - 650]{\text{H}^+} \text{CH}_2 = \overset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH} = \text{CH}_2 + \text{CH}_4$ <p>٢ - ميثيل - ٢ - البنتن      الأيزوبرين</p>	معادلة رقم ١١

● شكل (١٥) معادلات التفاعل المستخدمة في إنتاج الأيزوبرين صناعياً.

## المركبات الأليفاتية

وتجري وفق الخطوات التالية :-

● أكسدة الميثانول إلى الفورم الدهيد ،  
معادلة التفاعل (٤) .

● تفاعل الفورم الدهيد مع الأيزوبوتلين  
وينتج ثنائي ميثيل - ميتا - ديوكسان ،  
معادلة التفاعل (٥) .

● انقسام لثنائي ميثيل - ميتا - ديوكسان  
في الطور الغازي عند درجة حرارة ٢٠٠ -  
٣٠٠° فوق وسيط حمضي من حمض  
الفوسفور المحمل على أكسيد الألمنيوم ،  
معادلة التفاعل (٦) .

(ج- نزع الهيدروجين من أجزاء C<sub>5</sub> :  
وتتم على خطوتين هما :-

● نزع الهيدروجين من الأيزوبنتان ،  
معادلة التفاعل (٧) .

● نزع الهيدروجين من ٢ - ميثيل - ٢ -  
البوتن المتشكل في الخطوة الأولى ، معادلة  
التفاعل (٨) .

ويمكن أن تتم عملية نزع الهيدروجين  
بخطوة واحدة وذلك باستخدام وسيط من  
Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> وعند درجة حرارة ٦٠٠° م  
وضغط ٧ كيلو باسكال .

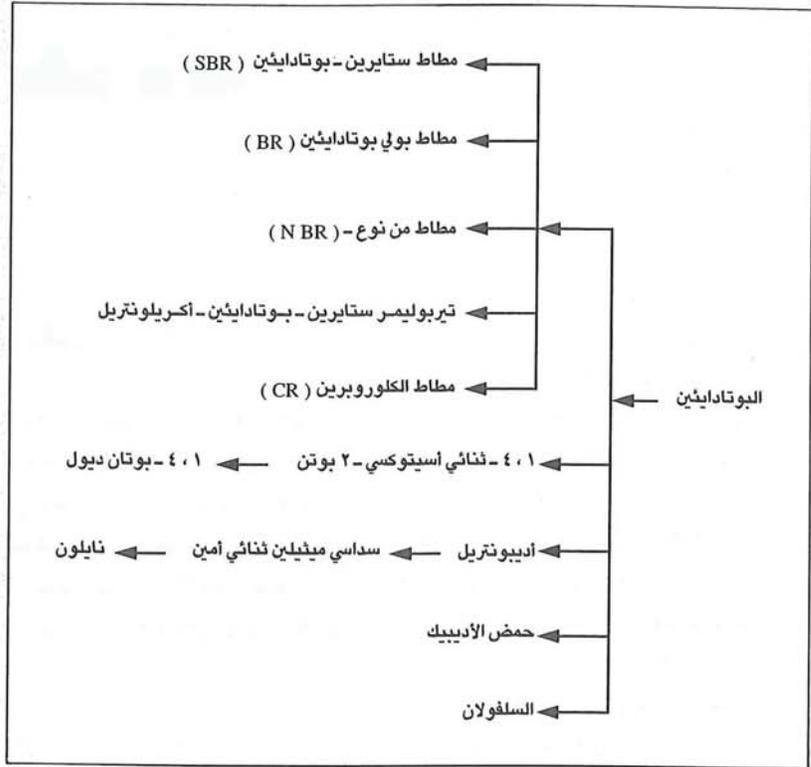
(د) من البرولين : تعتمد هذه  
الطريقة على البرولين كمادة أولية وتجرى  
على ثلاث خطوات هي :-

● بلمرة ثنائية للبرولين وينتج عنها ثنائي  
البرولين ، معادلة التفاعل (٩) .

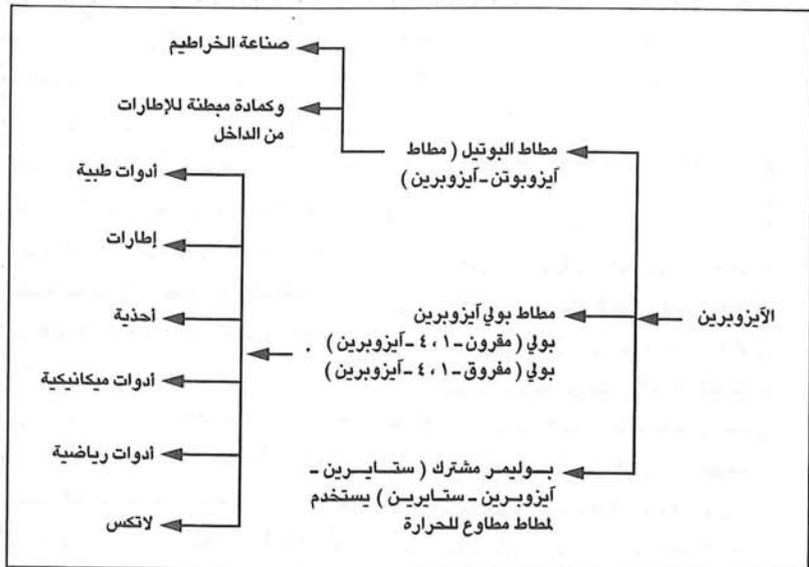
● تماكب لثنائي البرولين بوجود وسيط  
حمضي وعند درجة حرارة ١٥٠ - ٣٠٠° م  
فوق وسيط من السيليكا - الومينا ، معادلة  
التفاعل (١٠) .

● تكسير ل- ٢ - ميثيل - ٢ - البنتن  
بوجود وسيط حمضي من بروميد  
الهيدروجين وعند درجة حرارة ٦٥٠° م -  
٨٠٠° م ، معادلة التفاعل (١١) .

يبين شكل (١٦) أهم التطبيقات  
الصناعية للأيزوبرين .



● شكل (١٤) أهم التطبيقات الصناعية للبوتادايثين .



● شكل (١٦) أهم التطبيقات الصناعية للأيزوبرين .

● هدرجة ٢ - ميثيل - ٣ - بوتن - ٢ -  
أول الناتج بوجود وسيط البلايوم المحمل  
على الألومينا وعند درجة حرارة ٨٠° م  
وضغط ١٠ جو إلى ٢ - ميثيل - ٣ - بوتن  
٢ - أول ، معادلة التفاعل (٢) .

● نزع الماء فوق وسيط من أكسيد  
الألمنيوم ودرجة حرارة ٢٥٠° م ، معادلة  
التفاعل (٣) .

(ب) الأيزوبوتلين - الميثانول : وتسمى  
ايضاً بطريقة الأيزوبوتلين - الفورمالدهيد

# المركبات العطرية

## في الصناعات البتروكيميائية

### د . وعد زهير الكيالي

(C<sub>14</sub>H<sub>10</sub>) ، شكل (٢) ، ومشتقاتهما .  
تعد تفاعلات الإستبدال في ثبات الحلقة  
العطرية من أهم الخواص الكيميائية  
للعطريات حيث يمكن استخدامها في إنتاج  
الكيوتونات والألدهيدات والفينولات  
والأمينات والأحماض العطرية والمركبات  
العطرية المهلجنة .

تستخدم المركبات العطرية في العديد من  
الصناعات البتروكيميائية مثل صناعة  
الآلياف والبلاستيك والأصبغة والمنظفات  
والدهانات والمبيدات الحشرية والمواد  
الصيدلانية ( العقاقير ) والمذيبات وغيرها  
من الإستخدامات الأخرى .

يعد النفط المصدر الأساس للمركبات  
العطرية حيث تتراوح نسبتها فيه ما بين  
١٠٪ إلى ١٥٪ وقد أمكن الكشف عن وجود  
المواد العطرية في الجزء الجازولينى  
والأجزاء الثقيلة المقطرة من النفط . وتتألف  
الأجزاء النفطية التي تغلي عند درجة حرارة  
أقل من ٢٠٠ م ( الجازولين والنفثا )  
بشكل رئيس من البنزين والتولوين  
والزاييلينات ويرمز لها بـ ( BTX ) بالإضافة  
إلى العطريات الأثقل ذات التسع والعشر  
ذرات كربون .

### فصل المركبات العطرية

يتم فصل المركبات العطرية باستخدام  
طريقة التقطير الإستخلاصي وذلك بإجراء  
تقطير تجزيئي للنفثا في عمود تجزئة أولي  
بوجود مذيب يعمل على إزاحة المكونات  
العطرية من النفط ، ثم يفصل المذيب  
ويعالج الناتج بحامض الكبريتيك بوجود  
مادة محفزة ( Catalyst ) للحصول على  
عطريات ذات درجة نقاوة عالية . ومن  
الطرق المستخدمة في هذا المجال طريقة  
أودكس ( Udex ) ، وهي طريقة يتم فيها  
ضخ خامات التغذية المعالجة مسبقاً مع  
المذيب في برج لفصل المركبات الأليفاتية  
والعطرية بتيار معاكس ثم يستخلص  
المذيب في برج التغذية لإعادة إستعماله وبعد

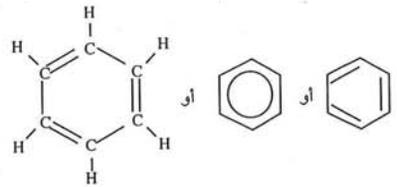
المركبات العطرية عبارة عن مجموعة من المركبات الهيدروكربونية التي لها  
رائحة عطرية ( Aroma ) نفاذة ، والتي ترتبط فيها ذرات الكربون بعضها  
مع بعض على شكل حلقة . وهي قد تتكون من حلقة واحدة بسيطة أو عدة  
حلقات متكاثفة . وقد ترتبط بالحلقة أو الحلقات مجموعات وظيفية ( Functional groups ) مثل النيترو ( -NO<sub>2</sub> ) والكاربوكسيل ( -COOH ) والامين ( -NH<sub>2</sub> ) والهيدروكسيل ( -OH ) أو ذرات هالوجينية ( F, Cl, Br, I ) و / أو سلاسل  
هيدروكربونية جانبية مشبعة أو غير مشبعة .

عند دراسة بنية البنزين وجد بأن نسبة  
الهيدروجين للكربون ( H/C ) للبنزين  
ومشتقاته تشير إلى أن حلقة البنزين ينبغي  
أن تشكل روابط مضاعفة دون أن تبدي  
خواصاً أوليفينية نموذجية كسرعة الأكسدة  
والبلمره وتفاعلات الضم ، وقد عرف عدم  
النشاط تجاه هذه التفاعلات بالصفة  
العطرية . كما وجد أيضاً بأن حلقة البنزين  
تتمتع بثبات كيميائي حراري غير متوقع  
يعبر عنه بالصفة الطنينية لذلك يمكن  
تعريف الصفة العطرية بالقدرة الطنينية  
الكبيرة .

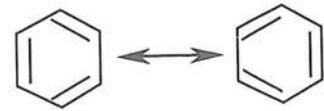
يلي البنزين من حيث الأهمية في  
الصناعات البتروكيميائية التولوين  
والزاييلينات بأنواعها ومركبات الكيل  
البنزين الأخرى ( إيثيل البنزين ، الكيومين ،  
ثلاثي ورباعي ميثيل البنزين ) ، شكل (١) ،  
و يوضح الجدول (١) الخواص الفيزيائية  
للمركبات العطرية المذكورة .

وهناك مركبات عطرية أخرى ولكنها  
تعد أقل أهمية في الصناعات البتروكيميائية  
ومنها النفثالين (C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>) والانتراسين

يعد البنزين أهم وأبسط المركبات  
العطرية في الصناعات البتروكيميائية  
ويتكون من ست ذرات كربون وست ذرات  
هيدروجين (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) تشكل فيما بينها  
حلقة سداسية تحوى ثلاث روابط  
كربون - كربون مضاعفة (C=C) وثلاث  
روابط كربون - كربون أحادية (C-C)  
وست روابط أحادية من الكربون  
والهيدروجين (C-H) ويمكن تمثيل البنزين  
بإحدى الصيغ البنائية التالية :-



وتتبادل روابط الكربون الثنائية  
والأحادية فيما بينها مشكلة صيغتين  
طنينيتين (Resonance) تسمى صيغ  
كيكولي (Kekule) وذلك كما يلي :-



## المركبات العطرية

العطريات بعد امتزاجها على السيليكاجل بإضافة مذيب .

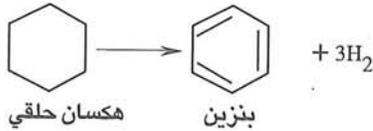
### تصنيع المركبات العطرية من النفط

يمكن إجراء عمليات مختلفة على الأجزاء النفطية المنفصلة بالتقطير بهدف زيادة نسبة المركبات العطرية ومن الطرق المستخدمة في هذا المجال ما يلي :-

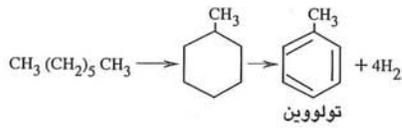
#### ١ - إعادة تشكيل حفزي للنفثا

وتتم بوجود محفز معدني محمول على أكسيد الألمنيوم أو سيليكات الألمنيوم حيث تتم تفاعلات نزع هيدروجين من الألكانات الحلقية وتفاعلات تحلق منزوع الهيدروجين للألكانات يقوم فيها المعدن بدور المحفز لهذه الأنواع من التفاعلات ، على حين يكون دور الألومينا حفز تفاعلات التماكب والبلمرة ، وتتم هذه التفاعلات كما يلي :-

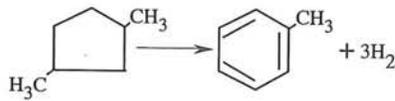
#### (أ) نزع الهيدروجين



#### (ب) تفاعل تحلق منزوع الهيدروجين



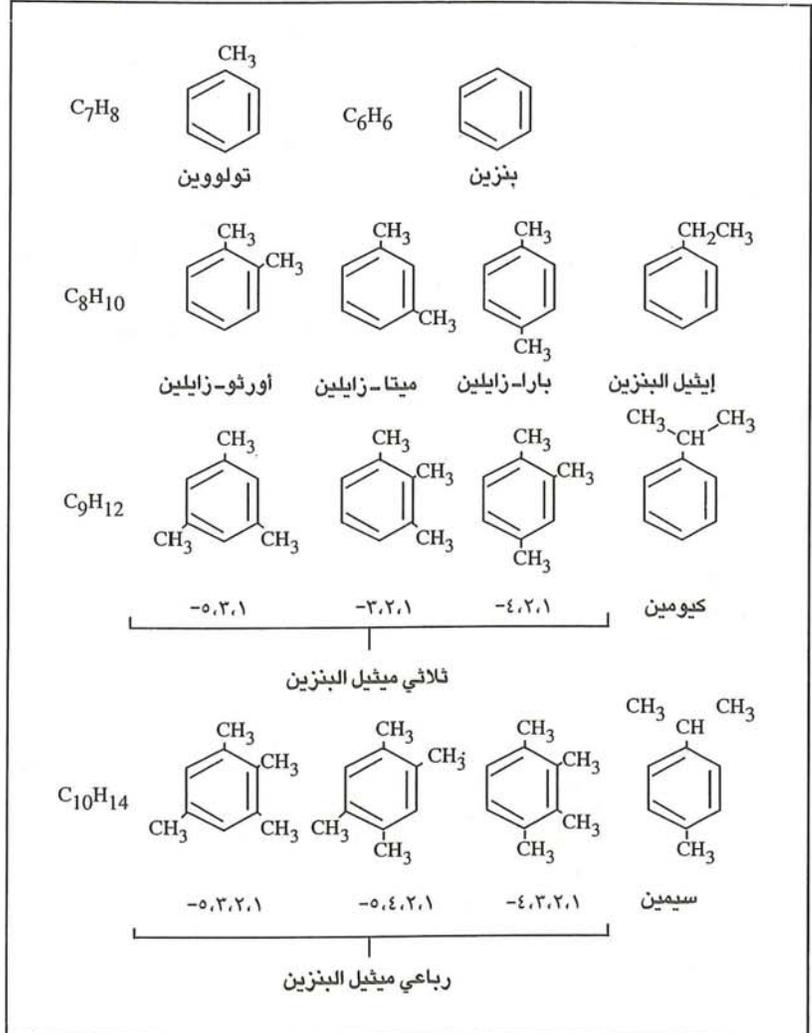
#### (ج) تفاعل تماكب منزوع الهيدروجين



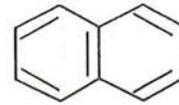
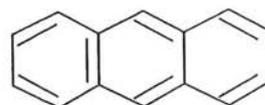
يرافق المركبات العطرية المنتجة بواسطة إعادة التشكيل الحفزي وجود ألكانات حلقية وألكانات لم يكتمل تحويلها ولها درجات غليان قريبة من درجة غليان العطريات المنتجة ، وعليه لا يمكن فصل هذه الشوائب بالتقطير ، وبدلاً عن ذلك يمكن تطبيق طرق أخرى كالإستخلاص الإنتقائي بالمذيبات ، ومن أهم المذيبات

وثنائي إيثيلين جليكول (٩٠٪ - ٩٢٪) . تعد مادة السيليكاجل (Silica Gel) إحدى المواد المحفزة المستخدمة لفصل المركبات العطرية بسبب احتوائها على فجوات ذات خواص إنتقائية تعمل على إزاحة وحمل مركبات كيميائية معينة من المزائج الهيدروكربونية ، ويتم إزاحة

ذلك يعالج الناتج بعد الإستخلاص بالمحفز ، ثم تجرى عملية تقطير لفصل العطريات وذلك عند درجة حرارة منخفضة نسبياً (٢٠م) وضغط عال بشكل كاف للحفاظ على الطور السائل في عملية الإستخلاص . ومن المذيبات المستخدمة في إستخلاص العطريات مزيج مؤلف من ماء (٨٪ - ١٠٪)



شكل (١) الصيغ البنائية والجزيئية للمركبات العطرية الهامة في الصناعات البتروكيميائية (٦ - ١٠ نرات كربون).



شكل (٢) الصيغ البنائية والجزيئية للنفثالين والانتراسين .

إنتاج واستخدام العطريات

تخضع المركبات العطرية المفصولة بوساطة عمليتي التشكيل الحفزي والتحلل الحراري لعمليات فصل وتنقية ، كما يمكن تحويل المركب المعني إلى مركب آخر بموجب عمليات فيزيائية وتفاعلات كيميائية مختلفة ، وعليه فإن مجالات استخدام كل مركب يختلف عن الآخر ، ويمكن الإشارة إلى أهم المركبات العطرية المستخدمة في الصناعات البتروكيميائية من حيث إنتاجها واستخدامها وذلك كما يلي :-

● البنزين

سائل هيدروكربوني متطاير ، قابل للاشتعال ، عديم اللون ذو رائحة عطرية . عديم الذوبان في الماء وقابل للذوبان في معظم المذيبات العضوية ، ويعد البنزين فعالاً من الناحية الكيميائية حيث يدخل في العديد من تفاعلات الاستبدال .

يتم فصل البنزين عن باقي العطريات

الأخرى المرافقة له

أثناء عمليات إعادة

التشكيل الحفزي

للنفثا أو التحلل

الحراري للجازولين

وذلك بالتقطير

الأيوتروبي

بوجود الميثانول .

يمكن زيادة

إنتاج البنزين

بتحويل المركبات

العطرية الأخرى

كالتولوين

والزاييلينات بوجود

الهيدروجين فوق

حافز أو بطريقة

المعالجة الحرارية

للتولوين ، شكل

( ٤ ) ، والتي تتضمن

تفاعلات هدرجة

ونزع الكيل وذلك

حسب المعادلات

الآتية :-

المركب	البنزين	التولوين	إيثيل بنزين	الزاييلينات		
				بارا- زاييلين	ميتا- زاييلين	أورثو- زاييلين
ذرات الكربون	٦	٧	٨	٨	٨	٨
الصيغة الجزيئية	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
الصيغة البنائية						
درجة الغليان (م°)	٨٠,٢	١١٠,٦٣	١٣٦,١٩	١٣٨,٣٥	١٣٩,١	١٤٤,٤
درجة التجمد (م°)	٥,٥٣	٩٤,٩٩-	٩٤,٩٨-	١٣,٢٦	٤٧,٩-	٢٥,٢-
الكثافة (جم / سم <sup>٣</sup> - ٢٠م°)	٠,٨٧٩	٠,٨٦٩	٠,٨٦٠	٠,٨٦١	٠,٨٤٢	٠,٨٨٠
نقطة الوميض (م°)	١١,١	٤,٤	١٥	٢٥	١٧	٢٥
درجة الإشعال (م°)	٥٨٠	٥٣٦	٤٣٢,٢	٥٣٠	٥٣٠	٥٣٠
حرارة الإحتراق (سعر / جم)	٩٦٩٨	٩٦٨٦	-	٩٧٥٥	٩٧٥٢	٩٧٥٥
حدود الانفجار (%)	٨,١-٤	٦,٧-١,٤	٦,٨-١,٢	٧-١,١	٦-١	٧-١,١

● جدول ( ١ ) الصفات الفيزيائية للبنزين ، التولوين ، إيثيل البنزين ، الزاييلينات .

تتم هدرجة هذه المركبات انتقائياً لتتحول إلى ألكانات قبل إجراء عمليات الإستخلاص بالمذيبات .

المستخدمة السولفولان و ثنائي إيثيل جليكول و رباعي إثيلين جليكول و ثنائي ميثيل سولفوكسيد وفورميل مورفيلين التي تستطيع إذابة الفحم الهيدروجينية العطرية على حين تبقى الألكانات والألكانات الحلقية غير ذائبة .

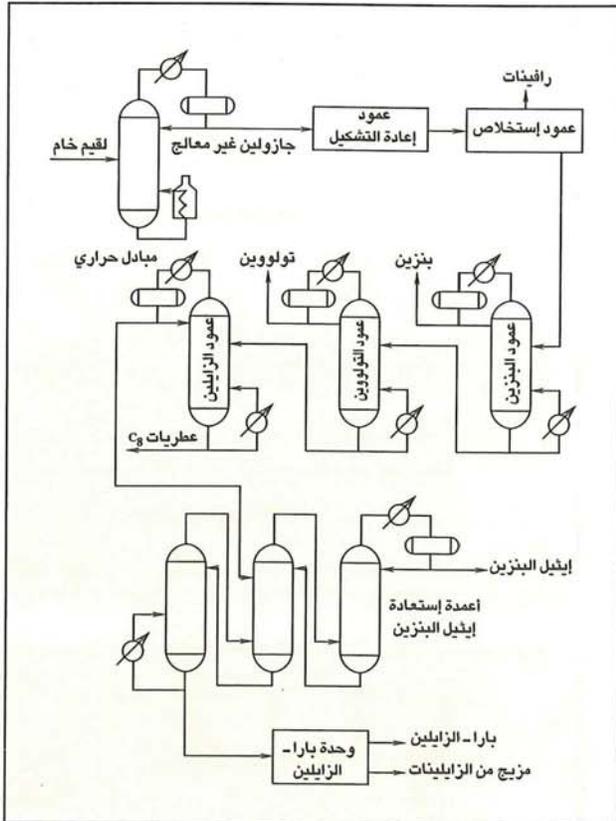
٢ - التحلل الحراري للجازولين

يعد التحلل الحراري للجازولين أحد الطرق الهامة للحصول على المركبات العطرية ، شكل (٣) وتختلف نسبة العطريات المنتجة بهذه الطريقة عن المنتجة من إعادة التشكيل الحفزي للنفثا ، جدول (٢) .

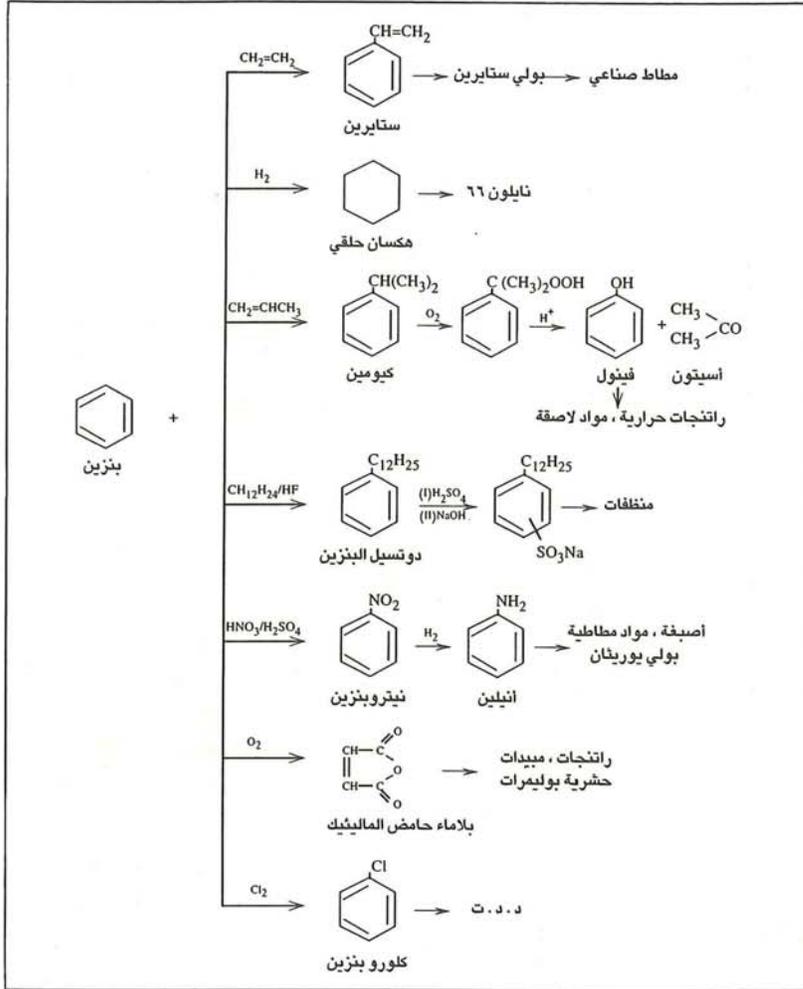
تُرافق العطريات الناتجة بالتحلل الحراري للجازولين بالألكانات والدايينات التي تمتلك درجة ذوبان مرتفعة في المذيبات المستخدمة في إستخلاص العطريات لذلك

المركب	إعادة التشكيل الحفزي %	التحلل الحراري %
بنزين	١٦	٥٣
تولوين	٤٧	٣٠
زاييلينات	٣٧	١٧

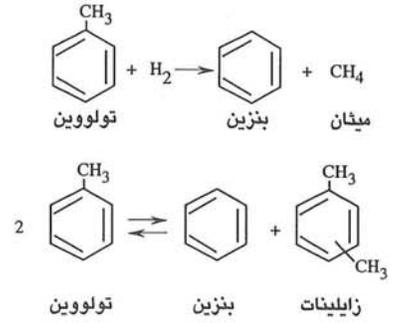
● جدول (٢) النسبة المئوية للعطريات حسب طريقة الإنتاج .



● شكل ( ٣ ) مخطط فصل العطريات .



● شكل ( ٥ ) انتاج المركبات البتروكيميائية من البنزين .

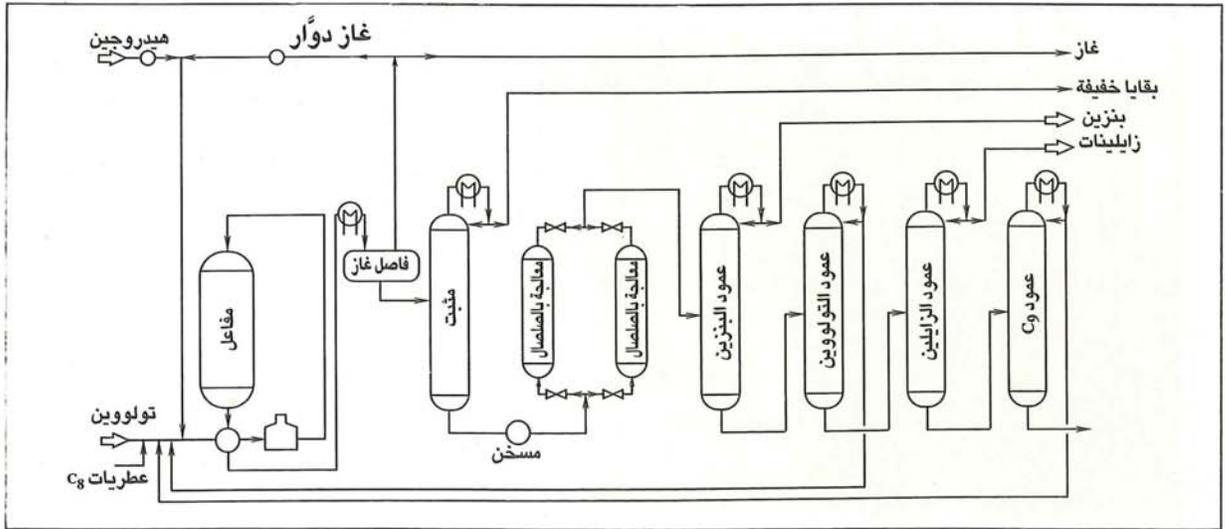


يستخدم البنزين للحصول على العديد من المركبات الكيميائية المستخدمة في العديد من الصناعات ، شكل ( ٥ ) .

### ● التولوين

سائل هيدروكربوني متطاير قابل للإلتهاب عديم اللون ذو رائحة عطرية. يتم فصل التولوين من القطارة الناتجة عن إعادة التشكيل الجفزي للنفثا باستخدام التقطير الأزيوتروبي والتقطير الإستخلاصي و الإستخلاص بالمذيبات أو بطريقة الإدمصاص الإنتقائي على السيليكا جل .

بدأ استخدام التولوين خلال الحرب العالمية الأولى في تحضير مركب ثلاثي نيتروتولوين المستخدم كمادة متفجرة ، وحاليا يمكن إستخدامه كمذيب في العديد من الصناعات الكيميائية وكذلك في إنتاج العديد من المركبات البتروكيميائية مثل تحضير ثنائي أيزوسيانات وكلوريد

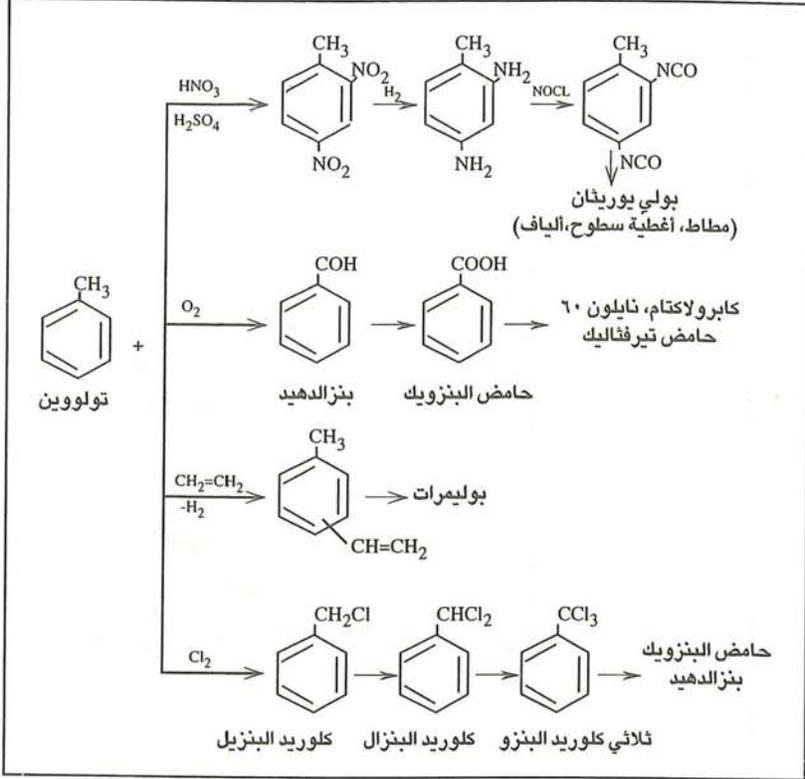


● شكل ( ٤ ) مخطط الحصول على البنزين من التولوين .

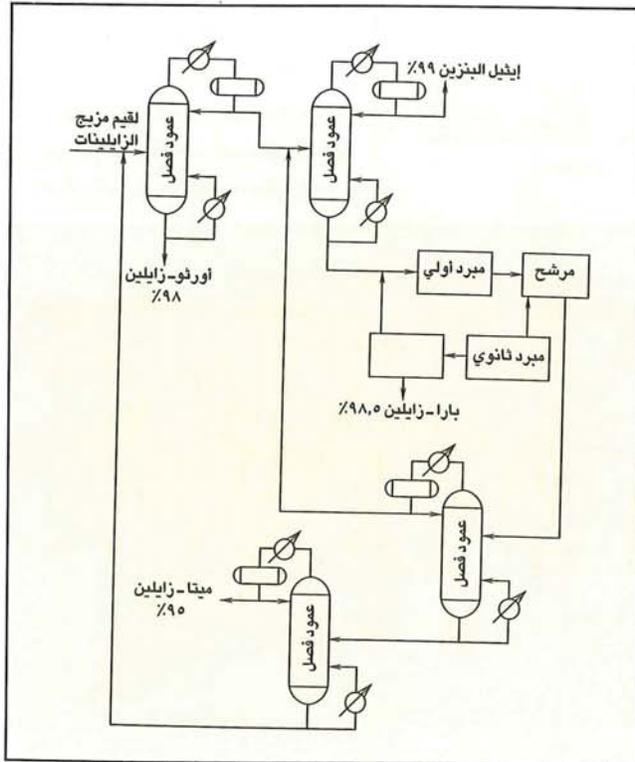
## المركبات العطرية

بالتقطير ولكن تعد عملية الفصل هذه مكلفة اقتصادياً لتقارب درجة غليانه من درجات غليان الميتا - زايلين والبارا - زايلين. ليس من السهل فصل ميتا - زايلين عن بارا - زايلين بالتقطير لتقارب درجات غليانهما ( الفرق درجة مئوية واحدة ) لذلك تطبق طريقة التبلور التجزيئي حيث أنه عندما يبرد مزيج العطوريات ذات الثمان ذرات كربون ( C 8 ) فإن بارا - زايلين يتبلور أولاً فيتم فصله ثم تعاد بلورته مرة أخرى للحصول عليه نقياً، كما يمكن استخدام طريقة الإمتزاز الإنتقائي على مادة صلبة تتبعها عملية إستخلاص بالمذيب أو تقطير إستخلاصي . وقد أمكن بهذه الطريقة فصل البارا - زايلين بدرجة نقاوة ٩٩,٥ ٪، ويوضح شكل ( ٧ ) مخطط فصل الزاييلينات باستخدام التقطير والتبلور .

يمكن زيادة إنتاج كل من أورثو - وبارا - زايلين وذلك باخضاع مزيج من العطوريات



● شكل ( ٦ ) إنتاج المركبات البتروكيميائية من التولوين .



● شكل (٧) مخطط فصل وتبلور الزاييلينات .

البنزيل وميثيل ستايرين وحامض التيرفتاليك وحامض البنزويك ، شكل (٦) .  
● الزاييلينات  
مركبات عطرية سائلة عديمة اللون ومتطايرة ، قابلة للإلتهاب تتواجد على شكل ثلاث مماكبات حسب مواقع المتبادلات الميثيلية (Methyl groups) ، وتنتج هذه المماكبات بنسب متنوعة حسب عمليات الفصل ، ويوضح الجدول (٣) النسب الناتجة من عمليات إعادة التشكيل الحفزي والتحلل الحراري للجازولين .  
تعد عملية فصل الزاييلينات بعضها عن بعض عملية صعبة نوعاً ما وذلك لتقارب درجات غليانهما ، غير أنه يمكن فصل الأورثو - زايلين بالتقطير لإمتلاكه درجة غليان أعلى من المماكبات الأخرى ، أما إيثيل البنزين فيمكن فصله أيضاً

البنزيل وميثيل ستايرين وحامض التيرفتاليك وحامض البنزويك ، شكل (٦) .  
● الزاييلينات  
مركبات عطرية سائلة عديمة اللون ومتطايرة ، قابلة للإلتهاب تتواجد على شكل ثلاث مماكبات حسب مواقع المتبادلات الميثيلية (Methyl groups) ، وتنتج هذه المماكبات بنسب متنوعة حسب عمليات الفصل ، ويوضح الجدول (٣) النسب

المركب	إعادة التشكيل الحفزي %	التحلل الحراري %
إيثيل بنزين	٢٥ - ١٥	٥٠ - ٣٥
بارا - زايلين	٢٢ - ١٢	١٤ - ١١
ميتا - زايلين	٤٥ - ٣٥	٢٣ - ٢٥
اورثو - زايلين	٢٥ - ١٥	٢٠ - ١٣

● جدول (٣) النسبة المئوية للزاييلينات حسب طريقة الإنتاج .

## المركبات العطرية

النسبة المئوية في C <sub>9</sub>	درجة التجمد/م	درجة الغليان/م	إسم المركب
٠,٢	٩٦,٠ -	١٥٢,٤٠	أيزوبروبيل البنزين
—	٩٩,٥ -	١٥٩,٢٢	بروبيل البنزين
٧,٤	٩٥,٠ -	١٦١,٥٠	١ - ميثيل - ٣ - إيثيل البنزين
٣,٤	٦٣,٧ -	١٦٢,٥٠	١ - ميثيل - ٤ - إيثيل البنزين
١٠,٥	٤٤,٨ -	١٦٤,٦٠	١ - ٣,١ - ثلاثي ميثيل البنزين
٣,٥	٨٨,١ -	١٦٥,١٠	١ - ميثيل - ٢ - إيثيل البنزين
٤٢,٤	٤٤,١ -	١٦٩,١٧	١ - ٢,٤ - ثلاثي ميثيل البنزين
٧,٨	٢٥,٤ -	١٧٦,١٠	١ - ٢,٢ - ثلاثي ميثيل البنزين

● جدول (٤) أهم مركبات العطريات الثقيلة وخواصها الفيزيائية .

نقاوة تصل إلى ٩٥٪. تستخدم العطريات الثقيلة ذات التسع ذرات كربون في صناعة الدهانات كميذبات أو يتم أكسدتها في الطور البخاري بوجود البروم فتتحول إلى مركبات كربوكسية تستخدم في صناعة الراتنجات الألكيدية (Alkyls) ، وهي تحدث نتيجة تفاعلات تكاثف بين أحماض وكحولات متعددة الوظائف مثل تفاعل بلا ماء حامض الفثاليك مع الجليسرول حيث تتشكل الإستيرات (Esters) وتكاثف مع بعضها لتعطي بوليمرات متعارضة .

بأكسدة الماكبات الزايلينية في الطور البخاري عند درجات حرارة مرتفعة فوق حافظ معدني محمول على أكسيد الفاناديوم وذلك كما موضح في شكل (٩) .

### ● العطريات الثقيلة

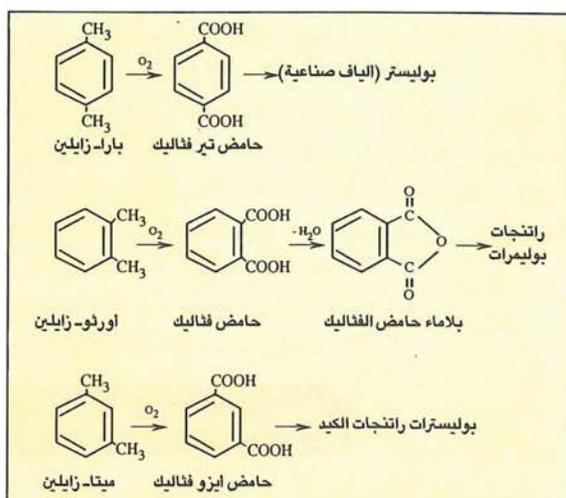
تعد العطريات ذات التسع والعشر ذرات كربون من أهم المركبات العطرية في الصناعات البتروكيميائية ، ويوضح الجدول (٤) تلك المركبات وخواصها الفيزيائية .

يعد ١,٢,٤ - ثلاثي ميثيل البنزين من أهم المركبات العطرية ذات التسع ذرات كربون ، ويمكن فصله بالتقطير بدرجة

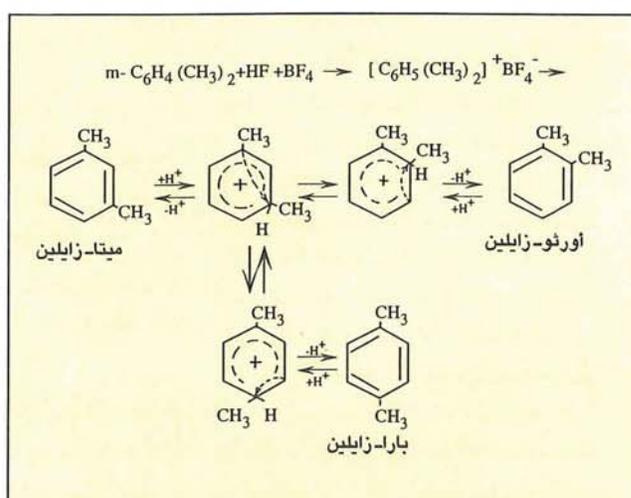
ذات الثمان ذرات كربون إلى عملية تماكب حيث يتميز ميتا - زايلين بقدرته على ضم بروتون بشكل أسهل من باقي الماكبات الأخرى و يتم تماكب الميتا - زايلين في الطور السائل بوجود ثلاثي فلوريد البورون وفلوريد الهيدروجين عند درجة حرارة ٥٠٠ م يتشكل كاتيون ( Cation ) ثم يلي ذلك سلسلة من تفاعلات انزياح المتبادلات الميثيلية (١,٢) وذلك كما موضح في شكل (٨) . يتم فصل معقد ميتا - زايلين عن أورثو - وبارا - زايلين بالتقطير ثم بتطبيق طريقة التبلور التجزيئي يمكن فصل بارازايلين عن أورثوزايلين .

بالإضافة إلى تفاعلات التماكب المذكورة فإن قسماً من المركبات قد يخضع إلى تفاعل إعادة ترتيب بين الجزيئات (Disproportionation) ينجم عنها تكوين التولوين ومتعدد ميثيل البنزين ، كما يمكن الحصول على الزايلينات من تفاعل إيثيل البنزين في الطور البخاري مع الهيدروجين فوق حافظ ثنائي المراكز الفعالة من أجل تفاعل التماكب وتفاعل نزع الهيدروجين (معدن) يؤدي إلى تشكل الألكين الحلقي الذي يتحول بدوره إلى زايلينات .

تستخدم الزايلينات في إنتاج أحماض الفثاليك التي يمكن إستخدامها في العديد من الصناعات البتروكيميائية ، ويتم ذلك



● شكل (٩) أكسدة الماكبات الزايلينية .



● شكل (٨) تفاعلات التماكب في الزايلينات .

# المفاعلات البتروكيميائية وعمليات التصنيع

م. عبد الله عبدالعزيز الموسى

٤- **التشغيل:** وتتمثل في تنشيط المواد المتفاعلة باستعمال المحفزات وإجراء التفاعل الكيميائي.

٥- **نقل الحرارة:** وتتمثل في عمليات نقل الحرارة من خلال امتصاص الطاقة بغرض التسخين والتبريد والتكثيف.

٦- **الفصل:** وتتمثل في عمليات فصل المواد عن بعضها البعض.

٧- **اختيار الشكل:** وتتمثل في عمليات اختيار الشكل الفيزيائي للمنتج النهائي وذلك بتحويله إلى بلورات أو مسحوق أو قطع بأحجام مختلفة.

وليس بالضرورة توافر جميع هذه المراحل في مصنع للبتروكيميائيات ولكن حسب الحاجة، ويوضح الشكل (١) مثلاً لتسلسل المراحل الصناعية في إنتاج مادة ميثيل ثالثي بوتيل الإيثر (MTBE).

وتعد العمليات الكيميائية الأساس في الصناعات البتروكيميائية وهي تجري في مفاعلات كيميائية تختلف باختلاف المواد الخام والمنتج النهائي.

وهناك طريقتان رئيسيتان لإنتاج العمليات الكيميائية عموماً، الطريقة المتقطعة أو ذات الدفعة (Batch Process)، والطريقة المستمرة (Continuous). تتم الطريقة الأولى بوضع المواد المتفاعلة في وعاء التفاعل على شكل دفعة واحدة، وبعد إتمام التفاعل تفرغ المنتجات النهائية وتجري عليها عمليات الفصل اللاحقة، أما في العمليات المستمرة فإن المواد الأولية تدخل بصورة مستمرة إلى المفاعل مع سحب المواد الناتجة بصورة مستمرة أيضاً إلى أجهزة الفصل المتصلة بالمفاعل. وتتميز العمليات المستمرة عن العمليات المتقطعة بمزايا عديدة منها مايلي :-

يمثل قطاع الصناعات البتروكيميائية جزءاً من الصناعات الكيميائية الذي يُعنى بإيجاد منتجات كيميائية من مواد خام ذات أصل نفطي، ولذلك فإن عمليات تصنيع البتروكيميائيات تعد الأرضية المشتركة التي يلتقي عليها كل من الصناعات النفطية والصناعات الكيميائية، حيث يضيف كل قطاع إلى الآخر مزايا جديدة وينتج في ذلك كيان جديد مستقل إلى حد ما عن كلا الأصلين.



منه كمنتجات نهائية بعدة مراحل منها ما يلي :-

١- **تهيئة المواد الخام:** تشمل هذه المرحلة عمليات النقل والتقطيع والتكسير والسحق وكذلك عمليات الإذابة والانصهار والتبخير والتسامي (Sublimation) وغيرها.

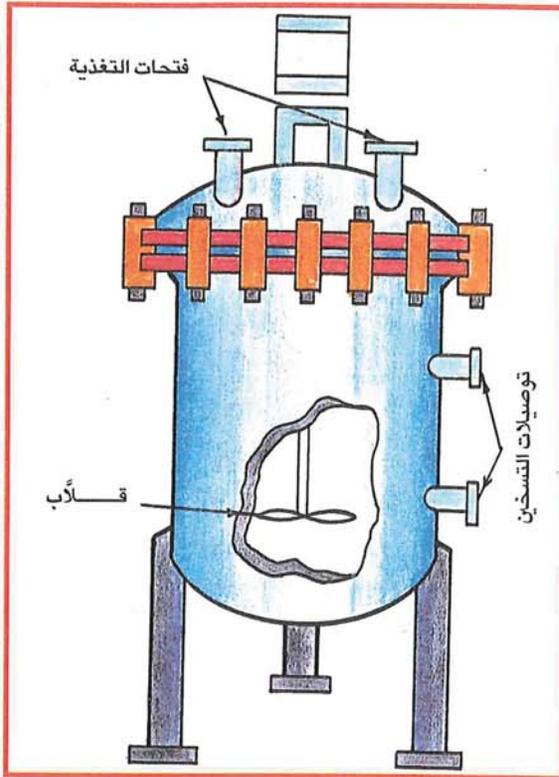
٢- **التجميع:** وتتمثل في عمليات تجميع أجزاء الخامات من خلال الخلط والتعجين واللف.

٣- **زيادة الحركة:** وتتمثل في عمليات زيادة حركة دقائق المواد فيما بينها باستعمال الطاقة الحرارية أو الميكانيكية وغيرها من أنواع الطاقة المختلفة.

تتميز العمليات الصناعية النفطية بأن لها ملامحها الخاصة، فهي في حالة سائل وذات أحجام إنتاجية كبيرة ومتعددة، فعلى سبيل المثال قد تستهلك مصفاة ذات حجم متوسط من خمسة إلى عشرة ملايين طن من الزيت الخام سنوياً، ولذلك فإن سعة وحدات معمل التكرير تعد هائلة بمقياس معظم الصناعات لأنها تحتوي مجموعة كبيرة من الأنابيب والخزانات لمعالجة المواد الخام والمنتجات.

## عمليات التصنيع

تمر المواد البتروكيميائية الأولية منذ دخولها المصنع كمواد خام وحتى خروجها



● شكل (٢) المفاعل ذو الدفعة.

إضافة المواد الداخلة في التفاعل - وبكمياتها المطلوبة - دفعة واحدة، شكل (٢) ثم تُسخن إلى درجة الحرارة المناسبة لسير التفاعل مع التقليب خلال فترة زمنية تناسب معدل التفاعل الكيميائي. ويستخدم هذا النوع من المفاعلات عندما تكون الكميات الإنتاجية صغيرة، ولفحص عمليات جديدة لم يكمل تطويرها بعد، أو لإنتاج مواد ذات قيمة مالية عالية جداً، كما أنه يستخدم كذلك في العمليات التي يصعب تنفيذها بعمليات مستمرة.

ومن خصائص هذا النوع من المفاعلات معدل التحول (تحول المادة المدخلة إلى ناتج نهائي) المرتفع الذي يتم من خلال ترك المواد المتفاعلة في المفاعل لفترة زمنية كبيرة. أما عيوبه فتتمثل في ارتفاع تكلفة التشغيل وصعوبة إنتاج كميات كبيرة. لذلك يندر استخدام هذا النوع من المفاعلات في الصناعات البتر وكيميائية التي تتميز معظم عملياتها بأنها عمليات مستمرة.

وتعد تفاعلات البلمرة من أبرز الحالات

الحرارة ما بين ١٨٥ م° إلى ٢٠٠ م°، لذلك يحتاج مصممي المفاعلات الكيميائية إلى معرفة جيدة ودقيقة لعوامل عديدة مثل حالات المادة والمحتوى الحراري للمواد الداخلة والناتجة عن التفاعل الكيميائي ودرجة الحرارة والضغط وسرعة التفاعل، وطرق سيره وإنجازه بالطريقة المتقطعة أو المستمرة والمحفزات المستخدمة، وطبيعة المعادن، وسبائكها المستعملة في تركيب المحفزات والمفاعلات ومعداتها وغيرها. وعلى هذا الأساس يعد تصنيف المفاعلات الكيميائية المستخدمة في المجالات التقنية عملية معقدة وصعبة

وليس كما هو الحال في العمليات الفيزيائية الآلية التي تؤدي في الغالب عند درجات الحرارة الاعتيادية. ويمكن تصنيف المفاعلات الكيميائية إلى الأنواع التالية :-

#### ● المفاعلات ذات الدفعة

يتم في المفاعل ذي الدفعة (Batch Reactor)

● سهولة وقلة تكاليف التحكم الآلي (Automatic Control) في العمليات المستمرة منه في المتقطعة.

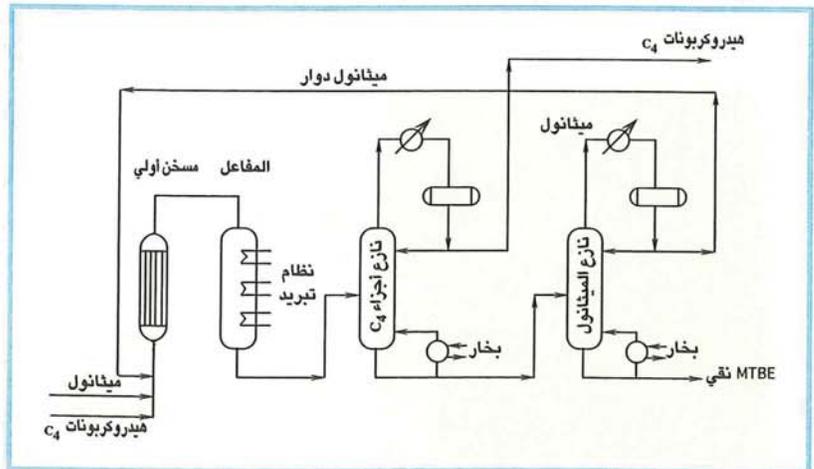
● ترشيد الطاقة وجعلها أكثر فاعلية إذ يسهل مثلاً الحصول على الطاقة اللازمة لتسخين مادة التغذية عن طريق التبادل الحراري (Heat Exchange) مع المواد الناتجة الساخنة، إذ تبرد الأخيرة بانتقال الحرارة منها إلى مادة التغذية. كذلك يمكن استخدام حرارة المنتجات في توليد بخار الماء اللازم لبعض العمليات الأخرى.

● زمن التفاعل (Reaction Time) أقصر بكثير من زمن التفاعل في النظام المتقطع.

ومن ما تقدم من مزايا في العمليات المستمرة، فإن للعمليات المتقطعة بعض المزايا منها أن هناك بعض العمليات البتر وكيميائية لا يمكن إجراؤها من الناحية الهندسية في مفاعلات مستمرة، مثل عملية البلمرة المعلقة (Suspension Polymerization) حيث تكون مادة التغذية عبارة عن حبيبات تتراوح ما بين ٠,١ إلى ١,٠ ملليمتر معلقة في المذيب وبالتالي يكون ضخها بالمضخات غير ممكن، وزيادة على ذلك فإن تكلفة تطوير العمليات المستمرة مقارنة بالعمليات المتقطعة مرتفعة.

## أنواع المفاعلات

تجري التفاعلات الكيميائية في المجالات الصناعية عند مدى واسع من درجات



● شكل (١) تسلسل عمليات التصنيع في إنتاج مادة MTBE.

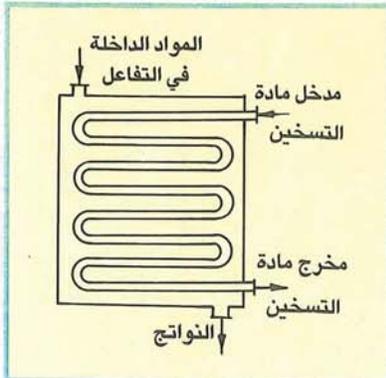
الاستقرار كما هو الحال في مفاعل الصهرج مستمر التقلب، وفي هذا النوع من المفاعلات فإن المواد المتفاعلة تستهلك باستمرار أثناء سريانها على طول البرج. وقد تم تصميم هذا المفاعل بحيث يتغير تركيز المادة في اتجاه الحركة خلال المفاعل، ويتغير تبعاً لذلك معدل التفاعل الذي يعتمد بدوره على التركيز.

ومن مزايا هذا المفاعل أنه سهل التعامل حيث لا يحتوي على أجزاء متحركة، كما أن له أعلى معدل تحول بالنسبة لحجمه مقارنة بالأنواع الأخرى من مفاعلات السريان المستمر، ومن عيوبه صعوبة التحكم في درجة الحرارة داخل المفاعل، حيث تنشأ نقاط ساخنة داخل المفاعل في حالة التفاعلات الطاردة للحرارة. ويستخدم هذا المفاعل عادة في إجراء التفاعلات المتجانسة في الطور الغازي.

ومن أمثلة المواد المنتجة بوساطة هذا المفاعل خلات الفينيل (Vinyl Acetate) من تفاعل الإيثيلين مع حامض الخل في الطور الغازي.

### ● المفاعلات الحفزية

تستخدم المحفزات في معظم الصناعات البتر وكيميائية، وهي تنقسم من حيث الحالة أو الطور (Phase) أو مواد التغذية والمنتجات إلى محفزات متجانسة (Homogeneous) وغير متجانسة (Heterogeneous) فإذا كانت كل من مادة التغذية والمحفز في حالة سائلة يكون الحفز متجانساً، أما إذا كانت مادة المحفز صلبة ومادة التغذية سائلة أو غازية يكون الحفز غير متجانس.



● شكل (٥) مفاعل السريان الأنبوبي.

أنواع وأشكال من أهمها مايلي :-

● مفاعل الصهرج مستمر التقلب (Continuous Stirred Tank Reactor - CSTR) ويستخدم بكثرة في التطبيقات الصناعية، وهو يتكون كما في الشكل (٣) من خزان يحتوي على مُقَلَّب تدخل إليه المواد المتفاعلة وتسحب المنتجات باستمرار، وهو يعمل عادة في حالة استقرار (Steady State). وحتى يكون الخلط تاماً فإنه يؤخذ في الحسبان

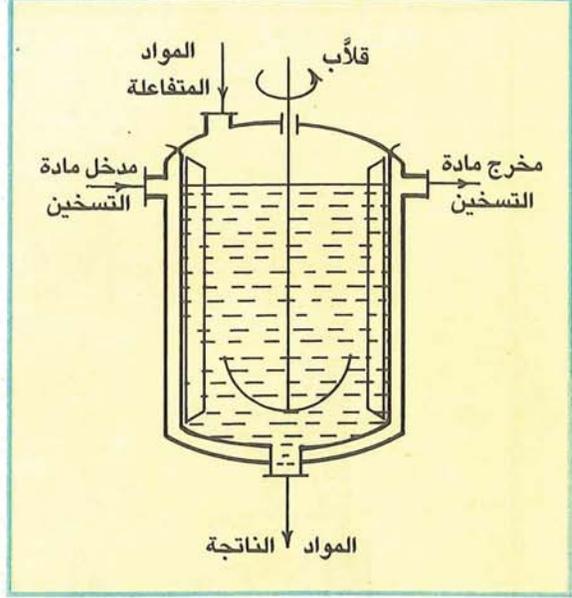
عند تصميمه ثبات كل من تركيز المادة ودرجة الحرارة ومعدل التفاعل (Reaction Rate) من نقطة إلى أخرى داخل المفاعل حتى نقطة الخروج. ويستخدم هذا النوع من المفاعلات عندما تكون هناك حاجة للخلط الشديد، كما يمكن استخدامه بمفرده أو كجزء من سلسلة من المفاعلات كما في الشكل (٤).

في هذا النوع من المفاعلات يسهل التحكم في درجة الحرارة، إلا أنه يتميز بأصغر معدل تحول للمواد المتفاعلة بسبب صغر حجم صهرجه مقارنة بصهاريج المفاعلات المستمرة الأخرى، ونتيجة لذلك فإنه يحتاج إلى صهاريج ذات أحجام كبيرة للحصول على معدل تحول مرتفع. ومما يجدر ذكره أن معظم التفاعلات السائلة المتجانسة تجري في هذا النوع من المفاعلات.

ومن أمثلة المواد المنتجة بوساطة هذا النوع من المفاعلات مادة الإيثيلين جليكول والتي هي نتاج تفاعل مادة أكسيد الإيثيلين مع الماء.

### ● مفاعلات السريان الأنبوبي

يستخدم مفاعل السريان الأنبوبي (Plug Flow Reactor - PFR) في التفاعلات المتجانسة في الطور الغازي، يتألف من برج أسطواني - شكل (٥) - يعمل عادة في حالة

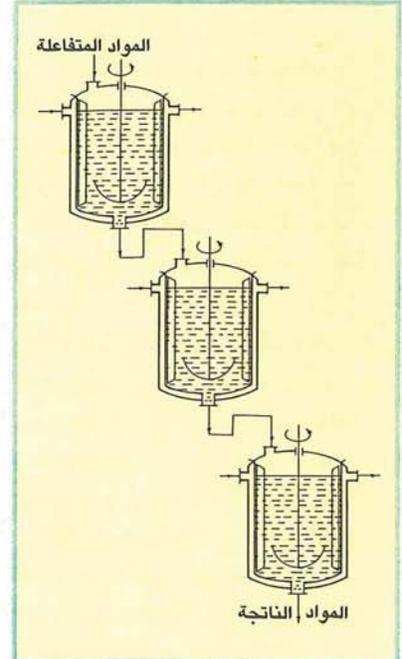


● شكل (٣) مفاعل الخزان المستمر المُقَلَّب.

التي يستخدم فيها هذا النوع من المفاعلات، فمثلاً مادة البولي ستايرين والتي يتم حالياً إنتاجها في المملكة العربية السعودية تجري تفاعلاتها في هذا النوع من المفاعلات.

### ● مفاعلات السريان المستمر

تتألف مفاعلات السريان المستمر (Continuous-Flow Reactors) من عدة



● شكل (٤) سلسلة من مفاعلات الخزان المستمر.

صلاحية استعماله بعد ذلك ، بالإضافة إلى الضرر الذي يحدث لمادة المفاعل نتيجة للحرارة العالية ، علاوة على تبديد مادة التغذية في إنتاج منتجات غير مرغوب فيها بسبب ازدياد سرعة التفاعلات الجانبية (Side Reactions) لدرجة كبيرة ، كذلك تزداد نسبة الفحم الذي يترسب على المحفز ويضعف بالتالي نشاطه الحفزي .

يمكن التغلب على عيوب المفاعلات الكظيمة بوضع جهاز تسخين بين كل مفاعلين من المفاعلات عند إستعمال مجموعة منها ، في حالة العمليات الماصة للحرارة أو جهاز تبريد في حالة العمليات الطاردة للحرارة ولكن في هذه الحالة تضيق الخاصية المميزة لهذه المفاعلات وهي بساطتها وقلة تكلفتها.

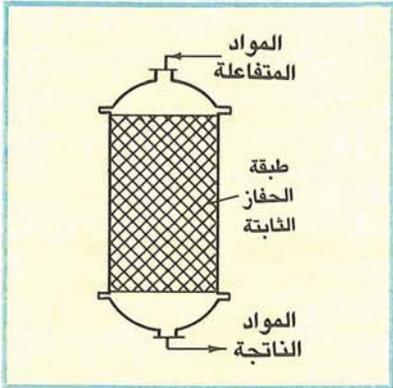
ومن المواد التي تنتج في المفاعل الكظيم ذو الطبقة الثابتة مادة الميثانول من الغاز الطبيعي، وكذلك مادة ميثيل ثالثي بوتيل الإيثر (MTBE) والتي تستخدم كمحسن لجازولين السيارات ، وهاتين المادتين تنتجان في الملكة بوساطة هذا النوع من المفاعلات.

● المفاعلات ثابتة درجة الحرارة (Isothermal Reactors) : وفيه يمكن اكتساب حرارة أو التخلص منها بحيث تصبح درجة الحرارة ثابتة تماماً ، وقد تتخذ هذه المفاعلات شكل أنبوب أو مجموعة أنابيب مشحونة بالمحفز ومحاطة بوسط ناقل للحرارة (تسخين أو تبريد) ، وقد يكون هذا الوسط سائلاً ساخناً عند درجة حرارة معينة أو بخار له نقطة غليان معينة ، وقد يتم التسخين المباشر للأنابيب بحرق وقود سائل أو غازي في الفراغ المحيط بها للدرجة الحرارية المطلوبة .

ويختلف اتساع أنبوب المفاعل المشحون بالمحفز تبعاً لاختلاف معدل انتقال الحرارة (Rate of Heat Transfer) وتُدرج الحرارة (Temperature Gradient) من خارج طبقة المحفز إلى مركزها ، فمثلاً في عملية الأكسدة - حيث التفاعلات طاردة للحرارة بدرجة كبيرة - نجد أن قطر الأنبوب حوالي ٢,٥ سم ولكن يستخدم عدداً كبيراً منها يقدر بالآلاف، بينما يصل قطر أنبوب مفاعل إعادة التشكيل بالبخار (Steam Reforming) - عملية ماصة للحرارة - إلى ٢٠ سم أو يزيد .

عنصر التسخين ومنظم الحرارة واحد فقط ، ولذلك لاتصلح هذه المفاعلات لإجراء العديد من العمليات البتر وكيميائية التي تحتاج إلى درجة حرارة ثابتة ، وإنما تستخدم في العمليات التي لا يصحبها تغيرات كبيرة في الحرارة ، أو في العمليات التي تشتمل على عدد من التفاعلات بعضها ماص والبعض الآخر طارد للحرارة بحيث تكون المحصلة الحرارية في المفاعل هي عدم حدوث تغير ملحوظ في درجة حرارته .

وهناك خطورة كبيرة في استخدام المفاعل الكظيم في العمليات التي تتميز بطرد حراري شديد مثل الأكسدة ، إذ أن الحرارة تتراكم بشدة عند المدخل بحيث يحدث تثبيط للمحفز (Sintering of the Catalyst) يتسبب في عدم



● شكل (٦) المفاعل الكظيم ذو الطبقة الثابتة.



● شكل (٧) مفاعل الطبقة المانعة .

تعد المحفزات غير المتجانسة أكثر استخداماً من المحفزات المتجانسة حيث أصبحت أغلب العمليات غير المتجانسة هي السائدة في الصناعات البتر وكيميائية. وفي العمليات غير المتجانسة يؤخذ في الحسبان - بالدرجة الأولى - ظاهرة الانتقال الحراري والتي على أساسها يمكن تقسيم المفاعلات ذات الحفز غير المتجانس إلى ما يلي :-

● المفاعلات الكظيمة (Adiabatic Reactors) : وفيها تكون الحرارة ثابتة، وهي أبسط المفاعلات الحفزية حيث لا يحدث أي تبادل حراري مع الوسط الخارجي في المفاعل ، فإذا كان التفاعل ماصاً للحرارة (Endothermic Reaction) فإن منطقة مدخل المفاعل (Inlet) بما تحويه من محفز داخلها تنخفض درجة حرارتها نظراً لامتناس كمي المواد المتفاعلة للحرارة من هذه المنطقة كي يتم تحول هذه المواد إلى منتجات ، وبالتالي تصبح درجة حرارة المدخل أقل من درجة حرارة المخرج (Outlet) فمثلاً في عملية إزالة الهيدروجين الحفزية (Catalytic Dehydrogenation) فإنه عند ضبط درجة حرارة المفاعل الكظيم عند ٦٠٠°م تصبح درجة حرارة المدخل ٥٠٠°م بينما يظل المخرج عند ٦٠٠°م تقريباً وذلك لأن تفاعل إزالة الهيدروجين ماص للحرارة . أما في حالة التفاعلات الطاردة للحرارة (Exothermic Reactions) ترتفع درجة حرارة المفاعل الكظيم عن الدرجة التي تم اختيارها . فإذا ضبطت درجة المفاعل عند ٢٠٠°م لعملية الهدرجة (Hydrogenation) ترتفع درجة حرارة المدخل إلى ٣٠٠°م بينما تظل درجة حرارة المخرج عند ٢٠٠°م تقريباً ، إذ من الطبيعي أن تمتص طبقة المحفز عند المدخل ما يطرده التفاعل من حرارة فتزداد درجة حرارة المدخل .

ويتكون المفاعل الكظيم كما في الشكل (٦) من وعاء مغلق محشو بطبقة ثابتة من المحفز تضخ إليها المواد المتفاعلة (مادة التغذية) من جهة وتخرج المنتجات من الجهة الأخرى . ويعد هذا النوع من المفاعلات رخيص التكلفة نسبياً نظراً لأن

الجزيئات حاملة الطاقة الحرارية وتصادها مع الجزيئات الباردة وتكسبها طاقة أكثر مما كانت عليها . وتنقل الحرارة بالإشعاع خارج الجسم الساخن خلال الوسط المحيط به سواء أكان فراغاً أم وسطاً مادياً بحيث لا تتغير درجة حرارة هذا الوسط وبهذه الطريقة تنتقل الحرارة من الشمس إلى الأرض خلال الغلاف الجوي .

تكتسب عمليات انتقال الحرارة بالتوصيل والحمل أهمية خاصة في عمليات التسخين والتبريد في مجالات الصناعات الكيميائية والبتروكيميائية ، ولا يحدث الانتقال الحراري في العمليات الصناعية بإحدى هذه الطرق منفصلة عن بعضها بل تتداخل فيما بينها بشكل أو بآخر .

يتم الانتقال الحراري عادة في أجهزة مخصصة لذلك تعرف بالمبادلات الحرارية (Heat Exchangers) ، وهي ذات أشكال وأنواع مختلفة إلا أن النوع الغالب منها لا يحدث فيه تلامس مباشر بين المائع الساخن (Hot Fluid) والمائع البارد (Cold Fluid) حيث يفصل بينهما عادة جدار أنبوبي أو سطح مستو أو منحني . ويتم انتقال الحرارة من المائع الساخن إلى الجدار عن طريق الحمل ، وخلال الجدار عن طريق التوصيل ، ومن الجدار إلى المائع البارد عن طريق الحمل مرة أخرى . ولعلنا نتعرض بالوصف لبعض أهم أنواع المبادلات الحرارية المستخدمة ، في العمليات الصناعية وذلك كما يلي:-

جانب من المفاعل وخلال الغشاء النفاذ الذي يسمح لأحد منتجات التفاعل فقط بالنفاذ ويعوق المواد الأخرى ، ونتيجة لذلك تقل كمية المادة المنتجة في وسط التفاعل وبذلك يتم كسر حالة الاتزان فيسير التفاعل في اتجاه المواد المنتجة مما يرفع نسبة التحول في التفاعل الكيميائي .

## انتقال الحرارة

يستعمل الانتقال الحراري (Heat Transfer) بكثرة في عمليات تصنيع البتروكيميائيات بسبب احتياج مادة التغذية في المفاعلات - في أحيان كثيرة - إلى رفع درجة حرارتها قبل دخولها المفاعل لزيادة سرعة التفاعل ، في حين تكون درجة حرارة المواد الناتجة من التفاعل عالية جداً مما يستدعي تبريدها ، كذلك يلزم نقل الحرارة أثناء سير التفاعل سواءً بالتسخين في التفاعلات الماصة للحرارة أو بالتبريد في التفاعلات الطاردة للحرارة .

وتستند فكرة نقل الحرارة من الموضع الساخن إلى الموضع البارد على الطرق الثلاث المعروفة : التوصيل ، الحمل ، والإشعاع .

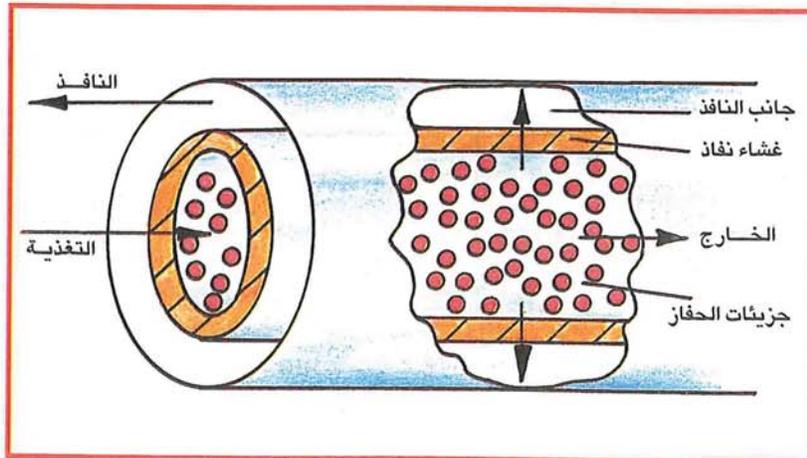
يحدث انتقال الحرارة بالتوصيل في المواد الصلبة عن طريق تلامس جزيئات المادة مع بعضها فتنتساب الحرارة من الجزء الساخن إلى الجزء البارد . أما انتقال الحرارة بالحمل فيحدث في الموائع (السوائل والغازات) بتحرك

تعد مفاعلات الطبقة المائعة (Fluidized - Bed Reactor) - شكل (V) - من أكثر أنواع المفاعلات ثابتة الحرارة دقة . وتبنى نظرية هذه المفاعلات على أنه عند مرور تيار غازي من أسفل إلى أعلى خلال طبقة من الحبيبات الدقيقة (Fine Particles) فإن هذه الطبقة تصبغ في حالة مائعة عند سرعة معينة للتيار الغازي للحفاظ على حبيبات المحفز معلقة في الوسط المطلوب وبذا تسلك مسلك السائل خاصة في سلوكها الفيزيائي . ويتم التسخين أو التبريد في هذه المفاعلات بإمرار وسط ناقل للحرارة في أنابيب مستقيمة أو على شكل ملف يغمس في الطبقة المائعة . ورغم أن مفاعلات الطبقة المائعة من أفضل المفاعلات ثباتاً للحرارة حيث تثبت فيها درجة الحرارة بدقة متناهية ، إلا أنها أكثر تعقيداً من الناحية الهندسية من مفاعلات الطبقة الثابتة (Fixed Bed) - وكذلك يختلف النوعان من الناحية الحركية (Kinetics) . وتستعمل مفاعلات الطبقة المائعة بوجه خاص في عمليات التكسير المحفز حيث يسهل فيها إعادة تنشيط المحفز الفوار بصفة مستمرة نظراً لقدرة على الحركة وذلك بحرق الكربون المترسب على المحفز بكميات كبيرة ، كما أن الانتقال الحراري يكون على أكمل وجه نظراً للصغر المتناهي لحبيبات المحفز .

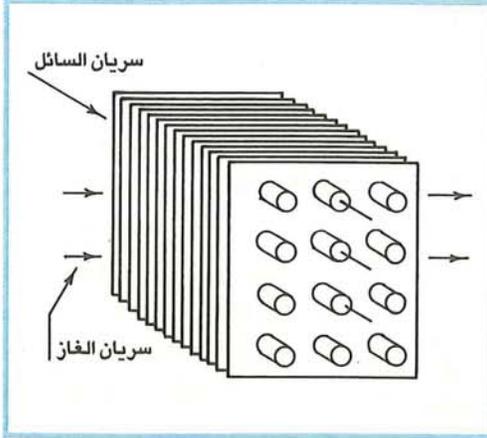
ويستخدم المفاعل ذو الطبقة المائعة في تفاعلات الأكسدة مثل أكسدة النفثالين أو الأورثو - زيلين إلى حامض بلا ماء الفثاليك .

## الجديد في المفاعلات الكيميائية

من المعلوم أن التفاعلات العكسية لا يمكن أن تكتمل في الظروف العادية ، بمعنى أنه لا يمكن أن تصل نسبة تحول المواد المتفاعلة إلى المواد الناتجة إلى ١٠٠٪ ، وذلك لأن قوانين الديناميكا الحرارية تعوق تلك العملية ، حيث أن التفاعل العكسي يصل إلى حالة اتزان بين المواد المتفاعلة والناتجة والذي لا يمكن تخطيه إلا بكسر هذا الاتزان وجعل التفاعل يسير في اتجاه المواد الناتجة . من أجل ذلك تم استخدام مفاعلات تحتوي على غشاء نفاذ كما في شكل (A) حيث يحدث التفاعل في غير



● شكل (A) المفاعل ذو الغشاء النفاذ.



● شكل (١١) مبادل السريان المتقاطع.

الإجمالية لمصنع البتروكيميائيات . كما أن لها أهمية كبرى في مختلف مراحل التصنيع ، ومن أمثلة ذلك تستخدم هذه العمليات في تنقية المواد الخام من الشوائب التي قد تؤثر على قيمة المنتج أو سير التفاعلات ، كما يتم اللجوء إليها عند الرغبة في زيادة تركيز مادة ما في محلول ، بإزالة كمية كبيرة من المذيب .

وتستخدم عمليات الفصل كذلك في حالة فصل عدة مركبات بعضها عن بعض — وهو ما يعرف بالتجزئة — وذلك مثل عمليات التقطير والفصل الكروموتوجرافي . ومن أهم طرق الفصل مائي :-

### ١- التقطير (Distillation)

تعد عملية التقطير أهم الطرق الصناعية للفصل . وتعتمد على مبدأ فيزيائي أساس وبسيط يقوم على إنشاء تلامس قوي بين خليط متجانس في الطور السائل والطور البخاري (الغازي) ، يتيح إنتقال المادة بين الطورين . وينتج الطور البخاري بتبخير الخليط السائل عن طريق الغليان . ويتمثل المتطلب الأساس للفصل بالتقطير في أن تركيب (Composition) البخار مختلفاً عن تركيب السائل الذي يكون في حالة إتزان معه عند درجة غليان السائل ، وتستخدم عملية الفصل بالتقطير في المحاليل التي تكون مكوناتها متطايرة مثل محلول الأمونيا والماء أو محلول الإيثانول والماء حيث يوجد كلا المكونين في الطورين البخاري والسائل .

يمكن أن يجري التقطير بإحدى طريقتين رئيسيتين : الأولى تتضمن إنتاج البخار بغلي

الأنابيب بينما يسري المائع الساخن عمودياً في الحيز المحيط بالأنابيب على حزمة الأنابيب بدلاً من السريان الموازي لها مؤدياً إلى زيادة معدل انتقال الحرارة بينهما .

### ٣- مبادل السريان المتقاطع (Cross - Flow Exchanger) :

ويستخدم عند تسخين أو تبريد مادة غازية مثل الهواء بوساطة مائع ، الشكل (١١) ، وفي هذه الحالة يسري المائع السائل داخل الأنابيب ، بينما يسري الغاز في اتجاه متقاطع مع الأنابيب . ويتم التبادل الحراري في هذه الحالة بالحمل الجبري أو الحمل الطبيعي .

## عمليات الفصل

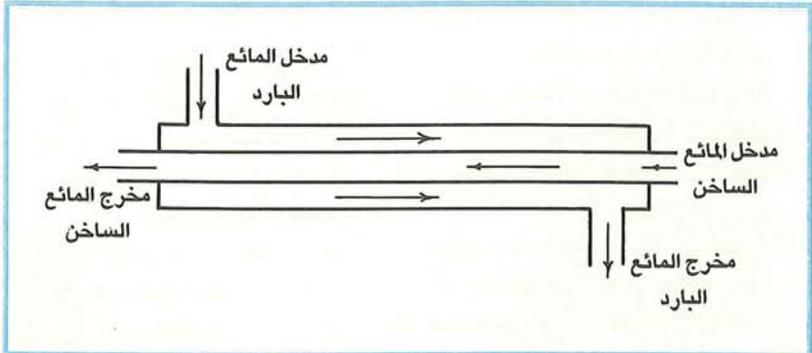
تستأثر عمليات الفصل في الصناعات البتروكيميائية بجزء كبير من التكلفة متجانس

### ١- المبادل الحراري ثنائي الأنبوب (Double - Pipe Heat Exchanger) :

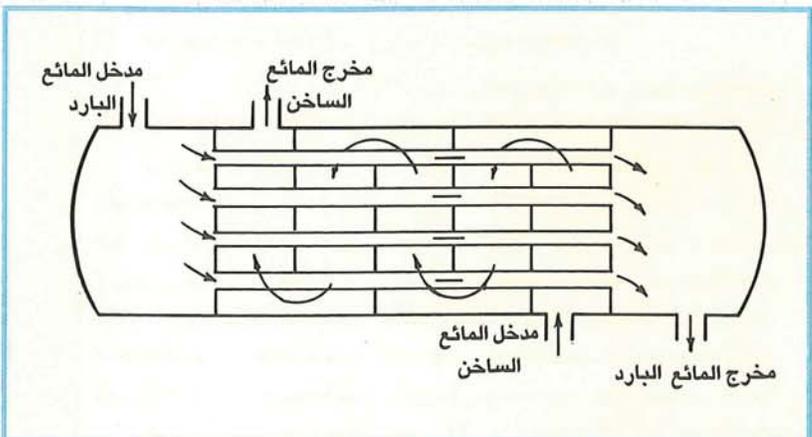
وهو أبسط أنواع المبادلات الحرارية ، ويتكون كما في الشكل (٩) من أنبوبتين إحدهما داخل الأخرى ، حيث يسري أحد المائعين في الأنبوبة الداخلية والآخر خلال الحيز المحصور بين الأنبوبتين . ويمكن أن يسري المائع في الاتجاه نفسه أو في اتجاهين متضادين ، وهذا النوع من المبادلات يكون نافعا للتبادل الحراري للموائع ذات معدلات السريان المنخفضة .

### ٢- مبادل الطبقة والأنبوب (Shell and Tube Exchanger) :

ويعد أهم أنواع المبادلات المستخدمة صناعياً ، وهو يستخدم لمعدلات السريان العالية ، وفيه يكون السريان مستمراً ، ويتكون المبادل من حزمة من الأنابيب المتوازية يمر أحد المائعين داخلها ويسري المائع الآخر في الحيز المحيط بالحزمة ، ويوضح شكل (١٠) أبسط أنواع هذه المبادلات حيث يسري المائع البارد داخل



● شكل (٩) المبادل الحراري ثنائي الأنبوب.



● شكل (١٠) مبادل الطبقة والأنبوب.

جزيئي (Molecular Diffusion) ومضطرب أو انتقال المادة المذابة خلال طبقة راکدة من الغاز إلى طبقة راکدة تم تقطيرها من السائل ، ومن أمثلة ذلك امتصاص الأمونيا من الهواء بوساطة الماء ، (الأمونيا والماء) للحصول على أمونيا نقية نسبياً .

وعلى العكس من عملية الامتصاص تحدث عملية المـج (Desorption) - والتي تعتمد على نفس المبادئ والنظريات الأساس بانتقال المادة المذابة من السائل إلى الغاز. وتعد عملية النزح البخاري (Steam Stripping) للزيوت غير المتطايرة خير مثال على عملية المـج ، حيث يتلامس بخار الماء مع الزيت فتنتقل الكميات الصغيرة من المواد المتطايرة في الزيت مع بخار الماء وتبقى المواد غير المتطايرة .

### ٣- الاستخلاص

وهي عملية فصل مكونات المواد الصلبة أو السائلة باستخدام مذيب ، ومن أشهر عمليات الاستخلاص في الصناعات البتر وكيميائية استخلاص سائل من سائل آخر ، تستخدم هذه العملية عندما يكون كلا الطورين سائلاً ، حيث تُسحب المادة أو المواد المذابة من طور سائل إلى سائل آخر ، وتتكون وحدة الاستخلاص عادة من عدة مراحل متتالية يمر فيها سائلان إما في اتجاه واحد أو متعاكس أو متقاطعين ، ومن أمثلة ذلك استخلاص حامض الخل (Acetic Acid) من محلول مائي باستخدام الإيثر الأيزوبروبيلي (Isopropyl Ether) .

### ٤- الفصل بالأغشية

تكتسب عمليات الفصل باستخدام الأغشية (Membrane Processing) أهمية متزايدة في العمليات الصناعية، وفي هذه الطريقة - التي تعد جديدة نوعاً ما - يعمل الغشاء كحائض شبه نفاذ يمنع سريان الطورين فيما بينهما. وتحدث عملية الفصل بالغشاء الذي يتحكم في معدل حركة الجزيئات المختلفة بين طورين مائعين أو غازيين أو بين طورين أحدهما غازي والآخر سائل . وعادة يكون كلا الطورين المائعين ممتزجين ببعضهما .

بالتقطير التجزيئي (Fractional Distillation)، ويوضح الشكل (١٢) أن مادة التغذية (Feed) تدخل في وسط برج التقطير تقريباً وتسري إلى الأسفل إلى أن تقابل أول صينية منخلية فتدخل فيها ، بينما يدخل البخار المتصاعد الصينية على شكل فقاعات خلال السائل النازل ، ويكون السائل والبخار اللذان يغادران تلك الصينية في حالة اتزان . يستمر البخار في الصعود إلى أن يصل الصينية أو المرحلة التالية حيث يتلامس مرة أخرى مع السائل النازل . بهذه الطريقة يزداد تركيز المادة الأكثر تطايراً - والتي تكون أقل المكونات في درجة الغليان - في البخار من مرحلة إلى المرحلة التي تليها في الاتجاه الصاعد ، بينما يقل تركيزها في السائل من مرحلة إلى المرحلة التي تدونها . يكتف ناتج البخار النهائي والذي يخرج من قمة البرج في مكثف ، ويؤخذ جزء منه كمنتج علوي (Overhead Product) حيث يكون غنياً بالمادة الأكثر تطايراً بينما يعاد الباقي مرة أخرى كراجع (Reflux) إلى الصينية العليا في البرج .

يدخل السائل المغادر من الصينية السفلى في البرج إلى غلاية (Reboiler) حيث يتبخر جزئياً ، ويسحب كمنتج سفلي (Bottom Product) غني بالمادة الأقل تطايراً ويعاد البخار الذي في داخل الغلاية إلى الصينية السفلى داخل البرج. يوضح الشكل (١٢) برج تقطير يعمل بثلاث صواني بينما في معظم الحالات يكون عددها أكثر بكثير من ذلك .

### ٢- الامتصاص والمج

تحدث عملية الامتصاص (Absorption) عندما يكون الطوران المتلامسان غاز وسائل ، حيث تنتقل المادة أو المواد المذابة (Solutes) من الطور الغازي إلى السائل بالامتصاص . وتتضمن هذه العملية انتشار

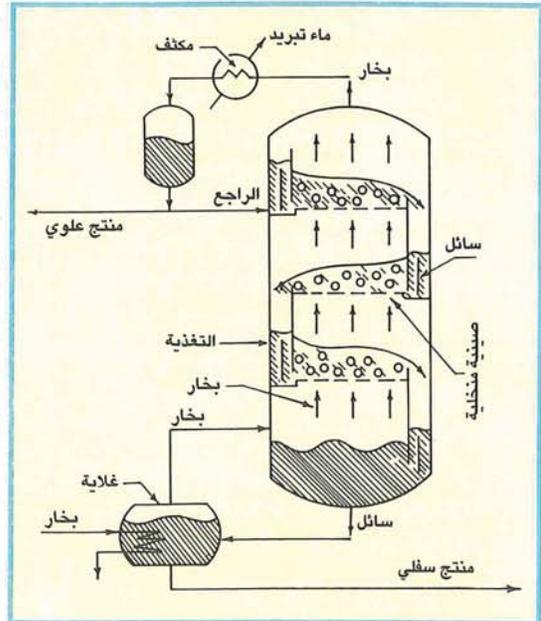
المخلوط السائل المراد فصل مكوناته في مرحلة واحدة (Single Stage) ثم يجمع البخار ويكثف وفي هذه الطريقة لايعاد جزء من البخار المكتف إلى طبقة التقطير ليتماس مع البخار المتصاعد . وهناك ثلاثة أنواع من التقطير بهذه الطريقة، هي :-

※ التقطير التوازني أو الومضي : وفيه يحدث تبخير جزئي لمخلوط السائل ويترك البخار إلى أن يصل إلى حالة إتزان مع السائل ثم يفصل البخار عن السائل.

※ التقطير المتقطع أو التفاضلي : وفيه يدخل السائل إلى وعاء تسخين ويترك ليغلي ببطء ويسحب البخار بسرعة حال تكونه إلى مكثف، ويكون الجزء الأول من البخار المكتف غنياً بالمادة الأكثر تطايراً .

※ التقطير ببخار الماء : ويستخدم عادة عند الرغبة في فصل مكونات ذات درجات غليان عالية من كميات قليلة من الشوائب غير المتطايرة .

أما الطريقة الأخرى للتقطير فتتضمن رجوع جزء من البخار المكتف إلى برج التقطير الذي يحتوي على عدة مراحل أو طبقات للتقطير تكون عادة على شكل صواني منخلية (Sieve Tray) . وتعرف هذه الطريقة



● شكل (١٢) برج تقطير يحتوي على ثلاث صواني .



## الصناعات البتروكيميائية في المملكة

أ. يوسف عبد الله اليحيى

والبولي بروبيلين ، إضافة الى أقسام أخرى لتطوير العوامل المساعدة «المحفّزات» في الصناعات البتروكيميائية وإجراء إختبارات التآكل. وتعمل سابق على نقل التقنية وتطويرها ، وزيادة حصص تسويقها عالميا من خلال الشركات الأجنبية العالمية المشاركة والتي منها الأمريكية (هوشست سيلانيز ، بانهانديل إيسترن ، إيكسون ، موبيل ) ، واليابانية ( ميتسوبيشي ) ، والكورية الجنوبية (شركة لاكي جولد ستار) ، والصين الوطنية (تايوان للأسمدة) ، والفلندية (نستي أوي) ، والإيطالية (إكوفيلول) . إضافة إلى ذلك يوجد في العديد من مدن المملكة أكثر من مئتي مصنع وطني يعتمد على الصناعات البتروكيميائية والأسمدة التي تنتجها سابق .

### النشأة والتطور

تعد صناعة الأسمدة التي بدأت في المملكة عام ١٣٨٥هـ أول نشاط لمؤسسة

تحرص المملكة العربية السعودية على تطوير الصناعات البتروكيميائية للإستفادة من المصادر الطبيعية التي تزخر بها أرضها المعطاءة ، وقد أكدت خطط التنمية المتعاقبة على أهمية التوسع في الصناعات المعتمدة على الغاز الطبيعي والنفط وتشجيع القطاع الخاص من خلال القروض الميسرة ، كما أكدت على إعطاء التعليم أهمية قصوى لتخريج الكوادر الفنية المؤهلة من خلال الجامعات والكليات التقنية والصناعية ومعاهد التدريب المهني، وتشجيع القطاع الخاص على تكثيف برامج التدريب والصيانة في مجال الصناعات البتروكيميائية ، وتعد الصناعات البتروكيميائية العامل الرئيس في البرامج الصناعية في كل من القطاعين العام والخاص.

وإقامة التجهيزات الأساس وتشغيل مرافق الخدمات البلدية بالمدينتين وتسهيل فرص الإستثمار المختلفة بالتعاون مع القطاع الخاص ومساعدته في هذا المجال .

أنشأت سابق مجمّعها الصناعي للبحث والتطوير في مدينة الرياض ويحتوي على تجهيزات متقدمة لإجراء المشاريع البحثية في مجال المنتجات اللدائنية ويحتوي المجمع على مصنعين للبولي إيثيلين لإنتاج العديد من الأصناف التجريبية للبولي إيثيلين

من منطلق حرص المملكة على الإستفادة من جميع منتجات النفط والغاز الطبيعي تم في عام ١٣٩٦هـ تأسيس الشركة السعودية للصناعات الأساس « سابق » لإقامة الصناعات البتروكيميائية الأساس والمساندة ، والعمل على استثمار موارد المملكة وتسويق منتجاتها ، ونتيجة لذلك أنشئت مدينتين صناعيتين في الجبيل وينبع للصناعات البتروكيميائية ، وقد عهد للهيئة الملكية للجبيل وينبع مسؤولية تخطيط

المملكة على الغاز الطبيعي المنتج من قبل أرامكو السعودية حيث يتم تجميعه وتجفيفه وإزالة مركبات الكبريت العضوية مثل المركبتانات وغير العضوية مثل كبريتيد الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون والنيتروجين ، ويضغط مع التبريد ، ثم تفصل مكوناته ابتداءً بالغاز الأخف ( الميثان ) ثم الإيثان فالبروبان والبوتان وكمية قليلة من الغازات الأخرى . وتعمل سوابك على الإستفادة بشكل رئيس من غازي الميثان والإيثان لإنتاج مركبات بتروكيميائية وسطية أو نهائية من خلال عدد من المصانع يوضحها شكل (١) .

ومما يجدر ذكره أن الطاقة الإنتاجية لمصانع البتروكيميائيات التابعة لسوابك (سبعة عشر منتج كيميائي غير الأسمدة ) في تزايد مستمر ، وذلك يتضح عند مقارنة الطاقة الإنتاجية لمختلف المواد الكيميائية لتلك المصانع للأعوام ١٤٠٨ هـ و١٤١٠ هـ و١٤١٣ هـ ، جدول (١) . كما يلاحظ من الجدول أن الطاقة الإنتاجية لعام ١٤٠٨ هـ بلغت أكثر من سبعة ملايين طن متري في حين أنها بلغت أكثر من عشرة ملايين طن متري عام ١٤١٣ هـ . ومن أهم المواد البتروكيميائية الوسيطة التي تعتمد عليها مصانع سوابك ما يلي :-

### ● الإيثيلين

تقوم على الإيثيلين عدد من الصناعات المحلية مثل الإيثيلين جليكول الذي يستخدم كمادة مانعة للتجمد ، وككقيم في إنتاج البولي إستر للحصول على الخيوط الصناعية ، كما يستخدم الإيثيلين في إنتاج البولي إيثيلين بنوعيه منخفض الكثافة الخطي (LLDPE) ، وعالي الكثافة (HDPE) ، وفي إنتاج البولي فينيل كلورايد . ويوضح الجدول (٢) الطاقة الإنتاجية الحقيقية والمتوقعة عالمياً لبعض البتروكيميائيات - التي تنتج معظمها سابق - حتى عام ٢٠٠٢ م ، ويلاحظ مدى زيادة الطاقة المتوقعة مستقبلاً نظراً للطلب العالمي المتزايد .

### ● الميثانول

تقوم على الميثانول عدد من الصناعات

مجموعات هي كما يلي :-

١- المركبات الأليفاتية : وتقسّم إلى قسمين رئيسيين هما البرافينات وتشمل الميثان والإيثان والبروبان والبوتان والهكسان ، والأوليفينات وتشمل الإيثيلين والبروبيلين والبوتادايثين .

٢- العطريات : وتشتمل على البنزين والتولوين والزايلينات (BTX) التي تستخدم في كثير من الصناعات مثل الأدوية والمطاط والألياف الصناعية وغيرها .

٣- منتجات الأمونيا والكبريت : ويصنع منها سماد اليوريا والأحماض المختلفة مثل حامض النيتريك وحامض الكبريتيك .

إعتمدت الصناعات البتروكيميائية في

بترومين في الصناعات البتروكيميائية، وقد بدأ الإنتاج في عام ١٣٨٩ هـ بـ ١١٠٠ طن من سماد اليوريا و٣٥ طن من الكبريت الخام سنوياً .

وكانت البداية الفعلية لصناعة البتروكيميائيات في المملكة عندما أدرجت حكومة المملكة العربية السعودية في خططها التنموية إنشاء صناعات ذات أساس هيدروكربوني لتحويل الغاز المصاحب للزيت الخام - المتوفر بكميات هائلة - إلى منتجات مصنعة من أجل تنويع هيكل الإقتصاد السعودي .

يمكن تقسيم منتجات « سوابك » من الغاز الطبيعي ومقطرات النفط إلى ثلاث

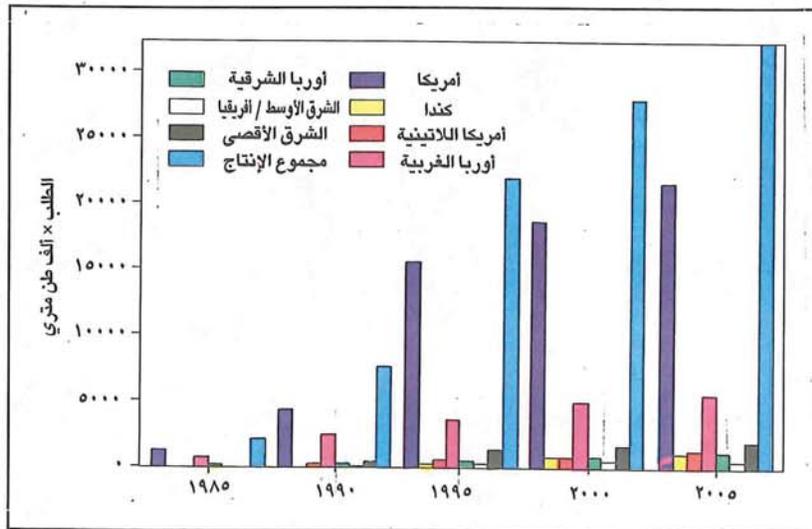
المنتج الكيميائي	١٩٨٨ م ١٤٠٨ هـ	١٩٩٠ م ١٤١٠ هـ	١٩٩٣ م ١٤١٣ هـ
الإيثيلين	١٩٧٠	٢١٣٠	٢٤٧٠
الميثانول	١٤١٠	١٤١٠	١٩٧٠
ميثيل ثالثي بوتيل الإيثر	٥٠٠	٥٠٠	١٩٠٠
الإيثيلين جليكول	٥٨٠	٧٩٢	٩١٠
ثنائي كلوريد الإيثيلين	٥٦٠	٥٦٠	٥٦٠
ستايرين	٣٦٠	٣٦٠	٤٢٠
بولي ستايرين	١٠٠	١٠٠	١٠٠
الإيثانول الصناعي الخام	٣٠٠	٣٠٠	٣٠٠
بوتن - ١	٥٠	٥٠	٥٠
بولي إيثيلين	٨٧٠	١٠٧٤	١٠١٠
أحادي كلوريد الفينيل	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠
بروبيلين	—	—	٣٠٠
بولي بروبيلين	—	—	٢٠٠
الميلامين	٢٠	٢٠	٢٠
متعدد كلوريد الفينيل	٣٠٠	٣٠٠	٣٠٠
بوتادايثين	—	—	١٠٠
بنزين	—	—	٧٠
المجموع	٧٢٢٠	٧٧٩٦	١٠٠٨٠

● جدول (١) الطاقة الإنتاجية لبعض البتروكيميائيات في سوابك ( ألف طن متري سنوياً ) .



المادة	١٩٨٩م ١٤٠٩هـ	١٩٩٠م ١٤١٠هـ	١٩٩١م ١٤١١هـ	١٩٩٢م ١٤١٢هـ	١٩٩٣م ١٤١٣هـ	١٩٩٤م ١٤١٤هـ	١٩٩٥م ١٤١٥هـ	٢٠٠٢م ١٤٢٢هـ
حامض الخل	٥٥٨٨	٥٦٤٩	٥٤٦٤	٥٩٦١	٦٠٠٦	٦٢٢٧	٦٥٤٨	٦٦٣٨
إيثيل البنزين	١٦٥٠١	١٧٩٣٥	١٨٩٨٧	١٩٧٩٦	٢٠٦٤٧	٢١٢١٤	٢٢٠٥٢	٢٤١١٦
إيثيلين	٦٠٧٣٥	٦٣٨٧٤	٦٩١١١	٧٣٣٢٢	٨١٨٨٥	٨١٨٨٥	٨١٨٨٥	٩٥٢٦٧
ثنائي كلوريد الإيثيلين	٣٢٦٤٠	٣٤٩٦٩	٣٥٧٨٢	٣٦٤٠٦	٣٧١٨٤	٣٧٦٩٤	٣٨٧٢٨	٣٨٧٢٨
إيثيلين جليكول	٧٩٢١	٨٣١٥	٨٧٠٤	٩٠٨٢	٩٠٢٢	٩٠٨٤٩	١١٤٨٢	١٢٣١٧
أكسيد الإيثيلين	٨٧٠٧	٩٠٤٦	٩٥٦٩	٩٩٤٥	١٠٩٣٣	١١٥٣٤	١١٩٥٨	١٢٦٢٦
الياف البولي إستر	٩٧٩٧	١٠٢٤٩١	١٠٨٨٨	١١٤٣٩	١٢٣٩٥	١٢٧٠٤	١٣٢٢٣	١٣٥١٣
رقائق البولي إستر	٦٩٢	١٠٠٩	١٠٣٦	١٠٢٩	١٠٤١	١٠٦٣	١٠٦٣	١١٠٣
بولي إيثيلين تيريفالات	١٢٢٧١	١٣٤٦٠	١٣٨٥٤	١٤٦٢١	١٦٠٧٢	١٦٦٧٨	١٦٨٠٢	١٧٤٠٣
بولي ستايرين	١٠٥٩٩	١١٢٣١	١١٧٣٠	١٢١١١	١٢٧٤٤	١٢٩١٠	١٣٥٦٢	١٤٠٧٢
مطاط ، ستايرين ، بوتادايثين (SBR)	٧٦٥٠	٧٨٧٣	٧٩٦٣	٨١٢٦	٨٢٨٢	٨٥٢١	٨٥٦١	٨٧٩٣
ستايرين	١٣٨٧١	١٥٣١١	١٦٨٨٤	١٧٢٢٣	١٨٧١٣	١٩٢٢٤	٢٠٢٠٨	٢٢٤٠٥
خلات الفينيل	٣٠٦٩	٣١٠٠	٣٢٥١	٣٣٢١	٣٤٣٦	٣٥١١	٣٥١١	٣٥٧١
أحادي كلوريد الميثيل	١٩٩٣	٢١٨١٦	٢٢٧٢٨	٢٣٣٣١	٢٣٦٤٢	٢٤٠٤٧	٢٤٤٤٤	٢٥٢٨٩
متعدد كلوريد الميثيل	٢٠٤٦٧	٢١٧٧٤	٢٢٤٩٤	٢٣٥٨١	٢٤٠٠٣	٢٤٣٣٩	٢٤٩٤١	٢٥٤٨٥

● جدول (٢) الطاقة الإنتاجية الحقيقية والمتوقعة عالميا لبعض البتروكيميائيات حتى عام ٢٠٠٢ م ( ألف طن متري سنويا ) .



● شكل (٢) الطلب العالمي على مادة ميثيل ثالثي بوتيل الإيثر (MTBE) .

الهامة منها صناعة مادة ميثيل ثالثي بوتيل الإيثر (MTBE) والتي تضاف بدلاً من رباعي إيثيل الرصاص لرفع الرقم الأوكتاني لبنزين السيارات ، وقد أدى الطلب العالمي المتزايد على هذه المادة ، شكل (٢) ، إلى زيادة إنتاج سابك من خمسمائة ألف طن متري في عام ١٤٠٨هـ إلى مليون وتسعمائة الف طن متري في عام ١٤١٣هـ ، كما تمت الاستفادة من الميثانول لإنتاج حمض الخل والفورمالدهيد والمواد البروتينية ذات القيمة الغذائية العالية .

### صناعة الأسمدة

تعد العلاقة بين الصناعات

وخيوط وحببيات البولي إستر. ومن المتوقع أن يبدأ إنتاجها عام ١٤١٥ هـ حيث تأخذ مادة اللقيم من حمض التيرفثاليك المستوردة من الخارج مؤقتاً وإيثيلين جليكول من شركة ينبع للبتروكيميائيات. إضافة لذلك تم الترخيص من قبل وزارة الصناعة لعدد من المشاريع الجديدة لإنتاج عدد من المواد الكيميائية. وتشمل المواد المرخص لانتاجها من قبل القطاع الخاص مايلي :-

● **بولي إيثيلين تيرفثالات (PET) :** يستخدم لإنتاج الألياف وخيوط وحببيات البولي إستر التي تستخدم في صناعة النسيج والسجاد والقوارير، وبوتلين جليكول الذي يستخدم في الصناعات البلاستيكية وفي صناعة الأدوية وغيرها.

● **تترا هيدروفيوران (THF) :** يستخدم كمذيب في العمليات الصناعية.

● **الإيثانول أمين :** يستخدم في معالجة الغاز والنفط لفصل الغازات الحمضية. كما يستخدم في إنتاج المنظفات الصناعية وإنتاج المواد المانعة للتآكل. إضافة إلى ذلك بلا ماء حامض المائيك والذي يمكن انتاجه من البوتان ويستخدم في عملية راتنجيات البولي إستر وفي صناعة المبيدات الحشرية.

● **ثنائي تولووين آيزوسيانات (TDI) :** يستخدم لإنتاج مادة البولي يورثين (الإسفنخ الصناعي).

● **ألكيل البنزين الخطي (LAB) :** يستخدم لإنتاج سلفونات ألكيل بنزين، كما يعد من أهم المكونات الفعالة المستخدمة في مساحيق الغسيل.

● **الأكريلونتريل :** ينتج بوساطة شركة اللجين، ويستخدم في صناعة الألياف الصناعية.

### نشاطات أخرى

تميّزت منتجات الصناعات البتروكيميائية في المملكة بالجودة العالمية

العربي والدول العربية والعالمية وقد قامت بالفعل بالتسويق الى ٧٠ دولة كما انها اقامت لها فروع خارج المملكة ( أمريكا وبريطانيا.... الخ ).

● شركة سابك للخدمات الفنية المحدودة .

● الشركة العربية السعودية لتسويق الأسمدة «سناك» ومهمتها العمل على تسويق الأسمدة محلياً وعالمياً .

### شركات القطاع الخاص

تسهم عدة شركات من القطاع الخاص في الصناعات البتروكيميائية بالمملكة، بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، منها: شركة التصنيع الوطنية، وشركة صفرا للمذيبات العضوية المحدودة والتي توجد بمدينة ينبع وتنتج خمسون ألف طن متري من المذيبات العطرية. إضافة إلى ذلك توجد بعض الشركات المساندة للصناعات البتروكيميائية مثل الشركة السعودية للصناعات المتطورة، وشركة نماء، وشركة صدق والشركة السعودية للصناعات الدوائية والمستلزمات الطبية وشركة التصنيع الوطنية وشركة سافكو والشركة الخليجية المتحدة للتصنيع. كما تم تأسيس شركة جديدة هي الشركة العربية للألياف الصناعية «ابن رشد» بمدينة ينبع الصناعية والتي سوف تنتج بإذن الله مائة وأربعون ألف طن متري سنوياً من الألياف

البتروكيميائية والأسمدة علاقة تكاملية إذ يتم الحصول على الهيدروجين اللازم لإنتاج الأمونيا من عملية إعادة التشكيل البخاري للميثان (Steam Reforming)، أما النيتروجين فيتم الحصول عليه من وحدة فصل الهواء، وتستخدم الأمونيا لإقامة العديد من الصناعات البتروكيميائية منها إنتاج مادة أكريلونتريل المستخدمة في إنتاج الألياف الأكريلية، وإنتاج اليوريا التي تستخدم أيضاً في صناعة الميلامين والذي يتم استخدامه كلقيم في إنتاج راتنجيات الميلامين - فورمالدهيد وإنتاج راتنجيات اليوريا - الفورمالدهيد.

وتقوم بإنتاج الأسمدة ( الأمونيا واليوريا والأسمدة الفوسفاتية المركبة والسائلة) ثلاث شركات هي شركة الأسمدة العربية السعودية « سافكو »، والشركة الوطنية للأسمدة الكيميائية « ابن البيطار »، وشركة الجبيل للأسمدة « سمد » . ويوضح الجدول (٣) الطاقة الإنتاجية لهذه الشركات للأعوام ١٤٠٦ هـ، ١٤١٠ هـ، ١٤١٣ هـ.

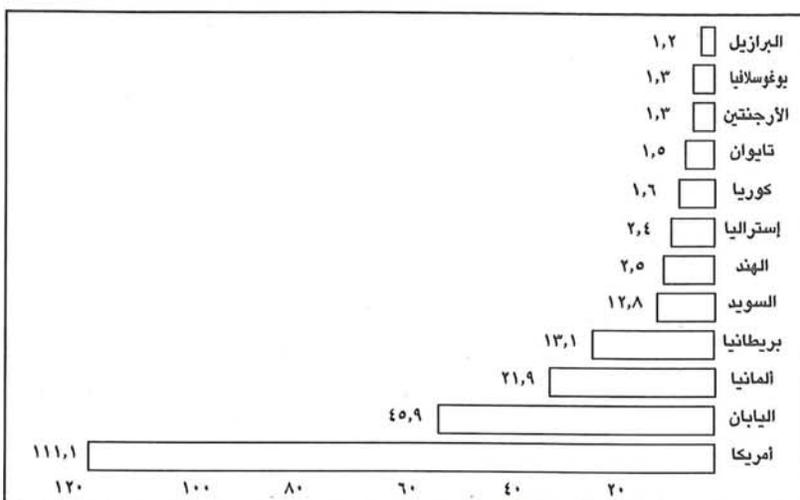
### ● في مجال التسويق

أقامت سابك شركتين لتسويق منتجاتها البتروكيميائية والأسمدة إضافة الى شركة ثالثة للخدمات الفنية وذلك كما يلي :-

● شركة سابك للتسويق المحدودة ومهمتها تسويق البتروكيميائيات إلى دول الخليج

المنتج	١٩٨٦ م ١٤٠٦ هـ	١٩٩٠ م ١٤١٠ هـ	١٩٩٢ م ١٤١٢ هـ	١٩٩٣ م ١٤١٤ هـ
الأمونيا	٥٠٠	٧٠٠	١١٢٠,٤	١٥٠٠
اليوريا	٨٢٠	١٤٣٠	١٤٣٨,٨	٢٠٣٠
الأسمدة المركبة والفوسفاتية	—	٨٠٠	٤٨٥,٣	٨١٠
الأسمدة السائلة	—	١٠	١٠٤,٠	—
المجموع	١٣٣٠	٢٩٤٠	٣٠٤٥,٩	٤٣٤٠

● جدول (٣) الطاقة الإنتاجية للأسمدة في المملكة (ألف طن متري سنوياً)



● شكل (٣) المصروفات السنوية لبعض الدول في مجال البحث والتطوير (بلايين الدولارات) .

### آفاق مستقبلية

بدأت الصناعات البتروكيميائية في التوسع الأفقي والرأسي وإستغلال غاز البترول المسيل (LPG) والذي يتكون معظمه من البروبان والبوتان وكذلك إستخدام النفط لإنتاج العطريات . ويستخدم غاز البترول المسيل في إنتاج العطريات مباشرة وفقاً للتقنيات العالمية المتاحة ، وكذلك في إنتاج الأكريلونتريل وميثيل ثالثي بوتيل الإيثر (MTBE) ، كما أن القطاع الخاص يتجه نحو الإنتاج والإستثمار في المواد النهائية المنتجة بوساطة سابك « الجديدة » وكذلك المواد الوسطية للمنتجات النهائية .

تستعد سابك ، في الوقت الحاضر ، لإنتاج عدد من الراتنجات مثل مطاط أكريلونتريل - البوتادايين - ستايرين (ABS) وبولي أسيتال والبولي إيستر غير المشعب . إضافة لذلك فإن الشركة السعودية للراتنجات الصناعية بجدة تقوم حالياً بإنتاج راتنجات البولي إيستر وراتنجات الفينول - فورمالدهيد وراتنجات الألكيد ، كما يُشيد - في مجمع سمام - أول مصنع لإنتاج مادة ٢ - إيثيل هكسانول التي تستخدم في مجالات عديدة مثل اللدائن ، الأصباغ والطلاء ، الأقمشة ، العوازل وغيرها .

البنزين دون استخدام الزيولينات وبتكلفة منخفضة مقارنة بالطرق العالمية المستخدمة حالياً .

وتقوم مراكز أبحاث الصناعات البتروكيميائية في سابك ومدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية بدعم الأبحاث العلمية في مجال الصناعات البتروكيميائية ، ويعد ذلك دعامة كبيرة نحو دراسة المشاكل العلمية في الصناعات البتروكيميائية وإيجاد البدائل المناسبة . وقد كان للتعاون بين القطاع العام ممثلاً بمراكز الأبحاث في الجامعات السعودية ومدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية ومراكز أبحاث القطاع الخاص أثر كبير في تطوير الصناعات البتروكيميائية الأمر الذي سوف يأتي ثماره قريباً بإذن الله .

الشركة	الدولة	المبيعات	الأرباح	مصرفات الأبحاث	
				المبلغ	% من المبيعات
هوكست	ألمانيا	٢٠١٣٦	١٣٥٤	١٨٦٥	٦,٢
سيبا جايجي	سويسرا	١٥٨٦٩	-	١٦٧٨	١٠,٦
أي سي أي	بريطانيا	٢١٥٢٠	٦٨٧	١٣٢٨	٦,٢
ميتسوبيشي البتروكيميائية	اليابان	٣٩٥٢	١٦٧	١٧١	٤,٣
داوكيميكال	أمريكا	١٨٩٧١	١٧٢	١٢٨٩	٦,٨
رون بولان	فرنسا	١٤٩٢٢	٧٨٨	١٠٢١	٦,٨

● جدول (٤) مبيعات وأرباح ومصروفات بعض الشركات الكيميائية الكبرى في الأبحاث والتطوير لعام ١٩٩٢م (بملايين الدولارات)

حيث أقيمت مختبرات جودة نوعية في كل مصنع من المصانع البتروكيميائية مزودة بأجهزة حديثة ، وتهدف مختبرات الجودة إلى متابعة خط الإنتاج بدءاً بقياس نقاوة المواد الخام قبل تصنيعها ، والمركبات الوسطية ، والمنتج النهائي قبل شحنه وتسويقه ، وقد تبنت سابك برنامج (إدارة الجودة الشاملة) في كل مجمعاتها الصناعية مما مكناها من الحصول على شهادة التفوق من منظمة المقياس العالمية (آي إس أو ٩٠٠٢) ، ويعد ذلك توثيقاً دولياً يتفوق الصناعات الوطنية .

تتفق الشركات العالمية ملايين الدولارات في الأبحاث والتطوير إذ بلغت مصروفات الأبحاث والتطوير على سبيل المثال في شركة هوكست الألمانية مليار وثمانمائة وخمس وستون ألف دولار في عام ١٩٩٢م مع تخصيص نسبة مئوية من المبيعات قدرها ٦,٢٪ ، جدول (٤) . كما أن كثيراً من الدول تخصص مصروفات سنوية للأبحاث والتطوير ومن أمثلة ذلك بلغ ما خصصته أمريكا في عام ١٩٩٢م مائة وإحدى عشر وواحد بليون ومائة مليون دولار ، ويبين الشكل (٣) بعض المصروفات التي تخصصها بعض الدول العالمية في هذا المجال .

تتجه الأبحاث العالمية لإنتاج المحفزات لإستخدامها في الصناعات البتروكيميائية وتطوير إنتاجها حتى تكون المادة المنتجة بكميات كبيرة وعالية النقاوة ، فقد أنتجت (CDTECH) مثلاً الزيوليت الذي يستخدم بطريقة تقنية التقطير المطورة لإنتاج إيثيل

# أجهزة التحليل الكيميائي

د . عدلي فضل العطار



في التحليل الكيميائي وأكثرها شيوعاً لدقتها وحساسيتها العاليتين وهي تعتمد على توزيع مكونات المادة المراد فصلها بين طورين (phases) أحدهما ثابت والآخر متحرك ، ومن هذه الطرق مايلي:-

- \* الكروماتوجرافيا الغازية السائلة ( Gas Liquid Chromatography — GLC )
- \* الكروماتوجرافيا الغازية الصلبة ( Gas Solid Chromatography — GSC )
- \* الكروماتوجرافيا السائلة السائلة ( Liquid Liquid Chrom— LLC ) chromatography

- \* الكروماتوجرافيا السائلة ذات الأداء العالي ( High Performance Liquid Chromatography— HPLC )
- \* الكروماتوجرافيا ذات الطبقة الرقيقة ( Thin Layer Chromatography — TLC )

## ٢ - طرق التحليل الطيفي

تعد هذه الطرق أكثر شيوعاً في التحليل الكيميائي نظراً لسهولة وسرعتها بالإضافة لدقتها وحساسيتها العاليتين ، وهي تعتمد على انبعاث أو امتصاص جزء من الأشعة المنبعثة أو الممتصة التي تعبر عن تركيز المادة بينما يعطي طول موجتها فكرة عن نوع المادة المحللة ، أي أن هذه الطرق تستخدم للتحليل الكمي والكيفي معاً .

ويتطلب إجراء هذا التحليل وجود أجهزة خاصة تعرف كل منها باسم نوع الأشعة المنبعثة من مصدر داخل جهاز التحليل ، ومن أهم هذه الأجهزة مايلي:-

- \* مطياف الأشعة المرئية وفوق البنفسجية (Visible and Ultraviolet Spectrophotometer)
- \* مطياف الأشعة تحت الحمراء ( Infrared Spectrophotometer - IR )
- \* مطياف الطنين النووي المغناطيسي ( Nuclear Magnetic Resonance Spectrophotometer - NMR )

ركز العاملون في الكيمياء التحليلية في الماضي على الخواص الفيزيائية للتعرف على المركبات الكيميائية وخاصة العضوية منها ، ومن هذه الخواص اللون والرائحة والشكل البلوري والكثافة ودرجاتي الإنصهار والغليان ، يلي ذلك التعرف على العناصر المكونة للمركب بالإضافة للكربون والهيدروجين وذلك عن طريق الكشف الكيفي للعناصر مثل النيتروجين والهالوجين والكبريت ، ويتم ذلك بحرق المركب لمعرفة وجود أو عدم وجود العناصر آنفة الذكر . وقد يلجأ العاملون كذلك إلى إجراء سلسلة من التفاعلات الكيميائية لتعيين المجموعة الوظيفية ( Functional Group ) التي قد تتواجد في المركب الأمر الذي قد يأخذ وقتاً طويلاً .

وقد تطورت صناعة أجهزة التحليل الكيميائي في الوقت الحاضر ، وخاصة الأجهزة الإلكترونية ، مما ساعد في إجراء قياسات فيزيائية على المركبات الكيميائية أمكن بواسطتها التعرف على المجموعات الوظيفية الموجودة في تلك المركبات وكذلك معرفة الصيغة الجزيئية والبنائية للمركب خلال وقت قصير وبدقة عالية .

## الأجهزة

يمكن تقسيم أجهزة التحليل الكيميائي إلى ثلاث مجموعات رئيسية حسب الطرق المستخدمة ، هي:-

### ١ - الطرق الكروماتوجرافية

تعد الطرق الكروماتوجرافية (Chromatographic Methods) من أهم الطرق

### \* مطياف الامتصاص الذري

( Atomic Absorption Spectrophotometer - AAS )

\* مطياف الانبعاث الذري في البلازما ويسمى

ازدواج البلازما الحث

( Inductively Coupled Plasma - ICP )

### ٣ - طرق التحليل الكهربائي

يعتمد مبدأ هذه الطرق على قياس تيار الانتشار المار في خلية التحليل التي تحتوي على قطبين أحدهما يعمل كدليل مثل قطب البلاتين أو الكربون أو قطب الزئبق المتساقط بينما يعمل القطب الآخر كمرجع يسمى قطب مرجع ومن أمثلته قطب الكالوميل ( Calomel Eelectrode ) .

ويتكون هذا القطب من زئبق و كلوريد الزئبق الاحادي ومحلل كلوريد البوتاسيوم المشبع . يتم في هذه الطريقة زيادة الجهد في الخلية حتى تصل إلى جهد تفكك الأيون المراد تحليله ، وينشأ بذلك تيار كهربائي نتيجة لتأكسد أو اختزال هذا الأيون ، ويرسم العلاقة بين الجهد المستخدم والتيار يمكن الحصول على منحني يعطي معلومة كمية وكيفية عن المادة المؤكسدة أو المختزلة حيث يتناسب تيار الانتشار طردياً مع تركيز المادة .

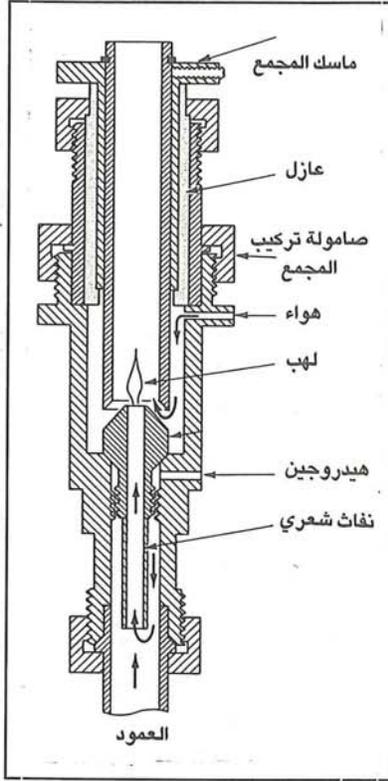
ومن أهم هذه الطرق وأكثرها استعمالاً في معظم مجالات التحليل مايلي :-

١- طرق البولاروجرافيا (Polarography)

٢- طرق الفولتامترية ( Voltammetry )

عزيزي القارئ

هذه لمحة سريعة عن أسماء أهم أجهزة التحليل الكيميائي . أما الجديد في هذا العلم فقد أمكن ربط جهازين مختلفين معاً للاستفادة من مميزاتهما مثل:-



● شكل ( ٢ ) قطاع في مقدر التاين اللهبى .

والسيلينيوم والزرنيخ والكروم والرصاص والقصدير والبريليوم وذلك عن طريق اجراء تفاعل هذه الفلزات مع عامل تعقيد ( Ligand ) وعمل معقدات متطابرة .

### مكونات الجهاز

يتكون جهاز الكروماتوجرافيا الغازية السائلة (GLC) كما في الشكل ( ١ ) من الأجزاء الرئيسية التالية :-

#### ١ - عمود الغاز الحامل

يجب ان يكون الغاز الحامل من الغازات الخاملة كيميائياً في الظروف العادية من الضغط ودرجة الحرارة وهو يعرف بالغاز الحامل لأنه يحمل معه أبخرة المواد المراد فصلها ، ويستخدم في هذه الحالة غاز الهيليوم أو النيتروجين أو الأرجون .

#### ٢ - غرفة حقن العينة

يتم حقن العينة المراد فصلها بواسطة الحاقن ( Syringe ) في غرفة داخل الفرن تحتوي على سدادة معينة ( Septum ) تنفتح عند الاستخدام وتنغلق عند سحب إبرة الحاقن،

التقطير التقليدية . ويمكن استخدام هذا الجهاز لفصل أكثر من مائة مركب من الهيدروكربونات الموجودة في الجازولين .

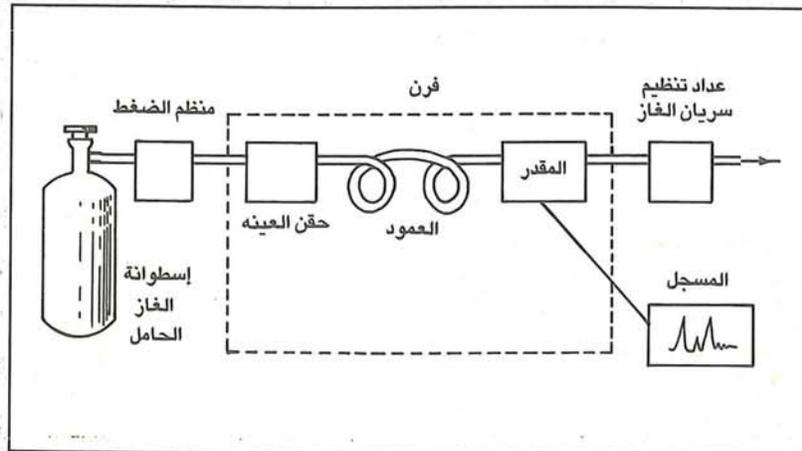
### تطبيقات الجهاز

- يستخدم جهاز الكروماتوجرافيا الغازية في العديد من التحليلات الكيميائية من أهمها مايلي :-
- ١- التعرف على المركبات الهيدروكربونية الغازية والسائلة المتواجدة في البترول وتقدير كمياتها .
  - ٢- تحليل وتقدير مكونات الأدوية بما فيها المخدرات .
  - ٣- تقدير الأحماض الدهنية ذات الوزن الجزيئي المرتفع بعد تحويلها إلى مركبات متطابرة ( على هيئة إسترات الميثيل ) .
  - ٤- تقدير الكحوليات ( الأوغال ) في الدم أو المواد الغذائية .
  - ٥- تقدير الغازات والمواد البترولية المتواجدة في الهواء .
  - ٦- تقدير الهيدروكربونات الهالوجينية المتواجدة في المياه .
  - ٧- تقدير مركبات الفوسفور العضوية والمركبات العضوية المتطابرة المتواجدة في مياه الشرب .
  - ٨ - فصل خليط من الغازات أو السوائل وتقديرها .
  - ٩- تقدير المبيدات الحشرية في المياه و التربة و النباتات .
  - ١٠- تقدير بعض الفلزات السامة مثل الزئبق

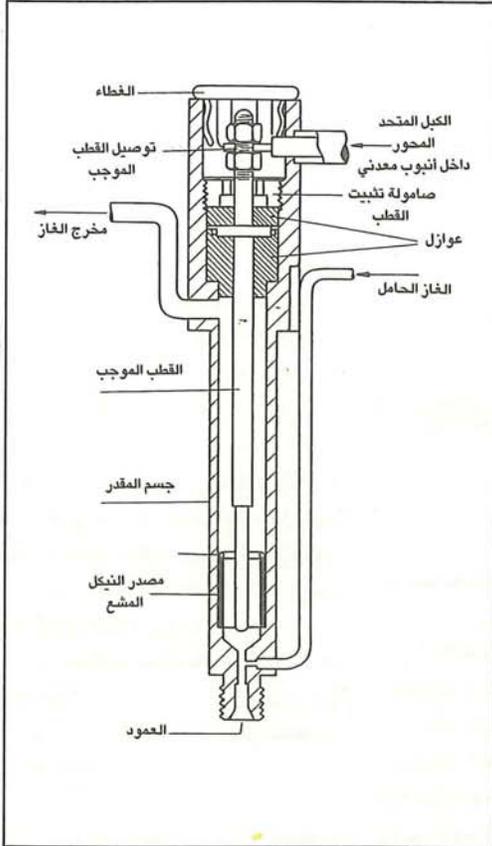
- ١- جهاز الكروماتوجرافيا الغازية المقترن مع جهاز مطياف الكتلة ( Gas Chromatograph / Mass Spectrometer - GC / MS )
  - ٢ - جهاز الكروماتوجرافيا الغازية مع جهاز مطياف الأشعة تحت الحمراء ( Gas Chromatograph / Infrared Spectrometer - GC/IR )
  - ٣ - جهاز ازدواج البلازما الحاث مع مطياف الكتلة . ( Inductively Coupled Plasma / Mass Spectrometer - ICP / MS )
- يمكن تناول الأجهزة المذكورة تباعاً إن شاء الله ، وسيتناول هذا العدد جهاز الكروماتوجرافيا الغازية وذلك كما يلي:-

### جهاز الكروماتوجرافيا الغازية

تم إكتشاف هذا الجهاز عام ١٩٥٢ بواسطة جيمس ومارتن ( James and Martin ) ، ويعد الجهاز الأكثر إنتشاراً في التحليل الكيميائية والدراسات البيئية مقارنة بطرق الكروماتوجرافية الأخرى ، حيث يستخدم في التحليل الكيفي والكمي لخليط من الغازات أو السوائل أو المواد الصلبة المتطابرة . يتم في هذه الطريقة إذابة المواد الصلبة في مذيب مناسب ومن ثم تحقق في الجهاز ، وعلى سبيل المثال يمكن فصل البنزين ( درجة الغليان ٨٠,١ م° ) من الهكسان الحلقي ( درجة الغليان ٨٠,٨ م° ) باستخدام (GLC) بينما يصعب ذلك أو يكاد يكون مستحيلاً بواسطة إستخدام طرق



● شكل ( ١ ) رسم تخطيطي لمكونات جهاز GLC .



● شكل ( ٤ ) قطاع في مُقَدِّر الأسر الإلكتروني .

الفيزيائية للغاز الحامل ، ومن أهم هذه المُقَدِّرات وأكثرها شيوعاً مايلي :-

#### ( أ ) مُقَدِّر التآين اللهبى

يتكوّن مُقَدِّر التآين اللهبى ( Flame Ionization Detector-FID ) كما في الشكل ( ٢ ) من موقد صغير يُغذّى بالهيدروجين والهواء كي يستمر في إنتاج اللهب ، ويحتوي على قطبين مختلفين في الشحنة وفرق الجهد ، وعندما يمر الغاز الحامل ومعه المركبات العضوية خلال اللهب تتأين تلك المركبات مما يؤدي لانتاج تيار كهربائي بين القطبين تتناسب شدته مع كمية المادة المتأينة .

مما يجدر ذكره ان حساسية هذا المُقَدِّر عالية جداً في حدود النانوجرام . ويستخدم لفصل المركبات الهيدروكربونية وجميع المركبات التي تتأين في اللهب ، شكل ( ٢ ) ، ولكن يعد هذا المُقَدِّر غير حساس للمبيدات الحشرية .

#### ( ب ) مُقَدِّر الأسر الإلكتروني

يتكوّن مُقَدِّر الأسر الإلكتروني ( Electron Capture Detector- ECD ) ، شكل ( ٤ ) ، من قطبين مصعد ( Anode ) ومهبط

وتتم عملية الحقن بسرعة كي تتبخّر العينة فوراً عند حقنها ، علماً بأن كميتها لا تتجاوز عدة أجزاء من الميكرو لتر ( ١٠<sup>-٦</sup> لتر ) للعينة السائلة وعدة ملليترات ( ١٠<sup>-٣</sup> لتر ) للعينة الغازية .

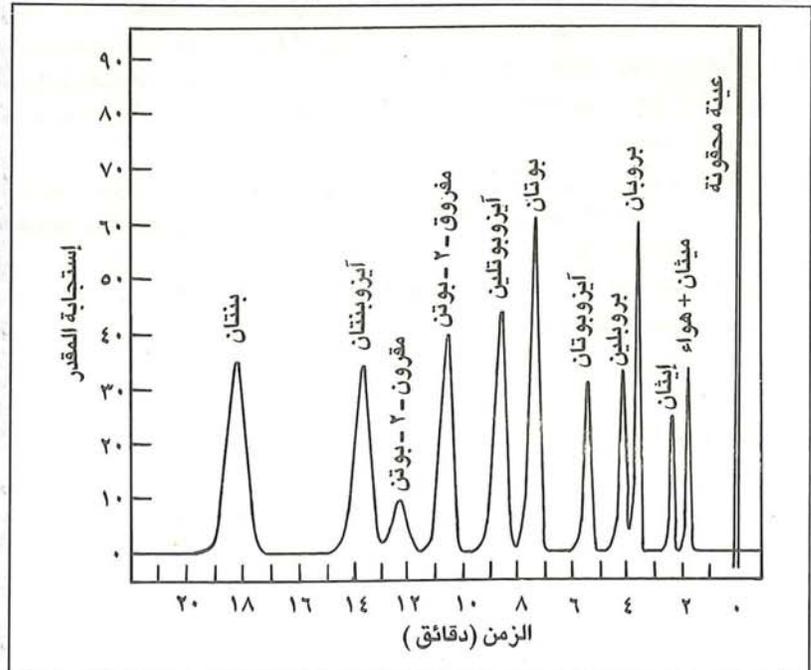
#### ٣- العمود الكروماتوجرافي

يوجد نوعان من الأعمدة المستخدمة في جهاز GLC هما : - العمود المعبأ ( Packed Column ) ، ويمالاً - عادة - بحبيبات المادة الصلبة التي تسمى الدعامة والمطليّة بطبقة من الطور السائل ( Liquid Phase ) ، ويصنع العمود في الغالب من الزجاج أو من الفولاذ ( Stainless Steel ) بطول يتراوح ما بين متر الى ٦ أمتار وقطر لا يتجاوز بضع ملليمترات . أما العمود الثاني فيسمى العمود الشعري ( Capillary Column ) ، وهو عبارة عن أنبوب زجاجي طويل جداً يتراوح طوله من ١٥ إلى ٥٠ متراً وقطره حوالي ١ ملليمتر ، وهو غير معبأ ولكن سطحه الداخلي مطلي بطبقة رقيقة جداً من الطور السائل .

ويشترط في الطور السائل المستخدم في العمود أن يكون غير متطاير وثابت حرارياً عند درجات الحرارة المستخدمة ولا يتفاعل مع المواد المراد تحليلها ( فصلها ) . وتعتمد عملية الفصل بدرجة كبيرة على اختيار الطور السائل الملائم . أما نسبة وزن الطور السائل إلى وزن الدعامة فتتراوح من ١٪

يجب أن يكون المُقَدِّر ( Detector ) حساس للمادة المراد فصلها ويعطى استجابة معينة تتناسب مع تركيز تلك المادة في الغاز الحامل ، وتستخدم في حالة الكروماتوجرافيا الغازية عدة أنواع من المُقَدِّرات الغازية مثل :- مُقَدِّر التآين اللهبى ، مُقَدِّر الأسر الإلكتروني ، المُقَدِّر ذو التوصيل الحراري ، مُقَدِّر النيتروجين والفسفور ، مُقَدِّر التوصيل الأليكتروليتي ( Electrolyte ) ، مُقَدِّر التآين بتأثير الضوء ( Photoionization ) ، مُقَدِّر قياس الضوء اللهبى ( Flame photometric ) .

يتم تسخين المُقَدِّر عند درجة حرارة ملائمة وذلك كي لا تتكثف المادة المراد تحليلها ، وتعتمد جميع المُقَدِّرات المستخدمة على قياس خاصية فيزيائية مثل التوصيل الحراري أو التآين اللهبى الخ . وعليه فإن المُقَدِّر يقيس المواد بناء على مدى تأثيرها على الخواص



● شكل ( ٣ ) فصل مخلوط مكون من غازات هيدروكربونية بواسطة مُقَدِّر التآين اللهبى .



## مصطلحات علمية

بصورة أساس من البروبان والبوتان ، يوجد في الحالة الغازية عند الظروف العادية من الضغط ودرجة الحرارة ، ويتحول إلى سائل بزيادة الضغط أو خفض درجة الحرارة .

### ● النفطا Naphtha

قطعة نفطية بين الجازولين والكروسين تنتظر بدءاً من ٢٠ حتى مدى ١٠٠ - ٢٠٠ م تبعاً لنوعية النفط خفيفة أو ثقيلة ، وتستخدم النفطا بأنواعها المختلفة كمواد خام في الصناعات البتروكيميائية .

### ● بلمرة Polymerization

إتحاد كيميائي لجزيئتين أو أكثر لتشكيل جزيئات أكبر تسمى بوليميرات .

### ● غازات المصافي Refinery gases

غازات تنتج أثناء تكريس ومعالجة النفط والمنتجات النفطية ، وتتألف بشكل رئيس من هيدروكربونات  $C_1$  إلى  $C_4$  مع كميات متباينة من الهيدروجين والنتروجين وكبريتيد الهيدروجين .

### ● تكسير بخاري

#### Steam Cracking

عملية تكسير لمشتقات نفطية تتم بالبخار لإنتاج هيدروكربونات أوليفينية تستخدم كلقيم في الصناعات البتروكيميائية ، وأهمها الإيثيلين والبروبيلين والبوتلينات والبوتادايئين .

### ● تكسير حراري

#### Thermal Cracking

عملية تكسير ، تتم بفعل الحرارة والضغط ، للمشتقات النفطية المتوسطة أو الثقيلة مثل النفطا والملازوت وزيت السقود إلى منتجات أخف ذات قيمة عالية .

### المصدر :

● معجم مصطلحات العلم والتكنولوجيا  
(معهد الإنماء العربي)

● البنتك الأبي السجودي للمصطلحات (باسم)  
معيمة ألبند عبد العزيز المأمور والتقنية.

### ● تكسير Cracking

عملية ينتج عنها زيادة نسبة المركبات الهيدروكربونية الأخف أو الأكثر تطايراً في النفط وذلك بتكسير الجزيئات الهيدروكربونية الأكبر إلى جزيئات أصغر .

### ● معج Desorption

عملية نزع مادة ما عن مادة صلبة أو سائلة كانت ممتزة عليها بالتسخين أو تخفيف الضغط أو بوجود مادة أخرى أكثر قدرة على الإمتزاز .

### ● جازولين Gasoline

سائل عديم اللون أو ذات لون أصفر فاتح يتكون أساساً من مزيج من الهيدروكربونات ( $C_{11} - C_5$ ) ، ويعد النفط المصدر الرئيس له . ويستعمل كمذيب ووقود للمحركات .

### ● مثبّط Inhibitor

مادة كيميائية تقوم بإبطاء أو إيقاف تفاعل كيميائي غير مرغوب فيه ، مثل تفاعلات التآكل أو الأكسدة أو البلمرة .

### ● تماكب Isomerization

طريقة متبعة في عمليات تكرير النفط لتحويل السلاسل الهيدروكربونية الخطية أو القليلة التفرع إلى سلاسل برفينية متفرعة بهدف رفع عدد أوكتان الجازولين .

### ● متماكبات (أيزوميرات) Isomers

مركبات كيميائية ذات تركيب واحد وكتلة جزيئية واحدة لكنها تختلف في الصيغ البنائية لجزيئاتها ( وضع الذرات والمجموعات الذرية في المستوي أو الفراغ ) وخواصها الفيزيائية والكيميائية .

### ● غاز البترول المُسَيَّل

#### Liquefied Petroleum Gas (LPG)

مزيج من الهيدروكربونات الخفيفة ، يتكون

### ● زيت إمتصاص Absorption Oil

زيت نفطي خفيف كالهكسان يستخدم لإستعادة الجازولين الطبيعي من الغاز الرطب ، ويتم فصل الجازولين عن الزيت المستخدم بالتقطير .

### ● مضافة Additive

مادة تضاف إلى أخرى لتحسينها أو تقويتها أو تغييرها بأية كيفية ، مثل رباعي إيثيل الرصاص أو ميثيل ثالثي بوتيل الإيثر الذي يضاف إلى الجازولين لمنع الخبط بالمحرك .

### ● ألكلة Alkylation

طريقة تكرار مستخدمة في صناعة النفط تجمع كيميائياً بين برفينات غير نظامية مع هيدروكربونات أوليفينية .

### ● محفّز Catalyst

مادة بادئة أو مسرعة لتفاعل كيميائي دون أن تتأثر به ، حيث تحافظ على نسبها وتركيبها حتى نهاية التفاعل .

### ● تكسير محفّز Catalytic Cracking

تحويل الهيدروكربونات ذات درجات الغليان المرتفعة إلى أنواع ذات درجات غليان منخفضة ، بإستخدام محفّز .

### ● إعادة التشكيل المحفّز

#### Catalytic Reforming

إعادة ترتيب جزيئات الهيدروكربونات في اللقيم الذي له نفس مدى غليان الجازولين ، لتشكيل هيدروكربونات ذات صفات مقاومة للخطب .

### ● تكويك Coking

طريقة تكسير حراري لكامل البقايا الثقيلة من النفط الخام إلى نواتج نفطية خفيفة ومنتج ثانوي من كوك النفط .

## فيتامين (هـ) وأمراض القلب

أشارت دراسات في الولايات المتحدة الأمريكية إلى أن تناول كميات كبيرة من المواد الغذائية المحتوية على فيتامين هـ (Vitamin-E) يؤدي - بإذن الله - إلى خفض حاد في مخاطر التعرض لأمراض القلب بين متوسطي العمر من الرجال والنساء .

قد يفسر كيفية عمله في الجسم ، لكن هذا لم يحدث ، فقد وجد أن ترك التدخين وتناول فيتامين ج - مضاد آخر للتأكسد - وعوامل أخرى يُظن أنها تقلل من مخاطر أمراض القلب ، أضعفت - بدرجة صغيرة - من تأثير الوقاية لفيتامين هـ . كما وجد الباحثون أن الكاروتين (Carotin) - نوع آخر من مضادات التأكسد - يمكن أن يمنح الرجال المدخنين بعض الحماية من أمراض القلب ، ويضيف ستامبفر " مع أنه يمكن أن توجد نفس الحالة عند النساء ، إلا أن فريقه لم يحلل البيانات المتوفرة حول المرضات "

ولاحظ دانييل ستينبرج (Daniel Steinberg) من جامعة كلفورنيا - سان دييجو أن تلك الدراسات الواسعتين تدعم بقوة البيانات التي جمعها هو ومجموعات أخرى عن الحيوانات تُري أن تأكسد البروتينات الدهنية منخفضة الكثافة - يطلق عليها البروتينات الدهنية الرديئة - يمكن أن تلعب دوراً هاماً في تصلب الشرايين ، ويضيف إيشواريال جبالال (Ishwarial Jialal) من المركز الطبي في جامعة جنوب غرب تكساس - دالاس « أنها أكثر الفرضيات قبولاً لتفسير البيانات الجديدة » .

يحذر كل من جبالال و ستينبرج من اعتماد المستهلكين على الفيتامين ، حيث أن الدراسات الوبائية - بغض النظر عن أحجامها - لا تستطيع إثبات فائدته أو تقييم سبب فائدته . وأن الدراسات التي يمكن التحكم فيها وتمثل عينات عشوائية ويمكن أن تعطي نتائج إيجابية قد تحتاج لخمس سنوات .

وحتى ذلك الحين يقول ستينبرج : " دعونا نحتفظ بفيتامين هـ " ، ولكن جبالال يعترف بأن هذا يصعب عمله ، ويضيف " أننا لا أتناوله ، ومع ذلك فأنا مقتنع بفعاليتته "

التي استمرت ثمان سنوات ٨٧٢٤٥ ممرضة على رأس العمل . أما الرجال فقد كانت الدراسة لمدة أربع سنوات وشملت ٣٩٩١٠ من الذكور العاملين في المجال الصحي (أطباء بيطريون ، وأطباء أسنان ، وصيادلة ، وأطباء عظام ، وأطباء عيون ، وأطباء أطفال ) . ومن تلك الدراسات لاحظ عالم الأوبئة مير ستامبفر (Meir Stampfer) أن المشاركين ( من الرجال والنساء ) الذين تناولوا كمية إضافية من فيتامين هـ - لمدة سنتين على الأقل ، قلت نسبة إصابتهم بالنوبات القلبية بمعدل ٤٠٪ عن الأشخاص الذين حصلوا عليه فقط من المصادر الغذائية الغنية بفيتامين هـ والتي تشمل الزيوت النباتية والسمن النباتي والبنديق والحبوب . كما لوحظ أن كمية الجرعة الإضافية ليست ذات شأن ، وقد أشار الباحث المذكور إلى أن كمية فيتامين هـ الموصى بها يومياً كمستوى نموذجي للغذاء في الولايات المتحدة الأمريكية هي عشر وحدات دولية للرجل وثمان وحدات دولية للمرأة .

يقول ستامبفر : إنه يتوقع أن يكون استعمال فيتامين هـ - دلالة على الحياة الصحية الممتازة ، وأن أثره الحميد في تقليل الإصابة بأمراض القلب لأشخاص تختلف أنماط سلوكهم الحياتية والغذائية

تتسبب تفاعلات الأكسدة في أضرار يمكن أن تؤدي إلى تغيرات بدنية ينجم عنها أمراض عديدة مرتبطة بالعمر من إعتام العيون وبدايات السرطان والتهاب المفاصل إلى أمراض القلب . وحيث أنه من المعلوم أن فيتامين هـ - يعد من المواد التي تعمل على إيقاف تفاعلات الأكسدة ، وعليه فليس غريباً أن يقضي العلماء العقد الماضي أو أكثر من ذلك يبحثون في دوره في إيقاف أو تقليل التغيرات المتعلقة بالعمر في الحيوانات والخلايا المستنبته ، حتى أن هناك عدد من الفرق الطبية استخدمت فيتامين هـ - لإيقاف تفاعلات الأكسدة عند البشر .

حاول عدد من الباحثين ، في دراستين تفصيليتين أجريتا في المستشفى النسائي ومدرسة هارفارد في بوسطن (Boston) ، قياس ومعرفة فيما إذا كان الإفراط في تناول الفيتامين يحمي من أمراض تؤدي إلى التعرض للنوبات القلبية أو الحالات البسيطة التي لا تحتاج إلى عملية جراحية لوضع مجرى جانبي للشريان التاجي ، وقد أعطت تلك الدراستين نتائج إيجابية .

وفرت استبيانات وجهت للعاملين في المجال الطبي من النساء والرجال معلومات هامة عن أثر نمط الحياة والغذاء على أمراض القلب ، وقد شملت الدراسة



# مساحة للتفكير

## مسابقة العدد

### الرقم المفقود

$$\begin{array}{r} \text{أ ب ج د} \\ + \text{أ ب ج} \\ \hline \text{ق ك ل م ن} \end{array}$$

في عملية الجمع السابقة كل حرف من الحروف يمثل رقماً يختلف عن الأرقام التي تمثلها الحروف الأخرى والأرقام تبدأ من صفر وحتى الرقم تسعة .  
● ماهو الرقم المفقود ؟

### أعزائنا القراء

إذا استطعتم معرفة الإجابة على مسابقة « الرقم المفقود » فأرسلوا إجاباتكم على عنوان المجلة مع التقيد بما يأتي :-  
١- ترفق طريقة الحل مع الإجابة .  
٢- تكتب الإجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء .  
٣- يوضع عنوان المرسل كاملاً .  
٤- آخر موعد لاستلام الحل هو ٢٠/١٢/١٤١٤ هـ .  
سوف يتم السحب على الإجابات الصحيحة التي تحتوي على طريقة الحل ،  
وسيمنح ثلاثة من أصحاب الإجابة الصحيحة جوائز قيمة ، كما سيتم نشر أسمائهم  
مع الحل في العدد المقبل إن شاء الله .

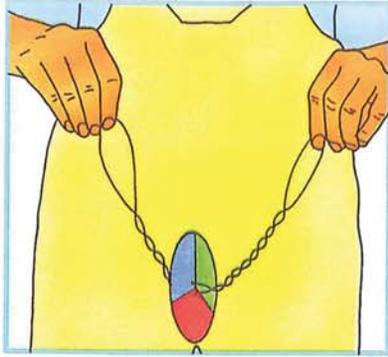
# من أجل فلذات أكبارنا



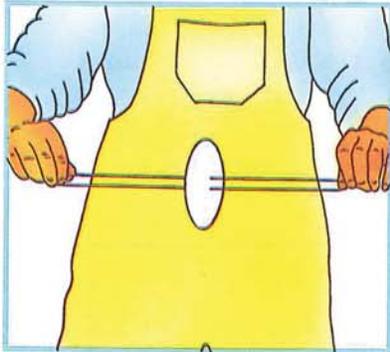
## تحلل الضوء

٢- قص الدائرة لتحصل على عجلة ورقية  
ثم حدد مركزها واعمل ثقبين على جانبيه  
وعلى مسافة متساوية منه ، شكل ( ٢ ) .

٣- أدخل طرفي الخيط في الثقبين ثم  
اربطهما على كل جانب من العجلة ،  
شكل ( ٣ ) .



● شكل (٤) .



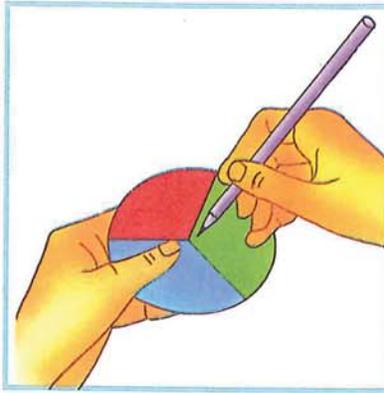
● شكل (٥) .

٤- إمك الخيط على جانبي الدائرة الملونة  
وأدرها فليتف الخيط حول نفسه على كلا  
الجانبيين ، شكل ( ٤ ) .

٥- إبعد يديك عن بعضهما فيشتد الخيط  
وينحل الإلتفاف مما يؤدي إلى دوران  
الدائرة وإمتزاج الألوان معطية اللون  
الأبيض ، شكل ( ٥ ) .

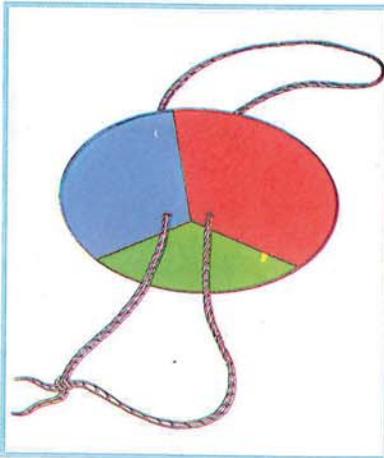
※ المصدر (بتصرف) :

Young Scientist, Investigating Light



● شكل (٢) .

الرصاص والمنقلة والمسطرة على الورق  
المقوى وقسمها إلى ثلاثة أقسام متساوية ،  
ثم لون كل قسم منها بأحد الألوان ،  
شكل (١) .



● شكل (٣) .

فلذات أكبادنا الإعزاء  
تعلمون أن ضوء الشمس مركب  
من عدة ألوان وعندما يمر من خلال  
منشور زجاجي فإنه يتحلل إلى  
مكوناته الأولية ، وذلك لإختلاف  
الطول الموجي لكل منها .

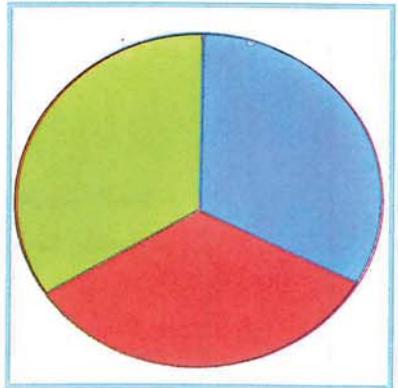
من هذا المنطلق نستطيع الحصول على  
اللون الأبيض من إعادة مزج الألوان الأولية  
عن طريق دوران عجلة ملونة بتلك الألوان .

### ● الأدوات المطلوبة

قلم رصاص ، ورق مقوى ، ألوان  
(أحمر ، أزرق ، أخضر) ، مقص ، فرجار ،  
مسطرة ، منقلة ، خيط .

### ● خطوات العمل

١- إرسم دائرة بإستخدام الفرجار وقلم



● شكل (١) .



# كتب صدرت حديثاً

## المركبات الكيميائية المشتقة من الميثان والميثانول

الأستاذ الدكتور محمد فاروق أحمد  
والدكتور خالد محمد السليمان .

يتألف الكتاب من ١٥٤ صفحة من  
الحجم المتوسط ، ويحتوي على تسعة  
فصول تتناول بالترتيب الذرة ومكوناتها  
والإشعاعات النووية ، تفاعلات الإشعاعات

صدرت الطبعة الأولى من هذه السلسلة  
عام ١٤١٤ هـ - ١٩٩٤ م عن مكتبة دار  
الشواف للنشر والتوزيع بالرياض ، وهو  
من تأليف الدكتور محمد شفيق الكنانى ،  
معهد بحوث البترول والصناعات  
البتروكيميائية بمدينة الملك عبدالعزيز  
للعلوم والتقنية . تبلغ عدد صفحات هذا  
الكتاب ٣٢٥ صفحة من الحجم المتوسط .

يشتمل الكتاب على ثلاثة فصول ،  
يتضمن الفصل الأول مصادر المواد  
الكيميائية الأساس في الصناعات  
البتروكيميائية ، وقد صنفت المواد الخام  
الأساس إلى صنفين رئيسين هما الغاز  
الطبيعي والبترول الخام .

يستعرض الفصل الثاني المركبات  
الكيميائية المشتقة من الميثان وطرق  
صناعتها والتطبيقات الصناعية لها ، أما  
الفصل الثالث فيتناول المركبات الكيميائية  
المشتقة من الميثانول وطرق صناعتها  
والتطبيقات الصناعية لها ، بالإضافة إلى  
مقدمة عن صناعة الميثانول بالمملكة العربية  
السعودية .

يحتوي الكتاب أيضاً على معجم  
للمصطلحات العلمية والتعابير الإنجليزية  
وقائمة للمراجع العربية والأجنبية كما  
يشتمل على جداول ومخططات لسير  
العمليات الصناعية .

## الإشعاعات وأجهزة القياس الأشعاعية

صدر هذا الكتاب عام ١٤١٤ هـ -  
١٩٩٤ م عن مدينة الملك عبدالعزيز  
للعلوم والتقنية وهو من تأليف كل من

المؤينة مع المادة ، تأثيرات الإشعاعات على  
الخلايا الحية والجرعات الإشعاعية ، أجهزة  
قياس الجرعات الشخصية وأجهزة المسح  
الإشعاعي ، أسس ومبادئ الحماية من  
الإشعاع ، حساب الجرعات والدروع ،  
أجهزة القياس النووية ، إجراءات الحماية  
عند العمل بأجهزة القياس النووية ،  
إرشادات استخدام أجهزة القياس النووية .

## الإشعاع . الجرعات والتأثيرات والمخاطر

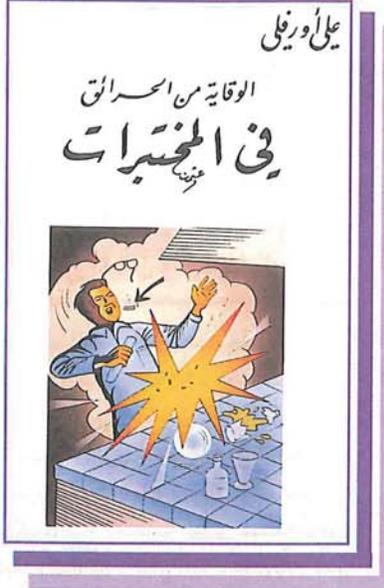
صدر هذا الكتاب عن مطبعة سفير  
 بالرياض عام ١٤١٤ هـ ، وقام بترجمته  
 كل من أ. د فوزي حسين حماد و أ. د  
 محمد فاروق أحمد و د. عبد الرحمن  
 محمد مليباري من الطبعة الإنجليزية  
 الصادرة عن برنامج الأمم المتحدة للبيئة  
 عام ١٩٩١ م . يقع هذا الكتاب في ١٣٨  
 صفحة من الحجم المتوسط ويتكون من  
 ستة فصول .

إستعرض الفصل الأول من الكتاب ما  
تقوم به اللجنة العلمية للأمم المتحدة من  
دراسة تأثيرات الإشعاع ، أما الفصل الثاني  
فتناول موضوع الإشعاع والحياة ،  
وإستعرض الفصل الثالث المصادر الطبيعية  
للاشعاع والتي تشمل الإشعاعات  
الخارجية والداخلية والكونية والأرضية  
بالإضافة للرادون والمصادر الأخرى .

تناول الفصل الرابع المصادر الصناعية  
للاشعاع ( الطبية - التفجيرات النووية -  
القوى النووية - الحوادث - التعرضات  
المهنية - مصادر أخرى متنوعة ) .

وإستعرض الفصل الخامس التأثيرات  
الإشعاعية على الإنسان وهي التأثيرات  
المبكرة - المتأخرة - الوراثةية - التأثيرات على  
الأجنة ، أما الفصل السادس والأخير فتناول  
موضوع تقبل المخاطر .





## الوقاية من الحرائق في المختبرات

عرض : محمد ناصر الناصر

يقع الكتاب في ٢٧٠ صفحة من الحجم ( المتوسط ) وهو من تأليف علي أوفلي وقام بمراجعته علمياً الدكتور محمد شفيق الكفاني وصدر عن دار الشواف بالرياض عام ١٩٩٤ م .

يبدأ الكتاب بمقدمة توضح الهدف من تأليفه وهو الوقاية من الحرائق في المختبرات وسبل السيطرة عليها والحد من الخسائر والإصابات الناجمة عنها.

الضغط الموصد (Autoclave) (جهاز لاجراء بعض التفاعلات الكيميائية التي تتطلب ضغطاً عالياً) .

تطرق المؤلف في **القسم الخامس** إلى الحماية الشخصية في المختبرات وتشمل ارتداء المعاطف والقفازات والكمادات وأقنعة الغبار والنظارات وكذلك الحماية من أخطار الإشعاعات ومنها أشعة الليزر والأشعة فوق البنفسجية ، ويتناول هذا القسم كذلك الوسائل والتجهيزات الوقائية في المختبرات مثل مَرشّ السلامة (Safety Shower) ومغاسل العيون وستائر السلامة حيث تكون لازمة عند إجراء تجارب خطيرة داخل المختبر .

يشمل **القسم السادس** إحتياجات ينبغي أخذها في الحسبان عند إجراء بعض العمليات الفنية في المختبرات مثل عمليات التقطير وعمليات استخراج المواد المذيبة وفصلها عن مزيج أو محلول وعمليات التحضير للتفاعلات الكيميائية.

تناول المؤلف في **القسم السابع** مخاطر المواد الكيميائية في المختبرات وأعطى توجيهات للوقاية منها وتشمل تلك المواد الزئبق وكلوريد الألمنيوم والبنزين وثنائي

على مكافحة حرائق المختبرات وأهمية تواجد مركز للصحة والسلامة في الجهة التي تتواجد فيها المختبرات وسرد لمهام ذلك المركز وأهمية وضع منهج لتدريس مادة السلامة في المختبرات .

يورد المؤلف في **القسم الثالث** من الكتاب بعض النصائح والإرشادات للطلاب في المختبرات وتشمل نصائح حول الألبسة وتصرفات عامة وتداول الأوعية الزجاجية وبعض الإحتياطات الواجب إتخاذها عند التعامل مع المواد الكيميائية في المختبر .

يتناول **القسم الرابع** من الكتاب قواعد السلامة والوقاية في المختبرات وتشمل السلوك العام لمرتادي المختبر والعناية العامة بالمختبر والمشاكل الخاصة بالتخلص من نفايات المختبرات (مذيبات سريعة الاشتعال ،أحماض ، غازات ، مواد مشعة ) والحلول المناسبة لكل منها ، كذلك تم التطرق في هذا القسم إلى التعامل الأمثل مع الأجهزة والمعدات داخل المختبر مثل خزائن حفظ السوائل سريعة الاشتعال وأجهزة الطرد المركزي والثلاجات وغرف التبريد واسطوانات الغازات المضغوطة وجهاز

يتناول المؤلف في **القسم الأول** من الكتاب ، وتحت مسمي عموميات، تعاريف تمس موضوع الكتاب مثل المختبر ومنضدة العمل والتجهيزات الإضافية والإدراك لمفهوم المخاطر في المختبرات وكتلة مجمع المختبرات ومايتعلق بها من عوازل مقاومة للحريق ومجمع مختبر التعليم ومؤسسة التعليم ، ثم ينتقل السياق الى مسألة التنظيم داخل المختبرات وأهميته للتقليل من المخاطر، ووضع وسائل الحماية والإنقاذ في المختبرات بالإضافة الى الإحتياطات الواجب أخذها في الحسبان عند العمل في المختبرات وتعليمات السلامة في حالة حدوث حريق وسرد للمخاطر التي قد تحدث والمواد المسببة لها.

يتناول **القسم الثاني** « مسؤولية السلامة في المختبرات » ومعلومات عن المخاطر الكيميائية والسموم والأسباب الرئيسية للحوادث في المختبرات وتقسيم المسؤوليه للمقاة على عاتق العاملين في المختبرات إلى ثلاثة مستويات فردية وإشرافية وتنظيمية ، كما تطرق إلى مسؤوليات وأهداف الهيئة المسؤولة عن السلامة في المختبرات ومن ضمنها التدريب

القسمان **السادس عشر والسابع عشر** من الكتاب فيتناولان موضوع إضاءة السلامة في المختبرات عند انقطاع التيار الكهربائي وتوزيع تلك الاضاءة ومصادر التغذية لنظام إضاءة السلامة .

يشتمل **القسم الثامن عشر** على الإجراءات اللازم إتخاذها داخل المختبر في حالة حدوث حريق أو حادث وتشتمل على اجراءات أولية يقوم بها المسؤولون عن المختبر مثل الإنذار الداخلي والسيطرة على الحريق أو الحادث وإخلاء المبنى وطلب المساعدة من قبل إدارة الاطفاء ، كذلك يتطرق القسم إلى عملية تكوين فرقة طوارئ في المختبر والمسؤوليات الملقاة على عاتقها بالإضافة إلى شرح لعملية تمرين الإخلاء في المختبرات .

يتناول **القسم التاسع عشر والأخير** من الكتاب وسائل الطوارئ في المختبرات والتي منها هواتف الطوارئ وأهمية وجودها في الأماكن المناسبة لاستخدامها وأبواب الطوارئ ومواصفاتها والأبواب القاطعة للنار وصيانتها وطريقة عملها، كما يتطرق هذا القسم إلى النقاط الواجب أخذها في الحسبان عند وضع خطة عمليات داخلية للمختبرات في حالة حدوث حريق أو إنفجار والكيفية التي يتم من خلالها تطبيق تلك الخطة .

يحتوي الكتاب على العديد من الأشكال والصور التوضيحية ، ويعد مرجع جيد للعاملين في المختبرات بصفة خاصة وكثقافة عامة لغير العاملين وذلك في بعض أقسامه ، ويلاحظ أن عنوان الكتاب لا يتناسب وبصفة مباشرة مع بعض المواضيع المطروقة في أقسام مختلفة من الكتاب حيث جاء عنوان الكتاب « الوقاية من الحرائق في المختبرات » إلا أن هناك أقسام من الكتاب تتحدث عن خطورة حيوانات التجارب في المختبرات على صحة العاملين فيها ، وكذلك قسم آخر يتناول مخاطر المواد المسرطنة في المختبرات .

وسبل الوقاية منها . فمن ناحية الانفجارات يورد المؤلف الأنواع المحتمل حدوثها في المختبر وذلك وفقاً للمسبب ومنها المتفجرة والتفاعلات الطاردة للحرارة وخليط الغاز القابل للإشتعال والهواء وتراكم الضغط داخل الاوعية المغلقة وانفجار الغبار. أما بالنسبة للحرائق داخل المختبر فلها أسباب منها تركيز أشعة الشمس على الأماكن التي تحوي مواد مشتعلة ونزول الصواعق والكهرباء الساكنة والتيار الكهربائي المتردد والسوائل المشتعلة والحوادث الميكانيكية . وفي مجال مكافحة الحرائق في المختبرات يورد المؤلف تصنيفاً للحرائق حيث صنفها إلى ثلاث فئات وفقاً لمنشأها بالإضافة إلى حرائق أخرى خارج التصنيف . كما يتناول هذا القسم جهازين من أجهزة الإطفاء اليدوي المستعملة في المختبرات هي الجهاز المستخدم لغاز ثاني أكسيد الكربون وجهاز المسحوق الكيميائي وذلك من ناحية خصائص كل جهاز ومميزاته بالإضافة إلى الشروط الواجب مراعاتها عند استخدام مثل تلك الاجهزة ، كما تم التطرق بصورة مختصرة إلى نظامين لمكافحة الحرائق هما نظام شبكة الماء ونظام شبكة غاز ثاني أكسيد الكربون .

ولأهمية مركز المعلومات في المختبرات يتناول المؤلف في **القسم الثالث عشر** من الكتاب موضوع وقاية مراكز المعلومات في المختبرات من الحرائق ، ويورد المؤلف العديد من وسائل الوقاية منها ما يتعلق بالنواحي الإنشائية والمواد المستعملة في بناء المراكز ومنها ما يتعلق بالأجهزة والمعدات المستخدمة فيه ، كذلك تم تناول وسائل الإطفاء في مراكز المعلومات باستخدام غاز ثاني أكسيد الكربون أو غاز الهالون (B.T.M.) (HALON 1301) .

يشتمل القسمان **الرابع عشر والخامس عشر** على تعليمات بشأن أخطار التيار الكهربائي في المختبر من خلال التوصيلات والأجهزة الكهربائية ، أما

كبريت الكربون والهيدروكربونات الكلورة والأحماض والقلويات القوية والمعادن القلوية مثل الصوديوم والبوتاسيوم والهالوجينات مثل البروم والكلور والسيانيدات مثل سيانيد الهيدروجين وفوق أكسيد الهيدروجين وأكاسيد النيتروجين وغيرها من المواد الخطرة في المختبرات .

ولأهمية التنبيه إلى المواد المسرطنة المتداولة في المختبرات وتبيان مخاطرها فقد خصص **القسم الثامن** من الكتاب لتلك المواد مع التطرق إلى الإحتياطات الواجب اتباعها عند التعامل معها ، كما تمت الإشارة إلى بعض منها ، وقد صنفها الكاتب إلى مواد مسرطنة ومواد يحتمل أن تكون سبباً في حدوث السرطان .

تم في **القسم التاسع** إيبراد بعض القواعد العامة للوقاية من المواد الكيميائية الخطرة في المختبرات. أما **القسم العاشر** فتطرق إلى المخاطر المحتمل حدوثها في المختبرات بصفة عامة مثل المخاطر الناجمة عن التعامل مع حيوانات التجارب في المختبرات كمرض السل والسعار ، والإحتياطات العامة للسلامة من تلك المخاطر .

وتحت عنوان إجراءات الإسعافات الأولية يتناول **القسم الحادي عشر** الإسعافات الأولية التي ينبغي اجراءها عند تعرض المتواجدين في المختبر للحوادث إلى حين حضور المساعدة الطبية ، و تشمل تلك الإسعافات حوادث التسمم ببعض المواد مثل السيانيدات وفلوريد الهيدروجين والفينول ، والحروق الناجمة من الحرارة والمواد الكيميائية والنزيف الشديد والصدمة المصاحبة للإصابات الشديدة مع تناول كيفية الإسعاف الأولي لفاقدي الوعي وإجراء التنفس الاصطناعي .

يتناول **القسم الثاني عشر** الانفجارات والحرائق في المختبرات من ناحية أسبابها



## تأثير إنتاج الزيت على الصناعات البتروكيميائية باستخدام البرمجة الخطية

**الصناعة البتروكيميائية عنصر أساس في بناء قاعدة صناعية في المملكة العربية السعودية لكونها دولة منتجة للنفط ، من هذا المنطلق قامت مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية بدعم مشروع بحثي بعنوان " تأثير إنتاج الزيت على الصناعات البتروكيميائية باستخدام البرمجة الخطية " .**

فقد أمكن إستخدام النموذج الخطي عند مستويات مختلفة من إنتاج النفط ونوعيات الخام في تحديد نسبة كل نوع من الخام المنتج وعلاقة تلك النسبة بسعة مصانع فرز الغاز عن الزيت في المصانع التي تنتج نفس النوعين من الخام .

وبدراسة مدى إعتداد كمية الغازات المنتجة على كمية الزيت الخام تم حساب معدل زيادة المنتج لكل زيادة معلومة (نصف مليون برميل / يوم ) من الزيت الخام وذلك من مليون إلى عشرة ملايين برميل ، ( مليون ، ١,٥ مليون ، ٢ مليون ، ... عشرة مليون برميل /يوم ) وقد تم تقدير كمية غاز الميثان والإيثان المنتجة لكل كمية من النفط المنتج ( مليون إلى ١٠ مليون برميل ) . ومن هذه النتائج طُوّر منحني يعكس العلاقة بين إنتاج الزيت الكلي وكمية غاز الميثان والإيثان المنتجة .

وبناء على النماذج الرياضية المذكورة تم تحديد الكمية المثلى للزيت الخام في إنتاج غازي الميثان والإيثان ، وقد وُجد أن إنتاج الزيت بمقدار ٤ ملايين برميل في اليوم كافٍ لإنتاج غاز الميثان المطلوب حالياً . أما غاز الإيثان فهناك فائض في الإنتاج حسب الطلب الحالي ، وعليه يمكن إستخدام هذا الفائض لتعويض إنتاج غاز الميثان مما يؤدي إلى إنخفاض الزيت اللازم لتغطية طلب الصناعة من غاز الميثان من ٤ إلى ٣ ملايين برميل في اليوم . وقد وُجد أيضاً أن إستخدام الغاز الخفيف المنتج من آبار المملكة يؤدي إلى خفض إضافي من الزيت الخام اللازم لإنتاج غاز الميثان إلى ١,٥ مليون برميل في اليوم دون إحداث أي خلل في الصناعة البتروكيميائية .

وعموماً فإن نتائج هذا المشروع ستفيد في إيجاد خطط الإدارة المثلى لإنتاج الزيت والغاز لتلبية متطلبات الصناعات البتروكيميائية .

١- تحليل البيانات وبناء النموذج الرياضي الأمثل .

٢- تطوير وتصحيح برنامج الحاسب الآلي المستخدم في هذا النموذج الرياضي .

٣- إختبار وعمل تحليل الحساسية على النموذج الرياضي .

٤- تحليل تأثير إنتاج الزيت على الصناعات البتروكيميائية .

وبناء على ذلك تم تطوير نموذج خطي ( Linear Programming Model ) لصناعة الزيت وربطه بالصناعات البتروكيميائية وذلك بهدف خفض التكاليف الإدارية الكلية ، وقد حُدّت هذه الدالة الهدفية بـ ٢٦٢ حداً تتضمن القدرة الإنتاجية والموازنة المادية والطلب العالمي على الخامات المختلفة بالإضافة إلى الحدود والعلاقات الفنية ، وباستخدام هذا النموذج أمكن تحقيق دراسة تأثير إنتاج الزيت على الصناعة البتروكيميائية .

وفي مجال تطوير العلاقة بين إنتاج الزيت وكمية غاز الميثان والإيثان المطلوبة ،

تم تنفيذ البحث خلال الأعوام من ١٤٠٦هـ إلى ١٤٠٨هـ ، وقد كان الباحث الرئيس لهذا المشروع د . محمد عبدالله الصالح من جامعة الملك فهد للبترول والمعادن - قسم الهندسة الكيميائية .

يهدف المشروع إلى دراسة تأثير إنتاج الزيت على الصناعات البتروكيميائية في المملكة عن طريق تصميم نموذج رياضي أمثل يربط شبكتي إنتاج الزيت والغاز بالصناعات البتروكيميائية ، ويحدد هذا البرنامج النموذج الرياضي الأمثل لمعادلات توازن المادة وعلاقات الداخل والمخرج التقنية والطلب على أنواع الزيوت المختلفة ، ويهدف هذا النموذج إلى تخفيض التكلفة الكلية لتشغيل هذا القطاع .

وقد تم دراسة أثر إنتاج الزيت في توفير الخامات الأساس للصناعات البتروكيميائية في المملكة بوساطة النموذج المذكور وتحليل الحساسية (Sensitivity Analysis)، بالإضافة إلى دراسة وتحليل عدة خيارات وخطط إنتاجية وذلك من خلال أربع مراحل هي:-



## مع القراء



حيث إقتراحك فقد تطرقت المجلة إلى الحاسبات الآلية في عديد سابقين ، وقد يرد أحياناً معلومات عن الحاسب في زاوية شريط المعلومات ، وأما من حيث الإشتراك فقد أدرج إسمك في قائمة من ترسل لهم المجلة .

### ● الأخ / صالح الرفاعي - ينبع البحر

نرحب برسائلك ونشكرك على الإطراء الحسن ، وأما بالنسبة لما طلبته من اعداد فنأسف لعدم توفره في الوقت الحاضر ، وقد ادرج اسمك ضمن قائمة من ترسل لهم المجلة .

### ● الأخ / أحمد عبد المعطي - جمهورية مصر العربية

شكراً على رسالتك وما تحمله من مشاعر طيبة تجاه المجلة ، وقد ادرج اسمك ضمن قائمة من ترسل لهم المجلة ، وأما الأعداد التي طلبتها فسيصلك - بإذن الله - ما يتوفر لدينا .

### ● الأخ / محمد صالح البقال - الرياض

نرحب بك صديقاً دائماً للمجلة ، ونأمل ان نوفق في تقديم ما يحوز على رضا الجميع .

### ● الأخت / عسلة القحطاني - أبها

وصلتنا رسالتك وقد أحيل طلبك إلى الإدارة المختصة في مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية .

### ● الأستاذ / نمشان الدوسري - الإحساء

نشكرك على رسالتك ونحن في خدمة الجميع طلاباً ومدرسين ، وقد ادرج اسمك ضمن قائمة من ترسل لهم المجلة ، وسوف ترسل لك إن شاء الله .

### ● الأستاذ / ناصر الجاسم

### ● الأستاذ / صالح الحربي -

### العيون - الإحساء

مقدرين لكم ما أرسلتم من التعريف بأنفسكم ، إلا أن هذه المجلة علمية بحتة وليس لها مجال في الأدب - منهاج النشر على الصفحة الداخلية من الغلاف - وقد ادرجت اسمائكم ضمن قائمة من ترسل لهم المجلة .

### أعزائنا القراء

حمل لنا بريد المجلة العديد من رسائل القراء الكرام من الداخل والخارج فمناها ما يحمل اجمل عبارات الثناء والإعجاب ، ومنها ما يحمل العتاب على عدم الرد على رسائلهم ، ومنها ما يطلب ويستفسر عن رسوم الاشتراك ، ومنها ما يحمل اقتراحات جيدة يتم الأخذ بها حسب الإمكانيات . ونحن نرحب بالجميع ونشكرهم على استمرار تواصلهم معنا ، ويؤسفنا عدم إستطاعتنا الرد على جميع الرسائل التي تأتي للمجلة نظراً لضيق المساحة المخصصة ، إلا أننا نشكر قراءنا الأعزاء على آرائهم وإقتراحاتهم البناءة .

### ● الأخ / وهيب احمد - سوريا

نشكرك على رسالتك . وقد بعثنا لك المتوفر لدينا من أعداد سابقة ، نأمل أن تكون قد وصلتك ، كما يسرنا إدراج إسمك في قائمة من ترسل لهم المجلة .

### ● الأخ / أسامه سمر قنذي - مكة المكرمة

شكراً لك على ثنائك الطيب على المجلة وما فيها من معلومات ، وهذا لا شك مما يسرنا ويدفعنا إلى بذل المزيد ، ويسعدنا إبلاغك بأنه قد تم إدراج إسمك ضمن قائمة من ترسل لهم المجلة .

### ● الأخت / الياس بن لاغه - بسكرة -

### الجزائر

نشكرك على البطاقة الجميلة ، ونأمل أن تكون الأعداد التي طلبتها قد وصلتك .

### ● الأخ / رقيقي زبير - الجزائر

نحن نرحب بجميع الإقتراحات فنأخذ بما يتمشى مع سياسة المجلة العلمية ، أما من ناحية تخصيص صفحة للإنجازات العلمية فإن هناك عدد من الأبواب الثابتة تعالج اقتراحك وهي

الجديد في العلوم والتقنية ، شريط المعلومات ، بحوث علمية ، أما بالنسبة للألعاب المسلية فليس لها مجال في المجلة وقد تقي بالغرض مسابقة العدد ، أما بالنسبة لإقتراحك وضع أسئلة في نهاية المجلة فهذا غير قابل للتنفيذ وأهلاً بك صديقاً للمجلة .

### ● الأخ / يحيي ابراهيم سنبل - جدة

نشكرك على شعورك نحو المجلة ، نحن نهتم بجميع الرسائل التي تصلنا وقد ارسلت المجلة على عنوانك .

### ● الأخ / محمد بن منصور الفايز -

### المذنب - القصيم

شكراً لمشاعرك الصادقة تجاه المجلة ويسرنا أن نقول لك أن إيصال المادة العلمية إلى القارئ العربي بإسلوب ملائم هدف أساس من أهداف المجلة ، كما يسرنا ادرج اسمك ضمن قائمة من ترسل لهم المجلة .

### ● الأخ / عبدالعزيز عبدالله الغماس -

### بريدة - القصيم

أسرة التحرير والعاملون في المجلة يشكرونك على الإطراء الطيب ، أما من

في  
العدد المقبل

## الصناعات البتروكيميائية

الجزء الثاني





مجلة العلوم والتقنية  
مقال الغاز الطبيعي (ص 5)

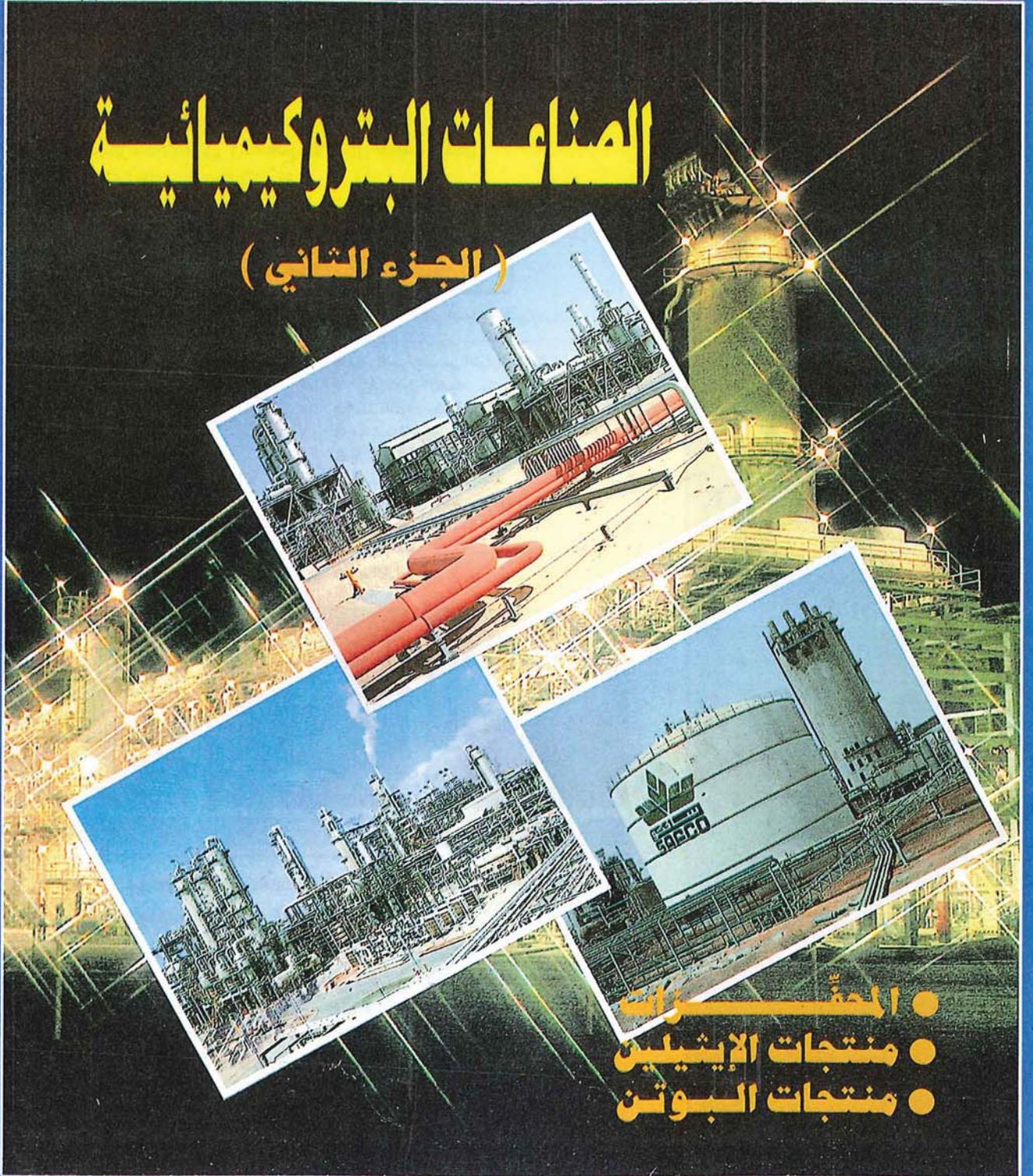


# العلوم والتقنية

● مجلة علمية فصلية تصدرها مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية ● السنة الثامنة ● العدد التاسع والعشرون ● محرم ١٤١٥ هـ / يونيو ١٩٩٤ م

## الصناعات البتروكيميائية

(الجزء الثاني)



- المحفزات
- منتجات الإيثيلين
- منتجات البوتن

ISSN 1017 3056

بسم الله الرحمن الرحيم

## العلوم والتقنية



المشرف العام:

د. صالح عبد الرحمن العذل

نائب المشرف العام

ورئيس التحرير:

د. عبد الله أحمد الرشيد

هيئة التحرير:

د. عبد الرحمن العبد العالي

د. خالد السليمان

د. إبراهيم المعتاز

د. عبد الله الخليل

د. محمد فاروق أحمد

أ. محمد الطاسان

## منهاج النشر

أعزائنا القراء :

يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تفتح أبوابها لمساهمتم العلمية وإستقبال مقالاتكم على أن تراعى الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة :-

- ١ - يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط أن لا يفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها .
  - ٢ - أن يكون ذا عنوان واضح ومشوق ويعطي مدلولاً على محتوى المقال .
  - ٣ - في حالة الإقتباس من أي مرجع سواء كان إقتباساً كلياً أو جزئياً أو أخذ فكرة يجب الإشارة إلى ذلك ، وتذكر المراجع لأي إقتباس في نهاية المقال .
  - ٤ - أن لا يقل المقال عن أربع صفحات ولا يزيد عن سبع صفحات طباعة .
  - ٥ - إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر إسم المجلة التي نشرته أو أرسل إليها .
  - ٦ - إرفاق أصل الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال .
  - ٧ - المقالات التي لا تقبل النشر لا تعاد لكتابتها .
- يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية تتراوح ما بين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ ريال .

## محتويات العدد

- |   |  |
|---|--|
| ● المنتجات البتروكيميائية للأيزوبرين — ٤٤     | ● الشركة السعودية للصناعات الأساسية — ٢      |
| ● الكيالات البنزين — ٤٦                       | ● المحفزات في الصناعات البتروكيميائية — ٤    |
| ● بتروكيميائيات من التولوين والزاييلينات — ٥٠ | ● المنتجات البتروكيميائية من الميثان — ٨     |
| ● كيف تعمل الأشياء — ٥٤                       | ● الميثانول ومنتجاته — ١٢                    |
| ● مصطلحات علمية — ٥٦                          | ● الجديد في العلوم والتقنية — ١٨             |
| ● مساحة للتفكير — ٥٧                          | ● المشتقات البتروكيميائية من الإيثيلين — ١٩  |
| ● فلذات أكبادنا — ٦٠                          | ● بوليمرات من الإيثيلين — ٢٤                 |
| ● كتب صدرت حديثاً — ٦١                        | ● المنتجات البتروكيميائية من البروبيلين — ٣٠ |
| ● عرض كتاب — ٦٢                               | ● عالم في سطور — ٣٤                          |
| ● بحوث علمية — ٦٤                             | ● المنتجات البتروكيميائية من البوتن — ٣٥     |
| ● شريط المعلومات — ٦٥                         | ● المنتجات البتروكيميائية للبتوتادايئين — ٤٠ |
| ● مع القراء — ٦٦                              |  |



الكنسلات البترين



صناعة الـ PVC



الميثان

## المراسلات

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر

ص.ب ٦٠٨٦ - الرمز البريدي ١١٤٤٢ - الرياض

ترسل المقالات باسم رئيس التحرير ت : ٤٨٨٣٤٤٤ - ٤٨٨٣٥٥٥

Journal of Science & Technology

King Abdulaziz City For Science & Technology

Gen. Direct. of Sc. Awa. & Publ. P.O. Box 6086

Riyadh 11442 Saudi Arabia

يمكن الإقتباس من المجلة بشرط ذكر إسمها مصدراً للمادة  
المقتبسة الموضوعات المنشورة تعبر عن رأى كاتبها .



## كلمة التحرير

قراءنا الأعزاء

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته وبعد ، ، ،  
يسر هيئة تحرير مجلة « العلوم والتقنية » والقائمين عليها  
تقديم أحر التهاني وأطيب التبريكات بمناسبة حلول العام الهجري  
الجديد داعين المولى القدير أن يعيده على الأمتين العربية والإسلامية  
باليمن والبركات .

وحرصاً من المجلة على تغطية المواضيع التي تهتم شريحة  
واسعة من القراء في وطننا العربي الكبير ، فإنه مما لاشك فيه أن  
الصناعات البتروكيميائية تلعب دوراً أساسياً في إستعمالاتنا  
الشخصية والعامة ، وقد تطرقنا في العدد السابق إلى هذا الموضوع ،  
وها نحن - عزيزي القارئ - نضع بين يديك العدد التاسع  
والعشرين مواصلين بذلك طرقتنا لهذا الموضوع الحيوي والذي  
يتمثل في منتجات المواد البتروكيميائية الأساس موضحين خواصها،  
وطرق تحضيرها ، وأهم إستخداماتها.

تتضمن الموضوعات التي يتناولها هذا العدد المحفزات في  
الصناعات البتروكيميائية ، المنتجات البتروكيميائية من الميثان ،  
الميثانول ومنتجاته ، المشتقات البتروكيميائية من الإيثيلين ،  
المنتجات البتروكيميائية لكل من البروبلين ، البوتن ، البوتاديين ،  
والأيزوبرين ، وألكيلات البنزين ، والبتروكيميائيات من التولوين  
والزاييلينات ، هذا بالإضافة إلى الأبواب الثابتة التي دأبت المجلة على  
إدراجها كمواضيع علمية مختلفة .

ونظراً لأن هذا العدد هو العدد الأول من العام الثامن من عمر  
المجلة ، فإنه يسرنا أن نفي بوعده سابق قطعناه على أنفسنا بأن  
نُضمّنه سرداً للموضوعات الرئيسية التي تضمنتها أعداد العام  
المنصرم .

وختاماً نأمل أن نكون قد وفقنا لتقديم ما يرضي ويشبع رغبة  
القارئ العزيز ، كما نأمل أن يستمر هذا التواصل بيننا ليستمر  
العطاء بإذن الله .

والله من وراء القصد .

سكرتارية التحرير :

د. يوسف حسن يوسف

د. ناصر عبد الله الرشيد

أ. محمد ناصر الناصر

أ. عطية مزهر الزهراني

الهيئة الإستشارية :

د. أحمد المتعب

د. منصور ناظر

د. عبد العزيز عاشور

د. خالد المدني

التصميم والإخراج :

عبد العزيز إبراهيم

طارق يوسف

عبد السلام ريان

\*\*\*

العلوم والتقنية



# الشركة السعودية للصناعات الأساسية (سابك)

مناصفة لسابك ومجموعة من الشركات اليابانية ، وقد دخلت هذه الشركة مرحلة الإنتاج عام ١٤٠٣هـ .

**٢- الشركة الوطنية للميثانول (ابن سينا) :** وهي شركة لإنتاج الميثانول وميثيل ثالثي بوتيل الإيثر ، تقع في مدينة الجبيل الصناعية ، مملوكة مناصفة بين سابك وشركتي سيلانيز وتكساس إيثر الأمريكيتين ، بدأت هذه الشركة في الإنتاج عام ١٤٠٥هـ .

**٣- الشركة السعودية للبتر وكيمائيات (صدف) :** وهي شركة لإنتاج الإيثلين والإيثانول الصناعي الخام وثاني كلوريد الإيثلين والصودا الكاوية والإستايرين ، وتقع في مدينة الجبيل الصناعية ، ومملوكة مناصفة لسابك وشركة شل الأمريكية ، وقد بدأت الإنتاج بكامل وحداتها عام ١٤٠٥هـ .

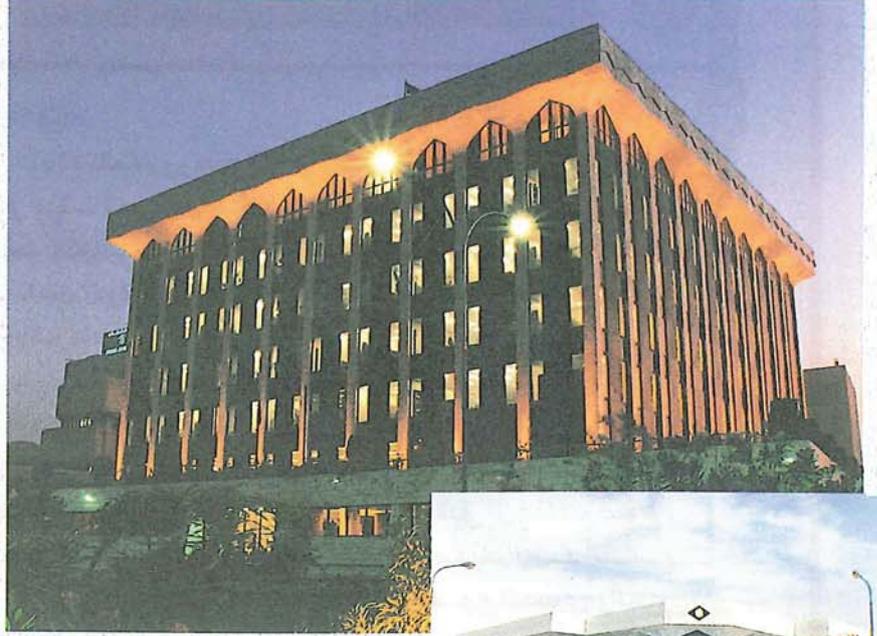
**٤- شركة الجبيل للبتر وكيمائيات (كيميا) :** وهي شركة لإنتاج البولي إيثلين ، وتقع في مدينة الجبيل الصناعية ، وتملكها الشركة بالتساوي مع شركة أكسون الأمريكية ، وقد بدأت الإنتاج عام ١٤٠٥هـ .

**٥- شركة ينبع السعودية للبتر وكيمائيات (ينبت) :** وهي شركة لإنتاج الإيثلين والبولي إيثلين جلايكول ، تقع في مدينة ينبع الصناعية ، وهي مملوكة مناصفة بين سابك وشركة موبيل الأمريكية ، وقد بدأت الإنتاج بجميع وحداتها عام ١٤٠٥هـ .

**٦- الشركة العربية للبتر وكيمائيات (بتروكيميا) :** وتقع في مدينة الجبيل الصناعية ، وتملكها سابك بكاملها ، وقد بدأت إنتاج الإيثلين عام ١٤٠٥هـ ، والبولين -١ عام ١٤٠٨هـ والبولي ستايرين عام ١٤٠٨هـ ، كما تنتج البرولين ، والبيوتادئين ، والبنزين .

**٧- الشركة الشرقية للبتر وكيمائيات (شرق) :** وهي شركة لإنتاج البولي إيثلين منخفض الكثافة الخطي وجلايكول الإيثلين ، تقع في مدينة الجبيل الصناعية وتملكها سابك مناصفة مع مجموعة من الشركات اليابانية ، وقد بدأت الإنتاج عام ١٤٠٥هـ .

تأسست الشركة السعودية للصناعات الأساسية (سابك) بموجب المرسوم الملكي رقم م / ٦٦ ، وتاريخ ١٣ / ٩ / ١٣٩٦هـ . بهدف إقامة ، وتشغيل الصناعات الأساس التي تعتمد على الموارد المحلية الهيدروكربونية والمعدنية وغيرها من الصناعات المكملية ، والمساندة ، وتسويق منتجاتها .



بعضها مملوك بالكامل للشركة والبعض الآخر مشاركة مع شركاء آخرين ، وقد انتهجت الشركة أسلوب المشاريع المشتركة أسلوباً لنقل تقنية التصنيع المتطورة ، ولتدريب ، وتأهيل الكوادر الوطنية لإدارة وتشغيل تلك المشاريع .

تتمثل الأنشطة الرئيسية للشركة السعودية للصناعات الأساسية (سابك) فيما يلي :-

## التصنيع

تقوم الشركة بممارسة هذا النشاط عن طريق الشركات التالية :-

**١- الشركة السعودية للميثانول الرازي :** وهي شركة لإنتاج الميثانول تقع في مدينة الجبيل الصناعية ومملوكة

ينصب اهتمام « شركة سابك » على تحقيق هدفين استراتيجيين هما :-

✳ استثمار موارد المملكة الطبيعية من هيدروكربونات ومعادن وتحويل مايمكن منها إلى منتجات صناعية .

✳ استثمار الموارد البشرية السعودية وتأهيل مايلزم منها لتصبح فئات مدربة ماهرة ، قادرة على استيعاب تقنيات التصنيع المتطورة ، والعمل بها .

وتمارس الشركة نشاطها لتحقيق هذين الهدفين من خلال العديد من الشركات ،

وتحقيق أعلى المعدلات الإنتاجية مع المحافظة التامة على جوانب السلامة .  
\* السعي لإيجاد أفضل الطرق والوسائل لتقليل تكاليف الإنتاج وزيادة الربحية .  
\* الإقتصاد في استخدام موارد سابق ، وابتكار وتطوير تقنيات جديدة .

## التسويق

نظراً لما للتسويق من أهمية بالغة ، إذ يعد عصب العمليات الإنتاجية في المنشآت الاقتصادية ، أولت شركة سابق هذا الجانب الكثير من العناية ، فقد بدأت الشركة بانتهاج برنامج لإعادة بيع المنتجات التي من المؤمل أن تقوم بإنتاجها وذلك قبل أن تبدأ مصانعها عمليات الإنتاج ، وذلك من أجل بناء أجهزتها التسويقية . وفي عام ١٤٠٣هـ وقبل أن تطرح باكورة إنتاجها بدأت سابق في تطوير شبكة تسويقية على توابك تطلعاتها ، تقوم هذه الشبكة على شركتين وطنيتين هما : (سابق للتسويق) و ( سابق للخدمات التسويقية) وتختص الأولى بتسويق منتجات مجموعاتها وغيرها من المنتجات ذات العلاقة ، بينما تقوم الثانية بسائر الخدمات التسويقية المساندة من نقل ، وشحن ، ومناولة ، وتأمين ، بالإضافة إلى الخدمات الفنية قبل البيع ، وبعده .

وقد عززت سابق شبكتها التسويقية بمكاتب وفروع ومستودعات في أنحاء متفرقة من العالم مثل بريطانيا ، وسنغافورة ، وهولندا ، وتركيا ، وأسبانيا ، وأمريكا ، وكوريا الجنوبية ، وأندونيسيا ، وبلجيكا ، وفرنسا ، والأردن ، وتونس .

وامتداداً للتوسع في عملياتها على المستوى العالمي قامت الشركة بإنشاء شركتين تسويقيتين فرعيتين الأولى في لندن ببريطانيا وهي (سابق للتسويق - أوروبا) والثانية في ستانفورد بالولايات المتحدة الأمريكية هي (سابق للتسويق - أمريكا) بالإضافة إلى مكاتب لخدمات التسويق في طوكيو وهونج كونج .

موظفو الشركة السعوديون (١٠٪) والباقي لمستثمرين آخرين من المملكة ، وقد بدأت سافكو إنتاج اليوريا عام ١٣٨٩هـ ، تبع ذلك إنتاج حامض الكبريت ، وفي عام ١٤٠٥هـ بدأ إنتاج الميلامين .

١٤- الشركة السعودية للحديد والصلب (حديد) : وهي شركة لإنتاج قضبان وأسياخ التسليح تقع في مدينة الجبيل الصناعية ، وهي شركة مملوكة بالكامل لشركة سابق ، وبدأت الإنتاج عام ١٤٠٣هـ .

١٥- شركة درفلة الصلب (صلب) : وهي شركة لإنتاج قضبان التسليح تقع في مدينة جدة ، وهي مملوكة لشركة حديد ، وقد ملكت شركة حديد ، مصنع درفلة الصلب (صلب) الذي كان في طور الإنتاج منذ عام ١٣٨١هـ ، وقامت سابق بتحديثه وتوسعته ورفع طاقته الإنتاجية .

١٦- مصهر ألومنيوم البحرين (ألبا) : وينتج كتل الألومنيوم وأسطوانات البثق ، يقع في دولة البحرين ، وتمتلك شركة سابق (٢٠٪) منه .

١٧- شركة الخليج لدرفلة الألومنيوم (جارمكو) : وهي شركة لإنتاج صفائح ورقائق الألومنيوم وتقع في دولة البحرين وتمتلك شركة سابق (٢٠٪) من رأس مالها .

١٨- شركة الخليج لصناعة البتروكيماويات (جيبك) : وهي شركة لإنتاج الأمونيا والميثانول ، تقع في دولة البحرين ، وتمتلك شركة سابق حصة متساوية من الشركة مع كل من البحرين والكويت .

## البحث والتطوير

يعد هذا النشاط من الأنشطة الرئيسية التي بدأت تأخذ اهتماماً متزايداً من قبل الشركة ، إذ تم إنشاء مجمع خاص لهذا الغرض هو مجمع سابق الصناعي للبحث والتطوير الذي يهدف إلى :-

\* تعزيز القدرة التنافسية لمنتجات الشركة في السوق العالمية .

\* ضمان تحقيق الجودة العالية للمنتجات

٨- الشركة الوطنية للبلاستيك (ابن حيان) : وهي شركة لإنتاج كلوريد الفينيل الأحادي وبولي كلوريد الفينيل ، وتقع في مدينة الجبيل الصناعية ، وهي مملوكة لسابق بنسبة (٧١,٥٪) ومجموعة لاكي جولستار الكورية الجنوبية بنسبة (١٥٪) وعدد من الشركات (١٣,٥٪) ، وقد بدأت الإنتاج عام ١٤٠٧هـ .

٩- الشركة الوطنية للغازات الصناعية (غاز) : وتقع في مدينة الجبيل الصناعية ، وهي مملوكة لسابق بنسبة (٧٠٪) ، والباقي لعدد من الشركات والمؤسسات الوطنية العاملة في حقل الغازات الصناعية ، وقد بدأت في إنتاج النيتروجين عام ١٤٠٤هـ والأكسجين عام ١٤٠٥هـ .

١٠- الشركة السعودية الأوروبية للبتروكيماويات (ابن زهر) : وهي شركة لإنتاج ثلاثي بيوتال الإيثر الميثيلي والبولي بروبلين تقع في مدينة الجبيل الصناعية ، وهي مملوكة لشركة سابق بنسبة (٧٠٪) و (١٠٪) لكل من شركة نستى أوي الفنلندية وشركة أكوفويل الإيطالية والشركة العربية للاستثمارات البترولية (أبيكوب) ، وقد بدأ مجمعها في الإنتاج عام ١٤٠٨هـ .

١١- شركة الجبيل للأسمدة (سماد) : وهي شركة لإنتاج اليوريا والأمونيا ، تقع في مدينة الجبيل الصناعية ، وهي مملوكة مناصفة بين شركة سابق وشركة تاوان (الصين الوطنية) للأسمدة ، وقد بدأت الإنتاج عام ١٤٠٣هـ .

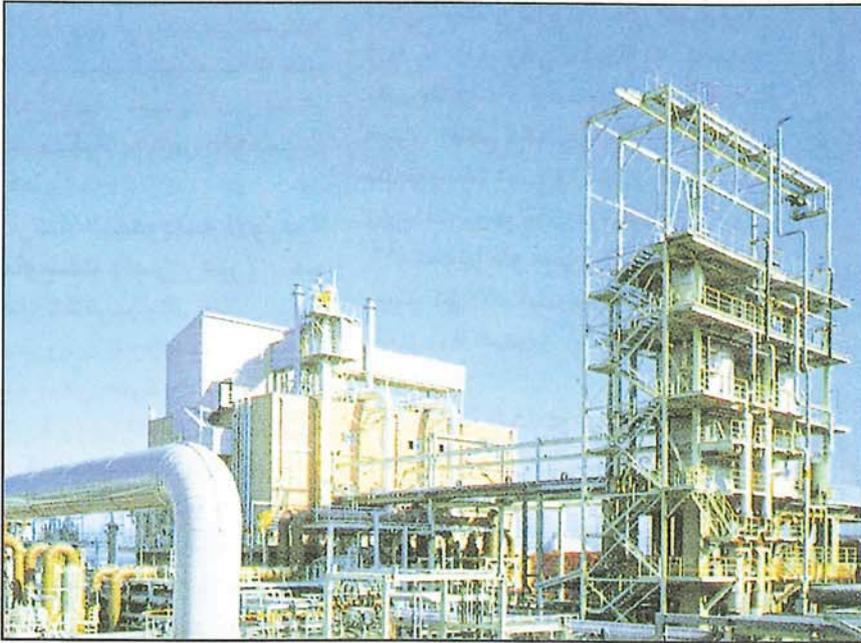
١٢- الشركة الوطنية للأسمدة الكيماوية (ابن البيطار) : وهي شركة لإنتاج الأمونيا واليوريا الحبيبية ، وأسمدة مركبة فوسفاتية تقع في مدينة الجبيل الصناعية ، مملوكة مناصفة لسابق وشركة الأسمدة العربية السعودية (سافكو) ، وقد بدأت الإنتاج عام ١٤٠٧هـ .

١٣- شركة الأسمدة العربية السعودية (سافكو) : وتقع في مدينة الدمام ، وتمتلك سابق (٤١٪) من رأس مالها فيما يمتلك

# المحفزات في الصناعات البتروكيميائية

أ. عبد الله محمد العبد الرحمن

تُعرف المحفزات بأنها مواد تستخدم لزيادة سرعة التفاعل الكيميائي دون أن يحدث لها تحول كيميائي، وتحدث زيادة في سرعة التفاعل بسبب قدرة المحفز على تخفيض طاقة تنشيط التفاعل (أقل كمية من الطاقة تحتاجها الجزيئات المتفاعلة للوصول إلى المركب النشط، وتكوين نواتج) بدرجة ملحوظة مما يجعل التفاعل يسير بسرعة في اتجاه تكوين النواتج.



يوضح شكل (١) أن طاقة التنشيط اللازمة ( $E_a$ ) لسير التفاعل انخفضت بوجود المحفز، ومن أمثلة ذلك أن طاقة التنشيط اللازمة لتفكك غاز أكسيد النيتروز ( $N_2O$ ) إلى غازي الأكسجين، والنيتروجين - بدون محفز - عالية، وتصل إلى حوالي ٢٤٠ كيلو جول مول<sup>-١</sup> مما يجعل التفكك بطيئاً في حين أدى استخدام الذهب كمادة محفزة في هذا التفاعل إلى انخفاض طاقة التنشيط إلى ١٢٠ ك جول مول<sup>-١</sup>.

## أهمية المحفزات

للمحفزات أهمية بالغة في صناعة البتروكيميائيات من خلال عمليات التصنيع المختلفة (هدرجة، نزع هيدروجين، أكسدة، إختزال، بلمرة) جدول (١)، حيث إنها تعمل على خفض تكلفة المنتج، وتحسين الإنتاج، لذا كان اهتمام الشركات البتروكيميائية بهذا المجال كبيراً من خلال التنافس على تطوير المحفز المستخدم، أو إيجاد محفز جديد يعطي نتائج أفضل.

قام العديد من الدول الصناعية بإنشاء مراكز بحوث متخصصة في مجال المحفزات، وتم إصدار دوريات تهتم بها، وتتابع ما يستجد فيها. كما أنشأت الشركة السعودية للصناعات الأساس (سابك) مؤخراً مجمعا للبحث والتطوير، وجعلت المحفزات من ضمن اهتماماته وتم إجراء الكثير من البحوث في هذا المجال في جامعات المملكة دعمت بعضها مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية،

ومن البحوث التي دعمتها المدينة استخدام مركبات مجموعة البلاتين كعوامل حفز في تفاعلات الأوليفينات في الأوساط المتجانسة، وقد أجرى هذا البحث عام ١٩٩٠م بجامعة الملك فهد للبترول والمعادن.

## خصائص المحفزات

للمحفزات خصائص عديدة من أهمها: الفعالية، والانتقائية، والتسمم. وفيما يلي تعريف بهذه الخصائص :-

### ١ - الفعالية

تعرف الفعالية (Activity) بأنها قدرة المحفز على تحويل المواد المتفاعلة إلى نواتج، وتقدر بقياس السرعة النوعية

### ٢ - الانتقائية

تعرف الانتقائية (Selectivity) بأنها قدرة المحفز على إنتاج المركب المطلوب، وهي تبين السرعة النسبية لتفاعل محفزين متنافسين أو أكثر، فقد يحدث أن تتكون عدة نواتج من عدة مواد متفاعلة لتفاعلات متوازنة (أ) أو أن تتكون أكثر من مادة من مادة واحدة متفاعلة نتيجة تفاعلين أو أكثر (ب).

## المحفزات

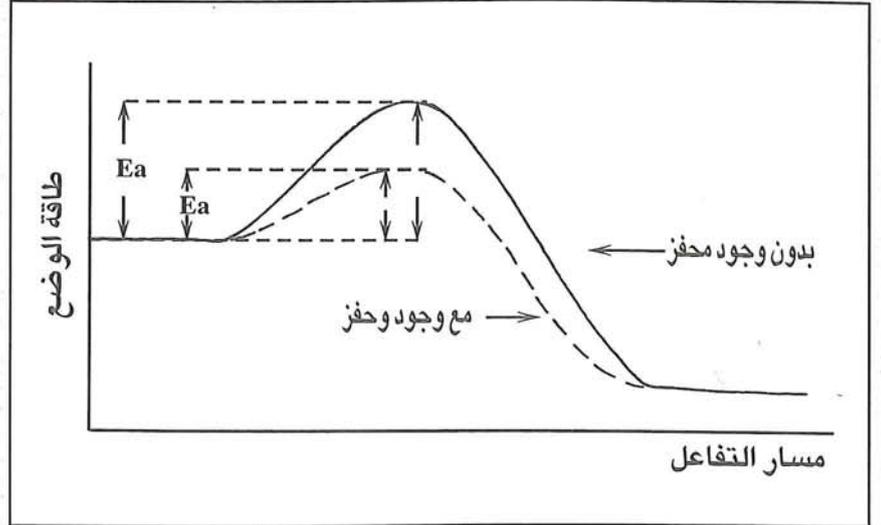
أوالزئك في كثير من العمليات خصوصاً عندما يكون المحفز من العناصر الانتقالية، ولتلافي عملية التسمم يجب تنقية المواد المتفاعلة، والمحفزات من الشوائب، أو استخدام مواد مقاومة للتسمم.

### أنواع المحفزات

يمكن تصنيف المحفزات حسب نوع المحفز والوسط المستخدم فيه إلى نوعين هما :-

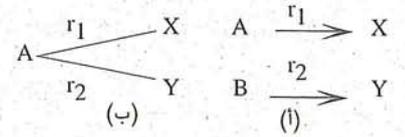
#### ١ - محفزات متجانسة

تعرف المحفزات المتجانسة (Homogeneous Catalysts) بأنها المحفزات التي توجد في طور المواد المتفاعلة، والنتيجة من التفاعل، أي أن يكون المحفز في الحالة الغازية لتفاعلات الغازات، وفي الحالة السائلة لتفاعلات السوائل.



● شكل (١) علاقة طاقة التنشيط بسير التفاعل.

يستخدم فيها البلاتينيوم والبلاديوم (Pd, Pt) كمحفزات، وكذلك وجود حامض الهيدروكلوريك (HCl) في عملية تصنيع الميثانول باستخدام النحاس (Cu) كمحفز، ووجود مركبات الزئبق، أو الرصاص،



حيث (A,B) مواد متفاعلة، (X,Y) مواد ناتجة من التفاعل، ( $r_1, r_2$ ) سرعتا التفاعل. فمثلاً عندما يكون المطلوب الحصول على المركب (X) سواء كان في الحالة (أ) أو (ب)، يتم استخدام المحفز الذي يعطي المركب المطلوب (X) دون المركب (Y)، أي يتم التحكم في مسار التفاعل بناءً على نوع المحفز بحيث يعطي المركب المطلوب محتويًا على نسبة قليلة من الشوائب، وتُحسَّن الانتقائية بزيادة السرعة النسبية للتفاعل عن طريق إضافة دعائم أو إجراء تعديل للمحفز أو اختيار محفز آخر.

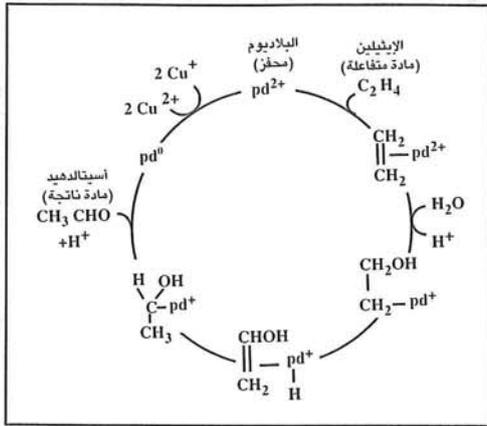
#### ٣ - التسمم

يحدث التسمم (Poisoning) نتيجة وجود شوائب في المواد المتفاعلة و/أو في المحفز، أو في الاثنين معاً، ويتأثر أداء المحفز عندما يكون ارتباط هذه الشوائب بالمحفز أقوى من ارتباطها بالمواد المتفاعلة. وتتم عملية التسمم بامتزاز الشوائب مثل الماء، ومركبات الكبريت، والزرنيخ، والسليينيوم، والرصاص، وغيرها في المواقع النشطة على سطح المحفز، وبالتالي يقل أداءه الحفزي إلى أن يصبح غير فعال.

ومن أمثلة التسمم وجود شوائب أول أكسيد الكربون في عمليات الهدرجة التي

نوع العملية	المحفز المستخدم	العملية
هدرجة	RhCPh <sub>3</sub> Ni/support Pd/support pd/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	الكينات ← الكانات بنزين ← الهكسان الحلقي أستيلين ← إيثلين ثنائي الأوليفين ← أوليفينات
نزع الهيدروجين	Ca (Sr) Niphosphate Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (H <sub>2</sub> O) Pt/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	بيوتين ← بيوتادايين البنزين الإيثلي ← ستايرين هكسان ← بنزين
أكسدة	PdCl <sub>2</sub> - CuCl <sub>2</sub> PdCl <sub>2</sub> - CuCl <sub>2</sub> Co acetate Ag/support	بروبلين ← أستيتون إيثلين ← أستالدهيد تولوين ← حامض النيترويك إيثلين ← أكسيد الإيثلين
بلمرة	TiCl <sub>4</sub> + Al(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> CrO <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub> Mo <sub>3</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -TiCl <sub>3</sub> +Al(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub>	إيثلين ← بولي إيثلين بروبلين ← بولي بروبيلين
إختزال	Cu / ZnO	الألامهيدات ← كحولات
كربلة	Ni (CO) <sub>4</sub> Pd Cl <sub>2</sub> /NH <sub>2</sub> CSNH <sub>2</sub>	أستيلين + ماء ← حمض الاكريك أستيلين + Co + ميثانول ← ميثيل إكربليت

● جدول (١) أمثلة العمليات البتروكيميائية والمحفزات المستخدمة فيها.



● شكل (٢) آلية تشكّل الأستالدهيد من الإيثيلين.

(د) معقدات (Complexes): وتشمل معقدات العناصر الانتقالية مثل الموليبدونوم، والتنجستين، والفاناديوم، والكوبالت، والبلاديوم. التي تدخل مثلاً في أكسدة الإيثيلين، معادلة (٣).

ومما يجدر ذكره أن هناك بعض الصعوبات التي تحد من استخدام المحفز المتجانس في الصناعة تكمن في صعوبة فصل النواتج عن المحفز لوجودهما في نفس الطور (Phase).

## ٢ - محفزات غير متجانسة

تعرف المحفزات غير المتجانسة (Heterogeneous Catalysts) بأنها المحفزات التي توجد في طور مختلف عن طور المواد المتفاعلة، أي إن المحفز والمواد المتفاعلة في حالتين مختلفتين، فقد يوجد المحفز في حالة صلبة بينما تكون المواد المتفاعلة في حالة سائلة أو غازية، ويتم التفاعل في هذه الحالة على سطح المحفز بامتزاز المواد المتفاعلة، أو بعضها على سطحه مما يؤدي إلى تكوين مادة، أو مواد وسطية تتفاعل بدورها لتعطي نواتج التفاعل والمحفز.

تستخدم المحفزات غير المتجانسة في مجال الصناعة بشكل كبير، وتزداد فعاليتها بزيادة مساحة سطحها، وعليه فهي أكثر فعالية عندما توجد على شكل مسحوق.

تتلخص آلية الحفز غير المتجانس في الخطوات التالية :-

● انتشار جزيئات المواد المتفاعلة على سطح المحفز.

مشتقات عطريات مؤكسدة .

● مواد لها قابلية استقبال زوج من الإلكترونات مثل  $BF_3$  ,  $AlCl_3$  وغيرها، ومن أمثلة التفاعلات التي يدخل فيها هذا النوع من المحفزات تفاعلات الألكلة لإنتاج الكيوميون، معادلة (١) شكل (٣).

(ب) قاعدية: مثل هيدروكسيد الصوديوم (NaOH)، أو البوتاسيوم (KOH)، وغيرها، ومن أمثلة

التفاعلات التي يدخل فيها هذا النوع من المحفزات تفاعلات النكاثف للمركبات الكربونية كالألدهيدات، والكيونات، فمثلاً يتكاثف جزيئان من الأستالدهيد لتكوين الدهيد الكروتون، معادلة (٢).

(ج) عضوية معدنية: مثل محفز زيغلر ناتا (Ziegler - Natta) ويتكون من  $TiCl_4 + Al(C_2H_5)_3$ ، وهو يعد من المحفزات الشائعة في بلورة الأوليفينات أحادية، وثنائية الرابطة المضاعفة.

تتم آلية الحفز المتجانس بتفاعل المحفز مع المواد المتفاعلة لإنتاج مواد وسطية، أو انتقالية جديدة تتفاعل بدورها لتعطي نواتج التفاعل، والمحفز الذي بُدئ به التفاعل.

ومن أمثلة الحفز المتجانس أكسدة الإيثيلين لتكوين الأستالدهيد (عملية وكر - Wacker Process) باستخدام كلوريد البلاديوم ( $PdCl_2$ ) كمحفز في محلول كلوريد النحاس ( $CuCl_2$ ) عند درجة حرارة من  $120^\circ C$  إلى  $130^\circ C$ ، وضغط ٤ ضغط جوى، ويوضح شكل (٢) آلية تشكّل الأستالدهيد من الإيثيلين بوجود محفز.

وتصنف المحفزات المتجانسة إلى عدة أصناف منها :-

(أ) حامضية: وهي إما :-

● مواد لديها القدرة على منح بروتونات كحامض الكبريت، وتستخدم في عمليات الأسترة والتصبين، وإضافة الماء للأوليفينات، وتحضير

رقم الحفز	نوع الحفز	المعادلة
١	غير متجانس	$(CH_3)_2CHCl + \text{Benzene} \xrightarrow{AlCl_3} \text{Cumene} + HCl$ <p>كلوريد أيزوبروبان      بنزين      الكيومين</p>
٢	غير متجانس	$2CH_3CHO \xrightarrow{NaOH} CH_3CH(OH)CH_2CHO \xrightarrow{\text{تسخين}} CH_3CH=CHCHO$ <p>أستالدهيد      ألدول      الدهيد الكروتون</p>
٣	غير متجانس	$C_2H_4 + \frac{1}{2} O_2 \xrightarrow[PdCl_2]{CuCl_2} CH_3CHO$ <p>إيثيلي      إيثيلي      أستالدهيد</p>
٤	غير متجانس	$SO_2 + O_2 \xrightarrow{V_2O_5} 2SO_3$
٥	غير متجانس	$CH_2=CHCH_3 + NH_3 \xrightarrow[\text{الهواء}]{MoO_3 + Bi_2O_3} CH_2=CHCN + 3H_2O$ <p>بروبيلين      سيانيد الاكريل</p>
٦	غير متجانس	$CH_2=CH_2 + \frac{1}{2} O_2 \xrightarrow{Ag/Al_2O_3} CH_3CHO$

● شكل (٣) معادلات تفاعل الحفز المتجانس وغير المتجانس.

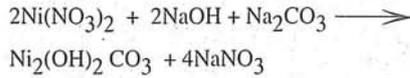
## المحفزات

أمثلة هذه المحفزات المجنيتيت (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) المحتوي على كميات قليلة من (CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O) كمادة محفزة لإنتاج النشادر في الصناعة .

### ٣ - الترسيب

يتم إنتاج المحفزات بالترسيب (Precipitation) بتكوين راسب بلوري، أو غير بلوري، أو جيلاتيني، ثم غسله بعناية لإزالة الأيونات غير المرغوب فيها وتجفيفه، وتشكيله، ثم حرقه، وأخيراً تنشيطه .

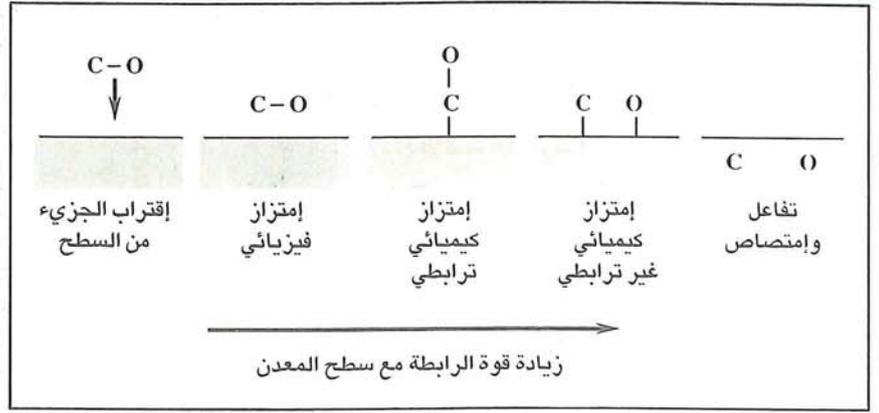
ومن أهم خطوات تحضير هذه المحفزات الخلط السريع لمحاليل مركزة من مركبات معدنية، ومن أمثلة ذلك خلط الهيدروكسيدات، والكربونات وفقاً للمعادلة التالية :



ومن مزايا طريقة الترسيب الخلط السريع لمكونات المحفز، حيث تكون على شكل أجسام صغيرة جداً تكسب المحفز مساحة سطحية كبيرة تزيد من قدرته على الحفز .

### ٤ - النقع

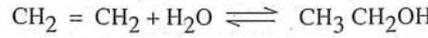
تعد عملية النقع (Impergnation) من أوسع الطرق استخداماً لتحضير المحفزات، وتتم بواسطة تلامس الداعم المسامي (Permeable Support) في محلول ملح معدني، وإزالة المحلول الزائد، والتجفيف، والحرق لتكوين الأكسيد ثم اختزاله في جو من الهيدروجين إلى حالته المعدنية، وتتميز هذه الطريقة بسهولة فصل الطور الفعال عن الطور المدعم، وتتميز الدعائم عادة بأنها مسامية في حالة الأكسيد المقاوم للصدأ، وبذلك فهي لا تحتاج لكميات كبيرة من المركب الفعال كما في طريقة الترسيب، ومن عيوب هذه الطريقة قلة المركبات الفعالة المستخدمة .



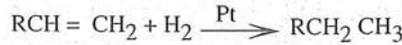
● شكل (٤) الأنواع المختلفة للإمتزاز.

● إمتزاز (Adsorption) فيزيائي (Physisorption)، والنيكل، والبلاتين، والفضة، والنحاس، وغيرها. وتستعمل هذه المجموعة من المحفزات بوجه عام في عملية إضافة الماء أو هدرجة الأوليفين. ومن أمثلة هاتين العمليتين ما يلي:-

\* إضافة الماء :



\* هدرجة الأوليفين :



## إنتاج المحفزات

يتم إنتاج المحفزات بعدة طرق حسب نوع المحفز - متجانس أو غير متجانس -، وذلك على النحو التالي :-

### ١ - فرد المعدن

تهدف عملية فرد المعدن (Spreading of the metal) إلى إيجاد مساحة سطحية كبيرة من المحفز في العمليات التي تتم باستخدام محفز معدني. ويقل استخدام هذه الطريقة في الصناعات البتروكيميائية، غير أن من أمثلتها أكسدة الأمونيا إلى أكسيد النيتريك عند تصنيع حامض النيتريك .

### ٢ - الصهر

تعد عملية إنتاج المحفزات بواسطة الصهر (Fusion)، سواء كانت معادن، أو أكاسيد، غير شائعة رغم أنها من الممكن أن تُعطي خلطاً جيداً لمكونات المحفز، ومن

● إمتزاز (Adsorption) فيزيائي (Physisorption)، أو كيميائي (Chemisorption) - ترابطي أو غير ترابطي - للمواد المتفاعلة، أو أحدها على الأقل على سطح المحفز، شكل (٤) .

● تفاعل الجزيئات المتمزة على سطح المحفز لتكوين مركب وسطي .

● مج (Desorption) المواد الناتجة من المواقع النشطة حفزياً على سطح المحفز

● انتشار المواد الناتجة بعيداً عن سطح المحفز .

وتصنف المحفزات غير المتجانسة إلى أصناف مختلفة منها :-

(أ) حامضية: مثل سيليكات الألومنيوم، والزيولايت المستعملة في عمليات التكرير الحراري لمكونات النفط، وحامض الفسفور المدعم على الفحم الفعّال في بلمرة البروبلين .

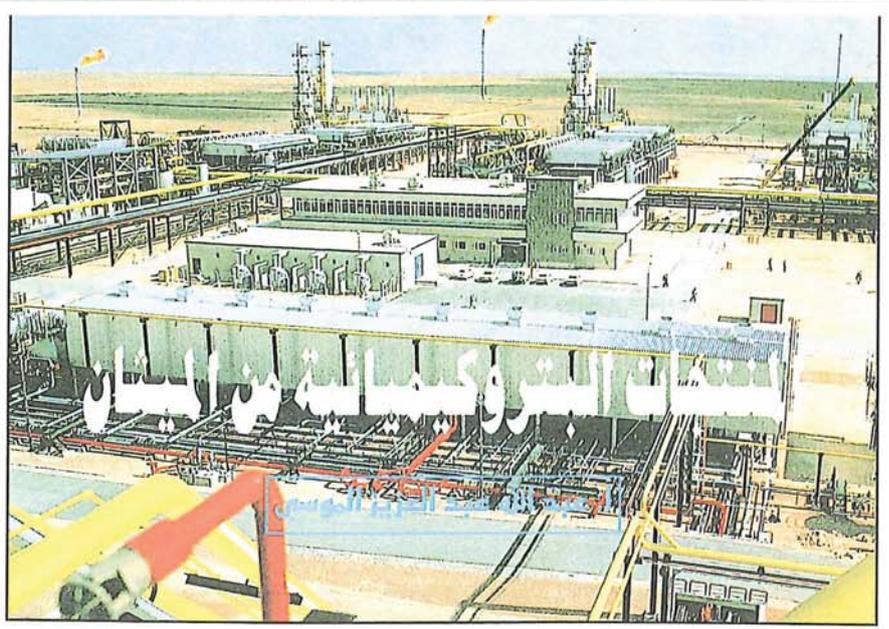
(ب) مؤكسدة: وتشمل الأكاسيد المعدنية التي منها :-

● خامس أكسيد الفناديوم (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) في أكسدة ثاني أكسيد الكبريت، معادلة (٤) .

● أكسيد الموليبدونوم (MoO<sub>3</sub>)، أو أكسيد البزموت (Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) في تحضير سيانيد الأكريل من البروبلين، معادلة (٥) .

● أكسيد الألومنيوم مع الفضة (Ag / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) كمادة محفزة في أكسدة الإيثيلين إلى الأسيالدهيد، معادلة (٦) .

(ج) مختزلة: كالمعادن أو بعض مركباتها، ومن أمثلة ذلك: الكوبالت،



ويتكون غاز الاصطناع الناتج من الهيدروجين ، وأول أكسيد الكربون بنسبة ٣ : ١ على التوالي .

### (ب) الأكسدة الجزئية

تتم عملية الأكسدة الجزئية باستخدام الميثان ، أو الوقود الثقيل المتبقي من عمليات التكرير كمصدر للكربون ، والهيدروجين ، وتختلف ظروف التفاعل تبعاً لنوع المصدر ، فعند استخدام الميثان ، يجري التفاعل في درجة حرارة من ١٣٠٠ إلى ١٥٠٠ م° ، وتحت ضغط من ١٤ إلى ١٤٠ ضغط جوي وفقاً للمعادلة التالية :



أما عملية الأكسدة الجزئية للوقود الثقيل فتتم في وجود الأكسجين وبخار الماء ، وفي درجة حرارة من ١٤٠٠ إلى ١٤٥٠ م° ، وضغط من ٥٥ إلى ٦٠ ضغط جوي ، وبين الشكل ( ٢ ) مخططاً مبسطاً لوحد إنتاج غاز الاصطناع ، بينما يوضح الجدول ( ٢ ) التركيب الغازي لنواتج عمليتي إعادة التشكيل ببخار الماء ، والأكسدة الجزئية .

يستخدم غاز الاصطناع في إنتاج العديد من المركبات الكيميائية العضوية واللاعضوية ، المستخدمة في كثير من الصناعات البتروكيميائية . ومن أهم منتجات غاز الاصطناع ما يلي :-

**الميثان ( CH<sub>4</sub> )** مركب هيدروكربوني ، برفيني ، مشبع ، ثنائي العنصر ، يحتوي على ذرة كربون واحدة ، ترتبط مع أربع ذرات هيدروجين برابطة أحادية بسيطة . ويمكن الحصول على الميثان من مصادر مختلفة ، من أهمها : الغاز الطبيعي بنوعيه : الحر ، والمصاحب ، حيث تتراوح نسبة الميثان فيه من ٥٠٪ إلى ٩٠٪ ، ونواتج التقطير الإتلافي للمواد العضوية خاصة الفحم الحجري ، ونواتج كربنة الفحم ، ومن بين طبقات الفحم الحجري في المناجم .

الميثان ، والبروبان ، والنفثا كمصدر رئيس للكربون ، والهيدروجين ، ويجري التفاعل في درجة حرارة تتراوح بين ٨٣٠ و ٨٥٠ م° ، وتحت ضغط من ٢٨ إلى ٣٨,٥ ضغط جوي ، في وجود مادة محفزة تتكون من أكسيد النيكل ( ٣٢٪ ) ، وأكسيد الكالسيوم ( ١٤٪ ) ، وثاني أكسيد السيليكون ( ١٪ ) ، وفقاً للمعادلة التالية :-



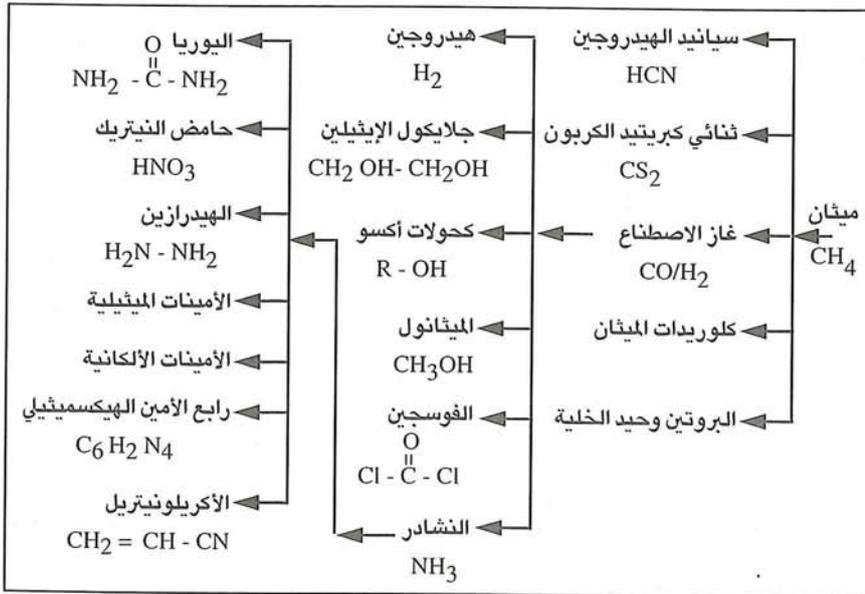
يستخدم الميثان في إنتاج العديد من المركبات الكيميائية - الوسيطة والنهائية - المستخدمة في الصناعات البتروكيميائية وذلك عن طريق عدة تفاعلات منها : الكلورة ، ونزع الهيدروجين ، والمعالجة الحرارية ، والأكسدة بنوعها : الكاملة ، والجزئية ، ويوضح الشكل ( ١ ) المركبات الكيميائية المشتقة من الميثان ، بطريقة مباشرة ، أو غير مباشرة ، بينما يوضح الجدول ( ١ ) الخواص الفيزيائية لبعض هذه المركبات . ومن أهم منتجات الميثان ما يلي :-

## غاز الاصطناع

يتكون غاز الاصطناع (Synthesis Gas) من مزيج من أول أكسيد الكربون (CO) ، والهيدروجين (H<sub>2</sub>) ، ويتم إنتاجه من المواد التي تحتوي على عنصرى الكربون ، والهيدروجين مثل : الميثان ، والفحم ، والبتول الخام ، وغيرها ، ويعد غاز الاصطناع المصدر الرئيس لمعظم المنتجات البتروكيميائية المشتقة من الميثان . يمكن إنتاج غاز الاصطناع بطريقتين هما :-

### (١) إعادة التشكيل البخاري

تعتمد هذه الطريقة على استخدام

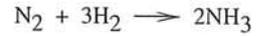


● شكل ( ١ ) أهم المواد البتروكيميائية المنتجة من الميثان .

● النشادر

تعد النشادر (NH<sub>3</sub>) من أهم المواد الكيميائية غير العضوية المستخدمة في الصناعات البتروكيميائية، خاصة صناعة الأسمدة، وينتج منها حالياً، ما يزيد على ١٢٠ مليون طن سنوياً، وهي تحتل المرتبة الثالثة في الإنتاج بعد حامض الكبريت (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) والجير.

ويتم إنتاج النشادر بخلط النيتروجين المسال - من الهواء الجوي - مع الهيدروجين بنسبة ٣ : ١، في وجود أكسيد الحديد (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) كمادة محفزة، وعند درجة حرارة تتراوح من ٤٥٠ إلى ٦٠٠م لزيادة سرعة التفاعل حيث إنه بطيء جداً عند درجات الحرارة العادية، ويجري التفاعل وفقاً للمعادلة التالية :-



تستخدم النشادر بصورة رئيسية في الزراعة، وذلك إما بتحويلها إلى أسمدة - اليوريا، ونترات الأمونيوم - وإما بحقن النشادر السائلة مباشرة في التربة، كما أنها تستخدم في عمليات التبريد كمادة مثلجة في المعامل الصناعية الكبيرة، وفي أجهزة التكييف، وكمادة خاملة في الصناعات التعدينية.

يسبب بخار النشادر تهيجاً في العين، والأنف، والحلق، وكحة، وآلاماً في الصدر، وإلتهاب في الرئة. وتسبب النشادر السائلة عند ملامستها للجلد حروقاً، ويكون ضررها دائماً إذا أصابت العين، ولا تعد النشادر من المواد المسرطنة.

يشق من النشادر مواداً كيميائية هامة، يمكن استخدامها مباشرة كمنتج نهائي، أو تدخل في صناعات أخرى كمادة خام لإنتاج العديد من المركبات الكيميائية. ومن أهم هذه المواد :-

● **اليوريا** : وتعرف بأنها مادة بلورية عديمة الرائحة، وقد تحتوي على قليل من رائحة النشادر، وتذوب في الماء والبنزين والكحول الإيثيلي، وتمتص الرطوبة.

يتم إنتاج اليوريا من تفاعل النشادر مع ثاني أكسيد الكربون، وذلك على خطوتين هما :-

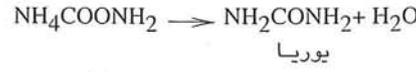
(أ) تفاعل النشادر مع ثاني أكسيد الكربون لإنتاج كربامات الأمونيوم وفقاً

للمعادلة التالية :-



كربامات الأمونيوم

(ب) نزع الماء من كربامات الأمونيوم لإنتاج اليوريا، وفقاً للمعادلة التالية :-



يوريا

ويوضح الشكل (٣) مخططاً لإحدى وحدات تصنيع اليوريا من النشادر وثاني أكسيد الكربون.

تستخدم اليوريا بصفة أساس - حبيبات أو بودرة - كسماد، كما تدخل في صناعة راتنجات اليوريا - فورمالدهيد التي تستخدم بدورها كغراء للورق والألواح، وأغذية السطوح، وفي صناعة النسيج، وتعد اليوريا أحد عناصر الغذاء الحيواني.

تعد اليوريا غير ضارة بالصحة عند درجات الحرارة العادية، إلا أن غبارها ربما يحدث تهيجاً في الجلد، والعين، والأنف مما يؤدي إلى كحة، وصداع، وربما غثيان،

غثيان، ويجب عند استعمالها لبس الكمامات، والنظارات الواقية للعين.

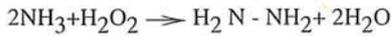
● **الهيدرازين** : ويمكن إنتاجه بطريقتين هما :-

(أ) أكسدة النشادر باستخدام هيبوكلوريد الصوديوم (NaOCl) لإنتاج الكلورامين (NH<sub>2</sub>Cl) التي بدورها تتفاعل مع النشادر لتعطي الهيدرازين وفقاً للتفاعل التالي :-



يلي ذلك تبخر الهيدرازين من محلول كلوريد الصوديوم، ويباع على شكل هيدريت (Hydrate) (N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> H<sub>2</sub>O).

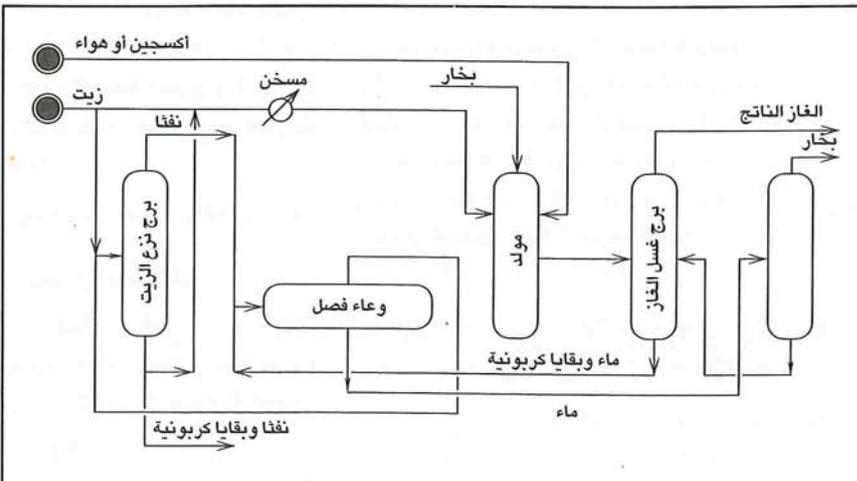
(ب) عملية بوك (Puck Process) ويستخدم فيها بيروكسيد الهيدروجين (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) كعامل مؤكسد للنشادر وفقاً للتفاعل التالي :-



يبلغ الإنتاج العالمي للهيدرازين

المادة	الوزن الجزيئي	الكثافة عند ٢٠م	درجة الانصهار م	درجة الغليان م	درجة الإشتعال م	حدود الانفجار %
النشادر	١٧،٠٣	٠،٧٧١	٧٧،٧-	٣٣،٤-	٦٥١	٢٧-١٦
اليوريا	٦٠،٠٦	١،٣٢٢	١٣٢،٧	تتحلل	-	-
كلوريد الميثان	٥٠،٤٩	٠،٩١٦	٩٧-	٢٢،٧-	٦٣٢	١٧،٢-٨،١
ثاني كلوريد الميثان	٨٤،٩٤	١،٣٢٦	٩٦،٧-	٢٩،٧٥	٥٥٦	١٩-١٢
الكلوروفورم	١١٩،٤	١،٤٨٤	٦٣،٨-	٦١،٣	-	-
رابع كلوريد الميثان	١٥٣،٨	١،٥٨٥	٢٢،٦-	٧٦،٧٨	-	-

● جدول (١) الخواص الفيزيائية لبعض مشتقات الميثان.



● شكل (٢) مخطط مبسط لوحدة إنتاج غاز الاصطناع.

الميثان (CCl<sub>4</sub>) ، وتعد هذه المركبات من أكثر المركبات الهالوجينية (كلوريدات ، فلوريدات ، بروميدات ، يودات) أهمية في المجال الصناعي وذلك لتوفر الكلور ، ورخص ثمنه .

يتم إنتاج كلوريدات الميثان بكلورة الميثان في طوره السائل أو الغازي ، وتكون نواتج التفاعل عبارة عن مزيج من كلوريدات الميثان الأربعة وفقاً للتفاعل المتسلسل التالي :-



يتم تنظيم نسبة الكلوريدات الناتجة من التفاعل ، بعضها إلى بعض ، عن طريق التحكم في نسب المواد الداخلة في التفاعل ، أي نسبة الميثان إلى الكلور (CH<sub>4</sub>:Cl).

تعد كلوريدات الميثان مواداً كيميائية خطيرة حيث يسبب إستنشاق أبخرتها فقدان الوعي ، وغثيان ، وصداً ، وإحتقاناً للعين والأنف ، وتصيب الجهاز العصبي المركزي بالتلف ، وتؤثر على الكلى ، والكبد ، والقلب . وتحدث الكلوريدات السائلة حروقاً بالجلد عند ملامستها له ، إضافة إلى ذلك يعد كلوريد الميثان من المواد المسرطنة بينما لم يتأكد بعد مدى علاقة الكلوريدات الأخرى بالسرطن .

ويمكن الإشارة إلى مركبات الميثان من حيث صفاتها ، وإنتاجها ، وإستخدامها وذلك عن النحو التالي :

### ● كلوريد الميثان

يتميز كلوريد الميثان (CH<sub>3</sub>Cl) بأنه غازاً عديم اللون والرائحة ، وشديد الانفجار ، والإشتعال .

يستخدم كلوريد الميثان (٦٠٪) إلى ٨٠٪ من إنتاجه العالمي) في إنتاج السليكونات ، كما يستخدم في إنتاج المطاط البيوتيلي ، والمبيدات الحشرية ، والسليولوز المثيلي .

ينتج كلوريد الميثان بطريقتين كما يلي :

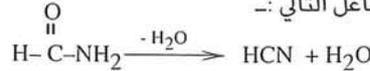
(أ) كلورة الميثان وتجرى صناعياً ، شكل (٤) ، بإستخدام طرق : حرارية ، وكيميائية ضوئية ، ووسيطية ، وتعد الطرق الحرارية أفضل الطرق وأكثرها استخداماً .

ثاني أكسيد الكربون ، وذلك لإجراء التفاعل في غياب الأكسجين .

### (ج) نزع الماء من الفورم أميد

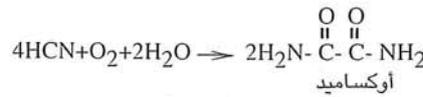
يتم نزع الماء من الفورم أميد عند درجة حرارة من ٣٨٠ إلى ٤٣٠ م° ، وتحت ضغط أقل من

الضغط الجوي ، وفي وجود الحديد أو فوسفات الألمينوم كمادة محفزة وفقاً للتفاعل التالي :-



فورم أميد

يستخدم سيانيد الهيدروجين في إنتاج مواد كيميائية عديدة منها ، الميثاكريلات الميثيلية ، والأكريلونيتريل ، والأديبونيتريل ، والأكريلات ، وكذلك يمكن استخدامه في إنتاج الأوكساميد بعملية أكسدة محفزة عند درجة حرارة من ٥٠ إلى ٨٠ م° ، وتحت الضغط الجوي العادي ، وفي وجود محفز من نترات النحاس في محلول من حامض الخل وفقاً للمعادلة التالية :-



ويعد الأوكساميد سماداً ذا عمر طويل ، حيث يستمر في تحرير النيتروجين بشكل منتظم في التربة طوال فترة الدورة الزراعية ، وكذلك يمكن استخدامه كمادة مثبتة في تحضير نيتريل السيليلوز .

### ثنائي كبريتيد الكربون

يتم إنتاج ثنائي كبريتيد الكربون (CS<sub>2</sub>) بتفاعل الكبريت في طوره الغازي مع الميثان في وجود أكسيد الألومينوم (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) كمادة محفزة ، وفي درجة حرارة ٦٧٥ م° ، وتحت ضغط من ٢ إلى ٣ ضغط جوي ، ويجري التفاعل وفقاً للمعادلة التالية :-



### كلوريدات الميثان

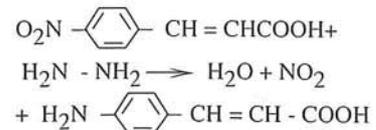
تشتمل كلوريدات الميثان على أربعة مركبات هي : كلوريد الميثان (CH<sub>3</sub>Cl) ، ثنائي كلوريد الميثان (CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>) ، ثلاثي كلوريد الميثان (CHCl<sub>3</sub>) ، رباعي كلوريد

% حجم الغاز					طريقة الإنتاج
CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CO	
٠,٥	٠,٢	٨,١	٧٥,٧	١٥,٥	إعادة التشكيل ببخار الماء
٠,٣	١,٤	٤,٣	٤٦,٧	٤٧,٥	الأكسدة الجزئية

● جدول (٢) التركيب الغازي لعمليتي التهييب ببخار الماء والأكسدة الجزئية .

٤٠,٠٠٠ طن في السنة ، ويستخدم في مجالات صناعية منها : وقود الصواريخ ، وإنتاج الكريزولات الأمينية (Amino Cresols) وأزو ثنائي الكربوناميد (Azodicarbonamide) المستخدمة في صناعة المبيدات الحشرية ، كما أنه يستخدم كمثبط للتآكل في إنتاج المطاط الصناعي .

يعد الهيدرازين عامل اختزال فعال ، ويمكنه اختزال مجموعة النيترو بانتقائية عالية مع الإبقاء على الرابطة المضاعفة ، ويتم التفاعل وفقاً للمعادلة التالية :-

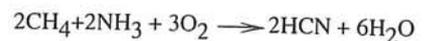


### سيانيد الهيدروجين

يتم إنتاج سيانيد الهيدروجين (HCN) بوساطة ثلاث طرق وذلك كما يلي :-

(أ) تفاعل الميثان ، والنشادر ، والأكسجين

يتم تفاعل الميثان ، والنشادر ، والأكسجين في درجة حرارة ١١٠٠ م° ، وضغط في حدود الضغط الجوي (١,٥-٢) في وجود البلاتين كمادة محفزة ، وفقاً للمعادلة التالية :



(ب) تفاعل الميثان ، والنشادر

يتم تفاعل الميثان ، والنشادر ، في وجود البلاتين كمادة محفزة ، وعند درجة حرارة من ١٢٠٠ إلى ١٣٠٠ م° وفقاً للمعادلة التالية :

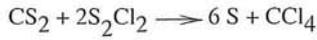


تتميز هذه الطريقة عن الطريقة السابقة في إنتاج سيانيد الهيدروجين الخالي من

يحضر رباعي كلوريد الميثان على نطاق واسع بكلورة ثنائي كبريتيد الكربون وذلك على خطوتين ، تتمثل الخطوة الأولى في إنتاج رباعي كلوريد الكربون ، وأحادي كلوريد الكبريت وذلك عند درجة حرارة ٣٠° م ، وضغط جوي عادي ، وفي وجود مسحوق الحديد كمحفز وفقاً للمعادلة التالية :



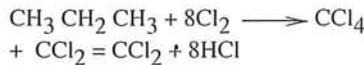
وتتمثل الخطوة الثانية في تفاعل كلوريد الكبريت مع كمية زائدة من ثنائي كبريتيد الكربون للحصول على رباعي كلوريد الميثان والكبريت ، وفقاً للمعادلة التالية :



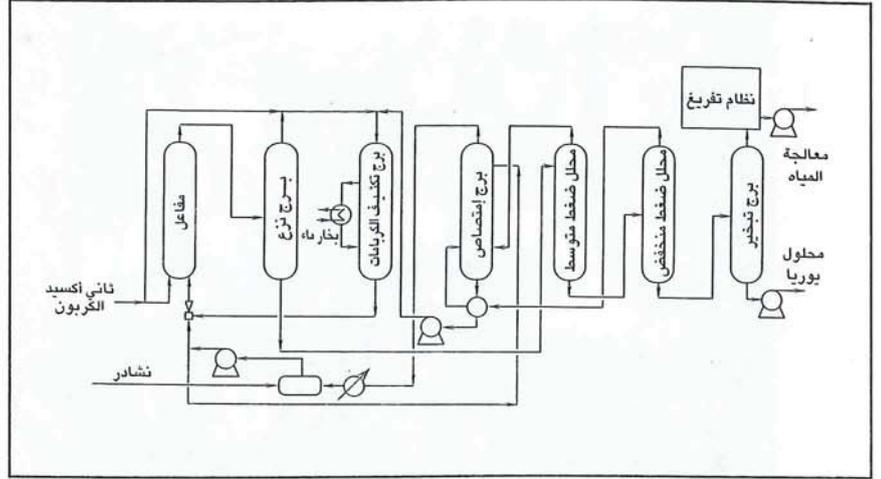
وتكون محصلة التفاعل هي :



ويمكن كذلك الحصول على رباعي كلوريد الميثان من الكلورة الحَرَارِيَّة (Chlorinolysis) للهيدروكربونات عند درجة حرارة ٩٠° م وفقاً للمعادلة التالية :



يستخدم رباعي كلوريد الميثان بصفة أساس ( ٨٠٪ من إنتاجه العالمي ) في تحضير مركبات كلوروفلورو الكربون مثل : فلوروكربون - ١١ ، فلوروكربون - ١٢ ، الذين يستخدمان كسوائل تبريد . كما أنه يستخدم في صناعة الأيروسولات كالكلونيات ، والعطور ، وغيرها .



● شكل (٣) مخطط تصنيع اليوريا من النشادر وثنائي أكسيد الكربون.

بأنه سائل عديم اللون ، متطاير ، غير قابل للاشتعال ، يمتزج مع كثير من المذيبات العضوية ، ويتحلل في وجود اللهب إلى غازات سامة .

ينتج ثالث كلوريد الميثان من كلورة الميثان عند درجة حرارة من ٢٥٠ إلى ٤٠٠° م ، وضغط أعلى قليلاً من الضغط الجوي (١,٥ - ٢ ضغط جوي) .

ويعد الكلوروفورم أقل كلوريدات الميثان استخداماً ، ومن أهم إستخداماته تصنيع الفلوروكربون - ٢٢ ، وصناعة الأدوية ، والمتفجرات .

### ● رباعي كلوريد الميثان

يتميز رباعي كلوريد الميثان ( CCl<sub>4</sub> ) بأنه سائل عديم اللون ، غير قابل للاشتعال ، يمتزج مع الإيثانول ، والإيثر ، والبنزين ، والكلوروفورم .

(ب) تفاعل الميثانول وكلوريد الهيدروجين وفقاً للمعادلة التالية :



وتعد هذه الطريقة أفضل من الطريقة السابقة للمزايا التالية :

● توفر المادة الخام ( الميثانول ) ، وسهولة نقلها ، وتخزينها .

● الإستفادة من كلوريد الهيدروجين الذي يعد منتجاً ثانوياً لعدد من الصناعات الكيميائية .

● لا تحتاج إلى عمليات الفصل باهظة التكاليف ، حيث يُنتج كلوريد الميثان فقط .

### ● ثنائي كلوريد الميثان

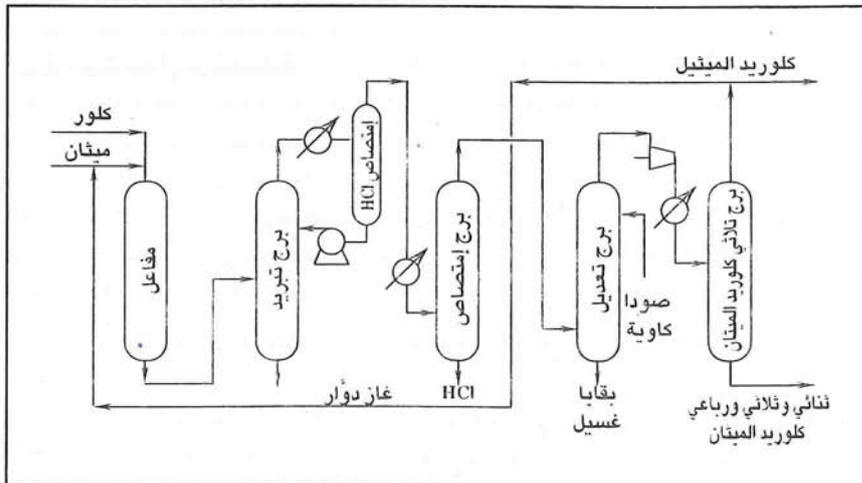
يعد ثنائي كلوريد الميثان ( CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> ) أهم كلوريدات الميثان جميعاً ، ويتصف بأنه سائل عديم اللون ، ومتطاير ، وله رائحة نفاذة تشبه رائحة الإيثر ، وينتج ثنائي كلوريد الميثان من كلورة كلوريد الميثان في الطور الغازي .

يستخدم ثنائي كلوريد الميثان كمزيل للمذيبات ، والطلاء ، ومذيب لإستخلاص المواد البلاستيكية ، وفي إنتاج البولي يورثين الصناعي ، والمواد المستخدمة في صناعة الأيروسولات ( Aerosols ) .

ومما يجدر ذكره أن إستخدام ثنائي كلوريد الميثان في صناعة الأيروسولات قد انخفض انخفاضاً شديداً بسبب تأثيره على طبقة الأوزون .

### ● ثلاثي كلوريد الميثان (الكلوروفورم)

يتصف ثلاثي كلوريد الميثان ( CHCl<sub>3</sub> )



● شكل (٤) مخطط مبسط لوحدة إنتاج كلوريد الميثان بالكلورة.

# الميثانول ومنتجاته



د. محمد شفيق الكناني

السعودية الأوربية للكيميائيات) أو (ابن زهر)، قامت سابك بتأسيسها عام ١٩٨٤م بمشاركة شركات فنلندية، وإيطالية والشركة العربية للاستثمارات البترولية (أبيكوب) (Arab petroleum Investement Corp.). وقد بدأ إنتاج هذه المادة عام ١٩٨٨م بطاقة إنتاجية سنوية تصل إلى ٥٠٠ ألف طن متري.

## إنتاج الميثانول

ينتج الميثانول في الوقت الحاضر على نطاق واسع من التحويل الوسيط للغاز الاصطناعي باستخدام مزائج غازات مضغوطة تتكون من الهيدروجين، وأول أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكربون بوجود محفزات معدنية غير متجانسة.

وتصنف الطرق الصناعية لإنتاج الميثانول حسب الضغوط المستخدمة إلى طريقة: الضغط المرتفع، الضغط المتوسط، الضغط المنخفض، وتتضمن تلك الطرق الخطوات الأساس التالية: -

\* إنتاج غاز الإصطناع بطريقة إعادة التشكيل البخاري للغاز الطبيعي مع إضافة ثاني أكسيد الكربون لموازنة الهيدروجين الفائض.

(الرازي)، وقد بدأ إنتاج الميثانول في هذا المصنع عام ١٩٨٣م بطاقة إنتاجية سنوية ٦٤٠ ألف طن متري ووصلت إلى ١,٢ مليون طن عام ١٩٩٢م.

كما قامت سابك بمشاركة شركتي «هوكست سيلانس» (Hoechst - Celance) و«تكساس إيسترن» (Texas Eastern) الأمريكيتين بتأسيس مصنع آخر لإنتاج الميثانول عام ١٩٨١م في مدينة الجبيل الصناعية يدعى بالشركة الوطنية للميثانول (ابن سينا). وقد بدأ إنتاج الميثانول في هذا المصنع عام ١٩٨٤م بطاقة إنتاجية سنوية تصل إلى ٧٧٠ ألف طن متري وتجاوزت مليون طن عام ١٩٩٢م.

وقامت سابك أيضاً بمشاركة البحرين والكويت بتأسيس مصنع آخر عام ١٩٧٩ يدعى شركة الخليج لصناعة البتروكيميائيات (جبيك)، وقد بدأ إنتاج الميثانول في هذا المصنع بالاعتماد على الميثان كمادة أولية عام ١٩٨٥م بطاقة إنتاجية سنوية تصل إلى ٤٠٠ ألف طن متري.

يستخدم حوالي ٢٣٪ من الميثانول المنتج بوساطة شركتي (ابن سينا والرازي) في إنتاج ميثيل ثالثي بوتيل الإيثر (MTBE)، وتدعى الشركة التي تنتج هذه المادة (الشركة

الميثانول ( $CH_3OH$ ) أبسط الكحولات البرافينية يتصف بأنه عبارة عن سائل قطبي متطاير شفاف، سام وقابل للاشتعال حيث يحترق بلهب يميل إلى اللون الأزرق، وزنه الجزيئي ٣٢,٠٤، كثافته ٠,٧٩ جم / سم<sup>٣</sup>، درجة غليانه ٦٤,٥° م، درجة تجمده -٩٧,٨° م، نقطة الوميض ١٥,٥° م، مدى الاشتعال ٦-٣٦,٥٪، وحرارة الاشتعال ٤٦٤° م.

عُرف الميثانول لأول مرة عام ١٦٦١م إذ تم الحصول عليه من التقطير المكرر لخشب فوق محلول من الكلس. وقد تم التوصل إلى معرفة تركيبه ما بين ١٨٠٠ - ١٨٨٤م حيث أدخلت عبارة «ميثيل» إلى الكيمياء عام ١٨٣٥م.

وخلال ١٨٣٠ - ١٩٢٣م، تم الحصول على «كحول الخشب» بوساطة التقطير الجاف للخشب، ليبقى المصدر الهام للميثانول، وفي عام ١٩١٣م توصلت شركة باسف (BASF) الألمانية إلى إنتاج الميثانول من أحادي أكسيد الكربون والهيدروجين لتبدأ مرحلة جديدة لإنتاجه بكميات كبيرة.

وفي بداية الستينيات طورت شركة (ICI) الإنكليزية طريقة لصناعة الميثانول من تفاعل غاز الاصطناع الخالي من الكبريت والمحتوى على كمية كبيرة من أول أكسيد الكربون مع الهيدروجين في وجود «محفزات» من أكاسيد نحاس ذات انتقائية عالية. وتتميز هذه الطريقة بظروف تفاعل معتدلة تقريباً (٢٠٠° م - ٣٠٠° م، وضغط ٥٠ - ١٠٠ ضغط جوي).

## صناعة الميثانول بالملكة

شهدت المملكة العربية السعودية في الخمس عشرة سنة الأخيرة تطوراً سريعاً في الصناعات البتروكيميائية، كما وضعت الخطط المستقبلية الطموح التي تهدف إلى جعل المنطقة رائدة في مجال هذه الصناعات.

وقد قامت الشركة السعودية للصناعات الأساسية (سابك) بمشاركة مجموعة شركات يابانية بتأسيس أول مصنع لإنتاج الميثانول في الجبيل عام ١٩٧٩م يدعى الشركة العربية السعودية للميثانول

حرارة ٢٤٠ - ٢٦٠ م وتحت ضغط ٥٠ - ١٠٠ ضغط جوي ، وبوجود محفز من أكاسيد النحاس - الزنك - الألومنيوم (CuO - ZnO - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) .

### تقطير الميثانول الخام

يحتوي الميثانول الخام الناتج من العمليات أعلاه على المكونات الآتية :-

بقايا خفيفة : وهي مكونات ذات درجات غليان منخفضة ، وتشمل غازات مذابة وثنائي ميثيل الإيثر ، وفورمات الميثيل ، والأسيتون .

بقايا ثقيلة : وهي مكونات ذات درجات غليان مرتفعة ، وتشمل كحولات أعلى ، ومركبات هيدروكربونية ذات سلاسل طويلة ، وكيوتونات عليا وإسترات لكحولات منخفضة مع أمحاض النمل والخل والبروبيونيك ، إضافة إلى كميات قليلة جداً من هيدروكربونات شمعية عليا (C<sub>40</sub> - C<sub>8</sub>) .

تفصل الشوائب المصاحبة للميثانول الخام ، بشكل عام ، على مرحلتين . إذ تتم في المرحلة الأولى إزالة جميع المكونات التي تغلي عند درجات حرارة أقل من درجة غليان الميثانول في عمود البقايا الخفيفة ، وفي المرحلة الثانية يتم تقطير الميثانول النقي في عمود أو عمودَي تقطير .

### التطبيقات الصناعية للميثانول

يستخدم حوالي ٧٠٪ من إنتاج العالم من الميثانول في الصناعات البتروكيميائية ، ومن أهم الصناعات البتروكيميائية ، التي تعتمد على الميثانول كمادة وسيطة ، شكل (٤) ، مايلي :-

#### ● الفورمالدهيد

تعتمد صناعة الفورمالدهيد بصفة أساس على الميثانول حيث يستخدم حوالي نصف إنتاج العالم من الميثانول لتصنيع هذه المادة ، وأن أكثر من ٩٠٪ من إنتاج الفورمالدهيد يعتمد على استخدام الميثانول كمادة خام ، بينما ينتج الجزء الباقي من

هدرجة الميثانول وأول أكسيد الكربون مثل ثنائي ميثيل الإيثر وفورمات الميثيل والميثان بوساطة التقطير عند درجات غليان منخفضة ومرتفعة وذلك حسب صفات كل ناتج .

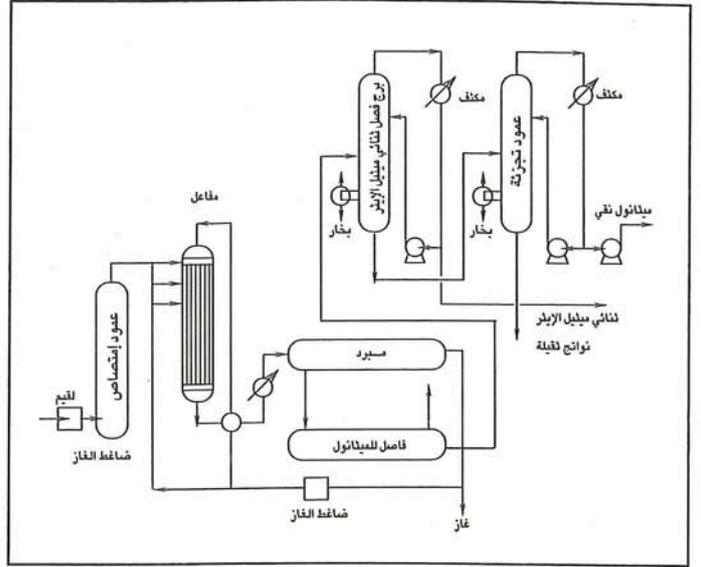
### ● طريقة الضغط المتوسط

تجرى هذه الطريقة ، شكل (٢) ، عند درجة حرارة ٣٥٠ م وتحت ضغط يتراوح بين ١٠٠ إلى ٢٥٠ ضغط جوي ، وباستخدام محفز من أكسيد الكروم وأكسيد الزنك . ويتم الحصول على الميثانول في هذه الطريقة بنقاوة عالية مع كميات صغيرة من نواتج ثانوية .

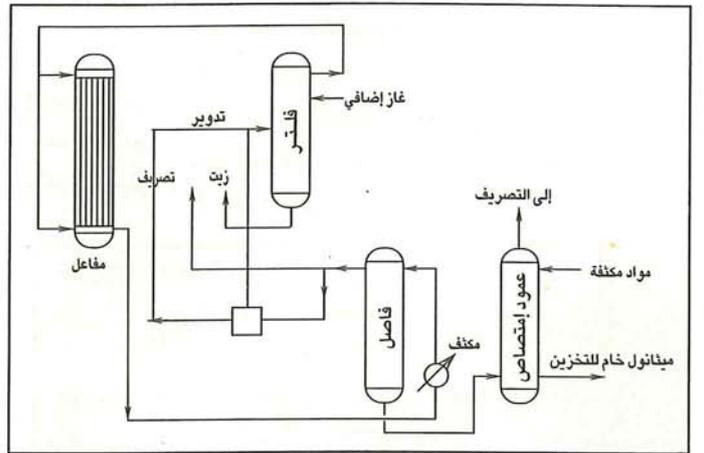
### ● طريقة الضغط المنخفض

تتميز هذه الطريقة بتكلفتها المنخفضة ، وبمرونتها في التشغيل ، واختيار الوحدة إضافة إلى أنه يستخدم فيها غاز الاصطناع الغني بالهيدروجين دون اللجوء إلى إضافة غاز ثاني أكسيد الكربون للحصول على نسب مولية من المواد المتفاعلة .

وتبدأ خطوات هذه الطريقة ، شكل (٣) ، بإزالة الكبريت من الغاز الطبيعي ، ثم دفعه مع مزيج من البخار وغاز ثاني أكسيد الكربون إلى برج إعادة التشكيل ، بعدها يجري التفاعل عند درجة



● شكل (١) مخطط مبسط لصناعة الميثانول بطريقة الضغط المرتفع .



● شكل (٢) مخطط مبسط لصناعة الميثانول بطريقة الضغط المتوسط .

● ضغط الغازات .

● التصنيع في المفاعل الوسيطي .

● التنقية بالتقطير .

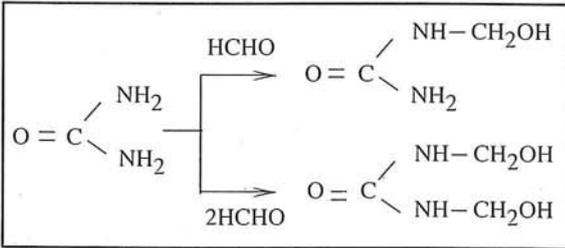
### ● طريقة الضغط المرتفع

تعد هذه الطريقة أول طريقة صناعية تجارية لصناعة الميثانول من غاز الاصطناع . تجري هذه الطريقة في الطور الغازي ، شكل (١) ، عند درجة حرارة ٣٢٠ - ٣٨٠ م وتحت ضغط يتراوح بين ٢٥٠ إلى ٣٥٠ ضغط جوي ، وبوجود محفز من أكسيد الزنك وأكسيد الكروم (ZnO-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ، وزمن تماس قصير جداً (١-٢ ثانية) لمنع حدوث تفاعلات جانبية إذ تبرد الغازات الناتجة عن التفاعل وتكثف لفصل الميثانول .

تفصل النواتج الثانوية الناتجة عن

المباشرة لمحاليل الفورمالدهيد المائية (فورمالين، فورمول) كمعقم، ومادة حافظة، وكعامل مساعد في صناعات: النسيج، والفراء، والورق، والخشب، فإن معظم إنتاجه (حوالي ٦٠٪) يستخدم كمادة أولية في صناعة كثير من المواد الصناعية، شكل (٥)، ومن أهم هذه المواد مايلي :-

**راتنجات اليوريا - فورمالدهيد:**  
وتعرف تجارياً بالأمينوبلاست (Aminoplast)، ويتم إنتاجها من تفاعل الفورمالدهيد مع اليوريا ومن ثم إجراء تفاعلات تكاثف للنواتج بوجود محفزات من أحماض، وأقواعد. ويعتمد الناتج على نسب المواد المتفاعلة، والرقم الهيدروجيني (PH) الذي يجري فيه التفاعل كما هومبين في معادلات التفاعل التالية :-



● شكل (٣) مخطط مبسط لصناعة الميثانول بطريقة الضغط المنخفض.

سواء كان على شكل غاز أو محلول. ولذلك يمكن أن يكون متوفراً تجارياً على الأشكال التالية :-  
\* محلول يحتوي على ٣٧٪ وزناً من الفورمالدهيد إضافة إلى ٦-١٣٪ من الميثانول كمادة مثبتة تمنع بلمرته، وترسب بوليمرات غير ذوابة.

\* محاليل من ٣٠٪ إلى ٣٧٪ فورمالدهيد خالية من الميثانول.

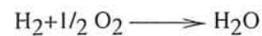
\* مزيج صلب غير قابل للانحلال على شكل بارافورم

أكسدة المركبات الهيدروكربونية، ومن أهم الطرق المستخدمة في صناعة الفورمالدهيد مايلي :-

\* نزع الهيدروجين المؤكسد (Oxidative Dehydrogenation) باستخدام الفضة، أو مسحوق النحاس كمحفز لنزع الهيدروجين من الميثانول في الطور الغازي عند درجة حرارة ٤٥٠ - ٦٠٠ م°، وتحت الضغط الجوي، ويتم التفاعل بوجود الهواء وفق التفاعلين التاليين :-



$$\text{H} = +20 \text{ Kcal/mol}$$



$$\text{H} = -58 \text{ Kcal/mol}$$

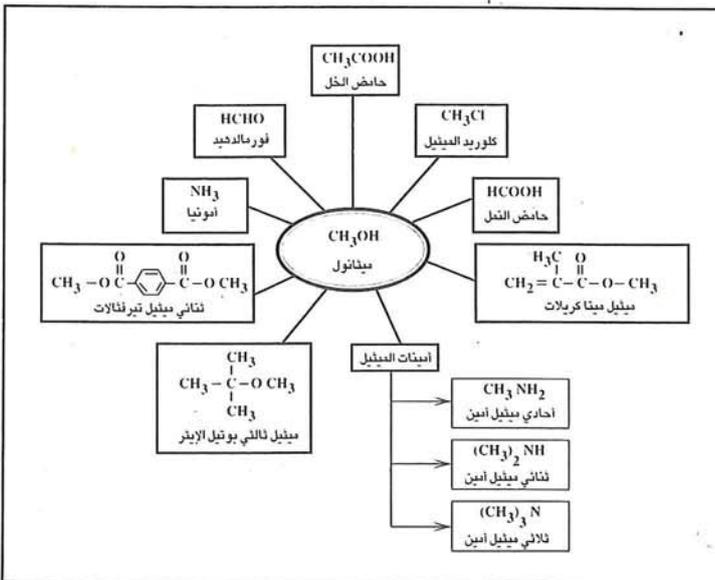
\* الأكسدة المباشرة للميثانول بوجود وسيط أكسيد الحديد والموليبدنوم (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - MoO<sub>3</sub>) عند درجة حرارة ٣٠٠ - ٤٥٠ م° وفق المعادلة التالية :-



$$\text{H} = -38 \text{ Kcal/mol}$$

يتكون من بولي أوكسي ميثيلين جليكولات HO(CH<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>H حيث تتراوح n ما بين ٨ إلى ١٠٠.  
\* مركب حلقي صلب يسمى تريوكسان. إلى جانب الاستخدامات

\* صفات واستخدامات الفورمالدهيد :  
تبلغ درجة حرارة غليان الفورمالدهيد - ١٩ م°، ودرجة حرارته تجمده - ١٨٨ م°، وهو غير ثابت حيث يتبلمر بسهولة إلى مركبات بولي أوكسي الميثيلين، وبالتالي لا يمكن تخزينه ونقله وهو في حالته الحرة



● شكل (٤) منتجات الميثانول.

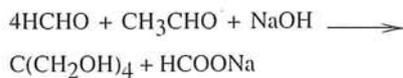
وتسمى تجارياً فينوبلاست (phenoplast).

يتم إنتاج هذا النوع من الراتنجات من تفاعلات الاضافة والتكاثف بين الفينول والفورمالدهيد في وسط حامضي أو قاعدي ، حيث ينتج نوعان مميزان من الراتنجات يعرفان براتنجات الريزول (Resols) ، والنوفولاك (Novolacs) ، وذلك تبعاً لظروف التفاعل والنسبة الجزيئية للفورمالدهيد إلى الفينول .

تستخدم راتنجات الفينول - فورمالدهيد في مجالات صناعية متعددة ، منها طلاء الصفائح الخشبية الرقيقة المشابهة لألواح الفورميكا حيث تؤخذ الألواح الرقيقة من الخشب ، وتطلى بطلاء لاصق مُحضَّر بخلط نسبة معينة من نشارة الخشب مع الريزول ، ثم توضع الألواح المطلوبة في ضاغطات ساخنة ، ليتم التشابك بين السلاسل البوليميرية وخروج جزيئات الماء وتبخرها في نفس الوقت .

ومن الاستخدامات الأخرى للراتنجات الفينولية صناعة : العوازل الكهربائية ، والمفاتيح الكهربائية ، ومقايض الأبواب ، وأواني الطهي ، وبعض قطع السيارات . حيث ان هذه الراتنجات في حالة تقسيته تصبح مقاومة لدرجات الحرارة العالية ، والمذيبات ، والمواد الكيميائية مما يجعلها مناسبة للصناعات المذكورة .

\* بنتا إرثريترول: يحضر هذا المركب بوساطة تفاعل فورمالدهيد والأسيتالدهيد بوجود مركب قاعدي قوي وفق التفاعل التالي :-



يجري التفاعل عند درجة الحرارة العادية ( ٢٥ م° ) بإضافة محلول الصودا الكاوية إلى محلول مائي يحتوي ٢٥٪ وزناً



● شكل (٥) أهم إستخدامات الفورمالدهيد الصناعية .

وذلك على مرحلتين حيث تنتج في المرحلة الأولى مركبات ميثيلول الميلاين مشابهة لمركبات ميثيلول اليوريا ، شكل ( ٧ ) .

أما في المرحلة الثانية فتتم عملية التشابك بالتحميض والتسخين بطريقة شبه معقدة حيث ينتج راتنج مشابك متصلب بالحرارة ، أو غير مطاوع للحرارة (Thermosetting) .

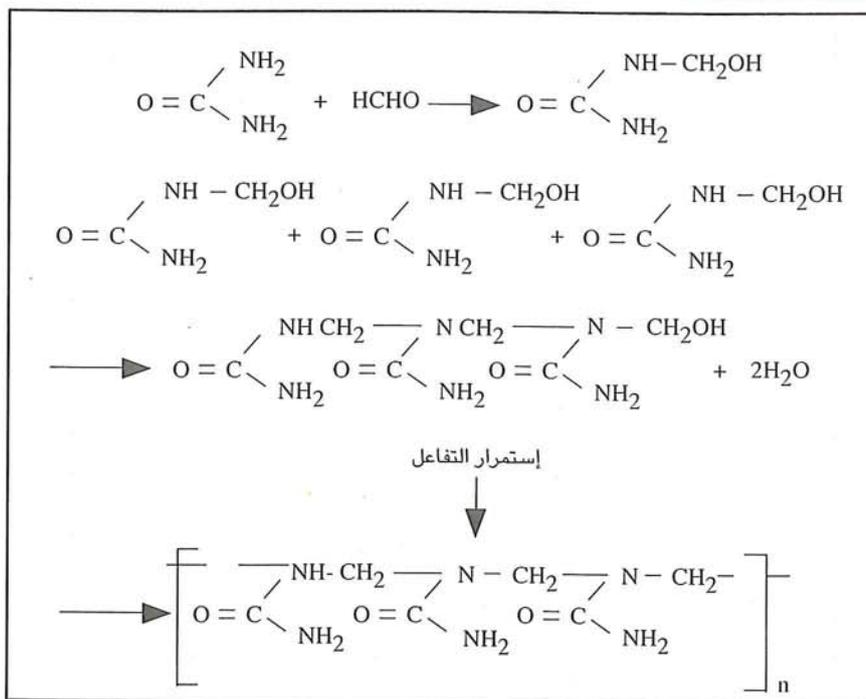
تمتاز راتنجات الميلاين - فورمالدهيد عن راتنجات اليوريا - فورمالدهيد بأنها أكثر متانة وصلابة وذات مقاومة ممتازة للرطوبة ، وهي تستخدم لاستعمالات مشابهة لاستعمالات راتنجات اليوريا - فورمالدهيد ، بالإضافة إلى استخدامها لإنتاج صفائح الفورميكا ، والمواد اللاصقة ، والدهانات ، وبعض أنواع القطع الكهربائية ، كما تضاف لراتنجات اليوريا - فورمالدهيد لتحسين خواصها .

\* راتنجات الفينول - فورمالدهيد : وتعد نوعاً من أنواع راتنجات الأمينو، وتعرف بالبكالييت (Bakelite Resins)

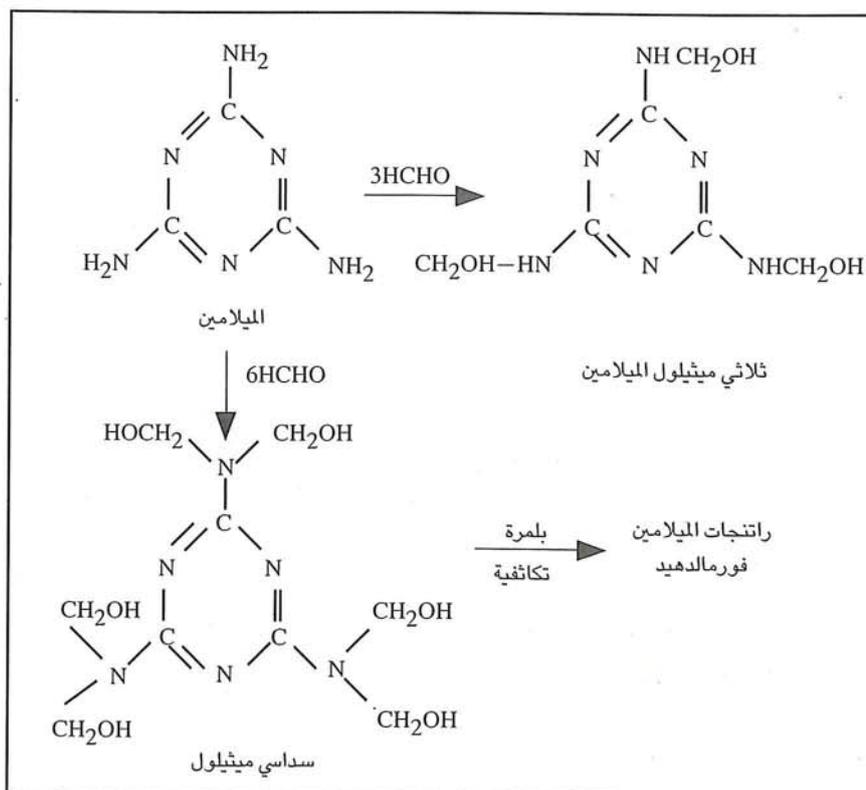
ويتم تشكل راتنج اليوريا - فورمالدهيد بالتحميض، والتسخين حيث يحدث التشابك كما هو مبين في الشكل ( ٦ ) .

يستخدم معظم إنتاج راتنجات اليوريا - فورمالدهيد كمادة لاصقة ، وفي صناعة الألواح الخشبية وذلك بمزجه مع مسحوق الخشب ( النشارة ) أو قطع صغيرة منه ، وضغطها على شكل ألواح أو صفائح ، ومن ثم تجرى عليها عملية تقسية عند درجات حرارة مرتفعة نسبياً ، كما تستخدم هذه الراتنجات في معالجة ، وطلاي الورق لإكسابه قوة ومتانة ، ومقاومة للرطوبة ، وفي صناعة الدهانات ، وأدوات الزينة ، والزخرفة ، ومعالجة النسيج ، وغيرها من الاستخدامات الثانوية الأخرى.

\* راتنجات الميلاين - فورمالدهيد: وتعرف تجارياً بـ (Melanoplasts) ، ويتم إنتاجها من تفاعل الميلاين (٢ ، ٤ ، ٦ - ثلاثي أمينوترايزين ) مع الفورمالدهيد تحت ظروف قاعدية ، أو متعادلة



● شكل (٦) معادلات تفاعل اليوريا والفورمالدهيد لتشكيل راتنجات اليوريا - فورمالدهيد.



● شكل (٧) معادلات تفاعل الميلامين مع الفورمالدهيد لإنتاج راتنجات الميلامين - فورمالدهيد.

الخل كذلك في صناعة خلّات الميثيل ، وخلّات أيزوالبروبيل ، وخلّات البوتيل ، وبلاء ماء حامض الخل ، والأسيت أنيليد وكلوريد الأسيتيل ، والأسيت أميد ،

يستخدم حوالي ٤٥٪ من إنتاج حامض الخل في العالم في صناعة خلّات الفينيل المستخدمة في صناعة بولي أسيتات الفينيل (بولي خلّات الفينيل) ، ويستخدم حامض

من الفورمالدهيد ، ثم إضافة المزيغ إلى الأستالدهيد ، وعند انتهاء التفاعل يعدّل المزيغ ، ويبيّخ تحت ضغط منخفض ليصبح بتبلور البنتا أرثريتول .

يستخدم البنتا أرثريتول في إنتاج راتنجات الألكيد (Alkyde Resins) المستخدمة في صناعة الدهانات ، وراتنجات الروسين (Rosin resins) ، وفي صناعة المتفجرات ، كما يستخدم في زيوت التجفيف .

\* هكساميثيلين تترامين : ويتم بتفاعل الأمونيا مع الفورمالدهيد وفق التفاعل التالي :-



يعرف هذا المركب بالهكسامين - في مجال الصناعات البلاستيكية - وبالأوروتروبين في مجال الصناعات الصيدلانية .

ويجري التفاعل صناعياً على شكل دفعات ( Batches ) ، أو مستمر (Contineous) عند درجة حرارة ٣٠ - ٥٠ م° ، ورقم هيدروجيني ٧ - ٨ .

يستخدم الهكسامين في الصناعات التالية :- المطاط ، حيث يقوم بدور العامل المسرع في فلكنة ( المعاملة بالكبريت ) المطاط .

- بعض المركبات الصيدلانية .  
- صناعة إحدى المواد شديدة الانفجار .

- تقسية راتنجات الفينول - فورمالدهيد .  
- مييد للفطريات ، ولبعض الآفات الزراعية .  
- مادة مانعة للتآكل ضد الأحماض المعدنية .

### ● حامض الخل

يستهلك حوالي ٩٪ من إنتاج الميثانول في صناعة حامض الخل ( Acetic Acid ) وذلك من تفاعل كربلة الميثانول بوساطة أول أكسيد الكربون في الطور السائل بوجود محفّزات متجانسة مثل : كوبالت - يود أو روديوم - يود أو نيكل - يود عند درجة حرارة ٢٠٠ م° وضغط ٣٠ - ٤٠ جو .

يعد ثنائي ميثيل أمين أكثر أهمية من الأمينات الأخرى حيث إنه يستخدم في صناعة N,N - ثنائي ميثيل فورم أميد و N,N - ثنائي ميثيل أسيتاميد الذي له تطبيقات كثيرة في مجال الصناعة ، حيث يستخدم كمذيب لألياف الأكريليك ، والبولي يوريثان ، وفي تصنيع العديد من العوامل الفعالة سطحياً ، وكيميائيات المطاط .

يأتي أحادي ميثيل أمين في المرتبة الثانية من حيث الأهمية ، والطلب عليه ، حيث يستخدم بشكل رئيس بتحويله إلى ثنائي ميثيل البوريا و N - ميثيل بيروليدون ، وكذلك للحصول على ميثيل تيورين الذي يستخدم في عمليات غسل ثاني أكسيد الكربون .

أما ثلاثي ميثيل أمين فيأتي في المرتبة الثالثة إذ ليس له تطبيقات صناعية كثيرة ، ويمكن استخدامه في إنتاج N,N - ثنائي ميثيل أسيتاميد عند تفاعله مع أول أكسيد الكربون (تفاعل كربلة) ، وفي تصنيع أملاح كولين ( Choline salts ) التي تستخدم كإضافات لعلف الدواجن .

### ● ثنائي ميثيل تيرفثالات

يتم إنتاج ثنائي ميثيل تيرفثالات بأسترة حامض التيرفثاليك بوساطة الميثانول في الطور السائل عند درجة حرارة ١٤٠ - ١٧٠ م° ، و ٤ - ٧ ضغط جوي .

يستخدم معظم الإنتاج العالمي من ثنائي ميثيل تيرفثالات كمادة أولية في صناعة بولي إيثيلين تيرفثالات الذي يستخدم في صناعة ألياف البولي إستر ، والصفائح الرقيقة جداً والأوعية البلاستيكية .

### ● ميثيل ميثاكريلات

يتم صناعة ميثيل ميثاكريلات من تفاعل الأسيتون مع الميثانول بوجود محفز سيانيد الهيدروجين في وسط قلوي ، وعند درجة حرارة ١٠٠ - ١٢٥ م° على ثلاث مراحل حيث يتفاعل في المرحلة الأولى الأسيتون مع حامض السيانيد ، وفي المرحلة الثانية يتفاعل منتج المرحلة الأولى مع حامض الكبريت ، وفي المرحلة الثالثة يتفاعل

وكمكون مادة نكهة في المشروبات الخالية من الكحول ، وفي صناعة الأيس كريم ، والعلك ، والساكار . ومن مركبات حامض النمل المستخدمة في الصناعة : فورمات أيزوبوتيل التي تستخدم كمذيب للمواد اللوئية ، والمواد اللاصقة ، وكوامل منظفة .

### ● كلوريد الميثيل

تم تصنيع كلوريد الميثيل في السابق بالكلورة المباشرة للميثان ، ولكن بسبب صعوبة تجنب تشكل كلوريدات عليا ، و صعوبة التخلص من الكميات الكبيرة من كلوريد الهيدروجين ، فإن أغلب كلوريد الميثيل يحضر في الوقت الحاضر من تفاعل الميثانول مع كلوريد الهيدروجين إما في الطور السائل عند درجة حرارة ١٠٠ - ١٥٠ م° ، وبوجود محفز من كلوريد الزنك ، أو في الطور الغازي عند درجة حرارة ٣٠٠ - ٣٨٠ م° ، و من ٢ الى ٦ ضغط جوي ، وبوجود أكسيد الألمنيوم كمحفز .

من أهم التطبيقات الصناعية لكلوريد الميثيل صناعة : السيليكونات ، وميثيل السيليلوز ، وكلوريدات الميثيل ، ورباعي ميثيل الرصاص ، وأملاح الأمين الرباعية ، ومبيدات الأعشاب ، ومركبات فلورو وكلورو الميثان . كما أنه يستخدم كمذيب وكمادة وسطية في العديد من الصناعات العضوية مثل : عمليات المثيلة ، والأثرية وغيرها .

### ● أمينات الميثيل

تتم صناعة أمينات الميثيل ( Methylamines ) بوساطة مثيلة الأمونيا مع الميثانول بعدة خطوات عند درجة حرارة ٣٥٠ - ٥٠٠ م° ، و ١٠ - ٢٠٠ ضغط جوي ، وبوجود سليكات الألومنيوم ، أو فوسفات الألومنيوم كمحفزات . وتختلف منتجات التفاعل حسب كمية المواد المتفاعلة وظروف التفاعل مثل الحرارة ، والضغط ، إذ يتم إنتاج أحادي ميثيل الأمين في المرحلة الأولى ، يليها - في المرحلة التالية - إنتاج ثنائي ميثيل الأمين ، ثم يأتي إنتاج ثلاثي ميثيل الأمين في المرحلة الثالثة .

وحامض كلورو الخل ، إضافة إلى استخدامه كمذيب في صناعة حامض التيرفثاليك ، وثنائي ميثيل الإستر ، والدهانات ، وغيرها من الاستخدامات الأخرى .

### ● ميثيل ثالثي بوتيل الإيثر

ينتج ميثيل ثالثي بوتيل الإيثر (MethylTertiary Butyl Ether-MTBE) من تفاعل الميثانول مع الأيزوبوتن فوق مبادلات أيونية (محفزات حمضية) من راتنج بولي ستايرين مسلفن في الطور السائل ، وعند درجات حرارة تتراوح ما بين ٣٠ - ١٢٠ م° ، وضغط من ٧ - ١٤ ضغط جوي .

يعد ميثيل ثالثي بوتيل الإيثر منتجاً هاماً لرفع عدد أوكتان الجازولين نظراً لصفاته الأوكتانية العالية (١٠١ - ١١٧) ، وقد أخذ يحل محل مادة رباعي إيثر الرصاص التقليدية كمادة تضاف للجازولين لرفع عدد أوكتانه ، وقد تسبب ذلك في زيادة الطلب عليه إذ استخدم في عام ١٩٨٨ م حوالي ٢٠٪ من إنتاج الميثانول لتصنيع هذه المادة ، ويتوقع أن تزداد نسبة الإنتاج منه بمعدل ١٢٪ سنوياً .

### ● حامض النمل ( الفورميك )

يتم إنتاج حامض النمل (Formic Acid) من إماهة فورمات الميثيل الناتجة عن كربلة الميثانول في الطور السائل بوساطة أول أكسيد الكربون عند درجة حرارة ١٢٠ م° ، و ٩ ضغط جوي ، وفي وجود محفز قلوي من ميثو أوكسيد الصوديوم ، عند درجة حرارة ٨٠ م° و ٤٥ ضغط جوي .

يستخدم حامض النمل في صناعة الأنسجة ، والجلود ، والصباغة ، والمواد الصيدلانية ، وكمادة حافظة لبعض الأطعمة ، وكمادة مضافة في صناعة المطاط ، كما أن أملاحه مثل فورمات الصوديوم تستخدم كمذيب ، وفي المبيدات الحشرية ، وكمادة وسطية لإنتاج عدد من المركبات الكيميائية مثل حامض الحماض ( حامض الأوكساليك ) .

تستخدم فورمات الإيثيل كمادة مذيبة لخلاآت السيليلوز والنتروسيليلوز ،

## مغناطيس جديد

إبتكر مجموعة علماء ، من جامعة ولاية أوهايو ( Ohio State Univ. ) مواد يمكنها أن تعمل كالمغناطيسات الجزيئية - تعرف أحياناً بالمغناطيس العضوي - يمكن إستخدامها بدرجة واسعة في المحركات الكهربائية الخفيفة والمولدات وأجهزة تخزين البيانات (المعلومات) والمجالات الأخرى من الإلكترونيات.

الباحثين يعتقدون أن محتويات الحديد صغيرة جداً بحيث لا يمكن أن تنسب إليها القوى المغناطيسية التي تمثل نصف قوة مغناطيسية الحديد تقريباً .

تعد المغناطيسات الجزيئية المعدلة مقبولة من الناحية التقنية لعدة أسباب ، منها : إمكان تصنيعها باستخدام المعالجة الحرارية المنخفضة بدلاً من المعالجة الحرارية العالية اللازمة لتصنيع المغناطيسات الاعتيادية ، كما أن تشكيل وحداتها الجزيئية أسهل من تشكيل الوحدات الذرية في المغناطيسات الاعتيادية ، إضافة إلى ذلك فإن وجودها على هيئة بوليمر يساعد على إنتاج مغناطيسات عضوية ذات متانة وقوة عالية وبأشكال عديدة .

ومن المزايا الأخرى للمغناطيسات الجزيئية الجديدة أنها لا تفقد مغناطيسيتها بسهولة مثلما يحدث بالمغناطيسات الاعتيادية ، ولكن تحتاج إلى مجال مغناطيسي قوي ليحدث لها ذلك، وهذا يعني أن اشترط التسجيل المغطاة بطبقة من البوليمر المغناطيسي يمكنها أن تخدم لفترة أطول . كما أنها ذات نوعية أجود من الأشربة الحالية المغطاة بطبقة من أكسيد الحديد .

ويمكن أن تشمل مزايا المغناطيس الجديد إمكان إستخدامه في مجال الإلكترونيات الأخرى بما فيها الأقراص الضوئية ومكونات الحاسبات الآلية والتلفونات المتحركة والتلفزيونات .

Science Scope VOL. 16 NO. 3 NOV. 1992.

PP 11-12 .

تم في الماضي تطويع عدد قليل من المغناطيسات العضوية لها مميزات مغناطيسية عند درجات الحرارة فوق المنخفضة ( Ultra low ) فقط ( أقل من ١٠ درجات كالفن أي حوالي الصفر المطلق )، ونتيجة للتكلفة العالية لتبريد المواد إلى هذا المستوى فقد كانت التجارب في السابق مجرد حب إستطلاع .

أما الجديد في المغناطيس الجزيئي فيتلخص في أنه يحافظ على خصائصه المغناطيسية عند درجة حرارة الغرفة الإعتيادية وأعلى من ذلك ( إلى ٧٧°م تقريباً ) ، وأكثر من ذلك فإن خصائصه لا تتغير حتى عندما يسخن عند درجات حرارة عالية جداً . بل يحافظ عليها حتى تتحلل مواده .

ورغم المميزات المذكورة فإن المغناطيس الجديد يفقد فاعليته ببطء بسبب قابليته للتأكسد ، ولذلك يجب حفظه في جو خامل كيميائياً تحت طبقة من النيتروجين أو الأرجون مما يحد من إستخدامه في التقنيات العالية .

إستفاد العلماء من الكشف الجديد وأخذوا في تطوير المغناطيس الجديد بحيث يمكنه أن يكون مستقر كيميائياً عند تعرضه للأكسدة الجوية ويحافظ على صفاته المغناطيسية في نفس الوقت ، وقد تمكنوا بالفعل من صنع مواد ذات علاقة بمواد المغناطيس الجزيئي عبارة عن بوليمرات دقيقة على شكل مسحوق أسود غير متبلور ، تحضر بتفاعل بنزين الفاناديوم مع رباعي سيانو الإيثيلين .

ومع أن الفاناديوم معدن إلا أنه غير مغناطيسي ، ويعزو العلماء مغناطيسية البوليمر إلى تلوته بعدة جزيئات من الحديد ، لكن

يعد ميثيل ميثاكريلات من أهم إسترات حامض الأكرليك الذي يدخل في صناعة بولي ميثاكريلات ، كما يستخدم في صنع : الألياف الأكريلية ، والدهانات المستحلبة ، وأطرية السطوح إضافة إلى عدد من البوليمرات الشفافة التي تباع تحت اسم تجاري "Perspex" و "Plexiglass" .

### ● استخدامات أخرى

إضافة لما تم ذكره ، يستخدم الميثانول في خطوط أنابيب الغاز الطبيعي لمنع تشكّل هيدريت الغاز ( Gas Hydrates ) .

وفي مجال الطاقة اتضح أنه وقود مثالي حيث أن له حرارة تبخر مرتفعة وقيمة حرارية منخفضة نسبياً ، كما وأن أكسيد النيتروجين ، والهيدروكربونات ، وأحادي أكسيد الكربون - المنبعثة عند استخدامه كوقود - قليلة جداً بالمقارنة مع الوقود التقليدي ( الجازولين ) . ومازالت فكرة استهلاكه كبديل للجازولين ، أو كمصدر للطاقة موضع جدل لأسباب عديدة منها اقتصادية ، وبيئية ، وتقنية .

أما في مجال استخدام الميثانول كمركب وسطي للصناعات الأخرى غير المذكورة سابقاً فيمكن ذكر الصناعات التالية :-

● صناعة إسترات الميثيل لأحماض عضوية ، وتستخدم كمذيبات ومونوميرات في صناعة البلاستيك

● صناعة ثلاثي ميثيل الفوسفين ، ويستخدم في صناعة المواد الصيدلانية ، والفيتامينات .

● صناعة ميثوكسيد الصوديوم ، ويستخدم كمواد عضوية وسطية ، وكوسيط في صناعة حامض النمل .

● صناعة إسترات الميثيل لأحماض لاعضوية ، وتستخدم كعوامل مثيئة ، وفي صناعة المتفجرات ، والمبيدات الحشرية .

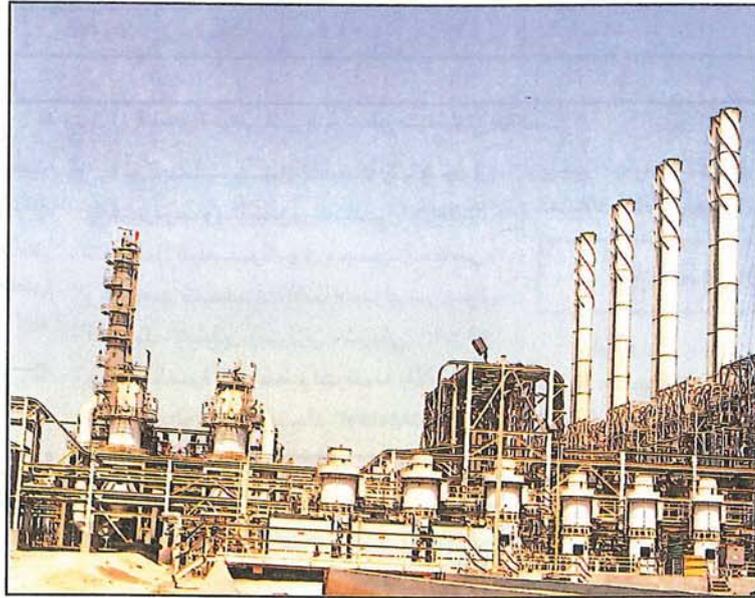
● صناعة الإيثيلين ، ويستخدم في صناعة العديد من المركبات العضوية الوسطية ، والبوليميرات ، ومواد مساعدة ، وغيرها من المواد الأخرى .

# المشتقات البتروكيميائية من الإيثيلين

أ . عبد الله محمد العبد الرحمن

الإيثيلين ( $CH_2 = CH_2$ ) مركب هيدروكربوني أو ليفيني بسيط ، غير مشبع ، ترتبط ذرتا الكربون فيه برابطة مضاعفة تتسبب في شدة فعاليته مع مواد الكتروفيلية مما يجعله يدخل في كثير من التفاعلات الكيميائية مثل:- تفاعلات الإضافة ، الأكسدة ، البلمرة ، الألكلة ، الهلجنة ، وغيرها.

أكسيد الإيثيلين ، ومن عيوبها : أنها مكلفة إذ تستهلك كميات كبيرة من الكلور ، كما أنها تكوّن كلوريد الكالسيوم - كمركب جانبي - بكميات كبيرة . وبدأت أهمية أكسيد الإيثيلين في الصناعة بعد إنتاجه بالأكسدة المباشرة (Direct Oxidation) للإيثيلين التي حلت محل العملية السابقة بوجود الهواء أو الأكسجين وباستخدام أكسيد الفضة ( $Ag_2O$ ) كمحفّز



ينتج الإيثيلين من الإيثان ، والبروبان (٦٢٪) ، غازات المصافي المحتوية على الإيثان ، والبروبان (٢٥٪) ، والنفتا بأنواعها :- الخفيفة ، والمتوسطة ، والثقيلة - وزيت الغاز ، والجازولين الطبيعي (١٣٪) ، وتتضمن خطوات صناعة الإيثيلين من هذه المصادر : التكسير ، الانضغاط ، وأخيراً التنقية.

ويعد الإيثيلين من أهم المواد الخام لتصنيع المنتجات البتروكيميائية

العضوية ، وهو فعال جداً ، ويتفكك عند درجة حرارة  $400^{\circ}C$  إلى الأكسجين والإيثيلين.

يوضح الجدول (١) بعض الخواص الفيزيائية لأكسيد الإيثيلين وبعض مشتقات الإيثيلين الأخرى .

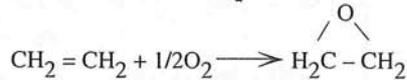
تم تصنيع أكسيد الإيثيلين في السابق بعملية الكلورهيديرين (Chlorohydrin Process) حيث يتفاعل الإيثيلين مع الكلور والماء لينتج إيثيلين الكلورهيديرين في الخطوة الأولى ، بعدها تتم معالجة إيثيلين الكلورهيديرين بهيدروكسيد الكالسيوم لإنتاج أكسيد الإيثيلين ، معادلة (١) و (٢) جدول (٢) . وينتج عن هذه العملية كمية كبيرة من

وأكثرها إنتاجاً حيث يعد المادة الأساس الخام لكثير من المنتجات البتروكيميائية ، وتستخدم معظم مشتقاته في إنتاج البلاستيك والمواد المعتادة للتجمد والألياف والمذيبات ، وسيتناول هذا المقال إنتاج ، وتطبيقات بعض مشتقات الإيثيلين . أما المواد الوسيطة المنتجة من الإيثيلين فسيتناول بعضها المقال الذي يليه.

## أكسيد الإيثيلين

أكسيد الإيثيلين (Ethylene Oxide) أكثر أنواع الإيبوكسيدات الأليفاتية أهمية تجارية ، وهو غاز في درجة حرارة الغرفة عديم اللون ، سام ، قابل للاشتعال ، يمتزج بالماء والكحول الإيثيلي وكثير من المذيبات

وذلك وفقاً لما يلي :-



تعد هذه العملية الأكثر استخداماً في معظم الصناعات لأكسيد الإيثيلين ، وفيها يتم إمرار مخلوط من الإيثيلين والأكسجين في مفاعل أنبوبي (Tubular Reactor) يحتوي على الفضة المحملة على الألومينا مع مواد مساندة من مركبات العناصر القلوية ، والقلوية الأرضية مثل السيزيوم ، والباريوم ، ومن شروط التفاعل أن يكون المفاعل عند درجة حرارة  $200 - 300^{\circ}C$  ، وضغط  $10 - 30$  ضغط جوي حيث يمتاز الأكسجين على سطح الفضة لبدء التفاعل ،

كثافة البخار	نقطة الوميض (م°)	حدود الانفجار في الهواء %	درجة الاشتعال (م°)	درجة الغليان (م°)	درجة الانصهار (م°)	الكثافة عند ٢٠م (جم/سم <sup>٣</sup> )	الوزن الجزيئي	الصفة المركب
١,٤٩	* ١٨-	١٠٠-٣	٤٢٩	١٠,٤	١١٢,٢-	٠,٨٦٩	٤٤,٠٥	أكسيد الإيثيلين
٢,١٤	** ١١٦	٣,٥	٤٠٠	١٩٧,٣	١٢,٦-	١,١١٢	٦٢,٠٧	جليكول الإيثيلين
١,٥٢	** ٣٨-	٥٧-٤	١٧٥	٢٠,٤	١٢٣,٥-	٠,٧٧٩	٤٤,٠٥	الأسيتالدهيد
٢,١٠	** ٩٤,٥	١٧-٥,٥	٤١٠	١٧٠,٣	١٠,٣	١,٠٢٠	٦١,٠٨	الأمين الإيثيلي الأحادي
٢,٧٠	** ١٧٦,٠	-	٣٦٥	٢٨٦,٥	٢٧,٤	١,١٠٠	١٠٥,٠١	الأمين الإيثيلي الثنائي
٥,١٠	** ١٩٢	-	٣٢٥	٢٣٦,١	٢١,٦	١,١٢٠	١٤٩,٠٢	الأمين الإيثيلي الثلاثي
٢,٠٧	** ٤٢	١٦-٤	٤٢٧	١١٨,٢	١٦,٧	١,٠٤٩	٦٠,٠٥	حامض الخل
٣,٠٠	* ٨-	١٣,٤-٢,٦	٤٢٧	٧٢,٣	١٠٠,٢-	٠,٩٣١	٨٦,٠٩	خلات الفينيل
١,٥٩	** ١٣	١٩-٣,٣	٤٢٣	٧٨,٣	١١٤,١-	٠,٧٨٩	٤٦,٠٧	الإيثانول

\* للوعاء المفتوح \*\* للوعاء المغلق

● جدول (١) بعض الخواص الفيزيائية لبعض مشتقات الإيثيلين .

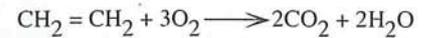
وأخيراً نهاية التفاعل (Termination) وفقاً لمعادلات التفاعل جدول (٣) .

### جليكول الإيثيلين

جليكول الإيثيلين (Ethylene Glycol - EG) سائل عديم اللون والرائحة ، يمتزج بشدة في الماء ، والإيثانول ، ويتفاعل بشدة

يمكن أن لأكسيد الإيثيلين أن يتبلمر بوجود الكحول كبادئ (Initiator) لتفاعل البلمرة ، وفي وجود أحماض ، وقواعد كمحفزات لإنتاج بوليمر بولي أكسيد الإيثيلين (بوزن جزيئي ١٠٠٠) . وتتم البلمرة على خطوات تبدأ بالابتداء (Initiation) ، ثم الامتداد (Propagation) ،

ونظراً لأن التفاعل طارد للحرارة فيجب الأخذ بعين الاعتبار كيفية التحكم في الحرارة الناتجة بأفضل الطرق ، ويؤدي عدم التحكم في الحرارة الناتجة إلى انخفاض فعالية المحفز ، وفقدان بعض الناتج ، كما أن التفاعل يصاحبه تكوين نواتج جانبية مثل الماء ، وثاني أكسيد الكربون ، وفقاً لما يلي :-



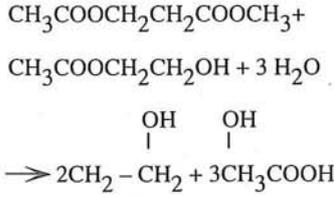
ولتقليل النواتج الجانبية يشترط أن يكون تركيز الأوكسجين في مخلوط التفاعل أقل من ٩٪ ، كما يفضل استخدام الأوكسجين بدلاً من الهواء لأنه يعطي ناتجاً أكبر ، وبأقل كلفة .

يستخدم أكسيد الإيثيلين كلقيم لكثير من المنتجات البتر وكيميائية الوسيطة والنهائية حيث يتميز بفعاليته الشديدة ، ومن أهم استخدامات أكسيد الإيثيلين إنتاج جليكول الإيثيلين الذي يستهلك في صناعته معظم إنتاج الإيثيلين .

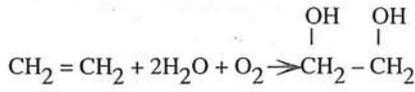
يستخدم أكسيد الإيثيلين كذلك في صناعة البولي إستر ، والإيثوكسالات ، والأمينات الإيثيلية ، وجليكول الإيثر ، وثنائي ، وثلاثي جليكول الإيثيلين ، والبوليول ، كما أنه يدخل في صناعة الأصباغ والمنظفات والأغراض الطبية والبوليمرات .

رقم	المعادلة
١	$\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{10-50^\circ\text{C}} \begin{array}{c} \text{Cl} \quad \text{OH} \\   \quad   \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \end{array} + \text{HCl}$
٢	$2\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{100^\circ\text{C}} \begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \end{array} + \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
٣	$\text{CH} = \text{CH} + \text{CH}_3\text{COOH} \xrightarrow{\text{NaOH}} \begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_2 = \text{CHOC} - \text{CH}_3 \end{array} + \text{H}_2\text{O}$
٤	$2\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + 2\text{CH}_3\text{COOH} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_2 = \text{CHOC} - \text{CH}_3 \end{array} + 2\text{H}_2\text{O}$ <p style="text-align: center;">خلات الفينيل</p>
٥	$3\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{SO}_4\text{H} + (\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{SO}_4$
٦	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SO}_4\text{H} + (\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 2\text{H}_2\text{SO}_4$ <p style="text-align: center;">الإيثانول (dil)</p>

● جدول (٢) معادلات تفاعل الإيثيلين ومشتقاته .



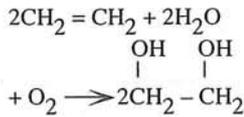
وعليه يكون صافي التفاعل كما يلي :-



ومن الصعوبات التي تواجه هذه الطريقة تآكل الأبراج بسبب طبيعة التفاعل.

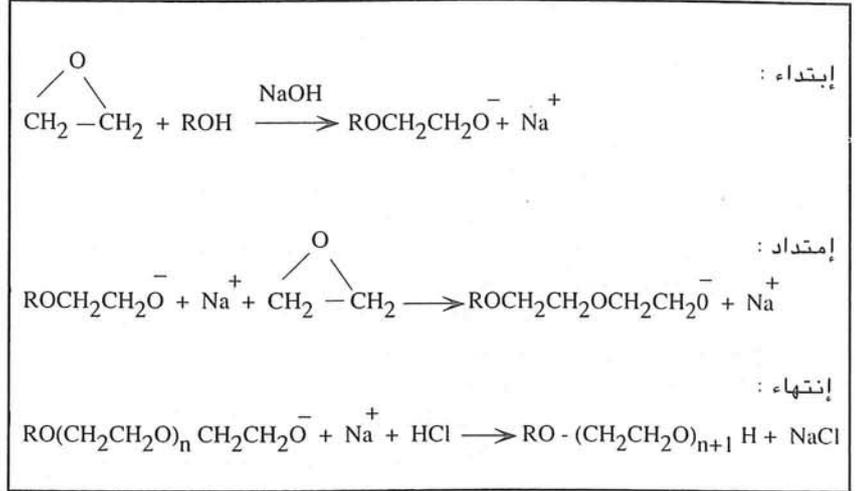
### ● طريقة تايجين

تتم طريقة تايجين (Teijin Process) بتأكسدة، وتمرير الإيثيلين في محلول حامض الكلور وباستخدام كلوريد الثاليوم عند درجة حرارة ٦٠ - ٢٥٠ م.



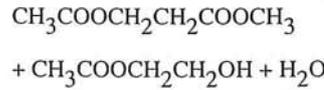
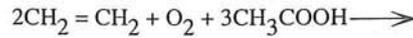
### ● طرق أخرى

يمكن إنتاج جليكول الإيثيلين كذلك من غاز الاصطناع باستخدام معقد الروديوم كمحفز، وعند درجة حرارة ٢٣٠ م، أو من تفاعل الفورمالدهيد مع أول أكسيد الكربون والماء عند درجة حرارة ١٥٠ - ٢٢٠ م وضغط ٧٠٠ ضغط جوي وحامض الكبريت أو ثلاثي فلوريد البورن



● جدول (٣) معادلات تفاعل بلمرة أكسيد الإيثيلين .

\* أكسدة الإيثيلين : وتتم بتفاعل الإيثيلين في الطور السائل مع الأكسجين بوجود حامض الخل ، وأكسيد التيليريوم كمادة محفزة عند درجة حرارة ١٦٠ م وضغط ٢٨ جوي .



\* تحلل الخلات :- وتتم بوجود الماء ، وعند درجة ١٠٧ - ١٣٠ م ، وضغط ١٠٢ جوي حيث ينتج جليكول الإيثيلين واستعادة حامض الخل وأكسيد التيتانيوم

مع حامض الكبريت . يستخدم جليكول الإيثيلين في صناعة المنظفات ، وتجفيف الغازات ، وكمادة مضادة للتجمد ، ولصناعة البولي إستر ، وإنتاج بولي إيثيلين ترفتالات. ينتج جليكول الإيثيلين بعدة طرق منها ما يلي :-

### ● طريقة التميؤ

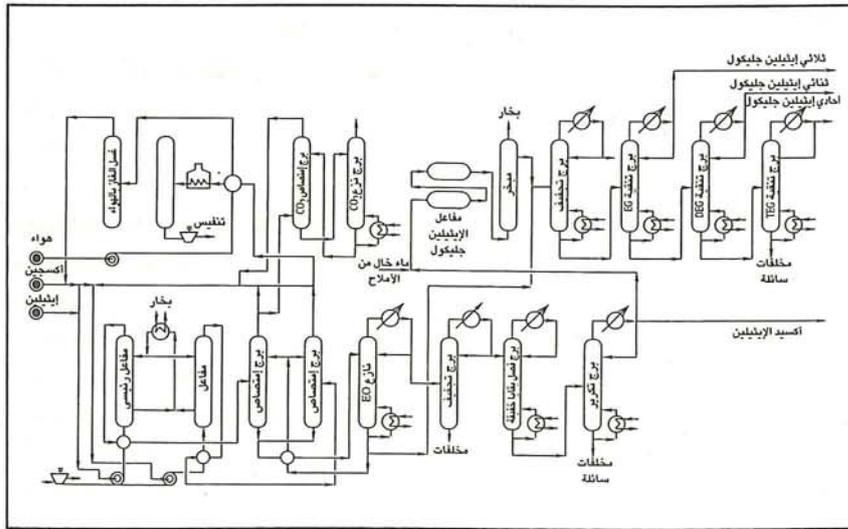
تعد طريقة التميؤ (Hydration) لأكسيد الإيثيلين من أفضل الطرق لإنتاج جليكول الإيثيلين من الناحية الاقتصادية ، وهي تتم بتفاعل أكسيد الإيثيلين في حالته السائلة مع الماء بنسبة ١:١ عند درجة ٥٠ - ١٠٠ م ، وبوجود مقادير قليلة من حامض الكبريت (٠,٥ - ١٪) كمحفز.

وينجم عن التفاعل المذكور كذلك إنتاج ثنائي جليكول الإيثيلين (Diethylene Glycol - DEG) ، وثلاثي جليكول الإيثيلين (Tri ethylene glycol-TEG) كنواتج جانبية ، ويتم فصل تلك النواتج الجانبية من جليكول الإيثيلين كل على حدة حسب ما هو موضح في شكل (١) ، كما يمكن الحد منها بزيادة نسبة الماء إلى أكسيد الإيثيلين.

ومما يجدر ذكره أن وجود حامض الكبريت كمادة محفزة تتسبب في تآكل أبراج التفاعل ، ولذلك يجب إزالته من خليط التفاعل، وإضافة مواد مثبطة للتآكل.

### ● طريقة الأوكسي رين

تتم طريقة الأوكسي رين (oxirane Process) على خطوتين هما :-



● شكل (١) مخطط إنتاج جليكول الإيثيلين بطريقة التميؤ .

الأسيتالدهيد يتم بعملية ووكرجيمي (Wacker Chemie Process)، وذلك بأكسدة الإيثيلين باستخدام محلول كلوريد البلاديوم، وكلوريد النحاس كمحفّزات، وتتم عملية الأكسدة إما على خطوة واحدة، وإما على خطوتين وذلك كما يلي:-

\* **الخطوة الواحدة:-** وتتم بإمرار مزيج الإيثيلين والأكسجين (ويستخدم عادة زيادة من الإيثيلين لمنع حدوث انفجارات) في محلول المحفّز عند درجة حرارة ١٣٠م، وضغط ٤٥ ضغط جوي، ومن ثم يسترجع الأسيتالدهيد الناتج من المحلول المائي بواسطة التقطير، ويعاد تدوير الفائض من الإيثيلين، شكل (٢).

\* **الخطوتين:-** وتتم بأكسدة الإيثيلين بواسطة محاليل كلوريد البلاديوم، والنحاس التي تجري في مفاعل واحد، أما محاليل أملاح الفلزات المختزلة فتتم أكسدتها في مفاعل آخر، وتتم عملية الأكسدة عند درجة حرارة ١٣٠م، وضغط ١٢٠ ضغط جوي، ومن ثم يقطّر الأسيتالدهيد، وتعاد أكسدة محلول الكلوريد المختزل بالهواء.

تبدو عملية الخطوة الواحدة مشجعة اقتصادياً لكونها لا تحتاج لإفاعل واحد، بينما الأخرى تحتاج لمفاعلين، بيد أن هناك عوامل أخرى يفضل فيها عملية الخطوتين منها: تكور الأكسجين في العملية ذات الخطوة الواحدة مما يستدعي وجود مصنع أكسجين، وبالمقارنة بين العمليتين يتضح أن هناك تقارباً في التكاليف.

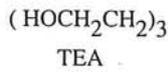
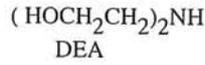
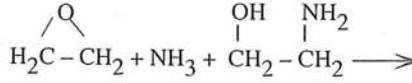
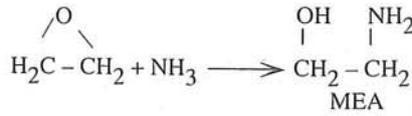
### ● تطبيقات الأسيتالدهيد

الأسيتالدهيد فعال جداً، ويستخدم كإقيم لإنتاج كثير من المركبات البتروكيميائية مثل: حامض الخل، وهكسيل إيثيل الكحول، والبتانول، وبولي خلات الفينيل، والكلورال، والبولي أسيتالدهيد والبارا الدهيد، وبلا ماء حامض الخل.

### خلات الفينيل

خلات الفينيل (Vinyl Acetates) سوائل متطايرة، عديمة اللون، قابلة للاشتعال، تذوب في العضوية مثل الكحولات، والكيستونات، والإسترات، ويتبلمر إلى بولي خلات الفينيل. تم تصنيع خلات الفينيل سابقاً بواسطة تفاعل الأستيلين مع

والتلاثي على التوالي.

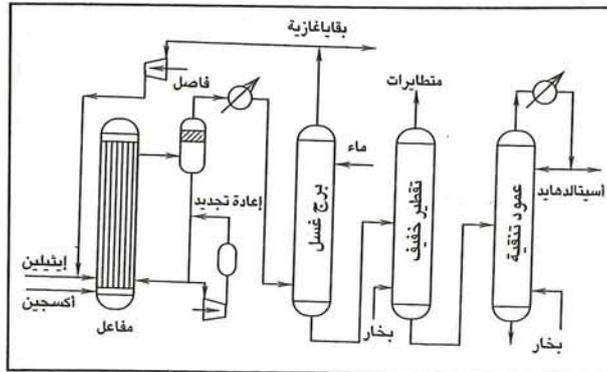


تتم زيادة إنتاج كل من الأمين الثنائي، والتلاثي، بازدياد نسبة أكسيد الإيثيلين إلى الأمونيا، وارتفاع درجة الحرارة، والضغط. تستخدم الأمينات الإيثيلية بكثرة كمركبات وسيطة لإنتاج المنظفات، وخيوط الغزل، ولإنتاج أمين الإيثيلين، وكمثبطات للتآكل، كما تستخدم في معالجة البترول، والغاز، ودباغة الجلود، وإزالة الدهانات.

### الأسيتالدهيد

الأسيتالدهيد (Acetaldehyde) سائل عديم اللون، ذو رائحة نفاذة، قابل للاشتعال يذوب في الماء، ومعظم المذيبات العضوية.

أنتج الأسيتالدهيد بإزالة الهيدروجين من الإيثانول باستخدام النحاس، كمحفّز عند درجة حرارة ٢٢٥م، وكذلك بتميؤ الأستيلين، أصبح معظم إنتاج



● شكل (٢) خطط إنتاج الأسيتالدهيد بالخطوة الواحدة.

كمحفّز ليتكون حامض الجليكوليك، وبعد أسترة الحامض بالميثانول يتم هدرجة المنتج إلى جليكول الإيثيلين في الطور الغازي باستخدام محفّز من كروميت النحاس عند درجات حرارة ٢٠٠م - ٢٥٠م وضغط يتراوح من ٢٠ - ٤٠ ضغط جوي مع كمية زائدة من الهيدروجين.

### بولي إيثيلين جليكول

يتم إنتاج بولي إيثيلين جليكول (Polyethylene Glycol) بتفاعل أكسيد الإيثيلين، وجليكول الإيثيلين، أو ثنائي جليكول الإيثيلين حيث تكون درجة حرارة التفاعل ١٢٠ - ١٥٠م، والضغط ٣ ضغط جوي بوجود محفّز من مركبات العناصر القلوية مثل هيدروكسيد الصوديوم.

تستخدم بوليمرات بولي إيثيلين جليكول كمثبتات، وفي صناعة الكريما، ومستحضرات التجميل، والمنظفات، وصناعة الأدوية.

### الأمينات الإيثيلية

الأمينات الإيثيلية (Ethanol Amines) تنقسم إلى الأحادية (Mono Ethanol Amine - MEA)، والثنائية (Di Ethanol Amine - DEA)، والتلاثية (Tri Ethanol Amine - TEA).

من صفات الأمينات الإيثيلية الأحادية والثلاثية أنها سوائل لزجة، عديمة اللون، ذات رائحة تشبه الأمونيا، ماصة للرطوبة، وثنائي أكسيد الكربون، وتمتزج بالماء والإيثانول، أما أمين الإيثيلين الثنائي فقد يكون في حالة لزجة، أو متبلورا.

بدأ إنتاج الأمينات الإيثيلية -

في السابق - من إيثيلين الكلورهدرين والأمونيا، وحديثاً يتم تصنيعها من أكسيد الإيثيلين بالتفاعل مع مخلوط الأمونيا (٢٥ - ٥٠٪)، وعند درجة حرارة ٣٠ - ٤٠م، وضغط جوي واحد تقريباً بنسبة جزء واحد من الإيثيلين إلى عشرة أجزاء من الأمونيا حيث يكون المنتج عبارة عن خليط من الأمينات الثلاثة بنسب ٧٥٪، ٢١٪، ٤٪، للأمين الأحادي، الثنائي،

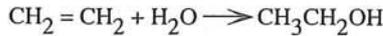
## الإيثيلين

بإمرار الإيثيلين على حامض الكبريت المركز كمحفز لتكوين مخلوط من كبريتات الهيدروجين والإيثيلين، وثنائي إيثيل الكبريتات عند درجة حرارة ٦٠ - ٩٠ م، وضغط ٢٠ - ٢٥ ضغط جوي، معادلة التفاعل (٥).

بعد ذلك يتم تحلل الكبريتات الناتجة حيث ينتج الإيثانول، وحامض الكبريت الذي يعاد استخدامه مرة أخرى بعد تركيزه، معادلة التفاعل (٦).

تؤدي هذه العملية إلى إنتاج مركبات جانبية مثل ثنائي إيثيل الإيثر، ومن عيوبها أنها تتم بخطوتين، وأنها تسبب تآكلاً لوجود حامض الكبريت المركز فيها، هذا غير أنها تكلف طاقة كبيرة.

\* التميؤ المباشر: وقد حلت طريقته محل العملية السابقة، وفيها يتم ضغط الإيثيلين إلى ضغط ٦٠ - ٨٠ ضغط جوي، ثم يخلط بالماء، ويسخن إلى درجة حرارة ٢٥ م، ومن ثم يسخن المزيج في الحالة الغازية للمفاعل الذي يحتوي حامض الفسفور المحمل على السيلكا كمحفز، وبعد ذلك يدور الإيثيلين غير المتفاعل لاستخدامه، شكل (٤).

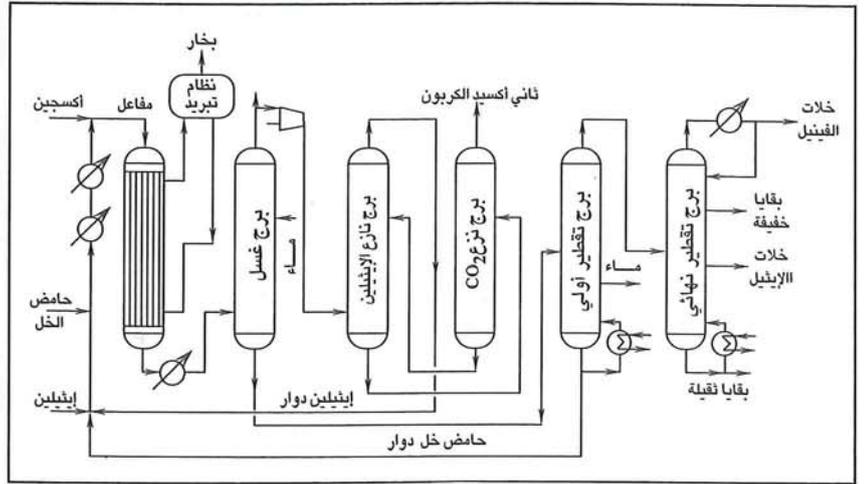


### تطبيقات الإيثانول

يستخدم الإيثانول كمذيب في كثير من التفاعلات، وكذلك لكثير من المواد كالأدوية، والمنظفات، والعطور، والدهانات، وكمركب وسطي لتصنيع الإسترات، وجليكول الإيثر، وحامض الخل، والأسيتالدهيد، وإيثيل الكلوريد، والبتانول، والكورال.

تستخدم خلات الفينيل لتصنيع البوليمرات، والبوليميرات التساهمية مثل بولي خلات الفينيل، وتصنيع بولي فينيل الكحول، والأصباغ، والمواد اللاصقة والألياف.

حامض الخل بوجود محفز خلات الزئبق على الفحم عند درجة حرارة ٢٠٠ م، معادلة التفاعل (٣)  
أما الطريقة الحديثة لإنتاج خلات الفينيل فتتم بالأكسدة الحفزية للإيثيلين، وحامض الخل في الطور السائل، أو الغازي،

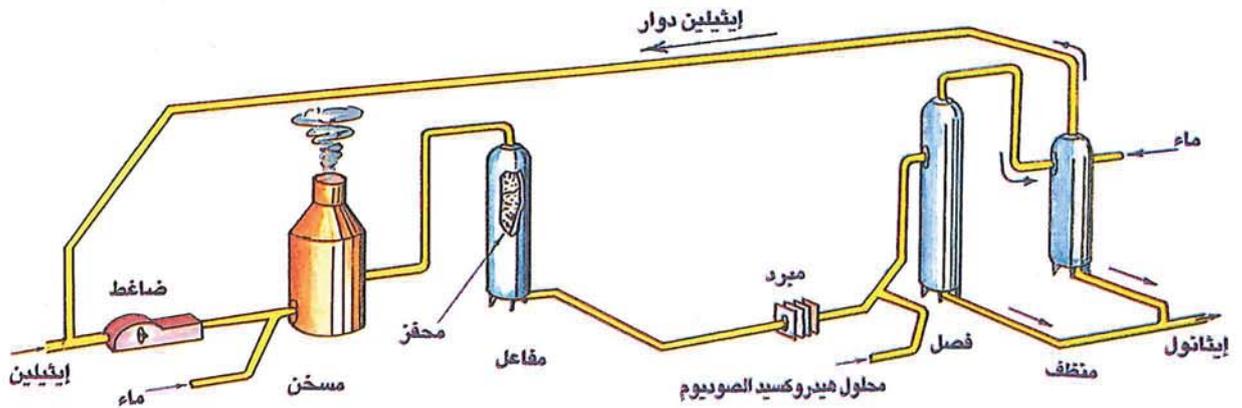


● شكل (٣) مخطط إنتاج خلات الفينيل بالأكسدة في الطور الغازي.

## الإيثانول

الإيثانول (Ethanol) سائل عديم اللون، قابل للإشتعال، ومتطاير يمتزج بالماء، والإيثر، والبنزين، والأسيتون وكثير من المركبات العضوية، وقد بدأ تصنيع الإيثانول بواسطة التخمر (Fermentation) للسكريات حيث كان معظم إنتاجه يتم بهذه الطريقة، أما الآن فإن إنتاجه يتم إما بالتميؤ غير المباشر (Indirect Hydration) وإما بالتميؤ المباشر (Direct Hydration).  
\* التميؤ غير المباشر: - ويتم في البداية

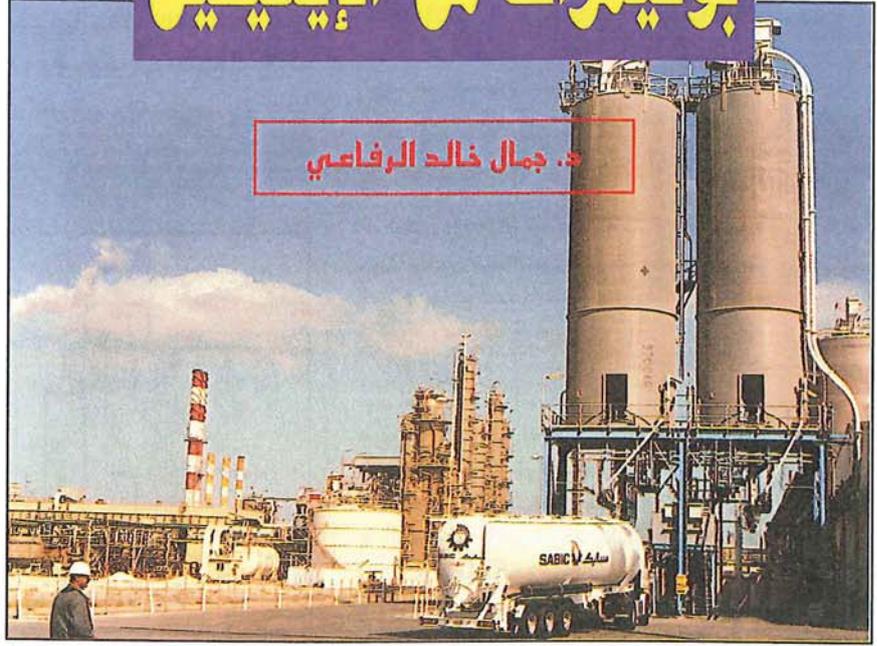
وتعد عملية الأكسدة في الطور السائل مشابهة لعملية إنتاج الأسيتالدهيد من الإيثيلين سالفة الذكر، وهي ليست مفضلة بسبب وجود بعض المشكلات كالتآكل وتكون مركبات جانبية، وعليه تعد عملية الأكسدة في الطور الغازي، شكل (٣) هي الأفضل، والمستخدمة حالياً، وهي تكون عند درجة حرارة ١٨٠ - ٢٠٠ م، وضغط ٥ - ٩ ضغط جوي بوجود البلاديوم المحمل على الألومينا، أو خلات البوتاسيوم كمحفز، معادلة التفاعل (٤).



● شكل (٤) إنتاج الإيثانول بالتميؤ المباشر.

# بوليمرات من الإيثيلين

د. جمال خالد الرفاعي



بمرونة عالية وصفاء جيد . أما البولي إيثيلين مرتفع الكثافة ( HDPE ) فيتميز بمتانتته المرتفعة وبقلة قابليته للتشوه وانخفاض نفاذيته للغازات . ويتميز البولي إيثيلين الخطي منخفض الكثافة ( LLDPE ) بمعظم مزايا الصنفين السابقين حيث يتمتع بالقوة والمرونة والصفاء ويعزل كهربائياً جيد وبثباته عند درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة . وبصورة عامة كلما ازدادت كثافة البولي إيثيلين تزداد درجة تبلره ، وصلابته ، ودرجة حرارة تليينه . بينما تتراجع قدرته على الاستطالة ، وقوة التصادم .

## ● صناعة البولي إيثيلين

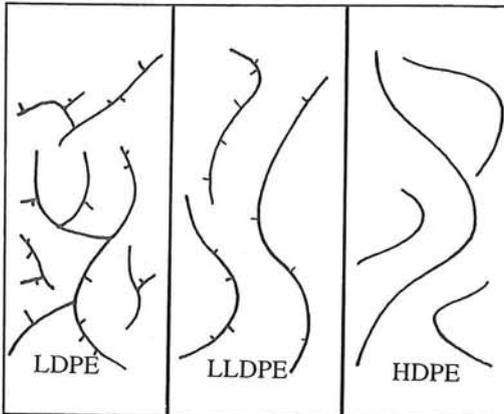
تتصف العمليات الصناعية لإنتاج البولي إيثيلين بأن لها مجالاً واسعاً من درجات الحرارة والضغط حسب النوع المطلوب إنتاجه ، ويتميز تفاعل بلمرة الإيثيلين بكونه ناشراً للحرارة .



$$\Delta H = -22 \text{ Kcal}$$

ينجم عن تجاوز درجة الحرارة في المفاعل لدرجة ٣٠٥ م° تفاعلات انفجارية نتيجة لتفكك الإيثيلين ، لذلك يعد نزع حرارة تفاعل البلمرة أمراً بالغ الأهمية في عمليات بلمرة الإيثيلين الصناعية .

تنقسم صناعة البولي إيثيلين إلى نوعين تبعاً لآلية تفاعل البلمرة وذلك كما يلي :-



● شكل (١) التركيب الجزيئي لانماط البولي إيثيلين .

كانت الاستخدامات الكيميائية للإيثيلين قبل الحرب العالمية الثانية تنحصر في غالبيتها على تحويله إلى الإيثيلين جليكول ، أو الكحول الإيثيلي ، وبعد الحرب بدأ الطلب يتزايد على الستايرين ، والبولي إيثيلين التي تعتمد في تحضيرها على الإيثيلين مما حث الشركات الصناعية على زيادة إنتاجه حتى أصبح حالياً المادة البتروكيميائية الأكثر إنتاجاً على مستوى العالم .

ويبين الجدول (١) الطاقات الإنتاجية العالمية للبولي إيثيلين حسب إحصائية عام ١٩٩٠ م

## ● خواص البولي إيثيلين

يبين الشكل (١) رسماً تخطيطياً للتركيب الجزيئية لانماط البولي إيثيلين الثلاثة ، ويلاحظ أن النمط (LDPE) يتميز ببنية سلسلية متفرعة عشوائياً ، وله فروع

قصيرة غير متكافئة في الطول ، أما النمط (LLDPE) فإن فروعها القصيرة متكافئة ، ولكنها موزعة على السلسلة بصورة عشوائية ، ولا يحتوي النمط (HDPE) على فروع ، مع أنه من الممكن إدخال عدد قليل منها بصورة متمعددة للحصول على خصائص معينة في المنتج .

تتميز مواد البولي إيثيلين بخصائص ممتازة . فالبولي إيثيلين منخفض الكثافة (LDPE) يمتاز

ساعداً إنتاج الإيثيلين بكثرة ، - من مواد خام متوفرة مثل : الغاز المرافق والنفثا ، وبكلفة منخفضة - على توسيع مجال استخدامه ، ومن أكثر استخدامات الإيثيلين إنتاج البولي إيثيلين ، وكلوريد الفينيل ، وبولي كلوريد الفينيل .

## البولي إيثيلين

ينتج البولي إيثيلين ( Poly Ethylene ) عن بلمرة الإيثيلين بطرق متنوعة ، ويختلف البوليمر الناتج في كل طريقة عن غيره باختلاف الشروط التطبيقية المتبعة (درجة الحرارة ، والضغط) وتنقسم لدائن البولي إيثيلين إلى ثلاثة أنواع - تبعاً لكثافتها ، وبنيتها الجزيئية - إلى البولي إيثيلين عالي الكثافة ( High Density Poly Ethylene - HDPE ) ، البولي إيثيلين منخفض الكثافة ( Low Density Poly Ethylene - LDPE ) ، البولي إيثيلين منخفض الكثافة الخطي ( Linear Low Density Poly Ethylene - LLDPE ) .

## بوليمرات من الإيثيلين

إيثيلين - في هذه العملية ، شكل ( ٢ ) - باستخدام أحد مفاعلين هما : مفاعل أوتوكلاف بخلاط ، أو مفاعل أنبوبي مستمر الجريان .

تبدأ عملية البلمرة ، بضغط الإيثيلين ليكون في الحالة السائلة على مرحلتين قبل دخوله المفاعل ، ومن ثم يدخل مع المبادر من عدة فتحات موزعة على امتداد المفاعل . ويتكون الوسط التفاعلي من طور واحد ، أو طورين اعتماداً على الشروط المتبعة في الضغط ، ودرجة الحرارة وعلى تركيز البوليمر ووزنه الجزيئي ، ويتم تثبيت درجات حرارة التفاعل من خلال التحكم في سرعة المضخات المغذية بالمبادرات داخل كل منطقة على حدة .

يتم فصل الإيثيلين عن البولي إيثيلين عند مخرج المفاعل بإفلات (تنفيس) الضغط في فاصلين على التسلسل ، ثم يمرر البوليمر المصهور إلى الباثقة (Extruder) المشكّلة للكريات حيث يحول إلى كريات باستخدام الماء ، وتجفف الحبيبات عندئذ ، وتنقل لتعبئتها وتخزينها .

تصلح طرق الضغط المرتفع السابقة في عمليات البلمرة التساهمية لمونوميرات معينة مثل أسيتات الفينيل أو الإسترات الأكريلية ، وتفضّل - بصورة عامة - طريقة الأوتوكلاف بسبب وضوح شروطها التطبيقية ، ولقدرتها على إعطاء درجة تحول جيدة عند درجة حرارة منخفضة .

٢- طريقة المعلق : وتعتمد على تشكل

أهمية تفاعلات انتقال السلسلة بازدياد درجة الحرارة ، وهي المسؤولة عن تفرع (LDPE) .

• بلمرة بألية أيونية : وتتم بوجود محفز ، إما من نوع زيغلر (Ziegler) الذي يتكون من معقد من أكيل الألومنيوم مع هاليد معدن انتقالي مثل (Al(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>/TiCl<sub>4</sub>) ، أو من السيليكا المشبعة بكمية من أكسيد الكروم ، أو أكسيد الموليبدنوم .

### • طرق صناعة البولي إيثيلين

تتم صناعة البولي إيثيلين بعدة طرق من أهمها مايلي :-

#### ١ - البلمرة تحت الضغط المرتفع

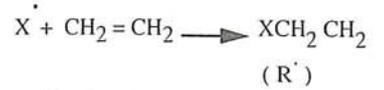
وتتم تحت ضغوط تتراوح بين ١٠٠٠ - ٣٥٠٠ ضغط جوي ، ودرجات حرارة ١٥٠ - ٣٠٠ م° بألية جذرية .

تتطلب هذه العمليات إيثيلين بدرجة نقاوة عالية تزيد عن ٩٩,٩٪ ، وتتوقف درجة تحول (Conversion) المونومير إلى البوليمر على فعالية عملية نزع الحرارة المنتشرة . وتمكّن الشروط التفاعلية المذكورة

البولي إيثيلين الناتج من الذوبان في الإيثيلين ، كما تؤدي إلى زيادة سرعة البلمرة بشكل كبير ، الأمر الذي يساعد على الاستفادة القصوى من الضغط المرتفع ذي الكلفة العالية ، وينتج البولي

• بلمرة بألية جذرية : وتتم تحت ضغط مرتفع مع وجود مواد مبادرة قادرة على التفكك ، وإعطاء الجذور الحرة (Free Radicals) ضمن شروط العملية الصناعية ، مثل الأكسجين (O<sub>2</sub>) ، وفوق الأكاسيد (O-O-R) ، وتتم ألية تشكل البولي إيثيلين من خلال المراحل التالية :

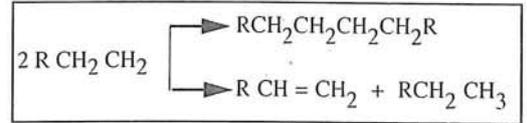
- المبادرة : وفيها تتفكك المادة المبادرة معطية الجذور الحرة (X<sup>•</sup>) المسؤولة عن مبادرة عملية بلمرة الإيثيلين وظهور جذور جديدة (R<sup>•</sup>) وذلك كما يلي :



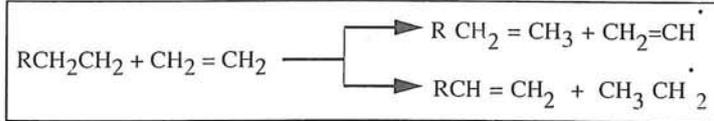
- الانتشار : وفيها يتم استهلاك الإيثيلين الموجود من خلال تفاعله مع الجذور الحرة (R<sup>•</sup>) الموجودة في الوسط .



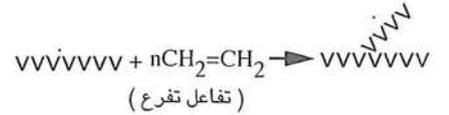
- الانتهاء : ويتم بطريقتين ، وذلك كما يلي :-



- الانتقال : ويحدث على عدة وجوه منها :- (أ) قيام السلسلة النامية الفعّالة بتجريد أحد المونوميرات من أحد هيدروجيناته ، عند درجات حرارة مرتفعة .



(ب) قيام السلسلة النامية الفعّالة بتجريد إحدى السلاسل الموجودة في الوسط من أحد هيدروجيناتها .



وتتمتع تفاعلات تجريد الهيدروجين من السلاسل بطاقات تنشيط أعلى من تلك الخاصة بتفاعلات البلمرة ، لذلك تزداد

النوع	الإنتاج ( ألف طن / عام )				
	أمريكا الشمالية	غرب أوروبا	شرق أوروبا	اليابان	باقي العالم
منخفض الكثافة	٢٩٥٧	٥٣٦٢	٢٠٢٤	١٣٨٨	٢٨٥٦
منخفض الكثافة الخطي	٣٧٤٦	١٢٧٨	٠٠٠٥	٤٦٧	١٢٥٨
عالي الكثافة	٣٤٢٥	٢٦٩٣	١١٦٨	١٠٢٥	٣١١٩
الجملة	١١١٢٨	٩٢٣٤	٣٢٠٧	٢٨٨٠	٧٤٣٣

• جدول (١) إنتاج البولي إيثيلين ( ألف طن ) في العالم لعام ١٩٩٠ م .

يعتمد في تكوينه على الكروم ، والأيزوبوتان كمنزب .

٣- طريقة الطور الغازي : وتتم في مفاعل يحتوي على طبقة مميعة ( Fluidized bed ) من دقائق البوليمر النامية التي تستخدم كعامل تحريك في المفاعل . يدخل الإيثيلين الغازي ، والمونومير المشترك ( البوتن أو الهكسان ) والمادة المحفزة إلى المفاعل الذي تتراوح درجة حرارته بين ٨٠ - ١٠٠ م° ، وضغطه من ٧ - ٢٠ ضغط جوي ، تحتوي المادة المحفزة في تركيبها على الكروم ، وتحمل على حبيبات من السيليكا ، وكوريد المغنسيوم ، وتمتاز هذه الطريقة بانخفاض تكاليف التشغيل التي تتطلبها ، وبقدرتها على إنتاج الـ ( LLDPE ) أو ( HDPE ) حسب الطلب .

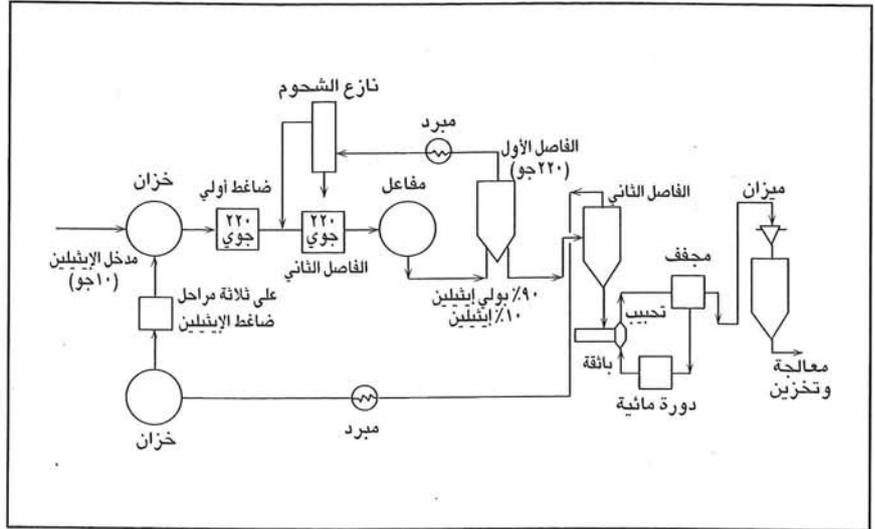
٤- طريقة المحلول : وتم تطويرها من قبل شركات عديدة ، وهي تتميز بقدرتها على التعامل مع مجال واسع من المونوميرات التساهمية ، والكتافات الناتجة . تستخدم هذه الطريقة لصناعة أحد نوعي البولي إيثيلين ( عالي الكثافة ، أو منخفض الكثافة الخطي ) عن طريق تحويلها حسب الطلب .

يستغرق التفاعل في هذه الطريقة دقيقتين ، وفيها يذاب الإيثيلين في مذيب مثل حلقي الهكسان ، ويضخ إلى المفاعل تحت ضغط ١٠٠ ضغط جوي . ودرجة حرارة بين ٢٠٠ - ٣٠٠ م° ، وبوجود مادة محفزة عبارة عن مزيج من  $V_2O_5$  و  $TiCl_4$  المنشط بالكيل الألومنيوم .

### ● استخدامات البولي إيثيلين

يستخدم البولي إيثيلين في صناعة منتجات عديدة ، ويوضح جدول ( ٢ ) الكميات المستهلكة منه تبعاً لطريقة تصنيعه النهائية في بعض الدول ، ومن أهم تلك الاستخدامات ما يلي :-

\* الرقائق ( Films ) : ويستخدم فيها بصورة واسعة الـ ( LDPE ) مع الـ ( LLDPE ) ، وذلك بفضل ملمسه اللين ، وشفافيته وقدرته على أخذ شكل المادة التي يحتويها ، وتوجد رقائق مصنعة من الـ ( HDPE ) ، لكنها أقل تقبلاً من الناس ،



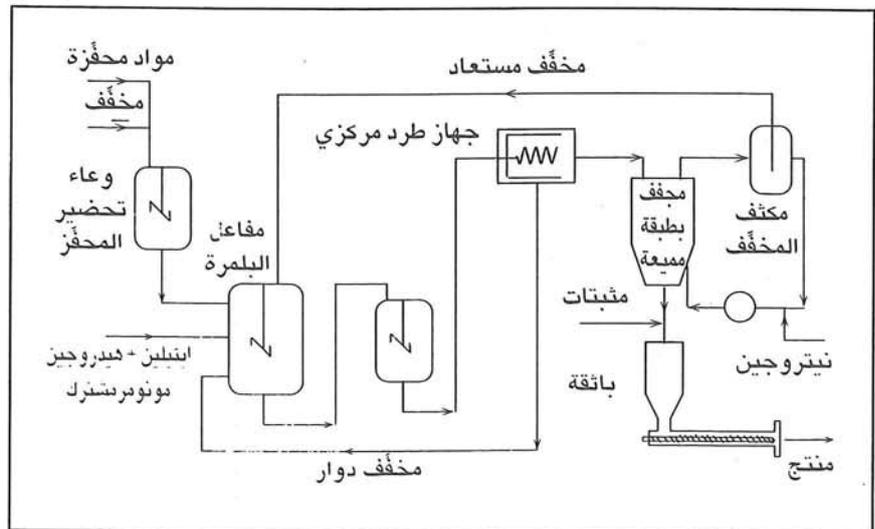
● شكل (٢) مخطط صناعة البولي إيثيلين تحت ضغط مرتفع.

٩٠ م° ، ويستخدم فيها الهكسان كمنزب . يجري تعليق المواد المحفزة مع الكيل الألومنيوم ، والهكسان في وعاء المزيج المحفز قبل دخولها المفاعل ، ثم تدخل إليه مع الإيثيلين بسرعة محددة لضبط التفاعل . - طريقة المفاعل الملتف : وهي طريقة مطورة بوساطة شركة فيليبس ويكون المفاعل فيها مضاعف الالتفاف ومكونا من أنبوب بقطر داخلي واسع لتجنب الرواسب التي كانت تشكل صعوبات في الأوتوكلاف المزود بخلاط .

يجب المزيج التفاعلي على المرور في الأنبوب بسرعة منتظمة (٥-١٠ م/ثا) عند درجة حرارة ١٠٠ م° ، وضغط ٣٠ - ٤٠ ضغط جوي ، وبوجود محفز فيليبس الذي

البولي إيثيلين ، وبقائه معلقاً في محلول هيدروكربوني ضمن شروط العملية ، حيث إن معظم محفزات زيغلر تعطي مردودها الأعظم تحت ضغط معين ، وعند درجات الحرارة التي يكون عندها البولي إيثيلين غير قابل للذوبان ، وتستخدم هذه الطريقة بشكل واسع لإنتاج الـ ( HDPE ) ، ويتم إنجاز هذه العملية بطريقتين :

- طريقة الأوتوكلاف : ومن أشكالها : طريقة شركة هوكست ( Hoechst ) ، شكل ( ٣ ) ، ويتراوح الضغط المستخدم في هذه العملية بين ( ٥-١٠ ضغط جوي ) مما يساعد على استخدام مفاعلات عالية السعة ( ١٠٠ م³ ) ، وتتراوح درجة الحرارة المستخدمة في هذه العملية بين ( ٨٠ -



● شكل (٣) مخطط خطوات البلمرة بطريقة هوكست.

### ● إنتاج كلوريد الفينيل

يتم إنتاج كلوريد الفينيل بعملية الأوكسي كلورة (Oxychlorination) ، ويعتمد حالياً مايزيد عن ٩٠٪ من كلوريد الإيثيلين المنتج صناعياً على هذه الطريقة ، شكل (٤) ، وتتم هذه العملية على ثلاث مراحل هي :

● **الكلورة:** وتجرى في مفاعل الطبقة الثابتة (Fixed bed reactor) بتفاعل الإيثيلين مع الكلور بصورة مباشرة في الطور الغازي بوجود مادة محفزة من كلوريد الحديد عند درجة حرارة (٤٠ - ٥٠ م°) ، وبعد فصل المنتجات الثانوية القليلة الناتجة يتم إنتاج ثنائي كلوريد الإيثيلين بنقاوة ٩٦ - ٩٨٪ ، حيث يبقى ثم يؤخذ إلى وحدة التكسير الحراري.

● **التكسير:** ويتم بملء الأنابيب الموجودة في أفران التكسير الحراري بحبيبات من الفحم المشبع بكلوريد الحديد ، ويمرر عبرها ثنائي كلوريد الإيثيلين عند درجة حرارة (٤٨٠ - ٥٠٠ م°) ، وضغط ١٠ - ٤٠ ضغط جوي ، لزمن يتراوح بين ١٠ - ٢٠ ثانية . ويحافظ على درجة تحول ثنائي كلوريد الإيثيلين ضمن المجال ٥٠ - ٦٠٪ للسيطرة على التفاعلات الجانبية ، ويمكن الحصول ضمن هذه الشروط على مردود مقداره ٩٥ - ٩٩٪ . ويتم تبريد التيار الغازي الخارج من الأفران مباشرة باستخدام ثنائي كلوريد الإيثيلين السائل لكبح تفاعلات التكسير ، ثم يجرأ التيار الغازي المبرد إلى مكوناته الغازية ، وهي :

أنابيب شبكات توزيع الغاز الطبيعي ، وشبكات المياه .

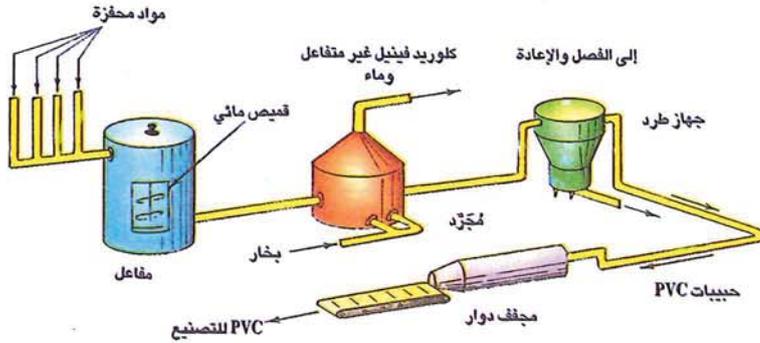
● **عوازل الأسلاك والكابلات (Wire and Cable Insulation):** وفيها يستخدم البولي إيثيلين منخفض الكثافة ، وقد حلت بوليمرات الارتباط المتصالب (Cross-Linking) مؤخراً مكان الـ (LDPE) من أجل كابلات التيار شديد الارتفاع .

● **البوليمرات التساهمية للإيثيلين (Ethylene Copolymers):** ويستفاد منها في إنتاج رقائق أكثر مرونة ، وتستخدم في مجال الخلاط ، كخلطها مع الشمع المستخدم في طلاء الورق ، أو مع الحُمُر (البيتومين) المستخدم في رصف الشوارع .

### كلوريد الفينيل

يعد كلوريد الفينيل (Vinyl Chloride) من أهم المركبات الكيميائية الشائعة في العالم ، وتأتي أهميته من اتساع مجالات استخدام بولي كلوريد الفينيل (PVC) الناتج عند بلمرته .

استطاع كلات (Klatte) الحصول على كلوريد الفينيل عام ١٩١٢م من إضافة كلور الهيدروجين للأستيلين باستخدام المحفزات ، وقد استمرت هذه الطريقة ٣٠ عاماً قبل بدء الدخول التدريجي للإيثيلين كبديل للأستيلين ذي الكلفة المرتفعة ، ويعتمد حالياً مايزيد عن ٩٠٪ من إنتاج العالم الغربي لكلوريد الفينيل على الإيثيلين .



● شكل (٤) مخطط إنتاج كلوريد الفينيل بالاكسي كلورة.

نوع المنتج	النسبة المئوية (%)	
	عالي الكثافة	منخفض الكثافة
رقائق	١٩	٦٨
قولة بالنفخ	٣١	٢
قولة بالحقن	٢٥	٧
تكسية بالبتق	—	٩
أنابيب	١٠	٢
عزل الكابلات والأسلاك	١	٥
أخرى	٥	١٣

● جدول (٢) نسبة إستهلاك البولي إيثيلين حسب نوع المنتج (أوروبا الغربية ، أمريكا ، اليابان) .

وتستخدم رقائق البولي إيثيلين في مجال التعبئة ، والتغليف ، وفي الأكياس عالية التحمل .

● **التكسية بالبتق (Extrusion Coating):** ويستخدم فيها الـ (LDPE) لطلاء الورق المقوى ، والورق العادي ، والألومنيوم للحصول على الورق المقوى المستخدم في تعبئة الحليب .

● **القولبة بالنفخ (Blow Molding):** ويعد فيها الـ (HDPE) المادة المفضلة حيث تصنع منها الأوعية (القوارير) الخاصة بالسوائل بسبب مقاومتها للكسر ، وتأتي معظم استخدامات منتجات هذه العملية في مجال الأدوات المنزلية المقاومة للمواد القاسية ، وللمواد المنظفة ، وللحليب ، وتستخدم أيضاً في الحاويات الصناعية ، وصهاريج الجازولين .

● **القولبة بالحقن (Injection Molding):** ويمكن استخدام كلا الصنفين (LDPE) ، و (HDPE) تبعاً لمرونة السلعة المطلوبة ، ويتم في هذه العملية صناعة السدادات ، وأغطية الصناديق ، والأجهزة المنزلية ، والألعاب ، والحاويات الصناعية .

● **الأنابيب (Pipes):** ولا تعتمد كثيراً على البولي إيثيلين بسبب الكفاءة العالية التي يتطلبها هذا النوع من الاستخدام ، ولكن يمكن استخدام البولي إيثيلين في صناعة

والميكانيكية ، مثل المثبتات الحرارية ، المزلقات ، الملدنات ، والمواد المألثة ، ... إلخ . فالمواد الملدنة يمكنها أن تحول الـ (PVC) النقي من مادة خشنة صلبة إلى مادة لينة شبيهة بالمطاط ، وتضاف المادة الملدنة عادة للـ (PVC) عندما يكون جاهزاً للقولبة ، أو البثق ، أو التصفيح . وللقيام بتلدين الـ (PVC) يجب ضبط عمليات البلمرة ليتم الحصول على حبيبات بوليمرية عالية المسامية . ويطلق على إضافة مادة ملدنة مثل فثالات ثنائي الأوكثيل للـ (PVC) «عملية تلدين ميكانيكي» ، بينما يمكن القيام بعملية تلدين دائمة من خلال البلمرة التساهمية لمونومير كلوريد الفينيل مع مونوميرات أخرى مثل أسيتات الفينيل ، أو كلوريد الفينيلدين ، أو الميتاكريلات حيث يمكن - بهذه الطريقة - تغيير بعض الخصائص مثل : نقطة التلين ، والثبات الحراري ، والمرونة ، ومقاومة الشد ، والذوبانية ... إلخ .

ويمكن أيضاً تغيير خصائص الـ (PVC) بإضافة بوليمرات أخرى مثل : أكريلونيتريل ، بوتادايين ، ستايرين (ABS) . يتميز الـ (PVC) بمقاومة كيميائية ممتازة لكل المذيبات الكلورية ذات الوزن الجزيئي المنخفض ، لذلك يستخدم على نطاق واسع في بناء المصانع الكيميائية . وبصورة عامة يوجد نوعان من الـ (PVC) هما : النوع المرن ، والنوع الصلب . ولكل منهما خصائصه المميزة .

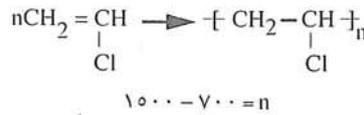
### ● إنتاج بولي كلوريد الفينيل

ينتج بولي كلوريد الفينيل بلمرة كلوريد الفينيل بثلاث طرق كما يلي :-  
\* طريقة المعلق: ويمثل المنتج بها ، شكل ( ٥ ) ، حوالي ٨٠٪ من الإنتاج العالمي لبولي كلوريد الفينيل ، وفيها يتم بعثرة كلوريد الفينيل السائل ، وتحويله إلى قطرات صغيرة ( Droplets ) في ماء خالٍ من الأيونات المعدنية تحت ضغط بخاره بواسطة التحريك الشديد في أوتوكلاف مزود بقميص مكثف لنزع الحرارة الناتجة عن تفاعل البلمرة . وتستخدم في هذه العملية

الفينيل (PVC) ، ويستخدم ماتبقى في إنتاج المذيبات الكلورية المتنوعة مثل ١ ، ١ ، ١ - ثلاثي كلور الإيثان .

### بولي كلوريد الفينيل

يحتفظ هذا النوع من البوليمرات بمكان مرموق بين كافة البوليمرات المنتجة في هذه الأيام ، ويتصدر - من حيث الأهمية - جميع راتنجات الفينيل ، ومنها بولي أسيتات الفينيل (PVAC) ، وبولي فينيل الكحول (PVA) ، ... إلخ . ويتم تحضيره - بالاعتماد على مونومير كلوريد الفينيل - على النحو التالي :



وتتميز هذه البوليمرات بكلفتها القليلة نسبياً ، وباتساع مجال تطبيقاتها .

### ● خصائص بولي كلوريد الفينيل

تعد راتنجات بولي كلوريد الفينيل (PVC) فريدة في خصائصها بسبب احتواء سلاسلها على ذرات الكلور التي تضيف عليها طبيعة قطيية ، ويؤدي الوضع العشوائي لذرات الكلور في السلسلة إلى الحد من درجة تبلور البوليمر ، وينتج عن ذلك خصائص ميكانيكية جيدة ، ولايستخدم الـ (PVC) بصورته النقية على الإطلاق ، لكنه يمزج دائماً مع مضافات تحسن خصائصه الفيزيائية ،

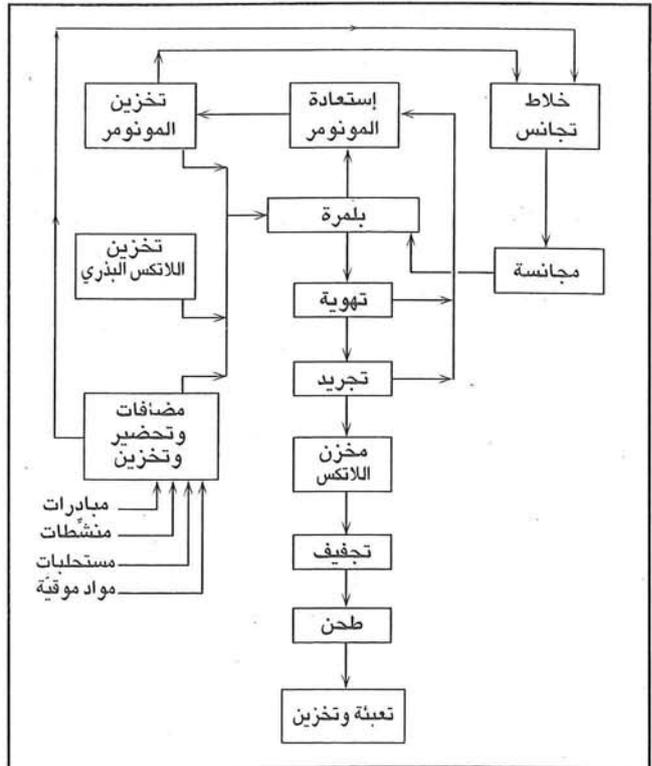
كلور الهيدروجين الذي يؤخذ لعملية الأوكسي كلورة ، وثنائي كلوريد الإيثيلين الذي يخضع لعملية تنقية ثم يعاد إلى أفران التكسير ، وكلوريد الإيثيلين الذي يُقَطَّر ، ويرسل للتخزين .

\* الأوكسي كلورة : وتتم في مفاعل معبأ بمادة كلوريد النحاس المحفزة ، ويزود بالإيثيلين ، وكلور الهيدروجين ، والأكسجين (هواء) تحت درجة حرارة (٢٣٥-٤٢٥ م°) ، فيتشكل ثنائي كلوريد الإيثيلين مع الماء ، ثم يؤخذ التيار الناتج لبرج التنقية حيث يفصل الماء بالتبريد ، ويجفف ثنائي كلوريد الإيثيلين بمعالجته بهيدروكسيد الصوديوم الصلبة ( NaOH ) .

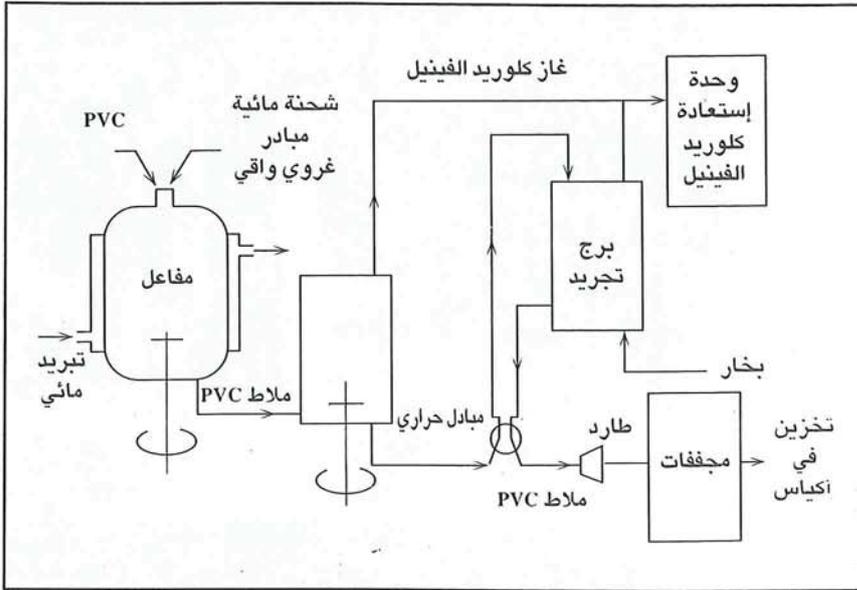
يحفظ كلوريد الإيثيلين في أوعية تحت الضغط المرتفع في حالته السائلة ، ويضاف له قليل من الفينول كمادة مثبطة مانعة ( Inhibitor ) للبلمرة قبل تخزينه .

### ● استخدامات كلوريد الفينيل

يستخدم حوالي ٩٥٪ من الإنتاج العالمي لكلوريد الفينيل في إنتاج بولي كلوريد



● شكل (٥) مخطط نموذجي لمصنع الـ (PVC) بطريقة المعلق



● شكل (٦) رسم تخطيطي لمراحل صناعة الـ (PVC) بطريقة المستحلب.

حرارية ، مزلاقات داخلية (تخفيض لزوجة الصهارة) ، مزلاقات خارجية (تمنع التصاق صهارة الـ (PVC) بالجدران المعدنية للباثقة ، وآلات الصقل ، وغيرها) ، مساعدات تصنيع ، معدل مقاومة الصدم ، مواد مالئة ، صباغ ، مثبتات مقاومة للأشعة فوق البنفسجية ، ملدنات (للاستخدامات المرنة) . يستخدم بولي كلوريد الفينيل في الصناعات التالية :

● مجال البناء : صناعة إطارات النوافذ والأبواب ، مزاريب المياه ، الأنابيب بأنواعها المختلفة (أنابيب لنقل مياه الشرب - أنابيب الصرف الصحي) ، عوازل الكابلات ، البيوت الزراعية.

● استخدامات منزلية : صناعة قضبان الستائر ، أسطوانات التسجيل ، الأرضيات ، أغطية الجدران ، ستائر الحمامات ، خرطوم المياه ، القفازات .

● مجال التعبئة : صناعة القوارير ، العلب الشفافة .

● مجال طبي : صناعة خيام الأكسجين ، أكياس ، وأنابيب نقل الدم .

● مجال الألبسة : صناعة الألبسة الجلدية ، معدات السلامة ، الأحذية .

● استخدامات أخرى : صناعة لعب الأطفال ، الكرات ، شبكات صيد الأسماك ، الرقائق.

● طريقة الكتلة: يمثل المنتج بها حوالي ٨٪ من الإنتاج العالمي لبولي كلوريد الفينيل ، ويمكن الاختلاف الوحيد بين هذه الطريقة وطريقة المعلق في العملية الميكانيكية المتبعة لإنتاج البوليمر ، والتي تتم على مرحلتين هما :

– المرحلة الأولى :- ويجرى فيها تفاعل البلمرة في أوتوكلاف تحت درجة حرارة ٦٢ – ٧٥م حتى يتشكل ما يسمى بذور الـ (PVC) عند تحول ١٢٪ من المونومير .

– المرحلة الثانية :- ويتم فيها نقل معلق البذور الناتج عن المرحلة الأولى إلى مفاعل آخر ، ويضاف إليه زيادة من مونومير كلوريد الفينيل ، ومبادر جديد ، ويتم في هذه المرحلة نمو بذور الـ (PVC) حتى تصل إلى الوزن الجزيئي المرغوب .

ومع أن هذه الطريقة أقل تكلفة من طريق المعلق ، إلا أنها أقل أهمية بسبب صعوبة نزع كل بقايا المونومير غير المتفاعل مما يؤدي إلى الحصول على مواد بقياسات غير مرغوبة

#### ● استخدامات بولي كلوريد الفينيل

لا يمكن استخدام لدائن الـ (PVC) على هيئتها النقية ، لذلك لابد من استخدام تراكيب متنوعة من المضافات .

ويحتوي التركيب النموذجي على المكونات التالية : راتنج الـ (PVC) ، مثبتات

مبادرات (Initiator) مثل مركبات فوق أكسيد ثنائي الأستيل ، وعوامل تحبيب غروانية مثل مشتقات إيثر السيليلوز ، ومضافات أخرى مثل : الأكسجين ، ومواد واقية ، وعوامل انتقال السلسلة ، ومونوميرات تساهمية ، ومضادات أكسدة .

ترفع درجة حرارة المفاعل إلى ٤٥ – ٧٥م وذلك كافٍ لتفكك المبادر الجذري المستخدم ، وإعطاء جذور حرة .

لا يذوب البوليمر الناتج في مونوميره إلا إنه ينتفخ فيه ، ويتم إنهاء تفاعل البلمرة عند الوصول لدرجة تحول ٨٥٪ باستخدام مادة منبهة للتفاعل ، أو بسحب المونومير المتبقي .

وعند الحاجة للحصول على حبيبات مسامية قادرة على قبول نسب عالية من (PVC) الملدن تجرى عملية تحرير مفاجيء للضغط يتبخر فيه المونومير مما يؤدي إلى انتفاخ حبيبات الـ (PVC) .

● طريقة المستحلب: ويمثل المنتج بها ، شكل (٦) ، حوالي ١٢٪ من الإنتاج العالمي لبولي كلوريد الفينيل ، وفيها يتم بلمرة المونومير في وسط مائي حار على مادة خافضة للتوتر السطحي (مثل : أملاح الصوديوم لكبريتات الألكيل ، وسلفونات الألكيل ، وسلفونات ألكيل البنزين ، وصابون الحامض الدهني) .

ويؤدي ذلك إلى تبعثر غرواني لدقائق كروية من الـ (PVC) يتراوح قطرها بين ٠,١ - ٠,٣ ميكرومتر ، وتجري هذه العملية في أوتوكلاف مقاوم للضغط تحت ضغط يتراوح بين ٦,٤ - ١٠ ضغط جوي ، ودرجة حرارة ٤٠ - ٦٠م ، وتنتهي البلمرة عند تحول ٩٠٪ من المونومير .

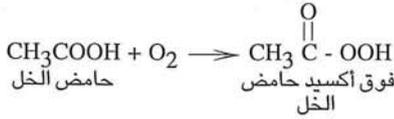
يستخدم البوليمر الناتج بهذه الطريقة في المجالات التي يستخدم فيها على شكل مستحلب كما هو الحال في مادة الحلال اللدنة (Plastisol) ، المستخدمة في صناعة الجلود الصناعية . ويطلق على الحلال اللدنة اسم (المعاجين) ، وهي عبارة عن مشتقات لمساحيق الـ (PVC) في ملدنات متنوعة حسب الاستخدام النهائي للمنتج .

هيدروكسيد الكالسيوم (بنسبة تركيز ١٠٪)، حيث يصل المردود الناتج إلى حوالي ٩٥٪، معادلة (٢).

### ● الإيبو أكسدة

تتمثل طريقة الإيبو أكسدة ( Epoxidation ) في أكسدة البرولين باستخدام فوق الأكاسيد العضوية عند درجات حرارة تتراوح من ١٠٠ إلى ١٥٠م، وضغط من ٤٠ إلى ٧٠ ضغط جوي، ومثال ذلك أكسدة البرولين بفوق أكسيد حامض الخل، شكل (٢)، ويتم ذلك على مرحلتين، هما:

المرحلة الأولى: أكسدة حامض الخل بالهواء عند درجة حرارة من ٢٥ إلى ٤٥م، وضغط من ٢٠ إلى ٣٠ ضغط جوي لإنتاج فوق أكسيد حامض الخل وذلك كمايلي:

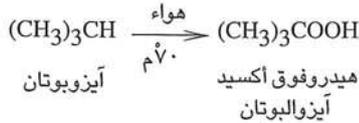


المرحلة الثانية: أكسدة البرولين بفوق أكسيد حامض الخل عند درجة حرارة من ٦٠ إلى ٧٠م، ومن ١٠ إلى ١٥ ضغط جوي، بوجود الموليبيدنيوم المعدني كمادة محفزة، معادلة (٣).

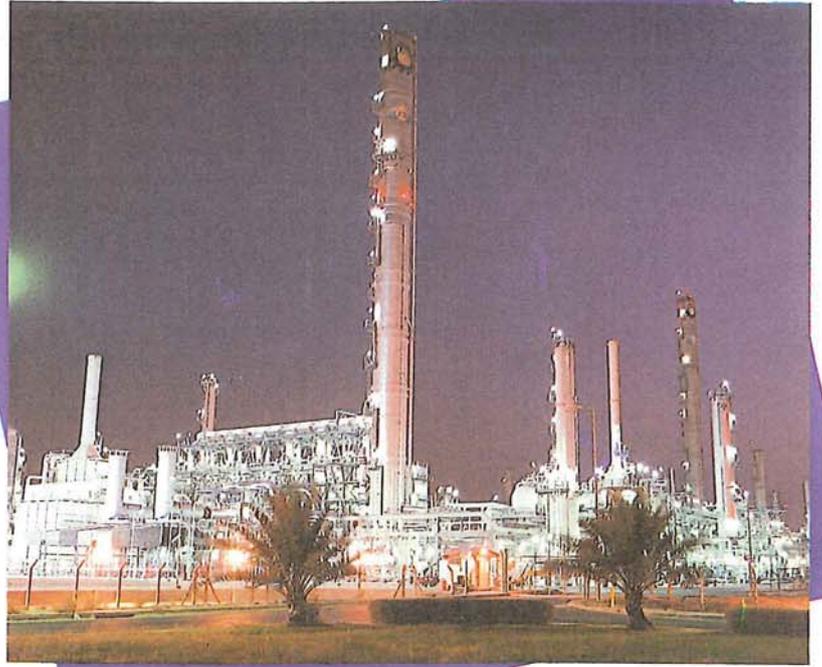
تعد هذه الطريقة من الطرق الإقتصادية الهامة للحصول على أكسيد البرولين وذلك لتوفر المواد الأولية، ورخص ثمنها.

### ● الأوكسيران

تتم طريقة الأوكسيران ( Oxiran Process ) حسب الخطوات المتبعة في طريقة الإيبو أكسدة، إلا إن استخدام هذه الطريقة يقتصر فقط على مركبي الأيزوبوتان، والإيثيل بنزين كمصدرين لفوق الأكاسيد العضوية، ومثال ذلك أكسدة الأيزوبوتان في الهواء، عند درجة حرارة ٧٠م للحصول على هيدروفوق أكسيد أيزوبوتان، وذلك كما يلي:-



ويستخدم المنتج في أكسدة البرولين لإنتاج أكسيد البرولين، معادلة (٤).



## المنتجات البتروكيميائية من البرولين

أ. يوسف عبد الله يحيى

البرولين (  $\text{CH}_3\text{CH} = \text{CH}_2$  ) مركب هيدروكربوني، أوليفيني، وحيد الرابطة المضاعفة، يأتي بعد الإيثيلين، والبنزين من حيث أهميته في الصناعات البتروكيميائية.

### أكسيد البرولين

يسمى أكسيد البرولين

(  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{O})\text{CH}_2$  ) بـ ١-٢ إيبوكس بروبان، أو مثيل أكسيد الإيثيلين، ويتم إنتاجه بثلاث طرق هي:-

### ● الكلوروهيدرين

تتم طريقة الكلوروهيدرين على خطوتين هما:-

( أ ) تفاعل البرولين مع حامض تحت الكلوري للحصول على كلوروهيدرين البرولين، عند درجة حرارة حوالي ٣٥م، وتحت الضغط الجوي العادي، وبدون مادة محفزة، معادلة (١) شكل (١).

( ب ) أكسدة كلوروهيدرين البرولين إلى أكسيد البرولين باستخدام محلول

ينتج البرولين بصفة أساس كمنتج ثانوي من عمليات التكسير الحراري، والوسيطي للبروبان، والنفثا والمقطرات النفطية، وزيت الغاز، ومن عمليات التفحيم، كما يمكن الحصول على البرولين من جازولين الغاز الطبيعي.

يستخدم ٥٠٪ من إنتاج البرولين - بعد ألكته مع مركبات أوليفينية أخرى - لتحسين صفات الجازولين ( رفع رقم الأوكتان )، و ١٥٪ لإنتاج البولي بروبيلين، و ٣٥٪ لإنتاج الأكريلونتريل، وأكسيد البرولين، والكحول الأيزوبروبيلي، وغيرها من المنتجات البتروكيميائية الهامة، التي يمكن توضيحها فيما يلي:-

● مشتقات أكسيد البروبلين

تشتق من أكسيد البروبلين العديد من المركبات البتروكيميائية الوسيطة والنهائية الهامة منها ما يلي :-

● أحادي بروبلين جليكول : وهو سائل لزج شفاف ، وقابل للامتزاج مع الماء ، ويُنتج بتفاعل أكسيد البروبلين مع الماء عند درجة حرارة ٢٠٠ م° ، بدون مادة محفزة ، وبنسبة جزيئية من الأكسيد إلى الماء ١ : ١٥ على التوالي للتحكم في مردود أحادي الجليكول حيث أن إزدياد نسبة الأكسيد إلى الماء تؤدي إلى تشكّل ثنائي ، وثلاثي بروبلين جليكول .

يستخدم البروبلين جليكول بصفة أساس في صناعة البوليستر غير المشبعة التي تستخدم بدورها في صناعة الطلاء ، والمواد البلاستيكية غير المنفذة للمياه ، كما يستخدم البروبلين جليكول في صناعة المواد الصيدلانية ، ومستحضرات التجميل ومكثبات للمواد المنكهة والملونة المستخدمة في صناعة الأغذية ، وكمانع للتجمد في أنظمة التبريد .

● بولي بروبلين جليكول : ويتميز بأنه مادة متبلمرة ، ذات وزن جزيئي يتراوح من ٤٠٠ إلى أكثر من ٢٠٠٠ ، وكثافته نوعية أكبر من واحد .

يُنتج البولي بروبلين جليكول بتفاعل أكسيد البروبلين مع أحادي بروبلين الجليكول ، أو الماء في وجود محفز قلوي ، أو هيدروكسيد معدني مع التسخين البسيط في بداية التفاعل .

يستخدم البولي بروبلين جليكول في صناعة المواد المنشطة سطحياً ( Surfactants ) .

● بولي إيثر ، وبولي إيثر بولي يول : ويتم إنتاجه بتفاعل أكسيد البروبلين مع مركبات بولي هيدروكسي الكحول مثل : الجليسرول ، في وجود محفز قلوي ، وعند درجة حرارة تتراوح من ١٠٠ إلى ١٢٠ م° ، ويستخدم البولي إيثر ، وبولي إيثر بولي يول في صناعة الإسفنج .

● إيثرات الجليكول : ويتم إنتاجها بصفة أساس من تفاعل أكسيد البروبلين مع كحول أولي في وجود مادة محفزة مثل الصودا الكاوية أو سداسي فلوريد البورن .

رقم	المعادلة
١	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{HOCl} \longrightarrow \text{CH}_3-\underset{\text{OH}}{\underset{\text{Cl}}{\text{C}}}-\text{CH}_2$ <p>بروبلين      حامض تحت الكلوري      بروبلين كلوروهيدرين</p>
٢	$2\text{CH}_3-\underset{\text{OH}}{\underset{\text{Cl}}{\text{C}}}-\text{CH}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow 2\text{CH}_3-\underset{\text{O}}{\text{C}}-\text{CH}_2 + \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ <p>أكسيد البروبلين</p>
٣	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{CH}_3\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{OOH} \longrightarrow \text{CH}_3-\underset{\text{O}}{\text{C}}-\text{CH}_2 + \text{CH}_3\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{OH}$
٤	$(\text{CH}_3)_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 \longrightarrow (\text{CH}_3)_3\text{COH} + \text{CH}_3-\underset{\text{O}}{\text{C}}-\text{CH}_2$ <p>ثلاثي بوتيل الكحول</p>
٥	$3\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{CH}_3\overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{OSO}_2\text{O}-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{CH}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ <p>كبريتات ثنائي أيزوبروبيل</p>
٦	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CH}_3\text{CHOH}-\text{CH}_3$
٧	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{PdCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CH}_3\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{CH}_3 + \text{Pd} + 2\text{HCl}$ <p>أستون</p>
٨	$(\text{CH}_3)_2\text{CHOH} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CH}_3\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$
٩	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{NH}_3 + 3/2 \text{O}_2 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_5=\text{CHCN} + 3\text{H}_2\text{O}$ <p>أكريلونتريل</p>
١٠	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{Cl} + \text{HCl}$ <p>كلوريد الأليل</p>
١١	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 \xrightarrow{\text{H}_2 + \text{CO}} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO} + \text{CH}_3\overset{\text{CHO}}{\underset{\text{CHO}}{\text{C}}}-\text{CH}_3$ <p>نظامي بوتيرالدهيد      أيزوبوتيرالدهيد</p>
١٢	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CH}_2=\text{CHCHO} + \text{H}_2\text{O}$ <p>أكرولئين</p>
١٣	$2\text{CH}_2=\text{CHCHO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CH}_2=\text{CHOOH}$ <p>حامض الأكريليك</p>

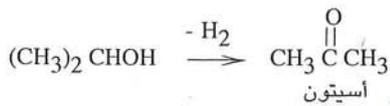
● شكل (١) معادلات تفاعل بعض منتجات البروبلين .

النحو التالي :

(أ) الأكسدة المباشرة للبرولين بوجود كلوريد البلاديوم كمادة محفزة ، وفي وجود الماء ، معادلة (٧) .

(ب) الأكسدة المباشرة للأيزوبروبانول بالأكسجين النقي في طورهما السائل ، وعند درجة حرارة تتراوح من ٩٠ إلى ١٤٠ م° ، وضغط من ٣-٤ ضغط جوي ، معادلة (٨) .

(ج) نزع الهيدروجين من الأيزوبروبانول باستخدام النحاس كمادة محفزة ، وعند درجة حرارة من ٤٠٠ إلى ٥٠٠ م° ، وذلك كما يلي :-

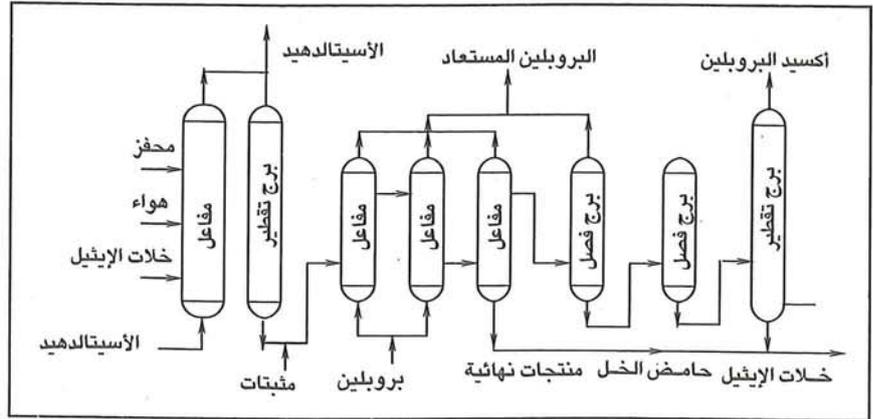


ويصل المرود بهذه الطريقة إلى ٩٠٪ . يستخدم الأسيتون في إنتاج بعض المواد الكيميائية الهامة مثل : ثنائي أسيتون الكحول ، والهكسيلين جليكول ( ٢-ميثيل البنثان - ٢ ، ٤ ديول ) ، وميثا أكريلات الميثيل ، وميثا أكريل أميد ، والبولي ميثيل ميثا أكريلات .

### الأكريلونتريل

الأكريلونتريل ( CH<sub>2</sub> = CH - CN ) من المركبات العضوية النيتروجينية السائلة ، وينتج صناعياً ، شكل (٣) ، بأكسدة مزيج من البرولين ، والأمونيا بالهواء في وجود فوسفو موليبدات البزموت كمادة محفزة عند درجة حرارة تتراوح من ٤٠٠ إلى ٥٠٠ م° ويجري التفاعل في مفاعل أنبوبي ، معادلة (٩) ، ويصل المرود من هذه الطريقة إلى ٨٠٪ .

يستخدم الأكريلونتريل في إنتاج المواد البلاستيكية ، والراتنجات ، والأكريل أميد ( CH<sub>2</sub> = CH - C(=O) - NH<sub>2</sub> ) الذي يستخدم بصورة رئيسة في معالجة مياه الصرف ، كما يستخدم الأكريلونتريل في إنتاج البولي أكريل أميد ، والأحماض الأمينية ، والأديبونتريل ، وسداسي ميثيلين ثنائي ميد



● شكل (٢) مخطط إنتاج أكسيد البرولين .

الكبريت المركز عند درجة حرارة ٦٠ م° ، معادلة التفاعل (٥) ، إذ يصل المرود الناتج تحت هذه الظروف إلى ٩٥٪ .

### ● الإماهة المباشرة

تتم الإماهة المباشرة عن طريق تفاعل البرولين مع الماء في وجود أكسيد التنجستين كمادة محفزة ، وعند درجة حرارة تتراوح من ٢٦٠ إلى ٢٩٠ م° ، وضغط من ١٩٠ إلى ٢٨٠ ضغط جوي ، ونسبة جزئية من الماء إلى البرولين ٥ : ٢ ، ١ : ١ ، معادلة (٦) .

يستخدم الأيزوبروبانول في صناعة الأسيتون ، كمادة إضافية للجازولين لرفع رقم أوكتانه ، وكمادة مانعة للتجمد ، وكمذيب في إنتاج الدهانات ، وكمادة وسيطة في صناعة الجليسرول ، كما يستخدم في بعض الصناعات الأخرى مثل : المنظفات ، وأدوات التجميل ، والعطورات .

### الأسيتون

يعد الأسيتون ( CH<sub>3</sub>C(=O)CH<sub>3</sub> ) أبسط المركبات الكيتونية من حيث التركيب ، ويُعرف بثنائي ميثيل كيتون أو بروبان - ٢ - أون ، وهو مركب شفاف ، ويمتزج مع الماء ، والإيثانول ، والإيثر ، ومذيب جيد لمعظم المركبات العضوية .

على الرغم من أن ٨٠٪ من الإنتاج العالمي للأسيتون يتم تصنيعه كمنتج ثانوي في عملية إنتاج الفينول من الكيومين إلا أنه يمكن إنتاجه من البرولين وذلك على

تستخدم إيثرات الجليكول كمذيبات ، وفي صناعة زيوت الفرامل .

● أمينات الأيزوبروبانول : وتعد من أهم مشتقات أكسيد البرولين ، وتأتي في المرتبة الثالثة بعد الكحولات والإيثرات ، وتتصف بأنها مواد قابلة للامتزاج مع الماء ، والكحول ، والإيثرات ، وتمتص محاليلها ثاني أكسيد الكربون ، وكبريت الهيدروجين .

تنتج أمينات الأيزوبروبانول بتفاعل أكسيد البرولين مع الأمونيا عند درجة حرارة ٢٥ م° ، وضغط ٢٢ ضغط جوي ، وبوجود كميات من الماء للتحكم في درجة حرارة التفاعل - حيث إنه طارد شديد للحرارة - ونسبة جزئية من الأمونيا إلى أكسيد البرولين تتراوح من ٤ : ١ إلى ١٠ : ١ على التوالي للتحكم في مرود أحادي أمينات الأيزوبروبانول .

تستخدم أمينات الأيزوبروبانول في إنتاج المنظفات الصناعية ، ومستحضرات التجميل ، والمواد الصيدلانية ، والنسيج .

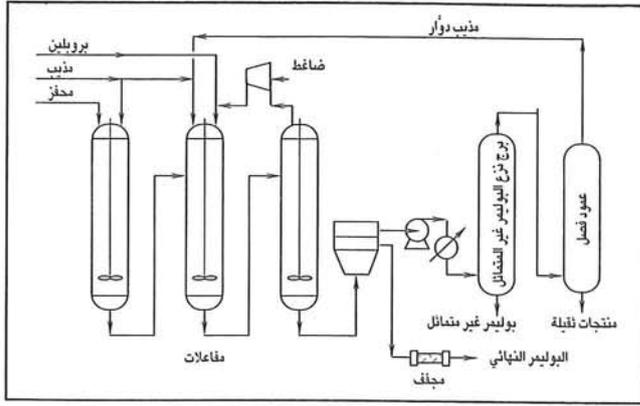
### الأيزوبروبانول

تتم الإماهة غير المباشرة بتفاعل البرولين مع الماء في وجود حامض الكحول الأيزوبروبيلي بأنه سائل شفاف يمتزج مع الماء ، والإيثر ، والإيثانول .

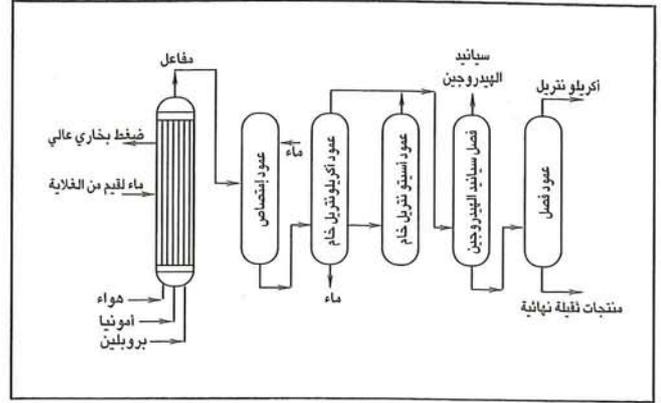
ينتج الأيزوبروبانول بطريقتين هما :-

### ● الإماهة غير المباشرة

تتم الإماهة غير المباشرة بتفاعل البرولين مع الماء في وجود حامض



شكل (٤) مخطط إنتاج البولي بروبيلين .



شكل (٣) مخطط إنتاج الأكريلونتريل .

بوجود مواد محفزة مثل : ألكيل الألومنيوم، وثلاثي أكسيد التيتانيوم .

### ● البلمرة الكتلية

تتم البلمرة الكتلية بنفس الطريقة السابقة إلا إنه يتم استبدال المحلول الهيدروكربوني بالبروبلين المسيل الذي يعمل على تبريد المفاعل ، وضبط درجة حرارة التفاعل .

### ● البلمرة الغازية

تجرى هذه الطريقة، شكل (٤) بإمرار البروبلين السائل من خلال مجفف - قبل تغذيته للمفاعل - لإزالة الرطوبة والشوائب العالقة به ، وتتم عملية البلمرة عند درجة حرارة من ٧٠ إلى ٩٠ في وجود مواد محفزة مثل : كلوريد التيتانيوم ، وثنائي إيثيل كلوريد الأمونيوم ، ويصل تركيز المادة المحفزة إلى ٢٠٠ جزء من المليون .

تجمع الغازات الخارجة من المفاعل، وتبرد بوساطة المبادل الحراري ، ومن ثم يتم تسيلها وتدويرها مرة أخرى .

يستخدم البولي بروبيلين في صناعة السجاد الأرضي ، والموكيت ، والحبال ، وتغطية الجدران ، والحقائب البلاستيكية وغيرها .

### البوتيرالدهيد

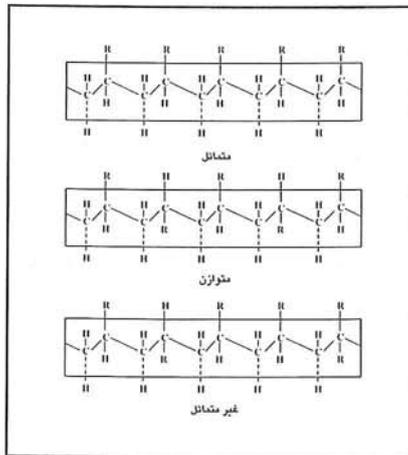
يوجد البوتيرالدهيد في صورة مماكبين هما : نظامي بوتيرالدهيد ، وأيزوبوتيرالدهيد . اللذان يتم إنتاجهما من البروبلين بطريقة أوكسو ، حيث يتفاعل البروبلين مع الهيدروجين ، وأول أكسيد الكربون

يوجد البولي بروبيلين في ثلاث صيغ فراغية كما يلي :

\* متماثل ( Isotactic ) : وفيها تتصل مجموعات الميثيل بسلسلة الكربون في نفس المستوى .

\* متوازن ( Syndiotactic ) : حيث تتوزع مجموعات الميثيل بشكل متناوب في نفس المستوى .

\* غير متماثل ( Atactic ) : وفيها تتوزع مجموعات الميثيل بشكل عشوائي . ويمكن توضيح الصيغ الفراغية الثلاث للبولي بروبيلين كما يلي :-



● الصيغ الفراغية للبولي بروبيلين .

ينتج البولي بروبيلين ، صناعياً ، بلمرة البروبيلين في وسط من الهكسان أو البروبان ، وفي وجود محفز زيغلر ناتا (Ziegler Natta) ، وتجري عملية البلمرة بثلاث طرق كما يلي :-

### ● البلمرة المعلقة

تتم البلمرة المعلقة في محلول هيدروكربوني

الذي يستخدم ٩٥٪ منه كمونومير في صناعة النايلون - ٦٦ .

### كلوريد الأليل

كلوريد الأليل (  $CH_2 = CH - CH_2Cl$  ) ويسمى أيضا ٣-كلورو - ١ - بروبين - سائل متطاير شفاف ، وعديم الامتزاج مع الماء ، وتبلغ درجة غليانه ٤٦ م° .

ينتج كلوريد الأليل بتفاعل الكلور مع البروبلين ( بنسبة ١ : ٤ ) عند درجة حرارة ٥٠٠ م° وزمن تفاعل قصير جداً ( ٢ ثانية ) ، معادلة ( ١٠ ) . ويصل المرود تحت هذه الظروف إلى ٨٥٪ .

ومما يجدر ذكره إضافة إلى التفاعل السابق يُنتج كل من ١ ، ٢ ثنائي كلورو البروبان ، و ٢ - كلورو البروبين كمنتجات ثانوية .

يستخدم كلوريد الأليل بصفة أساس في إنتاج الجليسرول ، وإيبكلوروهيدرين

(  $CH_2 - CHCH_2Cl$  ) ، كما يستخدم في إنتاج الراتنجات ، وفي صناعة الورق والأصباغ .

### البولي بروبيلين

البولي بروبيلين  $[ -CH_2 - \overset{CH_3}{CH} - ]_n$  سائل شفاف ، وتبلغ درجة إنصهاره ١٧١ م° ، ومعامل انكساره من ١ إلى ٧٣ ، وكثافته ٠٨٨ جم / سم<sup>٣</sup> ( عند ٢٠ م° ) ، كما أنه مقاوم لتأثير الأحماض الضعيفة ، بينما يتأثر بالأحماض المؤكسدة .

# عالم فيزياء

أ. د. هيربرغ

- الأسم: هيربرت فالتر
- الجنسية: ألماني
- تاريخ الميلاد: ١٩ يناير ١٩٣٥ م
- مكان الميلاد: لود فغشافن، ولاية راين
- المؤهلات العلمية
- \* دبلومة في الفيزياء، جامعة هايدلبرغ
- ١٩٦٠ م
- \* دكتوراه، جامعة هايدلبرغ ١٩٦٢ م
- \* إجازة في التدريس، جامعة هانوفر
- للتقنية ١٩٦٨ م
- \* أستاذ الفيزياء في جامعة ميونخ.
- \* مدير معهد ماكس بلانك للبصريات الكمية
- \* نائب رئيس جمعية ماكس بلانك.
- \* شغل عدة مناصب علمية في جامعات
- متعددة داخل ألمانيا، وخارجها.
- \* عضو في العديد من الجمعيات، والهيئات
- العلمية.
- \* محرر مشارك في:
- مجلة الفيزياء التطبيقية، مجلة البصريات
- الحديثة، مجلة الاتصالات البصرية، مجلة
- حولية الفيزياء، مجلة التقدم في البصريات،
- سلسلة سيرنغر عن الذرة والبلازما، مجلة
- استعراض الفيزياء.
- \* أول من درس الظواهر الكمية الأساس في
- مجال البصريات الكمية، وله بحوث
- وابتكارات في هذا المجال كان لها الأثر الكبير
- في تطويره.
- الأعمال الإبداعية
- \* محرر كتاب «التحليل الطيفي للذرات
- والجزيئات: موضوعات في الفيزياء
- التطبيقية»، الجزء الثاني، هايدلبرغ
- ونيو يورك، ١٩٧٦ م.
- \* محرر كتاب «أجهزة الليزر الكبرى
- واستخداماتها»، سلسلة سيرنغر في
- علوم البصريات، الجزء التاسع،

عند درجة حرارة تتراوح من ١١٠ إلى ١٨٠ م<sup>٢</sup>، وضغط من ١٦٠ إلى ٣٠٠ ضغط جوي، وبوجود كربونيل الكوبالت كمادة محفزة، معادلة (١١).

يستخدم البوتيرالدهيد بنوعيه النظامي وغير النظامي في إنتاج الكحوليات، والإسترات، وثنائي أيزو بيوتيل فثالات (DIBP) الذي يستخدم كملدن للبولي فينيل كلوريد (PVC)، وفي إنتاج ثلاثي أيزو بيوتيل فوسفات ونظامي حامض البيوتريك، وثلاثي ميثول البروبان، كما يستخدم كمذيب عضوي.

## حامض الأكريليك

يسمى حامض الأكريليك  $\text{CH}_2 = \text{CHCOOH}$  بـ ٢ - حامض البرونيل، أو فينيل حامض الفورميك (Vinyl Formic Acid)، وينتج بأكسدة البرولين في الطور الغازي بوجود مواد محفزة من أكاسيد المعادن مثل: الموليبيدوم، والبزموت، والحديد، والنيكل، والتنجستن، ووجود حوامل ناقلة مثل السيليكا، ويتم التفاعل إما على خطوة واحدة بأكسدة البرولين إلى حامض الأكريليك في مفاعل واحد، وإما على خطوتين وذلك كما يلي:-

**الخطوة الأولى:** إنتاج الأكرولئين بأكسدة البرولين عند درجة حرارة ٣٢٠ م<sup>٢</sup>، معادلة (١٢).

**الخطوة الثانية:** أكسدة الأكرولئين عند درجة حرارة تصل إلى ٢٨٠ م<sup>٢</sup>، معادلة (١٣).

يتم فصل حامض الأكريليك من الغاز المتدفق، ويفصل بالماء، ثم يستخلص من المحلول المائي بواسطة مذيب كخلات البيوتيل، ويتم تقطيره، وتنقيته من الشوائب، ويصل المرود الناتج عن هذه العملية إلى ٨٥٪.

يستخدم حامض الأكريليك في إنتاج الأكريلات، والبولي أكريليك، وفي صناعة الأصباغ، وكمادة وسيطة في صناعة الميثونين (حامض أمينو) الذي يستخدم في علف الدواجن، وصناعة الجليسرول.



## البوتن من البترول

ما شعالي فصل الطار

١٠ إلى ٢٠ ضغط جوي بوجود كل من كلوريد النحاس ( $CuCl_2$ ) ، وكلوريد البلاديوم ( $PdCl_2$ ) كمادة محفزة حيث يصل المرود الناتج عن التفاعل تحت هذه الظروف حوالي ٨٨٪، معادلة (٢) جدول (١).

ومن الطرق الأخرى لإنتاج ميثيل إيثيل الكيتون طريقة نزع الهيدروجين (أكسدة) من الكحول البيوتيلي الثانوي عند درجة ٤٠٠ - ٥٠٠ م، وضغط جوي عادي بوجود أكسيد الخارصين ( $ZnO$ ) أو خليط من الخارصين والنحاس كمحفز، معادلة (٣) ، حيث يصل المرود بهذه الطريقة إلى ٩٥٪.

يستخدم ميثيل إيثيل الكيتون - أحياناً - كمذيب في مصافي البترول وكمذيب في العديد من التفاعلات ، ومن أهمها تفاعلاته إنتاج حامض التيرفثاليك ( $Terephthalic Acid$ ) ، كما يستخدم في تحضير ميثيل البنزينول ( $Methyl Pentynol$ ) المستعمل كمادة مانعة للتآكل .

### ● حامض الخل

ينتج حامض الخل ( $Acetic Acid$ ) بعدة طرق صناعية منها : أكسدة الأسيتالدهيد ، أو أكسدة البوتانات النظامية عند درجة ٢٤٠ - ٢٧٥ م، وضغط جوي عادي مع وجود فنادات التيتانيوم والألومنيوم كمادة محفزة ، معادلة (٤) . وتصل نسبة الحصول الناتج عن هذه الطريقة حوالي ٧٠٪.

البوتن مركب هيدروكربوني أوليفيني غير مشبع وحيد الرابطة المضاعفة يحتوي على أربع ذرات كربون ترتبط إحداها برابطة مضاعفة مع إحدى الذرات الثلاث الأخرى التي ترتبط فيما بينها بروابط أحادية .

أي التحلل المائي ( $Hydrolysis$ ) التي ينتج عنها تكوين كحول بيوتيلي ثانوي ( $Secondary Butyl Alcohol$ ) .

من أهم التطبيقات الصناعية للبوتانات النظامية ، شكل (٢) مايي :-

### ● الكحول البيوتيلي الثانوي

ينتج الكحول البيوتيلي الثانوي ( $Secondary Butyl Alcohol - SBA$ ) عن طريق تفاعل البوتانات النظامية مع حامض الكبريت ، ثم يلي ذلك حلمأة المزيغ الناتج حسب المعادلة (١) جدول (١) .

يحدث التفاعل بنسبة ٨٥٪ عندما يكون البوتن في الطور السائل ، ومن شروطه أن تكون درجة الحرارة ٣٥ م وعند الضغط الجوي العادي ، وأن يكون تركيز المحفز (حامض الكبريت) ٧٥٪ .

ينتج الطن الواحد من البوتانات النظامية ١١٢٠ كيلو جرام من الكحول البيوتيلي، ومن أهم استخدامات هذا الكحول (٩٠٪ منه) إنتاج ميثيل إيثيل الكيتون .

### ● ميثيل إيثيل الكيتون

يمكن إنتاج ميثيل إيثيل الكيتون ( $Methyl Ethyl Ketone - MEK$ ) مباشرة بأكسدة البوتانات النظامية في طورها السائل ، عند درجة حرارة ١٢٠ م، وضغط

يتميز البوتن بأنه غاز عند درجة حرارة الغرفة (٢٥ م) والضغط الجوي العادي (٧٦ سم زئبق) ، وتوجد منه أربعة مماكبات ، ثلاثة منها (١- بوتن ، مقرون - ٢ بوتن ، مفروق - ٢ بوتن) نظامية ( $Normal$ ) أي على شكل سلسلة مستقيمة غير متفرعة ، والمماكب الرابع غير نظامي (أيزوبوتن) وهو على شكل سلسلة تتفرع منها مجموعة ميثيل ( $CH_3$ ) . يوضح الشكل (١) الفرق بين البوتانات النظامية وغير النظامية .

يتسبب وجود الرابطة المضاعفة للبوتن - والتي تتميز بنشاطها الكيميائي - في تفاعله مع مواد إلكتروفيلية عديدة ، كما أن تعدد مماكباته تجعله يكتسب أهمية كبرى - كمادة أولية - مع صناعة كثير من المنتجات البتروكيميائية . ومن أهم هذه المنتجات ما يلي :-

### منتجات البوتانات النظامية

تعطي تفاعلات كل من مفروق ومقرون - ٢ - بوتن منتجات كيميائية متشابهة ، ولذلك يعامل هذان المماكبان كمركب واحد تحت إسم ٢ - بوتن ، كما أن هناك تفاعلات يعطي فيها كل من ١ - بوتن و ٢ - بوتن نفس النواتج كما في تفاعلات الحلمأة

هياكل السيارات، وكمواد ملونة، ومشحمة. ومن تطبيقات بلا ماء حامض الماليك كذلك استخدامه في تحسين خواص المواد البلاستيكية لأنه يتبلر بصورة مشتركة مع المواد الأخرى، ويستخدم في صناعة المبيدات الحشرية وإنتاج مادة هيدرازيد الماليك (Maleic Hydrazide) المستخدمة لتنظيم نمو النبات.

### ● البولي بوتن

ينتج البولي بوتن (Polybutene) ببلمرة البوتن ١- عند درجة حرارة منخفضة في وجود حامض لويس (كلوريد الألومنيوم أو ثلاثي فلوريد البورن) كمحفز.

يعد البولي بوتن من أحدث بوليمرات الأوليفينات، وهو نوع من اللدائن المطاوعة حرارياً (Thermoplastic) ذات الأوزان الجزيئية العالية جداً التي تتصف بالمرونة، والنعومة، ومقاومة الكسر، وبهذا وجد سوقاً رائجة في صناعة الأنابيب والرقائق.

تبلغ كثافة البولي بوتن ٩،٩ جم/سم<sup>٣</sup>، وهو لا يذوب في الأحماض، أو القواعد القوية ولكنه يذوب في المذيبات الهيدروكربونية الحلقية، أو المذيبات الكلورية.

يستخدم البولي بوتن في مجالات صناعية عدة منها ما يلي :-  
١- في الرقائق والصفائح وخاصة أغلفة الأغذية.

٢- في أنابيب المياه الباردة والحارة، وتوزيع المياه الساخنة المتصلة بتجهيزات التسخين بالطاقة الشمسية، وفي أنابيب الري بالتنقيط.

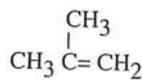
٣- لصنع أنابيب مقاومة للأحماض الكيميائية.

٤- كمادة عازلة للأسلاك والكابلات الكهربائية.

٥- كمادة إضافة للبولي إيثيلين منخفض الكثافة، وعالي الكثافة.

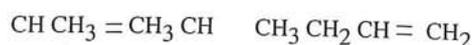
### الأيزوبوتن

لايستخدم الأيزوبوتن (Isobutene) على نطاق واسع كمادة وسيطة لأن العديد من مشتقاته يحتوي على مجموعة البوتيل الثالثي (Tertiary Butyl) الفعالة التي



أيزوبوتن

غير نظامي (سلسلة متفرعة)



٢- بوتن (مفروق أو مقرون)

١- بوتن

نظامية (سلسلة غير متفرعة)

● شكل (١) الفرق بين البوتينات النظامية وغير النظامية.

يصل المردود إلى ٨٩٪، ويمكن إنتاج بلا ماء حامض الخل من الأستيون والأسيتالدهيد.

يستخدم بلا ماء حامض الخل في صناعة الإسترات، وخاصة في الحالات التي لا يمكن فيها استخدام حامض الخل مباشرة مثل تصنيع الأسبيرين وفقاً للمعادلة الموضحة في شكل (٣).

كما تعد خللات السيليلوز من أهم ن منتجات بلا ماء حامض الخل إذ يستهلك ٨٥٪ منه لإنتاجه، وتقدر كمية إنتاج خللات السيليلوز بثلاثة أرباع المليون طن سنوياً.

### ● بلا ماء حامض الماليك

يحضر بلا ماء حامض الماليك

(Maleic Anhydride) بعدة

طرق أهمها أكسدة البوتن

عند درجة حرارة ٤٠٠ -

٤٤٠ م و ضغط ١,٧ - ٣,٤

جوي بوجود أكاسيد

الموليبدنوم والفضاديوم

كمحفزات، معادلة (٥)،

ويصل المردود إلى

حوالي ٤٥٪.

يستخدم بلا

ماء حامض الماليك

بصورة رئيسية في

تحضير راتنجات

(Resins) البولي إستر غير

المشعبة التي تستخدم

بدورها في صنع مواد تقوية

ألياف الزجاج ذات

الأغراض الصناعية

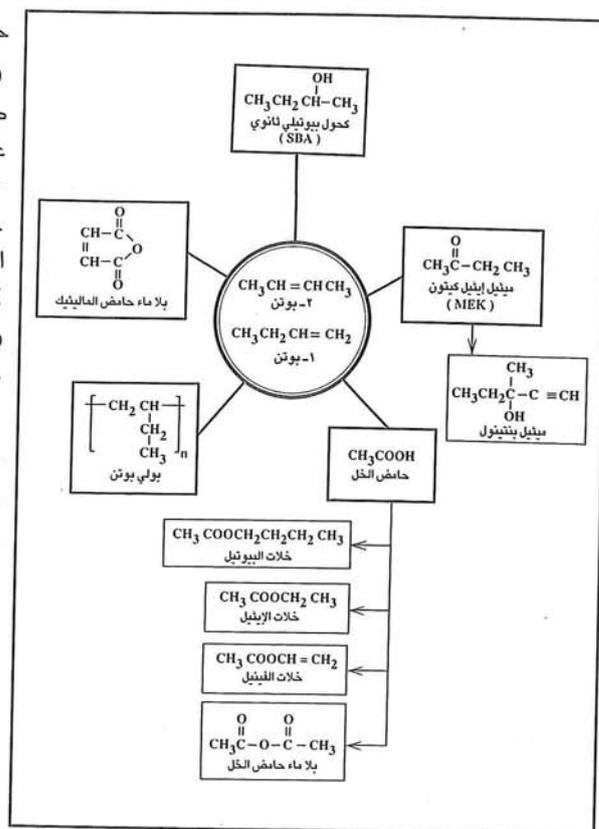
المختلفة التي من بينها:

صناعة القوارب، وأطقم الحمامات، وبعض أجزاء

يبلغ الإنتاج العالمي لحامض الخل ١,٢٧ مليون طن سنوياً، ويستهلك معظم الإنتاج لصناعة خللات الفينيل (Vinyl acetate)، و خللات الإيثيل (Ethyl acetate)، و خللات البيوتيل (Butyl acetate)، بجانب إنتاج بلا ماء حامض الخل.

### ● بلا ماء حامض الخل

ينتج بلا ماء حامض الخل (Acetic anhydride) أساساً بنزع الماء من حامض الخل، عند درجة ٧٠٠ - ٨٠٠ م، و ضغط ١٤ جوي، بوجود فوسفات الإيثيل كمادة محفزة، ويمكن بهذه الطريقة أن



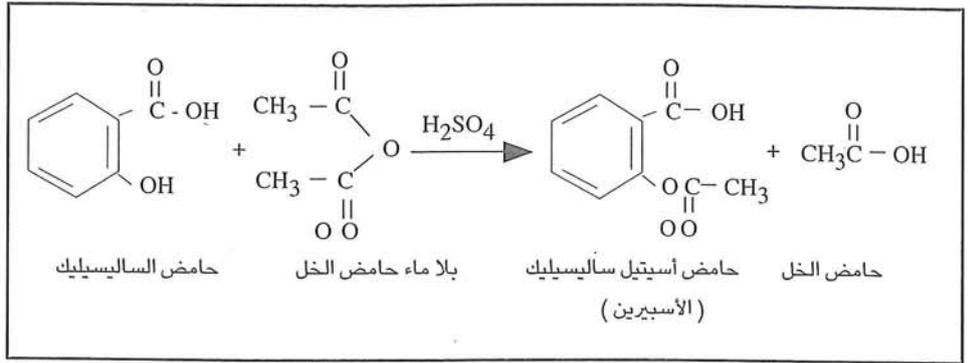
● شكل (٢) البوتينات النظامية وبعض منتجاتها.

تبلغ درجة غليانه ٥٥ م°، وكثافته ٠,٧٤ جم/سم<sup>٣</sup>. كما أنه يمتزج بنسب مختلفة بالهيدروكربونات، ويصل رقمه الأوكتانى إلى ١١٧، ومن خواص ميثيل ثالثي بيوتيل الإيثر سهولة تكسيره لإنتاج مادة الأيزوبوتن عالي النقاوة الذي يستخدم لأغراض صناعية، منها: إنتاج المطاط البيوتيلي، والبولي

أيزوبوتن، وميثيل أكريلونيتريل عندما تبلغ نسبة النقاوة ٩٩٪، وإنتاج الأيزوبرين، وحمض ميثيل أكريلونيتريل عندما تبلغ نسبة النقاوة ٩٠٪، وإنتاج الكحول البيوتيلي الثالثي، وثنائي الأيزوبوتن عند نسبة نقاوة ٥٠٪.

بلغ الإنتاج العالمي لمادة ميثيل ثالثي بيوتيل الإيثر عام ١٩٨٠م حوالي مليون طن، وارتفع عام ١٩٩٠م إلى ثلاثة ملايين طن بسبب القوانين الصارمة التي اتخذتها بعض الدول للحد من التلوث البيئي بالرصاص.

تعد شركة سابك السعودية من أهم الشركات العالمية المنتجة لمادة ميثيل ثالثي بيوتيل الإيثر، وقد بلغ إنتاجها عام ١٩٨٨م نصف مليون طن ثم ارتفع عام ١٩٩٣م بزيادة الطلب العالمي لهذه المادة ليصل إلى حوالي مليوني طن.



● شكل (٣) تفاعل بلا ماء حمض الخل مع حامض الساليسيليك.

المسلفن (Sulphonated Polystyrene Resin) كمحفز، معادلة (٧). تبلغ نسبة المحصول المنتج بهذه الطريقة ٩٥٪.

يستخدم ميثيل ثالثي بيوتيل الإيثر بصفة أساس كمادة تضاف إلى بنزين السيارات للمساعدة في رفع رقم الأوكتان (Octane Number) إذ ثبت أن رباعي إيثيل الرصاص الذي يضاف للغرض نفسه يتسبب في تلوث البيئة بمادة الرصاص، ويسمى الوقود المضاف إليه ميثيل ثالثي بيوتيل الإيثر (بنسبة ٥ - ٧٪) بالبنزين النظيف لأنه يقلل من انبعاث غاز أول أكسيد الكربون، والهيدروكربونات غير المحترقة التي تنبعث من عوادم السيارات.

ومن خواص ميثيل ثالثي بيوتيل الإيثر أنه سائل سهل التخزين والتعامل معه،

تتحول مرة أخرى إلى الأيزوبوتن، ومن أمثلة ذلك الكحول البيوتيلي الثالثي ومشتقاته.

ومن التفاعلات الهامة للأيزوبوتن أنه يتضاعف (Dimerize) بسهولة مع نفسه، أو مع الأوليفينات الأخرى لينتج أوليفينات ذات وزن جزيئي كبير، ومن أمثلة ذلك ثنائي الأيزوبوتن والهبتن. ومن أهم المنتجات البتروكيميائية للأيزوبوتن، شكل (٤) ما يلي:-

### ● الكحول البيوتيلي الثالثي

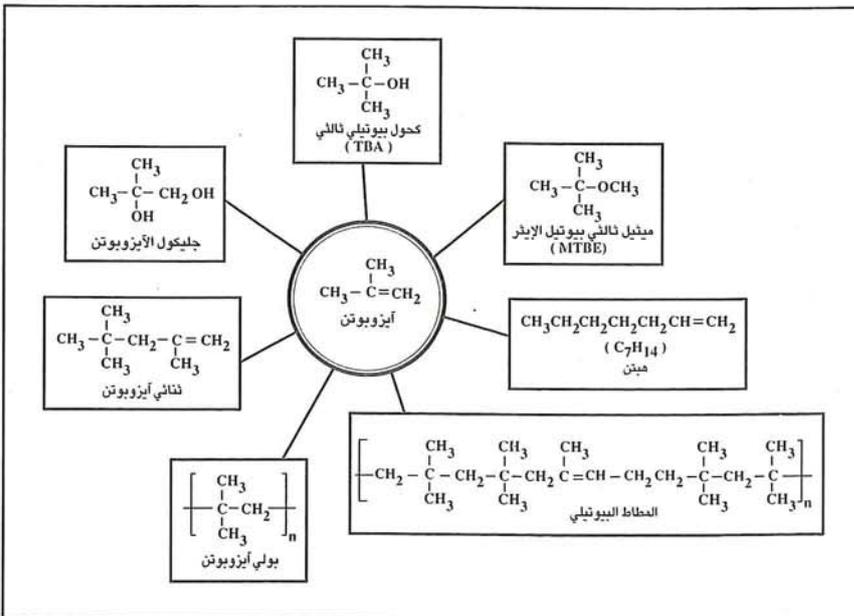
يتم إنتاج الكحول البيوتيلي الثالثي (Tertiary Butyl Alcohol - TBA) بنفس الطريقة التي ينتج بها الكحول البيوتيلي الثانوي، وذلك بأسترة الأيزوبوتن في الطور السائل مع وجود حامض الكبريت بتركيز ٥٠ - ٦٥٪ وعند درجة حرارة ١٠ - ٣٠ م°، معادلة (٦).

تبلغ نسبة المرود المنتج بهذه الطريقة ٩٥٪.

يستخدم الكحول البيوتيلي الثالثي كمذيب، ومادة أولية لإنتاج الميثاكريلات المستخدمة لإنتاج بعض البوليمرات.

### ● ميثيل ثالثي بيوتيل الإيثر

تعد مادة ميثيل ثالثي بيوتيل الإيثر (Methyl Tertiary Butyl Ether - MTBE) من أهم المواد المصنعة من الأيزوبوتن، حيث يتم إنتاجها بتفاعل الأيزوبوتن في الطور السائل مع الميثانول عند درجة حرارة ٤٠ - ١٢٠ م°، و ٧ - ١٤ ضغط جوي بوجود راتنج بولي ستايرين



● شكل (٤) الأيزوبوتن وبعض منتجات البتروكيميائية.

وتجري البلمرة للمزيج باستخدام ثلاثي كلوريد الألومنيوم ، أو ثلاث فلوريد البورن المذاب في كلوريد الميثا الجاف ذي درجة النقاوة العالية ، يستغر

رقم	
١	$\begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ \text{H}_3\text{CH}_2\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \text{SBA} \end{array}$
٢	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3\text{CCH}_2\text{CH}_3 \\ \text{MEK} \end{array}$
٣	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{CH}_3 + \text{H}_2 \\ \text{EK} \end{array}$
٤	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ 2\text{CH}_3\text{C}-\text{OH} \\ \text{حامض الخل} \end{array}$
٥	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{CH}-\text{C} \\   \quad \backslash \\ \text{O} \quad \text{O} \\ // \quad // \\ \text{CH}-\text{C} \\   \quad \backslash \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array}$ <p>بلا ماء حامض الماليك</p>
٦	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \\ \text{TBA} \end{array}$
٧	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \\ \text{MTBE} \end{array}$
٨	$\left[ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{C}-\text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$ <p>بولي ايزوبوتن</p>

● جدول (١)

### ● الهبتن

ينتج الهبتن (Heptene) من عملية تضاعف ( Dimerization ) بين غازي الأيزوبوتن والبروبلين عندما يمرر المزيج على حامض الفسفور أو كلوريد الألومنيوم كمادة محفزة مما ينجم عنه تكوين مزيج من الهبتينات التي لا تختلف في صيغها الكيميائية ( C<sub>7</sub>H<sub>14</sub> ) ، ولكن تختلف في صيغها البنائية .

يستخدم خليط الهبتينات في صناعة ملدّنات الفثالات ( Phthalate Plasticizers ) ، وفي تحسين عدد أوكتان جازولين السيارات .

### ● ثنائي الأيزوبوتن

ينتج ثنائي الأيزوبوتن ( Diisobutene ) من عملية تضاعف للأيزوبوتن بإمرار الغاز على حامض الكبريت .

يستخدم ثنائي الأيزوبوتن بصفة أساس في صناعة الفينول الأوكتيلي ( Octyl Phenol ) الذي يستخدم في صناعة المنظفات غير الأيونية ( Nonionic detergents ) ، وفي تحسين عدد أوكتان جازولين السيارات .

### ● المطاط البيوتيلي

ينتج المطاط البيوتيلي ( Butyl Rubber -BR ) بالبلمرة الكاتيونية ( Cationic Polymerization ) للأيزوبوتن ( ٩٧,٥ ٪ ) مع الأيزوبرين ( ٢,٥ ٪ ) عند درجة حرارة منخفضة ( -١٠٠ م ) ، بتفاعل من نوع فريدل كرافتس ، ومحفز من نوع حامض لويس مثل ثلاثي كلوريد الألومنيوم وثلاثي فلوريد البورن .

يعتمد الوزن الجزيئي للبوليمر على درجة الحرارة التي يتم فيها التفاعل ، وظروف أخرى ، فكلما قلت درجة الحرارة ازداد الوزن الجزيئي للبوليمر .

يشترط لبلمرة الأيزوبوتن مع الأيزوبرين وجود كل منهما في حالة جافة ، وعلى درجة نقاوة عالية لا تقل عن ٩٩٪ و ٩٥٪ على التوالي .

أيزوبوتن على الوزن الجزيئي للبوليمر، فعندما يصل الوزن الجزيئي (٢٢٠) يكون سائلاً لزجاً عديم اللون (٠,٨٣ جم/سم<sup>٣</sup>)، وعندما يرتفع وزنه إلى (٢٠٠٠) فإنه يكون سائلاً مطاطياً أكثر كثافة (٩ جم/سم<sup>٣</sup>). وبصورة عامة يشغل البولي أيزوبوتين - من حيث صفاته الفيزيائية والكيميائية - مكاناً وسطاً بين البلاستيك والمطاط .

يتصف البولي أيزوبوتن بثبات كيميائي، ومقاومة جيدة للحرارة، ولا يسمح بنفاذ الغازات أو الماء، ولهذا يمكن استخدامه ضد التآكل، وكمادة عازلة للكهرباء .

ومن صفاته كذلك عدم قابليته للذوبان في الأحماض، أو القواعد القوية، ولكنه يذوب في المذيبات الهيدروكربونية مثل الهكسان، والكلوروفورم، ورباعي كلوريد الكربون .

يستخدم البولي أيزوبوتن في المجالات الصناعية الآتية :-

١ - كمادة لاصقة للورق، والجلد، والأخشاب، وحفائض الأطفال .

٢ - كمادة مثبتة للزوجة في صناعة زيوت السيارات، والمزلقات، وزيوت المحركات، وضواغط الهواء .

٣ - كمادة مغلقة للكابلات الكهربائية لحفظها من الرطوبة .

٤ - طلاء للأخشاب .

٥ - كمادة مالئة للشقوق والسطوح .

٦ - كراتنج من نوع الإيبوكسي (Epoxy) وذلك بعد أكسدته .

٧ - كمادة مضافة لأدوات التجميل في المساحيق وأدوات زينة النساء مثل كريمات الوجه واليدين والشعر لأنه لا يؤثر على بشرة الجسم .

تؤهل الصفات المذكورة للمطاط البيوتيلي استخدامه بصورة فعالة في إنتاج الأنابيب الداخلية لإطارات السيارات أو لطلاء الطبقة الداخلية للإطارات غير الأنبوبية (Tubless Tires)، عليه يستخدم أكثر من ٥٠٪ منه في صناعة الإطارات، ويستهلك الباقي في استعمالات أخرى مثل صناعة المساند المطاطية لأجزاء السيارة، وأغلفة الكابلات، والمعدات الميكانيكية .

### ● البولي أيزوبوتن

ينتج البولي أيزوبوتن بالبلمره الكاتونية للأيزوبوتن في تفاعل شبيه بتفاعل بلمره الأيزوبوتن مع الأيزوبرين، ويشترط في التفاعل انخفاض درجة الحرارة دون الصفر المئوي، ووجود محفز (ثلاثي فلوريد البورن أو ثلاثي كلوريد الألومنيوم، معادلة (٨))، ويتم التفاعل بسرعة شديدة، ويعتمد الوزن الجزيئي للبولي أيزوبوتن كما هو الحال في المطاط البيوتيلي على درجة حرارة الوسط الذي يجري فيه التفاعل إذ يتراوح ما بين ٣٢٠ وحدة وزنية جزيئية عند درجة حرارة (١٠٠م) - ٢٠٠٠ وحدة وزنية جزيئية عند درجة حرارة (١٠٠م).

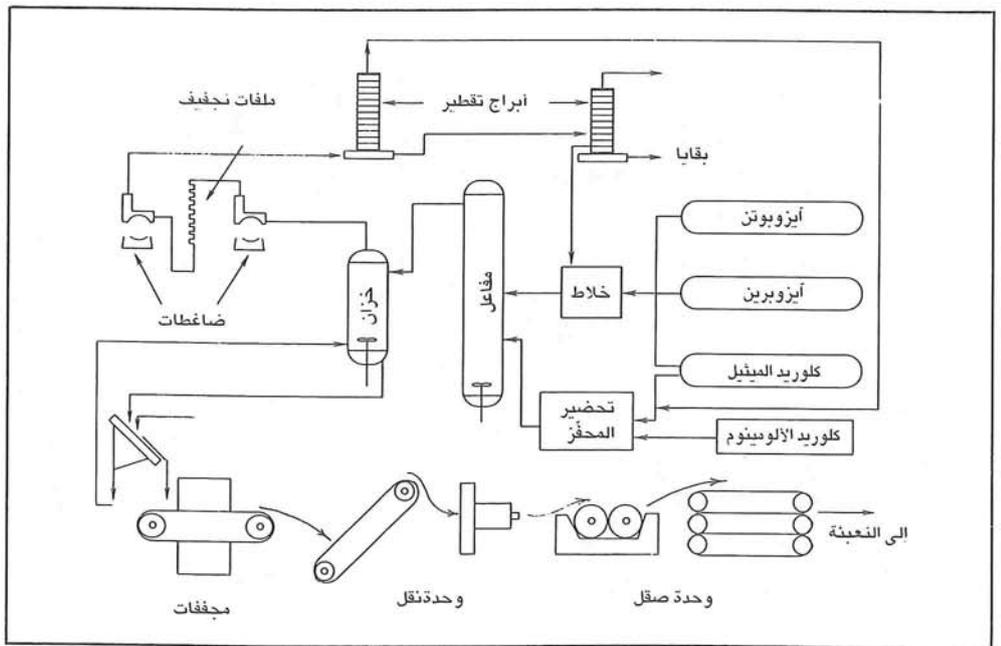
تعتمد الخواص الفيزيائية للبولي

بغية الحصول على منتج ذي وزن جزيئي ووزن جزيئي عال .

يضاف إلى المطاط الناتج عن البلمره، شكل (٥)، مادة ستيرات الخارصين (Zinc Stearate) لمنع تكثر رقائق البلمره بعضها مع بعض، ثم يلي ذلك إزالة الأولييفينات غير المتفاعلة بوساطة تعريض الناتج لضغط منخفض، ومن ثم تمريره إلى وحدات ترشيح، وتجفيف .

يتراوح الوزن الجزيئي للمطاط المنتج بالطريقة المذكورة أعلاه بين ٣٥٠ ألف و ٤٥٠ ألف وحدة وزنية جزيئية، وهو يتميز باحتوائه على عدد قليل من الروابط المزدوجة التي يستفاد منها في إجراء عملية تقسية تسمى فلكنة (Vulcanization) تحدث بإضافة مادة الكبريت للمطاط، وكلما زادت نسبة الأيزوبرين عن ١ - ٤٪ زادت نسبة مرونة المطاط بسبب وجود رابطتين مزدوجتين في الأيزوبرين، وبالتالي يصبح أسهل فلكنة.

يمتاز المطاط البيوتيلي بثبات حراري وقوة عزل كهربائي جيدة مع نفاذية قليلة جداً للغازات، إضافة إلى مقاومة جيدة للمواد الكيميائية، والمؤكسدة، والظروف البيئية الأخرى مع معامل احتكاك عال .



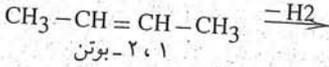
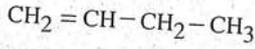
● شكل (٥) المراحل الأساسية لإنتاج المطاط البيوتيلي .

# المنتجات البتر وكيميائية

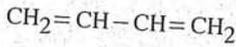
## من البوتادايئين

م. فارس دباس السويلم

يعرف « البوتادايئين » بأنه مركب هيدروكربوني أوليفيني ثنائي الرابطة المضاعفة ولذا فهو نشط ، ويدخل في تفاعلات كيميائية عديدة مثل البلمرة ، والهدرجة ، والإضافة ، والإحلال ، والأكسدة وغيرها . ويوجد البوتادايئين في صورة مماكبين ذوى شكلين بنائيين مختلفين - اعتماداً على موضع رابطتي الكربون الثنائية - هما : ١ ، ٣ بوتادايئين (  $CH_2 = CH - CH = CH_2$  ) ، ١ ، ٢ بوتادايئين (  $CH_2 = C = CH - CH_3$  ) ، ويعد المركب الأول أكثر شيوعاً .



٢،١ - بوتن



بوتادايئين

يمكن إنتاج البوتادايئين بطرق مختلفة

منها :

### ● من البوتينات

تتم هذه الطريقة بنزع الهيدوجين من مزيج البوتينات النظامية (٢،١ - بوتن) بوجود الألومينا المشبعة بأكسيد الكروم ، وأكسيد الحديد ، كمادة محفزة ، وفي وجود الهواء ، وبخار الماء ، وعند درجة حرارة ٩٠٠ إلى ١١٠٠ م ، وفقاً للتفاعل التالي :

ويوضح الشكل (١) مخطط إنتاج البوتادايئين من البوتينات النظامية .

### ● من التكسير البخاري

يمكن الحصول على البوتادايئين كمنتج ثانوي من وحدة التكسير البخاري للمركبات الهيدروكربونية النفطاً وزيت الغاز .



● صناعة الإطارات المطاطية - أحد استخدامات البوتادايئين .

ومما يج  
«سايك» ت  
البوتادايئين ،  
يدخل ال  
المنتجات الب  
الجدول (١)  
الصناعية ،  
منتج ، ومن

أما

بدأت

bber-SR )

بالولايات

العالية الث

الطبيعي ،

إحتلال ا

الصناع

المطاط ا

● مطا،

يع

(-SBR )

منتج

أهمية

الإنتاج

يت

بطري

والست

: ٧٨

معا

المط

والذ

وموا

●

3R)

الخاصية	القيمة
الوزن الجزيئي	١٠٨,١٤
درجة الإنصهار	٢,٤٩ م
درجة الغليان	١٥٤ م
عند ضغط ١٠ ملم زئبق	٢٢٠ م
عند ضغط ١٠٠ ملم زئبق	٩٦٢٥ جم/سم <sup>٣</sup>
الكثافة	
اللزوجة	
عند ٢٠ م	٥,٨ سنتي بواز
عند ٨٠ م	٢,٢ سنتي بواز
الذوبانية في الماء	
عند ١٠ م	٥٪ وزناً
عند ٢٠ م	٦,٥٪ وزناً
عند ٦٠ م	١٠٪ وزناً
عند ٩٠ م	٢٠٪ وزناً
عند ١٠١ م	٤٠٪ وزناً

● جدول (٢) بعض الخواص الفيزيائية للأديبونتريول.

الخاصية	القيمة
الوزن الجزيئي	١١٦,١٤
الكثافة عند ٢٠ م	٨٨ جم/سم <sup>٣</sup>
درجة الإنصهار	٤٠,٩ م
درجة الغليان	٢٠٠ م

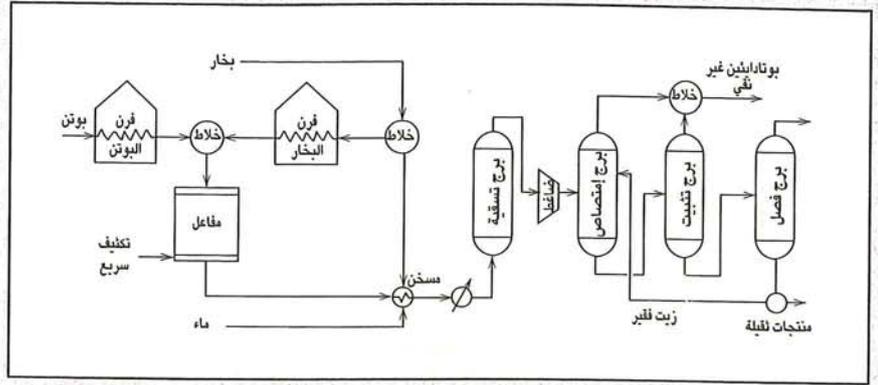
● جدول (٣) بعض الخواص الفيزيائية لمادة (HMDA)

عديدة من مصادر مختلفة، شكل (٣). ومثال ذلك إنتاجه من البوتادايين بعملية الكلورة أو بوساطة سيانيد الهيدروجين، شكل (٤).

ومن أهم مشتقات الأديبونتريول مادة سداسي ميثيلين ثنائي أمين (Hexamethylene Diamine - HMDA)، والتي تتميز بأنها مسحوق عديم اللون، يذوب في الماء، والبنزين، والكحول الإيثيلي.

تعد مادة (HMDA) المادة الخام لصناعة النايلون - ٦٦، ويوضح الجدول (٣) أهم خواصها الفيزيائية.

تنتج مادة (HMDA) بوساطة الهدرجة المحفزة للأديبونتريول في وجود النيكل أو



● شكل (١) مخطط إنتاج البوتادايين من البوتونات النظامية

الكلووبرين، معادلة (٤).

يتميز مطاط (CR) عن المطاط الطبيعي بمقاومته للمذيبات والتآكل، ولذا يستخدم في صناعات كثيرة منها: صناعة الأحذية، والسيور الناقل، والملابس الخاصة للوقاية من المواد البترولية والأحماض وغيرها.

### ● مطاط النتريل

يتم إنتاج مطاط النتريل بلمرة البوتادايين والأكريلونتريل، بنسبة تتراوح من ٨٠ : ٢٠ إلى ٥٥ : ٤٥ بوتادايين، أكريلونتريل على التوالي، معادلة (٥). يتميز مطاط النتريل بمقاومة تأثير المذيبات والزيوت، ولذا يستخدم بصفة أساس في صناعة خراطيم المضخات في محطات وقود الجازولين، وفي صناعة الأحذية وغيرها.

### الأديبونتريول

يعد الأديبونتريول  $[NC(CH_2)_4CN]$  أحد مشتقات البوتادايين، وهو سائل زيتي لزج عديم اللون والرائحة ذو ضغط بخاري منخفض، وقد يحتوي على بعض الشوائب مثل الكلوريد، والكبريت، والفوسفور. ويوضح الجدول (٢) بعض الخواص الفيزيائية للأديبونتريول. يمكن الحصول على الأديبونتريول بطرق

البوتادايين (%)	المنتج
٥٤,١	المطاط الصناعي (SR): مطاط البوتادايين ستايرين (SBR)
١٩,٥	مطاط بولي البوتادايين (PBR)
٨,٤	مطاط الكلووبرين (CR)
٣,٦	مطاط النتريل (NBR)
٧,٥	النايلون بلاستيك أكريلونتريل بوتادايين ستايرين (ABS) إستعمالات أخرى

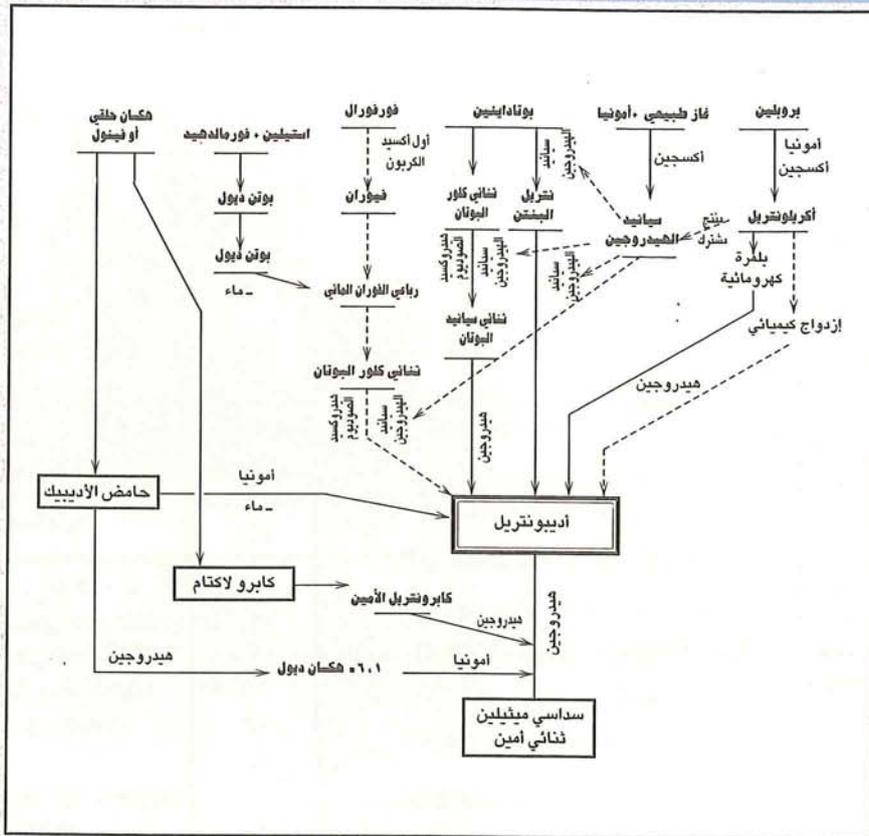
● جدول (١) نسبة (%) البوتادايين في بعض المنتجات البترولية.

بلمرة البوتادايين باستخدام محفز زيغلر-ناتا، معادلة (٢).

تتحسن الخواص الفيزيائية لمطاط (PBR) - إجهاد الشد، ومعامل المرونة، والقساوة - عند خلطه مع مطاط (SBR) بنسبة ١ : ١، ويستخدم بصفة أساس في صناعة إطارات السيارات والشاحنات، ويشكل مطاط (PBR) نحو ١٦٪ من الإنتاج العالمي للمطاط الصناعي.

### ● مطاط بولي الكلووبرين

تتضمن عملية صناعة مطاط بولي الكلووبرين (Polychloroprene Rubber-CR)، الذي يسمى أيضا مطاط النيوبرين، خطوتين رئيسيتين، تتمثل الأولى في: كلورة البوتادايين للحصول على الكلووبرين، بينما تتمثل الثانية في: بلمرة الكلووبرين، معادلة (٣)، للحصول على مطاط بولي



● شكل (٣) الطرق الصناعية المختلفة لإنتاج الأديبونتريل

الكوبالت كمادة محفزة ، وعند درجة حرارة من ١٢٠ إلى ١٧٠ م، وضغط من ٢٧٠ إلى ٤٠٠ ضغط جوي ، ويوضح الشكل (٥) مخططاً لتسلسل عمليات تصنيع مادة (HMDA) من الأديبونتريل .

**بلاستيك أكريلونتريل - بوتاديين - ستايرين**

أكريلونتريل - بوتاديين - ستايرين (Ackrelonitrile - Butadiene - Stairine - ABS) عبارة عن مادة بلاستيكية تتكون من ثلاثة مركبات كيميائية هي الأكريلونتريل ، والبوتاديين ، والستايرين ، التي يمكن بلمرتها بنسب متفاوتة لتعطي منتجات بلاستيكية مختلفة تغطي تطبيقات عديدة لبلاستيك (ABS) . ويكون المنتج النهائي من بلاستيك (ABS) إما على شكل حبيبات ملونة أو غير ملونة وإما على شكل مسحوق .

يشق من بلاستيك (ABS) أنواع مختلفة من البلاستيك ويرجع السبب في ذلك إلى اختلاف نسب مكوناته ، وإلى

يُظهر بلاستيك (ABS) مقاومة حرارية بسبب وجود الأكريلونتريل ، ويكتسب مقاومة للصدمات وامتصاصها لاحتوائه على البوتاديين ، بينما يرجع لمعانه وصلابته لمادة الستايرين .

**● طرق تحضير (ABS)**

يتم إنتاج بلاستيك (ABS) بواسطة ثلاث طرق تجارية وذلك كما يلي :-

● البلمرة بالإستحلاب : وتتم هذه الطريقة على خطوتين هما :

(أ) إنتاج عصارة المطاط (Rubber Latex) التي يتم الحصول عليها من مطاط (PBR) أو (SBR) أو (NBR) في مفاعلات خاصة ذات الدفعة ، أو مستمرة أو شبه مستمرة التقليل - وتحتوي العصارة الناتجة على نسبة من المطاط ، والماء تتراوح من ٣٠٪ إلى ٥٠٪ مطاط و ٥٠٪ إلى ٧٠٪ ماء ،

إمكانية مزجه مع بلمرات أخرى مثل بولي كلوريد الفينيل (PVC) .

رقم	المعادلة
١	$\begin{array}{c} \text{H H H H} & & \text{H H} & & \text{H H} \\         & &     & &     \\ \text{H}-\text{C}=\text{C}-\text{C}=\text{C}-\text{H} & + & \text{C}_6\text{H}_5 & -\text{C}=\text{C}-\text{H} & \longrightarrow & [\text{CH}_2-\text{C}(\text{H})=\text{C}(\text{H})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}]_n \\ \text{بوتاديين} & & \text{ستايرين} & & \text{مطاط (SBR)} \end{array}$
٢	$n[\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2] \xrightarrow{\text{بلمرة}} [-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-]_n$ <p style="text-align: center;">مطاط (PBR)</p>
٣	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\   &   &   &   \\ \text{H}-\text{C} & = & \text{C}-\text{C} & = & \text{C}-\text{H} \end{array} \xrightarrow{\text{كلورة}} \text{CH}_2 = \text{CCl}-\text{CH}=\text{CH}_2$ <p style="text-align: center;">كلوروبرين</p>
٤	$n[\text{CH}_2 = \text{CCl}-\text{CH}=\text{CH}_2] \xrightarrow{\text{بلمرة}} [\text{CH}_2-\overset{\text{Cl}}{\underset{ }{\text{C}}}=\text{CH}-\text{CH}_2]_n$ <p style="text-align: center;">مطاط (CR)</p>
٥	$\begin{array}{c} \text{H H H H} & & \text{H H} & & \text{H} \\         & &     & &   \\ \text{H}-\text{C}=\text{C}-\text{C}=\text{C}-\text{H} & + & \text{H}-\text{C}=\text{C}=\text{N} & \longrightarrow & [\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}} \\ & & \text{أكريلونتريل} & & \text{CN} \end{array}$ <p style="text-align: center;">مطاط (NBR)</p>

شكل (٢) معادلات التفاعل المستخدمة في إنتاج أنواع المطاط الصناعي



# المنتجات البتروكيميائية للأيزوبرين

د. إبراهيم محمود النجار

**الأيزوبرين ( ٢ - ميثيل - ٣،١ - بوتادايين )** مركب هيدروكربوني أوليفيني ثنائي الرابطة المضاعفة يتكون من خمس ذرات كربون وثمان ذرات هيدروجين (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>) ، وهو مركب شديد الفعالية الكيميائية بسبب وجود الرابطتين المضاعفتين .

تم تحضير الأيزوبرين لأول مرة عام ١٨٦٠م من تحطيم المطاط الطبيعي ، ويتم إنتاجه حالياً بعدة طرق صناعية منها طريقة تفاعل الأستون مع الأستلين ، وتفاعل الأيزوبوتن مع الميثانول ، ونزع الهيدروجين من الأيزوبنتان أو من ٢- ميثيل ٢- بوتن ، وبلمرة ثنائية للبروبلين تليها عمليات تماكب وتكسير ، ( أنظر مقال « المركبات الأليفاتية الأساس » ص ١٤ من العدد ٢٨ مجلة العلوم والتقنية ) .

يستفاد من الأيزوبرين في صناعة العديد من المنتجات البتروكيميائية منها : مطاط الأيزوبرين الصناعي ، والمطاط البيوتيلي ، بالإضافة إلى العديد من الراتنجات ، والبوليمرات الأخرى .

## مطاط الأيزوبرين الصناعي

تم اكتشاف تفاعل بلمرة الأيزوبرين لتحويله إلى مطاط صناعي ليشبه ، أو ليضاهي المطاط الطبيعي عام ١٩٥٤م باستخدام محفز زيغلر (TiCl<sub>4</sub> + Al(OH)<sub>3</sub>) مع الكيل الليثيوم ، وقد حضر الأيزوبرين مخبرياً لأول مرة من التكسير الحراري لزيت التربنتين ، وثنائي البنتن ، وأصبح ذا أهمية عندما بدأ الحصول عليه من مصادر بتروكيميائية حيث حضر منه

المطاط الصناعي (بولي مقرون - ١ ، ٤ - أيزوبرين) .

يمكن للأيزوبرين أن يتبلر بعضه مع بعض بتفاعلات الإضافة (Addition Reactions) في الرابطة الثنائية ، إما في الوضع المقرون (cis) أي في نفس الجهة ، وإما في المفروق (trans) أي في جهتين مختلفتين .

## المطاط الطبيعي والصناعي

يعود اكتشاف المطاط الطبيعي إلى القرن الحادي عشر عندما تم استخدامه لطلاء الملابس لمنعها من البلل ، وتعود تسميته الحالية إلى قدرته على مسح (Rub out) آثار كتابة قلم الرصاص ، وهكذا يتضح أن الاسم مشتق من الكلمة الانجليزية (Rub) التي تعني مسح .

يستخرج المطاط الطبيعي - كعصارة حلبية تتصلب عند تخثرها - من بعض الأشجار الإستوائية من أهمها أنواع وجدت أول مرة في البرازيل يسمى (Hevea Brasiliensis) كإشارة إلى أن البرازيل هي الموطن الأول للمطاط . وتعد ماليزيا في الوقت الحاضر الأكثر إنتاجاً له في العالم .

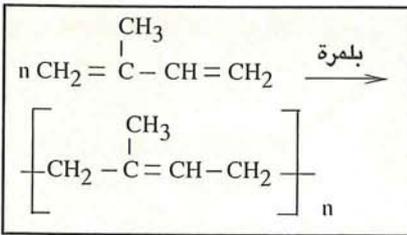
أشارت التحاليل الكيميائية الفراغية للمطاط الطبيعي إلى أنه عبارة عن بوليمر أيزوبرين مقرون وأن بوليمر أيزوبرين المفروق هو مطاط شبيه بالمطاط الطبيعي يطلق عليه مطاط غوتا برشا (Gutta - Percha) . ويوضح شكل (١) الصيغ البنائية لكل من المطاط الطبيعي والمطاط شبيه الطبيعي .

يعد المطاط شبيه الطبيعي (مطاط بولي أيزوبرين المفروق) عديم الفعالية في الصناعات المطاطية غير أنه يستعمل بصورة رئيسة في : صناعة كرات الغولف ، وكمامة عازلة للكابلات وغيرها من

الصناعات الأخرى ، وعليه يعد المطاط بولي أيزوبرين المقرون هو الأكثر أهمية واستعمالاً في الكثير من المجالات الصناعية .

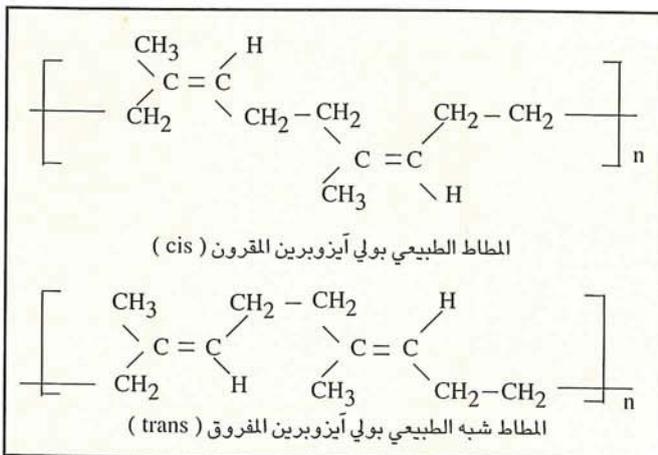
على الرغم من الاستخدامات العديدة للمطاط الطبيعي إلا أنه - بعد معرفة التركيب الكيميائي له - تمكن العلماء من صناعة مطاط تركيبى (مطاط صناعي) يمكن التحكم في درجة نقاوته ، وصفاته حيث توالت الاختراعات بتصنيع أنواع عديدة لتفي بالاستخدامات المختلفة للمطاط .

ينتج مطاط الأيزوبرين الصناعي ببلمرة الأيزوبرين مع نفسه بوجود مواد محفزة وظروف صناعية يمكن التطرق إليها لاحقاً .



يختلف مطاط البولي أيزوبرين عن المطاط الطبيعي في كثير من الصفات رغم تشابه تركيبهما الكيميائي ، حيث يمتاز مطاط البولي أيزوبرين بأنه أكثر نقاوة ، وأخف لونا ، ويمكن التحكم في صفاته العديدة من لزوجة ، ومتانة ، ولدانة ، وغيرها حسب دواعي الاستعمال .

إضافة إلى ذلك ، فإنه أقل قساوة حيث يمكن تقسيته بالفلكنة (المعاملة بالكبريت) ، وأكثر قابلية لالامتطاط من المطاط الطبيعي



● شكل (١) الصيغ البنائية للمطاط الطبيعي والمطاط شبيه الطبيعي .

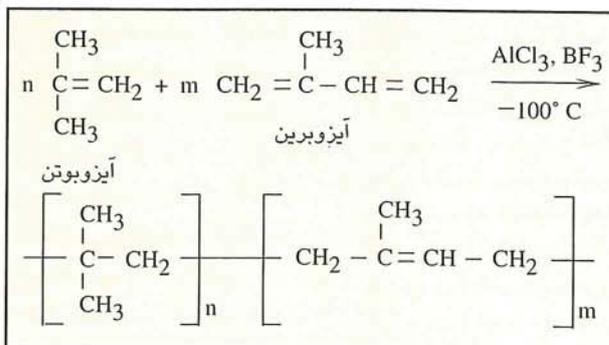
الأيزوبوتان . أما الأيزوبرين فإنه يحضر من الهيدروكربونات الطبيعية الناتجة عن التكسير الحراري أو طرق أخرى سبق ذكرها في صناعة مطاط الأيزوبرين الصناعي .

### إستخدامات مختلفة للأيزوبرين

يُـدخـل الأيزوبرين في صناعات بتروكيميائية أخرى من أهمها مايلى :-  
 ١- تصنيع بوليمر مشترك من الستايرين - أيزوبرين - ستايرين : ويلزم في عملية البلمرة ٠,٧٩ - ٠,٨٨ طن من الأيزوبرين لكل طن من البوليمر ، ويستخدم هذا البوليمر كلدائن حرارية لدنة . وكمجس للضغط ( حساس للضغط ) ولصق بلاستيكي .

٢- الراتنجيات الهيدروكربونية ( الراتنج البترولي ) : وذلك عن طريق بلمرة للأيزوبرين المنتج من بلمرة السايكلوبنتادايئين مع محتويات القطعة المكونة من خمس ذرات كربون بالإضافة إلى مركبات أخرى غير مشبعة ناتجة من عملية تكسير النافثا .

٣- بوليمر مشترك من الأيزوبرين والأستيون والأستيلين : وذلك لتكوين مادة التيربين ( Terpene ) ، ومن أهم النواتج في هذا المجال مواد المينثول (Menthol) ، والنيرول ( Nerol ) ، واللينالول ( Linalool ) ، والسيترونيلال (Citronellal) والجيرانيلول - نيرول ( Geraniol nerol ) وغيرها .



● شكل (٣) بلمرة الأيزوبرين مع الأيزوبوتن .

بإضافة الميثانول إلى مزيج البلمرة .

### ● فصل البوليمر

تتم عملية فصل البوليمر بغسل نواتج تفكك المحفز من المحلول بالماء ، ثم إضافة مواد مثبتة ، ومقاومة لتأكسد البوليمر في المراحل اللاحقة للفصل ، بعدها يتم التخلص من الغازات غير المتفاعلة بإمرارها عبر برج تحرير الغازات ، ومن ثم تضاف للبوليمر الناتج مادة لمنع تكتل جزئياته مثل ستيرات الخارصين ( Zinc Stearate ) ، يمرر بعدها عبر ضاغط حلزوني لتخفيض مستوى الرطوبة فيه ، وتجفيفه عند درجة ١٨٠ م° ، وأخيراً تبريده وحفظه وتعبئته .

### ● إستعادة المذيب

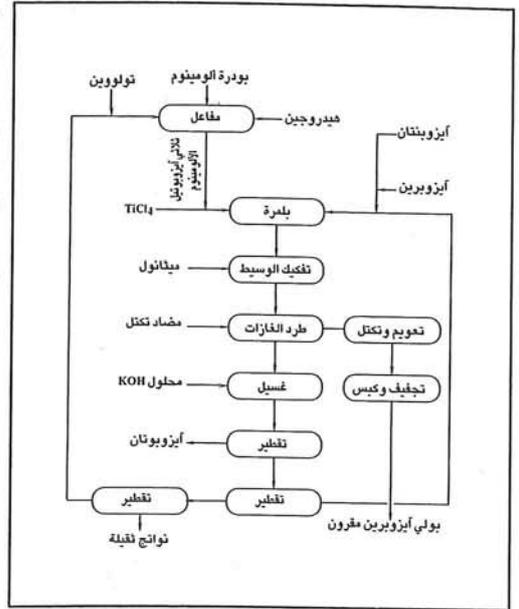
يتم استعادة المذيب المحتوي على التولووين والأيزوبرين غير المتفاعل بغسله بمحلول هيدروكسيد البوتاس الذي يبلغ تركيزه ٢٠٪ في الماء ، تفصل بعدها الطبقة الهيدروكربونية عن الطبقة المائية بالتركيد ( Settling down ) تم تقطر الطبقة الهيدروكربونية على عدة مراحل لفصل الأيزوبنتان والأيزوبرين والتولووين ليعاد تدويرهما لعملية البلمرة ، وتحضير المحفز مرة أخرى .

### المطاط البيوتيلي

المطاط البيوتيلي ( Butyl Rubber ) عبارة عن بلمر مزدوج ناتج عن عملية بلمرة الأيزوبوتن ( ٩٦ - ٩٩ ٪ ) والأيزوبرين ( ١ - ٤ ٪ ) بواسطة البلمرة الكاتيونية .

تجرى البلمرة في درجة حرارة منخفضة ( - ١٠٠ م° ) باستعمال وسيط حامض لويس ، شكل (٣) .

يحضر الأيزوبوتن بصورة رئيسة من غازات التكسير الحراري للنافثا ، ومن



● شكل (٢) مخطط الحصول على بولي أيزوبرين مقرون .

### ● مراحل صناعة مطاط الأيزوبرين

تتلخص صناعة مطاط البولي أيزوبرين المقرون ، شكل ( ٢ ) ، في المراحل الاتية :

#### ● تحضير المحفز

يحضر المحفز من المواد التالية :-

- ١- محلول ثلاثي أيزوبوتيل الألومنيوم في التولووين : ويتم تحضيره بتفاعل مسحوق الألومنيوم المحتوي على التيتانيوم على شكل معلق في التولووين مع الأيزوبوتن في مفاعل يحتوي على هيدروجين تحت ضغط ٤٠ ضغط جوي ودرجة حرارة ١٢٠ م° حيث يتم في المرحلة الأولى تشكيل ثنائي أيزوبوتيل الألومنيوم ، يليها تكوين ثلاثي أيزوبوتيل الألومنيوم .
- ٢- رباعي كلوريد التيتانيوم : ويتم خلط محلول ثلاثي بوتيل الألومنيوم مع رباعي كلوريد التيتانيوم المخفف بالتولووين إلى ١٨ ٪ بنسب مولية (molar) متساوية .

#### ● البلمرة

تتم البلمرة بإمرار الأيزوبرين بنقاوة ٩٩,٧ ٪ ، بعد إذابته في الأيزوبنتان ، وتجفيفه بواسطة أكسيد الألومنيوم الفعّال عبر سلسلة من مفاعلات البلمرة التي تحوي بداخلها المحفز المذكور أعلاه عند درجة ٧ م° ، ويستمر تفاعل البلمرة لمدة معينة حسب المواصفات المطلوبة للمنتج (الوزن الجزيئي ، واللزوجة ، والمتانة ، اللدانة وغيرها ) ، بعدها يتم تثبيط التفاعل

# ألكيلات البنزين

أ. محمد عتيق الدوسري  
أ. سامي عبدالله الفتوخ



ومن أهم المحفزات المستخدمة في تفاعلات ألكلة فريدل - كرافتس للبنزين مايلي:-

※ محفزات هاليدات المعادن (أحماض لويس) : ومنها ثلاثي كلوريد الألومنيوم وثلاثي فلوريد البورون ، ورباعي كلوريد القصدير وغيرها ، ويعد ثلاثي كلوريد الألومنيوم من أهم المحفزات المستخدمة صناعياً لإنتاج ألكيلات البنزين بوجود عامل مساعد من كلوريد الهيدروجين .

※ محفزات الأحماض البروتونية (أحماض برونستد) : ومنها حامض الكبريت ، وحامض فلوريد الهيدروجين اللامائي ، وحامض الفوسفور ، وغيرها من الأحماض الأخرى الأقل أهمية ، ويعد هذا النوع من المحفزات أقل فعالية من ثلاثي كلوريد الألومنيوم ، أو هاليدات المعادن الفعالة الأخرى ، ولذلك يعد أقل أهمية من أحماض لويس .

تجري بعض التفاعلات الثانوية أثناء عملية الألكلة مثل التماكب ( التحول الأيزوميري ) ، وانتقال مجموعة ألكيل بين حلقة بنزين وأخرى ، حيث يتشكل أحادي ، وثنائي ، وثلاثي ، ورباعي ، وأحياناً خماسي ، سداسي ألكيل البنزين ، ويتوقف حدوث مثل هذه التفاعلات بالدرجة الأولى على النسبة الجزيئية للبنزين إلى الأوليفين ، وعلى ظروف التفاعل الأخرى .

وللحصول على مردود أكبر من أحادي ألكيل البنزين يعاد تدوير ألكيلات البنزين

واستخداماتها في الصناعات البتروكيميائية.

## صناعة ألكيلات البنزين

تتم صناعة ألكيلات البنزين بوساطة تفاعلات فريدل - كرافتس التي يتم فيها ألكلة البنزين بأوليفين بوجود محفزات من أحماض لويس (Lewis Acids) ، وعوامل مساعدة مثل : أحماض برونستد ، أو أكاسيد معدنية ، كما تتم الألكلة باستخدام هاليدات الألكيل ، والكحولات ، والألكانات بوجود نفس المحفز مع عوامل مساعدة .

تستخدم معظم الطرق الصناعية الحالية الأوليفينات ( الألكينات ) كعوامل ألكلة ، لأنها تعد من أرخص المصادر المتوفرة لعمليات الألكلة صناعياً في الوقت الحاضر .

تتم عملية ألكلة البنزين بوساطة الأوليفين عند ظروف تشغيل متنوعة تعتمد على نوع الأوليفين ، والمحفز المستخدم والمنتج المراد إنتاجه ، وتجري على مرحلتين هما :-

※ المرحلة الأولى : يتم فيها تشكل معقد (Complex) وسطي من المحفز ، والأوليفين ، على شكل كربونيوم أيون ( $R^+$ ) ، أو معقد مستقطب (Polarized Complex) ، أو زوج أيوني بين الأوليفين والمادة المحفزة .

المرحلة الثانية : ويتم فيها تفاعل الكربونيوم أيون ، أو معقد المحفز - أوليفين مع البنزين ، وتستبدل ذرة هيدروجين ، أو أكثر من حلقة البنزين بجذر ألكيل .

يعد البنزين ( $C_6H_6$ ) من أهم المنتجات البتروكيميائية العطرية الأولية المستخدمة لإنتاج العديد من المركبات الوسطية والنهائية الهامة التي تستخدم في العديد من الصناعات البتروكيميائية مثل : صناعة البوليمرات ، والألياف الصناعية ، والأصبغة ، والمنظفات ، والمبيدات الحشرية ، والدهانات ، والمواد الصيدلانية ، والمذيبات ، وغيرها من الاستخدامات الأخرى .

يتم الحصول على البنزين من مصادر أساس مختلفة من أهمها النفط وذلك من عمليات التشكيل الحفزي للنفثا ، والتحليل الحراري للجازولين ، وعمليات تفاعلات الهيدروجين ، ونزع مجموعة الميثيل والتولووين ، والزايلينات .

يستخدم معظم إنتاج البنزين في العالم في إنتاج العديد من المركبات الوسطية وأهمها ألكيلات البنزين مثل إيثيل البنزين ، والكيومين ، ودوتسيل البنزين ، يأتي بعد ذلك من حيث الأهمية نترو البنزين ، وبلاماء حمض المالبتيك ، وكلوروبنزين ، والهكسان الحلقي ، وغيرها ، وتستخدم لإنتاج العديد من المنتجات البتروكيميائية النهائية . وسيتناول هذا المقال ألكيلات البنزين من حيث خصائصها ، طرق تصنيعها ،

※ **الستايرين** : وهو من أهم المونوميرات العطرية الواسطة إذ يستخدم لإنتاج البولي ستايرين ، وبوليمرات مشتركة أخرى .

ويتم إنتاج الستايرين عن طريق نزع الهيدروجين من إيثيل البنزين عند درجة حرارة تتراوح ما بين ٦٠٠ إلى ٧٠٠ م° ، وتحت الضغط الجوي بوجود مخفّز من أكسيد الحديد ، أو أكسيد الكروم ، أو أكسيد الزنك ، معادلة التفاعل (٢) .

ويتم فصل المنتج بوساطة التقطير التجزيئي ، أو التقطير تحت ضغط مخفف (٣٠ ملليمتر زئبق) عند درجة حرارة ٥٤ م° ، ويضاف للمنتج النهائي بعد تنقيته مادة مثبّطة من الهيدروكينون لمنع بلمرته أثناء فترة التخزين .

※ **البولي ستايرين** : وينتج عن بلمرة الستايرين ، وتعد مادة البولي ستايرين من أهم المواد البلاستيكية الحرارية اللدنة والمستعملة في مجالات متعددة ، وهي مادة صلبة ، هشة ، ذات وزن نوعي منخفض ، وثبات حراري مرتفع ، ودرجة امتصاص منخفضة جداً للماء ، ونقاط انصهار متنوعة .

يستعمل البولي ستايرين في العديد من الصناعات حيث يستخدم في صناعة الأجزاء الداخلية للسيارات ، وأوعية التغليف ، والتجهيزات الكهربائية ، والمفروشات ، والأدوات المنزلية ، ومواد

وتستخدم فيها مادة محفز صلبة من معدن الزيولايت (Zeolite Clay Mineral) تكون على شكل طبقة ثابتة ، وتجري العملية عند درجات حرارة ٤٠٠ - ٤٦٠ م° ، وضغط يتراوح ما بين ١٤ إلى ٢٨ ضغط جوي مع نسبة جزئية من البنزين إلى الإيثيلين ما بين ١:٥ إلى ١:٢٠ .

٥ - **طريقة ألكار ( Alkar Process )** : وتعتمد على استعمال إيثيلين مخفف بالمقارنة مع الطرق الأخرى ، وعلى استخدام محفز من ثلاثي فلوريد البورون في الطبقة الثابتة عند درجات حرارة ٥٠ - ٢٥٠ م° ، وضغط ١٤ - ٤٩ ضغط جوي مع نسبة جزئية من البنزين إلى الإيثيلين ٢ : ١ ، ويعد المحفز المستخدم في هذه الطريقة أكثر فعالية من محفز حامض الفوسفور الصلب .

٦ - **طرق أخرى حديثة** : ومنها إجراء عملية الأثيلة اللامتجانسة باستخدام محفزات من أحماض سائلة عالية النشاط محمّلة على داعم صلب ، وقد اقترحت محفزات مثل النافيون (راتنجات من الأحماض السلفونية المفلورة وغيرها) ، ولكن هذه العمليات ما زالت قيد البحث والتطوير قبل تطبيقها في المجال الصناعي .

### ● استخدامات إيثيل البنزين:

يدخل إيثيل البنزين كمادة وسطية في كثير من الصناعات البتروكيميائية من أهمها :-

العليا إلى المفاعل ثانية ، أو ترسل إلى وحدة التحول الأيزوميري .

## إيثيل البنزين

يعد إيثيل البنزين أحد المنتجات البتروكيميائية الواسطة الهامة حيث يستخدم معظم إنتاجه في صناعة الستايرين ، ومن ثم صناعة البولي ستايرين كمنتج نهائي لإستخدامه في الكثير من المجالات الصناعية المتعددة .

### ● إنتاج إيثيل البنزين

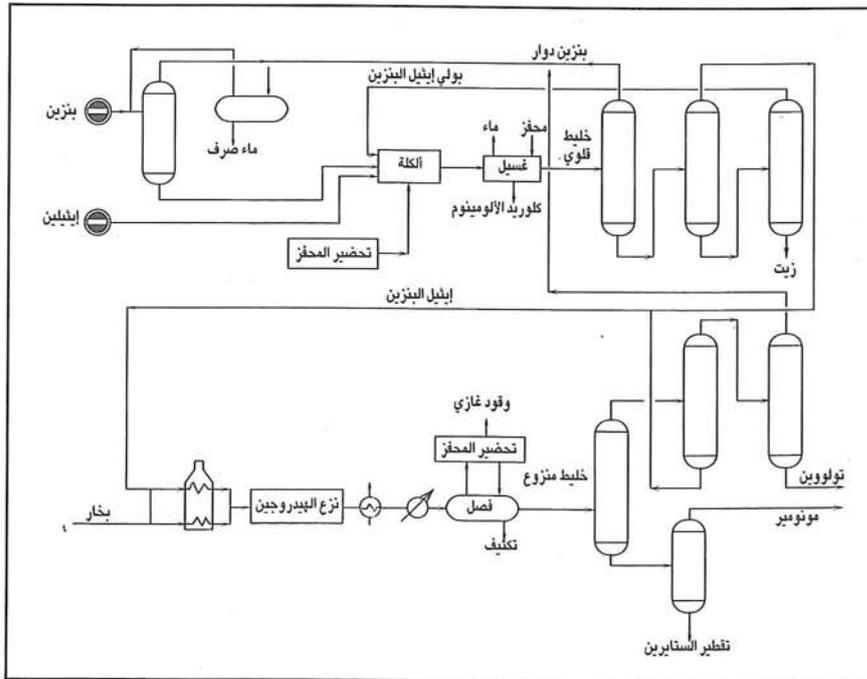
ينتج إيثيل البنزين من تفاعل البنزين مع الإيثيلين بوجود مادة محفزة ، وعامل مساعد كما هو مبين في معادلة التفاعل (١) جدول (١) . ومن أهم الطرق الصناعية المستخدمة - في الوقت الحاضر - لإنتاج إيثيل البنزين مايلي:-

١ - **طريقة دو ( Dow Process )** : وتجري بأثيلة البنزين بنسبة جزئية من البنزين إلى الإيثيلين ١:٢ بوجود محفز من ثلاثي كلوريد الألومنيوم اللامائي ، وكمية قليلة كلوريد الهيدروجين كعامل مساعد .

٢ - **طريقة مونسانتو (Monsanto process)** : ويتم إنتاج إيثيل البنزين فيها بطريقة مستمرة تفاعل البنزين مع الإيثيلين باستخدام كمية قليلة جداً من كلوريد الألومنيوم كمادة محفزة ، وكلوريد الهيدروجين كعامل مساعد في نظام الكلة سائلة متجانسة عند درجة حرارة ١٤٠ - ٢٠٠ م° ، وأزمنة تفاعل طويلة ، وبين الشكل (١) ، طريقة مونسانتو لإنتاج إيثيل البنزين حيث يتم إدخال البنزين الجاف ، والإيثيلين ، والمحفز ، والعامل المساعد بعضها مع بعض وباستمرار إلى المفاعل ، وبعد إنتهاء التفاعل تتم عملية فصل إيثيل البنزين ، والمنتجات الأخرى التي يعاد تدويرها مرة أخرى للمفاعل .

٣ - **طريقة حامض الفوسفور الصلب** : وتجري فيها عملية الألكلة في الطور الغازي بوجود مادة محفزة (حامض الفوسفور) توضع في طبقة ثابتة من حبيبات داعمة من مادة الكيزلجور (Kieselghur) ، ويجري التفاعل عند درجة حرارة ٢٠٠ - ٢٥٠ م° ، وضغط ٣٥ - ٦٣ ضغط جوي مع نسبة جزئية مرتفعة من البنزين إلى الإيثيلين تتراوح ما بين ١:٥ إلى ١:١٠ للتقليل من نسبة تشكل إيثيلات البنزين العليا .

٤ - **طريقة محفز الزيولايت** : وتسمى أيضاً طريقة موبيل بدجر (Mobil / Badger) ،



● شكل (١) طريقة مونسانتو لإنتاج إيثيل البنزين .

الديكور ، وكمادة عازلة للحرارة ، والكهرباء ، والصوت ، والأجهزة الإلكترونية ، وغيرها .

### ● بوليمرات أخرى

يمكن للاستايرين أن يتلمر مع العديد من المونومرات لإنتاج بوليمرات مختلفة الصفات ، فعلى سبيل المثال ينتج عن البلمرة المشتركة للاستايرين مع الأكريلونتريل ، والبوليتايبين بوليمرات صلبة ذات خواص ميكانيكية فائقة الجودة يصنع منها أقلام الحبر ، وقطع المركبات الفضائية ، وغيرها .

## الكيومين

يعد الكيومين (أيزو بروبيل البنزين ، أو ٢-فينيل البروبان) من أهم المركبات الهيدروكربونية العطرية المؤكدة بعد التولوين وإيثيل البنزين حيث يستخدم في إنتاج العديد من المنتجات البتروكيميائية الوسطية ، والنهائية .

عُرف الكيومين عام ١٨٤١م عندما حُضِر لأول مرة من حامض الكيوميك مع الكلس . أما استحضر الكيومين ومشتقاته بالكلية البنزين بالبروبيل باستخدام ثلاثي كلوريد الألومنيوم ، فقد أعلن عنه عام ١٨٩٢م ، وفي عام ١٩١٥م تم استحضاره من النفط ، ويتم في الوقت الحاضر تصنيعه بالكلية البنزين بالبروبيل باستخدام أحماض لويس كما هو مبين في معادلة التفاعل (٣) .

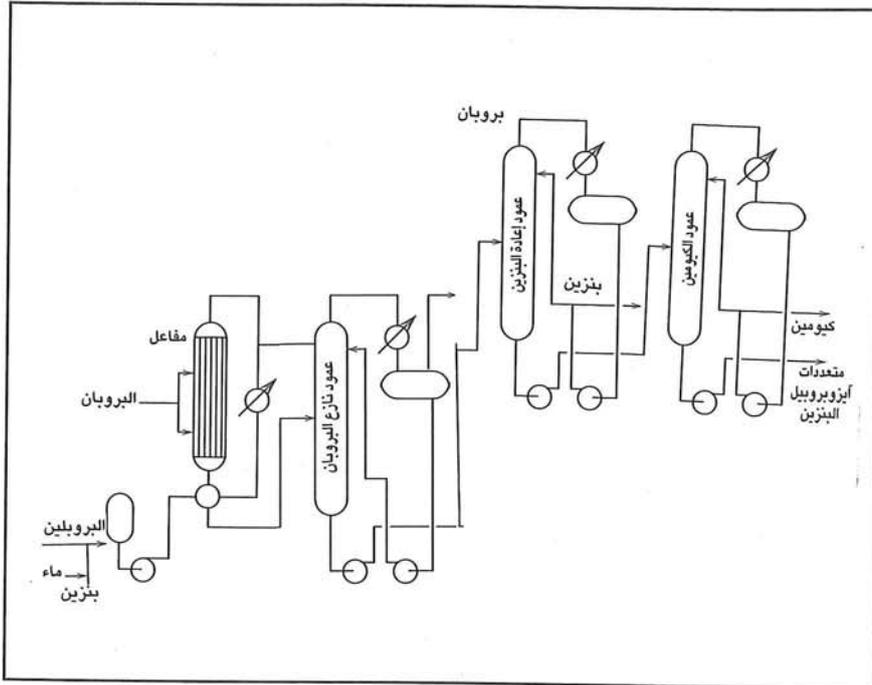
وتجري عملية الألكلة إما في الطور السائل ، أو الغازي وفق الطرق الصناعية التالية :

### ● طريقة حامض الفوسفور

تعد هذه الطريقة أكثر انتشاراً في العالم ، وهي عملية وسطية لامتجانسة ، يستعمل فيها حامض الفوسفور محملاً على مادة داعمة صلبة من نوع الكيزلجور (Kie-selghur) ، وتتم العملية عند درجات حرارة تتراوح ما بين ٢٢٥ إلى ٢٥٠م ، وضغط ٢٠ - ٢٥ ضغط جوي ، ونسبة جزيئية من البنزين إلى البروبيل (١:٥) ، ويتم فصل الكيومين من نواتج التفاعل بواسطة عملية تقطير عادية ، ويفصل البنزين ، والبروبيل ، ويعاد تدويرها إلى المفاعل مرة أخرى ، شكل (٢) .

### ● طريقة كلوريد الألومنيوم

وتجري عملية الألكلة في هذه الطريقة في نظام غير متجانس إذ تكون المواد المتفاعلة عبارة عن نظام ثلاثي الأطوار مكون من



● شكل (٢) طريقة حامض الفوسفور لإنتاج الكيومين .

● الفينول : وتستهلك صناعته أكثر من ٩٠٪ من إنتاج الكيومين ، ويعتمد تحويل الكيومين إلى فينول ، وأستيون على أكسدته - في وسط قاعدي بواسطة الهواء ، أو الأكسجين إلى هيدرو فوق أكسيد الكيومين ، ومن ثم تحميض الأخير .

ومن النواتج الثانوية الرئيسية التي تتشكل في خطوة الأكسدة :- الأستيوفينيون ، وفينيل ميثيل الكربنول ، وميثيل الستايرين ، وعدد من المكونات ذات درجات غليان مرتفعة ، معادلة التفاعل (٤) .

يستخدم الفينول في إنتاج العديد من المركبات الكيميائية من أهمها : راتنجات الفينول - فورمالدهيد وثنائي فينول البروبان (البس فينول A) ، والفينولات الممثلة (Methylated Phenols) ، والكابرو لاكتام ، وملدنات ، وحامض الأديبيك ، وحامض الساليسيليك ، وحامض أسيتل الساليسيليك (الأسبرين) ، ومتعددات ألكيل الفينول ، وثنائي كلورو فينوكسي حامض الخل ، ومتعددات كلور الفينول .

● ميثيل الستايرين : ويسمى أيضاً ١- ميثيل إيثيل البنزين ، ويعود المنتج الرئيس الثاني من الكيومين بالرغم من أنه ينتج كمنتج ثانوي من عمليات إنتاج الفينول ، إلا أن مصدره الأساس هو من عملية نزع الهيدروجين الوسيطية للكيومين باستخدام البخار ، يستخدم ميثيل الستايرين كبوليمر مشترك

معقد المادة المحفزة ، والمزيج الهيدروكربوني السائل ، والبروبيلين الغازي ، وتتطلب هذه الطريقة معالجة للقيم (المواد المتفاعلة) ، قبل إدخالها إلى المفاعل بالتجفيف وفصل أجزاء C2 ، C4 من تيار البروبيلين الغازي .

ويجري التفاعل عند درجة حرارة تتراوح ما بين ١٠٠ إلى ١٣٠م ، وضغط ٥ - ٦ ضغط جوي ، وبوجود مادة محفزة من كلوريد الألومنيوم في مفاعلات يتراوح عددها ما بين ٢ إلى ٤ مفاعلات ، وعند إتمام التفاعل يتم فصل معقد المادة المحفزة التي تتكون من البنزين ، والكيومين ، وثنائي وثلاثي أيزوبروبيل البنزين عن النواتج .

ولرفع مردود الكيومين - لتكون العملية أكثر إقتصادية - تجرى عملية ألكلة تبديلية (Transalkylation) يتم فيها انتقال ألكيل الأيزوبروبيل بين الجزيئات تحت ظروف الألكلة لمتعددات أيزوبروبيل البنزين بوجود ثلاثي كلوريد الألومنيوم ، وكمية زائدة من البنزين عند درجة حرارة معتدلة . كما يتم تحول أيزوميري (تمكيب) للمجموعة الألكيلية حيث يتم انتقال ألكيل الأيزوبروبيل داخل الجزيء نفسه .

### ● استخدامات الكيومين

من أهم استخدامات الكيومين : صناعة الفينول ، و α - ميثيل الستايرين ، وحامض التيرفتاليك ، ومن استخداماته الثانوية إنتاج مادة هيدرو فوق أكسيد الكيومين وغيرها .

## ألكيلات البنزين

المرحلة الثالثة : ويتم فيها فصل محلول سلفونات ألكيلات البنزين غير الذائبة في طبقة حامض الكبريت ثم معالجتها بمحلول هيدروكسيد الصوديوم، معادلة التفاعل (٨).  
وأخيراً يجفف المحلول الناتج بالتركيز والتبخير لإستخدامه كمسحوق في صناعة المنظفات.

معادلة التفاعل (٦).  
يمكن إجراء العملية بشكل متقطع أو مستمر حسب ظروف معينة لمنع تشكل ثنائي أو ثلاثي ألكيل البنزين. ومن طرق السلفنة في الوقت الحاضر استخدام ثلاثي أكسيد الكبريت في الطور الغازي بدلاً من حامض الكبريت، معادلة التفاعل (٧).

في صناعة الراتنجات.

حامض التيرفتاليك : ويتم إنتاجه بألكلة الكيومين بوساطة البروبيلين لتشكيل أورثو ، وبارا ثنائي أيزوبروبيل البنزين ، وبعدها يفصل بارا ثنائي أيزوبروبيل البنزين عن بقية المركبات بالتجزئ ثم يؤكسد إلى حامض التيرفتاليك .

مادة إضافية للجازولين : يستخدم الكيومين كمادة إضافية لجازولين الطائرات لتحسين عدد الأوكتان ليصل إلى ١١٠ بدون إضافة مادة رباعي إيثيل الرصاص.

## دوتسيل البنزين

دوتسيل البنزين (سلفونات ألكيلات بنزين الصوديوم) مركب تتراوح ذرات كربون مجموعة الألكيل فيه ما بين ١٢ - ١٨ ذرة. وهو من أهم المواد البتروكيميائية في صناعة المنظفات في وقتنا الحاضر.

### ● إنتاج دوتسيل البنزين

يتم إنتاج دوتسيل البنزين على ثلاثة مراحل كما يلي :-

المرحلة الأولى : وهي مرحلة تحضير الأوليفين المستخدمة في الألكلة وإجراء عملية تفاعل الألكلة بين الأوليفين ، والبنزين.

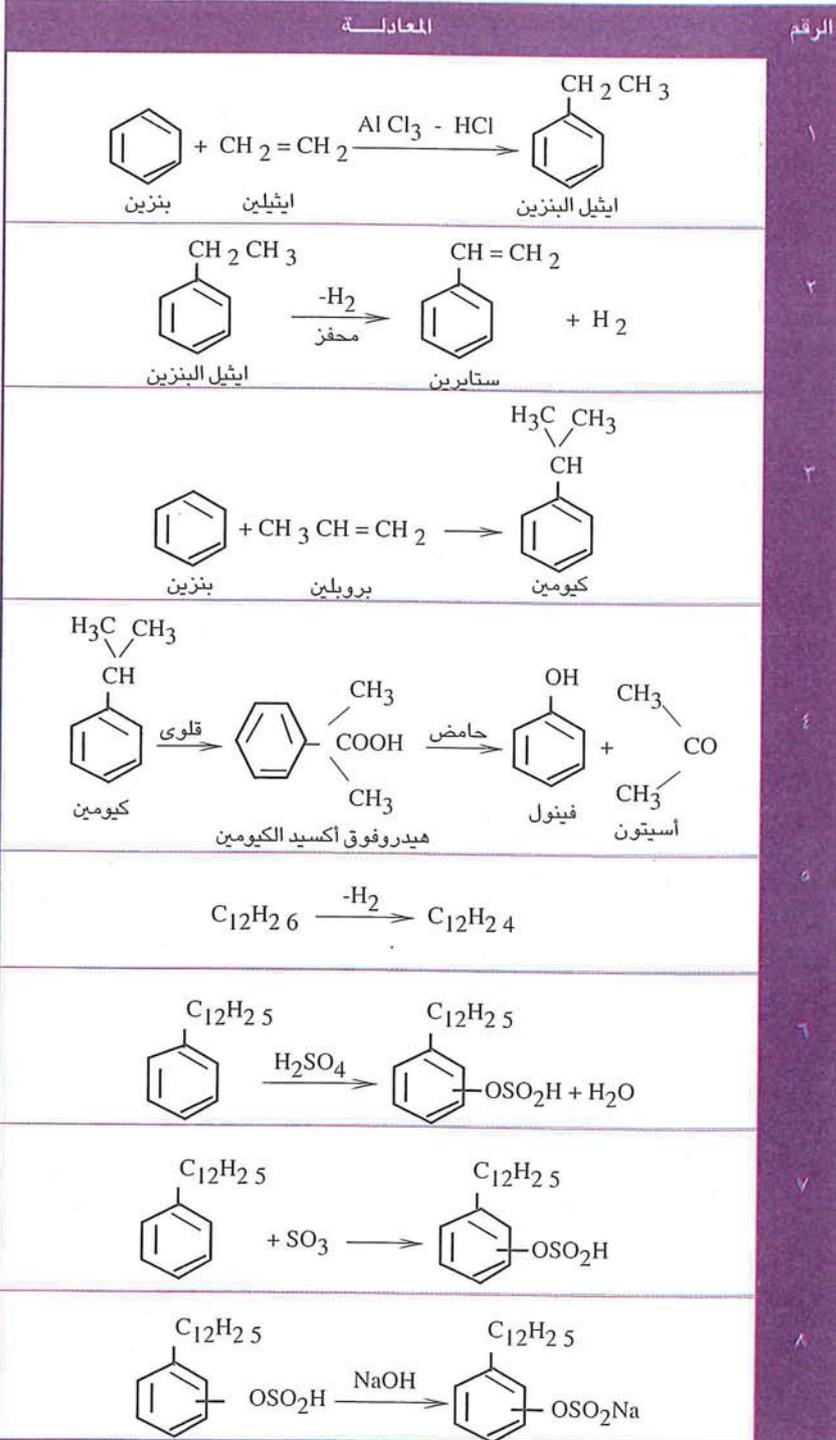
يتم الحصول على الأوليفينات المستخدمة في الألكلة من مصادر متعددة منها :-

نزع الهيدروجين من البرافينات (مستخلص من قطرات الكيروسين في الطور الغازي) بوجود محفز من البلاتين أو البلاتيوم المحمل على الألومينا عند درجة حرارة ٨٥٠° م ، وضغط ٢ ضغط جوي، معادلة التفاعل (٥).

عمليات تكسير الشمع (Wax Cracking) .  
بلمرة الإيثيلين باستخدام محفز زيجلر بعد الحصول على الأوليفين المناسب ، وتتم ألكلة البنزين في الطور السائل عند درجة حرارة تتراوح ما بين ١٠ - ٢٠° م بوجود فلوريد الهيدروجين كمادة محفزة.

ومن طرق الألكلة المستخدمة بكثرة في بعض الوحدات الصناعية استخدام كلوروالكانات كعوامل ألكلة بوجود ثلاثي كلوريد الألومنيوم كمادة محفزة ، ويجري التفاعل عند درجة ٤٠° م باستخدام نسبة جزئية مرتفعة من البنزين إلى كلوريد الألكان لمنع تشكل متعددات ألكيلات البنزين.

المرحلة الثانية : ويتم فيها سلفنة ألكيلات البنزين بوجود حامض الكبريت (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) أو الأوليوم (SO<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) عند درجة حرارة تتراوح ما بين ٢٠ إلى ٦٠° م،



● جدول (١) معادلات تفاعل ألكيلات البنزين .

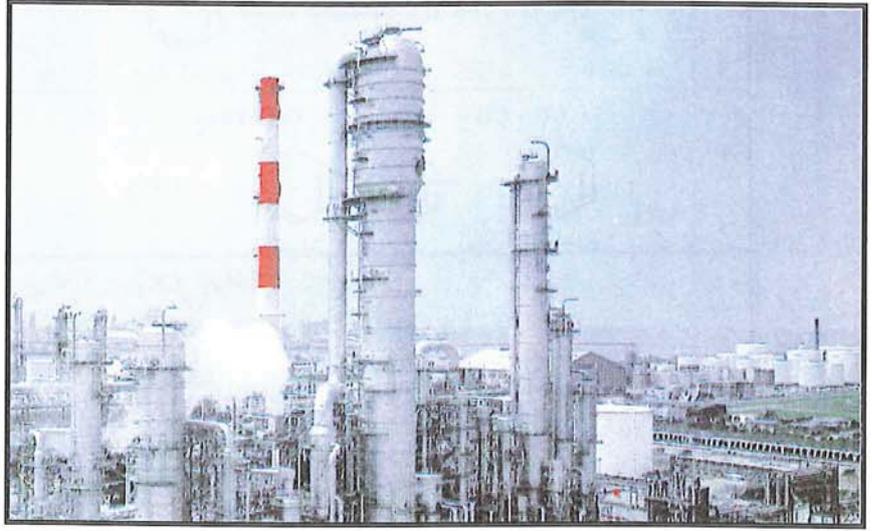
# بتروكيميائيات من التولوين والزاييلينات

د . إبراهيم محمود النجار

تمثل المركبات العطرية ( مركبات البنزين والتولوين والزاييلينات - BTX ) ثقلاً كبيراً في العديد من الصناعات البتروكيميائية ، فعلى سبيل المثال بلغت نسبة العطريات من مجمل صناعة البلاستيك لعام ١٩٦٨ م حوالي ٢٥٪ بينما بلغت نسبتها لنفس العام حوالي ٦٢٪ في صناعة المطاط ، و ٧٢٪ في صناعة الخيوط الصناعية .

المردود من هذه العملية إلى حوالي ٩٠٪ من حامض البنزويك .

يستخدم حامض البنزويك بصفة رئيسة كمادة مثبتة للألوان في طباعة النسيج ، وفي إعطاء نكهة خاصة للتبغ ، وفي مستحضرات تنظيف الأسنان وفي الأدوية وكمادة مطهرة من الجراثيم ، وفي صناعة النسيج وكمادة وسطية في صناعة اللدائن والراتنجات ، كما يستخدم ملح بنزوات الصوديوم المنتج من حامض البنزويك في حفظ المأكولات المعلبة وأشربة الفواكه المختلفة .



ينتج من حامض البنزويك كذلك مواد بتروكيميائية هامة تدخل كمواد وسطية في العديد من الصناعات البتروكيميائية ، ومن أهم تلك المواد والمواد المشتقة منها ماييلي :-

• **الفينول** : وينتج بأكسدة حامض البنزويك بوجود مزيج من بنزوات النحاس والمغنيسيوم كمادة محفزة وذلك عند درجة حرارة ٢٢٠ - ٢٤٠ م في الطور السائل كما هو مبين في المعادلة التالية :-

المواد إما كمادة وسطية لعدد من الصناعات أو كمنتج نهائي . ومن أهم هذه المواد وإستخداماتها ، شكل (١) ، ماييلي :

## • حامض البنزويك

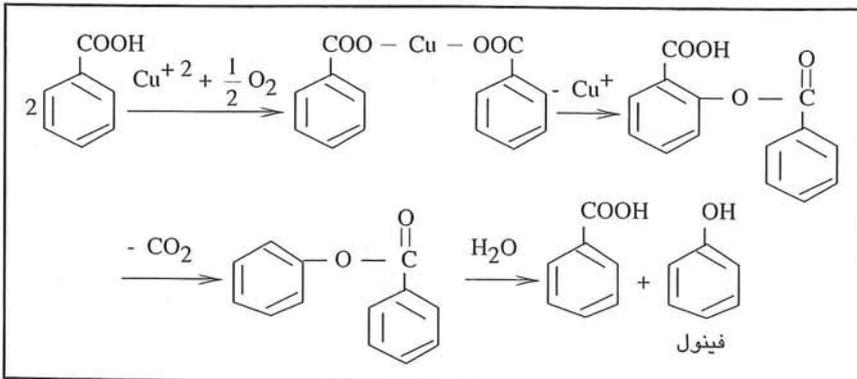
ينتج حامض البنزويك بأكسدة التولوين في الطور السائل بوجود خلات الكوبالت أو خليط من خلات الكوبالت مع البروم كمادة محفزة ، عند درجة حرارة ٢٠٠ م وضغط ٢٧ ضغط جوي . ويصل

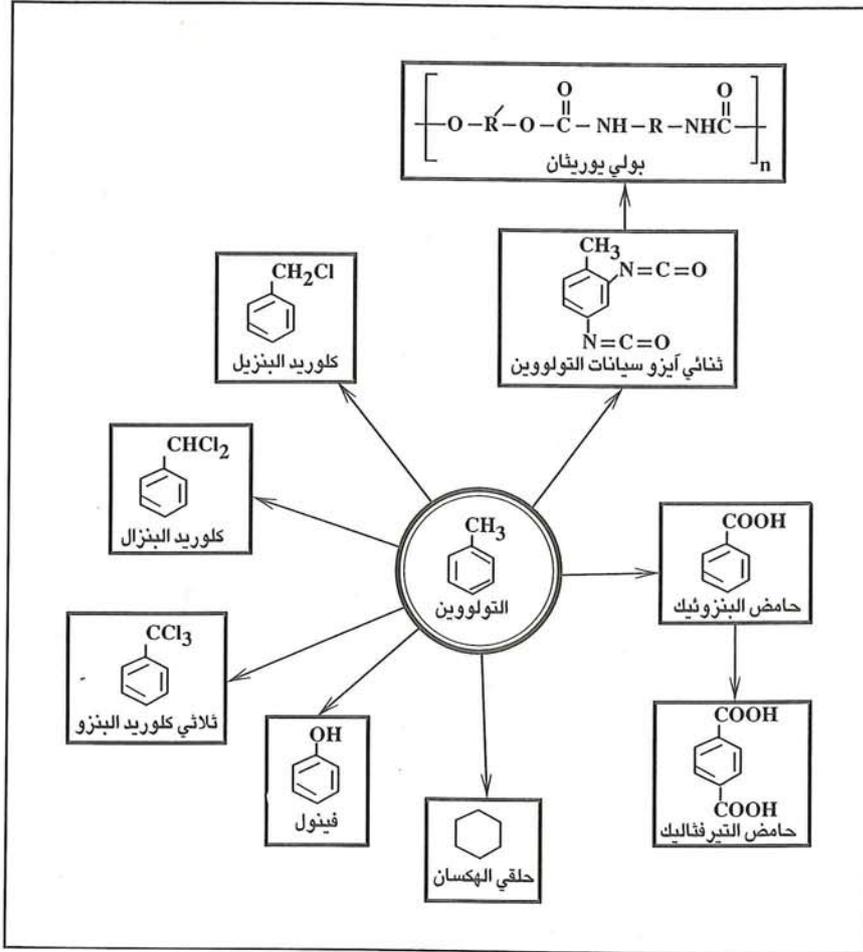
بالإضافة لذلك تستخدم العطريات كأساس لصناعة الأصبغة ومبيدات الحشائش والفطريات والحشرات والمواد الصيدلانية ولكن بنسب قليلة . سيتناول هذا المقال أهم الصناعات التي تعتمد على التولوين والزاييلينات .

## التولوين

التولوين ( Toluene ) سائل متطاير عديم اللون عطري الرائحة قابل للإلتهاب ينتج عن عملية إعادة التشكيل الحفزي للنفتا عن طريق التقطير الأزيوتروبي ، والاستخلاص ، والإستخلاص الإدمصاصي بالمذيبات .

توضح إحصائية عام ١٩٧٧ أن نسبة ١٧٪ من التولوين قد تم إستخدامه كمادة بتروكيميائية وسطية في العديد من الصناعات البتروكيميائية . وتستعمل هذه





● شكل (١) التولوين وبعض منتجاته .

الهيـدروكسيل مثل : الجليسرولات ، والبولي جليكولات ، والبولي إيثرات التي من أهمها أكسيد بروبيلين تريبول المنتج من الجليسرول وأكسيد البروبيلين .

تختلف طرق تحضير البولي يوريثان حسب النوع المطلوب ، فعندما يكون النوع المطلوب على شكل رغوة يجب استخدام الماء ومواد نفخ الرغوة مثل ثاني أكسيد الكربون مع عامل نفخ إضافي مثل ثلاثي كلور الميثان ومادة من السيليكون للتحكم في الرغوة . أما في حالة البولي يوريثان غير الرغوي فإن الماء ومواد النفخ لا يستخدمان .

يتراوح الوزن الجزيئي للبولي يوريثان حسب متطلبات الإستعمال من ١٠٠٠ إلى ٢٠٠٠ وتتراوح كثافته بين ١ إلى ٦ للبوليمرات اللينة و ١ إلى ٥٠ للبوليمرات القاسية ، وتضاف للبوليمر مواد لمقاومة

للحصول على ٢ ، ٤ ثنائي نيتروتولوين ومن ثم هدرجة الناتج إلى الأمين الموافق والذي بدوره يتفاعل مع الفوسجين ليشكل ثنائي أيزوسيانات التولوين .

يمكن إنتاج ثنائي أيزوسيانات التولوين كذلك بطريقة مباشرة بتفاعل ثنائي نيتروتولوين في الطور السائل مع أول أكسيد الكربون بوجود أورثونائي كلوروبنزين ، وبوجود كلوريد البلاتينيوم (PdCl<sub>2</sub>) كمادة محفزة عند درجة حرارة ٢٤٠ - ٢٦٠ م وضغط ٢١ ضغط جوي .

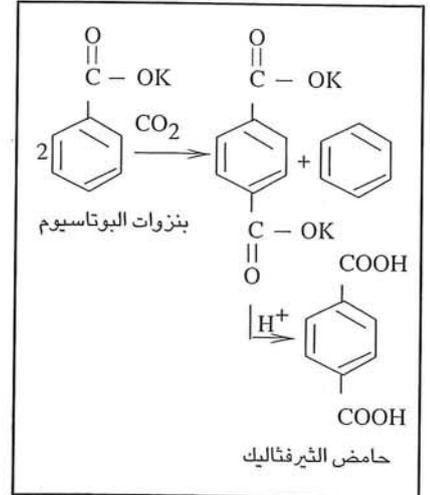
يستخدم ثنائي أيزوسيانات التولوين في العديد من الصناعات البتروكيميائية ، وكمادة وسطية في إنتاج البولي يوريثان .

\* البولي يوريثان (الاسفنج الصناعي): وينتج بصفة عامة من تفاعل ثنائي أيزوسيانات التولوين مع مركب متعدد

يستعاد الفينول الخام وتجري له عملية تنقية بوساطة التقطير ، ويصل المرود الجزيئي من الفينول إلى ٨٥ - ٩٠٪ .

يستخدم الفينول في كثير من الصناعات منها : الراتنجات الفينولية والبيسفينول A الذي يستخدم لإنتاج راتنجات الإيبوكسي وبولي كربونات ، ويستخدم أيضاً للحصول على حامض الساليسيليك وحامض أستيل الساليسيليك (الأسبرين) وحامض كلوروفينول وثنائي وثلاثي كلورو فينوكسي حامض الخل والإيثيلين والفينولات الهالوجينية وألكيلات الفينول التي تستخدم للحصول على الكابرولاكتام .

● حامض التيرفتاليك : ويمكن إنتاجه من حامض البنزويك بعد تحويله إلى بنزوات البوتاسيوم التي بدورها تتفاعل مع ثاني أكسيد الكربون عند درجة حرارة ٤٠٠ م وضغط ٥٠ ضغط جوي بوجود مركبات الخارصين أو أكسيد الكاديوم كمادة محفزة . يعالج ملح البوتاس الناتج من التفاعل بحامض معدني لإنتاج حامض التيرفتاليك وذلك وفقاً للتفاعل :



يستخدم حامض التيرفتاليك ومشتقه ثنائي ميثيل تيرفتالات كمادة وسطية في العديد من الصناعات منها إنتاج إستر حامض التيرفتاليك وثنائي جليكول وإسترات أخرى يمكن إستخدامها بوساطة تفاعل التكاثر لإنتاج بوليإسترات تستخدم في الألياف الصناعية .

### ● ثنائي أيزوسيانات التولوين

ينتج ثنائي أيزوسيانات التولوين بطرق مختلفة منها نترجة التولوين

الحريق مثل أكسي كلوريد المغنيسيوم أو أكسيد ثلاثي كلوريد البيوتلين .

يعتمد إستخدام البولي يوريثان حسب نوعه ( لين أو صلب ) . ومن أهم إستخداماته صناعة المفروشات ومواد العزل ومواد البناء والتغليف والألياف الصناعية والرقائق وصناعة الأحذية وغيرها من الصناعات الأخرى . وتوزع نسبة إستهلاكه حسب النوع كما يلي :

\* رغاء لين ( ٦١٪ ) .

\* رغاء قاسي ( ٢٤٪ ) .

\* مطاطيات ( ٧٪ ) .

\* لواقص ( ٤٪ ) .

\* طلاء سطحي ( ٤٪ ) .

### ● كلوريدات التولوين

تتفاعل مجموعة الميثيل الموجودة في التولوين لتعطي مزيجاً من كلوريد البنزيل ( C6H5CH2Cl ) وكلوريد البنزول ( C6H5CHCl2 ) وثلاثي كلوريد البنزول ( C6H5CCl3 ) . وتتحدد نسب الخليط بتحديد نسبة الكلور إلى التولوين .

ينتج كلوريد البنزيل بامرار الكلور الجاف عبر المفاعل المحتوي على التولوين عند درجة حرارة ١٠٠ - ٢٠٠ م . يجري التفاعل في الطور السائل كما يستخدم الضوء بعض الأحيان كمحفز للتفاعل . يوقف إمداد الكلور عندما تصل كثافة المنتج إلى ١,٢٨٣ حيث تصل نسبة كلوريد البنزيل للكلوريدات الأخرى إلى حدها الأقصى .

يستخدم كلوريد البنزيل لإنتاج فثالات بوتيل البنزيل ( C4H9OCOCH4COOCH2C6H5 ) وذلك بعد حلماته ( Hydrolysis ) إلى كحول البنزيل .

تستخدم مادة بوتيل البنزيل كمادة ملونة وفي صناعة بعض الإسترات المستخدمة في صناعة العطور .

يتفاعل كلوريد البنزيل مع سيانيد الصوديوم لإنتاج سيانيد البنزيل ( C6H5CH2CN ) الذي ينتج منه فينيل حامض الخل ( C6H5CH2COOH ) عن طريق حلماته ، ويستخدم فينيل حامض الخل في صناعة البنسلين ( G ) وبعض المواد الصيدلانية الأخرى .

يمكن إستخدام كلوريد البنزول للحصول على البنزالدهيد وثلاثي البنزول للحصول على حامض البنزويك .

## الزايينات

الزايينات ( Xylenes ) مركبات عطرية سائلة عديمة اللون متطايرة قابلة للالتهاب . توجد على شكل ثلاثة مماكبات ( أورثو - وبارا - وميتا - زايلين ) حسب مواقع المتبادلات الميثيلية .

تنتج الزايينات من الجازولين عن طريق إعادة التشكيل الحفزي أو التحلل الحراري . وينجم عن هاتين العمليتين مزيج من الزايينات تختلف فيه نسبة كل نوع من الزايينات على عملية الفصل .

تعد عمليات فصل الزايينات بعضها عن بعض بالتقطير صعبة بسبب تقارب درجات غليانها ، ولكن يمكن فصل ميتا - من بارا - زايلين بالتبلور التجزيئي أو الإمتزاز الإنتقائي على مادة صلبة ليتم بعدها عملية إستخلاص بالمذيب أو بالتقطير .

تستخدم الزايينات كمادة وسطية في العديد من المواد الكيميائية التي تدخل في العديد من الصناعات البتروكيميائية . ومن المواد التي يمكن إنتاجها من الزايينات ومجال تطبيقاتها الصناعية ، شكل ( ٢ ) ، ما يلي :-

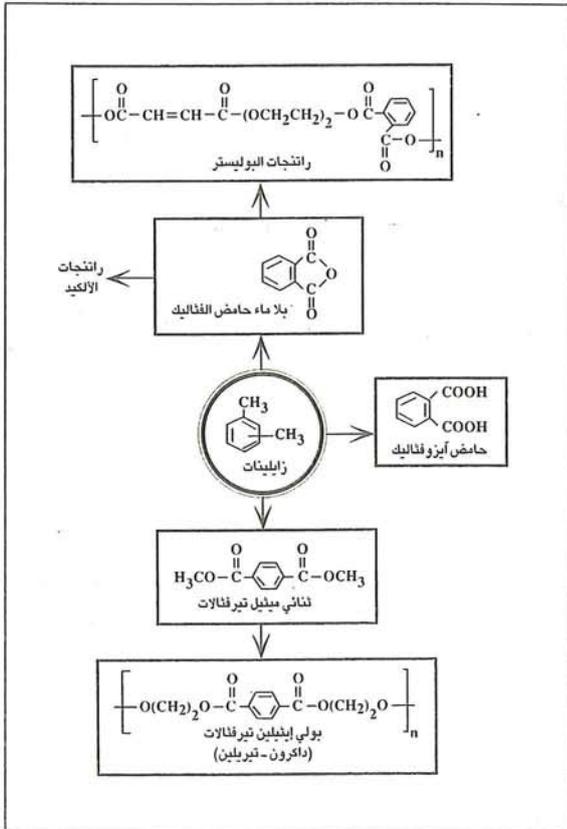
### ● بلا ماء حامض الفثاليك

يتم تحضير بلا ماء حامض الفثاليك - في الوقت الحاضر - بأكسدة أورثو زايلين في الطور الغازي وذلك عند درجة حرارة ٣٧٠ - ٤٠٠ م وضغط أقل من الضغط الجوي وبوجود مزيج من أكسيد التيتانيوم ( TiO2 ) وأكسيد الفناديوم ( V2O5 ) وأكسيد الأنتيمان ( Sb2O3 ) كمادة محفزة ،

ويبلغ مردود الناتج حوالي ٥٨٥ . يستخدم حوالي ٥٠٪ من إنتاج بلا ماء حامض الفثاليك لإنتاج ملونات لبوي فينيل الكلوريد ، وحوالي ٢٥٪ لصناعة راتنجات الألكيد . ومن إستخداماته الأقل أهمية إنتاج بعض أنواع الأصبغة ، ومعوقات الحريق ، وكعامل تقسية ( تشابك ) لراتنجات البوليستر والبولي أول بوليستر ومواد معدلات زيت التجفيف .

\* راتنجات البوليستر : وتصنع باللمرة التكاثرية لبلا ماء حامض الفثاليك وبلا ماء حامض المالئييك مع الجليكول .

تدخل مواد التفاعل في مفاعل لللمرة مقاوم للأحماض ومزود بخلاط وجهاز تبريد وتسخين . يُبعد الماء الناتج عن اللمرة بالتقطير الأزيوتروبي مع الزايلين ويراقب سير التفاعل بقياس وضبط الرقم الهيدروجيني واللزوجة ودرجة الحرارة الداخلية للمفاعل . وعند انتهاء التفاعل تبرد صهارة مادة الراتنج حسب صفاته المطلوبة ( الرقم الهيدروجيني واللزوجة ) ويصب في خلاط بارد ثم تضاف إليه مادة الستايرين



● شكل ( ٢ ) الزايينات وبعض منتجاتها البتروكيميائية .

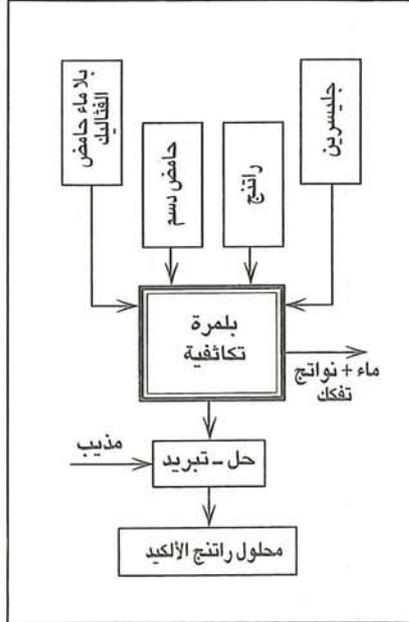
(بنزين ، تولوين ، أوزايلين ) لتحفظ على شكل محلول .

### ● حامض آيزوفثاليك

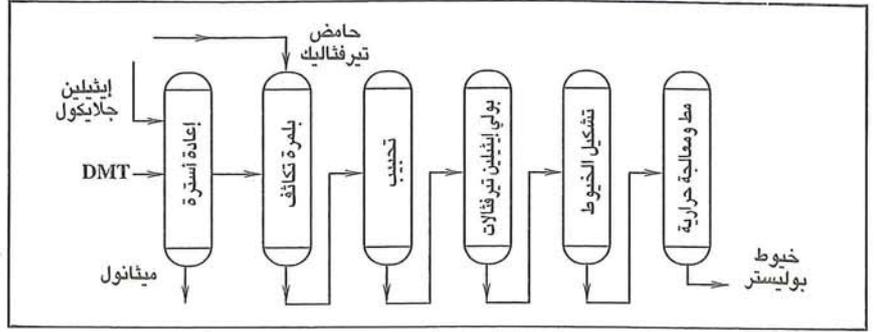
يتم إنتاج حامض آيزوفثاليك بأكسدة الميتا - زايلين في الطور السائل باستخدام كبريتيت الأمونيوم  $[ (NH_4)_2SO_3 ]$  . كما ينتج حامض أيزوفثاليك بأكسدة مزيج من الزايينات في الطور السائل بوجود حامض الخل كمذيب . ويجرى التفاعل عند درجة حرارة  $180^{\circ}C$  وضغط  $25 - 30$  ضغط جوي ، ويصل المرود من هذا التفاعل حوالي  $80\%$  من حامض أيزوفثاليك .

يستخدم حامض الأيزوفثاليك في تحضير بولي إستر ويمتاز عن الأنواع المحضرة من بارا - وأورثو - زايلين بقساوته ومقاومته العالية للتحل والتشقق وعدم قابليته للتجدد .

تعد الخيوط الصناعية والأغشية البلاستيكية والبلاستيك المقوى بالزجاج من أهم استخدامات حامض الأيزوفثاليك . إضافة لذلك يدخل حامض الأيزوفثاليك مع حامض التيرفثاليك و ١ ، ٤ - حلقي ثنائي الميثانول في صناعة بلاستيك حراري يسمى كودار ( Kodar ) يستعمل في التغليف القابل للتقصف .



● شكل (٤) مخطط تحضير راتنجات الألكيد.



● شكل (٣) مخطط تشكيل خيوط البوليستر (الداكرون) .

١ - راتنجات ألكيدية خالية من الزيوت .  
٢ - راتنجات ألكيدية معدلة بالأحماض الدسمة والزيوت النباتية ، ومن أنواع الزيوت المستخدمة في التعديل ما يلي :-  
\* زيوت جفوفة مثل زيت الكتان .  
\* زيوت نصف جفوفة مثل زيت دوار الشمس ، زيت الصويا ، زيت الصنوبر .  
\* زيوت غير جفوفة مثل زيت الخروع وزيت الكاكاو .

٣ - راتنجات معدلة بالزيوت النباتية (حسب أنواعها المذكورة سابقاً) والراتنجات .

ومن الراتنجات المستخدمة للتعديل الراتنجات الصناعية مثل البولي ستايرين . وتمتاز الراتنجات المعدلة بالستايرين ( راتنجات الألكيد الستايرينية ) بجفافها ولعانها الشديدين عند استخدامها في صناعة الدهانات .

يتم تحضير راتنج الألكيد ، بصفة عامة ، شكل ( ٤ ) ، في مفاعل مقاوم للأحماض مزود بخلاط وقابل للتسخين والتبريد بوجود غاز حامل . تبعد النواتج الثانوية للبلورة ( ماء ، نواتج تفكك ، وبلاماء حامض الفثاليك غير المتفاعل ) بطريقة التقطير الأوتروبي مع الزايلين ثم بالتقطير الفراغي ، ويتم التحكم في سير التفاعل بتغير درجة الحرارة ، وتتم مراقبة النواتج بقياس اللزوجة ، والرقم الهيدروجيني . ولإنتاج راتنجات معدلة يمكن إضافة مواد التعديل ( زيوت نباتية ، أحماض دسمة ، راتنجات ) المطلوبة إلى المفاعل عند درجة بلورة معينة .

في نهاية التفاعل تبرد الراتنجات وتنقل إلى جهاز التجميد ويضاف إليها

المذيب (بنزين ، تولوين ، أوزايلين ) لتحفظ على شكل محلول .

● الداكرون : وهو نوع من أنواع البوليستر ويسمى بولي إيثيلين تيرفثالات ، وينتج عن تكاثف ثنائي ميثيل تيرفثالات وإيثيلين جليكول .

ينتج ثنائي ميثيل تيرفثالات ، شكل (٣) ، عن الأكسدة المباشرة للبارازايلين بوجود حامض الأزوت أو الهواء وعندئذ يؤستر بوساطة الميثانول . وتجري عملية بلورة ثنائي ميثيل تيرفثالات مع الجليكول عند درجة حرارة من  $260^{\circ}C$  إلى  $300^{\circ}C$  تحت ضغط منخفض لتشكل سلسلة من البوليمر تحتوي على حوالي  $80$  حلقة بنزين .

يستخدم الداكرون في صناعة الألبسة وذلك بخلطه مع الخيوط القطنية بنسب مختلفة ، والحبال ، وخراطيم الحريق ، والسيور ، وأكياس النوم ( Sleeping Bags ) .

● راتنجات الألكيد : وهي عبارة عن بوليمرات متكاثفة تنتج من تفاعلات الأحماض ثنائية أو متعددة الوظيفة مع كحولات ثنائية أو متعددة الهيدروكسيل .

ومن الأحماض المستخدمة في هذا المجال أورثو حامض الفثاليك ، أيزوحامض الفثاليك ، حامض التيرفثاليك ، حامض المالمثيك ، حامض الأديبيك وغيرها . أما الكحولات المستخدمة فتشمل الجليسرين ، البنثا أرثريتول وغيرها .

تتنوع راتنجات الألكيد وفقاً للمواد الأولية المستخدمة ، ومن أهمها :-

## طيف الكتلة

إعداد: د. عدلي فضل العطار

### ٣ - المحلل

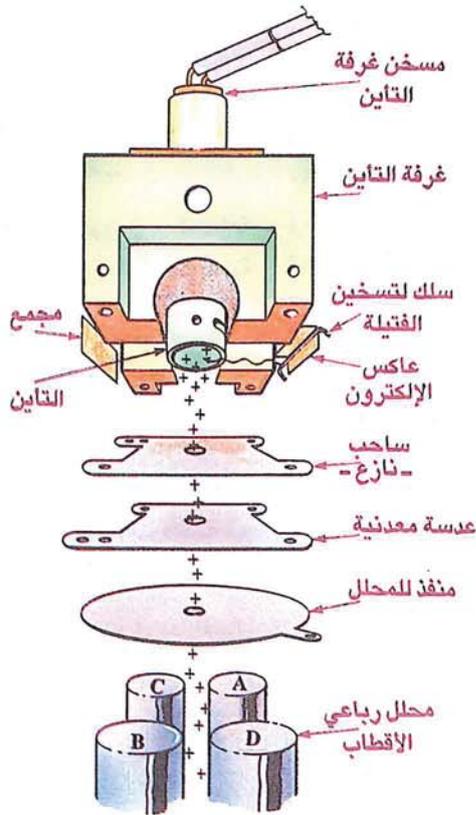
المحلل (Analyzer) عبارة عن غرفة تندفع إليها الإلكترونات من غرفة التأين حيث يحدث فصل، وتصنيف الأيونات الناتجة تبعاً للعلاقة النسبية بين كتلتها وشحنتها الكهربائية (M/e).

من أنواع المحلل الأكثر استخداماً "رباعي الأقطاب (Quadrupole)" ويتكون من أقطاب معدنية من الفولاذ توضع بشكل رباعي بحيث تكون شحنتها متساوية ولكل قطبين متقابلين شحنة موجبة (A, B) أو سالبة (C, D)، شكل (٢)، تتصل الأقطاب بمصدر كهربائي آخر بذبذبات الراديو.

### ٤ - المقدر

المقدر (Detector) غرفة تقدير كهربائي تحوى مضخم إلكتروني (Electron Multiplier) لتقوية الإشارات الكهربائية الناتجة من المحلل، وتسجيلها كأطياف.

ومما يجدر ذكره أن الأجهزة القديمة كانت تستخدم صفيحة تصوير



● شكل (٢)

يعد جهاز طيف الكتلة من أهم أجهزة التحليل الكيميائي، حيث يعطي معلومات ممتازة عن بنية المركبات الكيميائية، وتقدير الأوزان الجزيئية بدقة عالية جداً، ومن ثم استنتاج الصيغة الجزيئية، والبنائية للمركبات. تم استخدام جهاز طيف الكتلة لأول مرة عام ١٩٤٠ م. من أجل تحليل المركبات الكيميائية، ومنذ ذلك الوقت حتى وقتنا الحاضر تم تطوير الجهاز لتحسين وزيادة حساسيته ودقته.

### تطبيقات الجهاز

يستخدم الجهاز في الكيمياء التحليلية، والحيوية، والعضوية، وغير العضوية، ويعد مهماً جداً في التحليل الكيفي للمركبات العضوية، والعضو معدنية (التي تحتوي على معادن)، كما يستخدم في المركبات الأيونية لتقدير العناصر الفلزية واللافلزية، وكذلك في تحليل السبائك خاصة عند اقتران جهاز طيف الكتلة مع جهاز ازدواج البلازما الحاث (ICP) الذي يستخدم في التحليل الكيفي، والكمي.

وبصورة عامة يمكن استخدام الجهاز في تحليل جميع المركبات القابلة للتطاير، ومعظم المركبات غير القابلة للتطاير التي يتراوح وزنها الجزيئي من ٢٠ إلى ١٠٠٠ وحدة وزنية جزيئية، كما يمكن الحصول على معلومات جيدة عن الجزيئات الكبيرة التي يصل وزنها الجزيئي إلى حوالي عشرة آلاف وحدة وزنية جزيئية.

### أجزاء الجهاز

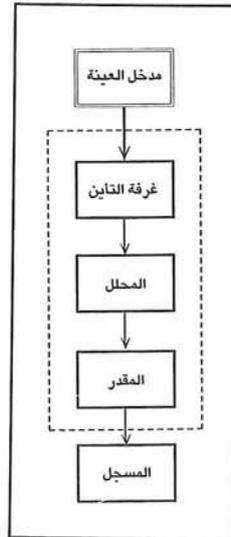
يتألف جهاز طيف الكتلة، شكل (١) من أجزاء داخل غرفة التفريغ (Vacuum Chamber Room) هي غرفة التأين والمحلل، والمقدر، وأجزاء خارجها هي مدخل العينة (مقدمة الجهاز)، والمسجل (مؤخرة الجهاز)، ويمكن تفصيل تلك الأجزاء في مايلي:

### ١ - مدخل العينة

مدخل العينة (Sample Inlet System) مكان لإدخال العينة سواء كان في "أجهزة الكروماتوجرافيا الغازية (GLC) " أو "ذات الأداء العالي (HPLC) "، ويتم فيه تحويل المادة المراد تحليلها إلى الحالة الغازية بواسطة التسخين اعتماداً على طبيعتها، فإن كانت قابلة للتطاير فإنها تسخن من ٢٠٠ إلى ٣٠٠° م، أما إن كانت غير قابلة للتطاير فإنها تسخن إلى درجة ٤٠٠° م.

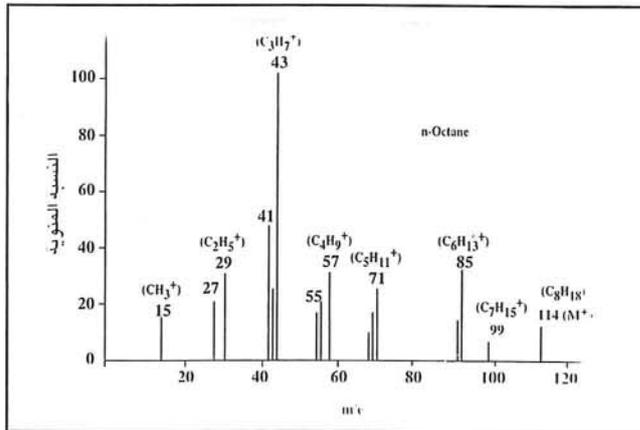
### ٢ - غرفة التأين

غرفة التأين (Ionization Chamber) مكان يحدث فيها تأين العينة بامرار شعاع من الإلكترونات بطاقة قدرها ٥٠ إلى ٧٠ إلكترون فولت، تكفي لتأيينها وتكسرها إلى قطع صغيرة (Fragments) شظايا الأيون الجزيئي. (Molecular ion) الذي ينتج عن تأين الجزيء الأم.

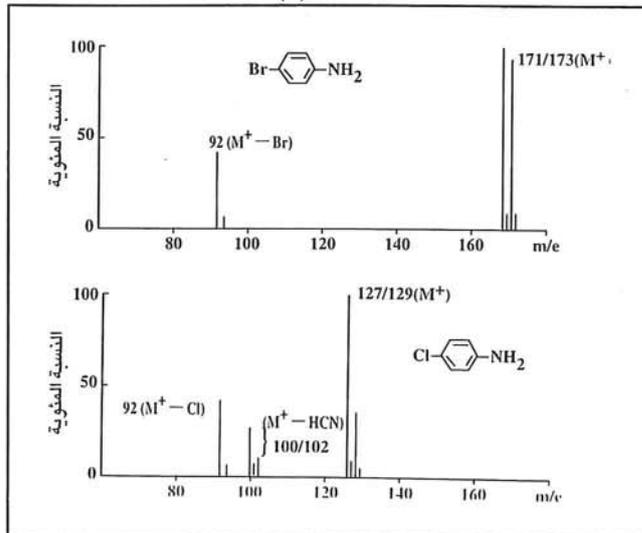


● شكل (١)

ينشأ في طيف الكتلة العديد من الخطوط الطيفية يمثل كل منها شظية خاصة؛ تختلف في كثافتها النسبية وفقاً لوفرتها، ويسمى الخط الطيفي الأكثر كثافة في الطيف "بالخط الطيفي الأساس" وتكون نسبته ١٠٠٪، وإليه تنسب كثافة الخطوط الطيفية الأخرى الموجودة بالطيف، وتعرف هذه "بالخطوط السائدة" التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار في تفسير النتائج. ويلاحظ كذلك أن كل خط طيفي محاط بخطوط طيفية أخرى أقل كثافة، ويوضح الجدول (١) نسبة خط الطيف لمعظم النظائر الأكثر شيوعاً في المركبات الكيميائية، وبصورة عامة تكون نسبة كثافة طيف النظير الأقل كتلة حوالي ١٠٠٪، بينما تقل كثافة طيف النظير الأكثر كتلة، ومن أمثلة ذلك: تبلغ كثافة الكلور ٣٥ حوالي ١٠٠٪، بينما تبلغ كثافة الكلور ٣٧ حوالي ٢٣٪، شكل (٤).



● شكل (٣)



● شكل (٤)

ومما يجدر ذكره أن حوالي ٩٠٪ من المركبات الكيميائية تعطي الجزئي الأم. عندما تزداد الطاقة إلى حوالي ٧٠ إلكترون فولت تبدأ الأيونات الجزيئية في التفكك إلى شظايا مختلفة، ذات خطوط طيفية، تمثل كتلاً لها علاقة بكتلة الأيون الأم، ومن هذه المعلومات يمكن معرفة الصيغة الجزيئية للمركب المراد تحليله.

### طرق التحليل الطيفي

يمتاز جهاز طيف الكتلة بالقدرة على تسجيل الأيونات التي تنشأ من الجزئيء المحتوى على نظير، أو أكثر من النظائر الثقيلة للذرات المكونة لهذا الجزئيء - شكل (٤) - لتظهر خطوط طيفية لها علاقة (M/e) مطابقة للأيون الأم (M+) والأيون الأم (M+2).

يحتوي الجدول (١) بعض العناصر التي قد توجد في المركبات العضوية، ويلاحظ أن بعض العناصر لها نظير واحد فقط، والبعض الآخر له أكثر من نظير، ويوضح الجدول أن أكثر هذه النظائر وفرة في الطبيعة أخفها كتلة، ولهذا فالجزئيء الأم يتألف من أكثر النظائر وفرة.

عند تحليل مركب عضوي مثلاً

فوتوغرافية تتعامد مع مستوى الأيونات لتصويرها على شكل حزم ضيقة حيث تمثل كثافة هذه الحزمة عدد الأيونات التي تصل إلى الصفيحة، ومن ذلك اشتق اسم "جهاز طيف الكتلة (Spectrograph)" وما زال الاسم شائعاً له في الوقت الحاضر رغم تغير طريقة التقدير إلى طريقة التقدير الكهربائي.

### ٥ - المسجل

المسجل (Recorder) جهاز لتوضيح النتائج على شكل خطوط طيفية متميزة للأيونات المختلفة على ورقة التسجيل، ويوضح شكل (٣) مثلاً لتسجيل نتائج طيف الكتلة للأكتان النظامي حيث يكون طيف الأيون الأم ١١٤، كما تشاهد خطوط طيف رئيسية (٩٩، ٨٥، ٧١، ٤٣، ٢٩، ١٥)، يكون الفرق بين كل خط طيف والطيف الذي يليه ١٤، ويمثل ذلك الفرق الأيون (CH2) الذي يبلغ وزنه الجزيئي ١٤، ومن ذلك يُستنتج أن المركب اليقاتي يحتوي على هيدروجين و كربون فقط.

### كيفية عمل الجهاز

عند وصول المادة الكيميائية إلى غرفة التأين نتيجة تسليط شعاع من الإلكترونات تتراوح طاقته من ١٠ إلى ١٥ إلكترون فولت تفقد الجزيئات العضوية إلكترونًا واحداً، ويتكون بالتالي الأيون الجزيئي، ويسمى الأيون الأم (M+)، ويمكن ملاحظة ذلك من الطيف والعلاقة بين (M/e) لإعطاء الوزن الجزيئي الدقيق، وليس التقريبي.

العنصر	الكتلة	الوفرة الطبيعية (%)	نسبة خط الطيف (%)
<sup>1</sup> H الهيدروجين	١,٠٠٧٨٣	٩٩,٩٨٥	١٠٠,٠٠٠
<sup>2</sup> H	٢,٠١٤١٠	٠,٠١٥	٠,٠١٦
<sup>12</sup> C الكربون	١٢,٠٠٠٠٠	٩٨,٩٠٠	١٠٠,٠٠٠
<sup>13</sup> C	١٣,٠٠٣٣٥	١,١٠٠	١,٠٨٠
<sup>14</sup> N النيتروجين	١٤,٠٠٣٠٧	٩٩,٦٤٠	١٠٠,٠٠٠
<sup>15</sup> N	١٥,٠٠٠١١	٠,٣٦٠	٠,٣٦٠
<sup>19</sup> F الفلور	١٨,٩٩٨٤١	١٠٠,٠٠٠	١٠٠,٠٠٠
<sup>31</sup> P الفوسفور	٣٠,٩٧٣٧٦	١٠٠,٠٠٠	١٠٠,٠٠٠
<sup>35</sup> Cl الكلور	٣٤,٩٦٨٨٥	٧٥,٨٠٠	١٠٠,٠٠٠
<sup>37</sup> Cl	٣٦,٩٦٥٨٩	٢٤,٢٠٠	٢٢,٧٠٠
<sup>79</sup> Br البروم	٧٨,٩١٨٣٥	٥٠,٥٠٠	١٠٠,٠٠٠
<sup>81</sup> Br	٨٠,٩١٦٣٤	٤٩,٥٠٠	٩٧,٥٠٠

● جدول (١) نسبة بعض نظائر العناصر في الطبيعة وكتلتها ونسبة خطوط الطيف

## مصطلحات علمية (\*)

بعد أو بين وبارا ( Para ) وتعني مقابل وهي بوايء تستعمل في الكيمياء العضوية للدلالة على وضع بدليين متساويين أو مختلفين بنسبة بعضهما الى بعض في الحلقة البنزينية . وفي الكيمياء اللاعضوية ( المعدنية ) تضاف البادئتان أورثو وميتا إلى أسماء الأحماض التي تختلف فيما بينها بنسبة المجموعات الهيدروكسيلية الموجودة فيها ، حيث تضاف البادئة أورثو - عندما تكون هذه النسبة أكبر مايمكن ، وتضاف البادئة ميتا - عندما تكون أصغر مايمكن .

**Polycondensation** ● تكاثف متعدد عملية يتم فيها الحصول على بوليمرات ، وتعتمد على تفاعلات الإستبدال ، وهي نزع الماء بين المجموعات الوظيفية للمواد المتفاعلة (مونوميرات) .

**Plastics** ● لدائن ( مواد بلاستيكية ) مواد تحضر من البوليمرات الطبيعية أو الإصطناعية . وتستخدم في الكثير من الصناعات .

**Pyrolysis** ● تفكك حراري تفكك المركبات العضوية المعقدة ، وتحولها إلى مركبات أبسط في درجة حرارة عالية . ويتضمن التفكك أيضاً تفاعل تكاثف وتماكب .

**Radical** ● جذر ، شق مجموعة من الذرات تنتقل عادة أثناء التفاعلات الكيميائية من مركب إلى آخر دون أن يطرأ عليها أي تغيير . وتتمتع الجذور وهي في حالة حرة بتكافؤ حر ( الكترون وحيد ) ويكون لها فترة عمر قصير جداً نظراً لنشاطها وقدرتها التفاعلية الكبيرة .

**Silica Gel** ● السيليكا جل مادة هلامية مجففة من أكسيد السيليكون (SiO2) يحضّر بإضافة حامض كلوريد الماء أو حامض الكبريت إلى محلول سيليكات الصوديوم. وتعد السيليكا جل مادة ماصة ذات بنية شعرية فعّالة تستعمل من أجل امتصاص أبخرة الماء والكحول والأسيتون والبنزين وغيرها من السوائل العضوية .

**Surfactants** ● مواد فعالة سطحياً مواد تخفّض التوتر السطحي على السطح الفاصل بين سائلين ، أو بين سائل وغاز . تستخدم في التعويم ، وتحضير المستحلبات وغيرها .

(\*) المصدر : البنك الآلي السعودي للمصطلحات (باسم) مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

أو روابط أحادية بسيطة .

**Copolymer** ● بوليمر مشترك بوليمر مختلط ، ينتج عن بلمرة مادتين أو أكثر (مونوميرات) يكون له خصائص مختلفة عن أي بوليمر يُنتج منه ، ومثال ذلك البوليمر المشترك بين خلات البولي فينيل - وبلا ماء حامض الفثاليك .

**Dealkylation** ● نزع الألكيل نزع مجموعات الألكيل من جزيئات المركبات العضوية .

**Dehydration** ● نزع الماء هي العملية التي يتم فيها تفاعل نزع الماء من جزيئات المركبات الكيميائية .

**Dehydrogenation** ● نزع الهيدروجين هي العملية التي يتم بها نزع الهيدروجين من المركبات بوجود مواد محفزة .

**Fractional Distillation** ● تقطير تجزيئي عملية فصل المخاليط السائلة إلى أجزاء مستقلة تغلي في مجالات معينة من درجة الحرارة . ويتم هذا الفصل بالتبخير ثم التكثيف .

**Hydration** ● إمالة مصطلح مشتق من الكلمة اليونانية (Hydro) وتعني عملية ضم جزيئات الماء إلى الجزيئات أو الأيونات الأخرى .

**Hydrolysis** ● حلمأة ( حلمهة ) مصطلح مشتق من كلمتين يونانيتين ( Hydro ) وتعني الماء ، و ( Lysis ) وتعني تفكك أو تحلل ، وهي تفاعل المواد مع الماء وتشكل مركبات مختلفة نتيجة لذلك .

**Inhibitors** ● مثبطات ( موانع ) مواد تبطيء ، أو توقف سير التفاعلات الكيميائية كالأكسدة ، والبلمرة ، وتآكل الفلزات ، وغيرها .

**Monomer** ● مونومير المادة الأولية في صناعة البوليمرات . وتقوم بهذا الدور جميع المركبات التي يمكن أن تتبلمر نظراً لاحتوائها على روابط ثنائية ، وثلاثية ، أو مجموعات الدهيدية ، أو هيدروكسيلية ، وتشكل درجة نقاوة المونومير عاملاً أساساً في عملية إنتاج البوليمرات .

● أورثو - ، ميتا - ، بارا

**Ortho - , Meta - , Para** أسماء مشتقة من الكلمات اليونانية (Ortho) وتعني مباشر أو مستقيم وميتا ( Meta ) وتعني

● منشطات Activators مواد كيميائية تضاف إلى المادة المحفزة لزيادة نشاطها ، أو انتقائيتها ، أو ثباتها .

● مواد مانعة للتجمد Antifreeze سوائل تتجمد عند درجات حرارة منخفضة تستعمل في تبريد المحركات ، وفي الوحدات التي تعمل في ظروف ذات درجات حرارة منخفضة .

● مركب مانع الخبث Antiknock Compound مادة كيميائية تضاف بكميات قليلة (أقل من ١٪) إلى وقود المحركات التي تشتعل بالشرارة الكهربائية لخفض قوة الاحتراق الانفجاري (الخبث) فيها .

● موانع الأكسدة Antioxidizers مواد تمنع ، أو تبطيء الأكسدة بالأكسجين الجزيئي ، ومن أهمها الفينولات والأمينات العطرية وغيرها ، وهي تستخدم في صناعة المطاط ، ولحفظ الدهون ، كما تضاف إلى وقود المحركات وغيرها من الإستخدامات الأخرى .

● حفز (وساطة) Catalysis تغير سرعة التفاعل بوجود مواد محفزة . يكون المحفز إما إيجابياً عندما تزداد سرعة التفاعل ، وإما سلبياً عندما تنخفض السرعة ، أو يتوقف التفاعل تماماً .

● توازن كيميائي Chemical Equilibrium توازن حركي في التفاعلات العكوسة حيث تصبح عنده سرعة التفاعل المباشر مساوية لسرعة التفاعل العكسي ، ولا تتغير تراكيز المواد المتفاعلة مع الزمن ، وفي حالة التوازن الكيميائي تكون النسبة بين تراكيز المواد المتفاعلة ثابتة في درجة الحرارة المعطاة .

● كلورة Chlorination عملية إدخال الكلور في المركبات العضوية واللاعضوية .

● غاز فرن الكوك Coke-oven Gas غاز ينتج من عملية تكويك الفحم ، ويتألف من الميثان ، والهيدروجين ، وأول أكسيد الكربون ، ويحتوي على شوائب أخرى غير قابلة للاحتراق مثل : ثاني أكسيد الكربون ، والأمونيا ، والنيتروجين .

● روابط مضاعفة اقترانية

**Conjugated Double Bonds** رابطتان مضاعفتان أو أكثر تفصل بينهما رابطة

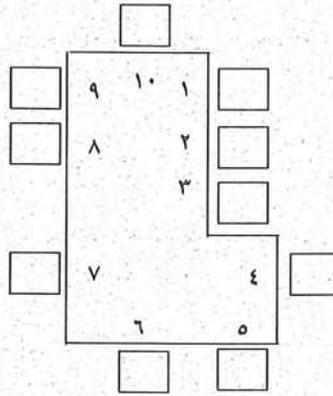


# مساحة للتفكير

## مسابقة العدد

### مقعد الأستاذ أحمد

أقام أحدهم وليمة عشاء بمناسبة عودة الأستاذ أحمد من السفر حيث كان عدد الجالسين على مقاعد المائة عشرة أشخاص بما فيهم الداعي ، وكان خمسة منهم يرتدون الغترة البيضاء وخمسة منهم الغترة الحمراء (الشماع) فإذا علمت أن المقاعد رتبت على منضدة الأكل بالشكل التالي :



فإذا كانت لديك المعلومات التالية :

- ١- كل رجل يرتدي غترة حمراء أمامه رجل يرتدي غترة بيضاء.
  - ٢- الداعي يجلس على الكرسي رقم (١) وأمامه رجل يرتدي غترة حمراء.
  - ٣- لا يجلس رجل يرتدي غترة بيضاء بين رجلين يرتديان غترة حمراء.
  - ٤- الأستاذ أحمد يجلس بين رجلين يرتديان غترة بيضاء.
- السؤال :- على أي مقعد من المقاعد كان يجلس الأستاذ أحمد ؟

### حل مسابقة العدد الثامن والعشرين

#### (الرقم المفقود)

لمعرفة الحل لابد من إيجاد القيم المحتملة للحرف (ج) وذلك من قيم الحروف (د) و (ن) و (م) ثم يتم التأكد من امكانية أو عدم امكانية حمل (١) من جمع (ب+ب).

[أولاً] : حيث انه في الغالب (١) قد حمل من جمع (ج+ج) فإن قيمة الحرف (د) تساوي (٩) والحرف (ن) تساوي (١) والحرف (م) تساوي (صفر) وعليه فإن قيمة الحرف (ج) أكبر من (٤).

[ثانياً] : إذا كانت قيمة الحرف (ج) تساوي (٥) فإن قيمة الحرف (ل) إما (صفر) أو (١) ولكن في المعطيات أُشير إلى أن كل حرف يمثل رقماً

يختلف عن الأرقام التي تمثلها الحروف الأخرى ، وعلى ذلك فإن قيمة الحرف (ج) لاتساوي (٥).

[ثالثاً] : بناءً على ما سبق فإن قيمة الحرف (ج) هي (٦) أو (٧) أو (٨) وعليه فإن الاحتمالات لقيمة الحرف (ل) هي (٢) أو (٣) في حالة أن قيمة الحرف (ج) تساوي (٦) وقيمة الحرف (ل) هي (٤) و (٥) في حالة أن قيمة الحرف (ج) تساوي (٧) وقيمة الحرف (ل) هي (٦) و (٧) في حالة أن قيمة الحرف (ل) تساوي (٨) ، وعلى ذلك فإن هناك ستة احتمالات لحالات الجمع هي :-

$$\begin{array}{r} ٩٦٦ \text{ أب (١)} \\ ٦٦٦+ \\ \hline ١٠٢٦ \text{ قك} \end{array} \quad \begin{array}{r} ٩٦٦ \text{ أب (٢)} \\ ٦٦٦+ \\ \hline ١٠٢٦ \text{ قك} \end{array} \quad \begin{array}{r} ٩٧٧ \text{ أب (٣)} \\ ٧٧٧+ \\ \hline ١٠٤٤ \text{ قك} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} ٩٧٧ \text{ أب (٤)} \\ ٧٧٧+ \\ \hline ١٠٥٥ \text{ قك} \end{array} \quad \begin{array}{r} ٩٨٨ \text{ أب (٥)} \\ ٨٨٨+ \\ \hline ١٠٦٦ \text{ قك} \end{array} \quad \begin{array}{r} ٩٨٨ \text{ أب (٦)} \\ ٨٨٨+ \\ \hline ١٠٧٧ \text{ قك} \end{array}$$

[رابعاً] : في الاحتمالات الستة لحالات الجمع المذكورة في (ثالثاً) يتضح أن الإحتمال (١) و (٣) و (٥) لم يحمل أي رقم في جمع (ب+ب) وفي هذه الحالة فإن قيمة الحرف (ب) لابد وأن تكون أقل من (٥) أما الاحتمالات (٢) و (٤) و (٦) فإن قيمة جمع (ب+ب) ينتج عنها حمل (١) ولذلك فإن قيمة الحرف (ب) لا بد وأن تكون أكبر من (٤).

[خامساً] : بناءً على المعلومات المتوفرة في "رابعاً" هناك خمسة عشر احتمالات لحالات الجمع هي :-

$$\begin{array}{r} ٩٦٧١ \text{ (٣)} \\ ٦٧١+ \\ \hline ١٠٣٤ \text{ قك} \end{array} \quad \begin{array}{r} ٩٦٤١ \text{ (٢)} \\ ٦٤١+ \\ \hline ١٠٢٨ \text{ قك} \end{array} \quad \begin{array}{r} ٩٦٢١ \text{ (١)} \\ ٦٢١+ \\ \hline ١٠٢٧ \text{ قك} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} ٩٧٢١ \text{ (٧)} \\ ٧٢١+ \\ \hline ١٠٤٦ \text{ قك} \end{array} \quad \begin{array}{r} ٩٧٢١ \text{ (٦)} \\ ٧٢١+ \\ \hline ١٠٤٥ \text{ قك} \end{array} \quad \begin{array}{r} ٩٦٨١ \text{ (٥)} \\ ٦٨١+ \\ \hline ١٠٣٧ \text{ قك} \end{array} \quad \begin{array}{r} ٩٦٧١ \text{ (٤)} \\ ٦٧١+ \\ \hline ١٠٣٥ \text{ قك} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} ٩٨٢١ \text{ (١١)} \\ ٨٢١+ \\ \hline ١٠٦٤ \text{ قك} \end{array} \quad \begin{array}{r} ٩٧٨١ \text{ (١٠)} \\ ٧٨١+ \\ \hline ١٠٥٦ \text{ قك} \end{array} \quad \begin{array}{r} ٩٧٦١ \text{ (٩)} \\ ٧٦١+ \\ \hline ١٠٥٣ \text{ قك} \end{array} \quad \begin{array}{r} ٩٧٦١ \text{ (٨)} \\ ٧٦١+ \\ \hline ١٠٥٢ \text{ قك} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} ٩٨٦١ \text{ (١٥)} \\ ٨٦١+ \\ \hline ١٠٧٣ \text{ قك} \end{array} \quad \begin{array}{r} ٩٨٦١ \text{ (١٤)} \\ ٨٦١+ \\ \hline ١٠٧٢ \text{ قك} \end{array} \quad \begin{array}{r} ٩٨٣١ \text{ (١٣)} \\ ٨٣١+ \\ \hline ١٠٦٧ \text{ قك} \end{array} \quad \begin{array}{r} ٩٨٢١ \text{ (١٢)} \\ ٨٢١+ \\ \hline ١٠٦٥ \text{ قك} \end{array}$$

[سادساً] : إذا نظرنا إلى حالات الجمع الواردة في "خامساً" نجد أن إحدى عشرة حالة لا يمكن قبولها لأنه يوجد على الأقل رقمين مفقودين أما الأربعة حالات المقبولة فهي الآتي :-

$$\begin{array}{r} ٩٨٢٧ \text{ (١٥)} \\ ٨٢٧+ \\ \hline ١٠٦٥٤ \end{array} \quad \begin{array}{r} ٩٧٨٢ \text{ (١٠)} \\ ٧٨٢+ \\ \hline ١٠٥٦٤ \end{array} \quad \begin{array}{r} ٩٧٦٤ \text{ (٨)} \\ ٧٦٤+ \\ \hline ١٠٥٢٨ \end{array} \quad \begin{array}{r} ٩٧٢٨ \text{ (٦)} \\ ٧٢٨+ \\ \hline ١٠٤٥٦ \end{array}$$

في كل الحالات الأربع نجد أن الرقم (٣) هو المفقود.

## أعزاءنا القراء

إذا استطعتم معرفة الإجابة على مسابقة « مقعد الأستاذ أحمد » فأرسلوا إجابتكم على عنوان المجلة مع التقيد بما يأتي:-

- ١- ترفق طريقة الحل مع الإجابة .
  - ٢- تكتب الإجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء .
  - ٣- يوضع عنوان المرسل كاملاً .
  - ٤- آخر موعد لاستلام الحل هو ٢٠/٣/١٤١٥هـ .
- سوف يتم السحب على الإجابات الصحيحة التي تحتوي على طريقة الحل ، وسيمنح ثلاثة من أصحاب الإجابة الصحيحة جوائز قيمة ، كما سيتم نشر أسمائهم مع الحل في العدد المقبل إن شاء الله .

## الفائزون في مسابقة العدد الثامن والعشرين

تلقت المجلة العديد من الرسائل التي تحمل حل مسابقة العدد الثامن والعشرين « الإخوان » وقد تم إستبعاد جميع الحلول التي لم تتقيد بشروط المسابقة ، وكذلك الرسائل التي وصلت متأخرة عن الموعد المحدد . وبعد فرز الحلول وإجراء القرعة على الحلول الصحيحة فاز كل من الآتية أسماؤهم:-

- ١ - علي محمد موسى عواد - الرياض .
  - ٢ - ندى عبدالعزيز يحيى - الجبيل .
  - ٣ - هناء عبدالله الكريم الخنيفر - الرياض .
- ويسعدنا أن نقدم للفائزين هدية قيمة حيث سيتم إرسالها لهم على عناوينهم ، كما نتمنى لمن لم يحالفهم الحظ ، حظاً وافراً في مسابقات الأعداد المقبلة .

## ● الإستنتاج

هذا الدوران جعل الناس - في السابق - يعتقدون أن لجسم الإنسان بعض الخواص الخارقة ، بينما السبب بسيط جداً وهو أن حرارة اليد تؤدي إلى تسخين الهواء فتتولد تيارات صاعدة تصطمم بالورقة ذات الحواف المائلة - نتيجة للطي - تجعلها تدور، ونتيجة لإن حرارة كف اليد أعلى من حرارة الأصابع فإن التيارات الهوائية الصاعدة عند الكف أقوى منها عند الأصابع مما يؤدي إلى حدوث الحركة بهذا الإتجاه. (من الكف إلى الأصابع).

# من أجله فلذات أبادنا



## تهدد الغازات بالحرارة

فلذات ابادنا - تعلمون أن الغازات عند تسخينها تتمدد وبذلك تبدأ في تحريك بعضها ببعض مولدة ما يسمى بالتيارات الصاعدة، ولكي نعرف ظاهرة التيارات الصاعدة دعونا نجري التجربة التالية:-

### ● الأدوات

\* ورقة رقيقة جداً على شكل مستطيل  
\* إبرة.

### ● خطوات العمل

١ - إطو الورقة مرتين من منتصفها، شكل (١)، ثم اعدّها إلى وضعها السابق. حيث سيكون مركز ثقلها نقطة تقاطع خطي الطي.

٢ - احمّل الإبرة من قاعدتها بيدك اليسرى ثم ضع الورقة من مركز ثقلها على طرف الإبرة الحاد بيدك اليمنى، شكل (٢).

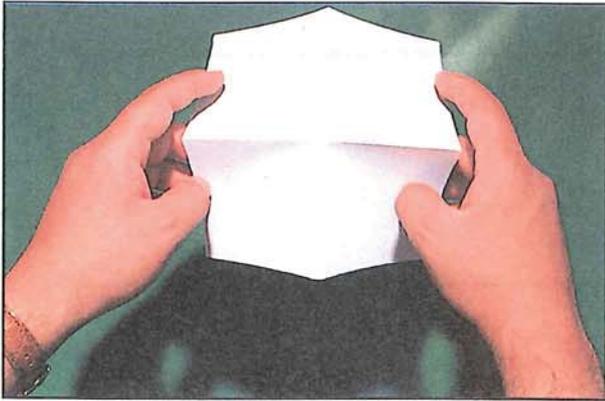
٣ - قرّب يدك اليمنى من الورقة ببطيء حتى أقل مسافة بين يدك والورقة وأحرص على عدم تولد تيارات هوائية تؤدي إلى سقوط الورقة أو تغير مركز ثقلها.

### ● المشاهدة

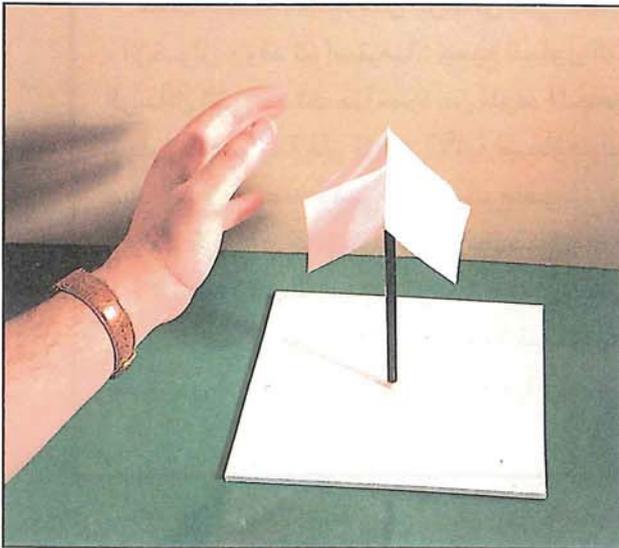
يشاهد أنه عندما تقترب اليد إلى الورقة فإنها تأخذ بالدوران، يكون دورانها في البداية ببطيئاً ثم تزداد سرعتها بالتدريج، أما عندما تبتعد اليد عنها فإنها تتوقف. وإذا قرّبت اليد مرة أخرى فإنها تبدأ بالدوران من جديد، كما يُشاهد أن الدوران يبدأ من رسغ اليد بإتجاه الأصابع.

### ● المصدر :

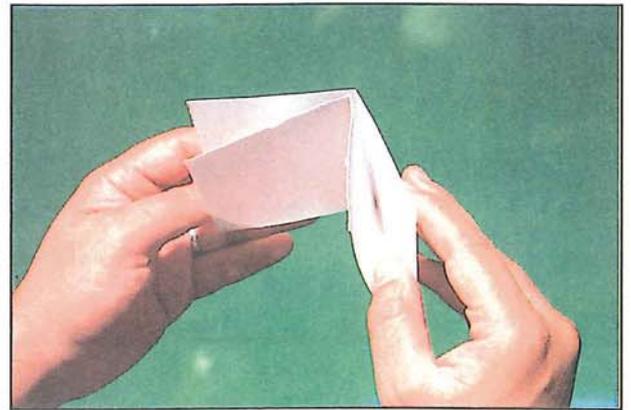
الطرائف العلمية - مدخل لتدريس العلوم  
د. صبري الدمرداش



● شكل (٢)



● شكل (٣)



● شكل (١)



# كتب صدرت حديثاً

تناول الفصل الأول منها : التعاريف الأساس للمادة ، وقياس الإتحاد العنصري ، والتفاعلات ، والحسابات الكيميائية . وتناول الفصل الثاني قوانين الغازات المثالية ، والحقيقية ، وعرض الفصل الثالث التوازن الكيميائي ، واشتمل الفصل الرابع على توازن الأحماض ، والقواعد في المحاليل المائية والذوبانية ، وتوازن الأيونات المعقدة ، وتناول الفصل الخامس ، المحاليل وطرق التعبير عن التراكيز ، والخواص التجمعية ، كما يشتمل الكتاب على معجم للمصطلحات العلمية والتعابير الإنجليزية ، وعشرة جداول ، بالإضافة إلى ٥٧٥ من المسائل المحولة ، وغير المحولة .

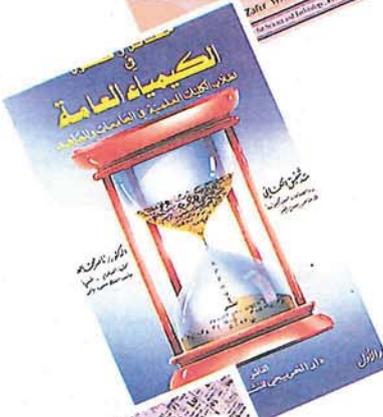
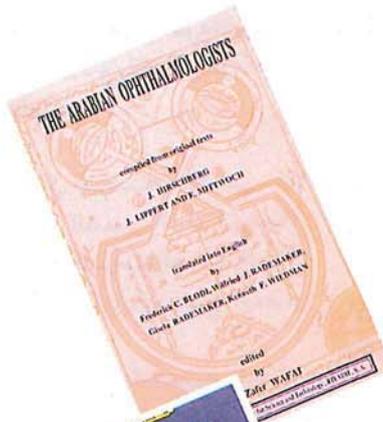
## كيمياء اللانثانيدات والأكتينيدات

صدر هذا الكتاب عام ١٤١٤ هـ عن مكتبة العيكان بالرياض ، وقام بتأليفه كل من د. عبد العزيز إبراهيم الواصل ، ود. معتصم إبراهيم خليل من قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة الملك سعود .

يتألف الكتاب من ستة فصول تتناول بالترتيب : اللانثانيدات والأكتينيدات ، والترتيب الإلكتروني ونتائجه ، ومركبات اللانثانيدات ، وفصل العناصر ، والأكتينيدات ، والكيمياء النووية للأكتينيدات .

هذا ، ويقع الكتاب في ٢٦٣ صفحة من القطع المتوسط ، ويحتوي على العديد من الأشكال والجداول التوضيحية ، وينتهي الكتاب بقائمة للأوزان الذرية للعناصر ، وكيفية تحويل وحدات القياس غير الدولية إلى الوحدة الدولية (SI) ، وقائمة مختارة للمراجع العربية والأجنبية .

من تأليف د. محمد شفيق الكنانى ، معهد بحوث البترول والصناعات البتروكيميائية بمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية ، ود. ناصر محمد العندس ، قسم الكيمياء ، كلية العلوم ، جامعة الملك سعود بالرياض ، ويقع الكتاب في ٢٧٦ صفحة من القطع المتوسط ، ويتكون من خمسة فصول ،



## The Arabian Ophthalmologists

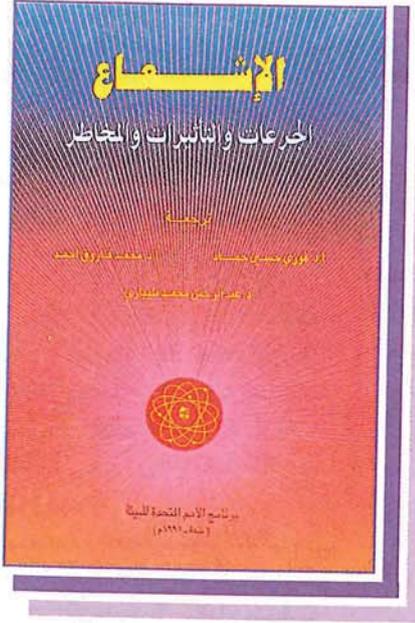
صدر كتاب أطباء العيون العرب باللغة الإنجليزية عن مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية عام ١٩٩٣م ، ويقع في ٣٠٢ صفحة من القطع المتوسط ، ويضم بين طياته مجموعة من الأشكال الملونة لتوضيح المعلومات .

تم تجميع المادة العلمية لهذا الكتاب من المصادر العربية الأساس ، وترجمت إلى الألمانية ، ثم إلى الإنجليزية ، وقام بتحقيقه والتعليق عليه د. محمد ظافر وفائي ويشتمل الكتاب على مقدمة وثلاثة أجزاء ، تبرز المقدمة أعلاماً مضيئة من علماء العرب في مختلف العلوم مثل الكيمياء ، والفيزياء ، والرياضيات ، والنبات ، وإسهامات أعلام العرب والمسلمين في طب وجراحة العين ومنهم الرازي والكحال والطولوني والموصلي .

يتناول الجزء الأول كتاب «المنتخب في علم العين ، وعلها ، ومداواتها بالأدوية ، والحديد» لعمار بن علي الموصلي ، أما الجزء الثاني فيتناول كتاب «الكافي في الكحل» لخليفة بن أبي المحاسن الحلبي ، بينما خصص الجزء الثالث لكتاب «نور العيون» لصلاح الدين الكحال ، وتحتوي الكتب الثلاثة على معلومات كثيرة عن «العين» من حيث تركيبها ، والوانها ، والأمراض التي تصيب أجزاءها ، وطرق علاجها ، وأهم الآلات المستخدمة في جراحاتها ، ومذاهب الحكماء في كيفية إدراك المبصرات .

## مسائل وحلول في الكيمياء العامة لطلاب الكليات العلمية في الجامعات ، والمعاهد

صدر الجزء الأول من هذا الكتاب عام ١٤١٥ هـ - ١٩٩٤م عن مكتبة دار الخريجي للنشر والتوزيع بالرياض ، وهو



## الإشعاع

### الجرعات والتأثيرات والمخاطر

عرض : د. محمد حسين سعد

صدر هذا الكتاب باللغة الإنجليزية عن برنامج الأمم المتحدة للبيئة عام ١٩٩١ م ، وقام بترجمته كل من أ. د / فوزي حسين حماد ، و أ. د / محمد فاروق أحمد ، و د / عبدالرحمن مليباري ، ونشرته مكتبة سفير بالرياض عام ١٩٩٤ م . يقع الكتاب في ١٣٨ صفحة من الحجم المتوسط ، ويتكون من ستة فصول بالإضافة إلى عدد من الأشكال ، والجداول التوضيحية .

الرادون كأحد مصادر الإشعاع الداخلي مشيراً إلى أن له نظيرين رئيسيين هما : الرادون ٢٢٢ ، والرادون ٢٢٠ ، ويسهم الرادون - عند تفككه مع نويداته الوليدة - بحوالي ثلاثة أرباع الجرعة الفعالة الداخلية السنوية التي يحصل عليها الفرد من المصادر الأرضية ، وحوالي نصف الجرعة من المصادر الطبيعية مجتمعة .

انتهى هذا الفصل بتناوله للمصادر الأخرى للإشعاع التي تتمثل في : الفحم الذي يحتوي على قليل من النويدات المشعة الكائنة منذ الأزل ، والطاقة الجيو حرارية ( طاقة باطن الأرض ) ، وخام الفوسفات الذي يحتوي على تركيزات عالية من اليورانيوم .

وإستعرض الكتاب في الفصل الرابع « المصادر الصناعية » للإشعاع ، وأوضحها في خمسة مصادر هي : المصادر الطبية ، والتفجيرات النووية ، والقوى النووية ، والحوادث ، والتعرضات المهنية ، ومصادر أخرى متنوعة .

تناول هذا الفصل في بدايته المصادر الطبية ، وأشار إلى أن هذه المصادر تتمثل في استخدام الأشعة السينية التشخيصية ، والنظائر المشعة في تشخيص كثير من الأمراض ، وعلاجها .

تطرق الفصل بعد ذلك إلى الحديث عن

أماكن بعيدة في الفضاء الخارجي ، كما ينطلق بعضها من الشمس أثناء التوهجات الشمسية ، وتتفاعل مع الغلاف الجوي لتنتج أنواع أخرى من الإشعاع ، وبعض المواد المشعة .

ويختلف تأثير الأشعة الكونية من مكان لآخر على سطح الكرة الأرضية ، إذ تحصل المناطق القطبية على كمية أكبر من الإشعاعات مما تحصل عليه المناطق الاستوائية وذلك لأن المجال المغناطيسي للأرض يحرف مسار بعض الإشعاعات الساقطة .

● الإشعاع الأرضي : ويشمل المواد المشعة الرئيسية الموجودة في الأرض مثل : البوتاسيوم ٤٠ ، والرايبيديوم ٨٧ ، وسلسلتين من العناصر المشعة ناتجتين عن تفكك اليورانيوم ٢٣٨ ، والثوريوم ٢٣٢ ، وهما النويدتان المشعتان ذواتا عمر النصف الطويل اللتان بقيتا في الأرض منذ خلقها .

استعرض الفصل الثالث كذلك مصادر الإشعاع الداخلية التي تتضمن البوتاسيوم ٤٠ الذي يمتصه الجسم مع البوتاسيوم غير المشع ، والذي يعد أحد العناصر الأساس للإنسان ، والكربون ١٤ ، وبعض العناصر الناتجة عن تفكك سلسلتي اليورانيوم ٢٣٨ ، والثوريوم ٢٣٢ إضافة لذلك تطرق هذا الفصل لغاز

يشتمل الفصل الأول من الكتاب على « مقدمة » توجز مصادر الإشعاع الذري المختلفة التي هي عبارة عن مصادر طبيعية وصناعية ، وأوضح أن المصادر الطبيعية تسهم في معظم التعرض الإشعاعي ، بينما تسهم المصادر الصناعية في نسبة ضئيلة من هذا التعرض .

وتناول الفصل الثاني موضوع « الإشعاع والحياة » ، وذكر أن ظاهرة النشاط الإشعاعي ، وما ينتج عنها من إشعاع كانت موجودة على الأرض قبل نشوء الحياة عليها بزمان طويل . وأن الإنسان نفسه يشع بدرجة ضئيلة ، إذ إن جميع الأنسجة الحية تحتوي على آثار قليلة من المواد المشعة .

أفرد هذا الفصل كذلك مساحة كبيرة لتركيب الذرة ، والنظائر المشعة ، والإشعاعات الصادرة عنها ، والجرعات الإشعاعية المختلفة ، وانتهى هذا الفصل باستعراض للوحدات ، والجرعات المستخدمة في النشاط الإشعاعي .

واستعرض الفصل الثالث « مصادر الإشعاع الطبيعية » التي تتضمن : الإشعاعات الخارجية ، والتلوث الداخلي بالمواد المشعة ، والرادون ، ومصادر أخرى مشيراً إلى أن للإشعاعات الخارجية مصدرين هما :

● الأشعة الكونية : وينشأ معظمها من

والجرعات الصناعية الناتجة عن الفحوص الطبية بالأشعة السينية . وعلى العكس من ذلك لا يتقبل الناس المخاطر الإلزامية ، وغير الطوعية التي تفرض عليهم كمخاطر القوى النووية رغم أنها تعد أصغر مسهم في الجرعة الإشعاعية الكلية طالما يتم تشغيل المحطات النووية في ظروف عادية ، ويرجع عدم تقبل الناس للمخاطر النووية إلى عدة أسباب منها : التقديرات غير الدقيقة لتأثيرات التعرض للإشعاع خاصة عند حدوث الانفجارات النووية ، وجود مصادر مختلفة للطاقة أسهل استخداماً ، وأكثر أماناً من الطاقة النووية . إضافة لذلك شكوك الناس في النفايات المشعة التي ستبقى خطورتها لفترات طويلة في المستقبل ، وتضر بالأجيال القادمة ، والشعور البشري المضاد للحروب النووية وما ينجم عنها من دمار لا يوصف ، فضلاً عن ذلك فالناس تهاب الكوارث ، وإن كانت نادرة ، أكثر من هيبتها للأخطار الصغيرة ، وإن كانت شائعة .

وتطرق الكتاب إلى كيفية تقبل الناس للمخاطر الناجمة عن استخدام القوى النووية مشيراً إلى أنه يجب معرفتهم بكامل منافعها ، وإشراكهم بشكل أوسع في تقييم المخاطر الناجمة عنها ، كل هذا يتطلب إعلاماً كاملاً ، قائماً على الحقائق الكاملة لأن المعرفة تقود بدورها إلى الرضا الذاتي بالمخاطر المعينة التي لا تثير سوى القليل من الخوف خاصة عندما يتأكد الناس أن المنافع تفوق الأخطار .

ومن خلال مطالعة هذا الكتاب يتضح أنه يعد مرجعاً جيداً للعاملين في هذا المجال ، ومصدراً لمعرفة علمية متميزة لغير المتخصصين ، حيث إنه يحتوي على مادة علمية مبسطة ، وعدد كبير من الجداول والتعاريف ، والأشكال ، والإحصائيات التي تساعد القارئ على فهم محتواه العلمي ، ويعد هذا الكتاب إضافة جيدة لما سبقه من الكتب العلمية المترجمة التي تُثري مكتبتنا العربية وتساعد الأجيال القادمة على مواصلة العمل ، ومواكبة التقدم التقني العالمي .

المبكرة للإشعاع مشيراً إلى الأعراض الناتجة عن تعرض الجسم لجرعات عالية من الإشعاع ، والفترة الزمنية لظهور هذه الأعراض ، وأن سرعة ظهور الأعراض تتناسب طردياً مع زيادة الجرعة الإشعاعية . وأشار إلى أن خطورة التعرض للجرعات العالية تكمن في قتل خلايا الجسم ، والنتيجة النهائية لذلك هي ، بشكل عام ، الوفاة .

انتقل الفصل بعد ذلك للحديث عن التأثيرات المتأخرة للإشعاع مشيراً إلى أنها تنتج عند التعرض للجرعات الصغيرة من الإشعاع ، وتؤدي إلى مرض السرطان ، أو التلف الوراثي .

وخصص القسم الثالث من هذا الفصل للتأثيرات الوراثية الناتجة عن التعرض للإشعاع ، والتي تتمثل إما في حدوث خلل في الكروموسومات ، وإما في حدوث طفرات في الجينات ذاتها . وقد تسبب هذه التأثيرات أمراضاً وراثية في الأجيال التالية ، تتراوح بين الأمراض الخفيفة مثل مرض عمى الألوان ، والأمراض المعقدة والشديدة مثل مرض داون ، ومرض الرقاص العصبي ، وأمراض التشوهات الخلقية الحادة .

وتطرق الفصل الخامس في نهايته إلى التأثيرات على الأجنة قبل الولادة ، وأوضح مدى خطورة تعرض الجنين للإشعاع في مراحل تكوّنه المختلفة ، وذكر أنه في المرحلة الأولى ( خمسة عشرة يوماً من بدء الحمل ) يُقتل الجنين في الرحم ، بينما في المرحلة الثانية ( من ٢ إلى ٨ أسابيع ) تؤدي الإشعاعات إلى تشوه أعضاء الجنين ، وقد تؤدي إلى الوفاة عند الولادة تقريباً ، وفي المرحلة الثالثة ( من الأسبوع التاسع إلى الولادة ) يؤثر الإشعاع على الأجهزة المختلفة بالجسم .

انتهى الكتاب بالفصل السادس الذي أفردته للحديث عن « تقبل المخاطر » ، وأوضح فيه أن كثيراً من الناس يتقبل المخاطر الطوعية ، التي قد تعرضه للهلاك مثل : الصعود إلى قمم الجبال ، والقفز على الجليد ، وغيرها . وإضافة لذلك يتقبل الناس مخاطر الإشعاعات الطبيعية ،

التفجرات النووية التي تقوم بها الدول الكبرى في الجو لاختبار أسلحتها النووية ، وما يصاحب ذلك من تعرض الإنسان للإشعاع بسبب تساقط الفضلات المشعة التي تحتوى على بضع مئات من النويدات المشعة على سطح الأرض .

تناول الفصل بعد ذلك مصدراً آخر للإشعاع الصناعي متمثلاً في القوى النووية مشيراً إلى أنها تسهم إسهاماً ضئيلاً في تعرض الإنسان للإشعاع ، وأضاف الكتاب أن مصدر هذا الإشعاع يتمثل في انطلاق النويدات المشعة من المنشآت النووية للبيئة في فترات التشغيل العادي .

واستعرض الفصل بعد ذلك الحوادث النووية وأشار إلى أن معظمها ينتج إما عن الاستعمال الخاطئ للنظائر المشعة ، وإما من خلال التعرض للأشعة السينية الناشئة عن إهمال العاملين .

تطرق الفصل بعد ذلك للحديث عن التعرضات المهنية مشيراً إلى أن هناك أعداداً من العاملين في مجالات مختلفة تتعرض مهنيًا للإشعاع ، ومن هذه المجالات : البحوث النووية وتطويرها ، والمناجم الموجودة فوق ، وتحت سطح الأرض ، والمفاعلات النووية ، والتصوير الإشعاعي ، والملاحة الجوية .

وانتهى الفصل الرابع باستعراض مصادر الإشعاع الأخرى المتنوعة والتي أوجزها في بعض المنتجات الاستهلاكية المعتادة التي تحتوي على مواد ينتج عنها تعرض الجمهور الغافل للإشعاع ، ومن أمثلة هذه المنتجات : الساعات ذات الميناء والعقارب المضيئة ، وساعات الحائط المضيئة التي تعطي أكبر جرعات على مستوى العالم كله ، واستخدام النويدات المشعة في إضاءة علامات الخروج من الأماكن المظلمة وغيرها .

اشتمل الفصل الخامس « تأثير الإشعاع على الإنسان » على أربعة مواضيع هي : التأثيرات المبكرة ، والمتأخرة ، والوراثية ، والتأثيرات على الأجنة .

تناول هذا الفصل في بدايته التأثيرات

# بحوث علمية

## استخدام مركبات مجموعة البلاتين كعوامل حفز في تفاعلات الأوليفينات في الأوساط المتجانسة

قامت مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية بدعم مشروع بحثي بعنوان « استخدام مركبات مجموعة البلاتين كعوامل حفز في تفاعلات استبدال مباشر للأوليفينات في الأوساط المتجانسة ».

وقد تم إجراء البحث بكلية العلوم - جامعة الملك فهد للبترول والمعادن في الفترة من ١٤٠٣ هـ إلى ١٤٠٥ هـ وكان الباحث الرئيس الدكتور حسن أحمد تيم ، ويهدف المشروع إلى إيجاد طريقة اقتصادية أقل تكلفة واستهلاكاً للطاقة من الطرق المتبعة حالياً لتصنيع اللبانات المهمة للبوليمرات مثل الأكريلونتريل ، وكلوريد الفينيل.

شملت أهداف الدراسة إجراء تفاعلات استبدال مباشرة على الأوليفينات مثل الإيثيلين وإمكانية دراسة أوليفينات أخرى كالبروبلين ، والبوتاديين ، والأكتين الحلقي باستعمال مركبات مجموعة البلاتين كمواد حفزة ، وإجراء التجارب ودراسة نتائجها بحيث يمكن التوصل إلى تحديد أنسب ظروف لكل من التفاعلات التي يتم تحقيقها ، والتي قد يكون لها تطبيقات صناعية بالإضافة إلى مراقبة تفاعلات الاستبدال بدقة تحت مختلف الظروف لمحاولة التعرف على أية تفاعلات أخرى تتم مصاحبة لتفاعلات الاستبدال ، ودراسة التفاعلات

المصاحبة بالتفصيل ، وتحديد أنسب الظروف لحصولها بغرض اقتراح تطبيقات صناعية لها. أجريت معظم التجارب ضمن هذا البحث في مفاعل ضغط عال مجهز بمنظم لدرجة الحرارة ، وقد استعملت أجهزة كروماتوغرافيا ، ومطياف الكتلة وأجهزة التحليل الكمي للعناصر والطرق المطيافية في تحديد هوية نواتج التفاعل وكمياتها ، وهوية المواد الوسيطة في التفاعل.

وقد تم تحقيق المنجزات الإيجابية التالية ضمن نتائج هذا البحث :

١- أمكن تحضير كلوريد الفينيل ، والأكريلونتريل بتفاعل كلوريد البلاتين ، وسيانيد البلاتين على التوالي ، مع الإيثيلين في مذيبات عضوية قطبية عند درجات حرارة ٨٠ - ١٠٠ م° . وقد ترسب عنصر البلاتين الأسود في جميع الحالات.

٢- أمكن الإبقاء على البلاتين في المحلول ، ومنعه من الترسب باستعمال مادة الكلورنيل. ويبدو أن هذا تم نتيجة لأكسدة الكلورنيل للبلاتين إلى عدد

أكسدة +٢ ، أو نتيجة لتفاعل الكلورنيل مع البلاتين دون أكسدة ، لتكون درجة تأكسد مركب الكلورنيل مع البلاتين صفر .

٣- أمكن تحضير كلوريد الفينيل حفزاً بالتفاعل المباشر بين الكلور ، والإيثيلين بوجود كلوريد البلاتين والكلورنيل في مذيب ثنائي ميثيل الفورماميد عند درجة حرارة ١٠٠ م° .

٤- تم اكتشاف سيانيد البلاتين كمادة حفزة جديدة لتحضير بوليمر البولي إيثيلين من الإيثيلين عند درجات حرارة ٨٠ - ١٠٠ م° ، وضغط ٧ - ٢٨ ضغط جوي.

٥- تم اكتشاف تفاعل حفزي عبارة عن إضافة ثنائي ميثيل الفورماميد إلى الإيثيلين باستخدام كلوريد البلاتين كمادة حفزة عند درجة حرارة ١٠٠ -

١٥٠ م° ، وضغط ٢١ - ٢٨ ضغط جوي. أسهمت نتائج هذا البحث في كشف حقائق كيميائية جديدة ، وتعزيزها مما قد يكون لها تطبيقات صناعية مهمة ، إنشاء الله ، منها ما يلي :-

( أ ) تفاعل بعض مركبات البلاتين مع الأوليفينات لتعطي منتجات استبدال (وليس إضافة) ، ويصاحب ذلك اختزال الفلز إلى البلاتين.

( ب ) الكلورنيل مؤكسد مناسب لأكسدة فلز البلاتين فور تكوّن لبيقيه فعلاً.

( ج ) سيانيد البلاتين مادة محفزة نشطة لبلورة الإيثيلين.

( د ) كلوريد البلاتين مادة محفزة نشطة لإضافة ثنائي ميثيل الفورماميد إلى الإيثيلين ، ويمكن تطويع هذه الحقائق الناتجة عن هذا البحث إلى طرق تصنيع في العمليات التالية :-

١- بلورة الإيثيلين.

٢- تفاعل الإيثيلين مع ثنائي ميثيل الفورماميد.

٣- صنع كلوريد الفينيل.



وتعد هذه المادة سامة جداً ، وهي تتفاعل بعنف مع كلورات الصوديوم والفلور وثنائي كربون ثنائي الروبيديوم والزنثيق .

أما التأثيرات السمية قصيرة الأجل وطويلة الأجل ، وكذلك الأعراض المزمنة ، فإنها تكاد تكون مشابهة لتأثيرات وأعراض المادة السابقة (أكسيد الزرنيخ) .

\* عن كتاب " دليل المواد الكيميائية السامة والخطرة في الصناعة والتجارة والزراعة والمختبرات " . تأليف : د . رشيد الكحيمي ، د . محمد الكناني ، الجزء الأول ، الطبعة الأولى ، ١٤١٤ هـ - شركة الزراعة المتقدمة .

### تنويه

نأسف للخطأ المطبعي الذي ورد في العمود الثاني من جدول (١) صفحة ٢٠ من العدد الثامن والعشرون . وفيما يلي نورد جزء من الجدول المذكور بعد تصويب ذلك الخطأ .

الوزن الجزيئي	الصفات المركب	المركبات الالييفاتية
١٦,٠٤	ميثان	أحادي الربطة
٣٠,٠٧	إيثان	
٤٤,٠٩	بروبان	
٥٨,٣٢	بوتان	
٢٨,٠٩	إيثيلين	وجدة الربطة أوليفينات
٤٢,٠٨	بروبلين	
	بوتينات :	
٥٦,١١	١- بوتن	
٥٦,١١	مفروق ٢- بوتن	
٥٦,١١	مقرون ٢- بوتن	
٥٦,١١	أيزوبوتن	
٥٤,١٠	٣,١- بوتادايئين	الربطة الشائعة أوليفينات ثنائية
٦٨,١٢	أيزوبرين	

## مع القراء



### أعزاءنا القراء

لا زالت تتوالى رسائلكم العزيزة على قلوبنا ، ونستقبل منها كل يوم عدداً كبيراً من مختلف أرجاء الوطن العربي وكذلك من كثير من الأخوة المقيمين في الدول الأوروبية وأمريكا وكندا ، وقد لاحظنا في هذه المرة زيادة ملحوظة في عدد الرسائل التي يطلب أصحابها الإجابة على بعض الأسئلة العلمية التي تهمهم بشكل أو بآخر ، وسنكون سعداء للإجابة على جميع تلك الرسائل حسب ما تسمح به مساحة الصفحة .

كما أن تسرب الماء الناتج عن عملية إطفاء حريق هذه المادة قد يسبب تلوثاً للبيئة . من أهم أعراضه السمية قصيرة الأجل : السعال وتهيج الجلد والأغشية المخاطية ، صعوبة التنفس ، انتفاخ الكبد ، ظهور بقع بنية اللون في جميع أنحاء الجسم . أما الأعراض السمية طويلة الأجل فتشمل : تلف الجهاز التنفسي ، تلف الجهاز العصبي المركزي ، فقدان السمع ، الوفاة .

أما ثلاثي أكسيد الزرنيخ فيشارك مع كلوريد الزرنيخ في التصنيف الكيميائي والدوائي ودرجة الخطورة ، وله عدد من التسميات العلمية والتجارية مثل : أكسيد الزرنيخ ، الزرنيخ الأبيض ، بلاماء حامض الزرنيخ وغيرها ، ومن حيث الخواص الفيزيائية فهو عبارة عن بلورات معينة الشكل عديمة اللون ، قليلة الذوبان في الماء ، وغير قابلة للإحلال في الكحول ( الإيثر ) وثنائي كبريت الكربون والكلوروفورم . درجة غليانه  $^{\circ}\text{C} 465$  ، وانصهاره  $^{\circ}\text{C} 146$  ، وكثافته النوعية  $3,7$  عند درجة حرارة  $^{\circ}\text{C} 20$  .

تستخدم هذه المادة في صناعة الزجاج ، المبيدات الحشرية ، المواد الحافظة ، وكمادة صبغية وثابتة للألوان في صناعة النسيج ، إلى غير ذلك من الاستخدامات الصناعية .

نستهل إجاباتنا في هذا العدد بالإجابة على الرسالة الواردة من الأخت / مريم عبدالعزيز الحميدي ، من دولة قطر ، والتي تطلب فيها معلومات عن كلوريد الزرنيخ وثلاثي أكسيد الزرنيخ .

يصنف كلوريد الزرنيخ\* كيميائياً كملح لحامض معدني (لاعضوي) ودولياً «مادة سامة» ، وهو مادة خطيرة من الدرجة الثالثة ، وله تسميات علمية وتجارية أخرى مثل ثلاثي كلوريد الزرنيخ وثلاثي كلوريد الزرنيخ السائل ، وسائل زرنيخي مدخن ، أما خواصه الفيزيائية فهو سائل زيتي عديم اللون أو أصفر شاحب ، قابل للإمتزاج في الماء عند درجة حرارة  $25^{\circ}\text{C}$  ، كما أنه يتفكك بالأشعة تحت البنفسجية ، وتبلغ درجة حرارة غليانه  $130,2^{\circ}\text{C}$  ، ودرجة إنصهاره  $160^{\circ}\text{C}$  وكثافته النوعية  $2,156$  .

يستخدم كلوريد الزرنيخ كمادة وسطية في صناعة المبيدات الحشرية والمواد الصيدلانية والسيراميك وفي صناعة المركبات الزرنيخية العضوية . ويعد كلوريد الزرنيخ مادة سامة جداً في حالة ابتلاعه أو استنشاقه أو إمتصاصه عن طريق الجلد ، إضافة إلى أن احتراقه يولد غازات سامة أو مهيجة من الكلور وكلوريد الهيدروجين ،

## مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية هيئة علمية مستقلة ملحقة إداريا برئيس مجلس الوزراء ، ومقرها الرياض ، ويجوز إنشاء فروع لها في المدن الأخرى بالمملكة .

تأسست مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية بالمرسوم الملكي برقم م/٦٠ في ١٨/١٢/١٣٩٧هـ ، تحت مسمى المركز الوطني السعودي للعلوم والتكنولوجيا ، وفي ٢٠/١٢/١٤٠٥هـ صدر المرسوم الملكي الكريم رقم م/٦١ بتغيير مسمى المركز الوطني للعلوم والتكنولوجيا إلى المركز الوطني للعلوم والتقنية وتكوين هيئة عليا يرأسها خادم الحرمين الشريفين .

ونظرا لتعدد أنشطة المركز وأهمية برامجه ومشاريعه وما يتوقع منه مستقبلا إن شاء الله في مجال العلوم والتقنية ، فقد صدر المرسوم الملكي الكريم رقم م/٨ في ١٩/٤/١٤٠٦هـ بتحويل مسمى المركز إلى « مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية »

تنص المادة الثالثة من نظام المدينة على أن تقوم بدعم وتشجيع البحث العلمي للأغراض التطبيقية ، وتنسيق أنشطة مؤسسات ومراكز البحوث العلمية في هذا المجال بما يتناسب مع متطلبات التنمية في المملكة ، والتعاون مع الأجهزة المختصة لتحديد الأولويات والسياسات الوطنية في مجال العلوم والتقنية من أجل بناء قاعدة علمية تقنية لخدمة التنمية في المجالات الزراعية والصناعية والتعدينية وغيرها ، والعمل على تطوير الكفاءات العلمية الوطنية واستقطاب الكفايات العالية القادرة للعمل في المدينة لتطوير وتطويع التقنية الحديثة لخدمة التنمية في المملكة .

### الهيكل التنظيمي للمدينة

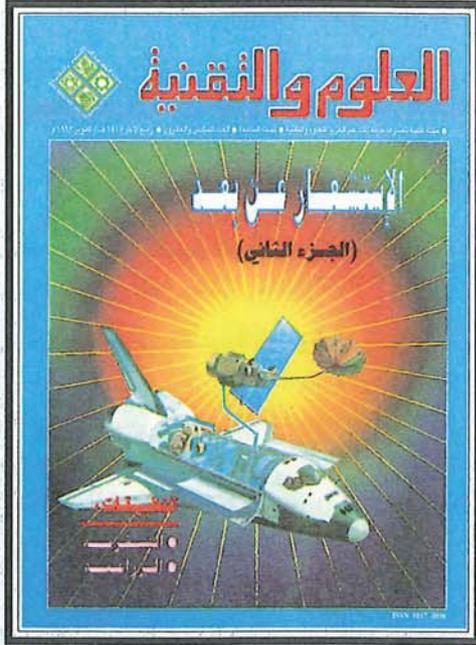
صدرت الموافقة السامية الكريمة رقم م/٢٣/٧ بتاريخ ١٩/٥/١٤٠٨هـ بإعتماد قرار الهيئة العليا للإصلاح الإداري رقم ٢ بتاريخ ١٦/٥/١٤٠٨هـ الخاص بتنظيم مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية والذي إشتمل على المعاهد والإدارات التالية :-

### الإدارات

- الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر
- الإدارة العامة لبرامج المنح
- الإدارة العامة للمعلومات
- الإدارة العامة لبراءات الاختراع
- الإدارة العامة للمشاريع
- الإدارة العامة للشؤون الإدارية والمالية
- إدارة نقل التقنية
- ادارة التعاون الدولي
- إدارة التخطيط والمتابعة
- إدارة التطوير الإداري

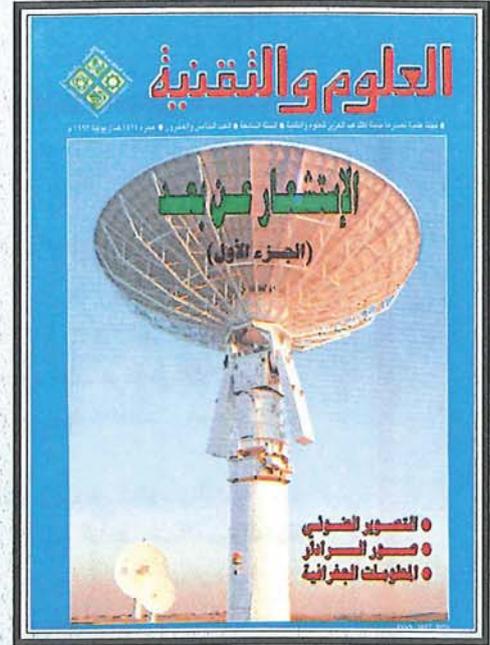
### المعاهد

- معهد بحوث الطاقة
- معهد بحوث الموارد الطبيعية والبيئة
- معهد بحوث الطاقة الذرية
- معهد بحوث البترول والصناعات البتروكيميائية
- معهد بحوث الفلك والجيوفيزياء
- معهد بحوث الفضاء
- معهد بحوث الأليكترونيات والحاسبات
- مركز الأجهزة العلمية



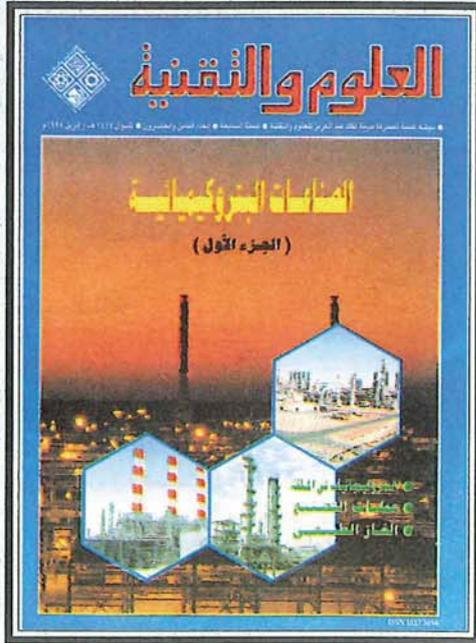
محتويات العدد (٢٦)

- دور الاستشعار عن بعد في دراسة ظاهرة معينة
- دراسة التصحر
- كشف التغيرات في الغطاء الأرضي
- التطبيقات العسكرية
- الكشف عن المعادن
- الأرصاد الجوية
- التلوث البيئي
- دراسة المياه
- الزراعة



محتويات العدد (٢٥)

- علم الاستشعار عن بعد
- التصوير الضوئي
- صوور الرادار
- نظم المعلومات الجغرافية
- أقمار الاستشعار عن بعد
- المبادئ الفيزيائية للاستشعار عن بعد
- المعالجة الرقمية للصوور الفضائية



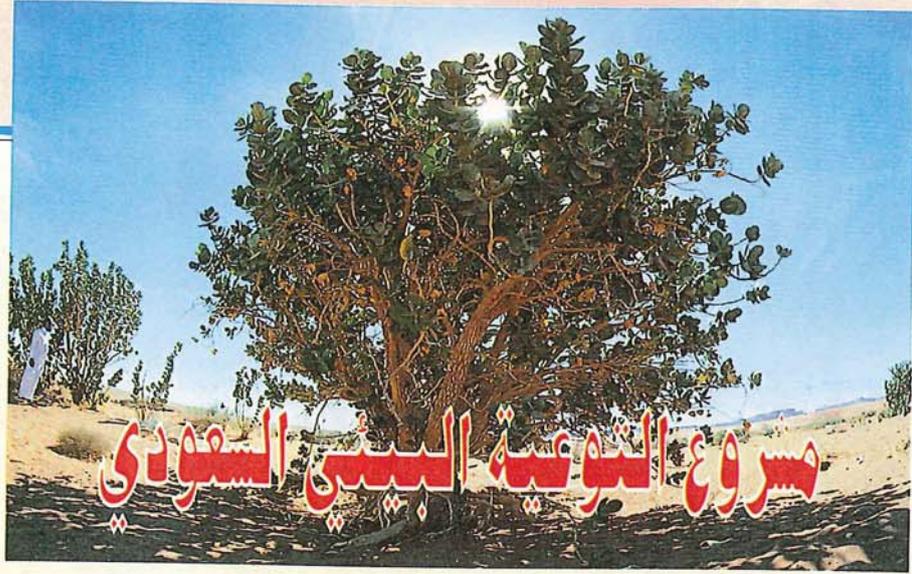
محتويات العدد (٢٨)

- الغاز الطبيعي
- المركبات الأليفاتية الأساس
- أجهزة التحليل الكيميائي
- النفط في الصناعات البتروكيميائية
- المفاعلات البتروكيميائية
- المركبات العطرية
- الصناعات البتروكيميائية في المملكة
- عمليات التكسير
- عمليات التصنيع



محتويات العدد (٢٧)

- النفط والغاز الطبيعي
- مصائد ومكامن
- محابس النفط
- قصة نفط المملكة
- التأثيرات الصحية والبيئية للنفط
- نشأة وتكوين وهجرة النفط
- التنقيب عن النفط
- إنتاج النفط
- المياه المصاحبة للنفط
- تكرير النفط



## المعرض البيئي

الرياض : ٣-٢٦/٥/١٤١٥هـ

٨-٣١/١٠/١٩٩٤م

- ينظم مشروع التوعية البيئي السعودي بوساطة وزارة الدفاع والطيران ممثلة في لجنة التوازن الإقتصادي ومصحة الأرصاد وحماية البيئة .
- يهدف المشروع إلى ما يلي :-
- \* تعريف أفراد المجتمع بمفهوم البيئة بشكل عام وبواقع البيئة السعودية بشكل خاص .
- \* تعميق الإحساس بأهمية الوعي البيئي كأساس في عملية التنمية المتواصلة للدولة .
- \* التعرف على خصائص ومواصفات البيئة السليمة والعوامل المؤثرة عليها .
- \* تطبيع عادات الأفراد تجاه البيئة ومواردها الطبيعية .
- \* إبراز جهود المملكة في المحافظة على البيئة والتعريف بنشاطات وأدوار الأجهزة ذاتها .
- \* التأكيد على دور المواطن السعودي في حماية البيئة والمحافظة عليها .
- \* التأكيد على الموازنة بين التنمية المتواصلة وسلامة البيئة بحيث لا يحدث خلل في معدلات التنمية ولا تحدث أضرار بالبيئة .



مجلة العلوم والتقنية  
مصنع ابن زهر . يعد البولي بروبيلين أحد منتجاته انظر ص (٣٠)



# العلوم والتقنية

● مجلة علمية فصلية تصدرها مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية ● السنة الثامنة ● العدد الحادي والثلاثون ● رجب ١٤١٥ هـ / ديسمبر ١٩٩٤ م

## المركبات البتروكيميائية

(الجزء الثالث)

- المواد البلاستيكية
- المنظفات الصناعية
- الضايل

ISSN 1017 3056

بسم الله الرحمن الرحيم

## العلوم والتكنولوجيا



المشرف العام:

د. صالح عبد الرحمن العذل

نائب المشرف العام  
ورئيس التحرير:

د. عبد الله أحمد الرشيد

هيئة التحرير:

د. عبد الرحمن العبد العالي

د. خالد السليمان

د. إبراهيم المعتاز

د. عبد الله الخليل

د. محمد فاروق أحمد

أ. محمد الطاسان

## منهاج النشر

أعزاءنا القراء:

يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تفتح أبوابها لمساهماتكم العلمية وإستقبال مقالاتكم على أن تراعى الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة :-

- ١ - يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط أن لا يفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها .
  - ٢ - أن يكون ذا عنوان واضح ومشوق ويعطي مدلولاً على محتوى المقال .
  - ٣ - في حالة الإقتباس من أي مرجع سواء كان إقتباساً كلياً أو جزئياً أو أخذ فكرة يجب الإشارة إلى ذلك ، وتذكر المراجع لأي إقتباس في نهاية المقال .
  - ٤ - أن لا يقلل المقال عن أربع صفحات ولا يزيد عن سبع صفحات طباعة .
  - ٥ - إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر إسم المجلة التي نشرته أو أرسل إليها .
  - ٦ - إرفاق أصل الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال .
  - ٧ - المقالات التي لا تقبل النشر لا تعاد لكتابتها .
- يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية تتراوح ما بين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ ريال .

## محتويات العدد

- |    |  |    |                                       |
|----|--|----|---------------------------------------|
| ٤١ | ● المبيدات البتروكيميائية              | ٢  | ● مجمع سابك الصناعي للبحث والتطوير    |
| ٤٦ | ● المستحضرات الطبية من البتروكيميائيات | ٤  | ● المواد البلاستيكية                  |
| ٥١ | ● اقتصاديات الصناعات البتروكيميائية    | ٨  | ● المواد البلاستيكية الرغوية          |
| ٥٦ | ● كيف تعمل الأشياء                     | ١٤ | ● المواد اللاصقة                      |
| ٥٨ | ● مصطلحات علمية                        | ١٦ | ● المطاط الصناعي                      |
| ٥٩ | ● مساحة للتفكير                        | ١٩ | ● الألياف الصناعية                    |
| ٦٢ | ● من أجل فلذات أكبادنا                 | ٢٤ | ● النايلون                            |
| ٦٣ | ● كتب صدرت حديثاً                      | ٢٧ | ● الجديد في العلوم والتقنية           |
| ٦٤ | ● عرض كتاب                             | ٢٨ | ● الدهانات البتروكيميائية             |
| ٦٦ | ● بحوث علمية                           | ٣٣ | ● المنظفات الصناعية                   |
| ٦٧ | ● شريط المعلومات                       | ٣٦ | ● عالم في سطور                        |
| ٦٨ | ● مع القراء                            | ٣٧ | ● أسمدة نيتروجينية من البتروكيميائيات |



المستحضرات الطبية



المواد اللاصقة



المواد الرغوية

## المواصفات

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر

ص.ب ٦٠٨٦ - الرمز البريدي ١١٤٤٢ - الرياض

ترسل المقالات باسم رئيس التحرير ت : ٤٨٨٣٤٤٤ - ٤٨٨٣٥٥٥

Journal of Science & Technology

King Abdulaziz City For Science & Technology

Gen. Direct. of Sc. Awa. & Publ. P.O. Box 6086

Riyadh 11442 Saudi Arabia

يمكن الإقتباس من المجلة بشرط ذكر إسمها مصدراً للمادة

المقتبسة الموضوعات المنشورة تعبر عن رأي كاتبها .

## كلمة التحرير

قراءنا الأعزاء

يسر هيئة تحرير المجلة أن تضع بين أيديكم الجزء الثالث والأخير من الصناعات البتروكيميائية ، وذلك بعد أن توالى صدور الجزئين الأول والثاني ، وكان متوقفاً أن يصدر الجزء الثالث بعدهما مباشرة ، إلا أن موعد افتتاح « مشروع التوعية البيئية السعودي » الذي كان متوقفاً أن يتزامن مع صدور العدد الثلاثون فقد رؤي أنه من الواجب مشاركة المجلة الفعلية في هذه المناسبة الهامة . فصدر العدد الثلاثون متضمناً بعض القضايا البيئية ذات العلاقة .

قراءنا الأعزاء

وإننا إذ نعود لتكملة السلسلة السابقة ليحدونا كبير الأمل في أن نحوز على رضاكم وأن نكون قد وفقنا في إكمال حبات العقد الذي بدأناه بعدد النفط - المصدر الرئيس للصناعات البتروكيميائية - ، ثم تلا ذلك الجزء الأول من الصناعات البتروكيميائية الذي غطى المنتجات الأولية ، بعدها تم تناول المنتجات الوسيطة في الجزء الثاني ، وها نحن نقوم بإصدار آخر السلسلة بتناول المنتجات النهائية في هذا الجزء .

يتناول هذا العدد المواد البلاستيكية ، والمواد الرغوية ، والمواد اللاصقة ، والمطاط الصناعي ، والألياف الصناعية ، والنايلون ، والدهانات البتروكيميائية ، والمنظفات الصناعية ، والأسمدة النيتروجينية من البتروكيميائيات ، والمبيدات ، والصناعات الدوائية ، وأخيراً إحصائيات عن الصناعات البتروكيميائية . هذا بالإضافة إلى الأبواب الثابتة التي تعالج بعض القضايا العلمية وتهم القاريء .

وفي الختام لايسعنا إلا أن نشكركم على دعمكم المتواصل واقتراحاتكم البناءة لتحقيق الهدف المنشود ، والله نسأل أن يسدد خطى الجميع .

والله من وراء القصد ،،،

سكرتارية التحرير :

د. يوسف حسن يوسف

د. ناصر عبد الله الرشيد

أ. محمد ناصر الناصر

أ. عطية مزهر الزهراني

الهيئة الإستشارية :

د. أحمد المتعب

د. منصور ناظر

د. عبد العزيز عاشور

د. خالد المدني

التصميم والإخراج :

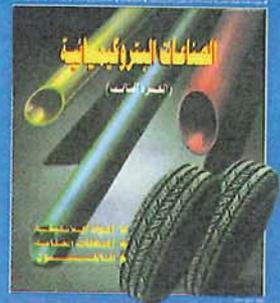
عبد العزيز إبراهيم

طارق يوسف

عبد السلام ريان

\*\*\*

العلوم والتقنية





## مجمع سابك الصناعي للبحث والتطوير

التجاري الأمثل لتقنيات تنتج عن أبحاث جديدة .

\* تقديم خدمات تحليلية موثوقة للمساعدة في تطوير أصناف لمنتجات جديدة في الأسواق القائمة حالياً والأسواق الجديدة.

\* دعم المصانع فيما يتعلق بتطوير طرق اختبار المنتج .

\* المشاركة في مشاريع الأبحاث الخارجية ذات الفائدة الكبرى لسابك .

\* تقديم خدمات متخصصة مثل التحكم في التآكل والهندسة البيئية والمعدات الدوارة لجميع مصانع سابك.

### الموقع

يقع مجمع سابك الصناعي للبحث والتطوير في المنطقة الصناعية الثانية جنوب مدينة الرياض ، حيث يشغل المجمع موقعين ،

يعد منهج البحث والتطوير من الركائز الأساسية التي تقوم عليها المنشآت

الاقتصادية وعلى وجه الخصوص الصناعية منها ، حيث يمنحها القدرة على

تلبية المتطلبات المتجددة والمتطورة للسوق ، ومن ثم تكون أكثر منافسة

للمنشآت الاقتصادية ذات النشاط المشابه ، مما يمكنها من تحقيق الأهداف التي

شيدت من أجلها تلك المنشآت .

\* دعم وتعزيز قدرة سابك الصناعية للمنتجات التجارية والتطوير المستمر لعملية التصنيع طبقاً لاحتياجات العملاء .

\* القيام بأبحاث تجريبية باستخدام المحفزات المعروفة والمشكلة حديثاً وتقديم خيارات لمحفزات أخرى وتقديم الدعم لحل المشاكل التي تواجه الشركات الصناعية التابعة لسابك.

\* المشاركة في تقويم التقنيات الجديدة وإجراء أبحاث تطبيقية لتطوير تقنيات جديدة وتقديم الدعم للتطوير والاستخدام

ومن هذا المنطلق تولى الشركة السعودية للصناعات الأساسية (سابك) جانب البحث والتطوير والاهتمام اللائق به ، فقد قامت الشركة ببناء مجمع سابك الصناعي للبحث والتطوير الذي اكتمل بناؤه واصبح جاهزاً للتشغيل في عملية متدرجة بدأت في أواخر عام ١٩٩١ م .

ويرتبط المجمع بالإدارة العامة للأبحاث والتطوير بالشركة التي تتمثل مهامها فيما يلي :-



● أحد مصانع سابك .

أساس المنتجات والتقنيات وتخصصاتهم التحليلية ، حيث يعمل هؤلاء الخبراء على تشكيلة واسعة من الأجهزة المتطورة تشمل جهاز الأشعة تحت الحمراء ، وجهاز الرنين المغناطيسي النووي (NMR) ، وجهاز أشعة إكس ، وجهاز الكروماتوجرافيا الإنفاذية (GPC) ، وجهاز الكروماتوجرافيا الغازية ومقياس الطيف الشامل ، ومجهر فحص إلكتروني متطور.

ويتم استخدام الأساليب الفنية التحليلية للتحليل الطيفي والتحليل الكروماتوجرافي ، وكذلك التحليل الدقيق وقياس حجم الجزيء ، كما تستخدم الأساليب التحليلية لدراسة التركيب الجزيئي وصفات المواد البلاستيكية ، ويشمل التحليل الكروماتوجرافي تحليل وتحديد مستويات آثار المواد المضادة في البوليمرات والمواد الهيدروكربونية الأخرى.

✽ المصدر : أخبار سابك (٤٦) ديسمبر ١٩٩٣م.

- ١- إدارة الأبحاث
- ٢- إدارة التطوير
- ٣- إدارة التشغيل والصيانة
- ٤- إدارة مختبر الخدمات الفنية

وتقوم كلاً من إدارة الأبحاث وإدارة التطوير وإدارة مختبر الخدمات الفنية بأداء وظائف متماثلة من البحث والتحليل ولكنها تختلف في كون أن إدارة الأبحاث تقوم بالتعامل مع قطاع منتجات " اللدائن " بسابك في حين تتولى إدارة التطوير مجالات المنتجات الأساسية غير البلاستيكية مثل ، الكيماويات عموماً ، والأسمدة والمعادن ، بينما تتعامل إدارة

مختبر الخدمات الفنية مع منتجات أخرى مثل الألياف الصناعية والأسمدة والكيماويات المتخصصة ، أما إدارة التشغيل والصيانة فتقوم بمسؤولية العناية اليومية بالمجمع وتشغيله بما في ذلك المصنعين التجريبيين للبولي إيثيلين بموقع المجمع.

يقوم بتنفيذ وظائف البحث والتطوير بالمجمع خبراء مقسمون إلى مجموعات على

الأول تبلغ مساحته ٢٣,٢٢٥ م<sup>٢</sup> ، والموقع الثاني وهو أصغر مساحة من الأول ويقع أيضاً ضمن المدينة الصناعية الثانية ويشغله مختبر الخدمات الفنية الذي تأسس عام ١٩٨٤م وتم دمج في مجمع سابك الصناعي للبحث والتطوير في أوائل عام ١٩٩٠م.

## أهداف المجمع

كان تركيز المجمع في بداية الانشاء على تطوير قطاع اللدائن ، إلا أن الشركة رأت أنه من الأهمية بمكان أن يغطي نشاطه جميع ما تقوم به الشركة من صناعات ، وتتمثل الأهداف الحالية للمجمع في الآتي :-

١- تعزيز القدرة التنافسية لمنتجات الشركة السعودية للصناعات الأساسية (سابك) في السوق العالمية.

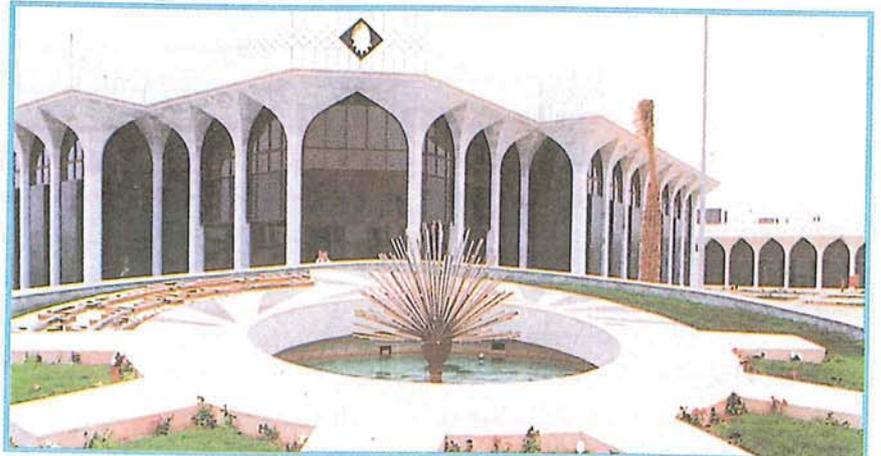
٢- ضمان تحقيق الجودة العالية للمنتجات وتحقيق أعلى المعدلات الإنتاجية مع المحافظة على جوانب السلامة.

٣- السعي لإيجاد أفضل الطرق والوسائل لتقليل تكاليف الانتاج وزيادة الربحية.

٤- الاقتصاد في استخدام موارد سابك إلى حدها الأدنى وابتكار وتطوير تقنيات جديدة.

## أقسام المجمع

يمارس المجمع نشاطه في مجال البحث والتطوير من خلال الإدارات التالية :-



● مبنى المختبرات في مجمع سابك الصناعي .



## المواد البلاستيكية

م : فارس دباس السويلم

بالحرارة ، والتبيس بإبعاد المصدر الحراري عنه عدة مرات دون تغير في تركيبه الكيميائي . ويرجع ذلك إلى ضعف الروابط بين جزيئاته مما يساعد على سهولة تفككها وتشكلها . ويشبه البلاستيك الحراري في تلدنه وتبيسه الزجاج والحديد .

ويوضح الجدول ( ١ ) أهم أنواع البلاستيك الحراري ، خواصها ، أهم استخداماتها .

### ● البلاستيك المتصلد

يمكن تعريف البلاستيك المتصلد ( Thermosetting Plastic - TS ) بأنه البلاستيك الذي تؤدي معالجته بالحرارة إلى تغيرات كيميائية في داخله مما يجعله يتلدن وينصهر بالحرارة ثم يتبيس عند إبعاد مصدر الحرارة عنه ويصبح قاسياً بشكل نهائي ولا يمكن إعادة تليينه وتشكيله عند تعرضه للحرارة مرة أخرى . ويشبه البلاستيك المتصلد الأسمنت أو الجص .

سفن الفضاء ، بدلا من الفلزات ، لتقليل تأثير الحرارة الناتجة عن الاحتكاك ، وإنتاج البيوت والمرشحات البلاستيكية .. وغيرها ، إضافة إلى إمكانية إستخدامها في تصنيع بعض أعضاء الإنسان التالفة .

ولا يقف الأمر عند ذلك بل إن المواد البلاستيكية تخضع لعمليات تطوير وتحسين مستمرين مما يؤدي إلى إيجاد أنواع أخرى ذات مواصفات جيدة ومحسنة، وقد تم تطوير بعض أنواع من البلاستيك تصل درجة انصهارها إلى ٢٠٠٠م مما يؤهل استخدامها في تغطية المعادن لجعلها مقاومة للتآكل .

### أنواع المواد البلاستيكية

تندرج جميع أنواع المواد البلاستيكية التي نستخدمها في حياتنا اليومية ضمن نوعين هما :-

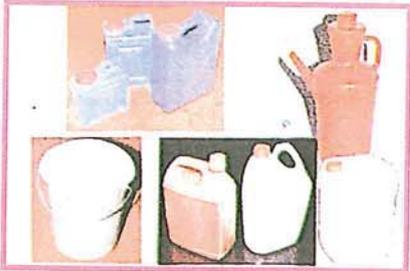
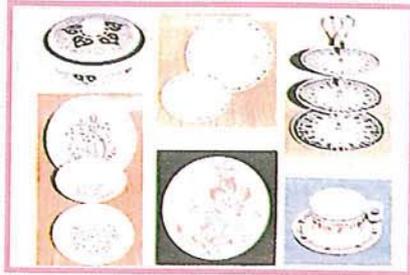
### ● البلاستيك الحراري

البلاستيك الحراري ( Thermoplastic - TP ) هو البلاستيك القابل للتلدن والانصهار

تتبعاً لصناعة المواد البلاستيكية (اللداائن) في عصرنا الحاضر مركزاً مرموقاً ورائداً بين الصناعات البتروكيميائية الحديثة ، ويرجع ذلك إلى اتساع مدى استعمالها في حياتنا اليومية ، لما لها من خواص ومميزات أهلتها لتكون بديلاً فعالاً لكثير من المواد التقليدية كالحديد والخشب ... وغيرها ..

وترجع تسمية المواد البلاستيكية بهذا الاسم إلى قابليتها للتشكل أو القوالبية عند التسخين أو الضغط أو الإثني معاً ، ولا يتغير شكلها عند زوال هذه المؤثرات ، ومن ثم يمكن استخدامها في أغراض مختلفة .

ومما يميز تلك المواد ويزيد من انتشارها أنها رخيصة الثمن ، خفيفة الوزن ، مقاومة للتآكل ، سهلة التشكل ، عازلة للحرارة والكهرباء ، عالية الصلابة ، مقاومة جيدة للمواد الكيميائية والمذيبات ، وذات مرونة عالية ، لهذا أصبحت صناعة تلك المواد منافساً قوياً لكثير من الصناعات الأخرى بل إنها أضحت بديلاً مفضلاً في كثير من الاستخدامات مثل صناعة مقدمة

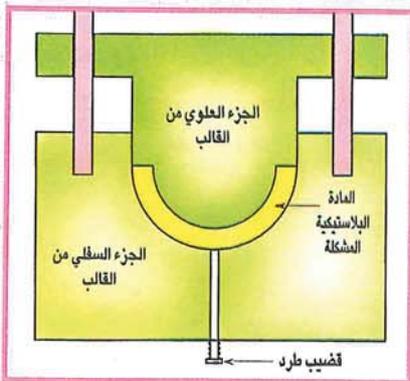


● صورة بعض أشكال المواد البلاستيكية .

يكون ثابتاً ، ثم يتحرك الجزء العلوي من القالب مع الضاغط إلى أسفل ويقفل القالب ، وتحت تأثير الضغط ودرجة الحرارة تتصلب المادة ، ويلى ذلك تحرك الضاغط إلى أعلى فينفتح القالب وتخرج القطعة في حالتها النهائية وبالشكل المطلوب .

وتعد طريقة التشكيل بالضغط من أقدم طرق التشكيل ، ويعتمد مقدار الحرارة والضغط المطلوبين للتشكيل على طبيعة المادة المراد تشكيلها ، وعادة تصل درجة الحرارة إلى ١٥٠° م بينما يتراوح الضغط من ٦٠ إلى ٢٠٠ ضغط جوي .

وتخضع المادة المشكّلة لعمليات تشطيب للتخلص من بعض الزوائد البسيطة للمحافظة على شكل المنتج النهائي .



● شكل (١) مخطط مبسط لعملية التشكيل بالضغط .

النوع	أهم الخواص	الاستخدامات
- بولي الإيثيلين منخفض الكثافة ( LDPE ) .	جيد التوصيل للكهرباء . عالي المرونة ، يتأثر بالمذيبات . درجة انصهاره ١١٠ م .	الصفائح البلاستيكية الرقيقة والشفافة للتغليف ، الأكياس البلاستيكية ، تغليف الأسلاك الكهربائية .
- بولي الإيثيلين مرتفع الكثافة ( HDPE ) .	خصائص ( LDPE ) نفسها إلا إن مرونته أعلى ومقاومته للمذيبات العضوية أكبر .	أدوات منزلية ، أنابيب مياه ، لعب الأطفال .
- بولي البروبيلين ( PP ) .	مرونته وصلابته أعلى من بولي الإيثيلين .	استخدامات الـ ( HDPE ) نفسها .
- بولي كلوريد الفينيل ( PVC ) .	عازل جيد للحرارة والكهرباء .	الحاويات ، الصفائح ، الأدوات الصحية ، القناني والأنابيب ، الشبابيك ، الأبواب المنزلية ، العزل الحراري .
- بولي خلات الفينيل ( PVA ) .	جيد الالتصاق لا يتأثر بالدهون والزيوت .	المواد اللاصقة والأصباغ .
- بولي الستايرين ( PS ) .	الشفافية والصلابة .	الأدوات المنزلية ، رضاعات الأطفال .
- بولي رباعي فلور الإيثيلين ( PTFE ) .	مقاوم للمواد الكيميائية ، معامل احتكاكه قليل جداً ، صعب التشكيل .	معدات وأجهزة الصناعة الكيميائية .
- بولي الأמיד ( PA ) .	صلابته ومقاومته للحرارة عالية ، غير قابل للكسر ، مقاوم للمواد الكيميائية .	الأقمشة ، الألياف ، بعض أجزاء المكين الحرارية ، بعض قطع السيارات .
- بولي الإستر ( PES ) .	مقاوم للحرارة واللهب والمواد الكيميائية ، جيد التوصيل للكهرباء .	الألياف ، الأقمشة ، عبوات الشراب ، مواد الديكور .
- بولي ميثيل ميثا أكريلات ( PMMA ) .	شفاف ، سهل الخدش بسبب ليونته العالية .	بديل للزجاج ، الأسنان ، الأنابيب ، الألواح .

● جدول (١) بعض أنواع البلاستيك الحراري ، خواصها ، أهم استخداماتها .

مسا حيق أو قشور ، بإجراء بعض العمليات كالتسخين والضغط والصب وغيرها ، لإخراج المادة البلاستيكية الخام في الشكل المطلوب لتكون صالحة للاستعمالات المختلفة . ومن أهم طرق التشكيل مايلي :-

#### ● الضغط

يتم التشكيل بالضغط (Pressure Molding) ، شكل (١) ، بوضع المادة البلاستيكية المراد تشكيلها في الجزء السفلي من القالب الذي

ويوضح الجدول (٢) أهم أنواع البلاستيك المتصلد ، خواصها ، أهم استخداماتها ، وتوضح الصورة في أعلا الصفحة بعض أشكال المواد البلاستيكية - الحرارية والمتصلدة - التي نراها ونستخدمها في حياتنا اليومية .

#### تشكيل البلاستيك

يتم تشكيل (قولبة) المواد البلاستيكية ، التي توجد عادة على شكل حبيبات أو

## المواد البلاستيكية

شكل القالب ، تحرر القطعة وتخرج في الشكل المطلوب .

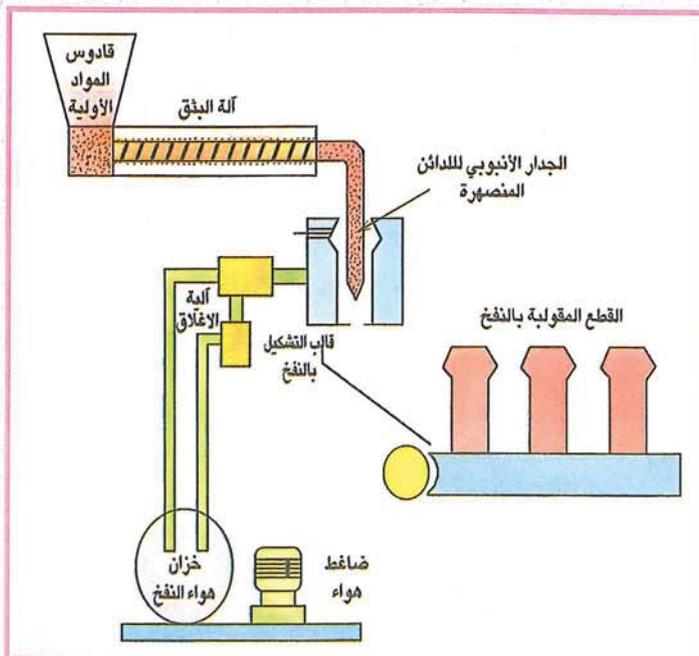
يصلح هذا النوع من القوالب للبلاستيك الحراري فقط . ولا يصلح لقوالب البلاستيك المتصلد نظراً لانصهاره وتجمده بسرعة مما يفقده المرونة اللازمة لعملية التشكيل .

ومن أهم منتجات التشكيل بالحقن ، الأواني المنزلية ، الأحذية ، صناديق التعبئة ، قطع وأدوات صناعية كمبردات والغسالات وغيرها .

### ● النفخ

يوضح الشكل ( ٣ ) مخططاً مبسطاً لعملية التشكيل بالنفخ ( Blow Molding ) التي تتم بتسخين المادة ودفعها إلى داخل القالب بواسطة تيار قوي من الهواء بحيث تنتشر المادة البلاستيكية بصورة متساوية على الجدار الداخلي للقالب وتأخذ شكله ، يلي ذلك فتح القالب ورمي القنينة أو الحاوية المصنوعة إلى خارجه .

ومن أهم المواد البلاستيكية الناتجة عن استخدام هذه الطريقة القناني ، البراميل ، ألعاب الأطفال ، أدوات حفظ السوائل ، قطع توزيع الهواء في السيارة ... وغيرها .



● شكل (٣) مخطط مبسط لعملية التشكيل بالنفخ .

النوع	أهم الخواص	الاستخدامات
- أمينية	عازل جيد للكهرباء ، مقاومة جيدة للمواد الكيميائية عدا الأحماض والقواعد القوية جداً .	الغلاف الخارجي للأجهزة الكهربائية كالمراوح والمفاتيح ، المواد اللاصقة ، الصفائح البلاستيكية .
- فينولية	تتحمل درجة حرارة عالية تقاوم الأحماض القوية نسبياً وبعض المذيبات مقاومة جيدة للهب .	هيكل الهاتف ، التليفزيون ، المذياع ، الصفائح البلاستيكية ، المواد اللاصقة .
- إيبوكسية	تتحمل إجهادات ميكانيكية عالية .	ربط أجزاء الطائرة ببعض .
- يورثينات	عازل جيد للحرارة والضوء .	الألياف والأقمشة والمواد اللاصقة والمواد العازلة والمواد المألثة للفراغات بين الصفائح المعدنية ، المبردات .
- سليكونات	تتحمل درجات حرارة عالية ، قوة لاصق عالية ، سطحها طارد للماء .	مواد لاصقة ومألثة للشقوق ، عزل المحركات الكهربائية .

● جدول (٢) بعض أنواع البلاستيك المتصلد ، خواصها ، أهم استخداماتها .

### ● الحقن

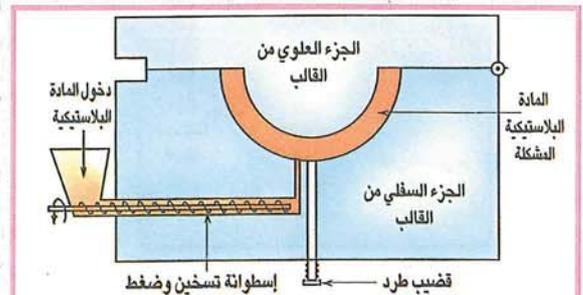
يتم التشكيل بالحقن ( Injection Molding ) ، بإدخال المادة البلاستيكية المراد تشكيلها في اسطوانة ساخنة تتحول فيها المادة إلى مادة لدنة

(سائلة) تحقن بواسطة الكبس داخل القالب ، الذي يبرد خلال عملية الحقن ، فتبرد وتأخذ

ويوجد في الوقت الحاضر آلات قولبة بالضغط متعددة القوالب حيث يتم إنتاج ما يقارب ٦٠ مادة بلاستيكية في الساعة الواحدة .

تستخدم طريقة التشكيل بالضغط بصفة أساس في تشكيل أنواع البلاستيك المتصلد كما أنها تستخدم على نطاق ضيق جداً في تشكيل بعض أنواع البلاستيك الحراري مثل بوليمرات بولي الإيثيلين منخفض وعالي الكثافة .

ومن أهم المواد البلاستيكية التي تنتج بواسطة هذه الطريقة الأدوات المنزلية ، الأدوات الصحية ، الأدوات الكهربائية ، لوحات الإعلانات وغيرها .



● شكل (٢) مخطط مبسط لعملية التشكيل بالحقن .

الطاقة الناتجة ، وإعادة التدوير والتشكيل مرة أخرى .

وتعد طريقة إعادة تدوير النفايات وتشكيلها من أنجح الطرق الثلاث ، ويتم بجمع وفرز وتجهيز وصهر النفايات وإعادة تشكيلها في صورة منتجات بلاستيكية جديدة .

ويمكن إعادة تدوير وتشكيل نفايات البلاستيك الحراري ( TP ) بأنواعها المختلفة مثل بولي الإيثيلين ، بولي البروبيلين ، بولي كلوريد الفينيل وغيرها عدة مرات لتمييزها بالتلدين والإنصهار بالحرارة . بينما يصعب إعادة تشكيل نفايات البلاستيك المتصلد ( TS ) مثل الفينول فورم الدهيد ، الميلاين فورم الدهيد ، اليوريا فورم الدهيد لعدم قابليتها للتلدين والإنصهار مرة أخرى وبالتالي تعد هذه النفايات من ملوثات البيئة .

ولإقلال من الأخطار الناجمة عن استخدام منتجات المواد البلاستيكية ومخلفاتها هناك مجموعة توصيات هامة يجب الأخذ بها من قبل الأفراد والدولة ومؤسسات حماية البيئة وهي كالتالي :-

● الإقلال من إستعمال الأوعية البلاستيكية في حفظ السوائل .

● تفرغ الأطعمة المحفوظة في عبوات بلاستيك فور الحصول عليها ، وعدم ترك الأطفال يعبثون بالأكياس الملونة المستعملة في حفظ أو تغليف الأطعمة .

● عدم ارتداء الملابس المصنوعة من الاليف الصناعية داخل المطابخ أو الورش أو المعامل وغيرها تلافيا لاشتعال النار فيها .

● تأسيس صناعات تعتمد على إعادة تصنيع اللدائن .

● وضع المواصفات اللازمة لتعبئة السوائل والأغذية في عبوات من البلاستيك المعالج بمواد كيميائية غير ضارة تضمن صحة وأمن المستهلك .

● وضع مواصفات المحارق النموذجية التي تضمن الحرق الكامل للنفايات وعدم تصاعد الغازات السامة والمواد المتخلفة عن عمليات الحرق .

المونوميرات أو المبلمرات جزئياً في قالب ثم تسخن لاستكمال عملية البلمرة حرارياً ، ويستعمل السائل الناتج في صناعة الأسنان ، الصفائح ، القضبان ، الأنابيب .

● **بولي أميد** : وتتم عملية بلمرة المونومير بوجود بعض الأحماض وبلاماءات الأحماض التي تعمل كمواد محفزة ، ومن صفات المنتج النهائي لهذه الطريقة الصلابة العالية وغير القابلية للكسر ولذا يستخدم في تشكيل بعض قطع السيارات ... وغيرها .

● **بولي كلوريد الفينيل** : ويستخدم لصب صفائح رقيقة حيث يشكل المطول المناسب لنوعية الصفيحة ، ثم يُسكب ويُفرد على شكل صفائح ثم تلف الصفائح الناتجة على بكرات لتكون جاهزة للاستعمال .

### الآثار البيئية للبلاستيك

على الرغم من المزايا العديدة التي ذُكرت وأكسبت المواد البلاستيكية مكانة مرموقة في مجالات الحياة المختلفة إلا إن لهذه المواد أثراً واضحاً في تلوث البيئة يرجع إلى عدة عوامل منها مايلي :-

● تصاعد الأبخرة والغازات والعوالق الصلبة الخائقة والسامة عند صناعة البلاستيك وحرق مخلفاته .

● صعوبة تحلل البوليمرات ذات الوزن الجزيئي الكبير ( أكثر من ١٠,٠٠٠ وحدة ) وكذلك البوليمرات المحتوية على المركبات الكيميائية المثبتة لها مثل ثنائي وثلاثي فوسفات الرصاص القاعدي .

● التزايد المستمر في حجم صناعة المواد البلاستيكية بأنواعها وأشكالها وأحجامها المختلفة وما ينتج عنه من مخلفات كثيرة ومتنوعة .

ويمكن التخلص من النفايات البلاستيكية بثلاث طرق هي : الطمر تحت سطح الأرض ، الحرق في محارق خاصة للإستفادة من

### ● البثق

يستخدم التشكيل بالبثق (Extrusion Molding) ، شكل ( ٥ ) ، لتصنيع المواد البلاستيكية المتصلدة (TP) وذلك عن طريق العجن اللولبي والتلدين بالحرارة المستمرة في اسطوانة تحتوي لولباً يدور فيدفع العجينة المدونة للأمام نحو فوهة الخروج الموجودة في نهاية اسطوانة البثق . وتساعد فتحات البثق المركبة على الفوهة على انتاج مجموعة لا نهائية من أشكال المقاطع المنتبقة المستمرة الطول والتي تقطع حسب الطول المرغوب فيه .

ومن أهم منتجات هذه الطريقة : أنابيب المياه ، المواسير الرقيقة اللينة ، الصفائح الملفوفة ، رقائق التغليف ، الأغشية العازلة للحرارة والرطوبة .. وغيرها .

### ● التلبيف

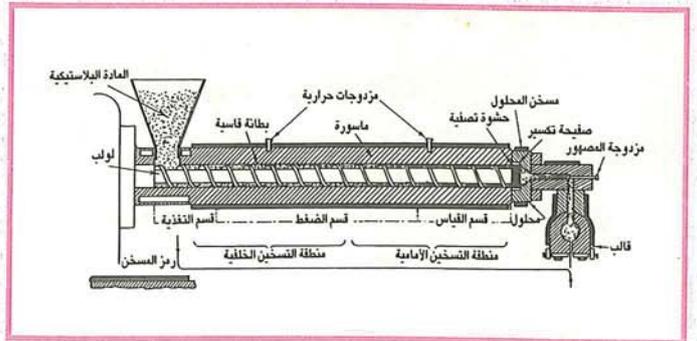
تستخدم القولية بالتلبيف لتحويل المادة البلاستيكية إلى ألياف عن طريق تسخينها وتحويلها إلى مادة لدنة ، وضغطها خلال منخل ذي ثقوب صغيرة جداً فتخرج المادة من المنخل على شكل ألياف وتبرد ثم تلف بواسطة اسطوانة متحركة .

ومن أهم منتجات التشكيل بالتلبيف ألياف : النايلون ، البوليستر ، الأكريلونتريل ، بولي رباعي فلورو إيثيلين .

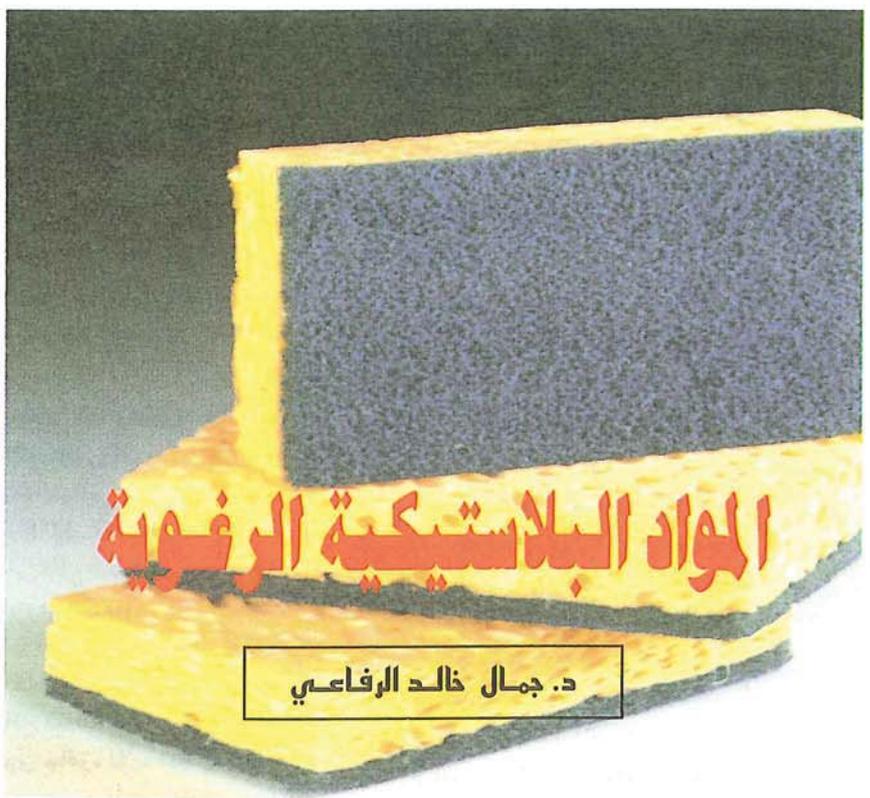
### ● السكب

يتم التشكيل بالسكب عن طريق صب المواد البلاستيكية السائلة في قالب للحصول على منتج معين بالشكل المطلوب . ومن أهم المواد البلاستيكية المستخدمة في هذه الطريقة مايلي :-

● **الأكريليك** : وتتم عملية التشكيل بصب



● شكل (٥) مخطط مبسط لعملية التشكيل بالبثق .



رغوات اليوريا - فورمالدهيد والبولي فينيل فورمالدهيد ، كما يمكن إدخال الهواء أو غاز آخر أو مواد هيدروكربونية ذات درجة غليان منخفضة مثل بوتان ، بنتان ، أو سوائل هيدروكربونية هالوجينية طيارة مثل كلورو فلور الميثان داخل كتلة المادة اللدنة (البلاستيكية) ، ثم تشكيل الخلايا بالقياس المرغوب بتمديد فقاعات الغاز بواسطة التسخين أو تخفيف الضغط . بعد ذلك يتم تجميد أو تثبيت هيكل الرغوة بواسطة التبريد في حالة الرغوات اللدنة حرارياً ، أو نتيجة لتفاعل الترابط المتقاطع (Cross-Linking) - مثل ما يحدث في اللدائن المتصلدة حرارياً - بين سلاسلها الجزيئية أثناء تشكل الرغوة .

### ● المجموعة الثانية

تعتمد طريقة هذه المجموعة على إنتاج الغاز ضمن الكتلة البلاستيكية أثناء عملية التصنيع حيث يتم إنتاج غاز النفخ كيميائياً أثناء سير تفاعلات إنتاج البوليمر ، وتستخدم في هذه الحالة عوامل نفخ كيميائية عبارة عن مواد صلبة موزعة بدرجة عالية التجانس . ويتم اختيار عوامل النفخ من مواد كيميائية تتفكك بتأثير الحرارة الناتجة عن تفاعل البلمرة . ومن عوامل النفخ الكيميائية العضوية الشائعة مركب آزو ثنائي كربون أميد الذي يعطي غاز النيتروجين وغاز أول أكسيد الكربون عند درجة حرارة ٢٠٠ م تقريباً . كذلك يمكن استخدام عوامل نفخ كيميائية لا عضوية مثل بيكربونات الصوديوم وحامض السيتريك ، أو من تفاعل المنتجات الجانبية كما هو الحال في بعض رغوات البولي يوريثان حيث يتشكل غاز ثاني أكسيد الكربون عند تفاعل الايزوسيانات مع الماء .

### ● المجموعة الثالثة

تعتمد طريقة هذه المجموعة على إنتاج الحبيبات لتكوين البنية المسامية . ومن أمثلة ذلك استخدام منتج البولي ستايرين الذي يزود على شكل حبيبات صغيرة تتمدد بالتسخين وتنصهر بعضها مع بعض مشكلة مواد صلبة وحيدة الخلية (Unicell) .

الناتجة عن حبيبات البولي ستايرين وراتنجات الإيبوكسي والسيليكونات ثم رغوات البولي أميد والبولي كربونات والبولي سلفون والبولي إيميد ... إلخ .

### إنتاج البلاستيك الرغوي

يعد عامل النفخ من أهم المواد التي يعتمد عليها إنتاج البلاستيك الرغوي بجانب البوليمر والمواد المضافة . ويطلق عامل النفخ على المواد التي تنتج الغاز المستخدم في نفخ البوليمر لتشكيل خلايا المواد الرغوية . ويعد حجم المسامات الغازية الموجودة في المواد البلاستيكية الرغوية أكبر بكثير من حجم مادة هيكل المادة الرغوية ( البوليمر والمواد المضافة ) ، فعلى سبيل المثال يبلغ حجم المسامات الغازية في مادة رغوية كثافتها الظاهرية ١٠ كجم/م<sup>٣</sup> حوالي ٩٩٪ من حجم المادة البلاستيكية الرغوية .

وتنقسم طرق صناعة المواد الرغوية البلاستيكية إلى ثلاثة مجموعات هي :-

### ● المجموعة الأولى

تعتمد طريقة هذه المجموعة على إضافة الغاز ضمن الكتلة البلاستيكية خلال عملية التصنيع ، يتم تشكيل البلاستيك الرغوي بخفق الهواء أو غاز آخر - مثل النيتروجين - داخل المادة اللدنة المنصهرة كما هو الحال في

المواد البلاستيكية الرغوية عبارة عن لدائن تحتوي على خلايا - مسامات موزعة - في كامل كتلتها . وتختلف الخلايا حسب طريقة التصنيع ، فهي إما مغلقة ، حيث تحاط الخلية الواحدة تماماً بـ جدرانها ، أو مفتوحة بعضها على بعض ، وتتفاوت كثافة هذه المواد تفاوتاً كبيراً حيث تتراوح بين ١,٦ إلى ١٠٤١ كجم/م<sup>٣</sup> ، كما تتفاوت في تماسكها بين المواد الصلبة - الأكثر شيوعاً بسبب خصائص العزل التي تميزها ، والتي تناسب استخدامات البناء وأوعية الثلج - والمواد المرنة التي تستخدم في المفروشات المرنة الطرية .

أنتجت البوليمرات الرغوية الأولى - المتمثلة في المطاط - في العشرينيات من هذا القرن ، تلى ذلك في الثلاثينيات إنتاج بوليمرات رغوية محضرة من راتنج اليوريا ، ثم من بولي كلوريد الفينيل المرن ومواد البولي يوريثان ، ثم تطورت إلى إنتاج رغوات البولي إيثيلين ورغوات البولي ستايرين المبتوقة ، ورغوات بولي كلوريد الفينيل الصلب ، ورغوة الراتنج الفينولي والرغوات

بهدف الحصول على مواد مسامية ، وخاصة في الوسط التفاعلي ، إلا أنها مرتفعة الكلفة نسبياً ، وصعبة التصنيع حيث إن تشكيلها يجب أن يتم ، في الغالب ، أثناء التفاعلات الكيميائية التي تقود لتشكيل البوليمر .

يصنع من جزيئات اليوريثان الضخمة ثلاثية الأبعاد مواد إسفنجية تنتمي إلى فصيلة البوليمرات المتصلدة حرارياً .

تتكون رغوات البولي يوريثان وسطياً من المواد التالية :-

● **إيزوسيانات** : وتبلغ نسبتها في الرغوة حوالي ٣٦٪ ، ومن أهم الإيزوسيانات المستخدمة ثنائي إيزوسيانات التولوين (Toluene Di-Isocyanate - TDI) التي تصلح في صناعة الرغوات المرنة . ومع ذلك هناك اتجاه لاستخدام ثنائي إيزوسيانات ثنائي فينيل الميثان (Methane Diphenyl-di-Isocyanate - MDI) .

● **بولي أول** : وتبلغ نسبتها في الرغوة حوالي ٥٧٪ ويستخدم منها طائفتان هما :-

\* مواد بولي إيثر بولي أول وتمثل ٩٤٪ من استهلاك السوق .

\* مواد بولي إستر بولي أول وتمثل ٦٪ من استهلاك السوق .

● **مواد مضافة** : وتبلغ نسبتها حوالي ٧٪ ، ومن أهمها عوامل حفز تلعب دوراً هاماً في تزامن الترابط المتقاطع للمنتج الرغوي مع تمدده (انتفاخه) ، كما تضاف عوامل نفخ متمثلة في سوائل ذات درجات غليان منخفضة أو غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن تفاعل الإيزوسيانات مع الماء ، وعوامل منع الاحتراق ( مشتقات فوسفورية أو كلورية متساندة أو غير متساندة مع أكسيد الأنثيمون ) ومضادات أكسدة ... وغيرها .

يوجد عدد كبير من المتحولات التي تتحكم في خصائص المنتجات النهائية التي تختلف حسب استخداماتها ، ومنها : طبيعة الإيزوسيانات ، وطبيعة البولي أول ووزنه الجزيئي ووظيفيته (Functionality) مما يؤدي إلى تحكم في تركيز مجموعات اليوريثان وكثافة الترابط المتقاطع . وعموماً كلما ازدادت نسبة مجموعات اليوريثان تحسنت خواص السطح وال مرونة

\* **العزل الحراري (Thermal Insulation)** : ويعتمد بالدرجة الأولى على الناقلية الحرارية للغاز المائي الذي تحتويه ، وتتمتع الرغوات المملوءة بغازات كلوروفلور الكربون الثقيلة بخصائص عزل حرارية أفضل من المملوءة بالهواء .

\* **العزل الصوتي (Sound Insulation)** : وتصلح اللدائن الرغوية ذات الخلايا المفتوحة بصورة كبيرة لعزل الصوت في وسائط النقل الجوي . وتعد الرغوات الصلبة أقل ملائمة لاستخدامات العزل الصوتي .

\* **السلوكية تجاه الحريق (Fire Behavior)** : تختلف اللدائن الرغوية المتلدنة حرارياً عن اللدائن الرغوية المتصلبة حرارياً في سلوكها عند تعرضها للهب ، حيث تتلبد الأولى وتنصهر فوق مجال تلينها ، بينما تشكل الأخرى هيكلأ كربونياً . وتوفر قرينة الأكسجين ( التركيز الأدنى للأكسجين اللازم لدعم احتراق المادة ) معلومات عن مدى اشتعالية المادة اللدنة . وتكون قرينة الأكسجين للمادة اللدنة الرغوية ، في الغالب ، أعلى بقليل من قرينته للمادة اللدنة المتراصة ، باستثناء بعض الحالات .

ويضاف أحياناً لبعض الرغوات مواد مؤخرة للاشتعال هي في الغالب مركبات هالوجينية أو ثلاثي أكسيد البور . وتوجد متحولات أخرى هامة للتحكم في سلوكية الرغوات تجاه الحريق مثل كثافة الدخان وسمية غازات الاحتراق .

## أنواع اللدائن الرغوية

يمكن استعراض أهم اللدائن الرغوية الشائعة فيما يلي :-

### ١- رغوات البولي يوريثان

ارتفع الاستهلاك الإجمالي لمواد البولي يوريثان ، بصورة مستمرة ، خلال السنوات العشر المنصرمة من ٣ مليون طن عام ١٩٨٠م إلى حوالي ٥ مليون طن عام ١٩٩٠م . ويستخدم معظم هذه المواد (٨٩٪) على شكل لدائن رغوية يطلق عليها الاسفنج الصناعي . وتكمن الميزة الأساس لمواد البولي يوريثان في سهولة تمددها

## خصائص اللدائن الرغوية

ترتبط خصائص اللدائن الرغوية بثلاثة عوامل هي :-

● **نوعية البوليمر المكون للرغوة** : وتحدد مقاومة الرغوة لدرجات الحرارة العالية ، وللعوامل الكيميائية ، وللحريق ، وقدرتها على امتصاص الماء .

● **الكثافة الظاهرية للرغوة** : وعليها تتوقف خصائصها الميكانيكية .

● **بنية التشكل** : وهي المسؤولة عن خصائص عزل الحرارة والصوت والقدرة على امتصاص الماء .

ومن أهم خصائص المواد البلاستيكية الرغوية مايلي :-

\* **مقاومة الانضغاط (Compressive Strength)** : وتتعين بوساطة اختبار الانضغاطية عند ما يبلغ التشوه مقدار ١٠٪ . وتصنف اللدائن الرغوية تبعاً لصلابتها ، حسب مقاومة الانضغاط إلى ثلاثة أقسام هي :-

- لدائن رغوية قاسية (صلبة) : تزيد فيها مقاومة الانضغاط عن ٠,٨ ضغط جوي .

- لدائن رغوية نصف قاسية : وتتراوح فيها مقاومة الانضغاط بين ٠,٨ إلى ١,٥ ضغط جوي .

- لدائن مرنة : تكون مقاومة الانضغاط فيها أقل من ٠,١٥ ضغط جوي .

وتختلف مقاومة انضغاط مادة لدنة رغوية باختلاف كثافتها الظاهرية ومعامل مرونة البوليمر (Modulus of Elasticity) .

\* **بنية الخلية (Cell Structure)** : ويؤثر قياس الخلية وسماكة جدرانها أو قوائم الانضغاط فيها على الناقلية الحرارية للرغوة ، وتحتوي اللدائن الرغوية الصلبة ونصف الصلبة ، بصورة عامة ، على خلايا غازية مغلقة منفصلة لاتصل مع بعضها . أما اللدائن المرنة فتحوي على خلايا مفتوحة تسمح بمرور الغاز من خلية لأخرى . وتتراوح أبعاد الخلية في معظم الرغوات بين ٠,٠٥ - ١م . حيث تتميز اللدائن الرغوية المحتوية على خلايا أصغر بخصائص ميكانيكية أفضل .

- فينيل أسيتات الأكثر مرونة ، وبصورة أقل من البولي إيثيلين مرتفع الكثافة (HDPE) ، أو من البولي إيثيلين منخفض الكثافة الخطي (LLDPE) .

● رغوات البولي أوليفين منخفضة الكثافة : ويتم صناعتها على هيئة ألواح أو صفائح رغوية أو حبيبات بعمليات مستمرة أو متقطعة .

يمكن إنتاج رغوة الـ (LDPE) دون ترابط متقاطع بطريقة مستمرة للحصول على ألواح رغوية رقيقة ذات خلايا مغلقة تبلغ سماكتها ٥ مم ، أو بترابط متقاطع باستخدام عامل ربط كيميائي أو حزم إلكترونية ، مما يؤدي لخفض معدل تناقص لزوجة الـ (LDPE) مع ارتفاع درجة الحرارة ، وبالتالي المساعدة في عمليات التصنيع .

ويمكن تحويل ألواح البولي إيثيلين المشكلة مسبقاً والمحتوية على عوامل ترابط متقاطع (فوق أكاسيد) بوضعها في قالب وتعريضها لغاز النيتروجين تحت ضغط ٣٧٥ ضغط جوي ودرجة حرارة ١٨٠ م° ، حيث تتكون خلايا بديقة (١،٠ مم) للحصول على ألواح رغوية كثافتها ٢٤ - ٧٠ كجم/م<sup>٣</sup> .

ويمكن معالجة الألواح الرغوية السابقة لتصنيعها بقطعها أو تقسيمها بسهولة بوساطة المناشير ، كما يمكن طحنها أو قطعها حرارياً . إضافة لصهرها ولحمها مع بعضها أو مع صفائح معدنية . أو صهر حبيباتها وتحويلها لأشكال متنوعة حسب الرغبة .

تعد رغوات البولي أوليفين السابقة الأكثر شيوعاً بين الرغوات مغلقة الخلايا ،

مغلقة في معظم الأحيان من أجل تحسين أداء العزل الحراري . وتستخدم في ذلك غازات الفريون كمواد نافخة لمادة البولي يوريثان الصلبة بسبب قدرتها العالية على العزل الحراري . إضافة لذلك تتميز هذه الرغوات بمتانتها الجيدة ، والتنوع الكبير في إمكانيات تصنيعها ، وثباتها ضد المذيبات والمواد الكيميائية .

تستخدم الرغوات الصلبة كعوازل في البرادات وخزانات الماء الساخن وكألواح عازلة في صناعة البناء ، وفي صناعة الإطارات الصلبة لمقاعد المفروشات .

● رغوات نصف صلبة : وتتمتع بمرونة جزئية تظهر على شكل رجوعية خفيفة تجعل منها مواداً مناسبة للاستخدام في مجال امتصاص الصدمات ، كما تتمتع أيضاً بتماسك جزئي . تحتوي هذه الرغوات على خلايا مفتوحة تصل نسبتها إلى ٩٠٪ مما يعطيها تخميداً ميكانيكياً (Mechanical Damping) عالياً . وبسبب ذلك فإنها تستخدم في تحسين وسائل السلامة الداخلية في السيارات ، وفي صناعة صدمات السيارات وبعض أجزاء الهيكل .

## ٢ - رغوات البولي أوليفين (Po)

شهد هذا النوع من الرغوات انتشاراً نسبياً وخاصة في اليابان . وتقسّم هذه الرغوات إلى صنفين هما : - منخفضة الكثافة ( ٢٥ - ٢٥٠ كجم/م<sup>٣</sup> ) ومرتفعة الكثافة ( ٢٥٠ - ٧٠٠ كجم/م<sup>٣</sup> ) .

يتم تحضير معظم رغوات البولي أوليفين من البولي إيثيلين منخفض الكثافة (LDPE) . كما يمكن تحضيرها من بوليمرات تساهمية مثل بوليمرات الإيثيلين

(المطاطية) للمنتجات . أما زيادة نسبة الترابط المتقاطع فتؤدي إلى زيادة قساوة المنتج واستقراره البعدي .

ومن المتحولات التي تتحكم في خصائص المنتج النهائي أيضاً نسبة الايزوسيانات (NCO) إلى الأول (OH) ، وإدخال مجموعات أمينية ، وإضافة مضافات مختلفة مثل مضادات الأكسدة ومضادات الأشعة فوق البنفسجية ومضادات الفطريات ، ومواد مقوية ، وصبغية ، وممانعة للحريق ، وملدنة .. إلخ .

تنقسم رغوات البولي يوريثان إلى ثلاثة أنواع هي :-

● رغوات مرنة : وهي مواد حلت مكان مواد قديمة تقليدية مثل : لاتكس الكاوتشوك والنوابض والصوف وذلك بفضل مزاياها الممتازة مثل خفتها ومقاومتها للحرارة ورجوعيتها وفترة بقائها ومرونتها .

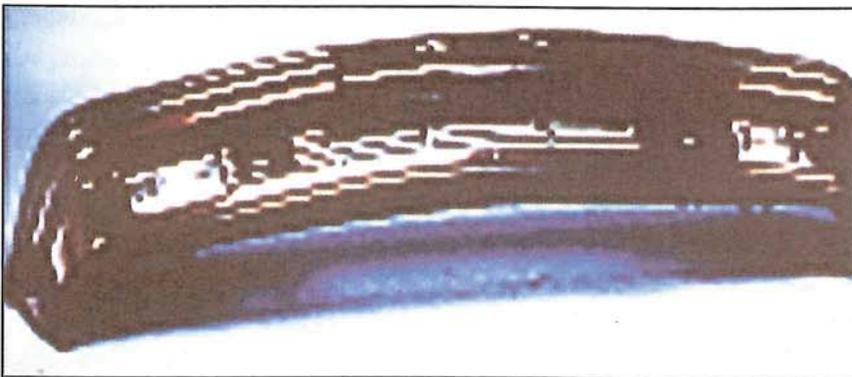
ويحصل تمدد هذه الرغوات نتيجة انطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن تفاعل الإيزوسيانات مع الماء الذي يُدخّل مسبقاً مع البولي أول . وتصنف هذه الرغوات مع الرغوات مفتوحة الخلية .

يتم إنتاج هذه الرغوات باستخدام مواد البولي إيثربولي أول الخطية أو قليلة التفرع ذات الأوزان الجزيئية المرتفعة نسبياً ( ٢٠٠٠ - ٨٠٠٠ ) مع الـ (TDI) أو الـ (MDI) .

يستخدم ٦٨٪ من هذه الرغوات في مجال المفروشات (فُرُش ، وسائد ، ... ) و٣٢٪ منها في مجال السيارات ( مقاعد ، مساند ، ... ) . ويمكن ضعف هذه الرغوات في قابليتها للإحتراق حيث أنها قابلة للإحتراق ، لذلك تضاف إليها مواداً هالوجينية أو فوسفورية لخفض درجة اشتعالها وسرعة احتراقها .

● رغوات صلبة : ويحصل تمددها - في الغالب - من تبخير سائل منخفض درجة الغليان بتأثير الحرارة المنتشرة عن التفاعلات الحاصلة . ويتم الحصول على هذه الرغوات نتيجة استخدام بولي إيثربولي أول عالي التفرع ذو وزن جزيئي منخفض نسبياً ( ١٠٠٠ ) مع الـ (MDI) على الأغلب .

تكون الخلايا الرغوية ، في هذا النوع ،



● صناعة صدمات السيارات من رغوات البولي يوريثان .

المبثوقة بهدف العزل الحراري في أبنية خاصة تتطلب مقاومة انضغاط عالية مع مظهر جيد وامتزاز منخفض جداً للماء .

● **رغوات البولي ستايرين التركيبية :** (Structural Polystyrene Foams) : وهي عبارة عن رغوات مشتقة من البولي ستايرين، وتكون موادها الأولية على شكل بوليمرات تساهمية أو خلاط بوليمرية ، تحتوي على عوامل نفخ كيميائية مناسبة من أجل عمليات قولبة رغوة البلاستيك اللدن حرارياً بالحقن ، وبثق رغوة البلاستيك اللدن حرارياً (مثل مركبات أزو، ومركبات الهيدرازين ، وثاني كربونات الصوديوم مع حامض الليمون) .

ومن أكثر المنتجات استخداماً في هذا المجال منتجات البوتادايئين المعدل والبولي ستايرين القياسي المقاوم للصدمة ، وبوليمرات الأكريلونيتريل - بوتادايئين - ستايرين (ABS) ، وبوليمرات الستايرين - أكريلونيتريل (SAN) .

تعتمد خصائص هذه الرغوات على المواد الأولية المستخدمة في تحضيرها ، وعلى كثافتها الظاهرية ( المرتفعة عموماً ) . وتستخدم هذه الرغوات في صناعة المفروشات ، أجهزة التلفزة والمسجلات ، البناء ، النقل ، المعدات الرياضية ، السيارات .

#### ٤ - رغوات بولي كلوريد الفينيل (PVC)

تتميز رغوات الـ PVC بتعدد استخداماتها بسبب اتساع مجال خصائصها . وهي تحضر على شكل رغوات مرنة أو صلبة أو نصف صلبة تبعاً لمحتواها من المددات ومساعدات التصنيع والمواد الرابطة المتصلبة حرارياً .

يتم الحصول على رغوات الـ PVC ابتداءً من خلاط جافة ، أو حبيبات مع مائع، أو خلاط عجينية تحتوي على عوامل نفخ فيزيائية أو كيميائية . ومن أهم تقنيات تصنيع الخلاط الجافة والحبيبات ، تقنيات القولبة ، والبثق ، والصقل ، والقولبة بالحقن . ويتم عادة تصنيع خلاط المائع أو العجين بوساطة تقنية التغطية بالبسط (Spread Coating) .

ومن أهم رغوات بولي كلوريد الفينيل مايلي :-

● **الرغوات الصلبة :** ويتم إنتاجها

● **مرحلة ما قبل التحويل إلى رغوة حيث يتم تسخين الحبيبات مما يؤدي إلى تبخر عامل النفخ مسبباً تمدد حجم الكريات إلى سبعة وعشرين ضعفاً من حجمها الأصلي .**

● **مرحلة التخزين الوسطي ، الذي يسمح للهواء بالدخول إلى كل الخلايا .**

● **مرحلة التحويل النهائي إلى رغوة ، ويتم بصورة آلية تماماً ، حيث توضع الكريات السابقة في قوالب متقبة ، وتعرض للبخار فتتمدد وتسد الفراغات وتنصهر بعضها مع بعض . ويتم تحويل القطع الرغوية الناتجة إلى ألواح تستخدم في العزل الحراري أو إلى صفائح بسماكة ١ - ٦ مم تستخدم تحت ورق الجدران وفي التعبئة والتغليف ، وذلك باستخدام قاطعات آلية متنوعة .**

تتوقف معظم الخصائص الفيزيائية لرغوات (EPS) على كثافتها الظاهرية ، وتتراوح كثافات الألواح المستخدمة في العزل الحراري عموماً بين ١٥ - ٣٠ كجم/م<sup>٣</sup> ، بينما تبلغ كثافة عازلات الصوت ١٢ كجم/م<sup>٣</sup> ، وتتراوح كثافة الأجزاء مقبولة الشكل بين ٢٠ - ٣٠ كجم/م<sup>٣</sup> .

تستخدم رغوات الـ (EPS) في مجال العزل الحراري وعزل الصوت وفي صناعة البناء ، وفي عزل مستودعات التخزين الباردة وخلايا التبريد ، وفي صهاريج التخزين وصهاريج النقل ، وفي الأنابيب ، وتستخدم في الأجزاء المقبولة من أجل التعبئة والتغليف ، والدمى ، كما تستخدم كمضافات في الأسمنت خفيف الوزن ، وكطلاء للعزل الحراري .

#### ● **رغوات البولي ستايرين المبثوقة (Extruded Polystyrene Foams -XPS)**

ويتم إنتاجها في باثقات لصهر البولي ستايرين مع عامل النفخ ( هيدروكربونات مهلجنة ) في أوتوكلاف تحت الضغط . وعند تبريده تحت الضغط الجوي العادي يتحول إلى رغوة ذات بنية رغوية وحيدة الشكل . تصبغ ألواح الرغوة خلال البثق وتزود بمعوقات الاحتراق ( مثل سداسي برومو حلقي السدويكان ) . تنتج هذه الألواح بكثافات ظاهرية متنوعة وسماكات وطبيعة سطوح مختلفة تبعاً لاستخدامها النهائي .

تستخدم ألواح البولي ستايرين الرغوية

وهي عبارة عن رغوات نصف صلبة تتميز بخصائص ممتازة لامتصاص الصدمات ، لذلك تصلح لتغليف الأشياء الحساسة للصدمة مثل المنتجات الإلكترونية . وتتميز هذه الرغوات كذلك بنفاذية (Permeability) قليلة للرطوبة وبمقاومة جيدة لتغيرات المناخ مما يجعلها مناسبة للاستخدامات البحرية (مثل واقيات الاصطدام في السفن ، وطافيات النجاة ، وستر النجاة ) كما تستخدم بسبب انخفاض ناقلية حرارية في القاعات الرياضية وذلك في مجال عزل الصوت والأرضيات المرنة .

#### ● **رغوات البولي أوليفين مرتفعة الكثافة :**

يتم تحويل البولي إيثيلين منخفض الكثافة إلى رغوة باستخدام عوامل نفخ كيميائية للحصول على كثافة ظاهرية تصل إلى ٤٥٠ كجم/م<sup>٣</sup> تستخدم في عزل أسلاك كابلات الهاتف . ويمكن الحصول على رغوات ذات كثافات ظاهرية تتراوح بين ٥٠٠ إلى ٧٠٠ كجم/م<sup>٣</sup> انطلاقاً من الـ (HDPE) ومن البولي بروبيلين . ويمكن إنتاج رقائق وأشرطة من البولي بروبيلين بتحويله إلى رغوات ذات كثافة تتراوح بين ٤٠٠ إلى ٧٠٠ كجم/م<sup>٣</sup> ، لاستخدامها في مجال التغليف .

#### ٣- رغوات البولي ستايرين (Ps)

تتميز لدائن البولي ستايرين الرغوية بخصائص فيزيائية جيدة ، وبتساع في مجال استخداماتها . وتنتج هذه الرغوات بطرق متعددة وبكثافات ظاهرية مختلفة ، وبناءً على ذلك تختلف في خصائصها واستخداماتها . ومن أنواع رغوات البولي ستايرين مايلي :-

#### ● **رغوات البولي ستايرين القابلة للتمدد (Expandable Polystyrene -EPS)**

ويتم إنتاجها بالبلمرة المعلقة للستايرين بوجود عوامل نفخ ، حيث يتم الحصول على كريات البوليمر ، كما يمكن الحصول على هذه الرغوات من البوليمرات التساهمية للبولي ستايرين ( مع الأكريلونيتريل أو بلا ماء حامض المالتيك ) . وتضاف مواد إضافية للحصول على رغوات مقاومة للهب . يتم الحصول على الرغوة انطلاقاً من حبيبات الـ (EPS) على ثلاثة مراحل :-

ينتج عن هذه العملية صفائح تتراوح سماكتها بين ٣٠ إلى ٥٥ مم ذات كثافات ظاهرية تتراوح بين ٣٥ إلى ٦٠ كجم/م<sup>٣</sup>. ونظراً لأن رغوات الـ (PF) مغلقة الخلية، فإنها تحتفظ بعوامل نفخ هيدروكربون فلورية تتميز بأنها ذات ناقلية حرارية منخفضة، مما يجعلها عازلة جيدة للحرارة.

تتحمل هذه الرغوات درجات حرارة تصل إلى ١٨٠°م لفترات قصيرة، و ١٣٠°م لفترات طويلة. كما تقاوم العديد من المذيبات ولا تتأثر إلا بالأحماض والقلويات المركزة، وتتمتع بمقاومة جيدة تجاه الحريق.

تستخدم هذه الرغوات في صناعة البناء، ومن أمثلة ذلك، صناعة ألواح الـ (PF) الرغوية المغطاة بنسيج من الليف الزجاجي التي تستخدم عازلاً حرارياً للأسقف المسطحة. وتستخدم بصورة متميزة في دول الاتحاد السوفيتي (سابقاً) في مجال العزل في وسائل النقل (سيارات، قطارات، سفن) وفي الطائرات وسفن الفضاء.

### ٦ - رغوات راتنجيات اليوريا - فورمالدهيد (UF)

يتم الحصول على هذه الرغوات ابتداءً من محلول مادة خافضة للتوتر السطحي مع مادة مصلدة (مثل حامض الفوسفور) مع محلول مائي (٣٠ - ٤٠٪) لراتنج اليوريا - فورمالدهيد وباستخدام الهواء المضغوط للتحويل إلى رغوة. ويلعب المصلد الحامضي دور عامل الترابط المتقاطع، وتتشكل في البداية رغوة خفيفة شبيهة بالكريم قابلة للصب لثلاث أن تتصلب بسرعة متحولة إلى مادة بلاستيكية رغوية غير قابلة للذوبان في الماء ومقاومة للتغفن. ويمكن التحكم في زمن تصلب الرغوة من خلال التحكم في درجة الحرارة، وتركيز المادة المصلدة، وعوامل أخرى.

تحتوي رغوات الـ (UF) في البداية على ٧٠ - ٧٥٪ من وزنها ماءً، ولكنها تصبح مفتوحة الخلية بعد عملية التجفيف مما يؤدي لنقصان حجمها بمقدار ٨٪.

تتميز هذه الرغوة بكثافات ظاهرية بين ١٠ إلى ٣٠ كجم/م<sup>٣</sup> حسب الاستخدام

عجائن محتوية على عامل نفخ، والنتائج عبارة عن رغوات مغلقة الخلية. كما يمكن إنتاج هذه الرغوات ببسط العجائن أو بثقها.

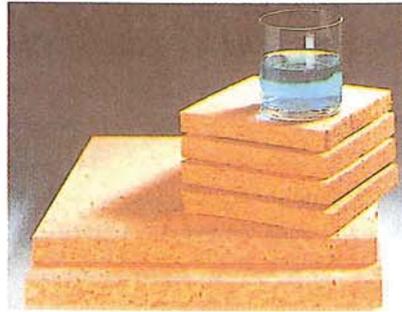
وتستخدم هذه الرغوات في منع التسرب والعزل في البناء والعزل الحراري وفي ملابس التعويم وفي الوقاية من الصدمات في المعدات الرياضية.

✳️ رغوات مدعومة: ويتم إنتاجها ببسط العجائن المحتوية على عامل نفخ ومواد داعمة متنوعة. وكمثال على تطبيقات هذه الرغوات، جلد الـ PVC الصناعي المكون من حامل نسيجي وطبقة أساس من الـ PVC المرن التي تعطي هذا الجلد ملمساً ناعماً. وتوجد أيضاً، إضافة للنوعين السابقين، رغوات PVC مرنة مختلفة أخرى متنوعة الأشكال والمظاهر.

### ٥ - رغوات راتنجيات الفينول - فورمالدهيد (PF)

تنتج هذه الرغوات من تصلد راتنج الفينول فورمالدهيد محفز بحامض وناشر للحرارة، متكثف في وسط قاعدي، حيث تؤدي حرارة التفاعل إلى تبخر عامل النفخ (مركب هيدروكربوني هالوجيني) مما يسبب تشكل الرغوة. ويستخدم في تصليد الرغوة محفزات مثل حامض الكبريت، أو حامض الفوسفور، أو أملاح أريلية سلفونية تتبعها معالجة حرارية.

وتنتج هذه الرغوات إما بطريقة مقطعة بصب المزيج الرغوي في قوالب، أو طريقة مستمرة يتم فيها إنتاج الصفائح الرغوية المغلقة الخلية بوضع المزيج السابق مع خافضات التوتر السطحي (مثل ريسينوليوات الجليسرول) بين طبقتين من الورق المقوى المغطى بالألومنيوم حيث تتشكل الرغوة وتتصلب في ضاغط مسخن ثنائي السير.



● استخدام رغوات الـ PVC في البناء.

بواسطة بثق خليط جاف أو حبيبات PVC تحتوي على عوامل نفخ، على هيئة أنابيب (Pipes)، أو أجزاء مشكلة، أو ألواح. كما يمكن طلاء الأنابيب المعدنية بالـ PVC الرغوي بالبثق.

تتراوح رغوات الـ PVC الصلبة بين الرغوات مفتوحة الخلية ومغلقة الخلية. ويتوقف ذلك على نوعية وكمية مادة النفخ المستخدمة وطريقة التحضير المتبعة. وبصورة عامة تتميز هذه الرغوات بقوة ميكانيكية مرتفعة ومقاومة جيدة للرطوبة والاهترام والمواد الكيميائية.

تستخدم الرغوات الصلبة في صناعات البناء، الأثاث وفي مجال العزل الحراري وكبدائل للخشب. وهناك نوعان من رغوات الـ PVC الصلبة كما يلي:-

✳️ رغوات متصلدة حرارياً مُعدلة: وتصنع على مرحلتين يتم في المرحلة الأولى تسخين عجينة من الـ PVC المحتوية على مادة ملدنة وعامل ترابط متقاطع من الايزوسيانات، ومثبتات، وعامل نفخ كيميائي تحت ضغط مرتفع في قالب حتى يتشكل على هيئة هلام ويتفكك عامل النفخ معطياً خلايا مغلقة. في المرحلة الثانية، وبعد تبريد محتوى القالب، يتم إدخال بخار الماء للمادة بدرجة حرارة بين ٩٠ - ١٠٠°م ويخفض الضغط فتتعدد المادة المقبولة. يتم الترابط المتقاطع في سلاسل الـ PVC مما يؤدي إلى الحصول على رغوة عالية الصلابة والتماسك.

تتميز هذه الرغوات بخصائص ميكانيكية عالية، وتستخدم في بناء السيارات والسفن والطائرات.

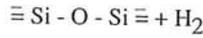
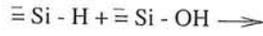
✳️ رغوات صلبة لدنة حرارياً: وتحضر بنفس الطريقة السابقة ابتداءً من حبيبات الـ PVC دون استخدام ملدنات أو ايزوسيانات أو عوامل ترابط متقاطع. وتستخدم هذه الرغوات في مواد التعويم البحري.

● الرغوات المرنة: وتوجد بعدة أنواع منها:-

✳️ رغوات غير مدعومة: وتحضر بنفس طريقة تحضير رغوات الـ PVC الصلبة انطلاقاً من خليط جاف أو حبيبات أو

## ٨- رغوات السيليكون (Si)

يحصل على هذا النوع من الرغوات من المطاط السيليكوني المفلكن (المصلد) بالتسخين أو عند درجة حرارة الغرفة. وتستخدم نماذج الفلكنة المنشطة بالتسخين مركبات بولي سيلوكسان ذات الوزن الجزيئي الكبير، وعوامل نفخ تنشط بالتسخين، وعوامل ترابط متقاطع فوق أكسيدية، ومواد مالئة سيليكاتية. ويتم تحويل المزيج إلى رغوة في قوالب انضغاط أو بانثقات عند درجة حرارة ١٥٠ - ٢٠٠ م. أما في حالة نماذج الفلكنة تحت درجة حرارة الغرفة فتستخدم فيها سلاسل قصيرة من البولي سيلوكسان محتوية على المجموعات Si - H، مع مركبات سيلوكسان قليلة للزوجة محتوية على مجموعات Si - OH، عند درجة حرارة الغرفة، بوجود محفز تكاثف.



يستخدم في هذه الرغوات غاز الهيدروجين الناتج كعامل نفخ مع غاز نفخ إضافي مساعد.

تتمتع رغوات السيليكون بكثافات ظاهرية تتراوح بين ٦٠ و ٣٠٠ كجم/م<sup>٣</sup>، تتفكك عند الدرجة ٣٥٠ م<sup>٥</sup>، وتتميز بخصائص تخميد ثابتة (Constant Cushioning Properties) ضمن مجال واسع من درجات الحرارة (-٨٠ م<sup>٥</sup> حتى +٢٠٠ م<sup>٥</sup>)، كما تظهر خصائص عزل كهربائية جيدة، وهي مقاومة للإشعاع والتقادم وتغير الطقس، وتعد محايدة من الناحية الفيزيولوجية فضلاً عن أنها تتمتع بمقاومة عالية للهب.

تستخدم رغوات السيليكون في مجال منع التسرب، وفي ملء التشققات والتجاويف في أعمال البناء، وفي عزل الحرارة والكهرباء في مجال الفضاء، وفي مقاعد الطائرات، وفي صناعة الأعضاء الصناعية في المجال الطبي.

النهائي، ولا تتحمل إلا القليل من الجهد الميكانيكي. وتتحمل التعرض لدرجات حرارة تزيد عن ١٠٠ م لفترات طويلة إلا إنها تتفكك عند درجات حرارة تزيد عن ٢٠٠ م.

تستخدم رغوات اليوريا فورمالدهيد، ذات الكثافة الظاهرية ١١ كجم/م<sup>٣</sup>، بصورة رئيسة كعازل حراري في تجاويف الجدران، وفي سمكة الأنابيب. وتستخدم في ملء التجاويف في المناجم لمنع تراكم غاز المناجم، وفي سد المناجم المهجورة، أما الرغوات ذات الكثافة الظاهرية (٢٠ كجم/م<sup>٣</sup>) فتستخدم لتحسين خواص التربة الزراعية بوساطة خلطها معها، أما الحبيبات الرغوية ذات الكثافة الظاهرية ٣٠ كجم/م<sup>٣</sup> - المحتوية على مادة خافضة للتوتر السطحي وعلى مادة مضادة للكهرباء الساكنة - فتستخدم في تنظيف السجاد.

## ٧- رغوات راتنجيات الميلامين - فورمالدهيد (MF)

يتم تحضير هذه الرغوات من راتنج الميلامين - فورمالدهيد باستخدام خافض توتر سطحي لاستحلاب البننتان مع الميلامين - فورمالدهيد، ويحصل التصلد باستخدام حامض النمل، ويتم تمدد الرغوة بالتسخين. وللحصول على رغوة مرنة غير قابلة للتقصيف يجب أن تتجاوز نسبة المواد الصلبة في الرغوة ٧٠٪.

تتميز هذه الرغوات بكونها مطاطية مرنة مفتوحة الخلية، تتراوح كثافتها بين ١٠ - ١٢ كجم/م<sup>٣</sup>. وتتمتع بناقلية حرارية أقل من ناقلية الرغوات العازلة المملوءة بالهواء.

تتحمل هذه الرغوات تعرضاً قصيراً لدرجات حرارة تصل إلى ٢٥٠ م<sup>٥</sup>، وتعرضاً طويلاً لدرجة حرارة ١٥٠ م<sup>٥</sup>. ولا توجد مذيبيات لهذه الرغوات لكنها تتحطم عند تعرضها للأحماض والقلويات المركزة.

تستخدم رغوات (MF) في مجال العزل الحراري في الصناعة (مثل عزل الأنابيب)، كما تستخدم على شكل ألواح زينة تكسى بها الجدران والسقوف بهدف عزل الصوت، وكذلك في أغشية محركات السيارات.

## ٩- رغوات أخرى

إضافة إلى اللدائن الرغوية المذكورة آنفاً توجد رغوات أخرى لا يتسع المجال لبحثها بالتفصيل، مثل:-

● رغوات البولي إيميد (PI) : التي تتميز بمقاومتها للمذيبيات وللحريق مما يجعلها مناسبة في مجال الفضاء. وتستخدم أيضاً في الوقاية من الحرارة والاهتزاز في المعدات الحربية والإلكترونية الفضائية، وكحاجز خفيف الوزن مضاد للحريق في كابينات الطائرات.

● رغوات البولي ميتاكريل إيميد (PMI) : وهي مواد صلبة متلدنة حرارياً، تستخدم في صناعة زلاجات الثلج ومضارب التنس والريشات الدوارة في طائرات الهليكوبتر.

● رغوات البولي ميتاكريلات الميثيل (PMMA) : تستخدم كمواد عازلة شفافة مع الألواح الزجاجية في النوافذ لزيادة العزل الحراري.

● رغوات البولي أميد (PA) : وتتميز بمتانة وصلابة ومقاومة للحرارة المرتفعة والمذيبيات. حيث تستخدم في تلبس الأجهزة الكهربائية ومأخذ المصابيح والحاويات.

## الآثار البيئية للرغوات

لا تظهر المواد البوليمرية الرغوية هذه، بصورة عامة، أي خطر سمي على الإنسان، إلا أن المونومرات المرافقة المتبقية معها ومواد الإضافة ذات الوزن الجزيئي المنخفض يمكن أن يكون لها أثر ضار، لذلك ينبغي مراقبتها ودراسة نسبها في الرغوات بصورة مستمرة.

يتم التخلص من نفايات اللدائن الرغوية بضغطها في البداية لتقليل حجمها، ثم ردمها. ولا تظهر هذه المواد أية أضرار على المياه الجوفية بسبب بطء تفككها. أما في حالة التخلص من اللدائن الرغوية بحرقها فإن معظم هذه المواد ينتج عنها غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار ماء وبالتالي فإنها لا يمكن أن تشكل أية مشكلات بيئية. وفي حالة حرق الرغوات المحتوية على عنصر الكلور يمكن نزع غاز كلور الهيدروجين الناتج عن الاحتراق بالغسل.



# المواد اللاصقة

د . عصام فراج السعافين

الجدول (١) أهم أنواع المواد اللاصقة ومواد ترابطها ومجالات استخدامها .

## ● مميزات

المميزات عبارة عن موائع متطايرة تضاف لجميع المواد اللاصقة السائلة ، كما أنها أحياناً تضاف كمواد ملدنة للمواد اللاصقة المستحلبة . وتعمل المميزات على إذابة المواد الصلبة والمواد عالية اللزوجة ، وتتبخر أثناء تشكل الطبقة اللاصقة .

وتدخل في صناعة المواد اللاصقة مميزات متنوعة وكثيرة مثل التولوين ، الزايلين ، كلوريد الميثيلين ، ثلاثي كلورو الإيثيلين ، ثلاثي كلورو الإيثان ، الأستون ، ميثيل أيزوبوتيل كيتون ، الهسكان الحلقي ..... وغيرها .

## ● ملدنات

المدنات عبارة عن مواد كيميائية تضاف للمادة اللاصقة لتزيد من لدونتها وقوة ربطها . ومن أهم المدنات المستخدمة في صناعة المواد اللاصقة الفثالات مثل ثنائي بوتيل الفثالات ، الإيبوكسي ، أميد حامض سلفونيك الفينول ، بولي إيثيلينات مكلورة ، راتنجات هيدروكربونية أخرى بأوزان جزيئية منخفضة .

## ● مواد مالئة

تعرف المواد المالئة ( Fillers ) بأنها مواد تضاف للمواد اللاصقة لتحسين خواصها الميكانيكية وتقليل تكلفتها الإنتاجية . ومن أمثلة المواد المالئة كربونات الكالسيوم ، السيليكا ، الألياف وغيرها .

## ● مضافات أخرى

تضاف للمواد اللاصقة بعض المواد الأخرى التي تساعد على تحسين خواصها وثباتها وعدم تحللها ، وتعتمد في إضافتها على نوع المادة اللاصقة وطرق ومجال استخدامها ومنها مواد حافظة مثل مركبات الكينولينولات المعدنية (كينولينولات النحاس ) ، مواد مانعة للتآكسد و الأشعة فوق البنفسجية مثل مركبات نفتثيل أمين ، وبارافينيلين ثنائي أمين ، مواد مضادة للاشتعال مثل رباعي كلورو الفثاليك .

## تصنيف المواد اللاصقة

يمكن تصنيف المواد اللاصقة بناء على عدة عوامل منها تركيبها الكيميائي ، آلية التصلب ، طريقة الاستخدام ، كيفية

## ● عضوية

تقسم المواد اللاصقة العضوية إلى نوعين هما :-

\* عضوية طبيعية : وتصنف حسب مصدرها إلى ثلاثة أنواع هي :-

- حيوانية : مثل جيلاتين العظم ، البومين الدم ، غراء الكازين .

- نباتية : مثل النشاء ، لاتكس المطاط ، السيليلوز .

\* بتروكيميائية : ومنها ما يلي :-

- مانعات التسرب : ومن أمثلتها

- البولييمرات المرنة الذوابة : ومن أمثلتها المواد اللاصقة المطاطية .

- راتنجات مطاوعة للحرارة : مثل بولي أميدات ، بولي فينيل الخلات ، بولي إستر ، بولي ستايرين ..... وغيرها .

- راتنجات متصلدة بالحرارة : مثل راتنجات الإيبوكسي ، راتنجات البوريا - الفورمالدهيد ، أكريلات السيانيد ، البولي يوريثينات .... وغيرها .

## مكونات المواد اللاصقة

يمكن تصنيف مكونات المواد اللاصقة

على النحو التالي :-

## ● مواد ترابط

تعرف مواد الترابط ( المادة الخام الأساس ) بأنها بوليمرات ذات أوزان جزيئية مرتفعة تستخدم في صورة محاليل ، مستحلبات ، مشتتات ، منصهرات ( Melts ) ، وتختلف مواد الترابط من مادة لاصقة لأخرى طبقاً لنوعية وطريقة الاستعمال ، وتسمى المادة اللاصقة تبعاً لنوع مادة الترابط المستخدمة فيها ، ويوضح

شهدت العقود الثلاثة الأخيرة تطوراً هائلاً في مجال استخدام المشتقات البتروكيميائية الأساس التي يقوم عليها الكثير من الصناعات البتروكيميائية كصناعة الدهانات ، البلاستيك ، المواد اللاصقة ... وغيرها . وتعد صناعة المواد اللاصقة من الصناعات الهامة حيث تعتمد عليها كثير من الصناعات الأخرى مثل صناعة الخشب ، الورق ، الجلود ، المجوهرات ، الحديد ... وغيرها .

تُعرف المواد اللاصقة بأنها مزائج فيزيائية ( عضوية أو لا عضوية ) توجد في صورة محاليل أو بودرة جافة تستخدم في ربط جسمين أو أكثر بعضهما ببعض عن طريق الالتصاق السطحي والشد الداخلي للأجسام دون تغيير في بنيتها الداخلية ، وتتكون المواد اللاصقة من مواد ترابط ، مميزات ، ملدنات ، مواد مالئة ، وبعض المواد الأخرى .

## مصادر المواد اللاصقة

يمكن تقسيم المواد اللاصقة على أساس مصدرها إلى ثلاثة أنواع هي :-

## ● لاعضوية

تصنف المواد اللاصقة اللاعضوية إلى

ما يلي :-

\* سيليكات نوابة .

\* لاصق فوسفاتي .

\* أسمنت بورتلاند .

\* أسمنتات أخرى كالجبس والمونة ... وغيرها .

\* ملاط السيراميك .

— مواد لاصقة سادة بالحرارة : مثل مركبات الفينيل البوليميرية .

— ملاط لاصقة : مثل الإيلاستوميرات وهي عبارة عن بولي كلوروبوتااينين مولف مع راتنجات مواد لاصقة مناسبة مثل ألكيل الفينول أو راتنجات فينولية معدلة .

— مواد لاصقة حساسة للضغط : مثل المطاط الصناعي ، بولي أكريلات ، بولي إيثيرات الفينيل .

✳ محاليل يتبخز منها المذيب أثناء التصلب : وتصنف إلى ثلاثة أنواع هي :-

— محاليل صناعية لمواد بوليميرية في مذيبات عضوية : مثل مركبات الفينيل البوليميرية والمطاط الصناعي ذى القطبية المنخفضة .

— محاليل صناعية لمواد بوليميرية في مذيبات مائية : مثل إيثيرات السيليلوز وبولي كحول الفينيل وبولي بيروليدون الفينيل .

— مستحلبات : وهي عبارة عن مركبات بوليميرية غير قابلة للذوبان في الماء مثل بوليمرات متجانسة من خلات الفينيل وبربيونات الفينيل وبوليمرات مشتركة من الستايرين ، إسترات لحمض بولي أكريليك .

### ● مواد تصلب كيميائي

تقسم المواد اللاصقة التي تتصلب بوساطة التفاعل الكيميائي إلى عدة أنواع طبقاً لنوع التفاعل ، وهي كما يلي :

✳ مواد تتصلب بالبلمره : ومنها نوعان هما :-

— لواصل ذات عبوتين : مثل الستايرين ، وميثاكريلات الميثيل وبولسترات غير مشبعة مع مركبات فينيل مونوميرية .

— لواصل ذات عبوة واحدة : مثل سيانو أكريلات وميثاكريلات .

✳ لواصل تتصلب بالإضافة المتعددة : وتشتمل على نوعين هما :

— لواصل الإيبوكسي : مثل راتنجات الإيبوكسي ، بولي أمينات أميدو ، بالامات أحماض ثنائية الكربوكسيل ، مركبات بولي إيبوكسي مولفة مع الأمينات .

— لواصل بولي يوريثان : ومنها بوليمرات بولي يوريثان المحتوية على مجموعات هيدروكسيل أو مجموعات أيزوسيانات .

✳ لواصل تتشكل بالتكاثف المتعدد :

المادة اللاصقة	مادة الترابط	مجال الاستخدام
سيليلوزية	— إيثيرات واسترات السيليلوز	الورق - الألواح الليفية .
مطاطية	— المطاط الصناعي	الخشب ، المواد البلاستيكية ، المعادن .
فينيلية	— إسترات بولي الفينيل — بولي كلوريد الفينيل — بولي كحول الفينيل — بولي خلات الفينيل — بولي إيثيرات الفينيل	صفائح المعادن ، المواد المحتوية على سيليكات ، الورق ، المواد البلاستيكية ، الرقائق البلاستيكية ، اللفائف المعدنية المستخدمة في التغليف ، الخشب ، الشرائط اللاصقة .
أكريلية	— بوليمرات الأكريلات والميثاكريلات	الرقائق ، الشرائط اللاصقة ، المعادن .
أميدية	— بولي أميدات وبولي أمينو أميدات	الورق ، المواد البلاستيكية ، النسيج ، الجلود ، الرقائق الليفية .
بولي إستيرية	— بولي إستيرات	الورق ، الجلود ، النسيج ، المواد البلاستيكية .
يوريثانية	— بولي يوريثانات	المعادن ، المواد المحتوية على سيليكات .
سيانيدية	— بولي أيزوسيانات	الخشب ، المعادن ، المواد البلاستيكية ، المطاط .
إيبوكسية	— راتنجات الإيبوكسي	الخشب ، المعادن ، المطاط ، الزجاج ، المواد البلاستيكية .
فينولية	— راتنجات فينولية	الخشب ، المطاط ، المعادن ، المواد البلاستيكية .
أمينية	— راتنجات اليزوسينول - فورمالدهيد — راتنجات اليوريا - فورمالدهيد — الميلامين - فورمالدهيد — راتنجات الفينول - فورمالدهيد المولفة مع راتنجات فورمال الفينيل	المنسوجات ، مستحضرات التجميل ، الخشب ، المعادن ، الورق ، الكرتون ، هياكل الأجهزة الكهربائية ، الغراء ، المواد البلاستيكية ، مواد العزل الكهربائي ، الأدوات المنزلية ، البناء .

● جدول (١) أهم أنواع المواد اللاصقة ، مواد ترابطها وأهم إستخداماتها .

وتوجد المواد اللاصقة في هذه الحالة على صورتين هما :-

— حبيبات : مثل بولي أميدات ، بولي إسترات أو بوليمرات مشتركة من الإيثيلين وخلات الفينيل .

— مساحيق : مثل البلاستييزول ، بولي كلوريد الفينيل .

✳ محاليل يخرج منها المذيب قبل التصلب : ويتم فيها تصلب المادة اللاصقة بتسخينها قبل وأثناء التصلب ومنها :-

انتشارها في الأجسام اللصقة . وتعد آلية التصلب من أهم عوامل تصنيف المواد اللاصقة الأكثر استخداماً في الوقت الحاضر ، وتصنف المواد اللاصقة طبقاً لهذه الآلية إلى ما يلي :-

### ● مواد تصلب فيزيائي

تشتمل المواد اللاصقة ( لواصل ) التي تتصلب فيزيائياً على عدة أنواع هي :-

✳ مواد خالية من المذيبات : ويتم فيها تشكل الطبقة اللاصقة بفعل الحرارة ،

# المطاط الصناعي

د . محمد شفيق الكنانى

المطاط عبارة عن بوليمر متشابك طبيعي أو صناعي أو معدّل يتميز بقابليته للتشكل والامتطاط ، و يستخدم المطاط في صناعات كثيرة متنوعة ، وعليه فإن صناعته لا تنتهي بإنتاج المطاط الخام ، بل يتم تشكيل الخام وتحويله إلى منتجات مطاطية مفيدة صناعياً وملائمة لأغراض معينة بإضافة مجموعة من الإضافات والمواد المساعدة مثل مواد فلكنة ، مواد مالئة ، ملدنات ومنعمات ، مساعدات تصنيع وبعض المكونات الأخرى التي تساعد المطاط على مقاومة التشقق ، الاحتراق ، الانتفاخ .. وغيرها .

ستايرين - بوتادايئين ، مطاط النتريل - بوتادايئين . ويضاف الكبريت عند درجات حرارة مرتفعة إما على شكل عنصر (S) أو على شكل مركبات عضوية مثل ثنائي كبريت ثنائي مورفوليل ، ٢- مورفولينوثنائي كبريت بنزوثيازول ، ثنائي كبريت كابرولاكتام ، رباعي سلفيد ثنائي بنتاميثيلين ثيورام ورباعي سلفيد أيزوبروبيل كسانثيك .

ومن جانب آخر تستخدم عوامل فلكنة أخرى مثل اليوريتان ، فوق الأكاسيد مثل فوق أكسيدثنائي - ثالثي - البوتيل وفوق أكسيد ثنائي الكيوميل في تشكيل أنواع المطاط المشبع كلياً مثل إيلاستوميرات إيثيلين - بروبيلين ، بوليمرات مشتركة إيثيلين - خلات الفينيل ، كلوروبرين ، كما تستخدم الأكاسيد المعدنية مثل أكسيد الزنك وأكسيد الماغنسيوم كعوامل فلكنة في تشابك مطاط النيوبرين .

✳️ **مسرّعات فلكنة** : وهي مواد تضاف لزيادة سرعة وتنشيط عملية تشابك المطاط عند إضافة الكبريت له .

وتنقسم مسرّعات الفلكنة إلى مسرّعات لا عضوية مثل أكسيد الماغنسيوم وهيدروكسيد الكالسيوم وكبريتيد الأنتمون ، مسرّعات عضوية مثل سلفين أميدات وثيازولات وثيورامات وثنائي ثيوكربامات وغوانيديئات وثيوبيوريات . وتتميز مسرّعات الفلكنة العضوية عن

## مكونات المطاط

تتكون المنتجات المطاطية بصفة أساس من خام المطاط ومضافات أخرى متنوعة تضاف إليه لتحسين خصائصه الميكانيكية مثل المرونة والصلابة والمتانة وغيرها ، والحرارية ، والكيميائية مثل مقاومته للأحماض والقواعد والماء والزيوت والمذيبات ، والكهربائية مثل العزل الحراري والالتهابية ، ومقاومته للعوامل الجوية مثل غاز الأوزون وأكسجين الهواء الجوي والأشعة فوق البنفسجية . ومن أهم المواد التي تضاف إلى خام المطاط عند تصنيعه ما يلي :-

### ● مواد فلكنة

مواد الفلكنة هي مواد تضاف إلى خام المطاط لتساعد على تشابكه وتقسيته عند تسخينه إلى درجات حرارة معينة ، وتعرّف الفلكنة بأنها عملية كيميائية يتم فيها تشابك السلاسل البوليمرية للمطاط الخام ، وتتم عملية الفلكنة باستخدام عوامل ومسرّعات ومنشّطات ومثبّطات فلكنة ، وهناك عمليات فلكنة أخرى تتم باستخدام البخار أو التشعيع أو الهواء الساخن . ومن أهم مواد الفلكنة ما يلي :-

✳️ **الكبريت** : ويعد من مواد الفلكنة الأساس في تقسية أنواع المطاط ذات الروابط المضاعفة مثل مطاط البوتادايئين ، مطاط

وتشتمل على اللواصق التالية :-

- مركبات بولى هيدروكسي الميثيل : ومنها راتنجات الفينول - فورمالدهيد ، مطاط النتريل ، راتنجات اليوريا - فورمالدهيد ، الميلامين - فورمالدهيد ، راتنجات ريزورسينول - فورمالدهيد .  
- السيليكون .  
- بولى أميدات وبولى بنزيميذا زولات .  
- بولى يوريثان .

✳️ **لواصق تتصلب بالفلكنة** : ويتم فيها تصلب المادة اللاصقة عند درجة حرارة وضغط مرتفعين ومنها البوليمرات المهلجنة مثل مطاط كلوروبرين المولفة مع عوامل تشابك مثل مركبات النتروزو والآيزوسيانات والأكسيمات بالإضافة إلى عوامل مؤكسدة .

## صناعة المواد اللاصقة

تختلف صناعة المواد اللاصقة من مادة لأخرى بناء على عدة عوامل أهمها نوع المادة اللاصقة ( سائلة ، لزجة ، معجون ، صلبة ) وعلى مادة الترابط ( ذوابة في الماء أو في مذيب عضوي أو عديمة الذوبان ) .  
ومن أمثلة ذلك تتم عملية صناعة المادة اللاصقة المطاطية المستخدمة في ربط المطاط إلى المعادن عن طريق إذابة المادة الرابطة المطاطية في مذيب عضوي مثل التولوين أو رباعي كلوريد الكربون عند درجة حرارة أقل من درجة غليان المذيب ، ويجرى ذلك في وعاء خلط يتم تسخينه بالبخار ثم تضاف المضافات الأخرى - كالملدنات والمواد المالئة وغيرها - مع التحريك المستمر . ويمكن الحصول على المادة اللاصقة بلزوجة معينة عن طريق تبخير جزء من المذيب ثم تعيئتها في أنابيب ( عسارات ) أو في أوعية ذات أحجام مختلفة لتكون جاهزة للإستعمال .

أما المواد اللاصقة المحببة (الصلبة) فتتم صنعها عن طريق صهر المكونات مثل مادة الترابط ، المضافات ، المواد المالئة .... وغيرها في أوعية مسخنة لصهر وتجانس الخليط جيداً ثم يتم تقطير الخليط المنصهر على حزام مبرّد للحصول على مادة لاصقة في صورة محببات صلبة ، أو يتم تقسية المنصهر على حزام مبرّد للحصول على مادة لاصقة على شكل طبقة رقيقة يمكن تقطيعها إلى أجزاء صغيرة ، كما أنه يمكن تصنيع مادة لاصقة على شكل قضبان باستخدام القولية بالحقن .

الناجة عن كلتا العمليتين على كمية جيدة من التربينات  $(C_5H_8)_n$  التي تعد من المواد المنعّمة للمطاط.

✳️ **قطران الصنوبر** : وهو المادة المتبقية عن عملية تقطير صمغ الصنوبر ، وهي مادة منعّمة جيدة ، كما أنها تساعد على تشتت أسود الكربون.

✳️ **راتنجات صناعية** : وهي راتنجات هيدروكربونية ذات منشأ بترولي تعمل كمواد ملينة وتساعد على تشتت الأصباغ في المطاط.

✳️ **الإسترات** : ومنها أديبات ثنائي أو كتيل وهي مواد تُكسب المطاط لدونة عند درجات حرارة منخفضة خاصة المطاط الأكثر قطبية مثل مطاط النيوبرين والبوتادايئين والأكريلونتريل.

✳️ **الزيوت والدهون الطبيعية** : ومنها زيت بذر الكتان ، زيت بذر اللفت ، زيت العصفور وتستخدم في صناعة مطاط النيوبرين لتحسين لدونته عند درجات الحرارة المنخفضة وحمايته من تأثير غاز الأوزون .

### ✳️ مساعدات التصنيع

مساعدات التصنيع عبارة عن مواد تضاف بكميات قليلة لتحسين إنتاج وتصنيع المنتجات المطاطية دون التأثير على الخواص الفيزيائية للمطاط المفلكن . ومن أهم مساعدات التصنيع ما يلي :

✳️ **عوامل تصنيع** : وهي أكثر المواد استخداماً في صناعة المطاط ومنها راتنجات ذات أوزان جزيئية منخفضة ، أحماض دسمة ، إسترات لأحماض دسمة ، صوابين معدنية لأحماض دسمة.

وتعمل الأحماض الدسمة ومشتقاتها كمواد تزييت بين سلاسل البوليمر مؤدية إلى منع التصاق المطاط أثناء عملية الخلط والتشكيل ، كما تستخدم صوابين الأحماض الدسمة مثل ستيرات الزنك كطلاء سطحي للسلع المطاطية الخام .

✳️ **عوامل منشّطة ومشتّنة** : وهي مواد كيميائية تعمل على تقليل الزمن والطاقة اللازمين لتحلل البوليمر ، تشتتت المواد الجافة ، زيادة نعومة السلع المطاطية ، تحسين معدلات البثق ، زيادة تجانس مخلوط المطاط.

لونها بين الأبيض والكريمي وتبلغ كثافتها  $2,6 \text{ جم/سم}^3$  وتحتوي على ١٪ رطوبة ، وتتركب كيميائياً من  $2SiO_2 \cdot 2H_2O$  ،  $Al_2O_3$  ، ويوجد نوعان من الغضار هما : الصلب ويكسب السلعة المطاطية صلابة عالية في عمليات البثق ، والغضار اللين الذي يؤدي إلى ليونة السلعة المطاطية وسهولة بثقها .

– **السيليكا ومضافات أخرى** : وهي مواد تكسب المطاط صلادة ، وتتكون بصفة أساس من السيليكا مع ميركابتوبروبيل ثلاثي ميثوكسي سيلان وبس [٣] – ثلاثي إيتوكسي سيلان (بروبيل) رباعي سلفان . وتعتمد مجموعات التقسية في إضافتها على نوعية البوليمرات المطاطية الخام المستخدمة وعلى الصفات المطلوبة للمنتج النهائي.

– **كربونات الكالسيوم** : وتسمى أيضاً بالحجر الجيري  $(CaCO_3)$  وهي مادة مالئة تضاف لتبييض وتقوية المطاط .

### ✳️ ملدنات ومنعّمات

المدنات والمنعّمات (Softners) عبارة عن مواد كيميائية تضاف بكميات قليلة للمطاط لدمج المواد المالئة ، وتنعيم المطاط المفلكن ، وتسهيل التصنيع ، وتقوية قابلية عدم التشوه للمنتجات المطاطية ، ويمكن تصنيف المواد الملدنة والمنعّمة إلى الأنواع التالية :-

✳️ **مواد بترولية** : وهي مواد تعمل على تشتت أسود الكربون والمواد المالئة الأخرى ، ومن أمثلتها الزيوت البترولية التي تحتوى إما على حلقات مشبعة (نفثينات) ، أو حلقات غير مشبعة (عطريات) ، أو حلقات ذات سلاسل جانبية مشبعة (برافينات).

ويعتمد اختيار المواد الملدنة والمنعّمة على عدة عوامل منها مدى تأثيرها على خواص المطاط المفلكن ، طريقة تصنيعها ، خواصها الفيزيائية مثل اللزوجة والكثافة ونقطة الانسكاب ونقطة الأنيلين والتطايرية .. وغيرها من الصفات الأخرى.

✳️ **منتجات الصنوبر** : وهي مواد منعّمة تُستخلص من أشجار الصنوبر حيث تجمع وتقطر إما بالبخار للحصول على تربنتين الخشب أو بالتقطير الجزئي للحصول على تربنتين الصمغ ، وتحتوي التربنتينات

اللاعضوية بما يلي :-

– زيادة معدل سرعة تفاعل تشابك المطاط مع الكبريت .

– تقليل زمن عملية الفلكنة .

– الحد من حدوث بعض التفاعلات الثانوية.

– إجراء فلكنة المطاط عند درجات حرارة منخفضة.

ويعتمد اختيار نوع المادة المرعّعة على عدة عوامل منها خواص مواد الفلكنة ، نوعية المطاط المستخدم .. وغيرها .

✳️ **منشّطات ومثبّطات** : تعرف المنشّطات بأنها مواد كيميائية تزيد من فعاليات المواد المرعّعة ومنها أكسيد الزنك وحامض السيتريك ، بينما تعرف المثبّطات بأنها مواد تعمل على إبطاء معدل تفاعل التشابك لحدود معينة حتى يمكن التحكم في عملية الفلكنة. ويوجد نوعان للمثبّطات هما:-

– **مثبّطات حامضية** مثل أمحاض الساليسيليك والبنزويك والماليك وبلاماء حامض الفثاليك .

– **مثبّطات أمينية** مثل حلقي هكسيل ثيوفثال إيميد و N - نثروزوثنائي فينيل أمين.

ويعتمد نوع المثبّط على نوع المطاط المستخدم ، المادة المرعّعة ، درجة حرارة التشابك.

### ✳️ مواد مالئة

المواد المالئة هي مواد كيميائية تضاف للمطاط لتحسين خواصه الميكانيكية مثل مقاومته للشد والتآكل والتشقق وغيرها. ومن أهم المواد المالئة المستخدمة في تصنيع المطاط ما يلي :-

✳️ **أسود الكربون** : وتلعب خواصه الفيزيائية مثل حجم حبيباته ومساحة سطحها وبنيتها دوراً هاماً في عملية الفلكنة وتقوية المنتجات المطاطية.

✳️ **مواد لا كربونية** : وهي مواد تشبه في مفعولها أسود الكربون إلا إنها تكسب المطاط ألواناً مختلفة كالأبيض والأحمر .. وغيرها طبقاً لنوعية المادة المضافة . وتستخدم حوالي ٣٠٪ وزناً من المواد اللاكربونية في تصنيع المطاط.

ومن أهم المواد اللاكربونية المستخدمة في تصنيع المطاط ما يلي :-

– **الغضار** : وهو عبارة عن بودرة يتراوح

## تشكيل المطاط

تعد إطارات وهياكل وسائل النقل، خرطوم المياه، عوامات السباحة، خزانات الوقود، تجهيزات الألعاب الرياضية، الأحذية .. وغيرها من أهم منتجات تشكيل المطاط، وتتم عملية التشكيل بإجراء عدة خطوات، شكل (١)، يمكن توضيحها كالتالي :-

● إجراء الاختبارات الأولية على خام المطاط مثل تحديد الكثافة، اللزوجة، درجة حرارة التصلب، الثباتية الكيميائية .. وغيرها.

● تليين المطاط الخام غير المتشابك في خلطات عند درجات حرارة معينة تتناسب مع نوعية المطاط المستعمل.

● خلط المكونات الأساس للمطاط مثل مواد الفلكنة والمواد المألثة والملينات والأصبغ والمواد المانعة للتأكسد .. وغيرها من الإضافات ومواد التصنيع الأخرى مع المطاط الخام الملين في خلطات .

● تشكيل (قولبة) المطاط، ويتم إما على مرحلة واحدة حيث يحقن المطاط غير المفكّن إلى داخل فراغ القالب ذي الشكل النهائي المرغوب فيه ثم تجرى له عملية فلكنة للحصول على المنتج النهائي، أو على مرحلتين تتمثل المرحلة الأولى في تشكيل القالب (المنتج)، بينما تتمثل المرحلة الثانية في تقسية القالب عن طريق تسخينه بوساطة الهواء الساخن أو تشعيه، وتتم عمليات التشكيل بعدة طرق مختلفة منها الحقن والبثق والانضغاط والتصفيح ... وغيرها .

التيتانيوم وأكسيد الزنك والليثيون - اللون الأبيض، أكسيد الحديد وسلينيوم سلفيد الكادميوم - اللون الأحمر، سلفيد الكادميوم وكرومات الرصاص وأكسيد الحديد - اللون الأصفر، أكسيد الكروم - اللون الأخضر، أزرق الحديد وأزرق الكوبالت - اللون الأزرق، أكسيد الحديد - اللون البني.

- ملونات عضوية : مثل بيرازولين الأحمر - اللون الأحمر، ثنائي أريليد - اللون الأصفر، ثنائي اسينزيدين - اللون البرتقالي، مركبات فتالوسيانين - اللونين الأزرق والأخضر.

● مواد ترابط : وتوجد على شكل محاليل أو بوليمرات مشتتة، ومن أهمها مركبات الأيزوسيانات، راتنجات مطاط الريزورسينول - فورمالدهيد.

● مشتتات كيميائية مطاطية : وهي مواد تتشتت في مادة الترابط البوليميرية، وتستخدم إما بمفردها أو مع مواد أخرى. ومن أمثلة هذه المشتتات مطاط الإيثيلين - بروبيلين، مطاط بولي آيزوبوتيلين، مطاط ستايرين بوتاديين، مطاط النتريل.

● مانعات الالتصاق : وهي مواد تستخدم لمنع التصاق المادة المطاطية في قالب التشكيل أثناء عملية القولبة، كما أنها تعمل على تحسين ملء القالب . وتستعمل هذه المواد إما مباشرة على القالب مثل الميكا، التالك، الصابون، زيوت السيليكون، زيوت بولي جليكولات، الشموع، الدهون .. وغيرها، أو تضاف إلى خلطة المطاط قبل تشكيلها مثل ستيرات معدنية.

ومن أهم العوامل المنشطة والمشتتة ريناسيست (خماسي كلوروثيوفينول مع مادة منشطة ومواد تشتيت)، بيبتون - ٢٢ (ثنائي - أورثو - بنزأמידوفينيل ثنائي سلفيد)، بيبتون - ٦٥ (٢ - بنزأמידوفينينات الزنك) .. وغيرها.

● مواد ضد الأكسدة : وهي مواد تضاف للمطاط لحمايته من تأثير أكسجين الهواء الجوي، ومن أهم هذه المواد الأمينات مثل مشتقات نفثيل أمين وثنائي فنيل أمين وبارافنيلين ثنائي أمين ومشتقات ثنائي هيدروكينولين، مشتقات الفينول مثل بيس فينول وثيوبيس فينول وبولي فينول وبولي هيدروكسي فينول، ومركبات الفوسفيت مثل ترايز(نويل فينيل) فوسفيت.

### ● مكونات متنوعة

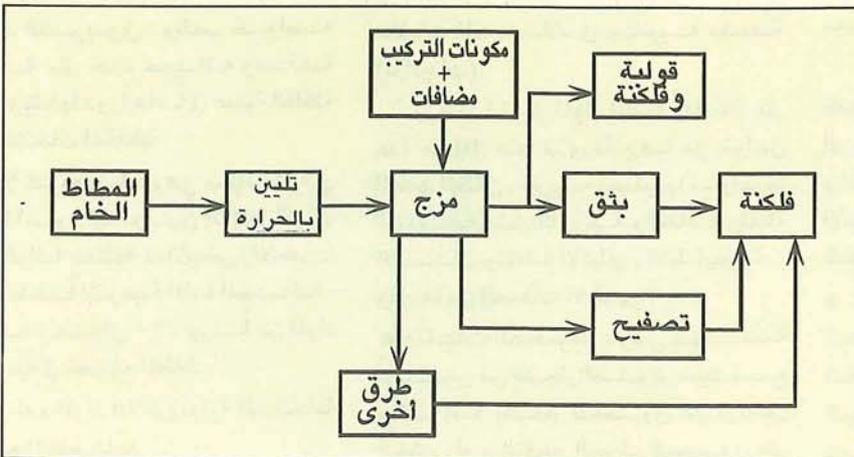
تشتمل المكونات المتنوعة - التي تدخل في تصنيع المطاط - على عوامل إرغاء، مانعات اللهب، مواد ملونة، عوامل ترابط، مشتتات كيميائية وعوامل لفظ القالب .. وغيرها . ويمكن توضيح هذه المكونات على النحو التالي :-

● عوامل إرغاء : وهي مركبات كيميائية تستخدم بمفردها أو مع مركبات كيميائية أخرى للحصول على مطاط اسفنجي لين وخفيف ومقاوم للصدمات، حيث تقوم هذه العوامل بانبعث غازات تحدث فراغات في المطاط أثناء عملية تصنيعه ومن أهم عوامل الإرغاء بيكربونات الصوديوم، سيمي باراتولوين سلفونيل، كربازيد، آزوثنائي كربون أميد، ثنائي آزوأمينوالبنزين .. وغيرها.

● مانعات اللهب : وهي مواد تضاف للمطاط لتعزيز مقاومته للاشتعال أو الاحتراق، وهي إما مركبات لاعضوية مثل كربونات الكالسيوم، كربونات الماغنسيوم، هيدروكسيد الألمنيوم، أكسيد الأنتمون، فوسفات الأمونيوم .. وغيرها، أو مركبات عضوية مثل برفينات مكورة، عطريات مكورة .. وغيرها .

● مواد ملونة : وهي مركبات كيميائية تضاف للمطاط لإكسابه ألواناً مختلفة، وتصنف المواد الملونة إلى نوعين هما :-

- ملونات لاعضوية مثل ثنائي أكسيد



● شكل (١) مخطط مبسط لخطوات تشكيل المطاط .



٣ - توجيه واصطفاف السلاسل

للحصول على ألياف أو خيوط ذات متانة عالية ، يجب أن تكون سلاسل البوليمر قابلة للتوجه والترتيب باتجاه محور الخيط أو الليف ، ويتم ذلك بواسطة السحب البارد للليف إلى عدة أضعاف طوله الأصلي ، وهذا يمكن الحصول عليه من المركبات البوليمرية الخالية من التراكيب التي تعيق عملية التوجه أو الترتيب ، ويتضح ذلك من تركيب بولي تيرفتالات الإيثيلين الصالح لتكوين الألياف الصناعية مقارنة بتركيب بولي فتالات الإيثيلين غير الصالح لتكوين الألياف الصناعية .

٤ - القوى الجزيئية

يعد وجود القوى الجزيئية العالية بين سلاسل البوليمرات من المستلزمات الأساس لصلاحية هذه البوليمرات لتكوين الألياف ، ومن أنواع هذه القوى الجزيئية قوى فاندرفالس (Vander Waals Forces) أو الروابط القطبية أو الروابط الهيدروجينية ، ومن أمثلة ذلك تتمتع ألياف البولي استرات والبولي أكريلونيتريل بقوى تجاذبية قطبية بينما تتمتع ألياف النايلون بقوى هيدروجينية تربط بين أجزاء السلاسل المترتبة على طول محور الليف .

٥ - التبلور

تتميز معظم البوليمرات المناسبة لتكون الألياف بتبلورها ، بسبب انتظام السلاسل البوليمرية ووجود القوى الجزيئية العالية ، ورغم ذلك توجد بعض بوليمرات غير متبلورة ، ولكنها قادرة على تكوين ألياف جيدة مثل بولي أكريلونيتريل بفعل مجموعات النتريل المستقطبة الموجودة في البوليمر .

٦ - درجة الانصهار

يجب أن يكون للبوليمر درجة انصهار أو تلين عالية نسبياً لتمكينه من مقاومة ظروف الغسل والكي والاستخدامات الأخرى التي تتعرض فيها الألياف إلى درجات حرارة مرتفعة ، كما أن قوى التجاذب المتبادلة بين الجزيئات تؤثر على درجة الانصهار .

فمثلاً تبلغ درجة انصهار البولي إيثيلين ١٧٠°م مقارنة مع درجة انصهار

النايلون - ٦٦ ، التي تبلغ ٢٦٤°م ويرجع ذلك إلى أن النايلون لديه مجموعتان C=O, NH قادرتان على تكوين روابط هيدروجينية في المناطق المتبلورة .

٧ - الثبات الكيميائي

قد يتأثر البوليمر بالماء والأحماض والقواعد والعوامل المؤكسدة ، وقد يتأكسد تحت تأثير الضوء ، فمثلاً يتصف النايلون بأن له مقاومة جيدة تجاه القواعد ، ولكن يتحلل بسهولة عند وجود الحوامض بينما يتصف بولي تيرفتالات الإيثيلين بمقاومة شديدة للأحماض ، ويتحلل في وجود القواعد .

٨ - القابلية للصناعة

يقصد بالقابلية للصناعة قدرة الليف على التكون (التشكل) عند معاملته بالمحاليل المائية أو المواد الصبغية ، حيث يؤدي ذلك إلى كثرة استخدام الليف الناتج .

٩ - امتصاص الرطوبة

تعد قابلية الألياف لامتصاص الرطوبة ذات تأثير ملحوظ في الراحة التي ترافق ارتداء الأقمشة المصنوعة من هذه الألياف ،

وعليه تعد الألياف ذات القابلية الضعيفة لامتصاص الرطوبة باردة ودقيقة ( لها قابلية التصاق بالجسم ) ، كما أن امتصاص الألياف للرطوبة يقلل أيضاً من الكهرباء الساكنة التي تنشأ نتيجة الاحتكاك بالجسم ، وربما يكون من أحد مساوئ الألياف الصناعية تدني امتصاصها للرطوبة ، غير أن النايلونات المحتوية على مجاميع مستقطبة ، مثل مجاميع الأميدات القادرة على تكوين الروابط الهيدروجينية لها قابلية امتصاص عالية نسبياً للرطوبة ، بينما نجد أن البولي بروبيلين لا يمتص الرطوبة مطلقاً وعليه يعد غير مريح للجسم مقارنة بالنايلون .

١٠ - خواص أخرى

إضافة لما تم ذكره يجب أن تكون الألياف مقاومة للاشتعال ، وغير سامة وغير مسببة للحساسية الجلدية ، ومقاومة لتأثير البكتريا وغيرها .

وبين الجدول (١) مقارنة الخواص الفيزيائية والكيميائية لأهم الألياف الصناعية .

النايلون	البوليستر	الأكريليك المطور	الأكريليك	الصوف	الألياف الخاصة
٥,٦-٤,٧	٦,٦-٤,٤	٣	٥-٤	١,٧-١	مقاومة الشد جم/داين
٢٨-٢٥	٢٢-١٨	١٦	٢١-١٦	٢٥-٢٥	الاستطالة %
٢٠	٦٣-٢٢	٣٠	٢٤	٣٩	الانكماش جم/داين
٢٥٢٠	١٥٧٠	-	٢٣٠	٩٠	مقاومة الاحتكاك
٨% عند ٩٥ من	٠,٥% عند ٩٥ من	-	٢% عند ٩٥ من	٢١,٩% عند ٩٥ من	امتصاص الماء
الرطوبة النسبية	الرطوبة النسبية	درجة الالتصاق	الرطوبة النسبية	الرطوبة النسبية	أثر الحرارة
منصهر عند ٢٦٢°م	عند ٢٤٠°م	عند ٢٢٥°م	عند ٢٢٥°م	١٠٠°م ويتفك عند ١٣٠°م	يكون خشن عند ١٠٠°م ويتفك عند ١٣٠°م
ضعيف	قليل	طفيف	مقاوم جداً	ضعيف	أثر الضوء
ضعيف	مقاوم	مقاوم	مقاوم	مقاوم	أثر الأحماض (المرکز)
مقاوم	مقاوم	مقاوم	جزئياً	قابل (حساس)	عند درجة حرارة الغرفة
مقاوم	مقاوم	مقاوم	مقاوم	مقاوم	أثر القلويات
بالكامل	بالكامل	بالكامل	بالكامل	لايقاوم	أثر المذيبات العضوية
بالكامل	بالكامل	بالكامل	بالكامل	جيد	مقاومة العث
جيد	جيد	جيد	جيد	جيد	مقاومة العفن
					قابلية الصبغ

● جدول (١) مقارنة لبعض الألياف الصناعية .

لتشكيل الخيوط بواسطة إحدى طرق الغزل التالية:-

● **الغزل الرطب (Wet Spinning)** : وفيه تمرر التراكيب الخيطية في حوض يحتوي على المادة المرُسبة ، والذي يشترط فيها أن تكون مذيباً جيداً للمادة المستخدمة في إذابة البوليمر ، ولكنها لا تذوب البوليمر نفسه ، وبذلك تتصلب التراكيب الخيطية لتدخل بدورها إلى مراحل التصنيع الأخرى .

● **الغزل الجاف (Dry Spinning)** : ويتم بتبخير مذيب البوليمر من الخيوط الميثوقة من المغزل بتعريضها إلى تيار ساخن من الهواء .

### ٣- الغزل من المستحلبات

تجري عملية الغزل من المستحلبات أو العوالق البوليمرية للبوليمرات التي يصعب صهرها وغير قابلة للإذابة .

ومن أمثلة ذلك يجري تصنيع ألياف بولي رباعي فلورو إيثيلين (تفلون) بتحويل البوليمر إلى هيئة عجينة بإضافته إلى محلول زانثات السليلوز (Cellulose Xanthate) التي تحتوي على ٩٥٪ تفلون و ٥٪ سليلوز ، وتغزل العجينة بالغزل الرطب ثم تجري عملية تفكيك السليلوز لتبقى التراكيب الخيطية المتكونة من التفلون فقط لتدخل بدورها في عمليات الغزل الأخرى مثل السحب وغيره .

### العمليات التكميلية للألياف

بعد غزل البوليمر إلى التراكيب الخيطية بأي من الطرق المذكورة سابقاً تُجرى عليها سلسلة من العمليات الأساس قبل أن تصبح مناسبة لعمليات النسيج . ومن أهم هذه العمليات مايلي :-

\* عمليات التبلور والسحب البارد للتراكيب الخيطية .

\* تنظيف التراكيب الخيطية مما يكون قد علق بها من مواد ملوثة أو شوائب ، وتتم عملية التنظيف عادة باستعمال محاليل المنظفات .

حرارة انصهاره ، جدول (٢) .

ويتم تحويل البوليمرات إلى خيوط إما من مادة منصهرة أو مذابة أو مستحلبة وذلك كما يلي :-

### ١- الغزل من المنصهر

تتلخص هذه التقنية بتحويل البوليمر إلى منصهر ، ثم ضخ المنصهر تحت ضغط عالٍ خلال صفيحة معدنية تحتوي على عدة ثقوب صغيرة متساوية الأقطار . يخرج المنصهر عبر هذه الثقوب مكوناً تراكيب خيطية رفيعة سرعان ما تتصلب عند ملامستها للهواء ، ثم تجمع هذه الخيوط مكونة تركيباً خيطياً تجرى عليه بعض العمليات التقنية مثل البلورة والسحب البارد والتزيت والتغرية والصبغة وغيرها من العمليات التي تؤدي في النهاية إلى صناعة الليف .

### ٢- الغزل من المحاليل

تستخدم هذه التقنية في تصنيع الألياف من البوليمرات التي لا يمكن تحويلها إلى منصهرات تحت الظروف العادية إما بسبب الارتفاع العالي لدرجة انصهارها أو بسبب تفككها عند تعرضها إلى درجة حرارة مرتفعة ، وتتلخص هذه الطريقة بإذابة البوليمر في مذيب مناسب (عضوي أو لاعضوي) ثم يضح المحلول بسرعة ثابتة خلال صفيحة المغزل فيخرج منها على هيئة تراكيب خيطية .

في هذه التقنية يجب أن تكون المحاليل المستخدمة في الغزل مركزة قدر المستطاع بغية تقليل تركيز المذيب في المحلول الذي بدوره يؤثر على انتظام سمك الخيط الناتج . غير أن الزيادة العالية في التركيز قد تؤدي إلى زيادة ملحوظة في لزوجة المحلول تصعب معها عملية بثقه عبر المغزل أو ترشيحه قبل البثق ، ومن جانب آخر يمكن أن تجري عملية الغزل عند درجة حرارة مرتفعة نسبياً بغية تقليل لزوجة المحلول المراد غزله .

بعد خروج المحلول من ثقوب صفيحة المغزل تجري عليه عمليات تصلب

### طرق غزل الألياف الصناعية

تطلق كلمة الغزل على تشكيل الألياف الصناعية من البوليمر بالرغم من أن عملية التصنيع لا تعتمد على المفهوم اللغوي لعملية الغزل التي كانت تستخدم سابقاً لتجميع الشعيرات القطنية أو الصوفية بهيئة تراكيب خيطية تستخدم لأغراض الحياكة وصناعة الأنسجة .

وهناك عدة تقنيات لغزل المواد البوليمرية إلى تراكيب ليفية تعتمد على نوع البوليمر وخواصه الذوبانية ودرجة

نوع الغزل	النوع
مصهور	بولي أميد أونايون ، ألياف :- النايون ٦٦ ، نايون ٦٠ ، جيانا البرلون - تيترون ، أميلان - كبرولان
مصهور	البوليستر :- داكرون ، تريفيرا ، كوديل ، فورتريل
جاف رطب جاف جاف	الأكريليك والأكريليك المطور :- ألياف أورلون ، ألياف أكريلان ، ألياف دينيل (فينايل - أكريليك) ، ألياف فيريل
مصهور	فينيل وفينيلدين :- ألياف ساران
جاف رطب رطب	ألياف Spandex :- ألياف ليكرا ألياف نوما كلوسبان
مصهور	الأولييفينات :- ألياف البولي بروبيلين ، أفيجون ، هركولون
رطب	السليلوز المشكل ألياف الرايون « الحرير الصناعي (الفيسكوز) »
جاف جاف	إسترات السليلوز :- ألياف الخلات ، أسيل ، أسترون ، ألياف ثلاثي الخلات ، أرنيل .
مصهور	الألياف الزجاجية

● جدول (٢) طرق الغزل للألياف الصناعية .

الشوائب الميكانيكية .

ويعد امتصاص بولي إيثيلين ترفتالات للرطوبة أقل من امتصاص البولي أميد ، كما أن حبيبات البوليمر فيه يمكن صهرها في جهاز بثق (Extruder) لتصل إلى رؤوس الغزل تحت ضغط ٥٠ - ٨٠ ضغط جوي بضخ المصهور من خلال دواليب مسننة ومتصلة بصفائح تشكيل تحتوي الواحدة منها على ٥٠٠ إلى ٧٠٠ ثقب .

من جانب آخر تتطلب صناعة حرير البوليمر وجود صفائح لها عدد من الثقوب مساوي لعدد الشعيرات (Filaments) التي سيشكل منها الخيط .

توضع صفيحة تشكيل الخيوط (المغزل) بشكل أفقي لتخرج الخيوط من الصفيحة بشكل عمودي من الأعلى إلى الأسفل ويتم تعريضها مباشرة إلى هواء بارد لتتجمد .

وفي حالة صناعة الحرير فإن الشعيرات تلف ثم تسحب إلى ستة أضعاف طولها تقريباً من خلال آلة سحب الخيوط عند درجة حرارة تتراوح بين ١٠٠ - ١٣٥ م° ، وعند الحاجة إلى غزل خيوط مخلوطة بالقطن يجري السحب في خطوتين ليتم بعدها قتل الشعيرات «تجعيدها» مع تجفيفها وتشكيلها على شكل بالات أو كابلات .

### ● ألياف الأكريليك

تمثل ألياف الأكريليك (Acrylic Fibers) وألياف الأكريليك المطور ثلث مجموع الإنتاج العالمي من الألياف الصناعية ، وتعد طريقة الغزل المصهور غير مناسبة بسبب تفكك البوليمر عند الصهر ، وعليه تستخدم مذيبات عالية القطبية - مثل مذيبي ثنائي ميثيل استاميد أو ثنائي ميثيل الفورم أميد (DMF) - لإذابة البوليمر ، ومن ثم تستخدم طريقة الغزل الرطب أو الجاف .

يتم الغزل الرطب بتمرير الرزم «مجموعة الخيوط» إلى حوض يتم فيه سحب الخيوط بخطوة أو خطوتين ليبلغ طولها ٨ - ١٤ ضعف طولها قبل السحب ، ثم تتم إزالة آثار المذيب بغسلها بالماء عدة مرات ، ويتم الغسيل بتيار معاكس حتى يزداد تركيز المذيب وتصبح عملية استعادته

حيث تتم الخطوة الأولى (الاسترة) عند درجة ١٥٠ - ١٨٠ م° بوجود مادة محفزة من خلات المنجنيز والكالسيوم والزنك ، أما الخطوة الثانية (البلمرة) فتتم بعد تقطير الميثانول المتشكل في الخطوة الأولى عند درجة ٢٨٥ م° تحت ضغط منخفض بوجود مادة محفزة من ثلاثي أكسيد الانتيمون مع مركبات الفوسفور كمواد مثبتة لتثبيت الأسترة التبدلية .

من جانب آخر يتم تفاعل الأسترة والبلمرة للإيثيلين جلايكول مع حامض الثيرفثاليك بنسب جزئية تتراوح ما بين ١ : ١ إلى ١ : ١,٥ على التوالي ، حيث تتم الأسترة بدون مادة محفزة عند درجة حرارة ٢٦٠ م° ، والبلمرة عند درجة حرارة ٢٨٥ م° بوجود ثلاثي أكسيد الأنتمون كمادة محفزة .

وفي العادة لا يتمتع مصهور البوليمر الناتج في كلتا الحالتين المذكورتين بثبات كبير لذا فإن التفاعل يتم بسرعة مع سرعة تفريغ البوليمر الناتج من المفاعل على شكل صفائح بسبك يتراوح بين ٢ إلى ٣ مم وعرض ٤٠ - ٥٥ سم .

يتم بعد الخطوة المذكورة تبريد الصفائح بالماء وتقطيعها بآلة قطع إلى حبيبات ومن ثم تجفيفها وتنقيتها من

● عمليات التزيت من أجل تقليل الاحتكاك بين التراكيب الخيطية وبين المعدات التصنيعية في المراحل اللاحقة .

● عمليات الطلاء ، وتتضمن إحاطة الألياف بطبقة رقيقة (إكساء) من المواد الصمغية من أجل المحافظة عليها أثناء عمليات النسيج .

## أنواع الألياف الصناعية

بالإضافة لألياف النايلون - التي سيتم تناولها في مقال منفصل - توجد عدة أنواع من الألياف الصناعية تختلف باختلاف البوليمر المكون لها ، جدول (٣) . ومن أهم هذه الألياف مايلي :-

### ● ألياف البوليستر

يتم إنتاج ألياف البوليستر (ألياف البولي إيثيلين ثيرفثالات) تجارياً بغزل المنصهر الناتج عن بلمرة إستر الإيثيلين جلايكول إما مع ثنائي ميثيل ثيرفثالات أو مع حامض الثيرفثاليك وذلك باستخدام الطريقة المتقطعة أو المستمرة .

يتم تفاعل الأسترة والبلمرة للإيثيلين جلايكول مع ثنائي ميثيل ثيرفثالات عند نسب جزئية تتراوح ما بين ١ : ٢,٥ إلى ١ : ٤,٥ على التوالي ، وذلك على خطوتين

الاسم الشائع	تحديد الألياف للمواد المتشكلة
البوليستر	بولي إيثيلين ثيرفثالات ( ٨٥٪ على الأقل )
أسياتات	خلات السليلوز ، ثلاثي أسياتات والتي لا تقل عن ٩٢٪ من خلات السليلوز
الأكريليك	على الأقل يحتوي ٨٥٪ من وحدات الأكريلويدات
الأراميد	بولي أميد والذي يكون على الأقل ٨٥٪ من الأמיד متصل مباشرة بحلقتين أرماتية «عطرية» .
الأكريليك المطور	أقل من ٨٥٪ لكن على الأقل يحوي على ٣٥٪ من وحدات الأكريلويدات .
النايلون	بولي أميد والذي يكون منه أقل من ٨٥٪ من الأמיד متصل مباشرة بحلقتين سيليزون متشكل مع أقل من ١٥٪ مواد كيميائية متحدة
الرايون	على الأقل ٨٠٪ من كلوريد الفينيلدين
سباران	مرن وعلى الأقل ٨٥٪ جزء من بولي يورثين الأسفنج الصناعي .
سباندكس	على الأقل ٥٠٪ من وحدات الكحول الفينيل وعلى الأقل ٨٥٪ من مجموع فينيل الكحول + وحدات الأستال
فينون	على الأقل ٨٥٪ من وحدات كلوريد الفينيل
الأوليفين	

● جدول (٣) الأسماء الشائعة لصناعة ألياف المنسوجات ومواصفاتها .

١- أن تكون الملابس « الخام » غير قابلة للانكماش ، إذ تزداد جودة الملابس كلما قل انكماشه .

٢- أن تحتوي على مواد مضافة ومضادة لشحنات الكهرباء الساكنة .

٣ - أن تكون قابلة للصبغة بدرجة ممتازة ، ويعتمد ذلك على نوع الألياف ومدى تأثرها بالاحماض والحرارة والضوء .

ولكي تصلح مادة ملونة لتكون صبغاً يجب أن يتوفر فيها - إلى جانب اللون المناسب وقدرة الصبغ بسطح القماش - درجة عالية من الثبات تجاه العوامل الأخرى مثل الضوء والقواعد المخففة .

تمتاز الألياف الطبيعية مثل الحرير والصوف « البروتينات » والقطن (سيلوز) بوجود عدد كبير من المجموعات الفعالة ، لذا فهي تصبغ بسهولة ، أما الألياف الصناعية مثل النايلون فإنه يسهل صبغها بالأصبغ المحتوية على مجموعة سلفونيك (SO<sub>3</sub>H) لمقدرة هذه المجموعات على إنشاء ارتباط أيوني مع مجموعة الأمين الواقعة على أطراف السلاسل التي تكون طليقة عند درجة حرارة ١٠٠°م تقريباً .

أما خيوط البولي بروبيلين الذي تفتقر سلسلته إلى أية درجة من القطبية فإن صبغها بالطرق التقليدية غير ممكن لذا فإنه يتم سحق البولي بروبيلين مع مسحوق الصباغ قبل عملية غزل الخيوط ، كما أنه يمكن خلط البولي بروبيلين قبل عملية الغزل مع مبلر يحتوي على مجموعات قاعدية، فإذا تم تشكيل هذه الخيوط فإن المجموعات القاعدية تكوّن مواقع ارتباط للأصبغ الحامضية .

٤- أن تكون المنسوجات المصنوعة من الألياف شعرية وغير سميكة كما في جدل الحبال ، وصناعة بعض الموكيت والسجاد .

٥ - تميز الخيوط بعضها عن بعض بعدد من الخصائص مثل : الكثافة الضوئية وعدد الشعيرات ، واتجاه البرم ، وعدد الجدائل المستخدمة في الغزل الصيادي (برم خيطين أو أكثر) .

(Poly Vinyl Chloride) وألياف بولي كلوريد الفينيليدين (Poly Vinylidene Chloride) .

ومن أهم ما يميز الألياف المذكورة أنها تحتوي على أكثر من ٥٠٪ من وحدات المونومير . وتعرف الألياف المحتوية على أكثر من ٨٥٪ وزناً من وحدات كلوريد الفينيل بالياف الفينون (Vinylon) ، بينما تعرف الألياف التي تحتوي على أكثر من ٨٠٪ وزناً من وحدات كلوريد الفينيليدين بألياف الساران (Saran) .

يتم إنتاج كل من الفينون والساران ببلمرة المونومير عند درجة حرارة ٦٠ - ٧٠°م لتكوين بوليمر غير متماثل (Atactic) بوزن جزئي ٧٠,٠٠٠ - ٨٥,٠٠٠ يعزل المحلول بعدها باستخدام طريقة الغزل الرطب أو الجاف .

تعد ألياف الكلورو من الألياف المقاومة للهب والمواد الكيميائية وهي تغزل في العادة مع ألياف القطن أو الصوف .

\* **ألياف بولي كحول الفينيل** : وتنتج ببلمرة خلات الفينيل في الميثانول ثم إمهاة الناتج بالإمهاة القلوية (Alkaline) لإنتاج بوليمر بوزن جزئي ١٢٠٠ - ٢٥٠٠ يمكن غزله بطرق الغزل الرطب أو الجفاف .

تستخدم ألياف بولي كحول الفينيل كخليط في صناعة الألبسة القطنية والصوفية .

\* **ألياف بولي رباعي فلورو الإيثيلين** : ويتم إنتاجها ببلمرة رباعي فلورو الإيثيلين تحت ضغط جوي عادي وبوجود بير سلفات أو بيروكسيد في الماء لإعطاء بوليمر يتراوح وزنه الجزئي بين مائة ألف إلى مليون وحدة جزئية ليتم تشكيل الخيوط منه بطريقة الغزل من المستحلب .

تستخدم ألياف بولي رباعي كلورو الإيثيلين كعوازل للأسلاك في الأنظمة الكهربائية وفي مرشحات المضخات وفي صناعة المعاطف المقاومة للأحماض وللمواد الكيميائية .

### صناعة المنسوجات

هناك عدد من الشروط اللازم توفرها لصناعة المنسوجات من الألياف الصناعية من أهمها : -

مجدية اقتصادية ، ثم تضاف المواد المساعدة المعروفة في صناعة النسيج مثل الصبغة ومثبتات الألوان ومضادات الكهرباء الساكنة وغيرها .

يتم الغزل الجاف بضغط محلول البوليمر الساخن - عند درجة حرارة عالية - من الأعلى إلى الأسفل خلال صفيحة غزل تحتوي على عدد كبير من الثقوب ، وعند خروج خيوط المحلول من خلال الثقوب يمرر عليها تيار معاكس من هواء ساخن تتراوح درجة حرارته من ١٤٥°م - ١٩٥°م لتبخير المذيب ومن ثم تسحب الخيوط إلى ٨ - ١٤ ضعف طولها .

ومن أجل تحسين خواص خيوط البولي أكريلونيتريل وخيوط الأكرليك المطور فإنها تخلط مع خيوط أخرى مثل القطن والصوف بهدف زيادة تحملها وتحسين خواصها الصناعية وثباتها .

تعد خيوط البولي أكريلونيتريل ذات درجة قليلة في امتصاص الرطوبة ولكنها كافية لتجنب المشكلات الناشئة عن شحنات الكهرباء الساكنة .

### ● ألياف البولي بروبيلين

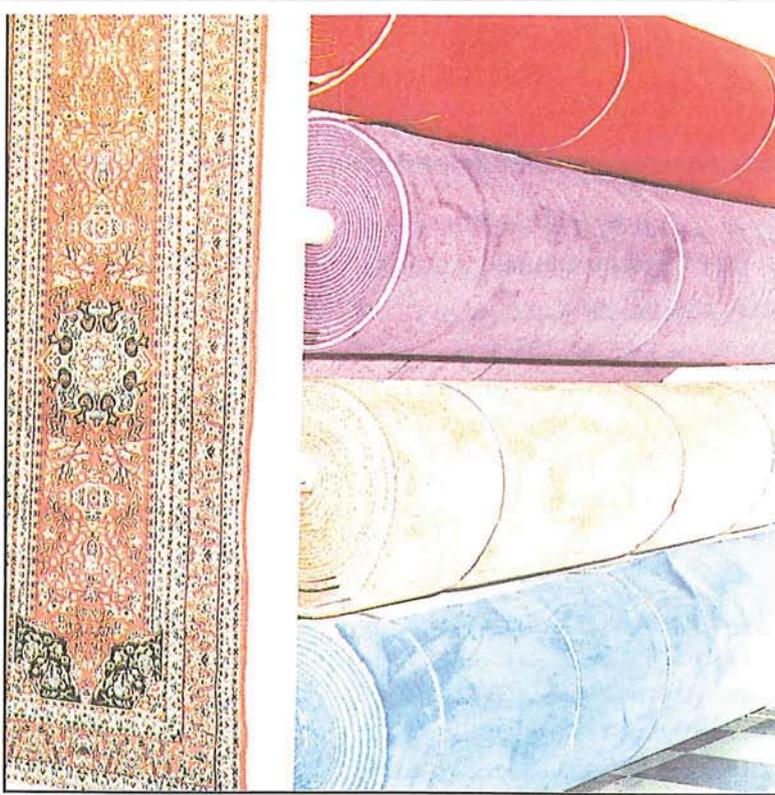
تُحصّر ألياف البولي بروبيلين إما من حبيبات بولي بروبيلين متماثل التركيب (Iso-tactic) حيث يمزج البوليمر (نسبة ٩٥٪) بمثبتات حرارية ومثبتات ضوئية (٥٪) ، أو من رقائق البولي بروبيلين .

تعد ألياف البولي بروبيلين غير قابلة للصبغة بطرق صباغة النسيج العادية ، لذا فإنها تصبغ قبل تشكيل الألياف بإضافة بعض العجائن المساعدة في الصباغة، ثم يخفف البوليمر بعد إضافة المواد المثبتة للصر عند درجة حرارة ٢٨٠ - ٣٠٠°م بجهاز الصهر والبتق ، ثم يدفع عند ضغط يتراوح بين ٧٠ - ١٢٠ ضغط جوي إلى رؤوس تشكيل الخيوط وهكذا ...

### ● ألياف أخرى

بالإضافة للألياف المذكورة توجد ألياف صناعة أخرى يتمثل بعضها فيما يلي :-

\* **ألياف الكلورو (Chlorofibers) :** ومن أهمها ألياف بولي كلوريد الفينيل



# النايلون

د. ابراهيم محمود النجار

تعرف لدائن البولي أميدات بالنايلونات ، وقد بُدئ بتصنيعها في منتصف الثلاثينيات، وهي عبارة عن مُبلمرات تنتج من البلمرة الكاتيفية بين الأحماض ثنائية الوظيفة والأمينات الثنائية مثل النايلون-٦٦ والنايلون-٦١٠ (حيث يدل العدد الذي يلي كلمة النايلون مباشرة على عدد ذرات الكربون في الحامض والعدد الآخر الذي يليه على عدد ذرات الكربون في جزيئة الأمين) ، أو فتح حلقة اللاكتام مثل النايلون ٦- والنايلون -١٢ (حيث يدل كل عدد على عدد ذرات الكربون في الأمين أو الحامض الأميني) ، أو ببلمرة الأحماض أحادية الوظيفة الأمينية مثل النايلون-٧ والنايلون -١١ و ١٢ وغيرها.

وعليه سيتناول هذا المقال إنتاج واستخدامات النايلونات المذكورة .

النايلون-٦ عبارة عن بولي كابرولاكتام (٦ ذرات كربون) وهكذا.

يوضح الجدول (١) أنواع النايلونات والتركيب الكيميائي للمونومر المكون منه. فمثلاً النايلون -٦١٠ عبارة عن بوليمر من حامض السيباسيك (١٠ ذرات كربون) - حامض ثنائي الوظيفة - مع سداسي ميثيلين ثنائي أمين (٦ ذرات كربون) بينما

ينتج كل من النايلون -٦ ، ٦٦ ، ٦١٠ على نطاق تجاري واسع بينما تنتج النايلونات الأخرى بنطاق تجاري ضيق ،

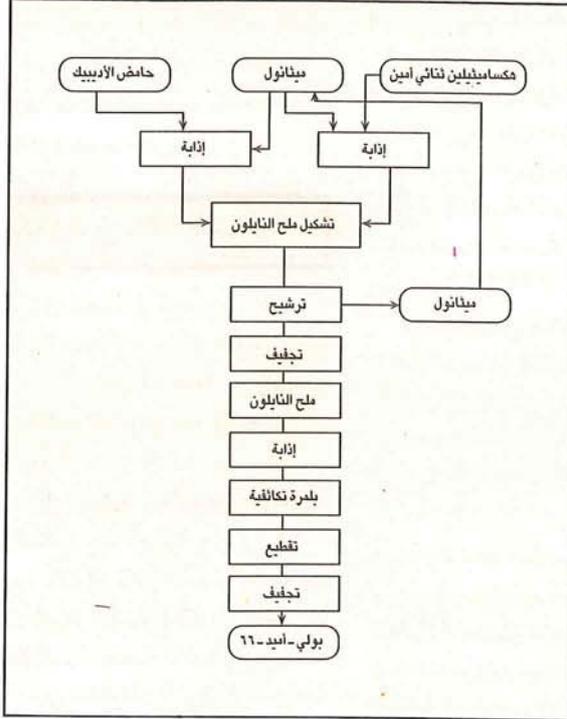
## النايلون-٦

يحصّر النايلون-٦ (بولي أميد - ٦) ،

شكل (١) ، ببلمرة الكابرولاكتام وذلك إما في مفاعل ضغط بالطريقة المتقطعة أو مفاعل أنبوبي بالطريقة المستمرة في جو من النيتروجين عند درجة حرارة ٢٥٦ - ٢٧٠ م° بوجود الماء (٢-٣٪) ومادة لتثبيت الوزن الجزيئي (بنسبة ١،٢٪) عبارة عن حامض أحادي الوظيفة مثل حامض الخل .

المونومر	نوع النايلون	الصيغة	درجة الانصهار التقريبية (م°)
كابرولاكتام	٦	$\text{CH}_2 - (\text{CH}_2)_4 - \text{C} = \text{O}$   NH	٢٢٢
حامض الأديبيك + سداسي ميثيلين ثنائي أمين	٦٦	$\text{HOOC} - (\text{CH}_2)_4 - \text{COOH} + \text{H}_2\text{N} - (\text{CH}_2)_6 - \text{NH}_6$	٢٦٥
حامض السيباسيك + سداسي ميثيلين ثنائي أمين	٦١٠	$\text{HOOC} - (\text{CH}_2)_8 \text{COOH} + \text{H}_2\text{N} - (\text{CH}_2)_6 - \text{NH}_6$	٢١٥
حامض ١١ - أمينو أنديكانويك	١١	$\text{NH}_2 - (\text{CH}_2)_{10} - \text{COOH}$	١٩٠
لورولاكتام	١٢	$\text{CH}_2 - (\text{CH}_2)_{10} - \text{C} = \text{O}$   NH	١١٩
أكريل أميد	٣	$\text{CH}_2 = \text{CHCONH}_2$	٣٢٠
٢- بيروليدون	٤	$\text{CH}_2 - (\text{CH}_2)_2 - \text{C} = \text{O}$   NH	٢٦٥
فاليرولاكتام	٥	$\text{CH}_2 - (\text{CH}_2)_3 - \text{C} = \text{O}$   NH	٢٦٠
حامض ٧ - أمينوهيبتانويك	٧	$\text{H}_2\text{N} - (\text{CH}_2)_6 \text{COOH}$	٢٢٢
حامض ٩ - أمينو اوكتانويك	٩	$\text{H}_2\text{N} - (\text{CH}_2)_8 - \text{COOH}$	٢٠٩
حامض ١٠ - أمينو ديكانويك	١٠	$\text{H}_2\text{N} - (\text{CH}_2)_9 - \text{COOH}$	١٨٨

● جدول (١) بعض أنواع النايلون والتركيب الكيميائي ودرجة الانصهار لكل نوع .



● شكل (٢) مخطط تحضير النايلون-٦٦ .

للاستعمال كليف نسيجي ، وبدلاً من ذلك فإنه يستعمل في صناعة الفرش ومعدات الرياضة (شبكة كرة القدم وكرة اليد) وشباك الصيد خاصة وأنه قليل الامتصاص للرطوبة مما يجعله يحافظ على تيبسه وخواصه الميكانيكية عند تعرضه للبلل .

### مضافات تحسين الجودة

تضاف للانواع المختلفة للبولي أميد مواد أخرى بنسبة تقل عن ٥٪ وزناً لتحسين مظهره وخصائصه التصنيعية. تشمل المضافات المستخدمة لتغيير مظهر البولي أميد مواد مانعة للأكسدة ومواد ضد الشحنات الكهربائية الساكنة وعوامل مانعة للتحلل الإحيائي ومواد حافظة ، إضافة إلى عوامل نفخ ، ملونات ، مواد نكهة ، مثبتات ضد الإماهة والتحلل الحراري ومواد مانعة للتحلل بفعل الأشعة فوق البنفسجية.

تتم البلمرة بالطريقة المتقطعة بتلقيح المحلول المائي (٦٠٪) للمواد المتفاعلة المذكورة بكميات متكافئة كيميائياً في مفاعل تحت جو من النيتروجين عند درجة حرارة ٢٢٠ - ٢٣٠م وضغط ١٥ - ١٨ ضغط جوي .

تبقى مواد التفاعل تحت الظروف المذكورة لمدة ساعتين بعدها يتم رفع درجة الحرارة بالتدرج حتى تبلغ ٢٧٥ - ٢٨٠م، ويصرف البخار الزائد ليبقى الضغط في حدود ١٥ - ١٧ ضغط جوي . بعدها يخفف الضغط بالتدرج مع تثبيت درجة الحرارة في حدود

٢٨٠م حتى تنتهي عملية البلمرة عند الوزن الجزيئي المطلوب. يضغط مصهور البوليمر من خلال الماء ليتجمد على شكل شريط رقيق أو قضبان يتم بعدها تقطيعها إلى أبعاد ٢×٢م. تجفف القطع عند ضغط ٠,١ ضغط جوي ودرجة حرارة ١٠٠م لمدة ٢٤ ساعة ، ثم تعبأ وتخزن حسب الطريقة المتبعة في النايلون-٦ .

### النايلون-٦١٠

ينتج النايلون-٦١٠ بطريقة مشابهة لإنتاج النايلون-٦٦ وذلك ببلمرة مزيج من حامض السيباسيك HOOC (CH<sub>2</sub>)<sub>8</sub> COOH وسداسي ميثيلين ثنائي الأمين بنسبة مولية متساوية.

يتميز النايلون-٦١٠ بأن له صفات تجعله صالحاً كشعيرات مفردة ، ولذلك فإنه لا يصلح

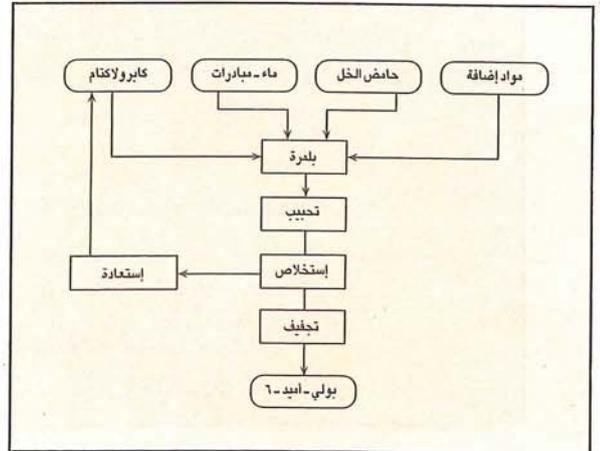
انتظام توزيع الوزن الجزيئي الناتج. تتم البلمرة ، في حالة استخدام الطريقة المتقطعة ، عند ضغط يتراوح بين ٢٠ إلى ٣٠ ضغط جوي لبخار الماء يُخفف بالتدرج إلى ضغط جوي عادي ثم إلى ضغط أقل عند نهاية عملية البلمرة . تتم البلمرة في حالة الطريقة المستمرة تحت ضغط جوي عادي - بوجود النيتروجين - في مفاعل رأسي يدخل فيه مزيج التفاعل من أعلى ليؤخذ ناتج البلمرة من أسفل.

يتم ضغط ناتج البلمرة المصهور على شكل خيوط قطرها ١,٢ - ٢م في حوض مائي حيث تتجمد على شكل قضبان يتم تقطيعها بعد ذلك إلى قطع صغيرة بطول ١,٥ - ٢م تحتوي على حوالي ١٠٪ من المونومر غير المتفاعل .

تتم إزالة المونومر غير المتفاعل بالاستخلاص المتعدد المراحل الذي يستغرق حوالي ٢٠ ساعة ، بعدها يتم ترشيح البوليمر وتجفيفه تحت ضغط منخفض (١٠,٠ ضغط جوي) ، ثم تخزينه تحت جو من النيتروجين في خزانات ، بعداً بعدها في أكياس من البولي إيثيلين لا تتجاوز نسبة الرطوبة فيها ٠,٠٥٪ .

### النايلون-٦٦

يحضر النايلون-٦٦ (بولي أميد-٦٦) ببلمرة مزيج مكون من حامض الأديبيك [HOOC (CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub> COOH] وهكساميثيلين ثنائي أمين [H<sub>2</sub>N (CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub> NH<sub>2</sub>] ، شكل (٢) .



● شكل (١) مخطط تحضير النايلون-٦ .

من الثقوب إلى ٧٠م، ويضخ عليها بخار الماء لامتصاص الرطوبة. بعدها تلف الخيوط الرطبة وتسحب إلى ٤ - ٥ أضعاف طولها، ثم تجدل الخيوط بلطف وتلف على شكل خيوط حريرية ناعمة صالحة للأغراض النسيجية. وفي حالة الحاجة إلى الحرير التقني يمكن سحب الخيوط ومطها عند درجة ١٠٠ - ٢٠٠م.

### خواص خيوط النايلون

تتميز خيوط النايلون بأن لها درجة انصهار عالية نسبياً مقارنة بالخيوط الأخرى بسبب وجود الرابطة الهيدروجينية، وهي رغم أن لها درجة مقاومة جيدة للقوى إلا أنها تتأثر بالأحماض، إضافة لذلك تتمتع هذه الخيوط بمزايا أخرى مثل القابلية للصبغة (بسبب وجود الزمر الأمينية) وامتصاص أكثر للرطوبة إذا ماقورنت بالألياف الصناعية الأخرى، جدول (٢).

### استخدامات النايلون

تعد صناعة حبال الإطارات أهم استعمال لألياف النايلون، وتليها صناعة الألبسة من النايلون القابل للمط والألياف

فولاذية مثقبة بثقوب قطرها ٠,٢٥ - ٠,٥٠م، ثم يترك البوليمر الخارج من الثقوب ليلا مس هواءً بارداً ليجمد مباشرة، تبرد الخيوط المتجمدة عند درجة حرارة ٢٠ - ٢٥م، ويدهن سطحها بمزلاقات وبمواد مقاومة للكهرباء الساكنة، وتلف عند درجة حرارة ١٨ - ٢٠م ودرجة رطوبة ٤٥ - ٥٥٪.

بعد اكتمال عملية التلف تترك الخيوط لمدة ٢٤ ساعة لاكتمال تبلورها في غرفة تكييف عند درجة حرارة ٢٠ - ٢٢م ورطوبة ٥٥ - ٦٠٪. بعدها تسحب الخيوط إلى أربعة أضعاف طولها عند درجة حرارة ٨٠ - ١٠٠م.

❖ خيوط بعد البلمرة مباشرة: وفيها يتم سحب البوليمر المصهور مباشرة من المفاعل الأنوبي عند ضغط يساوي ٠,٠١ ضغط جوي ودرجة حرارة ٢٥٠م، وذلك بضغط البوليمر المصهور من خلال ثقوب بواسطة مضخة ذات دولاب مسنن.

### ● خيوط النايلون ٦٦

تُصنع هذه الخيوط بصهر حبيبات البوليمر عند درجة حرارة ٢٦٠ - ٢٧٠م لتمر خلال مضخة وصفيحة مثقبة لفترة قصيرة تسمح بتشكيل ١٢٠٠م من الخيوط بشكل دقيق. تُبرّد الخيوط الخارجة

تشتمل مضافات تحسين الخصائص التصنيعية على مواد ملونة، مواد تزييت، عوامل تحرير (لفظ) القالب، بالإضافة إلى مواد مغلظة أو مخفضة للزوجة.

### تشكيل النايلون

يتم تشكيل البولي أميد (النايلون) بقولبته لأشكال عدة حسب نوع الاستخدام المطلوب فهو قد يتشكل كقوارير وأوعية أو طبقات رقيقة أنبوبية أو مسطحة أو شرائط أو خيوط.

يتم تشكيل القوارير والأوعية بواسطة القولبة بالحقن عند درجة حرارة ١٨٠ - ١٩٠م، ويضاف إلى ناتج القولبة مضافات أخرى مثل خيوط الزجاج لتقوية المنتج. أما تشكيل الطبقات الرقيقة الأنبوبية (سماكة ٠,٦ - ٠,٨م) والطبقات الرقيقة المسطحة والألواح والشرائط والقضبان والخيوط وغيرها، فيتم تشكيلها بالبتق باستخدام أصناف البولي أميد متوسطة أو عالية درجة الانصهار، وذلك حسب نوع السلعة المطلوبة.

تعد عملية إنتاج الخيوط من أهم التطبيقات الصناعية للبولي أميد حيث تجري تلك العملية حسب نوع خيوط النايلون المطلوبة. ونظراً لقلّة تكلفة المواد الخام لكل من النايلون ٦٦ والنايلون ٦٦-٦٦ فإنهما ينتجان على نطاق تجاري أوسع من النايلون ٦٦-٦٦ والنايلونات الأخرى، ولهذا سنتناول في هذا المقال طرق إنتاج خيوطهما بشيء من التفصيل.

### ● خيوط النايلون ٦٦

يمكن تشكيل خيوط النايلون ٦٦ بإحدى طريقتين هما إما من رقائق البوليمر، أو بعد عملية البلمرة المباشرة وذلك كما يلي :-

❖ خيوط من رقائق البوليمر: ويتم إنتاجها بصهر البوليمر في جهاز صهر فولاذي غير قابل للصدأ عند درجة رطوبة لا تتجاوز ٠,٠٥٪ ودرجة حرارة ٢٥٠ - ٢٦٠م في جو من النيتروجين. ينتقل المصهور إلى فتحة ذات أسنان، ويضغط في تيار مستمر بعدها يمرر من خلال صفيحة

الاسم الشائع	تحديد الألياف للمواد المتشكلة (١)
أستيات	خلات السليلوز، ثلاثي أسيتات والتي لا تقبل عن ٩٢٪ من خلات السليلوز
الأكريليك	على الأقل يحتوي ٨٥٪ من وحدات الأكريلوثيريل
الاراميد	بولي أميد والذي يكون على الأقل ٨٥٪ من الأمايد متصل مباشرة بحلقتين أروماتية «عطرية»
الأكريليك المطور	أقل من ٨٥٪ لكن على الأقل يحوي على ٣٥٪ من وحدات الأكريلوثيريل
النايلون	بولي أميد والذي يكون منه أقل من ٨٥٪ من الأمايد متصل مباشرة بحلقتين عطريتين
الرايون	سيلوز متشكل مع أقل من ١٥٪ مواد كيميائية متحدة.
ساران	على الأقل ٨٠٪ من كلوريد الفينيلدين
سبانديكس	مرن وعلى الأقل ٨٥٪ جزء من البولي يورثان (الأسفنج الصناعي)
فينال	على الأقل ٥٠٪ من وحدات كحول الفينيل وعلى الأقل ٨٥٪ من مجموع فينيل الكحول + وحدات الاسيتال
فينون	على الأقل ٨٥٪ من وحدات كلوريد الفينيل
الأوليفين	على الأقل ٨٥٪ إيثيلين، بروبيلين أو وحدات من الأوليفينات الأخرى

(١) النسبة بالوزن. ● جدول (٢) الأسماء الشائعة لصناعة ألياف المنسوجات ومواصفاتها.

## بكتيريا للتخلص من الكبريت في النفط

يمثل عنصر الكبريت مشكلة كبيرة في صناعة النفط بسبب وجوده كمادة غير مرغوب فيها يتحتم على العاملين في مجال النفط التخلص منه لضمان جودة الوقود (يرتفع الرقم الأوكسجيني للوقود بانخفاض كمية الكبريت).

ويعمل التفاعل البكتيري المذكور على استبدال ذرات الكبريت الموجودة في صورة ثنائي بنزووثايومين (Dibenzothiophene) بذرات أكسجين. وبذلك يصبح الوقود من عند احتراقه خال من أكسيد الكبريت تماماً وبدلاً من ذلك ينتج غاز ثاني أكسيد الكربون والماء. وفي هذا الصدد يشير جونسون إلى أن البكتيريا تستخدم ثلاثة إنزيمات تعمل على تحويل الكبريت الموجود في الوقود إلى مركب غير عضوي عبر خطوات أكسدة متعددة، ويصف جونسون عمل البكتيريا بأنه عبارة عن « تفاعل إنزيمي محفز »، ورغم أن البكتيريا لا تفرز أي إنزيم إلا أن الإنزيمات - كما يذكر جونسون - تبقى في البكتيريا التي يتمثل دورها كحامل للمحفز (Carrier of Catalyst) بالتحفيز مستخدمة جزء قليل من الوقود كطاقة لتكملة تفاعل نزع الكبريت من النفط.

ومما يجدر ذكره أن العلماء في معهد تقنية الغاز في ولاية إلينوي بأمريكا اكتشفوا عام ١٩٨٩م نوع آخر من أنواع البكتيريا المستخدمة بواسطة جونسون أطلقوا عليه (IGTS)، ومنذ ذلك الحين يعمل فريق البحث على تقييم كفاءة تلك البكتيريا في نزع الكبريت من النفط والاستفادة من الكبريت الناتج في صناعة كبريتات الأمونيوم الذي يمكن استخدامها كسماد.

ويشير جونسون إلى أن فريقاً من العلماء في مؤسسة النظم الحيوية للطاقة يعمل على إنشاء مصنع تجريبي لاستخلاص الكبريت من النفط بالطرق الإحيائية (Bio - deSulfurization) وسوف يبدأ المصنع عمله إن شاء الله عام ١٩٩٥م، حيث ستبلغ طاقتهم الإنتاجية اليومية في البداية من برميل واحد إلى خمسة براميل خالية من الكبريت، وسوف ترتفع الإنتاجية مستقبلاً لتصل إلى حوالي ٤٠ ألف برميل في اليوم.

المصدر : Science News Vol. 146, 9 July 1994, P 134

وتتطلب عمليات التخلص من الكبريت في النفط خطوات عديدة وطويلة تدخل فيها محفزات عديدة الأمر الذي يكلف وقتاً طويلاً وأموالاً طائلة، إضافة لذلك فإن استخدام النفط دون إزالة الكبريت يساهم بقدر كبير في تلوث البيئة بسبب انطلاق أكسيد الكبريت عند حرق النفط أو غيره من الوقود الأحفوري في الهواء وسقوطه على الأرض على شكل أمطار حمضية.

وتعمل أغلب مصافي البترول على التخلص من الكبريت بطريقة الهدرجة والتكسير المحفز للنفط. وتتلخص هذه الطريقة في خلط غاز الهيدروجين مع النفط عند ضغط ودرجة حرارة مرتفعتين بوجود محفز معدني. ورغم أن هذه الطريقة تخلص النفط من جزء كبير من مادة الكبريت إلا أنها لا تعمل بشكل جيد في الأجزاء الثقيلة من مكونات النفط.

ولمعالجة مشكلة إزالة الكبريت من النفط باستخدام طرق أخرى لجأ العالم ستيفن جونسون (Steven Johnson) المهندس الكيميائي بمؤسسة النظم الحيوية للطاقة الحيوية في تكساس بأمريكا إلى استخدام البكتيريا كطريقة جديدة بديلة.

وقد أشار جونسون عند مخاطبته اجتماع الجمعية الكيميائية الأمريكية المنعقد في مدينة واشنطن في منتصف يوليو ١٩٩٤م إلى أن بكتيريا رودوكوكس إيريثروبوليس (*Rhodococcus erythropolis*) أظهرت كفاءة عالية في إزالة الكبريت من الخلائط الهيدروكربونية دون أن تؤثر على صفات الوقود نفسه. ويصف جونسون الكائنات الدقيقة - ومن ضمنها البكتيريا - بأنها محفزات جيدة بسبب أن تفاعلها متخصص ومتميز جداً فالبكتيريا التي نحن بصدها متخصصة فقط في تكسير الروابط بين الكبريت والمواد الهيدروكربونية دون أن تؤثر على الروابط الهيدروكربونية الأخرى، وبالتالي فهي تعمل على نزع ذرات الكبريت من النفط محسنة من صفاته كوقود.

الحياكة. وتستعمل غزول النسيج المطاطية في صناعات ملابس النساء الداخلية والجوارب والسراويل ذات الثنية الدائمة.

تستخدم شعيرات النايلون وتيلته، بشكل كبير في صناعة السجاد والمفروشات ومواد التنجيد، حيث تقوم ٧٥٪ من هذه الصناعة على النايلون، كذلك تستعمل ألياف النايلون في صنع العديد من الحاجيات الأخرى مثل أحزمة المقاعد والتركيبات السادة والمنقش ومختلف المفارش وأقمشة ملابس التزلج على الجليد والمخمل ذي الوبر والأشربة والبريم والأقمشة الشفافة وألبسة السباحة والقفازات... الخ.

إضافة إلى ذلك تسهم الصفات الجيدة للنايلون مثل المتانة العالية والمرونة ومقاومة الحت والكشط في جعله مناسباً لصناعة مظلات الهبوط من الطائرات والحبال المجدولة وحبال السفن بشكل عام وصناعة السيور الناقلة للحركة إلى غير ذلك من الاستخدامات.

### الآثار البيئية للنايلون

لا تتسبب أغلب مواد البولي أميد في أية مشكلات سمية، لأنها خاملة حيوياً، ورغم ذلك فهناك احتمال ضعيف لوجود إضافات سامة، أو وجود أجزاء بأوزان جزيئية منخفضة قد تسبب تسهماً. ومن أمثلة ذلك اتضح أن مونمر الكابرولاكتام قد يكون ساماً.

يتحلل البولي أميد ببطء في ضوء الشمس ليطلق أحماضاً عضوية، وألدهيدات مع بعض أكاسيد الكربون، كما أنه يتفكك ببطء بفعل البكتيريا والفطريات عند دفنه في التربة وبالتالي لا يشكل خطورة على المياه على المدى القصير.

يتم التخلص من نفايات النايلون بحرقها في محارق خاصة عند درجة حرارة ٨٠٠م، ينتج عن ذلك نواتج غازية تشمل بشكل رئيس ثاني وأول أكسيد الكربون مع كميات قليلة من الأمونيا وسيانيد الهيدروجين، وعليه يجب التخلص من الغازين الأخيرين بالامتصاص لئلا يسببا تلوثاً للبيئة.

# الدهانات البتروكيميائية

د. محمد شفيق الكنانى

الدهانات ( الطلاءات ) عبارة عن مزائج فيزيائية مكونة من مواد ترابط ، مذيبات ، أصباغ ، مضافات وغيرها من المواد الأخرى.

توجد الدهانات في صورة تركيبات سائلة أو مساحيق ( بودرة ) ، تجف عند استخدامها بطرق فيزيائية أو كيميائية لتكوين طبقات رقيقة متماسكة لها خواص وقائية وجمالية .

اكتشف الصينيون ، منذ حوالي ٢٠٠٠ عام قبل الميلاد ، الدهانات الشفافة ( اللكر ) باستخدام نَسج حليبي ( سائل من أوعية النباتات ) من شجر اللكر كمادة ترابط.

كما عرفت الدهانات منذ حوالي ١٥٠٠ سنة قبل الميلاد عندما طور المصريون القدماء علم التلوين إذ كانت تتركب حينئذ من دهون حيوانات ، مواد معدنية ملونة ، كربون أسود.

ومنذ حوالي ١٠٠٠ سنة قبل الميلاد اكتشف المصريون الورنيش من الراتنجات الطبيعية وشمع النحل.

وفي القرن السادس عشر انتقلت صناعة الدهانات من الصين ومصر إلى أوروبا وتطورت فيما بعد باستخدام الزيوت النباتية وراتنجات الأشجار كمواد ترابط ، وبقيت المنتجات النباتية أكثر المواد استخداماً كمواد خام لهذه الصناعة .

ومع بداية القرن التاسع عشر تطورت صناعة الدهانات بشكل واسع وسريع نظراً لاستخدام الكثير من المركبات البتروكيميائية الوسطية والنهائية كمواد ترابط تصل نسبتها إلى ٨٠٪ مثل نترات

السيلوز ، الراتنجات الفينولية الصناعية ، راتنجات الألكيد وغيرها.

## مكونات الدهانات

تختلف نسب المواد المكونة للدهانات من نوع لآخر طبقاً لعدة عوامل هي كما يلي:  
نوعية الاستخدام (دهانات : أبنية ، سيارات ، بواخر ، وحدات صناعية وغيرها).  
\* طريقة الاستخدام (النفخ ، الفرشاة أو الرول).

\* نوعية التصنيع (دهانات سائلة أو بودرة).  
\* طريقة التجفيف (بالهواء أو التقسية على البارد أو بوجود حرارة).

\* الطبيعة الكيميائية لمادة الترابط (راتنجات الألكيد ، بولي يوريثان ... وغيرها).

ويمكن تصنيف مكونات الدهانات على النحو التالي :-

### ● مواد الترابط

تعد مواد الترابط ( الراتنجات ) أكثر المواد المشكلة لطبقة الدهان الرقيقة ، وتتكون إما من مركبات ذات أوزان جزيئية مرتفعة ( نترات السيللوز ، بوليمرات مشتركة من كلوريد الفينيل ... وغيرها ) وإما من مركبات ذات أوزان جزيئية منخفضة ( بولي يوريثانات ، راتنجات الإيبوكسي .. وغيرها ) .

تلعب الراتنجات دوراً هاماً في تركيب الدهانات حيث أنها تزيد من محتوى المواد الصلبة فيها وتحسن لمعانها وتزيد من قوة التصاق الطبقات الرقيقة ومن قساوة ومتانة الدهان ومقاومته للضوء والحرارة والبرودة .

تشتمل أسماء الدهانات حسب نوع مادة الترابط المستخدمة فيها ، ويوضح الجدول (١) أهم أنواع الدهانات ومواد ترابطها ومجالات استخداماتها.

### ● المذيبات

تعرف المذيبات بأنها الموائع المتطايرة التي تتبخر من الدهان أثناء تشكل الطبقة الرقيقة . وتستخدم المذيبات في جميع الدهانات السائلة حيث إنها تعمل على إذابة المواد الصلبة أو المواد ذات اللزوجة العالية ، كمواد الترابط ( راتنجات ) والمضافات ، دون

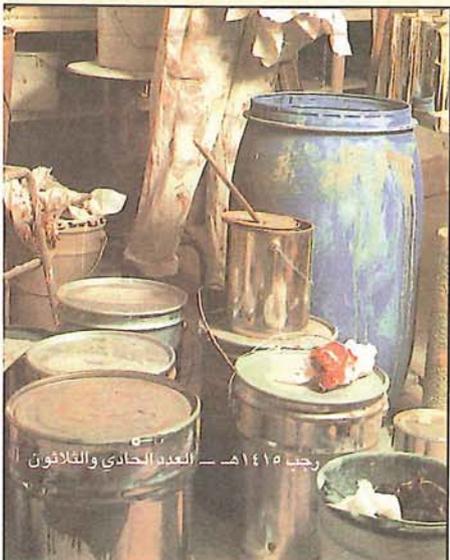
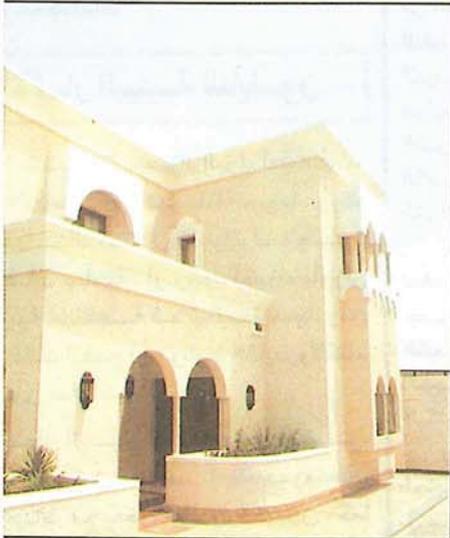
أن تتفاعل معها كيميائياً . كما تتحكم المذيبات في درجة لزوجة الدهانات عند استخدامها .

يعتمد اختيار المذيب على عدة عوامل من أهمها السُمِّيَّة ، القُطْبِيَّة ، درجة التبخر قبل وبعد الاستخدام ، نقطة الغليان ، نقطة الوميض ، الطبيعة الكيميائية ، التكلفة .

ومن أهم المذيبات العضوية المستخدمة كيتونات ، إيثرات الجليكول ، استرات الجليكول ، كحولات ، استرات ، مركبات هيدروكربونية اليفاتية وعطرية ، كلورو برفاينات ، ونثرو برفاينات وتربنتينات .

### ● الملدنات

الملدنات عبارة عن سوائل عضوية ذات قوام زيتي ومنخفضة درجة التطاير ، تعمل على خفض درجة حرارة تلين مادة الترابط ، تشكل الطبقة الرقيقة ، زيادة اللدونة ، تحسّن انسياب الدهان . ويؤدي استخدام كمية زائدة من الملدنات في تركيب الدهان إلى تكون طبقات رقيقة لينة ويمكن أن تكون دبة ( Sticky ) .



ومن أهم المددات المستخدمة في صناعة الدهانات استرات الأحماض المتعددة الوظيفة مثل الفثالات ثنائي أوكثيل .

### ● الأصباغ

تشتمل الأصباغ على مواد غير قابلة للإنحلال في الوسط المستخدم بل تشتت فيه ، وتتكون الأصباغ إما من مركبات عضوية مثل مركب بثالوسينين ، أو لا عضوية مثل ثاني أكسيد التيتانيوم وأكاسيد الحديد والكروم والزنك ، الكادميوم ، البزموت ... الخ ، أو عضو معدنية مثل فثالوسيانين النحاس ، والانتراكينون والكوييناكريدون والآيزواندوكينون ، البيرتلين).

تستخدم الأصباغ في : تكوين الدهان ، زيادة عدم شفافيته (التغطية) ، تحسين مقاومة الطبقات الرقيقة للتآكل . وتعتمد قوة التغطية وشدة لون الدهان على حجم حبيبات الصبغ المستخدم .

### ● الإضافات

المضافات عبارة عن مواد إضافية تضاف لمكونات الدهانات بتركيز منخفضة لتحسين خواصها التقنية وخواص الطبقات الرقيقة . ويمكن تصنيف المضافات إلى العوامل (Agents) التالية: -

● عوامل مجففة : وهي مواد تتحكم في عملية تجفيف الطبقة الرقيقة أو تقسية الدهان السائل بعد استخدامه ، وتعمل على تفكك البيروكسيدات والهيدروبيروكسيدات المشكلة بتأثير أكسجين الهواء الجوي على مواد الترابط ( راتنجات الألكيد ) ، كما إنها تعمل على تشكل الجذور الحرة التي تساعد على سرعة بلمرة مادة الترابط .

ومن أهم المجففات الفعالة القابلة للإنحلال في أغلب مواد الترابط الصوابين المعدنية لأحماض أحادية الكربوكسيل تحتوي على ٨ - ١١ ذرة كربون مثل نفتينات الكوبالت أو أكتوات الرصاص .

● عوامل ضد التجلد : وهي مواد أغلبها مانعة للتأكسد تمنع الدهانات الحاوية على مواد مجففة ، عند تماسها مع أكسجين الهواء الجوي ، من تشكل طبقة قشرية سطحية غير قابلة للذوبان . كما أنها تعمل على تجفيف طبقة الدهان الرقيقة بشكل منتظم وتمنع تجدها . ومن أهم هذه المواد الاوكسيمات أو ألكيلات الفينول.

الدهانات	مواد الترابط	مجالات الاستخدام
سيللوزية	لكرات نetro السيللوز ، استرات سيللوز عضوية .	الخشب ، المعادن ، الورق المقوى ، السيلوفان ، الجلود .
مطاط مكلور	بولي أيزوبرين ، بولي بروبيلين مكلور ، مطاط مكلور مع راتنجات الألكيد .	خزانات المياه ، السفن ، حمامات السباحة ، المعادن المغمورة بالمياه والآلات الزراعية .
فينيلية	- بولي أوليفينات ومشتقات البولي أوليفينات . - بولي هاليدات الفينيل وبوليمرات مشتركة منها . - فلورو بوليمر . - بولي استرات الفينيل . - بولي كحول الفينيل . - بولي ستايرين وبوليمرات مشتركة مع الستايرين .	دهانات أولية . الأثاث المعدني وتخطيط الشوارع . أوعية الطبخ (تيفال) والمواد المعرضة لدرجات حرارة مرتفعة . الورق والخشب المقوى وأنواع معينة من البلاستيك والجلود . الأسلاك وهياكل الأبنية المعدنية ، مواد سذانة . الجدران والجسور الأسمنتية ، المعادن ، تخطيط الشوارع .
الأكريليك	راتنجات الأكريلات المتشابهة .	الأسقف والجدران ، وسائل النقل بأنواعها المختلفة .
الألكيد	راتنجات الألكيد وراتنجات الألكيد المعدلة .	الحديد والصفائح المعدنية ، الأثاث المنزلي ، وسائل النقل ، الغسالات والبرادات والسيارات .
بوليستر مشبعة	راتنجات البوليستر المتشابهة .	العلب المعدنية ، السيارات ، الطائرات ، الآلات الزراعية ، الأثاث المعدني .
بولي يوريتان	بولي أيزوسانات ، بولي أولات ( Polyols ) ، بولي هيدروكسيل ، بوليستر .	الآلات ، الأثاث ، المعادن ، وسائل النقل بأنواعها المختلفة ، الأرضيات .
إيبوكسي	راتنجات البيسفينول A&F ، راتنجات الإيبوكسي ، استرات الغليسيديلات .	الجدران ، الأرضيات ، مواد التغليف ، العلب .
سيليكون	راتنجات السيليكون ، راتنجات عضوية سيليكونية ..	الأفران ، المبادلات الحرارية ، أجهزة التكييف ، المحركات والمراجل .
راتنجات فينولية	الريزولات ، النوفولاك ، الراتنجات الفينولية المعدلة ، راتنجات الألكيد ، بولي اليوريتان .	الصفائح المعدنية ، العلب ، الحاويات .
أسفلت	البيتومين .	حديد الجسور والأبراج ، الخرسانات الأسمنتية ، خزانات المياه ، الأنابيب الأسمنتية ، الأرضيات .
سيليكات	سيليكات الألكيل .	الحديد المستخدم في صناعة البواخر ، الخزانات ، المداخن ، الأنابيب ... وغيرها .

● جدول (١) أهم أنواع الدهانات ومواد ترابطها ومجالات إستخداماتها.

ويمكن إيجاز خطوطها في إجراء بعض الإختبارات على المواد الأولية الداخلة في تركيبة الدهان للتأكد من مطابقتها خواصها الفيزيائية للمواصفات المطلوبة ، وزن المادة الخام وخلطها جيداً ، إضافة المذيبات والمحاليل المشكلة للطبقة الرقيقة ، عجن المزيج للحصول على التركيبة النهائية للدهان ، ترشيح المنتج النهائي ونقله للتعبئة والتغليف .

تأتي الدهانات السائلة على عدة أنواع حسب نوع المذيب المستخدم وذلك كما يلي:-  
\* دهانات أساسها مذيب عضوي : وتشتمل على الدهانات التي تزيد نسبة المذيب العضوي فيها إلى أكثر من ٢٠٪ ، ويمكن تقسيمها على أساس نسبة المذيب إلى ثلاثة أصناف هي :-

- دهانات تحتوى على أكثر من ٦٠٪ مذيب عضوي ومحتوى منخفض من المواد الصلبة : وهي عبارة عن محاليل من بوليمرات (مواد ترابط) مطاوعة للحرارة ذات أوزان جزيئية تتجاوز ٢٠,٠٠٠ ، ومنها استرات نترات السيلولوز ، راتنجات الفينيل ، راتنجات الأكريليك .

إضافة لذلك توجد أنواع أخرى من الإضافات تعتمد في إضافتها على نوعية الدهان ومجال استخدامه ومنها : مواد حافظة (مركبات الزئبق العضوية ، الفينولات الكلورة ، مركبات القصدير العضوية) ، مواد مغلظة (ميثيل السيلولوز ، إيثيل هيدروكسي بروبيل السيلولوز ، بولي أكريلات) ، مواد مانعة للتآكل (رصاص أحمر ، كرومات الزنك ، فوسفات الزنك) ، مثبتات الضوء (اينيليدات الأوكساليك ، مركبات هيدروكسي بنزوفينون) ، مانعات الرغوة (السيليكا ، استيرات المعادن ، بولي اليوريا).

### صناعة الدهانات

تتشابه جميع أنواع الدهانات في طرق التصنيع ، وتعتمد أساساً على نوعية وتركيبية المواد المستخدمة فيها والتقنية المناسبة . وتنقسم الدهانات حسب صناعتها إلى نوعين هما :-

#### السائلة

يتم إنتاج الدهانات السائلة بطريقتين هما الطريقة المتقطعة . وتستخدم في الوحدات الصناعية الصغيرة ويتم فيها إنتاج الدهانات على دفعات وبكميات محدودة . والطريقة المستمرة . وتستخدم في الوحدات الصناعية القياسية لإنتاج كميات كبيرة من الدهانات ، وتتم عملية التصنيع ، في هذه الطريقة ، في مبنى مكون من ثلاثة أو أربعة طوابق ، شكل (١) ،

\* عوامل تقسية : وهي مواد تعمل كمحفزات في تفاعل الترابط المتقاطع (Cross - Linking) لأنظمة مواد الترابط كما أنها تعمل على تقسية الدهانات الزيتية في أقصر فترة زمنية عند أقل درجة حرارة .

ومثال ذلك يسرع حامض بارا - تولوين السلفونيك الترابط المتقاطع المحفز بالبروتون لمجموعات مواد الترابط مثل : راتنجات البوليستر - الملامين .

ومن أهم مواد التقسية : بولي الأيمينات ، الفينولات ، أيزوسيانات ، بلامئات ، الأحماض والبوليستر ذات وظائف الكربوكسي ، بولي الفينولات ، راتنجات فينولية .... وغيرها .

\* عوامل تسوية : وهي مواد تعمل على تشكل طبقات رقيقة منتظمة السمك ناعمة من الدهانات ، وتعتمد نوعية عوامل التسوية المستخدمة على نوعية مادة الترابط ، ودرجة الحرارة .

ومن أهم عوامل التسوية حلقي الهكسانون أو إيثيرات الجليكول .

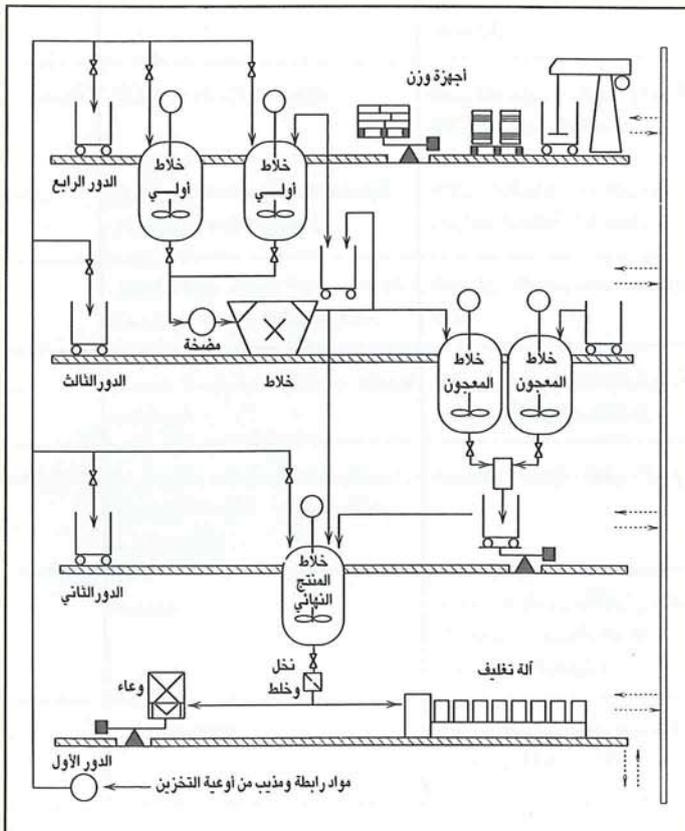
\* عوامل ترطيب ومانعة للطفو : وهي مواد تحافظ على اللعان والتغطية اللازمة ، كما أنها تساعد على تجانس درجة اللون .

ومن أهم هذه المواد المواد الفعالة سطحياً ، مثل صوابين الألمنيوم ، والسيليكا ، سلفونات كحولات دسمة ، نفتينات الزنك أو الكالسيوم .

\* عوامل مشتتة : وتسمى أيضاً بعوامل ضد الترسيب وهي مواد تمنع ترسيب الأصباغ خاصة الأنواع ذات الكثافات العالية . ومن أمثلة هذه العوامل إيثيرات بولي أوكسي الإيثيلين لكحول الدوتسيل .

\* عوامل باسطة : وهي مواد تضاف للدهانات بنسب معينة للحصول على طبقات رقيقة مستوية ذات ملمس ناعم ولعان شديد .

تحسن العوامل الباسطة الخصائص الميكانيكية للطبقة الرقيقة دون تغير في عدم شفافيته (الاشفافية) . وتتكون العوامل الباسطة إما من مواد طبيعية مثل التالك ، الدياتوميت ، أو من مواد صناعية مثل السيليكا الحرارية (Pyrogenic Silica) ، الشموع البولي أوليفينية .



● شكل (١) مخطط مبسط لصناعة الدهانات السائلة.

حرارة الغرفة ويطحن للحصول على دقائق ذات حجم معين ، وينخل وتجري عليه بعض الإختبارات النوعية مثل اللزوجة ، التسوية ، نقطة الوميض ، محتوى المواد غير المتطايرة ، الكثافة ، التسحيب (Sagging) وذلك للتأكد من مواصفاته المطلوبة ثم يعبأ ويغلف .

تستخدم في هذا النوع من الدهانات الملونات اللاعضوية التي تتميز بأنها ثابتة حرارياً عند درجة حرارة التقسية ولا تتفاعل مع مكونات أخرى داخلية في التركيبة، ثابتة تجاه قوى البثق والطنن ، ومن أهم هذه الملونات ثاني أكسيد التيتانيوم وأكاسيد الحديد وأكاسيد الكروم.

### آلية تجفيف الدهانات

تُقسم آلية تجفيف (آلية تشكل الطبقة الرقيقة) الأنواع المختلفة من الدهانات إلى قسمين هما :-

#### ● التجفيف الفيزيائي

يتم التجفيف الفيزيائي للدهانات عن طريق تبخر المذيبات أو المواد السائلة الداخلة في تركيبها أو المضافة إليها لتعديل لزوجتها دون حدوث أي تغير كيميائي في البوليمر أو المواد المكونة له . ومن أهم مواد الترابط المستخدمة في هذه الأنواع من الدهانات راتنجات الفينيل ، استرات نترات السيللوز ، راتنجات الأكرليك المطاوعة

مستحلبة : وهي بوليمرات ذات أوزان جزيئية مرتفعة مثل الستايرين ، البوتادايين ، الأكريلات ، مونوميرات الفينيل ، بوليمرات مشتركة من اكريلات وميثاكريلات توجد على شكل دقائق مشتتة في الماء

#### ● البودرة

تتميز دهانات البودرة بأنها خالية من المذيبات وتستخدم على شكل مسحوق بلاستيكي مطاوع أو صلد للحرارة.

ومن أهم مواد الترابط المستخدمة في المسحوق المطاوع للحرارة بولي إيثيلين ، بولي الأמיד ، بولي كلوريد الفينيل ، بوليمر مشترك من الإيثيلين - كحول الفينيل وبوليستر مطاوع للحرارة ، أما مواد الترابط المستخدمة في المسحوق الصلد للحرارة فمن أهمها الإيبوكسي ، الإيبوكسي - بوليستر ، بوليستر - بولي يوريثان ، أكرليك .

يتم استخدام دهانات البودرة بطريقتين هما البخ (الرش) الالكتروستاتيكي و الطبقة المتحركة .

تم صناعة الدهانات البودرة ، شكل(٢)، بوزن المادة الخام والأصبغ والمضافات والمحفزات ومواد التقسية ، ثم خلطها ونقلها إلى جهاز البثق حيث يتم صهرها وتجانسها عند درجة حرارة من ٨٠ إلى ٤٠٠ م . ثم يُبرد المزيج المبثوق إلى درجة

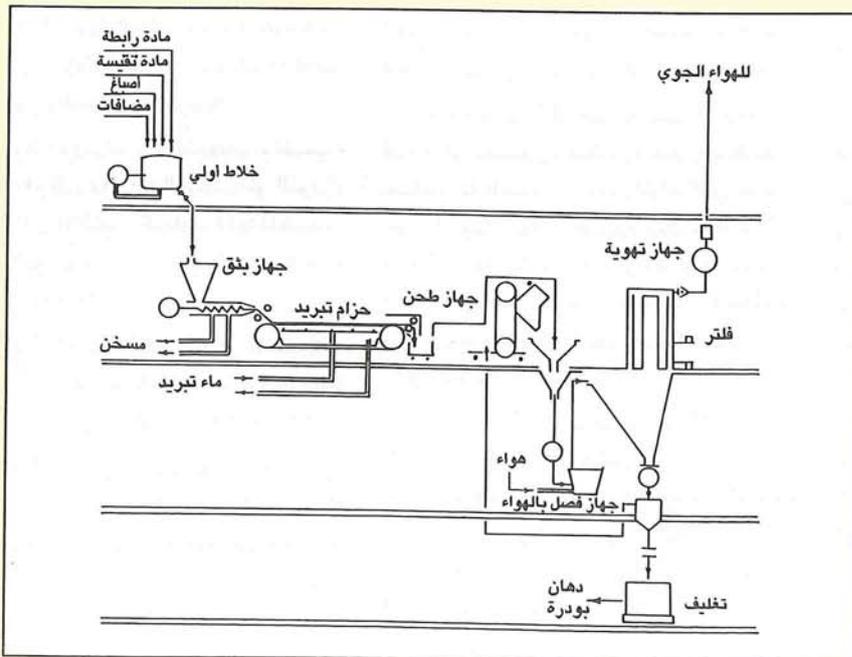
دهانات تحتوي على نسبة تتراوح من ٣٠٪ إلى ٦٠٪ مذيب عضوي : وتتكون مواد الترابط فيها من بوليمرات غير مطاوعة للحرارة وأوزانها الجزيئية تتراوح من ٨٠٠٠ إلى ١٠,٠٠٠ ، تجف كيميائياً ، ومنها البوليستر ، راتنجات الألكيد ، استرات وراتنجات الإيبوكسي ، راتنجات فينولية معدلة ، زيوت اليوريثان .... وغيرها .

دهانات تحتوي على أقل من ٢٠٪ مذيب عضوي : وهي لا تعتمد على أنواع معينة من مواد الترابط ، وتوجد إما كنظام عبوة واحدة أو عبوتين.

ومن أهم مواد الترابط المستخدمة في نظام العبوة الواحدة راتنجات الألكيد ، راتنجات البوليستر (بوليستر مشبعة بأوزان جزيئية منخفضة تولف مع راتنجات الميلامين المؤثرة والأيزوسيانات القالبية (Blocked Isocyanates) ، راتنجات بولي اليوريثان المولفة مع راتنجات البوليستر والأكرليك والألكيد ، البلاستيولات مثل بولي كلوريد الفينيل المشتت في مواد ملدنة . من أهم المواد الرابطة المستخدمة في نظام العبوتين راتنجات البوليستر (البوليستر المشبعة بأوزان جزيئية منخفضة) مع بولي أيزوسيانات ، راتنجات الإيبوكسي مع الأمينات كعوامل تقسية .

● دهانات أساسها مذيب مائي (مائية): ويستخدم فيها الماء كمذيب أو كمادة مخففة بدلاً من المذيبات العضوية. وتوجد فيها المواد الرابطة (جزيئات البوليمر) في صورتين هما :

- مذابة في الماء : وهي بوليمرات ذات وزن جزيئي منخفض نسبياً (أقل من ١٠,٠٠٠) ، وتعزى إذابة هذه المواد في الماء إلى تشكل أملاح تحتوي على مجموعات كاتيونية أو أنيونية حيث تتشكل أملاح الترابط الأنيونية مثل الألكيدات والإيبوكسيدات واسترات الأيبوكسي بمعادلة مجموعات الكربوكسيل فيها بمواد متطايرة تتبخر أثناء تشكل الطبقة الرقيقة مثل الأمونيا أو الأمينات . من جانب آخر تتشكل أملاح المواد الرابطة الكاتيونية بتفاعل مجموعات الأمينات للراتنجات مع الأحماض العضوية مثل حامض الخل و اللاكتيك . أو مع أحماض لاعضوية مثل حامض الفوسفور .



● شكل (٢) مخطط لصناعة الدهانات البودرة.

ويمكن تجنب حدوث مثل هذه المخاطر أو الإقلال منها قدر المستطاع بارتداء القناع الواقي والقفازات الواقية وأن يكون العمل في مكان جيد التهوية.

ولا يقتصر تأثير الدهانات على صحة الإنسان فقط بل يمتد إلى البيئة المحيطة به ، فمثلاً تعد المذيبات العضوية مصدراً لتلوث الهواء الجوي عند تفككها تدريجياً إلى عناصرها الأولية أو مشاركتها في بعض التفاعلات الكيميائية التي تتم تحت تأثير ضوء الشمس وبعض المواد الأخرى الموجودة بكميات قليلة جداً في الهواء. ومثال ذلك يحدث تفكك كيمووضوئي لبعض المذيبات العضوية في وجود أكاسيد النيتروجين مؤدياً إلى تكون مواد وسطية (مواد مؤكسدة ضوئياً (Photo-Oxidants)) ، وتشكل هذه المواد خطورة على النبات والإنسان حتى ولو كانت بتركيز منخفضة .

ويمكن الحد من إنطلاق مكونات المذيبات العضوية بطرق مختلفة منها : استخدام دهانات خالية من المذيبات العضوية أو تحتوي على نسبة منخفضة منها ، زيادة استعمال الدهانات البودرة والدهانات ذات المذيب المائي ، معالجة الهواء الملوث (Waste Air) في مكان العمل كإجراء وقائي .

وتسهم المخلفات المائية الناتجة عن صناعة الدهانات في تلوث البيئة ، ويرجع ذلك إلى غسل المعدات والأوعية وخزانات التخزين ، والمياه الناتجة عن عمليات الترشيح ، والمياه الدوّارة الخارجة من غرفة البخ وغيرها. ويجب معالجة مخلفات هذه المياه قبل تصريفها في فتحات الصرف الصحي من خلال عمليات الترشيح والتعادل (Neutralization) والتبليد (Flocculation) كما يجب تنقية مخلفات المياه المحتوية على مواد سامة ذائبة فيها مثل مركبات المعادن الثقيلة بعمليات الترسيب ، الترشيح ، الادمصاص أو التقطير . إضافة لذلك هناك المخلفات الناتجة عن استعمال الدهانات وأوعية الدهانات الفارغة التي يمكن التخلص منها بحرقها عند درجات حرارة عالية في أفران خاصة مجهزة بأبراج إمتصاص.

كربوكسيلية أو كحولية ... وغيرها مؤدياً إلى تشكل طبقة بوليميرية مترابطة .

ومن أهم مواد الترابط المستخدمة في التجفيف الإشعاعي مزائج بوليستر - ستايرين ، مزائج الثيول - ثين ، راتنجات الإيبوكسي ... وغيرها.

### الآثار الصحية والبيئية

تحتوي الدهانات على مواد كيميائية قد تسبب أضراراً بالغة للإنسان والبيئة ، ومن هذه المواد المذيبات العضوية ، المواد الرابطة الفعّالة ، الأصباغ المحتوية على معادن ثقيلة وبعض أنواع المضافات.

وينتج عن تعرض الإنسان لأبخرة المذيبات العضوية مثل الهيدروكربونات الأليفاتية والعطرية ، الاسترات ، الكيتونات ، الكحولات ، إثيرات الجليكولات الناتجة عن استخدام الدهانات ، سواء بطريقة البخ أو بواسطة الفرشاة أو الرول ، بعض الأعراض مثل إثارة الأغشية المخاطية والقنوات التنفسية والعين ، غثيان ، قيء ودوار. كما أن التعرض المزمّن لهذه الأبخرة يؤثر على الجملة العصبية المركزية وعلى معظم أجزاء الجسم.

وتظهر مثل هذه الأعراض أيضاً عند استنشاق الأبخرة وغبار المخلفات الناتجة عن حرق الدهانات القديمة وإزالتها. كما أن الغبار الناتج عن العوامل المستخدمة ضد الصدأ يحتوي غالباً على معادن ثقيلة سامة.

علاوة على ذلك قد تسبب ملامسة الدهان بصورة متكررة ضرراً بالجلد خاصة اليدين . ومن المواد التي تسبب حساسية للجلد المونوميرات ، الممددات الفعّالة مثل الأكريلات والإيبوكسيدات ، المضافات مثل بلامئات الأحماض والبيروكسيدات ، الأمينات والكوبالت والزركونيوم في المجففات.

تؤثر الدهانات أيضاً على العاملين في الوحدات الصناعية التي تستخدم طرق البخ ، فبالإضافة لتعرضهم لأبخرة المذيبات العضوية وحدثت الأعراض السابقة فإنهم يستنشقون مكونات الدهانات في صورة أيروزولات تتغلغل في الرئتين مسببة حساسية في الصدر ، تآكلاً في القنوات التنفسية وربو حاد .

للحرارة ، بولي اليورثان ، المشتقات المطاطية وراتنجات هيدروكربونية.

تخضع الدهانات السائلة ذات المذيب المائي بنوعيه المذاب والمستحلب لآلية التجفيف الفيزيائي ويتم ذلك مع إضافة كميات قليلة جداً (أقل من ٥٪ وزناً) من مذيبات عضوية مثل الكحولات ، إثيرات بوتيل الجليكول لزيادة سرعة التجفيف. كما تجف الدهانات السائلة المحتوية على أكثر من ٦٠٪ مذيب عضوي بهذه الآلية.

### ● التجفيف الكيميائي

يتم التجفيف الكيميائي للدهانات بتفاعل ترابط متقاطع (Cross-linking) عن طريق البلمرة السلسلية أو التكاثفية أو الاضافة المتعددة لمواد الترابط المكونة لها مؤدياً إلى تشكل طبقة رقيقة متشابكة . ويتم هذا التفاعل بثلاثة طرق هي :-

● الأكسدة : وتتم بتأثير الأوكسجين وبخار الماء الموجودين في الهواء الجوي ، حيث يتفاعل الأوكسجين مع الزيوت المجففة والمركبات غير المشبعة منتجاً جذوراً حرة تساعد على عملية البلمرة ، بينما يتفاعل بخار الماء مع المواد الرابطة الداخلة في تركيب الدهانات مسبباً بلمرة تكاثفية . ويؤدي كلا التفاعلين إلى تجفيف الدهان وتكوين طبقة رقيقة مترابطة على الأسطح الدهونة.

ومن مواد الترابط المستخدمة في التجفيف الكيميائي بالأكسدة راتنجات الألكيد والإيبوكسي والفينيل والأكرليك.

● الحرارة : وتستخدم لتجفيف وتقسية بعض أنواع الدهانات السائلة أو البودرة مثل دهانات الألكيد ، البوليستر المشبعة ، بولي اليورثانات ، الميلامين - فورم الدهيد ... وغيرها.

وتتم عملية التجفيف عن طريق تفاعلات التكاثف أو الإضافة المتعددة لمواد الترابط عند درجات حرارة تتراوح من ٢٥ إلى ١٢٠م.

● الإشعاع : وهي تقنية حديثة نسبياً يستخدم فيها للتجفيف إشعاع كهرومغناطيسي مثل الأشعة فوق البنفسجية أو إشعاع متاين مثل إلكترونات مسرّعة لبدء تفاعل سلسلي لمجموعة مزائج من مركبات ذات وظائف متعددة مثل المركبات المحتوية على مجموعات

يطلق لفظ

منظف على المركبات

الكيميائية المحتوية على

سلسلة من ذرات الكربون يكون

أحد طرفيها قطبياً ( Polar ) جاذب للماء  
( Hydrophilic ) - بسبب قطبية الماء

أيضا - بينما يكون الطرف الآخر

غير قطبي ( Non - Polar ) وبذلك

فإنه لا يجذب الماء

( Hydrophobic ) .

## المنظفات الصناعية

أ . سامي عبد الله الفتوخ  
أ . محمد عتيق الدوسري

تعود خاصية التنظيف إلى قدرة الجزء الذي لا يجذب الماء على الالتصاق بدقائق الدهون والأوساخ الأخرى عند إجراء عملية الغسيل بالماء والمنظف ، في حين يلتصق الجزء الجاذب بجزيئات الماء ، وتتم عملية التنظيف بإزالة الدقائق الغريبة بواسطة الماء والمنظف .

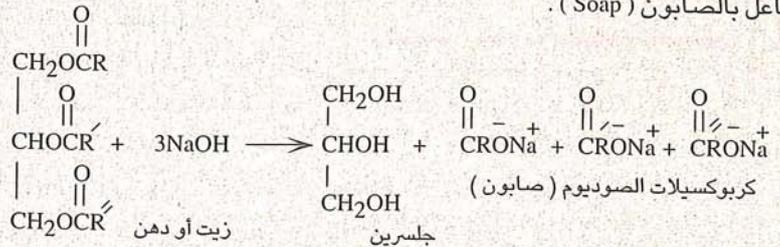
يعد الصابون من أقدم المواد المستخدمة في التنظيف ، وقد بدأ تحضيره قبل أن تتم معرفة تركيبه الكيميائي بزمان طويل ، ثم تطورت صناعته بعد اكتشاف التركيب الكيميائي للزيوت والدهون .

وقد تم التوصل إلى معرفة أنه عند معالجة الجليسيريدات النباتية ( الزيوت النباتية مثل زيت بذور القطن ، جوز الهند ، زيت النخيل ) ، أو الحيوانية ( الشحم ) بالمحاليل القاعدية مثل هيدروكسيد الصوديوم ( NaOH ) أو هيدروكسيد البوتاسيوم ( KOH ) فإنها تتحول إلى أملاح الأحماض الدسمة المطابقة مثل الجلسرين . وتسمى هذه العملية بالتصين ( Saponification ) ، كما تسمى المركبات الناتجة بعد إزالة معظم الماء من خليط التفاعل بالصابون ( Soap ) .

### آلية التنظيف

تتمثل آلية ( حركية ) التنظيف في أن أملاح الأحماض ( كربوكسيلات الصوديوم مثلا ) تحتوي على سلسلة هيدروكربونية طويلة نسبياً مثلاً ( R = C<sub>17</sub>H<sub>35</sub> ) لها ذيل كربوكسيلي شديد القطبية ( أيوني الارتباط ) تتمثل بزمرة كربوكسيل تحمل شحنة سالبة تعادلها أيونات الصوديوم الموجبة الشحنة ، بينما يكون الطرف الآخر عبارة عن ذيل لاقطبي للسلسلة الهيدروكربونية .

عند مزج الماء بالصابون فإنه لا يذوب على شكل أيونات منفصلة بل على شكل أيونات في المحلول كمادة شبه رغوية تسمى



فتاتات ( Micelles ) متراسة يكون الطرف السالب الشحنة فيها بارزاً لسطح الماء وذائباً فيه بسبب قطبية الماء ( المتشابهات تذيب المتشابهات ) أما السلسلة الهيدروكربونية فبسبب أنها دفوعة للماء فإنها تتجه إلى الداخل ، شكل ( ١ ) .

ويعزى الفعل التنظيفي جزئياً إلى أن المنظف يخفض التوتر السطحي للمحلول فيسهل اختراق الألياف المراد تنظيفها .

عند وجود مادة زيتية في الماء فإن المنظف يشكل مستحلباً مع الزيت بحيث تتجه الذبول الهيدروكربونية اللاقطبية إلى قطرات الزيت لتذوب فيها بينما تتجه النهاية القطبية إلى الماء عازلة تلك القطرات بعضها عن بعض لتسهل إزالتها ومفسحة المجال لبقية أجزاء المنظف غير المرتبطة بالمادة الدهنية بالارتباط مع بقية المواد الدهنية الموجودة في الألياف المراد تنظيفها ، شكل ( ٢ ) .

وتعرف القدرة التنظيفية لمادة ما بأنها القدرة على استئصال الأوساخ من السطح

### ١ - الأغراض المنزلية

تنقسم المنظفات المستخدمة للأغراض المنزلية إلى مائي :-

( أ ) مساحيق الغسل : وتستخدم في تنظيف الملابس القطنية وغسل الأواني بالغسالات الآلية .

( ب ) السوائل : وتستخدم في الغسيل اليدوي للأواني ، وغسيل المنسوجات الصوفية ، وتنظيف السيارات والأرضيات ، إضافة إلى إنتاج الشامبو ( مستحضرات التجميل ) .

### ٢ - الأغراض الصناعية

تعد هذه الأنواع متخصصة جداً ، وقد تكون على هيئة مسحوق ( بودرة ) أو سائل تستعمل في الأغراض التالية :-

( أ ) معالجة السطوح : وذلك للأغراض التالية :-

- إزالة الدهون من أسطح المعادن قبل الطلاء الكهربائي أو الدهان .

- إزالة الدهون من الأقمشة وخاصة الصوفية منها .

- تنظيف خطوط الإنتاج أو زجاجات تعبئة المشروبات الغازية .

- تركيز الخامات في عمليات التعدين .

- زيادة كفاءة التبادل الحراري في أبراج التبريد .

( ب ) مواد شد سطحي : وذلك كمواد أولية في الدهانات ( الأصباغ ) التركيبية لبعض المنتجات ومنها مايلي :-

- صناعة بعض الزيوت الثقيلة ( زيت الفرامل مثلاً ) .

- إضافات أساس في الأصباغ .

- صناعة اللدائن .

- معلقات ( Suspensions ) في عملية الطلاء الكهربائي .

- صناعة الأدوية .

### المواد الفعالة للمنظفات

تشمل المواد الأولية الفعالة للمنظفات الصناعية (Active Components of Detergents) عشرات بل مئات من المواد العضوية وغير العضوية تختلف نسبتها في المنظف

مجالات الاستخدام . وعلاوة على النوعين السابقين (الصابون والمنظفات الصناعية) اللذين يتشابهان في تركيبهما الكيميائي وطريقة التنظيف ، أمكن إنتاج أنواع أخرى من المنظفات تختلف كيميائياً عن سابقتها ويقتصر استخدامها على مجالات معينة ، ومن هذه المنظفات مايلي :-

#### ● ماء جافيل ( $NaOCl_2$ أو $Ca OCl_2$ )

وهو عامل مبيض ( Bleaching ) يعمل الأكسجين المنطلق نتيجة تفككه على تبييض الملابس وإزالة البقع الملونة .



#### ● بيركلورو إيثيلين ( $CCl_3$ ، $CCl_2$ )

الذي يستخدم في التنظيف الجاف ( Dry Cleaning ) .

وترجع زيادة أهمية المنظفات الصناعية مقارنة بالصابون إلى عدة أسباب منها :-

\* قابلية ذوبان أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم لهذه المنظفات في الماء

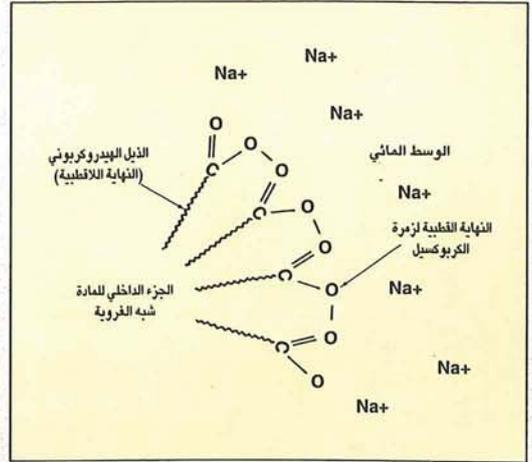
إلى حد كبير بمعنى احتفاظها بفعاليتها في الماء العسر بخلاف الصابون .

\* شدة الفاعلية .

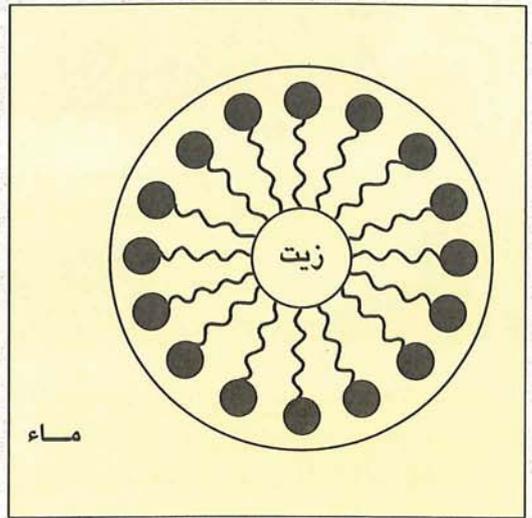
\* إمكانية إنتاج أنواع متعددة منها ذات خواص مختلفة بحيث يمكن استخدامها لإنتاج أنواع متعددة من مساحيق الغسيل ، المنظفات السائلة والشامبو .

### إستخدامات المنظفات

تصنع المنظفات الصناعية إما على شكل مساحيق حبيبية ( بودرة ) أو على شكل سوائل حسب طبيعة الاستعمال والاستخدام إذ تعتمد هذه المنظفات أساساً على مادة خافضة للتوتر السطحي ( Surfactants Materials ) وتنقسم حسب الاستعمال إلى ما يلي :-



● شكل ( ١ ) طريقة توزيع جزيئات المنظف في الماء .



● شكل ( ٢ ) آلية التنظيف بالصابون .

المراد تنظيفه عن طريق تشتيت وإذابة الأوساخ في سائل الغسيل حتى تترك تلك الأوساخ السطح ولا تعود إلى الترسيب عليه مرة ثانية .

### صناعة المنظفات

مع تطور الصناعات البتروكيميائية بعد الحرب العالمية الثانية أمكن إنتاج أنواع جديدة من المنظفات كبديل للصابون - والذي يعتمد على الشحوم الحيوانية والزيوت النباتية - تعتمد على استخدام المشتقات البتروكيميائية كمواد خام في عملية التصنيع ، و يعرف هذا النوع من المنظفات بالمنظفات التركيبية أو المنظفات الصناعية . ( Synthetic Detergents ) . ويعد هذا النوع من أهم أنواع المنظفات حالياً سواء فيما يتعلق بحجم الإنتاج أو تعدد

## المنظفات الصناعية

النسبة المئوية	الوظيفة	المادة
٢٠ - ٣٥	إزالة الأوساخ	المادة الفعالة : ( سلفونات ألكيل البنزين مع إيثانول أمينات )
٣٠ - ٥٠	تقوية مفعول المادة الفعالة	ثلاثي فوسفات الصوديوم
٠,٥ - ١,٣	منع إعادة ترسب الأوساخ	كاربوكسي ميثيل سيليلوز
٤ - ٨	ضد الصدأ مع تقوية مفعول المنظف	سيليكات الصوديوم
١٠ - ١٥	ماء مع بعض ميزات تقوية	صودا الغسيل
٥ - ١٠	ماء	سلفات الصوديوم
٠,٥ - ٠,٨	إزالة الأوساخ البروتينية	أنزيمات
حوالي ٠,١	تسطع لون الأقمشة	مسطعات لون
حوالي ٠,١	إعطاء رائحة مرغوبة	عطور
٢ - ١٠	ماليء و رابط	الماء

● جدول (١) تركيب نموذجي لمسحوق تنظيف للاستعمال المنزلي.

والشكل النهائي للمنظف ، فمثلاً تتراوح هذه النسبة بين ٢٥ إلى ٣٥٪ في حالة الاستعمالات الخفيفة ( Light duty ) مثل غسيل الصحون ، أما في حالة الإستعمالات الصعبة ( Heavy duty ) في المنزل فإن هذه النسبة تتراوح ما بين ٨ - ٢٢٪ للمساحيق و ١٠ - ٣٠٪ للسوائل المضاف إليها عوامل مساعدة و ٣٠ - ٥٠٪ للسوائل بدون عوامل مساعدة .

يوضح الجدول ( ٢ ) توزيع الاستخدامات النهائية لمواد المنظفات الصناعية حسب نوعية المنتجات المستخدمة في أغراض التنظيف .

### المنظفات الصناعية والبيئة

تنقسم المنظفات الصناعية من حيث تأثيرها البيئي إلى نوعين هما :-

#### ● المنظفات اليسرة

المنظفات اليسرة ( Soft Detergents ) هي منظفات غير ثابتة كيميائياً يسهل أكسدتها والتخلص منها حيويًا بعد مدة وجيزة

- سهولة تحليلها حيويًا بعد الإستخدام ، وبالتالي لا تؤثر على البيئة .

- عدم تأثيرها بالماء العسر ( Hard Water ) ، وهذا يعني احتفاظها بمفعولها في وجود أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم ، وذلك لأن سلفونات ألكيل بنزين الكالسيوم والمغنيسيوم تذوب في الماء .

ونظراً لارتفاع تكلفة الطريقة المذكورة للحصول على سلفونات ألكيل البنزين فقد اتجه العلماء لإنتاجه باستخدام رباعي البروبلين الناتج من عملية بلمرة البروبلين عوضاً عن الألكيل الناتج من قطعة الكيروسين .

تجدر الإشارة إلى أن منظفات سلفونات ألكيل البنزين شديدة الفعالية في التنظيف ، وعليه يمكن استخدام جزء قليل منها في مخلوط المنظف المتداول في الأسواق بعد إضافة مواد أخرى كما هو مبين في الجدول ( ١ ) .

تختلف النسب المئوية للمواد الفعالة في المنظفات الصناعية حسب نوع الاستخدام

حسب أغراض وظروف استخدام ذلك المنظف .

ويمكن تقسيم المنظفات إلى عدة أنواع اعتماداً على المواد الأولية الفعالة التي تدخل في تحضيرها وطريقة التحضير وخواص المواد الطبيعية والكيميائية وكفاءتها التنظيفية .

وتنقسم المواد الفعالة حسب نوع ما تحمله من جزيئات جاذبة للماء (Hydrophilic) فهي إما :-

● مجموعات سالبة ( Anionic ) مثل مجموعة الـ ( SO<sub>3</sub> ) و ( OSO<sub>3</sub> ) .

● مجموعات موجبة ( Cationic ) مثل مجموعة الـ ( C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>N<sup>+</sup> ) و ( NCH<sub>3</sub><sup>+</sup> ) .

● مجموعات متعادلة ( Nonionic ) مثل مجموعة الـ ( OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub> )<sub>n</sub> .

● مجموعات أمفوتيرية ( Amphoteric ) .

تعد المواد الفعالة المحتوية على مجموعة سالبة ( Anionic ) من أهم المواد المستخدمة في صناعة المنظفات وعليه سيقتصر الحديث على توضيح مجال استخدام تلك المواد وطرق إنتاجها .

#### ● منظفات سلفونات ألكيل البنزين

تعد منظفات سلفونات ألكيل البنزين ( Alkylbenzene Sulphonate Detergents ) من أهم أصناف المنظفات الصناعية في الوقت الحاضر ، وهي تستخدم على شكل ملح الصوديوم ، ويعد البنزين ( C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> ) المادة الخام الرئيسية في صناعة هذا النوع من المنظفات حيث يستخدم كمادة أولية للتفاعل مع المجموعة الألكيلية التي تحتوي من ١١ - ١٤ ذرة كربون يحصل عليها من قطعة الكيروسين ( Kerosine Cut ) بعد معالجتها بغاز الكلور في وجود الضوء ليُنتج كلوريد الألكيل ، يلي ذلك عملية الألكلة باستخدام تفاعل فريدل - كرافتس في وجود مادة محفزة من كلوريد الألومنيوم .

وترجع أهمية مواد سلفونات ألكيل البنزين في إنتاج المنظفات الصناعية إلى عدة أسباب من أهمها :-

- سهولة استخدامها ، خاصة في إنتاج مساحيق الغسيل .

## عالم في سطور

### المروزي

- الاسم : أحمد بن عبد الله حبش المروزي
- مسقط رأسه : بغداد
- حياته : لا يعرف تاريخ ميلاده ولكنه توفي سنة ٢٥٠ هـ - ٨٨٤ م .
- ألقابه : الحاسب والحكيم .
- عصره : عاصر كلاً من الخليفة المأمون والمعتمد ، وقربه الخليفة المأمون وأحاطه بالاعتناء والرعاية .
- إنجازاته : اتسمت إنجازاته في علم الفلك وآلات الرصد بالأصالة والدقة .
- أول من عمل جدول للظل وظل تمام الزاوية .
- من العلماء المتميزين الذين استطاعوا بمجهوداتهم الفريدة أن يحلوا كثيراً من المسائل الفلكية التي جهلها علماء الحضارات السابقة .
- نال مؤلفه « الزيج الممتحن » - الذي اعتمد عليه أبو الريحان البيروني في تأليفه لكتاب ( الآثار الباقية عن القرون الخالية ) - شهرة عظيمة بين معاصريه .
- مؤلفاته :
  - ١ - زيج السند هند .
  - ٢ - الزيج الممتحن .
  - ٣ - الزيج الصغير المعروف بالشاه .
  - ٤ - الزيج الدمشقي .
  - ٥ - الزيج المأمون .
  - ٦ - كتاب حسن العمل بالإسطرلاب .
  - ٧ - كتاب الأبعاد والأجرام .
  - ٨ - كتاب الرخائم والمقاييس .
  - ٩ - كتاب الدوائر الثلاث المماسية وكيفية الأوصال .
  - ١٠ - كتاب عمل السطوح المبسوطة والقائمة والمائلة والمنحرفة .
  - ١١ - كتاب عمل الإسطرلاب .

المجموع	الاستخدامات الصناعية والتجارية	المنظفات المنزلية والشخصية	سوائل للاستخدامات الصعبة	سوائل للاستخدامات الصعبة	مساحيق للاستخدامات الصعبة	مواد المنظفات الصناعية (*)
١٠٠	٢٣	٥	١٨	١٤	٤٠	سلفونات ألكيل البنزين
١٠٠	٧	١٢	٤٥	٦	٣٠	سلفات كحول الإيثر
١٠٠	٢٩	١٣	-	٣٦	٢٢	كحولات الإيثوكسيولات
١٠٠	٨٠	٥	-	٧	٨	إيثوكسيولات الألكيل فينول
١٠٠	١٣	٤٤	١٣	-	٣٠	سلفات الكحول
١٠٠	٣٠	٣٥	٣٥	-	-	الإلكانول أميد الدسمة
١٠٠	٥	١٥	٨٠	-	-	أوكسيولات الأمينات الدسمة

(\*) ترتيب المواد حسب حجم الإنتاج .

● جدول ( ٢ ) توزيع الاستخدامات النهائية لمواد المنظفات الصناعية حسب نوعية المنتجات المستخدمة في أغراض التنظيف .

كما تحتوي كل المنظفات اليسرة والعسرة على مادة الفوسفات المضافة لزيادة قدرة المنظف الصناعي على التنظيف ، وتعد مركبات الفوسفور من المركبات الضارة بالبيئة من حيث أثرها السلبي على الكائنات الموجودة في المياه ( الأنهار والبحار ) . وقد نجم عن الإصراف الشديد في استخدام المنظفات الصناعية أن ما يقرب من ٧٠٪ من مركبات الفوسفور الموجودة في مياه أغلب البحيرات والأنهار في الولايات المتحدة كان بسبب استخدام المنظفات . وبذلك يتضح ضرر المنظفات الصناعية على البيئة المائية .

ولا يمكن إغفال الدور الذي تلعبه المكونات الأخرى للمنظفات أو نواتج تحلل المواد المكونة للأوساخ بعد أن تتفكك أو تعلق بماء المنظفات من آثار بيئية ضارة . فمثلاً تؤثر أملاح الصوديوم والكالسيوم على التربة ومياه الري فتؤدي إلى تملح التربة وتغدقها .

ولدرء المخاطر الناتجة عن المنظفات يجب معالجة المياه المستخدمة في التنظيف معالجة تأخذ في الاعتبار إزالة أغلب تلك المكونات في مياه الصرف الصحي قبل استخدامها للأغراض المختلفة .

بوساطة الكائنات الدقيقة لتتحول إلى مواد بسيطة ليس لها أثر على المياه أو التربة . ومن أمثلة تلك المنظفات سيليكات الألكيل وسلفونات ألكيل الصوديوم ، وفي كليهما ترتبط مجموعة الفينيل بذرة الكربون ٢ في سلسلة هيدروكربونية طويلة غير متفرعة .

### ● المنظفات العسرة

المنظفات العسرة ( Hard Detergents ) هي منظفات غير قابلة للتحلل والتفكك في الظروف العادية حيث أن الكائنات الدقيقة لا تستطيع أن تحللها إلى مواد بسيطة . ولذلك فهي ذات أثر ضار بالبيئة مهما تكن نسبة تخفيفها بمياه النهر أو البحيرة . ومن أمثلة تلك المنظفات منظفات ملح الصوديوم لسلفونات دوتسيل البنزين التي ترتبط مجموعة الفينيل فيها بسلسلة طويلة متفرعة .

### ● آثار بيئية أخرى للمنظفات

إضافة لما تم ذكره ، ينتج عن إلقاء المنظفات تكوين رغوة سميكة تغطي سطح المياه فتتسبب في نقص كمية الأكسجين الذائب في الماء مما يؤدي إلى قتل كثير من الكائنات الحية خاصة الأسماك .

# أسمدة نيتروجينية من البتروكيميائيات

د . وعد زهير الكيالي



فبدأت بذلك صناعة الأسمدة الثنائية المركبة ، مثل فوسفات الأمونيوم الأحادية والثنائية ، والأسمدة الثلاثية المركبة مثل فوسفات الأمونيوم البوتاسية .

وفي بداية الأربعينيات من هذا القرن اتضحت أهمية العناصر الصغرى للنبات بشكل واضح ، وبذلك اتجهت صناعة الأسمدة إلى تصنيع أسمدة يدخل في تركيبها العناصر الصغرى مثل الحديد ، المغنيسيوم ، النحاس الموليبدونم ، الزنك وغيرها من العناصر النزرة .

ولم يقف الأمر عند هذا الحد بل تواصل البحث والتطوير في إيجاد وسائل لزيادة كفاءة هذه الأسمدة فظهرت الأسمدة المخلبية للعناصر النزرة التي تمتص بوساطة النبات بمعدلات أكبر من الأسمدة التقليدية للعناصر النزرة .

وخلال القبول فإن وسائل البحث والتطوير في مجال الأسمدة لن تتوقف سعيًا وراء إنتاج أوفر وتكلفة أقل .

## الأسمدة النيتروجينية

يعد الطلب العالمي للأسمدة النيتروجينية أكبر بكثير من الأسمدة الأخرى ، ويرجع ذلك إلى أن النباتات تحتاج للنيتروجين بكميات أكبر ، وإلى أنه سهل الفقد سواء بالغسيل (Leaching) على شكل أملاح نيتروجينية ، أو التطاير (Volatilization) على شكل أمونيا ، ولولا عملية إضافة النيتروجين بوساطة التثبيت

※ أسمدة عناصر صغرى : وتحتوي على عناصر مغذية ضرورية لكن بكميات قليلة نسبياً ، وقد تكون مثل هذه الأنواع من الأسمدة إما صلبة أو سائلة .

## تطور صناعة الأسمدة

اعتمد تطور صناعة الأسمدة خلال العصور الحديثة على ازدياد حاجة الإنسان للغذاء والكساء . فمع ازدياد سكان المعمورة اتجهت الأنظار إلى زيادة الغلة الزراعية سواء كان برفع كفاءة الأراضي أو تحسين سلالات النبات . وقد أدى ذلك إلى تطور العلوم الزراعية خاصة فيما يتعلق بزيادة خصوبة الأرض .

وقد تمثل ذلك التطور في اكتشاف أهمية العناصر الغذائية المعدنية للنبات . وقد كان الاهتمام منصباً في البداية على العناصر الكبرى (خاصة عناصر النيتروجين والفسفور والبوتاس) . وعليه ليس غريباً أن تبدأ صناعة الأسمدة بالعناصر الثلاثة المذكورة .

ومع بداية القرن التاسع عشر بدأ تصنيع الأسمدة النيتروجينية والفسفورية والبوتاسية على شكل أسمدة بسيطة مثل كبريتات الأمونيوم ، نترات الصوديوم ، نترات الكالسيوم ، اليوريا ، فوسفات الكالسيوم الأحادية والثنائية والثلاثية ، والبوتاس ، وبعد ذلك أخذت صناعة الأسمدة في التطور مع ازدياد أهمية إضافة أكثر من عنصر غذائي واحد للتربة في أن واحد لتعويض النقص في تلك العناصر ،

الأسمدة عبارة عن مواد تضاف إلى التربة أو النبات بغرض زيادة خصوبة التربة وتعويض ما يستهلكه النبات من عناصر غذائية ضرورية لنموه وتحسين إنتاجه كما وكيفا ، أو تحسين الخواص الفيزيائية أو الكيميائية للتربة . وقد تكون الأسمدة مواد طبيعية أو صناعية أو منتجات مستخلصة كنواتج ثانوية من تصنيع منتجات كيميائية وبتروكيميائية .

تصنف الأسمدة حسب تركيبها الكيميائي إلى مايلي :-

※ أسمدة معدنية : تحتوي على مركبات لاعضوية أو مركبات عضوية صناعية .

※ أسمدة عضوية : تنتج من مخلفات الحيوان ونواتج تفكك النبات أو نواتج عمليات معالجة النفايات .

※ محسنات صناعية للتربة : عبارة عن منتجات وظيفتها تحسين الخواص الفيزيائية للتربة بتحسين بنية التربة لزيادة نفاذيتها للماء والهواء .

وتصنف الأسمدة كذلك وفق محتواها من العناصر المغذية كما يلي :-

※ أسمدة أحادية : وتحتوي بشكل عام عنصراً مغذياً رئيساً واحداً فقط ومنها الأسمدة النيتروجينية والفوسفاتية والبوتاسية .

※ أسمدة مركبة : وتحتوي على عدة عناصر مغذية رئيسية ، ومنها الأسمدة النيتروجينية الفوسفاتية ، النيتروجينية الفوسفاتية البوتاسية ، الفوسفاتية البوتاسية وغيرها .

أكاسيد النيتروجين بطريقة الشرارة الكهربائية (Electrical Sparking) عند درجة حرارة ٢٠٠ م°، حيث تتأكسد بأكسجين الهواء وتتفاعل مع الماء متحوّلة إلى حامض النيتريك المخفف .

أما في الوقت الحاضر فينتج حامض النيتريك من الهواء والغاز الطبيعي أو غازات البترول عن طريق أكسدة الأمونيا بالهواء وبوجود مادة محفزة من البلاتين ، شكل (٢) ، حيث يتشكل أكسيد النيتروز الذي يتأكسد بالهواء بوجود السيليكاجل إلى ثاني أكسيد النيتروجين (NO<sub>2</sub>) يذوب في الماء مكوناً حامض النيتريك ، وفق التفاعلات التالية :-



يعد حامض النيتريك مادة وسطية لصناعة الأسمدة المركبة مثل نترات الكالسيوم ونترات الأمونيوم وغيرها من الأسمدة الفوسفورية النيتروجينية .

### ● نترات الأمونيوم

نترات الأمونيوم (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) عبارة عن بلورات صلبة بيضاء اللون تحتوي على نسبة عالية من النيتروجين (٣٥٪) ، ويكون نصف نيتروجينها على شكل أمونيوم والنصف الآخر على شكل نترات . ويستخدم حوالي ٣٠٪ من إنتاجه العالمي لإنتاج الأسمدة النيتروجينية .

تصنع نترات الأمونيوم من تفاعل كبريتات الأمونيوم مع نترات الصوديوم بعد عملية تبريد إلى درجة حرارة -١٠ م° لفصل كبريتات الصوديوم ، ومن ثم تجري عملية تبخير وبلورة للمحلول .

وتعد نترات الأمونيوم أكثر الأسمدة النيتروجينية انتشاراً ، وهي سريعة الذوبان وتمتاز بسرعة امتصاصها في جذور النباتات ، وهي في ذلك تفوق اليوريا وكبريتات الأمونيوم . ومن عيوب هذا السماد خطورته حيث يؤدي في بعض الأحيان إلى حدوث انفجارات أثناء التخزين أو الاستخدام ، كما أنه لا يصلح للتربة الحمضية بسبب حامضية تفاعله ، ويمكن التقليل من خطورته وحمضيته عن طريق خلطه بالكلس لإنتاج نترات الأمونيوم الكلسية وذلك بطريقة بنج مصهور نترات الأمونيا (بنسبة ٩٤-٩٧٪) عند درجة حرارة ١٤٠ م° وإضافة نترات الأمونيوم إلى مسحوق الحجر الكلسي ثم ضخ المحلول إلى أبراج عالية وإنزاله مرة أخرى على شكل رذاذ عن طريق رشاشات ليتبخر أثناء نزوله من

سماد نترات الأمونيوم ونترات الأمونيوم مع الكالسيوم .

● أميدية : ومن أمثلتها سماد اليوريا .

### صناعة الأسمدة النيتروجينية

توجد الأسمدة النيتروجينية على عدة أشكال ، سائل أو صلب أو غاز حسب نوع السماد المعني وحسب دواعي الاستعمال ، وتختلف صناعة تلك الأسمدة باختلاف نوعها وذلك كما يلي :-

### ● الأمونيا

تعد الأمونيا المصدر الأساس لجميع الأسمدة النيتروجينية ، وهي عبارة عن غاز عديم اللون ذو رائحة فاذة تدمع العين .

تتم صناعة الأمونيا بتفاعل النيتروجين مع الهيدروجين بوجود مادة محفزة من البلاتين عند درجة حرارة تتراوح ما بين ٣٠٠ - ٥٥٠ م° وضغط ٨٠٠ - ١٠٠٠ ضغط جوي وذلك وفقاً للتفاعل التالي :-

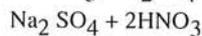
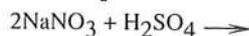


ويتم الحصول على النيتروجين من الهواء بعد إزالته ثم تقطيره تقطيراً مجزئاً بحيث يستحصل عليه بنقاوة تصل إلى ٩٩,٩٦٪ ، أما بالنسبة للهيدروجين فيتم الحصول عليه من مصادر بتروكيميائية من أهمها الغاز الطبيعي حيث تتم معالجة الهواء ببخار الماء عند درجة حرارة تتراوح ما بين ٨٧٠ - ٩٨٠ م° وضغط يزيد عن ١٠ ضغط جوي ، ومن ثم تجري عملية تنقية للمزيج الغازي لنزع الكبريت وثاني أكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون . ويبين الشكل (١) مراحل إنتاج الأمونيا من حرق الغاز الطبيعي بالهواء .

وتستخدم الأمونيا في الأسمدة إما بشكل مباشر أو كمحلول أمونيا سائل أو تدخل في صناعة العديد من الأسمدة ، وتُحوّل كميات منها إلى حامض النيتريك لإنتاج بعض الأسمدة .

### ● حامض النيتريك

قبل اكتشاف الغاز الطبيعي والنفط كان حامض النيتريك يُصنع عن طريق تفاعل نترات الصوديوم (ملح تشيلي) مع حامض الكبريت عبر مرحلتين عند درجات حرارة تتراوح ما بين ١٥٠ - ٤٠٠ م° ، وفقاً للتفاعل التالي :-



كما أمكن تحضير حامض النيتريك من

الجوي (Atmopheric Nitrogen Fixation) عن طريق البقوليات لازدادت الحاجة إلى الأسمدة النيتروجينية أضعاف الكميات المنتجة في الوقت الحاضر .

ويعد الهواء والغاز الطبيعي والنفثا وزيت الوقود والفحم من أهم المواد الخام اللازمة لصناعة الأسمدة النيتروجينية ، وتصنف الأسمدة النيتروجينية من حيث المنشأ إلى مايلي :-

### ● نيتروجينية غير صناعية

تأتي الأسمدة النيتروجينية غير الصناعية على عدة أشكال منها مايلي :-

● نيتروجينية عضوية : مثل روث الحيوانات ومخلفات المجازر ومصانع الزيوت وبقايا النباتات وغيرها .

● نيتروجينية طبيعية : مثل أملاح النيتروجين الموجودة في مناطق مختلفة من العالم مثل نترات الصوديوم (ملح تشيلي) ونترات الكالسيوم ونترات البوتاسيوم وكذلك الأمونيا المستخرجة من مناجم الفحم الحجري .

### ● نيتروجينية صناعية

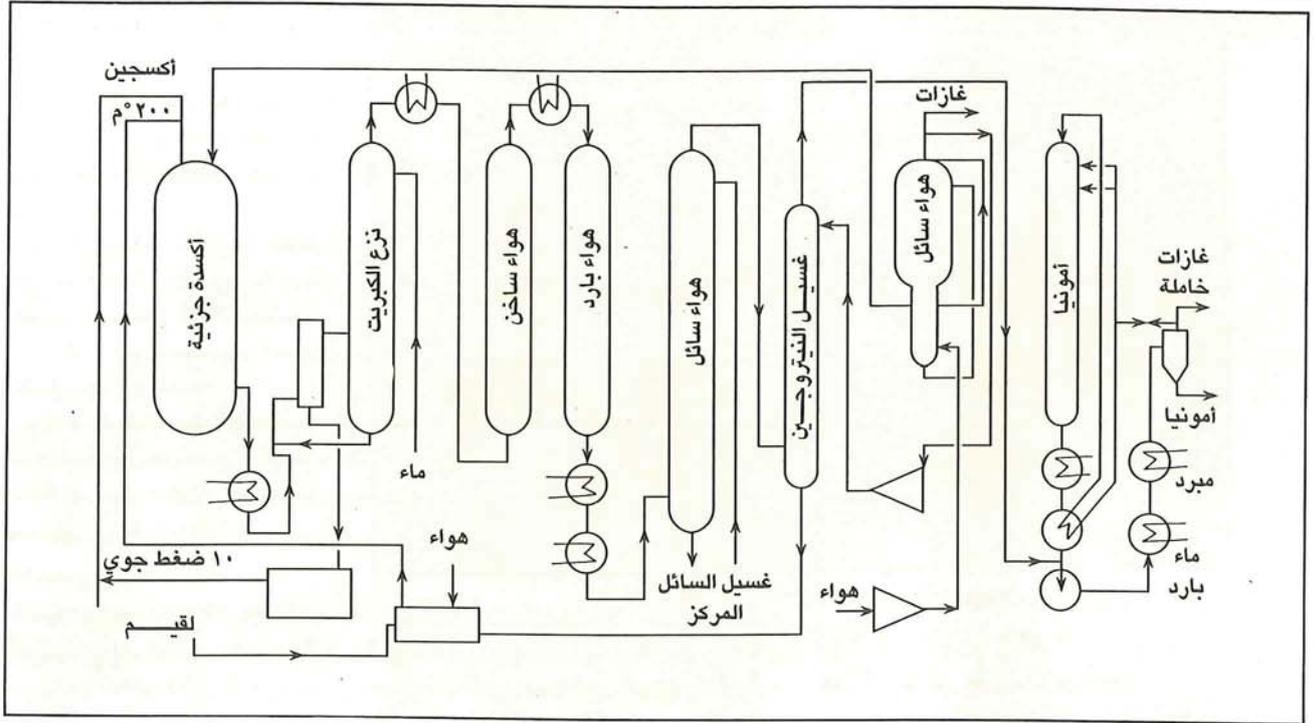
تأتي الأسمدة النيتروجينية الصناعية على أشكال عدة منها مايلي :-

● أسمدة أملاح الأمونيا : وتحتوي على نيتروجين بصورة أيون أمونيوم ومنها كبريتات الأمونيوم وكلوريد الأمونيوم وغيرها .

وتتميز هذه الأنواع من الأسمدة بقابليتها للذوبان في الماء ، كما أن أيون الأمونيوم يتأكسد بسرعة في التربة المتعادلة والنترات قليلة الحامضية إلى أيون النترات (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ، ويختلف تأثير هذه الأسمدة ، من خلال التأثير الحامضي ، على خواص التربة .

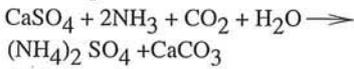
● أملاح نترات : ومنها نترات الكالسيوم ونترات الصوديوم وغيرها ، وهي قابلة للذوبان في الماء ، ويعتمد استخدامها على الأيون المرافق لأيون النترات وذلك مثل البوتاسيوم أو الكالسيوم أو الصوديوم أو الأمونيوم ، ويعد استخدام هذه الأسمدة غير مناسب لتسميد التربة المغمورة بالمياه أو تلك التي يكون مصدر الري فيها معتمداً على الأمطار وذلك لسهولة غسل أيون النترات .

● نترات - أمونيوم (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) : ومنها



● شكل (١) مراحل إنتاج الأمونيا من الغاز الطبيعي .

(ب) الطريقة نصف المباشرة : وذلك بتفاعل الأمونيا مع كبريتات الكالسيوم وثاني أكسيد الكربون ، وذلك حسب التفاعل التالي :-



وتتم العملية بإمرار الأمونيا في معلق من كبريتات الكالسيوم ، ومن ثم يمرر غاز ثاني أكسيد الكربون عند درجة حرارة ما بين ٢٠ - ٥٥°م تحت ضغط عال ، وبعد ذلك تفصل كربونات الكالسيوم الناتجة بمرشحات و ييخر المحلول على مرحلتين أو ثلاث مراحل ثم يفصل نهائياً في فراغات ويجفف عند درجة حرارة ١٠٠°م . ويبين الشكل (٣) مخططاً مبسطاً لتصنيع هذا السماد .

يتميز هذا السماد بأنه يزيد من حموضة التربة ، ولهذه الحموضة تأثير ملحوظ على تحلل الأحجار الكلسية الموجودة في التربة ، ولذلك يستخدم لتسميد التربة القاعدية أو المعتدلة ، أو يضاف إليه ماء الكلس عند تسميد التربة الحمضية .

### ● نترات الكالسيوم

تشكل نترات الكالسيوم ثلاثة أنواع من الهيدرات وهي :-  
 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  وتبلغ نسبة النيتروجين فيها ١١,٩٪ .  
 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  وتبلغ نسبة النيتروجين فيها ١٢,٩٪ .

يكتسب هذا السماد أهمية خاصة في أنه لا يغذي التربة فقط بعنصر النيتروجين بل بعنصر الكبريت أيضاً . وتتم صناعة هذا السماد بعدة طرق منها :-

(أ) الطريقة المباشرة : وذلك من تفاعل الأمونيا مع حامض الكبريت عند درجة حرارة ١٣٠°م ، وذلك حسب التفاعل التالي :-

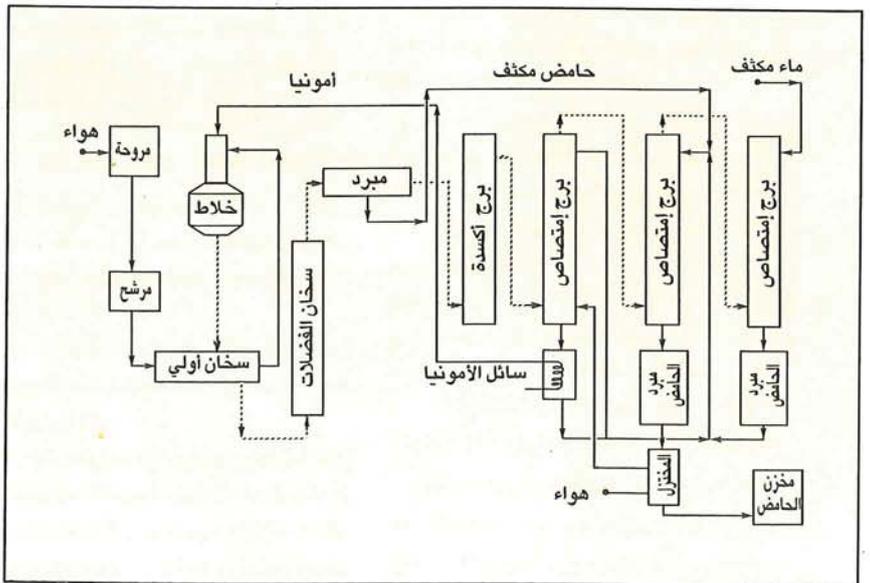


وتعد هذه الطريقة أكثر استخداماً من الطرق الأخرى .

البرج عن طريق الهواء الساخن فتتحول نترات الأمونيوم إلى حبيبات .

### ● كبريتات الأمونيوم

كبريتات الأمونيوم  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$  عبارة عن بلورات صلبة شفافة تحتوي ٢١٪ من النيتروجين ، تبلغ كثافتها ١,٧٧ غ/سم<sup>٣</sup> ودرجة انصهارها ١١٣°م ، وتتفكك عند درجة حرارة ٣٥٠°م مطلقاً الأمونيا ومتحولة إلى كبريتات الأمونيوم الحامضية .



● شكل (٢) مخطط إنتاج حامض النيتريك بأكسدة الأمونيا .



## أنواع المبيدات

تستخدم أنواع كثيرة من المبيدات يمكن تصنيفها حسب مصدرها إلى نوعين أساسين هما :-

### ● مبيدات طبيعية

يتم الحصول على المبيدات الطبيعية من النباتات السامة ، وتستخدم لمقاومة الحشرات الضارة ، إلا إنه نظراً لقلّة كمية هذه النباتات وصعوبة توفرها فقد قل استخدامها .

ومن أهم أنواع النباتات المستخدمة كمبيدات طبيعية النيكوتين ، الروتينون ، البيرثروم .

### ● مبيدات صناعية

تقسم المبيدات الصناعية طبقاً لتركيبها الكيميائي إلى ثلاثة أقسام هي :-

\* لا عضوية : وهي مركبات كيميائية سامة تستخدم في القضاء على الحشرات بأنواعها المختلفة والقوارض والفطريات ، ومنها مركبات الزرنيخ مثل أخضرياريس ، زرنيخات الرصاص ، زرنيخات الكالسيوم ، ثلاثي أكسيد الزرنيخ ، مركبات الفلور مثل الكربوليت ، فلوروسليكات الصوديوم ، فلوروسليكات الباريوم ، فلوريد الصوديوم ، مركبات الفوسفور مثل فوسفيد الألمنيوم وفوسفيد الزنك ، ومركبات لاعضوية أخرى مثل كلوروات الصوديوم ، سلفامات الأمونيوم ، كبريتات وثيوسيانات الأمونيوم ، كبريتات ونترات النحاس .. وغيرها .

\* عضو معدنية : وهي مركبات عضوية مشتقة من المركبات الكيميائية اللاعضوية وتعد من أحدث مبيدات الحشائش ، ومنها خلات فينيل الزئبقيك ، أنسار ، أمحاض الفينوكسي ، بكلورام ، ألكان زرنيخات الكالسيوم وغيرها .

ومما يجدر ذكره أن مركبات الزئبق لم تعد تستخدم على نطاق واسع نظراً لسميتها .

\* عضوية : وتعد المبيدات المشتقة من المواد البتروكيميائية من أهم هذه المبيدات ، وسيتناول هذا المقال بشيء من التفصيل المبيدات ذات المصدر البتروكيميائي .

## المبيدات البتروكيميائية

أدى التقدم العلمي الكبير في مجالات العلوم الحيوية والكيميائية ، الصناعات

# مبيدات من البتروكيميائيات

## أ . عبد الله محمد عبد الرحمن

المبيدات هي مواد كيميائية طبيعية أو صناعية (لا عضوية ، عضو معدنية ، عضوية) ، تستخدم في القضاء على الآفات الحشرية ، الحشرات الضارة والناقلات للأمراض ، القوارض ، الفطريات ، كما تستخدم لوقاية النباتات من الإصابة بالأمراض قبل وبعد حدوثها . وتتكون المبيدات من مادة المبيد الفعّالة ، مذيبيات ، مواد لاصقة ، عوامل مبللة ، مواد جاذبة ، مواد إزالة الروائح ، عوامل تغطية وتثبيت ، مواد حاملة .

وتوجد المبيدات في صور مختلفة منها الجافة (مساحيق - حبيبات) ، السائلة (مستحلبات ، محاليل مائية ، محاليل زيتية) ، الطعوم ، المدخنات . وتستهمل بعدة طرق منها الرش على سيقان وأوراق النباتات وعلى الأرض والتعفير بالعفارات الأرضية وبالطائرات والخلط مع السماد أو الطعم .

بدأ اهتمام الإنسان بمكافحة الآفات الضارة على مر العصور لما تسببه هذه الآفات من نقل للأوبئة والأمراض ، ومن خسائر كبيرة للأشجار والمحاصيل الزراعية والحبوب المخزونة والأطعمة المحفوظة ، وما ينتج عن ذلك من نقص في الغذاء وحدوث المجاعات .. وغيرها من الأضرار الأخرى التي تهدد حياة الإنسان . ولذا استخدم الإنسان المبيدات سواء الطبيعية أو الصناعية في مكافحة هذه الآفات بأنواعها المختلفة .

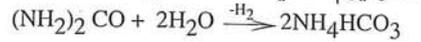
التصنيع « طريقة هابر » ، ويتم فيها تحويل جزء من الغاز الطبيعي إلى غاز أول أكسيد الكربون وهيدروجين . أما الجزء المتبقي فإنه يؤكسد بالهواء إلى غاز ثاني أكسيد الكربون وماء . وبالحصول على النيتروجين من الهواء تتم صناعة الأمونيا واليوريا .

تتميز اليوريا بأنها سريعة الذوبان في الماء ، وهي من الأسمدة الكيميائية المتعادلة ( الرقم الهيدروجيني لحلولها المائي يساوي ٧ ) ، وتتحلل بالتربة تحت الظروف الجوية مشكلة كربونات الأمونيوم وفقاً للتفاعل التالي :-

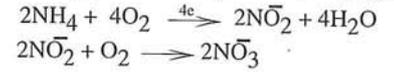


وتعتمد درجة التحلل على درجة حرارة التربة ونسبة الرطوبة فيها وطبيعتها الكيميائية ، فعلى سبيل المثال ، يستغرق تحلل اليوريا في الصيف ما بين يومين إلى ثلاثة ، وفي الشتاء من مابين خمسة إلى ستة أيام .

كما يمكن أن تتحول اليوريا بتأثير أنزيم اليوريز (Urease) إلى بيكربونات الأمونيوم كما في المعادلة التالية :-



وفي حالة وجود الأكسجين والبكتيريا النيتروجينية في التربة ، وعند ظروف معينة من الحرارة والرطوبة يتأكسد أيون الأمونيوم المنتج إلى أيون النتريت أولاً ، ثم إلى أيون النترات كما في المعادلات التالية :-

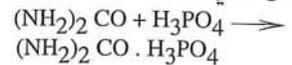


يستفيد النبات من أيونات النترات في تركيب البروتينات ، ومن الظروف المناسبة لهذه العملية أن تكون نسبة الرطوبة حوالي ٢٧٪ ودرجة الحرارة ٢٨°م ، وأن يكون وسط التربة متعادلاً أو قاعدياً .

يتم التقليل من النيتروجين الذي تفقده اليوريا بإضافة أسمدة نيتروجينية مغلقة يمكن بواسطتها تحرير النيتروجين منها ببطء ، ويتم التغليف بالكبريت والشمع للتقليل من نشاط الكائنات الحية الدقيقة التي تعمل في تحليل السماد .

### ● فوسفات اليوريا

يحتوي هذا النوع من السماد على ١٧,٧٪ نيتروجين و ١٩,٦٪ فسفور . ويتم تحضيره من اليوريا مع حامض الفوسفور كما في التفاعل التالي :-



المبيد	التركيب الكيميائي	الإستخدامات
د . د . ت		حشري عام
سداسي كلورو البنزين		الحشرات ، الفطريات
ديكوفول		الحشرات ( السوس ، القمل ، القراد )
ميثوكسي كلور		حشري عام
بيرثان		حشري عام
د . ف . د . ت		حشري عام ولا يستخدم في المجالات الزراعية نظراً لسميته على النباتات

● جدول (١) أهم المبيدات الكلورية وتركيبها الكيميائي وإستخداماتها .

المبيد	التركيب الكيميائي	الإستخدامات
كلوردان		النمل ، الصراصير .
آلدرين		حشرات التربة ، القمل ، معالجة البذور .
دايلدرين		القوارض ( فتران الحقل ) .

● جدول (٢) أهم مبيدات الـدايئينات الكلورية وتركيبها الكيميائي وإستخداماتها .

البتروكيميائية إلى تصنيع مواد كيميائية سامة تم استخدامها كمبيدات حشرية (Insecticides) ، عشبية (Herbicides) ، فطرية (Fungicides) ، بكتيرية (Bactericides) ، مبيدات قوارض (Rodenticides) .

وتقسم المبيدات البتروكيميائية إلى مجموعات كيميائية متعددة طبقاً لعدة عوامل منها الهدف من استخدامها ، كيفية تأثيرها ، طرق امتصاصها وانتقالها داخل النبات والحيوان ، تأثيرها على الانسان والبيئة ، ومن أهم مجموعات المبيدات البتروكيميائية ما يلي :-

### ● الكلورية

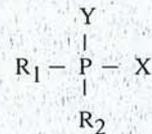
تعد المبيدات الكلورية العضوية من أقدم وأهم المبيدات الحشرية إذ تم تحضير أول مبيد حشري منها ( د . د . ت ) عام ١٨٧٤ وعرفت خواصه المبيدة عام ١٩٣٩ ، ومنذ ذلك الحين بدأ اكتشاف المبيدات الكلورية العضوية على نطاق واسع . وتستخدم هذه المبيدات في القضاء على الحشرات المنزلية والزراعية . ويوضح الجدول (١) أهم أنواعها وتركيبها الكيميائي وأهم إستخداماتها .

### ● الـدايئينات الكلورية الحلقية

الدايئينات الكلورية الحلقية عبارة عن مركبات هيدروكربونية حلقية متعددة الكلورة يتم تحضيرها بتفاعل ديلز - ألدلر مع سداسي كلورو حلقي بنتادايين (دايئوفيل) لتشكيل مركبات إضافة بدايئينات متنوعة . ويوضح الجدول (٢) أهم أنواع مبيدات الـدايئينات الكلورية الحلقية وتركيبها الكيميائي ومجالات إستخداماتها .

### ● الفوسفورية

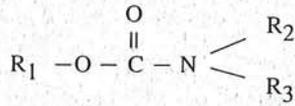
تستخدم المبيدات الفوسفورية بصفة أساس كـمبيدات حشرية ، وتتميز بتأثيرها القاتل للعناكب والمن والذباب والصراصير وغيرها ، والصيغة الكيميائية لها هي:



حيث تمثل  $R_1$  ،  $R_2$  ألكيلات أو الكوكسيدات أو ثيو ألكيلات أو أمينو الكيل ، ( X ) كبريت أو أكسجين ، ( Y ) مجموعة غير مستقرة مسؤولة عن الفعاليات الحيوية للمبيد حيث تنفصل عن جزيئته وترتبط بالإنزيمات كأنزيم الإستراز

الكاربامات

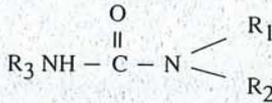
تأتي مبيدات الكاربامات في المرتبة الثالثة - بعد المركبات الكلورية والفوسفورية - من المبيدات الحشرية العضوية الصناعية وهي ذات صيغة كيميائية:



حيث تمثل  $R_1$ ،  $R_2$ ،  $R_3$  فينيل أو نفتيل، مجموعة ميثيل، هيدروجين أو ميثيل على التوالي، وتستخدم مبيدات الكاربامات على نطاق واسع لحشرات التربة والمحاصيل والفاكهة. ويوضح الجدول (٤) أهم أنواع مبيدات الكاربامات وتركيبها الكيميائي وأهم استخداماتها.

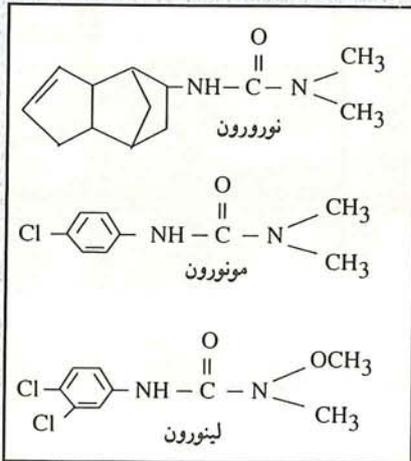
اليوريا

تعد مبيدات اليوريا من أهم المبيدات العشبية، والصيغة الكيميائية العامة لها هي:



حيث تمثل  $R_1$ ،  $R_2$ ،  $R_3$  ألكيل أو الكوكسيد، الكيل، أريل أو حلقات غير متجانسة على التوالي.

ويوضح الشكل التالي أهم مبيدات اليوريا المستخدمة كمبيدات أعشاب.



ثنائي نترو الفينول

يعد ملح البوتاسيوم ل-٤، ٦ - ثنائي نترو - ٢ - ميثيل الفينول أول مبيد حشري صناعي، وقد تم تحضيره واستخدامه عام ١٨٩٢. وتستخدم مبيدات ثنائي نترو الفينول بصفة أساس كمبيدات حشرية

وخاصة الكولين إستراز الموجود في مركز الجهاز العصبي. ويوضح الجدول (٣) أهم أنواع المبيدات الفوسفورية، تركيبها الكيميائي وأهم استخداماتها.

المبيد	التركيب الكيميائي	الإستخدامات
سلفوتيب	$(C_2H_5 - O)_2 P(=S) - O - P(=S)(OC_2H_5)_2$	الحشرات والطحالب الضارة.
دايميفوكسي	$[ (CH_3)_2N ]_2 P(=O)F$	حشرات المن والعت.
ثنائي كلورفوس	$(CH_3O)_2 P(=O)CH = CCl_2$	للذباب والبعوض.
ثلاثي كلورفون	$(CH_3O)_2 P(=O)CH(OH)CCl_3$	حشرات أوراق النبات، طعم السكر الجاف للذباب.
بروبيتامفوس	$CH_3O - P(=O)(C_2H_5NH) - CH(=O) - COCH(CH_3)_2$	حشرات المنازل كالذباب والصراصير، حشرات القطن.
مينايسيتوكس S	$(CH_3O)_2 P(=O)S - CH(CH_3)CH_2SC_2H_5$	معالجة التربة وبذور نباتات الزينة والمحاصيل الحام.
تيريوفوس	$(C_2H_5O)_2 P(=S)SCH_2SC(CH_3)_2$	القضاء على ديدان جذور الذرة، معالجة التربة.
مالاتيون	$(CH_3O)_2 P(=S)SCH_2COCH_2COCH_2C(=O)OCH_3$	حشرات المنازل، الحداثق المنزلية، الفواكه، الخضار.
فينثيون	$(CH_3O)_2 P(=S)O - C_6H_4 - S(CH_3)_2$	يرقات البعوض، حشرات الطيور.
ديازينون	$(CH_3)_2CH - N_2C_5H_3N - S(=O)OP(OC_2H_5)_2$	التربة والحشرات الزراعية.
ميثاميدوفوس	$CH_3O - P(=O)(CH_3S)NH_2$	حشرات القطن، البطاطا، الخضار.

● جدول (٣) أهم المبيدات الفوسفورية وتركيبها الكيميائي وأهم استخداماتها.

مخففة وترش على النباتات ، وإما بخلطها مع الأسمدة ووضعها في التربة .

✳️ **مساحيق مشتقة** : وتتكون من المواد الفعّالة (١٥٪ إلى ٩٥٪) مضافاً إليها مادة حاملة مثل مسحوق الأثابولغيت وهي مادة لها خاصية التعلق ( Suspended Material ) ، إضافة إلى ١ - ٢٪ مادة نشطة سطحياً لزيادة تعلق وترطيب المادة الحاملة .

✳️ **محبجات** : وتحتوي على نسبة من المادة الفعّالة تتراوح من ١٪ إلى ٢٥٪ مضافاً إليها مادة حاملة مثل الصلصال الماص أو معدن البنتونيت ( Bentonite Mineral ) أو خبيبات ناعمة من مواد عضوية ، وتستعمل المبيدات المحببة إما بوضعها في التربة أو بنثرها فوق النباتات .

### ● سائلة

تقسم مستحضرات المبيدات السائلة إلى أربعة أنواع هي :-

✳️ **مستحلبات** : وتتكون من مادة فعّالة (١٥٪ إلى ٥٠٪) مذابة في مذيبات عطرية أو أليفاتية غير قابلة للامتزاج بالماء مثل الكيروسين والزيالين وخلات الأميل ، مضافاً إليها كمية قليلة من مادة نشطة سطحياً لتنشيط الاستحلاب وانتشار المادة الفعّالة في المذيب .

وتستعمل المبيدات المستحلبة بكثرة لكفاءتها الاحيائية العالية ولالتصاقها بالنباتات بدرجة كبيرة مما يقلل من إمكانية فقد المذيب .

✳️ **مركّزات مائية** : وهي محاليل لمادة فعّالة مذابة في الماء بنسبة مرتفعة وتستعمل رشاً على النباتات .

✳️ **محاليل زيتية** : وهي محاليل مخففة (١٪ إلى ٥٪) لمبيدات مذابة في مذيب اليفاتي مثل الكيروسين ، وتستعمل - رشاً كرزاند - لمقاومة الحشرات المنزلية كالذباب والبعوض .

✳️ **مركّزات زيتية** : وهي محاليل لمبيدات عالية التركيز (١٠٪ إلى ٥٠٪) مذابة في مذيب ملائم وتستخدم في مقاومة الآفات المنزلية وبعض الأغراض الحقلية الأخرى .

### ● مستحضرات أخرى

تصنف المستحضرات الأخرى للمبيدات إلى نوعين وهما :-

✳️ **طعوم سامة** : وتتكون من مبيد فعّال يتم خلطه مع مادة غذائية تعمل على جذب الآفة المراد مكافحتها .

✳️ **مخدّخات** : وهي مبيدات تنتشر في صورة غازات لتقتل الآفات عند استنشاقها أو امتصاصها لها ، وتستخدم بصفة أساس في مكافحة النيما تودا وبعض الأمراض النباتية إلا أنها عالية السمية للحيوانات

المبيد	التركيب الكيميائي	الإستخدامات
بريميكارب		حشري عام
بيكلورام		الأعشاب
آلديكارب		الحشرات ، الديدان الطفيلية ، معالجة البذور والتربة .

● جدول (٤) أهم المبيدات الكرباماتية وتركيبها الكيميائي وأهم إستخداماتها .

البذور ويوضح الجدول (٥) أهم أنواع مبيدات هذه المجموعة وتركيبها وأهم إستخداماتها .

### مستحضرات المبيدات

تأتي المبيدات بأنواعها المختلفة في صورة مستحضرات تتباين فيما بينها من حيث التركيب وطريقة الاستعمال . ويمكن تصنيف مستحضرات المبيدات إلى ثلاثة مجموعات أساس هي :-

### ● جافة

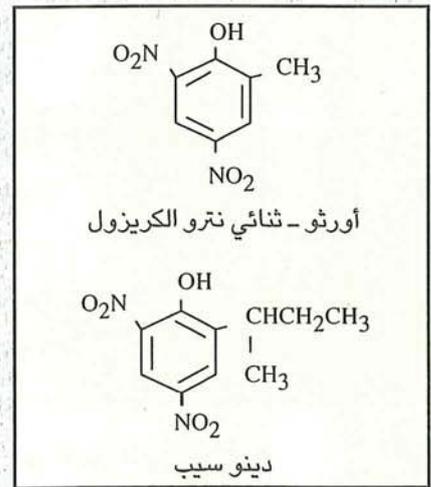
تشتمل مستحضرات المبيدات الجافة على أربعة أنواع هي :-

✳️ **بودرة** : وهي مسحوق يحتوى على نسبة منخفضة من المادة الفعّالة (١٪ إلى ١٠٪) ، وتحضر بطحن المبيد الصلب مع مادة حاملة مثل بودرة التالك ، الكبريت ، أكاسيد السيليكون ، الكلس ، المساحيق العضوية .. وغيرها . وتستعمل مبيدات البودرة تعفيراً بالعفرات الأرضية أو بالطائرات ، وتتميز بسهولة نقلها وعدم تسببها في حدوث حرائق أثناء استخدامها .

✳️ **مساحيق مركزة** : وهي مساحيق جافة تتراوح نسبة المادة الفعّالة فيها ما بين ١٠٪ إلى ٥٠٪ ، وتستخدم إما بتخفيفها بمادة

وعشبية وفطرية . ومن أهم هذه المبيدات نوعان هما :-

✳️ **أورثو - ثنائي نetro الكريزول** ويستخدم للقضاء على الحشرات والأعشاب الضارة .  
✳️ **دينوسيب** ويستخدم لمكافحة حشرات الفاكهة .  
ويوضح الشكل التالي التركيب الكيميائي لهذين المركبين .



### ● عضوية متنوعة

تستخدم مبيدات المركبات العضوية المتنوعة في القضاء على الحشرات والقوارض والفطريات . كما أنها تستخدم في معالجة

وتؤدي زيادة تركيز المبيدات في أنسجة النباتات النجيلية وفي المحاصيل الزراعية مثل الخضروات والفاكهة إلى انتقال هذه المبيدات إلى الإنسان الذي يتغذى على هذه المنتجات الحيوانية والزراعية، ومع استمرار الوقت يزداد تركيز المبيدات نظراً لتمييزها بخاصيتي التراكم وبطء التفكك، مؤدية إلى ظهور بعض الأمراض الخطيرة خاصة في الجهاز الهضمي للإنسان.

كما يؤدي استعمال المبيدات - دون رقابة شديدة عليها - إلى أضرار بالغة للنباتات والأشجار تؤثر على نشاطها الحيائي مما يؤدي إلى ضعف النباتات بل وموتها.

وتؤثر المبيدات - خاصة المبيدات العضوية الكلورية - على الأسماك والطيور اللتان تتميزان بحساسية شديدة للمبيدات.

وتشير الدراسات والبحوث العلمية إلى أن تركيز مبيد ال د.د.ت بنسبة ٠.٠٥ جم/ لتر يؤدي إلى موت ٩٠٪ من يرقات الحمار، كما أن مبيد الألدرين هو المتسبب في قتل ملايين الأسماك في خليج المكسيك ونهر الأمازون. إضافة إلى ذلك أثبتت الدراسات أن المبيدات تؤثر على دهون الطيور ومراكزها العصبية وعدم نمو أجنحتها، تؤثر المبيدات أيضاً على الحشرات النافعة مثل الحشرات الطفيلية والنحل.

وقد لوحظ أن رش المبيدات الكلورية العضوية على أشجار الفاكهة يؤدي إلى قتل بعض الحشرات النافعة. كما أن رش المبيدات على الأشجار والنباتات عند إزهارها يؤدي غالباً إلى موت النحل عند تغذيته على حبوب أو غبار الطلع الملوث بهذه المبيدات مؤدياً إلى نقص إنتاج عسل النحل وارتفاع ثمنه.

ولا يقف تأثير المبيدات عند هذا الحد بل يمتد إلى التربة ويلوثها، ويرجع ذلك إما نتيجة لتساقط محاليل المبيدات عليها أثناء رشها على الأشجار والنباتات أو عند معاملتها مباشرة بالمبيدات، ويتفكك بعض هذه المبيدات - بعد وصولها للتربة - إلى مركبات كيميائية غير ضارة بينما يبقى البعض الآخر دون تفكك ومحفوظاً بسميته مثل ال د.د.ت والألدرين.. وغيرها.

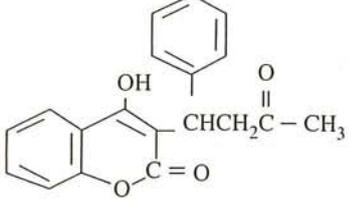
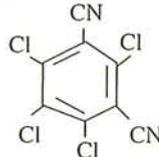
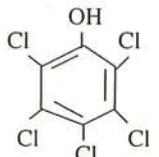
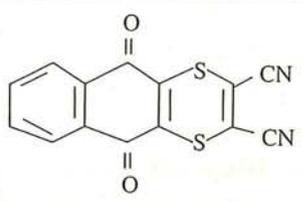
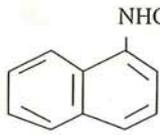
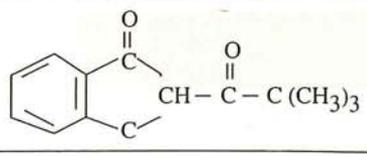
ويتوقف بقاء المبيد في التربة على عدة عوامل من أهمها نوع المبيد، درجة تركيزه، نوع التربة، درجة تهويتها.

وحيواناته من الأمراض والأوبئة، إلا إنها تسبب له العديد من المشكلات عند تصنيعها أو استعمالها، ومن أهم هذه المشكلات التسممات المختلفة، أمراض الكبد، التأثيرات العصبية، السرطان.. وغيرها من التأثيرات الضارة الأخرى.

وقابلة للاشتعال لذا يجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة عند التعامل معها أو استخدامها.

### الآثار البيئية للمبيدات

يقدر ما تلعب المبيدات دور هاماً في رفاهية الإنسان إذ إنها تحمي محاصيله

المبيد	التركيب الكيميائي	الاستخدامات
ثيرام	$\begin{array}{c} \text{S} \qquad \qquad \text{S} \\ \parallel \qquad \qquad \parallel \\ (\text{CH}_3)_2\text{N} - \text{C} - \text{S} - \text{S} - \text{C} - \text{N}(\text{CH}_3)_2 \end{array}$	فطريات التربة، الفاكهة، المحاصيل الزراعية، النباتات.
وارفارين		القوارض.
كلورونالونيل		الفطريات الزراعية.
ب.س.ب		الفطريات والحشائش وكبادة حافظات للخشب.
دايثانولون		فطريات أوراق وثمار وأشجار الفاكهة.
أنسو	$\text{NHCSNH}_2$ 	القوارض.
بيندون		القوارض.
فتين	$(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{SnOCOCH}_3$	الفطريات (أمراض البطاطا - تبقع أوراق قصب السكر).

● جدول (٥) أهم المبيدات العضوية المتنوعة وتركيبها الكيميائي وأهم إستخداماتها.

من فصل مادة البنيسللين (Penicillin) ، ثم توالت بعد ذلك الاكتشافات حيث تم اكتشاف الاستربتوتريسين (Streptothricin) عام ١٩٤٢م والاستربتومييسين (Streptomycin) عام ١٩٤٣م ، تلا ذلك اكتشاف النيومييسين (Neumycin) عام ١٩٤٩م .

وفي عام ١٩٥٩م أنتجت معامل بيشام (Beecham Labs) مضاداً حيوياً يعرف باسم ٦-أمينوحامض بنسيلانيك (6-AminoPenicillanic Acid - 6APA) من فطر بنسيلوم كريزوجينوم (*Penicillium Chrysogenum*) ، وقد ساعد هذا الاكتشاف على انطلاق عمليات التشييد الجزئي للبنيسلليينات (Semisynthetic Penicillins) التي تتميز منتجاتها - في بعض الاحيان - عن المنتجات الطبيعية . ورغم ذلك تمثل المصادر الطبيعية المصدر الرئيس للمضادات الحيوية إذ تصل نسبتها إلى حوالي ٧٠٪ تنتج معظمها بواسطة الأحياء الدقيقة .

ونظراً لأن معظم المضادات الحيوية المنتجة طبيعياً لا يستخدم اليوم كعقاقير بحالتها الطبيعية بسبب اكتشاف بعض الأضرار الجانبية الناتجة عن استعمالها فقد خضعت المضادات المذكورة لتحورات كيميائية مختلفة كوسيلة لزيادة فاعليتها وتقليل أخطارها ، ومن أمثلة ذلك هناك الكثير من المضادات الحيوية المنتجة طبيعياً لها تأثير سلبي على الكلى (Nephrotoxic) و الكبد (Hepatotoxic) . وقد دفع هذا الأمر إلى ولوج طريقة التشييد الكيميائي لمثيلات هذه المضادات مع إدخال بعض التحورات كمحاولة لتقليل أضرارها ، مما أهل استخدام كثير من المواد البتروكيميائية في عمليات التشييد الكيميائي للمضادات الحيوية . ويوضح الجدول (١) أمثلة لبعض المضادات الحيوية التي يدخل في تشييدها مواد بتروكيميائية وفعاليتها الدوائية .

### المنومات والمهدئات

تستخدم المنومات والمهدئات (Hepnotics & Sedatives) - بسبب تأثيرها المثبط للجهاز العصبي المركزي - في حالات القلق والأرق والانفعالات الزمنية والتشنجات وارتفاع ضغط الدم وعلاج الامان والتخدير الموضعي . ويعتمد الفرق



## المستحضرات الطبية من البتروكيميائيات

د. محمد أحمد الشوانبي

تلعب البتروكيميائيات دوراً هاماً في مستلزمات الحياة العصرية ، بل أصبحت لاغنى عنها في كثير من مجالات التقنية الحديثة مثل الاتصالات ، الفضاء ، وسائل النقل ، البناء ، الزراعة والاعذية ، الطب وغيرها .

وقد اتضح من البحث أن المواد البتروكيميائية هي الاختيار المطلوب في عالمنا المعاصر ، إذ لا يكاد مستحضر طبي يخلو من مركب بتروكيميائي سواء أكان ذلك المركب اليقاتياً أو عطرياً أو كليهما . ومن أهم المستحضرات الطبية التي تدخل في تشييدها المركبات البتروكيميائية - كلياً أو جزئياً - مايلي :

### المضادات الحيوية

عرفت المضادات الحيوية أول الأمر عندما أشار باستير وجوبيرت (Pasteur & Joubert) عام ١٨٧٧م . إلى أن السائل الناتج من مزرعة بكتيرية أوقف نمو بكتيريا باسيلس انثراكس (*Bacillus Anthracis*) ، وفي عام ١٩٢٩م تمكن العالم فليمنج (Fleming) من اكتشاف التأثير المثبط لبكتيريا المكور العنقودي (*Staphylococci*) بواسطة فطر بنسيلوم نوتاتم (*Penicillium Nutatum*) ، وفي عام ١٩٢٩م تمكن العالمان فلوري وتشان (Florey & Chain)

وفي المجال الطبي - الذي نحن الآن بصدده - أضحي استخدام البتروكيميائيات بديلاً لبعض - بل لكثير - المواد المستخدمة في صناعة الدواء والمستحضرات الطبية الأخرى ، بل إن هناك من المستلزمات الطبية ما يعتمد بشكل رئيس على المواد البتروكيميائية مثل أجهزة المحاليل التعويضية والعبوات الدوائية والكواشف اللازمة للحاليل الطبية .

ورغم أن البداية لصناعة الدواء لم تأخذ في الحسبان - أول الأمر - المواد البتروكيميائية بل اعتمدت على المواد المشيدة بواسطة الكائنات الدقيقة والمواد الموجودة في النباتات الطبية والعطرية ، إلا إن تطور الصناعة في هذا المجال حتم الاستفادة من المواد البتروكيميائية في تشييد كثير من المواد الصيدلانية ، ويرجع السبب في ذلك إلى أن معرفة التركيب الكيميائي لكثير من المركبات الطبيعية الفعالة قد أدى إلى البحث عن مواد أولية أقل كلفة وأكثر كفاءة في إنتاج كميات كبيرة من تلك المركبات .

## مستحضرات طبية

الفعالية	المصدر البتروكيميائي	التركيب الكيميائي	المضاد الحيوي
			١- بنيسيلينات
ضد البكتيريا موجبة الجرام.	فينيل حامض الخل		(أ) بنيسيلين ج (Benzyl Penicillin)
واسع المدى ضد البكتيريا موجبة الجرام ، مقاوم للعصارة المعدية .	فينول		(ب) فينوكسي ميثيل بنيسيلين (Phenoxymethyl Penicillin)
واسع المدى ضد البكتيريا سالبة الجرام لوجود مجموعة الأمين (-NH <sub>2</sub> ) .	فينيل حامض الخل		(ج) أميسيلين (Penbritin, Omnipen)
واسع المدى ضد البكتيريا سالبة الجرام وموجبة الجرام .	فينيل حامض الخل		(د) أموكسيسيلين (Alimoxil)
واسع المدى ضد البكتيريا سالبة الجرام وموجبة الجرام ومقاوم لتأثير الأحماض .	هكسان حلقي		(هـ) سيكلاسيلين (Cyclacillin)
ضد البكتيريا من نوع E.Coli	حامض الخل		٢- نيترا مينو حامض الخل (Nitraminoacetic acid)
ضد بكتيريا التسمم الغذائي (السالمونيلا)	بنزين		٣- ليفو ميسيتين (Levomycetin)
ضد الفطريات	بنزين		٤- كلوتريمازول (Clotrimazol)
ضد البكتيريا سالبة وموجبة الجرام وبكتيريا التيفويد والسالمونيلا	بنزين		٥- كلورامفينيكول (Chloramphenicol)
ضد بعض أنواع البكتيريا المسببة للأمراض	تولووين		٦- سبنيولوسين (Spinulosin)

● جدول (١) التركيب الكيميائي ، المصدر البتروكيميائي والفعالية لبعض المضادات الحيوية .

## مستحضرات طبية

الطبيعية مثل زيت الكافور وعصارة الصبار وغيرها ، غير أن ازدياد السكان وتضاعف المرضى بهذه الأمراض قاد إلى ولوج ميدان التشييد الكيميائي كأحد المصادر في تشييد هذه الأدوية. وتعد المواد المشيدة من حامض السالسليك والفينول (من المواد البتروكيميائية) من أهم أدوية المسكنات ، شكل (٣) .

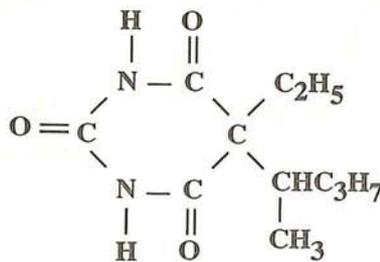
### منبهات الجهاز العصبي

تستخدم منبهات الجهاز العصبي المركزي (Central Nervous System Stimulants) في الحالات التي تصيب الجهاز العصبي المركزي بالتوقف أو الخمول مثل حالات التسمم بالمواد (جرعة عالية) ، التسمم بأول وثاني أكسيد الكربون ، التعرض للصدمة الكهربائية ، هبوط التنفس بسبب الإصابة الرئوية .

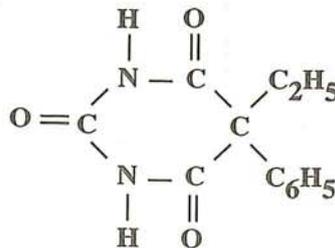
يمكن تشييد هذه العقاقير من مركبات بتروكيميائية ، ومن أمثلة ذلك يستخدم فينيل البروبان للحصول على فينيل الانين في تشييد عقار أمفيتامين وميتامفيتامين وكذلك عقار فينيل بروبانول أمين ، شكل (٤) .

### مضادات الهستامين

يمكن استخدام مضادات الهستامين (Antihistaminics) في علاج الحساسية ، كما تفيد في حالات الارق والشلل الرعاشي ، ومضادات للقيء الناتج عن دوار البحر ، وتنتمي مضادات الهستامين ، شكل (٥) ، إلى مجموعات الإيثانول أمين وثنائي إيثانول أمين والكيل الأمينات والبرازينيات



بنتوباربيتال  
(Nembutal)



فينوباربيتال  
(Luminal)

● شكل (٢) الصيغ الكيميائية لبعض مضادات التشنج ذات المصدر البتروكيميائي .

(Ethinamate) المشيد من الهكسان الحلقي ، شكل (١) .

### مضادات التشنجات

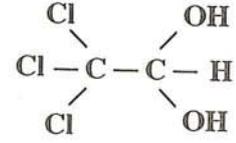
مضادات التشنجات (Anticonvulsants) مركبات لها تأثير معين ومحدد على الجهاز العصبي المركزي وتستخدم لتثبيت النوبات الصرعية التي أشارت بعض الإحصائيات إلى أن معدل الذين يعانون من هذه النوبات يصل إلى ١٪ من سكان العالم .

وإضافة للمصادر الطبيعية يمكن تشييد مضادات التشنجات من مصادر بتروكيميائية ، ومن أمثلة ذلك يستخدم البنزين والإيثان في تشييد الفينوباربيتال ، والبنتان والإيثان في تشييد البنتوباربيتال ، شكل (٢) .

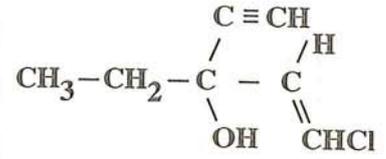
ولا تخلو مضادات التشنجات من السمية والمضار التي يجب أن تؤخذ في الحسبان نظراً لأن مستخدميه قد يستمرون عليها فترات طويلة قد تصل إلى طيلة فترة حياتهم .

### المسكنات

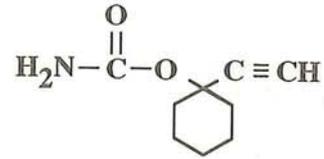
يقصد بالمسكنات (Analgesics) الأدوية المستخدمة في خفض حدة الآلام وخفض حرارة الجسم (Antipyretics) ومضادات الروماتيزم (Antirheumatics) ، وهي مجموعة من العقاقير المستخدمة في علاج الصداع والتهابات النسيج الضام (Connective Tissue) مثل الالتهابات الروماتيزمية ، الحمى الروماتيزمية ، الالتهابات العظمية . كانت البداية الأولية في صناعة المسكنات تعتمد بصفة أساس على النباتات



كلورال هيدرات



إيثوكورفاينول



إيثينامات

● شكل (١) الصيغ الكيميائية لبعض المنومات والمهدئات ذات المصدر البتروكيميائي .

بين المهدىء والمنوم على حجم الجرعة ، فالجرعة العالية لها تأثير منوم ، بينما يكون تأثير الجرعة المنخفضة (الصغيرة) كمهدىء ، وهذا يعتمد بشكل رئيس على المجموعة التي ينتمي إليها العقار .

وقد أصبح استعمال أدوية المنومات والمهدئات شائعاً في عالم اليوم ، إذ توضح الإحصائيات الأمريكية أن متوسط استهلاك الفرد الأمريكي يبلغ حوالي ٢٣ قرصاً في العام ، مما يعكس أهمية هذه العقاقير وضرورة توسيع مصادرها بدلاً من الاكتفاء بمصادرها الطبيعية من النباتات الطبية . وتعد المواد البتروكيميائية أحد مصادر التشييد الكيميائي لهذه العقاقير إذ أشارت البحوث إلى إمكان تشييد مواد ذات مصدر بتروكيميائي لها تأثير منوم ومهدىء مماثل لعقاقير مستخرجة من مصدر نباتي .

ومن أمثلة المنومات والمهدئات ذات المصدر البتروكيميائي كل من مركب إيثوكورفاينول (Ethchlorvynol) المشيد من البنتان ، والكلورال هيدرات (Chloralhydrates) المشتق من الاسيتالدهيد ، والإيثينامات

## مستحضرات طبية

المواد البتروكيميائية التي تشيد منها بعض هذه العقاقير ، شكل (٦) .

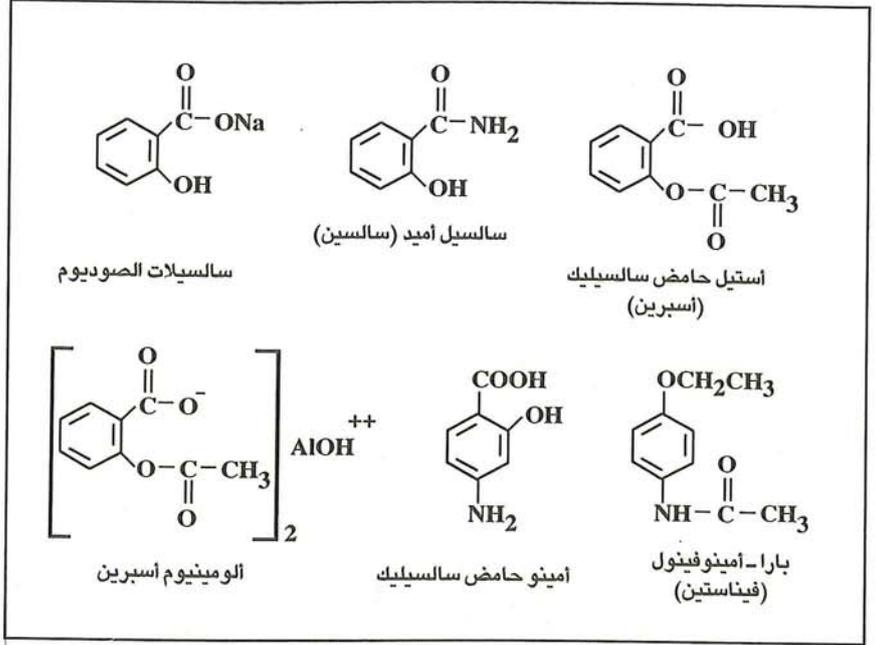
### طارادات الديدان

طاردات الديدان (Anthelmintics) عقاقير تستخدم لمقاومة الديدان أو علاج الأمراض الناجمة عن الإصابة بها ، وذلك عن طريق تدمير الدودة نفسها أو طردها من المريض .

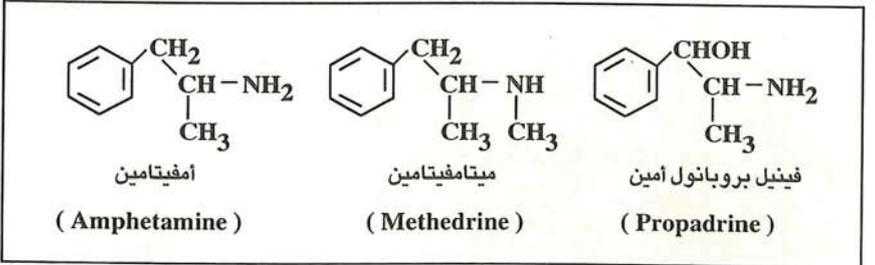
تمثل الديدان المعوية معظم الديدان المتطفلة المنتشرة على نطاق دولي . ورغم أن هناك عقاقير طاردة للديدان ذات مصدر نباتي إلا أن هناك الكثير منها يمكن تشييده كيميائياً من المواد البتروكيميائية ، جدول (٢) .

### مدرّات البول

مدرّات البول (Diuretics) عقاقير تستخدم لزيادة حجم البول ، وتساعد على خروج الأيونات التي توجد في السائل الخارجي للخلايا مثل أيونات الصوديوم (Na<sup>+</sup>) والكلوريد (Cl<sup>-</sup>) والبيكربونات (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ، كما أنها تعمل على تقليل إعادة الامتصاص الأيوني . وتستخدم مدرات البول لعلاج التورمات (Edema) وفي



● شكل (٣) الصيغ الكيميائية لبعض المسكنات ذات المصدر البتروكيميائي .

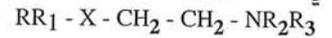


● شكل (٤) الصيغ الكيميائية لبعض منبهات الجهاز العصبي المركزي ذات المصدر البتروكيميائي .

الفعالية	المصدر البتروكيميائي	التركيب الكيميائي	الإسم
ضد النيماتودا (انكلوستوما)	إيثيلين	$Cl_2C = CCl_2$	تتراكلوروايثيلين (Tetrachloroethylene)
ضد الإسكارس	ريزورسينول		هكسيل ريزورسينول (4-Hexylresorcinol)
ضد الإسكارس الانتيروبس	إيثيلين		بيرازين (Piperazine)
الديدان الشريطية تينيا سوليم وتينيا ساجيناتا	حامض بنزويك فينول بارا نيتروإيثيلين		نيكلوزاميد (Yomesan)

● جدول (٢) العقاقير الطاردة للديدان ، تركيبها الكيميائي ، مصدرها ، فعاليتها .

وهي ذات صيغة عامة :



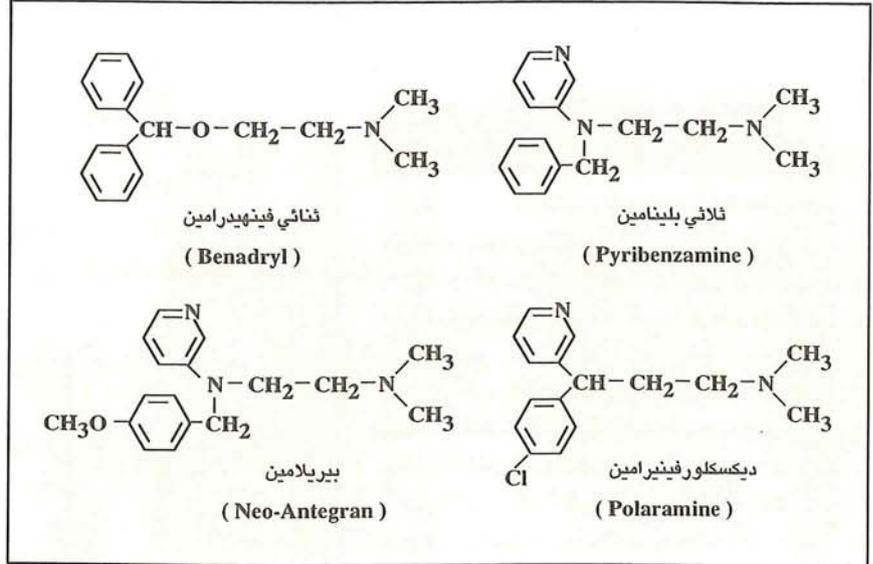
إذ تختلف (X) حسب نوع العقار فهي قد تكون (N) أو (C) أو (O) . وتشكل المجموعات التي تحتوي على (N) مجموعة مهدئات أكثر فاعلية وأكثر سمية ، أما المجموعات التي تحوي (C) أو (O) فلها سمية وفاعلية أقل .

### أدوية التخدير الموضعي

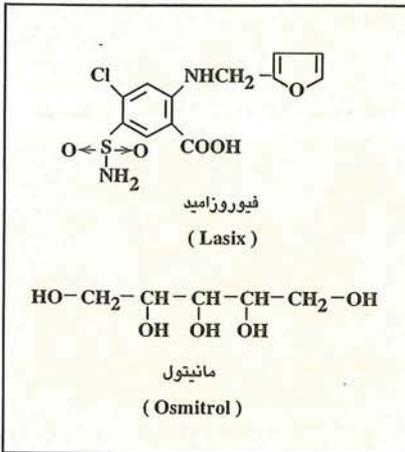
أدوية التخدير الموضعي (Local Anesthetic Drugs) مركبات تقوم بقطع الطريق أمام توصيل الاشارات الحسية خلال الألياف العصبية إلى الجهاز العصبي ، حيث تستخدم للقضاء على الإحساس بالألم في مواضع ومساحات محدودة من الجسم مثل الجلد أو العضلات . وتستخدم هذه العقاقير بنطاق واسع في جراحة الأسنان والجراحات الصغيرة وطب العيون ، ويعد حامض البنزويك من أهم

## مستحضرات طبية

وتستخدم المواد البتروكيميائية في التشبيد الكيميائي للفيتامينات مثل فيتامين أ وفيتامين ب-6 والنياسين والبيرودوكسين . كذلك تعد البوليمرات المشتقة من مصادر بتروكيميائية ذات استخدامات عديدة في المجال الطبي ، ومن هذه البوليمرات يستخدم البولي إيثيلين جلايكول كمذيب خامل في كثير من الأشكال الصيدلانية للأدوية ومستحضرات التجميل . كما أن مادة بولي كلوريد الفينيل (PVC) يمكن استخدامها في صناعة أجهزة وعبوات المحاليل التعويضية والدم . وفي مجال طب الأسنان يمكن استخدام بعض المواد البتروكيميائية المتبلمرة في عمل قوالب وأسنان صناعية .



● شكل (٥) الصيغ الكيميائية لبعض مضادات الهستامين ذات المصدر البتروكيميائي .

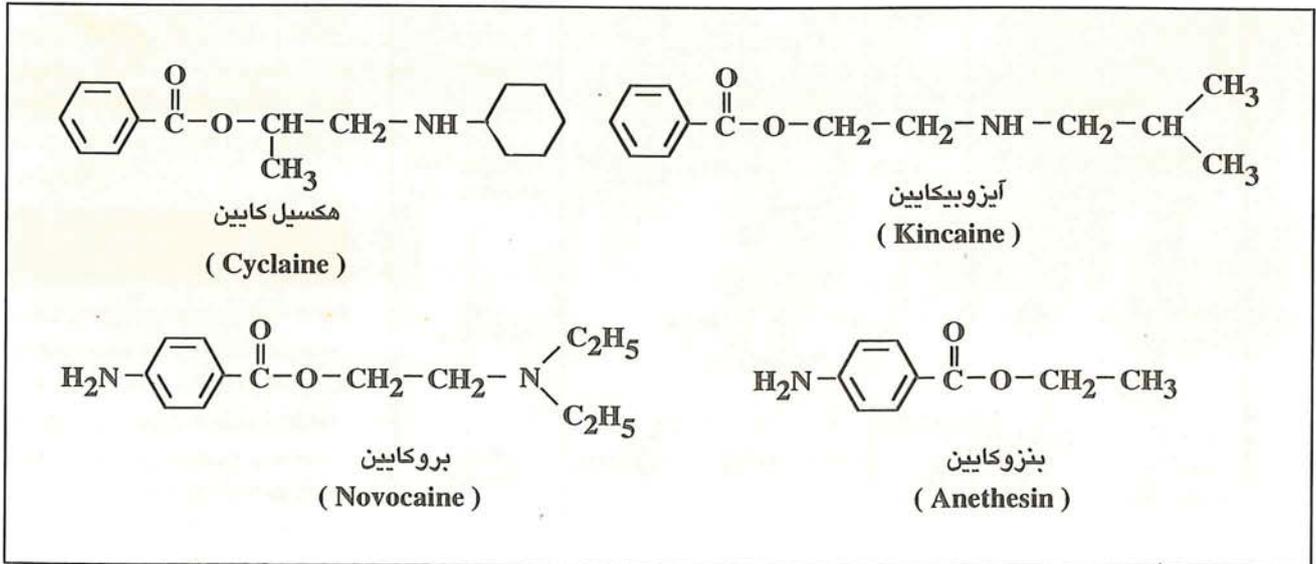


● شكل (٧) الصيغ الكيميائية لبعض مدرات البول ذات المصدر البتروكيميائي .

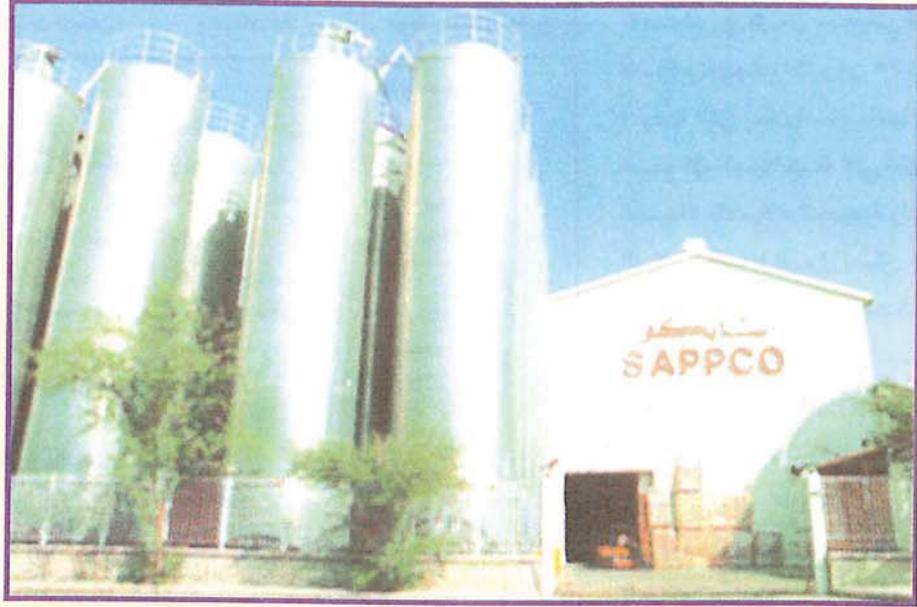
## مستحضرات أخرى

بالإضافة لما تم ذكره تلعب المواد البتروكيميائية دوراً هاماً في تشبيد كثير من المستحضرات الطبية . ومن أمثلة ذلك تدخل المواد البتروكيميائية في صناعة المطهرات ومضادات الفطريات حيث يستخدم كل من الكحول الإيثيلي والأيزوبروبيلي والفورمالدهيد والفينول وحامض البنزويك كمطهرات ، أما مضادات الفطريات فيدخل في صناعتها كل من حامض البنزويك وحامض الساليسليك والإيثيلين والجلسرين وحامض الخل .

مصاحبة علاج ارتفاع ضغط الدم . وتنقسم مدرات البول إلى عدة مجموعات كيميائية منها الإستيرويدات (Steroids) والثيازيدات (Thiazides) والترايازينات (S-Triazines) والبيرازينات (Pyrazines) والسلفوناميدات (Sulfonamides) ومركبات أخرى مثل كلوريد الأمونيوم ونترات الأمونيوم والمانيتول واليوريا ، ويوضح الشكل (٧) التركيب الكيميائي لبعض مدرات البول ذات المصدر البتروكيميائي .



● شكل (٦) الصيغ الكيميائية لبعض أدوية التخدير الموضعي المشيدة من حامض البنزويك .



## إحصائيات في الصناعات البتروكيميائية بالملكة

د. إبراهيم محمود النجار

ولم تعتمد المملكة عند تخطيطها لإقامة الصناعات البتروكيميائية الأساس فقط على المميزات النسبية المتاحة من حيث توفر الخامات والطاقة وأسعارها، وتوفر رأس المال والدعم الذي تقدمه حكومة المملكة للقطاع الصناعي، ولكنها وفرت لهذه الصناعة المقومات الأخرى التي تكفل نجاحها على المستوى العالمي، ومن هذه المقومات بناء المشاريع بأحدث طرق التقنية، وبطاقات إنتاجية ضخمة تكفل ميزة وفرة الإنتاج، والتعاون الفني والتسويقي مع كبريات الشركات العالمية المشاركة في هذه المشاريع، وذلك بالإضافة إلى الجهود الكبيرة في مجال تدريب وتأهيل الكوادر الوطنية في المجالات المختلفة.

أكدت التطورات التي شهدتها العالم على أن الصناعة هي الأساس الذي يعتمد عليه بعد الله في تنمية كافة القطاعات ومجالات الحياة، كما أكدت هذه التطورات أيضاً على أن الصناعات الكيماوية تمثل محوراً رئيساً في التنمية الصناعية، فالصناعات المعدنية والورقية والجلدية والنسيجية والزجاجية تحتاج إلى المواد الكيماوية لإنتاج الخامات وتجهيزها وتصنيعها.

١- إن هذه الصناعات تعد حاضراً ومستقبلاً أهم الصناعات نمواً وتطوراً وتأثيراً على القطاعات الأخرى، بل على كافة مجالات الحياة.

٢- توفر النفط والغاز الطبيعي المصاحب للذان يمثلان خامات هذه الصناعات ومصدر الطاقة اللازمة لها، وبالتالي توفر أهم عناصر تكاليف إنتاج المواد البتروكيميائية.

ولما كان هدف المملكة الرئيس تحقيق تنمية شاملة عن طريق تنمية كافة القطاعات ومجالات الحياة بصورة تكفل تحقيق أكبر قدر ممكن من التكامل التنموي، فقد ركزت على تنمية القطاع الصناعي لتحقيق الهدف المذكور.

ولذا فمن الطبيعي أن تركز جهودها في مجال التنمية الصناعية على الصناعات البتروكيميائية، وذلك لسببين رئيسين هما :-

## إحصائيات

الأساس في كل من مدينتي الجبيل وينبع الصناعيتين حالياً أكثر من ٣٥ نوعاً من المواد الأولية التي يمكن إستخدامها لإنتاج آلاف السلع الإستهلاكية التي تتراوح من المواد البسيطة كالأسلاك الحديدية وأغطية الأطعمة البلاستيكية (البولي إيثيلين) إلى الأجزاء الحساسة في ماكينات قوالب القطع البلاستيكية بالحقن التي تصنع من أنواع خاصة من البلاستيك ، ويوضح الجدول (١) أهم أنواع المواد الأولية اللازمة للعديد من الصناعات الثانوية وكذلك أنواع الوقود المتوفرة في مدينتي الجبيل وينبع الصناعيتين .

مشتقات الميثان	مشتقات الإيثان	مشتقات أخرى	فلوئيد حديد/معادن
أمونيا ميثان ميثيل ثالثي بيوتيل الإيثر يوريا	إيثانول إيثيلين ثلاثي كلوريد الإيثيلين . إيثيلين جليكول . بولي إيثيلين عالي الكثافة. بولي إيثيلين منخفض الكثافة الخطي . بولي إيثيلين منخفض الكثافة . بولي كلوريد الفينيل	بنزين بيوتين - ١ بولي ستايرين . ستايرين بروبين غاز البيوتين جازولين طبيعي وقود ديزل زيت وقود غاز كبروسين غاز البترول المسيل غاز الميثان	كبريت محبب قضبان تسليح حديد إسفنجي كتل حديد صلب لفات أسلاك غازات نيتروجين أكسجين صودا كاوية

● جدول (١) المواد الأولية وأنواع الوقود المتوفرة في مدينتي الجبيل وينبع .

وتحتل المملكة مركزاً مرموقاً بين دول مجلس التعاون الخليجي في إنتاج المواد البتروكيميائية الأساس والوسطية والنهائية المنتجة . فقد كان إنتاج المملكة لعام ١٩٩٢ م من هذه المواد أكثر من ٩٠٪ من إنتاج دول

أوسع صناعات محلية بعد الصناعات الأساس التي تشكل منتوجاتها مواد أولية للصناعات الثانوية . وتوفر الصناعات

## الصناعات البتروكيميائية

تمثل الصناعات الثانوية في المملكة ثاني

الدول المنتجة	المادة المصنعة					
	أساس		وسيطة		نهائي	
	المادة	الإنتاج	المادة	الإنتاج	المادة	الإنتاج
المملكة	إيثيلين	٢٢٤٠,٠	ثلاثي كلوريد إيثيلين	٥٦١,٠	بولي إيثيلين بأنواعه	١٢٠٠,٠
قطر	"	٢٢٢,٧	"	-	"	١٨٤,٣
إجمالي دول المجلس	"	٢٦٧٢,٧	"	٥٦١,٠	"	١٣٨٤,٣
المملكة	ميثانول	٢٢٦٤,٠	إيثيلين جلايكول	٧٦٢,١	بولي كلوريد فينيل	٢٧٤,١
البحرين	"	٤١٣,٧	"	-	"	-
إجمالي دول المجلس	"	٢٦٧٧,٧	"	٧٦٢,١	"	٢٧٤,١
المملكة	إيثانول	٣٠٧,٠	ستايرين	٣٨٥,٠	بولي ستايرين	١١٣,٥
إجمالي دول المجلس	"	٣٠٧,٠	"	٣٨٥,٠	"	١١٣,٥
المملكة	بيوتان	٤٤,٩	أحادي كلوريد الفينيل	٣٢٠,٧	ميلامين	١٩,٤
إجمالي دول المجلس	"	٤٤,٩	"	٣٢٠,٧	"	١٩,٤
المملكة	-	-	-	-	ميثيل ثالثي بيوتيل الإيثر (MTBE)	٤٧٠,٠
إجمالي دول المجلس	-	-	-	-	"	٤٧٠,٤

● جدول (٢) إنتاج المواد البتروكيميائية (الأساس ، الوسيطة ، النهائية) بدول مجلس التعاون لعام ١٩٩٢ م (الف طن متري) .

السنوات	اسم المنتج	١٩٨٩	١٩٩٠	١٩٩١	١٩٩٢
٢١١٤	الإيثيلين	٢٢١٢	٢٢٢٠	٢٢٤٠	
١٥٧٢	الميثانول	١٥٣٥	١٤٩٣	٢٢٦٤	
٢٧٠	الإيثانول	٢٧٦	٢٩٣	٣٠٧	
٣١	البيوتان	٣٢	٤٤,٥	٤٤,٩	
٤٨٤	ثنائي كلوريد الإيثيلين	٥٥٤	٤٩٠	٥٦١	
٦٤٩	إيثيلين جلايكول	٦٨٠	٧١٣,٥	٧٦٢,١	
٣٧٣	الستارين	٣٢٣	٣٣٥	٣٨٥	
٣٠٧	أحادي كلوريد الفينيل	٢٩٦	٢٩٣,١	٣٢٠,٧	
٩٢١	بولي إيثيلين بأنواعه	١٠٩٣	١١٦٥	١٢٠٠	
١٩٦	بولي كلوريد الفينيل	٢٠٣,٦	١٩٤,٥	٢٧٤,١	
٦٧	بولي ستارين	٩٧,١	٩٩,٧	١١٣,٥	
١٣٥	ميثيل ثالثي بيوتيل الإيثر	٤٥٠	٥٥٠	٤٧٠,٠	
١٩	الميلامين	٢٠,٩	١٨,٢	١٩,٤	

● جدول (٤) إنتاج شركة سابك من المواد البتروكيميائية خلال السنوات ١٩٨٩ - ١٩٩٢ م (الف طن متري)

المجلس ، بل إن المملكة في كثير من الأحيان كانت المنتج الوحيد لبعض هذه المواد في منطقة الخليج ، جدول (٢) .

وتمثل شركة سابك والشركات التابعة لها القاعدة الكبيرة للصناعات البتروكيميائية في المملكة - بل في دول الخليج - حيث تنتج هذه الشركة الكثير من المنتجات الأساس والوسطية والنهائية . ويوضح الجدول (٣) الطاقة التصميمية ومشروعات التوسعة لصناعة هذه المواد . كما يوضح جدول (٤) تطور الإنتاج خلال الفترة من عام ١٩٨٩ إلى عام ١٩٩٢ م .

وقد بدأت سابك بالتصدير لمنتجاتها

### الصناعات التحويلية

فتح وجود المواد البترولية الخام بكميات وافرة آفاقاً عديدة لكثير من الصناعات

البتروكيميائية إضافة إلى تغذيتها للسوق المحلية لهذه المنتجات ، ويوضح الجدول (٥) مبيعات أهم المنتجات المنتجة بالشركة في السوق المحلي والعالمي .



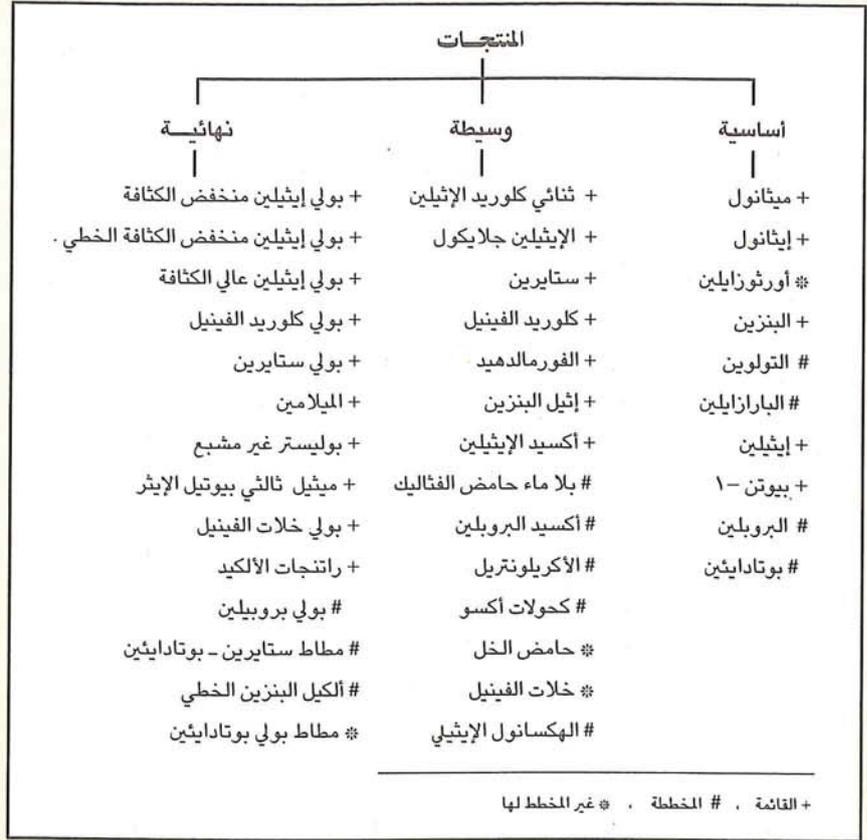
● أنابيب مختلفة من كلوريد الفينيل (PVC) المنتجة بإحدى المصانع التابعة لشركة سابك .

اسم المنتج	الطاقات التصميمية ١٩٩٢ م	مشروعات التوسعة
إيثيلين	٢١٩٤	٥٠٠
إيثيلين جلايكول	٦٤٥	٣٣٠
ثنائي كلوريد الإيثيلين	٥٦٠	-
ستارين	٣٦٠	١٠٠
إيثانول صناعي خام	٣٠٠	-
أحادي كلوريد الفينيل	٣٠٠	-
بروبيلين	-	٣٠٠
بوتاديين	-	١٠٠
بنزين	-	٧٠
بولي إيثيلين بأنواعه	١٠٠٤	١٤٠
بولي كلوريد الفينيل	٢٠٠	-
بولي ستارين	١٠٠	-
بولي بروبيلين	-	٢٠٠
ميلامين	٢٠	-
صودا كاوية	٤٥٠	٢٢٥
ميثانول	٢٠٥٠	-
ميثيل ثالثي بيوتيل الإيثر	٥٠٠	١٤٠٠

● جدول (٣) الطاقات التصميمية القائمة وتحت التنفيذ للمنتجات البتروكيميائية في شركة سابك لعام ١٩٩٢ م (الف طن متري).

التحويلية البتروكيميائية في منطقة الخليج. وقد تمثل ذلك في وجود استثمارات ضخمة لتلك الصناعات في المنطقة للعديد من الشركات الوطنية. ويوضح الجدول (٦) البنية الهيكلية للصناعات البتروكيميائية بدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية. وقد دعم تصنيع المنتجات الأساس والوسيط في التخطيط لصناعة الكثير من المنتجات النهائية، وقد تم بالفعل تشييد كثير من المصانع ذات العلاقة، كما يجري التخطيط لبعضها، شكل (١).

وتمثل دول المجلس قائمة الدول العربية في صناعة المنتجات البتروكيميائية، ورغم ذلك تعد هذه النسبة قليلة جداً على المستوى العالمي حيث تتراوح الطاقة التصميمية للمنتجات البتروكيميائية المنشأة بدول المجلس بين ٠,٨٪ إلى ١٠,٥٪ من الإنتاج العالمي، جدول (٧). أما الإنتاج الفعلي لتلك المنتجات بدول المجلس فيتراوح بين ١٪ إلى



● شكل (١) المنتجات البتروكيميائية في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية.

إجمالي رأس المال المستثمر (مليون دولار أمريكي)	عدد الشركات	اسم المنتج
٢٢٤٢,٥	٥٦	منتجات كيميائية أساسية (غازات صناعية)
٨٢٠,٥	٢٣	منتجات كيميائية أساسية (كيميائيات أخرى)
١٠٤٤,٦	٣٧	صناعة الأسمدة والمبيدات
٥٢٦٩,٣	٢٠	صناعة اللدائن الصناعية ومواد البلاستيك
١٤٤,٩	٦١	صناعة الدهانات، والورنيش، والطلاء
١٢٤,٥	٣٥	صناعة الأدوية، والمستلزمات الطبية
١٩٨,١	٦٥	صناعة الصابون، والمنظفات، والعمور
٢٨١,٥	٦٤	صناعة مواد كيميائية لم تذكر سابقاً
٦٣٩٣,١	١٦	صناعة تكرير البترول
٣٨٧,٧	٥٦	صناعة المنتجات المتنوعة للبترول، والفحم
١٦,٦	١٣	صناعة الإطارات الداخلية والخارجية
١٥,٦	١٠	صناعة منتجات المطاط المختلفة
٣٥٦	١١٩	صناعة أكياس البلاستيك، ومواد التعبئة
١٦٠,٤	١١٨	صناعة منتجات الفايبر جلاس
٤٢٢,٨	١٢٧	صناعة الأنايب البلاستيكية، والمواد المنزلية
٢٩٨,٠	٨٣	صناعة الأسفنج الصناعي، ومنتجات أخرى
١٨٢٨٧	٩١٣	الإجمالي

● جدول (٦) البنية الهيكلية للصناعات الكيميائية والبتروكيميائية بدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية لعام ١٩٩١ م.

اسم المنتج	المبيعات المحلية	الصادرات
ميثانول	١٦٣,٢	١٤٣٣,١
ميلامين	-	٢٠,٨
كلوريد الفينيل الأحادي	-	١٠٦,٤
بولي كلوريد الفينيل	٨٧,٨	١١٥,٨
البولي إيثيلين	٨٤,٤	١٠٠٨,٥
إيثيلين جلايكول	٦,٤	٨٣٣,٥
بروبيلين	-	١٦,٦
إيثيلين	١١٤,٣	١٨٢,٤
البولي ستايرين	٢٠,٣	٧٣,١
بيوتن - ١	٣١,٨	-
إيثانول صناعي	-	٢٨٤,٧
ستايرين	٩٥,٠	٢٥٧,١
ثنائي كلوريد الإيثيلين	٢٤٦,٦	٣٣٦,٤
ميثيل ثالثي بيوتيل الإيثر	-	٤٢٩,٣
صودا كاوية	١٧,٩	٤٠٠,٥

● جدول (٥) المبيعات المحلية والصادرات لمنتجات سابك البتروكيميائية لعام ١٩٩٠ م (ألف طن متري).

## إحصائيات

١١٪ من الإنتاج العالمي ، جدول (٨) .

وخلاصة القول لا يزال هناك مجال كبير للتوسع في الصناعات البتروكيميائية بدول المجلس لدول الخليج العربية خاصة المملكة العربية السعودية لما لها من ثقل في الإنتاج العالمي للمادة الخام ( البترول والغاز ) .

فإذا ألقينا نظرة إلى احتياطي النفط والغاز الطبيعي في الصفيحة العربية نجد أنه يعادل ٦٥٪ من إنتاج النفط العالمي و ٣٠٪ من إنتاج الغاز ، حيث يأتي أغلب هذا الإنتاج من المملكة .

وعليه فليس غريباً أن تتوسع دول المنطقة خاصة المملكة العربية السعودية في هذا المجال الحيوي لتوفر البنية الهيكلية اللازمة والخبرة الفنية التي وصلت إليها الشركات القائمة خاصة الشركات التابعة لسابك . ولاتزال المنطقة إن شاء الله واعدة بالخير في هذا المجال . ومما يزيد ضرورة التوسع في هذا المجال أن دول المنطقة تستورد الكثير من المواد البتروكيميائية المصنعة مثل الخيوط الصناعية ، المطاط وبعض أنواع البلاستيك ، كما أن حاجتها للمنتجات البتروكيميائية المصنعة محلياً في تزايد مطرد إذا أخذنا في الاعتبار أن المنطقة العربية يمكن أن تتوسع في المجال الزراعي ولذلك فهي في أمس الحاجة إلى أسمدة خاصة النيتروجينية منها . هذا غير حاجتها إلى المبيدات بأنواعها والأدوية وغيرها من المواد المصنعة من البتروكيميائيات .

\* المصدر : الجداول والشكل في هذا المقال مأخوذة من كتاب : صناعة البتروكيميائيات في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية « منظمة الخليج للاستشارات الصناعية » مارس ١٩٩٤ م .

اسم المادة	بيسان	الطاقة التصميمية العالمية	الطاقة التصميمية للدول العربية	الطاقة التصميمية لدول مجلس التعاون	نسبة الدول العربية إلى العالم %	نسبة دول مجلس التعاون إلى العالم %
إيثيلين	٧٢٣٢٢,٠	٣٢٠٠,٠٠	٢٦٠٠,٠	٤,٤	٣,٥	
بروبلين	٤١٣٨٧,٠	١٧٠,٠	-	٠,٠٤	-	
بنزين	٣٢٠٢٨,٠	٤١٥,٠	٢٩٥,٠	١,٣	٠,٩	
إيثيل بنزين	١٩٧٩٦,٠	٤٢٠,٠	٤٢٠,٠	٢,١	٢,١	
ميثانول	٢٣٥٨٠,٧	٣٢٣٠,٠	٢٤٧٠,٠	١٣,٧	١٠,٥	
ثنائي كلوريد الإيثيلين	٣٦٤٠٦,٠	١٣٠٦,٠	٨١٠,٠	٣,٦	٢,٢	
الإيثيلين جلايكول	٩٠٨٢,٠	٧٩٢,٠	٧٤٠,٠	٨,٧	٨,٢	
أكسيد الإيثيلين	٩٩٤٥,٠	٥٨٥,٠	٥٥٥,٠	٥,٩	٥,٦	
أحادي كلوريد الفينيل	٢٣٣٣١,٠	٥٩٥,٠	٣٠٠,٠	٢,٦	١,٣	
ستايرين	١٧٢٢٣,٠	٤٠٠,٠	٤٠٠,٠	٢,٣	٢,٣	
بولي إيثيلين	٤١٣٠٨,٠	١٤٤٤,٠	١٣٠٦,٠	٣,٥	٣,٢	
بولي كلوريد الفينيل	٢٣٥٤٥,٥	٥٦٠,٠	٣٠٠,٠	٢,٤	١,٣	
بولي ستايرين	١٢١١١,٠	١٤٤,٠	١٠٠,٠	١,٢	٠,٨	
ميثيل ثالثي بيوتيل الإيثر	١٣٨٢٨,٠	٥٨٠,٠	٥٨٠,٠	٤,٢	٤,٢	

● جدول (٧) الطاقة التصميمية لأهم المنتجات البتروكيميائية في العالم والدول العربية وفي دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية .

اسم المادة	بيسان	الإنتاج العالمي	إنتاج الدول العربية	إنتاج دول مجلس التعاون	نسبة الدول العربية إلى العالم %	نسبة دول مجلس التعاون إلى العالم %
إيثيلين	٦١٣٥٠,٠	٢٨٩٩,٠	٢٥١٩,٠	٤,٧	٤,١	
بروبلين	٣٢٧٥١,١	٨٠,٠	-	٠,٠٢	-	
بنزين	٢٢٩٤٥,٠	٣٧٠,٥	٢٨٠,٠	١,٦	١,٢	
إيثيل بنزين	١٦٥٢٣,٥	٤٢٠,٠	٤٢٠,٠	٢,٥	٢,٥	
ميثانول	٢٠٠٨٠,٨	٢٨١٩,٠	٢٢١٠,٠	١٤,٠	١١,٠	
ثنائي كلوريد الإيثيلين	٣٠٢٨٤,٢	١١٥٥,٥	٨٠٠,٠	٣,٨	٢,٦	
الإيثيلين جلايكول	٦٨٠٩,٥	٧٠٠,٠	٧٠٠,٠	١٠,٣	١٠,٣	
أكسيد الإيثيلين	٨٣٧١,٥	٦٢١,٠	٦٢١,٠	٧,٤	٧,٤	
أحادي كلوريد الفينيل	١٨٩٤٨,٩	٥١٤,٩	٣٠٠,٠	٢,٧	١,٦	
ستايرين	١٤٥٤٣,٨	٣٦٠,٠	٣٦٠,٠	٢,٥	٢,٥	
بولي إيثيلين	٣٣٤٥٣,٥	١٣٠٢,٠	١١٩٧,٠	٣,٩	٣,٦	
بولي كلوريد الفينيل	١٨٤٠٧,٥	٤٨٧,٠	٢٧٥,٠	٢,٦	١,٥	
بولي ستايرين	٩٤٦١,٨	٩٠,٥	٩٠,٥	١,٠	١,٠	
ميثيل ثالثي بيوتيل الإيثر	١٠٦٥١,٠	٥٥٠,٠	٥٥٠,٠	٥,٢	٥,٢	

● جدول (٨) الإنتاج الفعلي لأهم المنتجات البتروكيميائية في العالم والدول العربية ودول مجلس التعاون لدول الخليج العربية ١٩٩٢ م .



## جهاز الكروماتوجرافيا الغازية المقترن مع طيف الكتلة

كيف  
تعمل الأشياء

إعداد: د. عدلي فضل الطاهر

العمود الشعري لمميزاته الحسنة ، التي من أهمها أن كمية المادة المستخدمة فيه قليلة جداً . كذلك لا يشترط في هذا الجهاز وجود مقدر (Detector) لأن جهاز الـ (MS) يعد هو المقدر في الجهاز الجديد (GC-MS) .

### ٢- جهاز الـ MS

يعمل هذا الجهاز بمحلل من النوع الرباعي الأقطاب (Quadrupole) .

### ٣- الوصلة المشتركة

يعد هذا الجزء هو الجديد والمهم في ربط الجهازين معاً . تصل الوصلة - وطولها ١٠ إلى ١٥ سم - جهاز الـ GC بجهاز الـ MS ، وهي تبدأ عند نهاية العمود الموجود في الـ GC وتتصل بغرفة التأين في جهاز الـ MS .

تعمل الوصلة في درجة حرارة عالية تصل إلى ٣٥٠ م° ، ويتم التحكم فيها عن طريق الحاسب الآلي لتكون ثابتة وتسمح بانتقال المادة المراد تحليلها من العمود إلى

حققت الكيمياء التحليلية بواسطة جهاز الكروماتوجرافيا الغازية المقترن مع طيف الكتلة ("GC - MS" - Gas Chromatograph - Mass Spectrometer) قفزة هائلة في عالم التحاليل . ويعد هذا الجهاز من أحدث الأجهزة الكيميائية وأفضلها ، لدقته العالية جداً وسرعته الفائقة ، لذا فإنه يحتل مكاناً مرموقاً في جميع مجالات التحاليل ، حيث لا تخلو منه معظم مراكز البحوث في الجامعات العالمية والمستشفيات المتخصصة إضافة إلى العديد من المختبرات المتخصصة .

يستخدم الجهاز في جميع أنواع التحليل الكيفي والنوعي للمواد العضوية وغير العضوية .... والكيمياء الصيدلانية ، وفي البحث الجنائي وتحليل المياه في المقاييس والمواصفات والجودة النوعية لمعرفة الغش في البضائع ، وفي بحوث التطوير الصناعي .

## أجزاء الجهاز

يتألف الـ (GC-MS) ، شكل (١) ، من الأجزاء التالية :-

### ١- جهاز الـ GC

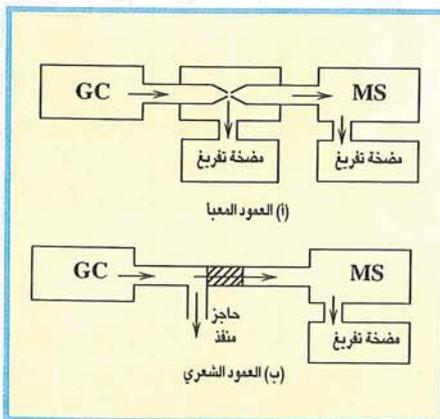
يعمل هذا الجهاز عند الضغط الجوي العادي (٧٦٠ ملم زئبق) ، ويشترط في هذه الحالة استخدام غاز الهيليوم كغاز حامل لسهولة حركته وعدم تفاعله مع المواد المراد تحليلها .

ويستخدم هذا الجهاز العمود المعبأ (Packed Column) أو العمود الشعري

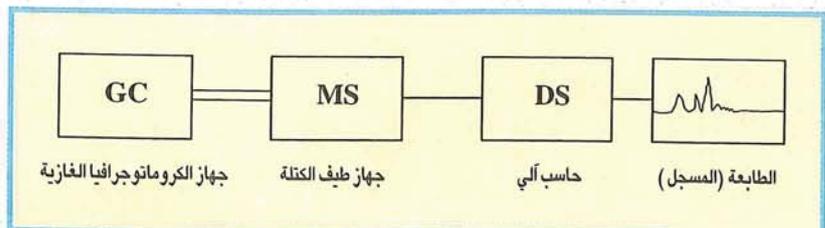
يجمع جهاز (GC - MS) بين مزايا جهاز الكروماتوجرافيا الغازية (GC) وطيف الكتلة (MS) ، ورغم أن هذين الجهازين يعملان تحت ضغطين مختلفين فقد أمكن التغلب على مشكلات هذا الاختلاف بإضافة وصلة مشتركة (Interface) - تسمى أحياناً خط النقل (Transfer-Line) - تصل بين الجهازين .

## تطبيقات الجهاز

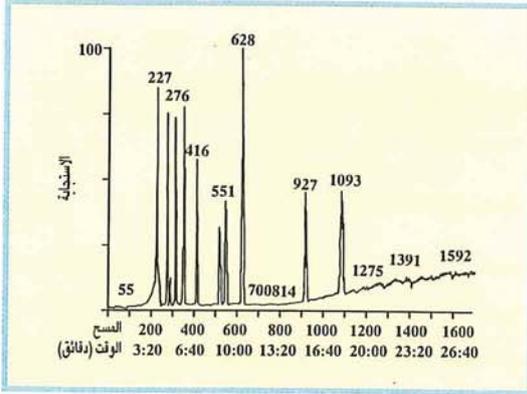
يعد جهاز الـ GC-MS من أهم الأجهزة الحديثة المستخدمة في التعرف وتقدير المركبات العضوية والعضو معدنية المتطايرة ، القطبية وغير القطبية التي يتراوح وزنها الجزيئي بين ٤ إلى ١٠٠٠ وحدة وزنية ذرية ، وبحساسية ودقة عالية جداً تصل من حدود النانوجرام (١٠<sup>-٩</sup> جم) إلى البيكوجرام (١٠<sup>-١٢</sup> جم) .



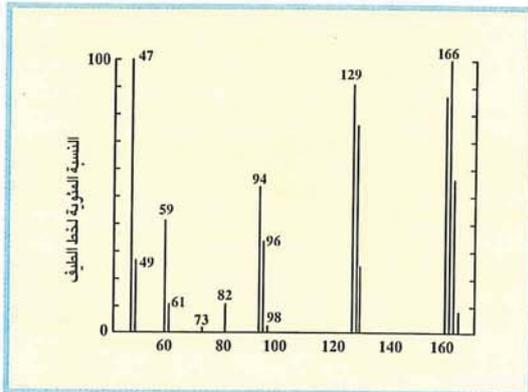
● شكل (٢) .



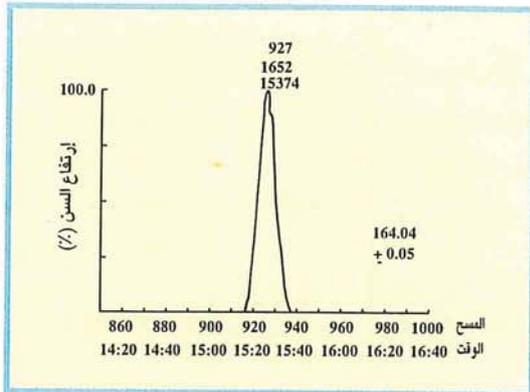
● شكل (١) .



● شكل (٤) .



● شكل (٥) .



● شكل (٦) .

يمكن فصل خليط المركبات والتعرف عليها بدقة متناهية .

ويمكن تقدير تركيز كل مركب على حدة بواسطة الحاسب الآلي حيث يمكن اختيار الأيون المراد تعيين تركيزه ( مثلاً الأيون  $164$  ) برسم منحني الأيون ، شكل (٦) ، وذلك بإيجاد مساحة ومن ثم تحويل هذه المساحة بواسطة الحاسب الآلي إلى تركيز في العينة الرئيسية التي تم حقنها في الجهاز .

عبر الوصلة إلى جهاز ال MS ليتم تحويلها ومن ثم تمر على المضخم الإلكتروني (Electron Multiplier) والحاسب الآلي لرسمها ، شكل (٣) ، وبعد حوالي نصف ساعة يمكن الحصول على كروماتوجرام ، شكل (٤) ، يتم بواسطة الحاسب الآلي حيث يظهر مسح سريع قابل للإعادة مقداره ألف وستمئة مسح (1600 MS scans) .

تمثل كل سن (Peak) في الشكل (٤) مركباً منفصلاً من الخليط المستخدم ، فعلى سبيل المثال يمكن تكبير السن للمركب ٩٢٧ للحصول على معلومات مفصلة عن طيف كتلته ، شكل (٥) ، وبمقارنة هذه المعلومات مع المخططات الطبيعية الموجودة بالحاسب الآلي ، يمكن القول إن المركب للسن (٩٢٧) هو رابع كلور الإيثيلين (Tetrachloroethylene) ذو الوزن الجزيئي ١٦٤ الذي يمكن كتابته  $(^{12}C_2^{35}Cl_4)$  الكلور ٣٥ أو  $(^{12}C_2^{37}Cl_4)$  حسب نظير الكلور ٣٧ .

يوضح الشكل (٥) أن نسبة نظير الكلور ٣٥ تبلغ ثلاثة أضعاف نسبة النظير ٣٧ . وبهذا

غرفة التأين الغازية . وتغلف الوصلة من الخارج بعازل كبي لا تنتقل الحرارة إلى مستخدم الجهاز .

يعتمد نوع الوصلة على العمود المستخدم ، ففي جهاز ال GC المستخدم فيه العمود المعبأ فإن الوصلة يجب أن ترتبط بمضخة إضافية لخفض الضغط ، بينما لا يشترط وجود المضخة في حالة استخدام العمود الشعري ، شكل (٢) ، بل وجود حاجز منفذ للعينات (Barrier Permeable) .

#### ٤ - الحاسب الآلي (Data System-DS)

يتكون هذا الجزء من حاسب آلي ضخم يتضمن مكتبة مسجلة تحتوي على مخططات طيفية من عشرة آلاف إلى ثلاثين ألف مركب معلوم . ولأهمية هذا الجزء يطلق على جهاز ال GC-MS أحياناً اسم آخر يتضمن وجود الحاسب الآلي مثل جهاز ال (GC/MS/DS) . ويساعد ال DS في التحكم ، بالجهاز ، واختيار طريقة العمل ، ودرجات الحرارة المطلوبة لكل تجربة ، ومقارنة العينة قيد الدراسة بالعينات المحتملة الموجودة ضمن مكتبة ال DS .

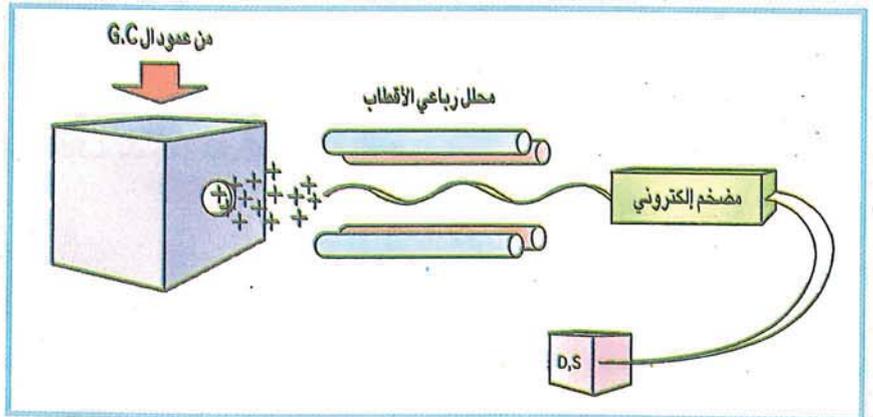
#### ٥ - الطابعة أو الرسامة

#### (Printer - Plotter)

يشترط في الطابعة القدرة على رسم النتائج من جهازي ال GC وال MS وطباعتها .

### كيفية عمل الجهاز

يتم حقن المركب أو خليط المركبات بواسطة إبرة الحقن (Syringe) في جهاز ال GC حيث تخرج منه الأيونات



● شكل (٣) .

## مصطلحات علمية (\*)

### ● بوليمر متجانس Homopolymer

بوليمر يتشكل من عدد من المونمرات الوحيدة ومثاله بولي الإيثيلين الذي يتشكل ببلمرة الإيثيلين .

### ● لثي أو عصارة لاتكس Latex

سائل غرواني لبني يدخل في مكوناته مطاط أو مادة لدنة صناعية معلقة في الماء .

### ● دهان (طلاء) Paint

خليط خضاب وسائل مذيّب ، مثل الزيت أو الماء أو مذيّب عضوي ، يكون سائلاً أو عجينة أو بودرة يطلى بها السطح لإعطائه كسوة لاصقة تضيف عليه لوناً ، وتؤمن وقايته في كثير من الأحيان .

### ● حامل الدهان Paint Vehicle

المكون السائل للدهان ويتألف من مذيّب طيار أو مرقق ( مخفف ) ومركب مكون لغشاء رقيق .

### ● لدائن Plastics

مواد متملمرة تكون عادة عضوية ذوات أوزان جزئية كبيرة يمكن تشكيلها بالإنسياب ، تشير عادة إلى المنتجات النهائية التي تشتمل على المواد المألوفة والملدنات ومواد التثبيت . من أمثله بولي كلوريد الفينيل وبولي الإيثيلين وغيرها .

### ● راتنج Resin

أي واحد من صنف المنتجات العضوية الصلبة أو شبه الصلبة ذات المنشأ الطبيعي أو التركيبي ، والتي ليس لها درجة انصهار محددة ، ولها عموماً وزن جزيئي مرتفع .

### ● تصلب Setting

تصلب المادة اللاصقة بواسطة عمليات فيزيائية أو كيميائية .

※ المصدر :

معجم مصطلحات العلم والتكنولوجيا  
(معهد الإنماء العربي) .

### ● عامل تقسية Curing agent

مركب كيميائي يتفاعل مع بوليمر راتنجي لتقسيته ، مثل الأمينات أو البلازمات التي تتفاعل مع الإيبوكسيدات لتقسيته .

### ● طلاء مستحلب Emulsion Paint

طلاء أو دهان على شكل مستحلب مكون من مادة رابطة ( زيت أو راتنج أو لاتكس وما شابه ذلك ) في الماء .

### ● مادة باسطة أو باسط Extender

مادة كيميائية تستخدم لتمديد أو بسط أو تغيير خصائص الراتنجات والخزفيات والدهانات والمطاط والمواد اللاصقة وغيرها .

### ● ألياف Fibers

شعيرات فائقة الطول ، اصطناعية أو طبيعية ، مرنة ومتماسكة ، تغزل منها الخيوط المستخدمة في نسج الأقمشة .

### ● مادة مالئة (معجون) Filler

١ - مادة خاملة تضاف للدهانات أو المواد اللاصقة أو المبيدات الحشرية وغيرها من المواد لتعديل خصائصها ولتحسين جودتها .

### ٢ - مادة تستخدم لسد ثقوب في

الخشب أو الجص أو غيرها من السطوح ، قبل وضع طبقة تغطية مثل الطلاء أو الورنيش .

### ● إرغاء Foaming

أي أسلوب من الأساليب المختلفة والذي يدخل بواسطته هواء أو غاز في مادة سائلة أو صلبة لإنتاج مادة رغوية .

### ● مُلصق Adherend

جسم مجتذب إلى آخر بواسطة مادة لاصقة .

### ● الالتصاق Adhesion

ميل مادة إلى الالتصاق بمادة أخرى ، بفعل قوى ما بين الجزيئات .

### ● مادة لاصقة (لاصق) Adhesive

مادة تستخدم لربط مادتين صلبتين أو أكثر لكي تصبح قطعة واحدة . مثالها الراتنجات والفورمالدهيد والأسمنت والغراء ومستحلبات بولي الفينيل الراتنجية وغيرها .

### ● ترابط بالاصق Adhesive Bonding

تثبيت جسمين صلبين أو أكثر معاً باستعمال مادة لاصقة مثل الغراء أو الأسمنت وغيرها .

### ● عامل إرغاء Blowing Agent

مادة كيميائية تضاف إلى اللدائن والمطاط ، تنبعث منها غازات خاملة عند التسخين ، مما يجعل تركيب الراتنج خلوياً .

### ● كسوة Coating

أية مادة تكوّن غشاءً متصللاً على سطح ما وفق عملية فيزيائية أو كيميائية ومن أمثلتها الدهانات .

### ● غرواني Colloid

طور منظومة غروانية مشكّل من دقائق ذات أبعاد تتراوح بين ١٠ - ١٠٠٠٠ أنغستروم ( ١ - ١٠٠٠ نانوميتر ) ومبعثر في طور مختلف .

### ● ترابط متقاطع Cross - Linking

تكوين روابط كيميائية بين السلاسل الجزيئية للبوليمرات .



# مساحة للتفكير

## مسابقة العدد

### « عائلة الرياضي »

أبوين « فهد وعبد الله » وإبنين « طارق وفیصل » كل واحد منهم يمارس تمارين رياضية في يومين معينين خلال الفترة من السبت إلى الجمعة ، وذلك على النحو التالي :

- ١ - يمارس فهد تمارين اليوم الثاني بعد خمسة أيام من تمارين اليوم الأول .
- ٢ - يمارس عبد الله تمارين اليوم الثاني بعد أربعة أيام من تمارين اليوم الأول .
- ٣ - يمارس طارق تمارين اليوم الثاني بعد ثلاثة أيام من تمارين اليوم الأول .
- ٤ - يمارس فیصل تمارين اليوم الثاني بعد يومين من تمارين اليوم الأول .
- ٥ - عائلة الرياضي ( مكونة من أب وإبن ) تمارس التمارين الرياضية في نفس اليوم مرة واحدة خلال الفترة ( أسبوع ) .
- ٦ - هناك شخص واحد يمارس التمارين الرياضية في كل يوم من الأيام الباقية . فمن هما عائلتنا الرياضي ؟

### أعزاءنا القراء

إذا استطعتم معرفة الإجابة على مسابقة « عائلة الرياضي » فأرسلوا إجاباتكم على عنوان المجلة مع التقيد بما يأتي :-

- ١- ترفق طريقة الحل مع الإجابة .
- ٢- تكتب الإجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء .
- ٣- يوضع عنوان المرسل كاملاً .
- ٤- آخر موعد لاستلام الحل هو ١٥/٩/١٤١٥هـ .

سوف يتم السحب على الإجابات الصحيحة التي تحتوي على طريقة الحل ، وسيمنح ثلاثة من أصحاب الإجابة الصحيحة جوائز قيمة ، كما سيتم نشر أسمائهم مع الحل في العدد المقبل إن شاء الله .

## حل مسابقة العدد الثلاثين

### « الوظيفة »

لحل المسابقة ولتسهيل خطوات الحل نقوم بعمل الشكل التالي :-

	د	ع	ف	ي
م				
خ				
ط				
ر				

بحيث تمثل الحروف التالي :-

م - مؤهل دراسي	ي - يوسف
خ - خبرة عملية	ف - فهد
ط - إجادة الطباعة	ع - عمر
ر - رخصة قيادة	د - عياد

ثم نقوم بوضع علامة ( × ) للشخص الذي يتوفر لديه الشرط في المربع المقابل ونضع العلامة ( - ) في حالة عدم توفر الشرط في المربع المقابل .  
من المعطيات في ٤ ، ٥

	د	ع	ف	ي
م				
خ				
ط		×	×	
ر				×

من المعطيات في ٢ ، ٣

هناك أربع احتمالات هي :-

(١)	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>د</th> <th>ع</th> <th>ف</th> <th>ي</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>م</th> <td>×</td> <td>×</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th>خ</th> <td></td> <td></td> <td>×</td> <td>×</td> </tr> <tr> <th>ط</th> <td></td> <td>×</td> <td>×</td> <td></td> </tr> <tr> <th>ر</th> <td></td> <td></td> <td></td> <td>×</td> </tr> </tbody> </table>		د	ع	ف	ي	م	×	×			خ			×	×	ط		×	×		ر				×
	د	ع	ف	ي																						
م	×	×																								
خ			×	×																						
ط		×	×																							
ر				×																						
(٢)	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>د</th> <th>ع</th> <th>ف</th> <th>ي</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>م</th> <td>×</td> <td>×</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th>خ</th> <td></td> <td></td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <th>ط</th> <td></td> <td>×</td> <td>×</td> <td></td> </tr> <tr> <th>ر</th> <td></td> <td></td> <td></td> <td>×</td> </tr> </tbody> </table>		د	ع	ف	ي	م	×	×			خ			-	-	ط		×	×		ر				×
	د	ع	ف	ي																						
م	×	×																								
خ			-	-																						
ط		×	×																							
ر				×																						
(٣)	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>د</th> <th>ع</th> <th>ف</th> <th>ي</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>م</th> <td>-</td> <td>-</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th>خ</th> <td></td> <td></td> <td>×</td> <td>×</td> </tr> <tr> <th>ط</th> <td></td> <td>×</td> <td>×</td> <td></td> </tr> <tr> <th>ر</th> <td></td> <td></td> <td></td> <td>×</td> </tr> </tbody> </table>		د	ع	ف	ي	م	-	-			خ			×	×	ط		×	×		ر				×
	د	ع	ف	ي																						
م	-	-																								
خ			×	×																						
ط		×	×																							
ر				×																						
(٤)	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>د</th> <th>ع</th> <th>ف</th> <th>ي</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>م</th> <td>-</td> <td>-</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th>خ</th> <td></td> <td></td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <th>ط</th> <td></td> <td>×</td> <td>×</td> <td></td> </tr> <tr> <th>ر</th> <td></td> <td></td> <td></td> <td>×</td> </tr> </tbody> </table>		د	ع	ف	ي	م	-	-			خ			-	-	ط		×	×		ر				×
	د	ع	ف	ي																						
م	-	-																								
خ			-	-																						
ط		×	×																							
ر				×																						

الإحتمال الرابع يمكن إلغاؤه لأنه لا يوجد أحد من الأشخاص الأربعة لديه مؤهل دراسي وخبرة عملية .  
وعلى ذلك ومن المعطيات في ( ١ ) وبإضافة علامة ( - ) للإحتمالات ( ١ ) و ( ٢ ) و ( ٣ ) تكون النتيجة كالتالي :-

(١)	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>د</th> <th>ع</th> <th>ف</th> <th>ي</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>م</th> <td>×</td> <td>×</td> <td>-</td> <td></td> </tr> <tr> <th>خ</th> <td></td> <td></td> <td>-</td> <td>×</td> </tr> <tr> <th>ط</th> <td></td> <td>-</td> <td>×</td> <td>×</td> </tr> <tr> <th>ر</th> <td></td> <td></td> <td>-</td> <td>×</td> </tr> </tbody> </table>		د	ع	ف	ي	م	×	×	-		خ			-	×	ط		-	×	×	ر			-	×
	د	ع	ف	ي																						
م	×	×	-																							
خ			-	×																						
ط		-	×	×																						
ر			-	×																						
(٢)	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>د</th> <th>ع</th> <th>ف</th> <th>ي</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>م</th> <td>×</td> <td>×</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th>خ</th> <td></td> <td></td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <th>ط</th> <td></td> <td>-</td> <td>×</td> <td>×</td> </tr> <tr> <th>ر</th> <td></td> <td></td> <td></td> <td>×</td> </tr> </tbody> </table>		د	ع	ف	ي	م	×	×			خ			-	-	ط		-	×	×	ر				×
	د	ع	ف	ي																						
م	×	×																								
خ			-	-																						
ط		-	×	×																						
ر				×																						
(٣)	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>د</th> <th>ع</th> <th>ف</th> <th>ي</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>م</th> <td>-</td> <td>-</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th>خ</th> <td></td> <td></td> <td>-</td> <td>×</td> </tr> <tr> <th>ط</th> <td></td> <td>×</td> <td>×</td> <td>-</td> </tr> <tr> <th>ر</th> <td></td> <td></td> <td>-</td> <td>×</td> </tr> </tbody> </table>		د	ع	ف	ي	م	-	-			خ			-	×	ط		×	×	-	ر			-	×
	د	ع	ف	ي																						
م	-	-																								
خ			-	×																						
ط		×	×	-																						
ر			-	×																						

ومن المعطيات في ( ١ ) كذلك يمكن إضافة علامة ( × ) للإحتمالات ( ١ ) و ( ٢ ) و ( ٣ ) بحيث تكون النتيجة كالتالي :-

	د	ع	ف	ي
م	×	×	-	-
خ	-	×	×	×
ط	-	×	×	-
ر	-	×	-	×

	د	ع	ف	ي
م	×	×	×	×
خ	-	×	-	-
ط	-	×	×	×
ر	-	×	-	×

	د	ع	ف	ي
م	×	×	-	-
خ	-	×	×	×
ط	-	×	×	-
ر	-	×	-	×

وعندما نضع علامة ( - ) إلى الإحتمالات الثلاثة أعلاه بناء على المعطيات في ( ١ ) نخرج بالإحتمالات التالية :-

	د	ع	ف	ي
م	×	×	-	-
خ	-	×	×	×
ط	-	×	×	-
ر	-	×	-	×

	د	ع	ف	ي
م	×	×	-	-
خ	-	×	-	-
ط	-	×	×	×
ر	-	×	-	×

	د	ع	ف	ي
م	×	×	-	-
خ	-	×	×	×
ط	-	×	×	-
ر	-	×	-	×

الإحتمال رقم ( ٣ ) عالياً يمكن إلغاؤه حيث لا يوجد واحد من الأربعة أشخاص لديه مؤهل دراسي وطباعة . وعلى ذلك من الإحتمالات في ( ١ ) و ( ٢ ) عالياً فإن فهد هو الذي يفوز بالوظيفة لحصوله على أكثر المتطلبات .

## الفائزون في مسابقة العدد الثلاثين

تلقت المجلة العديد من الرسائل التي تحمل حل مسابقة العدد الثلاثين « الوظيفة » وقد تم إستبعاد جميع الحلول التي لم تتقيد بشروط المسابقة ، وكذلك الرسائل التي وصلت متأخرة عن الموعد المحدد . وبعد فرز الحلول وإجراء القرعة على الحلول الصحيحة فاز كل من الآتية أسماؤهم:-

- عثمان محمد بديع الشيخ - جده

- صالح سعد صالح الغامدي - الباحة

- علي سعد حسن الغامدي - الباحة

ويسعدنا أن نقدم للفائزين هدية قيمة حيث سيتم إرسالها لهم على عناوينهم ، كما

نتمنى لمن لم يحالفهم الحظ ، حظاً وافراً في مسابقات الأعداد المقبلة.

## ● المشاهدة

عندما نتحدث في علبة الكبريت فإن الصوت يمكن سماعه بالغرفة المجاورة عن طريق السماع.

## ● التفسير

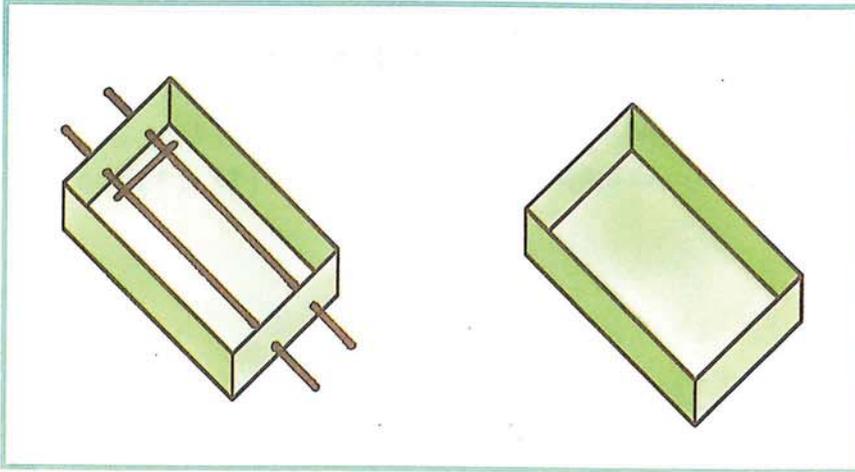
عند التحدث في العلبة الفارغة فإن الاهتزازات الصوتية تؤثر على حركة سن قلم الرصاص العرضي فتصل الذبذبات والاهتزازات بصورة تناسب الكلام فينتقل بدوره من الشخص المتحدث.

المصدر : طرائف وعجائب العلوم ، مهندسة / منى عصام ،  
صفحة (٨٨) .

# من أجل فلذات أكبارنا



## المذياع الصغير



● شكل (١)

هناك مبدأ فيزيائي يتلخص في أن الموجات الصوتية يمكن أن تتحول إلى تيارات كهربائية مختلفة الشدة تتوافق مع تلك الموجات ، كما يمكن ترجمة هذه التيارات مرة أخرى إلى موجات صوتية .. وهذا هو المبدأ الأساس الذي تقوم عليه الاتصالات السلكية واللاسلكية . وتجربتنا هذه تمثل تبسيطا لهذا المبدأ .

## ● الأدوات

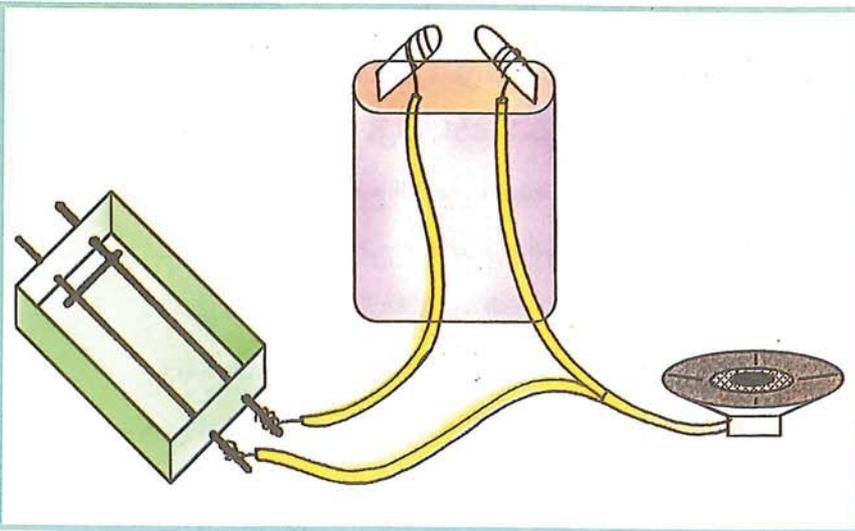
- \* علبة كبريت فارغة أو أي صندوق صغير .
- \* سنان طويلان من أقلام الرصاص وآخر قصير .
- \* موصلات كهربائية ( أسلاك ) .
- \* بطارية .
- \* سماعة راديو أو تليفون .

## ● خطوات العمل

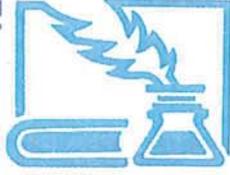
١- أدخل سني قلم الرصاص الطويلتين في العلبة بصورة طولية ثم ضع عليهما السنة القصيرة بشكل عرضي، شكل (١) .

٢- صل أحد السنين بقطب البطارية وصل السن الآخر بالسماعة ، ثم صل السماعة بالقطب الثاني من البطارية، شكل (٢) .

٣- ضع السماعة في غرفة مجاورة .



● شكل (٢)



# كتب طكارت حديثنا

نقلها من المصادر ، اختيار المادة العلمية والهوامش والعلامات الإملائية .. وغيرها . أما الفصل الثالث فيستعرض مواضيع : كتابة البحث ، مسودته ، مقدمته ، خاتمته ، مراجعته ، تنظيم قائمة المصادر ، مقارنة بين تدوين المعلومات عن المصادر بالهامش وتدوينها في قائمة المصادر ( البيبلوجرافية ) . يتناول الفصل الرابع « البحث في شكله الأخير » وقد تم تقسيمه إلى قسمين : تناول الأول منها تعليمات الطبع من حيث : أرقام الصفحات ، العناوين الرئيسية والجانبية والهوامش والفقرات الجديدة .. وغيرها ، أما القسم الثاني فتناول ترتيب الرسالة واحتوى على تسعة عناصر تبدأ بصفحة العنوان ، وتنتهي بقائمة المصادر ( البيبلوجرافية ) .

## نشوء العصر الذري

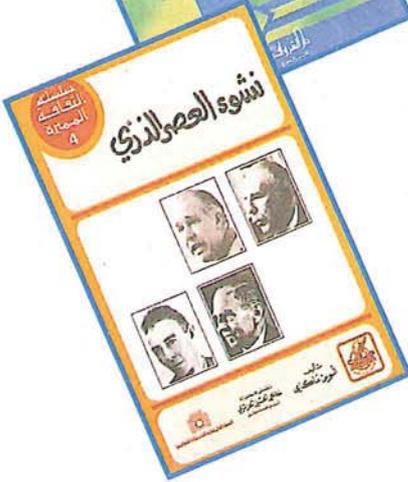
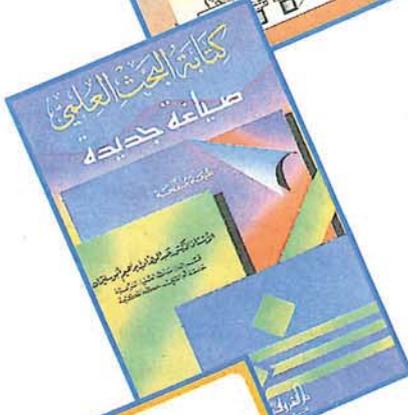
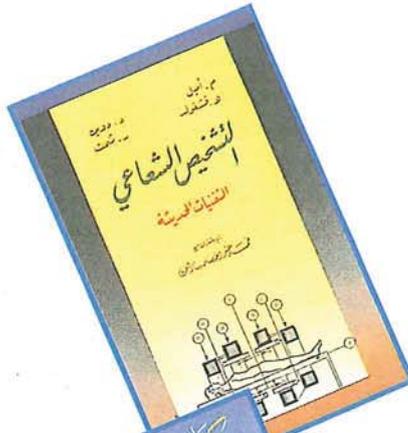
ألف هذا الكتاب الوين ماكاي ( Alwyn Mckay ) وترجمه من الإنجليزية للعربية أ. د/ مكي الحسني الجزائري - جامعة دمشق - سوريا ، وقامت بإصداره دار طلاس للدراسات والترجمة والنشر بدمشق عام ١٩٩٣ م .

يقع الكتاب في ١٧٥ صفحة من الحجم المتوسط ، ويحتوي على : مقدمة ، خمسة عشر فصلاً ، ملحق ، خمسة جداول ، مراجع علمية ، الدليل الألفبائي .

تتناول فصول الكتاب الموضوعات التالية : ولع بالذرات ، العصر الذهبي ، الانشطار ، تجارب حاسمة ، السبق الألماني في أوائل زمن الحرب ، انبعاث المشروع البريطاني ، إطلاق المشروع الأمريكي ، فصل نظري اليورانيوم - صنع البلوتونيوم ، الأسلحة ، وراء السياج ، هيروشيما وناغاساكي ، في أثناء الحرب الباردة ، إمداد العالم بالطاقة .

عنصراً من أهمها : البحث العلمي - مدلوله وخصائصه ، البحوث الجامعية ، الإشراف العلمي ، خطوات البحث العلمي .

تناول الفصل الثاني « الإعداد » واشتمل على كيفية إعداد البحث الذي يتطلب عدة خطوات منها : تدوين المعلومات ، طرق



## التشخيص الشعاعي التقنيات الحديثة

صدر هذا الكتاب عن دار طلاس للدراسات والترجمة والنشر بدمشق عام ١٩٩٤ م وقام بتأليفه كل من : م . أميل ( M. Emil ) ، هـ . فشغولد ( H. Fishgold ) ، د . روين ( D. Rowen ) ، ر . شـمـت ( R. Shmidt ) وترجمته من الفرنسية إلى العربية الدكتورة سهام طرابيشي - كلية العلوم - جامعة دمشق - سوريا .

جاء الكتاب في ٢٠٨ صفحة من الحجم المتوسط محتوياً على مقدمة وستة فصول ، وينتهي بمعجم وجيز للمصطلحات المعتمدة في المعلومات والتصوير الرقمي .

تتناول فصول الكتاب الستة بالترتيب : مفاهيم أولية في علم المعلومات ومعالجة الصور ، تطور التصوير بالأشعة السينية من الصورة الشعاعية التقليدية إلى الصورة التفرسية ، تقنيات التصوير المقطعي الحديثة ، التجاوب المغناطيسي النووي ، التصوير الحراري بالأمواج الكروية ، تصوير الصدى .

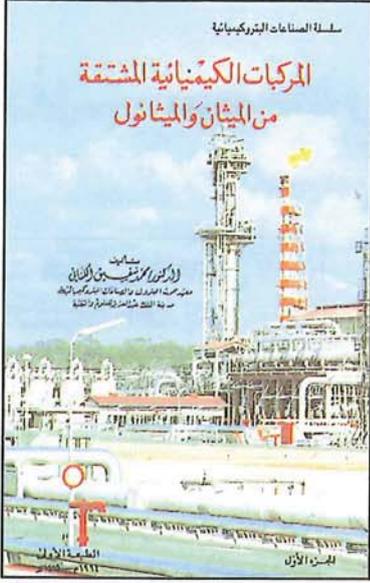
## كتابة البحث العلمي صياغة جديدة

صدر هذا الكتاب عام ١٩٩٢ م عن دار الشروق بجدة ، وهو من تأليف أ . د/ عبد الوهاب إبراهيم أبو سليمان ، قسم الدراسات العليا الشرعية - جامعة أم القرى - مكة المكرمة .

يقع الكتاب في ٢٣٤ صفحة من الحجم المتوسط ويحتوي على أربعة فصول ، تتناول الفصل الأول منها « مبادئ في البحث العلمي » أفردها المؤلف في ستة عشر

## المركبات الكيميائية المشتقة من الميثان والميثانول

عرض : أ. محمد ناصر الناصر



يقع الجزء الأول من الكتاب في ٣٢٠ صفحة من القطع المتوسط ، ويحوي ثلاثة فصول . وهو من تأليف الدكتور محمد شفيق الكنانى من معهد بحوث البترول والصناعات البتروكيميائية بمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية ، وقد صدر هذا الجزء عام ١٤١٥هـ - ١٩٩٤م عن مكتبة الشواف بالرياض .

مختلط القاعدة . كما تناول المؤلف غازات المصافي الناتجة من عمليات تكرير النفط الأساس وتركيبها .

وتحت عنوان معالجة النفط الخام أورد المؤلف طرق التقطير للنفط الخام للحصول على النواتج البترولية لاستخدامها في إنتاج الطاقة ، أو ككقيم كيميائي . وتشتمل تلك الطرق على تقطير النفط الخام تحت الضغط الجوي ، وفيها يتم فصل النواتج على أساس نقطة الغليان لكل منها ، التقطير تحت الفراغ للنواتج المتبقية من وحدات التقطير تحت الضغط الجوي للحصول على نواتج أثقل ، تقطير الزيت الخفيف بهدف فصل غاز التثبيت الذي يمثل مورداً خصباً للصناعات البتروكيميائية لاحتوائه على البروبلين والبوتيلين .

وللحصول على المركبات الوسيطة التي تعتمد عليها الصناعات البتروكيميائية أورد المؤلف العمليات الأساس في الصناعات البتروكيميائية مع بيان التفاعلات التي تتم خلالها ، وتلك العمليات هي :-

• التكسير الحراري لصناعة الإيثيلين حيث تستخدم لقائم الإيثان والبروبان والنفثا وزيت الغاز لهذا الغرض .

• إعادة التشكيل الوسيطى لإنتاج الهيدروكربونات العطرية مثل البنزين والتولوين ومماكبات الزايلين .

• إعادة التشكيل البخاري - التكسير البخاري ، وذلك لإنتاج أحادي أكسيد الكربون والهيدروجين حيث يستخدم هذا المزيج لإنتاج الأمونيا والميثانول وتتم هذه العملية في وجود

حامضية مثل كبريت الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون فتتم إزالة تلك الغازات عن طريق المذيب الكيميائي أو المذيب الفيزيائي أو الطبقة الجافة ، فعند نزع كبريت الهيدروجين تستخدم محاليل الأملاح القلوية والأمينية ، وقد تناول المؤلف بشيء من التفصيل طريقة جربتول (Girbotol Process) للتخلص من كبريت الهيدروجين في الغاز الطبيعي . وفي كون الغاز الطبيعي يحتوي على غاز ثاني أكسيد الكربون فقد أورد المؤلف العديد من الطرق المستخدمة في نزع هذا الغاز مع تركيزه على ثلاث طرق هي طريقة سيليكسول وطريقة مذيب فلور وطريقة السلفولان .

وتحت عنوان سوائل الغاز الطبيعي تعرض المؤلف للكيفية التي يتم بها فصل المواد الهيدروكربونية من الغاز الطبيعي ( فصل الغاز السائل ، وفصل الغازولين الطبيعي ) .

كما تناول الكتاب الغاز المصاحب كمصدر من مصادر المواد البتروكيميائية الذي يطبق عليه الطرق نفسها المتبعة مع الغاز الطبيعي الحر لتنقيته وجعله في صورة قابلة للاستخدام في الصناعات البتروكيميائية . بعد ذلك انتقل المؤلف إلى استعراض المصدر الثاني الرئيس من مصادر المواد البتروكيميائية وهو البترول ( النفط ) ومحتوياته من المركبات الهيدروكربونية مثل الألكانات والأوليفينات والمركبات غير الهيدروكربونية مثل مركبات الكبريت والنيتروجين والأكسجين ، وانتقل بعدها إلى تصنيف النفط الخام طبقاً للخواص الفيزيائية والكيميائية . وتبعاً لتصنيف المكتب الأمريكي للتعيين تم تصنيف النفط إلى نطف برفايني القاعدة ، ونطف نفتيني القاعدة ، ونطف

يبدا الكتاب بمقدمة تاريخية عن بدايات الصناعات البتروكيميائية وارتباطها باكتشاف البترول في المملكة العربية السعودية .

**الفصل الأول** من الكتاب يتطرق إلى مصادر المواد الكيميائية الأساس في الصناعات البتروكيميائية ، فيورد المؤلف تعريفاً للصناعات البتروكيميائية ويصنف المواد الخام المستخدمة لإنتاج المواد البتروكيميائية الرئيسة إلى مواد خام أساس وتشمل الغاز الطبيعي والبترول ، ومواد خاما ثانوية وتشمل الأستيلين والميثان والبرافينات والإيثيلين والبروبلين والبوتيلينات ، بالإضافة إلى المصادر التي يستحصل منها على تلك المواد الخام .

ففي حالة المصادر الأساس للمواد البتروكيميائية تناول المؤلف الغاز الطبيعي من حيث مصادره ( غاز حر في مكان خاصة معزولة عن التجمعات النفطية أو غاز مصاحب للنفط ) بالإضافة إلى أنواع الغاز الطبيعي الحر حيث يكون على هيئة غاز جاف يتكون بشكل رئيس من الميثان أو غاز رطب يحتوي على مركبات كبريتية أو غاز حلو لا يحتوي على تلك المركبات .

كما تطرق الكتاب إلى المعالجات التي تتم على الغاز الحر من أجل تنقيته من المركبات الهيدروكربونية والكبريتية لكي يكون جاهزاً للاستخدام في الوحدات الصناعية وغيرها من الأغراض . ومن تلك المعالجات إزالة بخار الماء بالادمصاص على مادة صلبة منشطة مثل السيليكاجل أو بواسطة غسلها بسوائل خاصة يكون الماء قابلاً للانحلال فيها أو بالتبريد الشديد حيث يتكثف بخار الماء ويسهل فصله . أما في حالة احتواء الغاز الطبيعي على غازات

وخصائصه ومقدمة تاريخية عن اكتشافه وتطور إنتاجه في العالم ، ونبذة عن صناعة الميثانول في المملكة ، بعد ذلك انتقل إلى طرق إنتاج الميثانول صناعياً من غاز الاصطناع ، فذكر أن تلك الطرق تشمل ( طريقة الضغط المرتفع وتدعى أيضاً طريقة باسف (BASF) الألمانية ، وطريقة الضغط المتوسط ، وطريقة الضغط المنخفض وحول موضوع تقطير الميثانول الخام أورد المؤلف عدّة طرق تستخدم من أجل إزالة الشوائب التي يحتويها .

وتحت عنوان التطبيقات الصناعية للميثانول تناول المؤلف - بشيء من التفصيل - استخدام الميثانول في الصناعات الكيميائية بالإضافة إلى ذكر بعض الصناعات الأخرى واستخدامه كمصدر للطاقة ، ففي مجال استخدامه في الصناعات البتروكيميائية ذكر المؤلف أن أهم استخدام له هو كمادة أولية في إنتاج مادة الفورمالدهيد ، حيث أشار إلى طريقتين لإنتاجه هي طريقة نزع الهيدروجين من الميثانول بالأكسدة ( Oxidative - Dehydrogenation ) بوجود وسائط من الحديد أو النحاس ، وطريقة الأكسدة المباشرة للميثان بوجود وسائط من الحديد محتوية على أكسيد الموليبدنوم .

وفي مجال التطبيقات الصناعية للفورمالدهيد تطرق الكتاب إلى دوره في صناعة راتنجات الأمينو ، وصناعة حمض الغليكوليك وإيثيلين جليكول ، وصناعة بنتا إرثريتول ، وصناعة هكساميثيلين تترامين . كذلك أورد المؤلف أمثلة أخرى للتطبيقات الصناعية للميثانول ، كما في صناعة كلوريد الميثيل والتطبيقات الصناعية له ، وفي صناعة حامض النمل ( الفورميك ) ، وفي صناعة حامض الخل وتطبيقاته الصناعية ، وفي صناعة أمينات الميثيل وتطبيقاته الصناعية ، وفي صناعة ثنائي ميثيل تيرفتالات وتطبيقاته الصناعية ، وفي صناعة ميثاكريلات ، وفي صناعة ميثيل ثالثي بوتيل الإيثر ، وكذلك استخدام الميثانول في صناعة الإيثانول .

والكتاب - في مجمله - يتحدث بلغة علمية تخاطب المتخصصين في مجال البتروكيميائيات ، لذا فإنه يعد مرجعاً علمياً جيداً في هذا المجال ، وقد دعم المؤلف الكتاب بالأشكال والجداول التوضيحية بالإضافة إلى المعادلات التي تبين التفاعلات الكيميائية المشار إليها في الكتاب ، وقد اختتم المؤلف الكتاب بوضع فهرس للمصطلحات العلمية التي وردت فيه باللغة الإنجليزية وما يقابلها باللغة العربية ، إضافة إلى قائمة بالمراجع .

وثاني أكسيد الكربون إلى ميثان ) ، والغسل بواسطة النيتروجين السائل ، والغسل بواسطة كربونات النحاس النشاردية ، والأكسدة الانتقائية لأول أكسيد الكربون . بعدها تطرق الكتاب إلى صناعة الأمونيا من غاز الاصطناع وتأثير كل من الضغط ودرجة الحرارة والوسيط وتركيب غاز الاصطناع المستخدم في نسبة التحول الكيميائي إلى الأمونيا .

بعد ذلك أورد المؤلف التطبيقات الصناعية لغاز الأمونيا ومنها صناعة الهيدرازين الذي يستخدم في وقود الصواريخ ، وصناعة الكيماويات الزراعية ، وصناعة اليوريا التي تدخل في صناعة الأسمدة والمواد البلاستيكية ، وصناعة الميلاين الذي يستخدم في صناعة الصفائح ( الفورميكا ) و صفائح الديكور وغيرها . كما يستخدم غاز الأمونيا في صناعة حمض الأزوت الذي يستخدم على سبيل المثال في صناعة الأسمدة ، وفي تنقية المعادن الثمينة ، وفي النقش على المعادن وغيرها من الاستخدامات .

ومن التطبيقات الصناعية لغاز الاصطناع ذكر المؤلف اصطناع فيشر - تروبش ( Fischer - Tropsch Synthesis ) واستعمال تلك الطريقة لإنتاج الإيثيلين والأوليفين بأوزان جزيئية منخفضة حيث يتم ذلك باستعمال وسائط انتقائية مثل التيتانيوم والموليبدنوم والتنغستين التي تساعد على خفض نسبة البرافينات وزيادة نسبة الأوليفينات .

وتناول المؤلف تأثير الوسائط ( المستخدمة في اصطناع فيشر - تروبش ) وظروف التفاعل على توزيع منتجات هذا الاصطناع ، كما اقترح المؤلف الآلية التي تنهجهما التفاعلات التي تتم أثناء الاصطناع وتتضمن ثلاث مراحل هي ( مرحلة بدء السلسلة ، مرحلة انتشار السلسلة ، ومرحلة انتهاء السلسلة ) . وفي الموضوع نفسه أورد المؤلف الطرق الصناعية لاصطناع فيشر - تروبش حيث يجري تفاعل هذا الاصطناع في أنواع متعددة من المفاعلات منها المفاعلات ذات الطبقة الثابتة ، المفاعلات ذات الطبقة الفوارة ، المفاعلات ذات الطبقة الرقيقة القوام .

وقد عرف المؤلف اصطناع أوكسو ( Oxo Synthesis ) بأنه تفاعل يتم بين غاز الاصطناع والركبات الأوليفينية فوق عوامل وسيطة لإنتاج الدهيدات وكحولات ، وأشار إلى الوسائط المستخدمة وآلية التفاعل في اصطناع أوكسو والتطبيقات الصناعية له .

**الفصل الثالث** يتناول هذا الفصل الميثانول كمادة خام لإنتاج العديد من المواد البتروكيميائية حيث بدأ بتعريف الميثانول

بخار الماء .

\* التكسير المهدرج وهدف هذه العملية إنتاج مركبات هيدروكربونية مشبعة لها أوزان ودرجات غليان منخفضة .

\* التكسير الوسيطوي وتستخدم هذه العملية للحصول على نوعية جيدة من الغازولين .

بالإضافة إلى العمليات السابقة أورد المؤلف باختصار بعض العمليات الأخرى التي تجرى للحصول على المركبات الوسطوية المستخدمة في الصناعات البتروكيميائية مثل الماكبة والألكلة .

وتناول المؤلف في **الفصل الثاني الميثان** باعتباره أحد المواد الأساس الأولية في الصناعات البتروكيميائية ، وقد بدأه بشرح الكيفية التي يتم بها فصل الميثان من الغاز الطبيعي ، ثم انتقل إلى التطبيقات الصناعية للميثان مثل صناعة سيانيد الهيدروجين واستخدامه في صناعة الأوكساميد ، وصناعة ثنائي كبريت الكربون ، واستخداماته في صناعة رباعي كلوريد الكربون ، واستخداماته وصناعة هالوجينات الميثان مثل مركبات كلور الميثان ، وطرق إنتاجه باستخدام الكلورة الحرارية والكلورة الكيميائية الضوئية والكلورة الوسيطوية وصناعة أحادي كلوروميثان من هالوجينات الميثان مع تناول التطبيقات الصناعية لأحادي كلوروميثان .

وتحت عنوان غاز الاصطناع تطرق الكتاب إلى طرق إنتاج هذا الغاز والتي فيها يتفاعل فحم الكوك مع بخار الماء ، وإلى إنتاجه من الميثان بطريقة إعادة التشكيل البخاري للميثان وطريقة الأكسدة الجزئية للميثان . ثم انتقل السياق بعدها إلى التطبيقات الصناعية لغاز الاصطناع التي منها إنتاج أول أكسيد الكربون بطريقة الفصل عند درجة حرارة منخفضة ( الطريقة الفيزيائية ) وطريقة الامتصاص في محاليل مائية لمعدّات نشادرية لأملاح النحاس الأحادي التكافؤ ( الطريقة الكيميائية ) ، ثم تناول التطبيقات الصناعية لغاز أول أكسيد الكربون ، كما تطرق المؤلف إلى إنتاج الهيدروجين من غاز الاصطناع وطرق إزالة غاز ثاني أكسيد الكربون من غاز الاصطناع بالغسل بمحلول كربونات الصوديوم ، أو بطريقة أحادي إيثانول أمين ، أو بطريقة الكحول الميثيلي ( بطريقة ريكتنرول ) أو بطريقة السفلولان أو بطريقة الغسل بالماء .

ومن أجل تهيئة غاز الاصطناع لاستخدامه في صناعة الأمونيا أورد المؤلف عدّة طرق لإزالة بقايا غاز أول أكسيد الكربون وغاز ثاني أكسيد الكربون وتشمل هذه الطرق المثبتة ( تحويل أول أكسيد الكربون



## دراسات على تحويل الميثانول إلى أوليفينات خفيفة

نظراً لأهمية الأوليفينات كونها أحد المركبات البتروكيميائية الأساس التي تقوم عليها صناعات متعددة مثل صناعة المواد البلاستيكية والمطاط والدهانات والمواد اللاصقة والألياف الصناعية .. وغيرها ، وحرصاً من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية على دعمها الدائم للمشروعات البحثية التي تخدم قطاع الصناعة بالمملكة ، فقد قامت بدعم مشروع بحثي بعنوان «دراسات على تحويل الميثانول إلى أوليفينات خفيفة» .

وقد تم إجراء البحث بمعهد البحوث - جامعة الملك فهد للبترول والمعادن في الفترة من ١٤٠٨هـ إلى ١٤١١هـ ، وكان الباحث الرئيس للمشروع الدكتور داود رضوان ، ويهدف المشروع بصفة أساس إلى مايلي :-

● إختيار محفزات ذات كفاءة عالية في تحويل الميثانول إلى أوليفينات خفيفة .

● إختبار أثر المنشطات على درجة نشاط وإنتقائية المحفزات المستخدمة لزيادة كفاءتها في تحويل الميثانول ، وتحديد الظروف المناسبة لعملية التحويل .

ومن أهم النتائج التي توصل إليها البحث التالي :-

\* أدت الإختبارات الأولية لتقويم كفاءة أداء ( درجة النشاط والإنتقائية ) إثني عشرة عينة تجارية من محفزات الزيولايت إلى إختيار محفزى HZSM-5 و S-115 كأنسب المحفزات لهذه

الدراسة ، ويتميز هذان النوعان بأنهما ينتميان إلى نوع الزيولايت ذي الثقوب المتوسطة التي تعرف بعائلة البنتازيل . \* على الرغم من أن نوع الزيولايت SAPO-34 أظهر إنتقائية مرتفعة في تحويل الميثانول إلى أوليفينات خفيفة إلا إنه يفقد نشاطه في فترة زمنية قصيرة بسبب حجم ثقوبه الضيقة مما يؤدي إلى ترسب الكربون على سطحه وإنسداده فنواته تحت ظروف التفاعل السائدة .

\* تم إخضاع المحفزين HZSM-5 و S-115 إلى عمليات تنشيط لزيادة كفاءتهما في تحويل الميثانول ، وذلك إما بإستخدام طريقة تشبع المحفز بمحلول منشط وإما بطريقة التبادل الأيوني . وقد اشتملت المنشطات المستخدمة على الفضة والنحاس والكاديوم واللانثانيوم والسترونشيوم والإندنيوم والكالسيوم والباريوم . وعلى الرغم من أن المنشطات المذكورة قد حسنت من إنتقائية المحفز HZSM-5 و S-115

لإنتاج الأوليفينات الخفيفة إلا إنها أدت إلى تخفيض المدة الزمنية لأداء المحفزين في عملية التحويل . ويشير البحث أن ذلك يرجع إلى أحد سببين هما :-

١ - تسمم المراكز الحمضية النشطة في المحفز ( مسؤولة عن إنتاج الأوليفينات الخفيفة ) بفعل المنشطات .

٢ - ترسب كمية أكبر من الكربون على سطح المحفز بفعل المنشطات .

\* تم تحديد الظروف المناسبة لتحويل الميثانول إلى أوليفينات خفيفة بإستخدام محفزى الزيولايت HZSM-5 و S-115 ، وهذه الظروف هي :-

- درجة حرارة ٣٧٥م و ٤٥٠م للمحفزين على التوالي .

- سرعة تدفق المادة في النظام تعادل ٤ للساعة .

- نسبة الميثانول إلى النيتروجين تعادل ٢,٧ : ١ ( وزن / وزن ) .

\* دلت الدراسات على أن للحرارة الأثر الأكبر في تغيير توزيع نواتج التحويل وتغيير إنتقائية المحفز وأن الحرارة المرتفعة عن المعدل المطلوب تؤدي إلى إزاحة إنتقائية للمحفزات لتصبح أكثر قابلية لتكسير الميثانول وليس تحويله إلى أوليفينات .

\* بناءً على النتائج المذكورة أعلاه تم تحضير محفز من الزيولايت مرتفع السيليكون ( High Silicon Zeolite- HSZ ) بلغت نسبة السيليكا إلى الألومنيوم فيه ٤٠٠٠ : ١ ولذا يتمتع بحامضية أكثر من المحفزين المعدلين بالمنشطات ( HZSM-5 و S-115 ) وبالتالي تفوق كفاءته كفاءة المحفزين المذكورين من حيث المعدل الزمني لإنتاج الأوليفينات ، وقلّة معدل ترسب الكربون ، والفترة الزمنية لنشاط المحفز ، ودرجة تحويل الميثانول إلى أوليفينات خفيفة .



## ● الأخت / ندا يحيى - الدمام

أرسلنا لك رسالة خاصة نبليغك فيها بأنه تم إرسال جائزتك على العنوان المحدد في رسالتك ، نأمل أن تكون قد وصلتك ، كما نأمل في حالة عدم وصولها إفادتنا ، وشكراً .

## ● الأخ / رضوان عبد الله أحمد المطيري - المدينة المنورة

يقترح أن تخصص صفحة لتشجيع القراء على البحث العلمي المفيد ومحاولة وضع بعض التصورات المبسطة عن الاكتشافات العلمية وكيف توصل لكشفها الباحثون ، ومن ثم - كما يقول الأخ رضوان - تشجيع الاكتشافات المفيدة وتطويرها حتى ولو كانت بسيطة ، ونحن بدورنا نشكر القارئ العزيز على هذا الاقتراح الجيد والمفيد وسوف ننتهز الفرص المناسبة للعمل به إن شاء الله .



## مع القراء

### أعزاءنا القراء

أهلاً بكم مع هذا العدد الجديد من مجلتكم « العلوم والتقنية » ، ويطيب لنا أن نرحب بكم جميعاً ونجيب على بعض رسائلكم التي لازالت تردنا كل يوم دون انقطاع ، ونحن سعداء بتواصلكم معنا ومشاركتكم لنا بالاقترحات والمشاركات وحتى الطلبات التي نجد أنفسنا حائرين أمام كثرتها وتنوعها ، وإن كنا دون شك نفخر بها ونسعد بتبليغها لكم . نكرر ترحيبنا بالجميع وشكرنا الجزيل لهم على مشاعرهم الطيبة تجاه المجلة .

## تنويه

ورد في العدد ٢٩ بعض الأخطاء المطبعية ، والمجلة إذ تعتذر عن هذه الأخطاء تود أن تورد تصويبات هذه الأخطاء في الجدول التالي :-

الصواب	الخطأ	الصفحة
$\Delta H = +20 \text{ Kcal/mol}$ $\Delta H = -58 \text{ Kcal/mol}$ $\Delta H = -38 \text{ Kcal/mol}$	$H = +20 \text{ Kcal/mol}$ $H = -58 \text{ Kcal/mol}$ $H = -38 \text{ Kcal/mol}$	١٤
$\text{CH}_3 \text{ CH} = \text{CH CH}_3$	$\text{CH CH}_3 = \text{CH}_3 \text{ CH}$	٣٦ شكل ١
		٣٧ شكل ٣
$[\dots \text{CH}_2 - \text{CH}_2]_n$	$[\dots \text{CH}_2 - \text{CH}]_n$	٤٢ معادلة ١

## ● الأخ / محمد عبد الله المحيا - ٤ - اقتراحك الخاص بزيادة عدد صفحات المجلة من الاقتراحات التي تكررت من عدد من القراء، ولعلك قد لاحظت أن المجلة بدأت بثمان وأربعين صفحة وتم زيادتها إلى أكثر من ستين صفحة ، وهذه زيادة معقولة كما نعتقد .

٥ - اقتراحك الأخير حول عمل استبيان على صفحات المجلة لمعرفة آراء القراء وملاحظاتهم مما يساعد في تطوير المجلة، نقول : أنه سبق للمجلة أن نشرت استبيان لآراء القراء وذلك ضمن العدد الأول منها الصادر في شهر محرم عام ١٤٠٨ هـ ، إلا أن ذلك لا يمنع أن تقوم المجلة بعمل استبيان آخر في الأعداد المقبلة متى دعت الحاجة إليه ، وشكراً لك مرة أخرى .

نشكر على اهتمامك بالمجلة ، أما فيما يتعلق باقتراحاتك فيسرنا أن نجيب عليها بالتالي :-

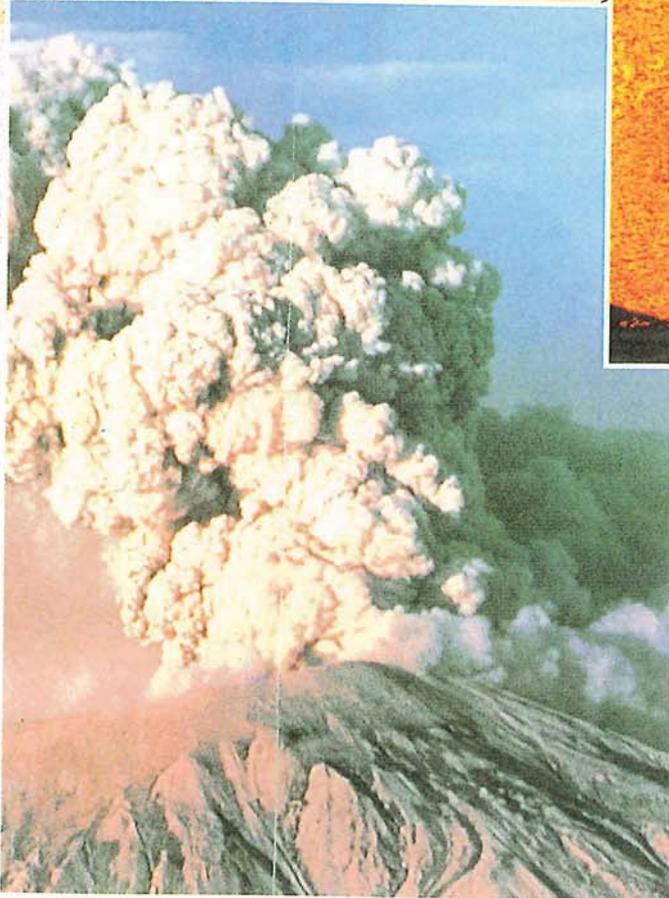
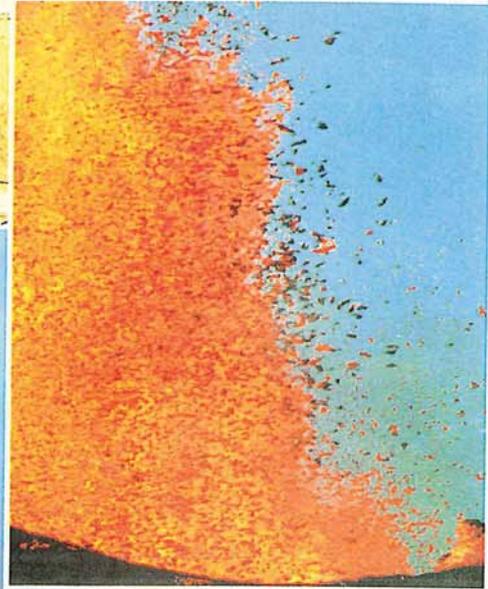
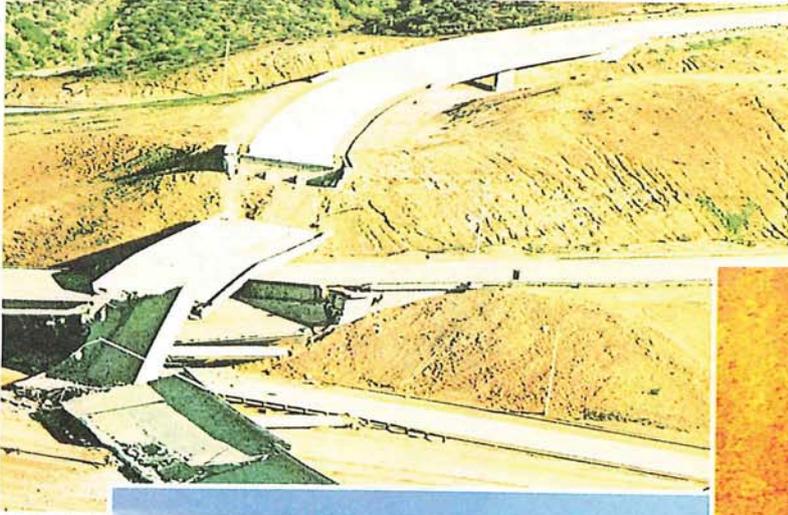
١- اقتراح تحويل المجلة إلى شهرية لأن مدة ثلاثة أشهر - حسب رأيك - تعد كثيرة نسبة إلى حجم المجلة ونوعية مواضيعها ، هذا الاقتراح جيد في ذاته وهو في الواقع مما نأمل أن يتحقق في المستقبل القريب بإذن الله .

٢- الاقتراح المتعلق بنشر الاخبار العلمية الحديثة وآخر الاكتشافات العلمية والاختراعات وجديد الأجهزة العلمية والتقنية ، فقد دأبت المجلة من خلال باب « الجديد في العلوم والتقنية » وباب « شريط المعلومات » على نشر كل جديد في مجال العلوم والتقنية .

٣ - فيما يتعلق باقتراحك الخاص بنشر عناوين الأساتذة والكتاب الذين تنشر مقالاتهم بالمجلة وذلك لتسهيل اتصال القراء بهم ومراسلتهم للاستفادة منها ، هذا الاقتراح جيد وستتم دراسته والنظر في إمكانية العمل به .

في  
العدد المقبل

# الكوارث الطبيعية

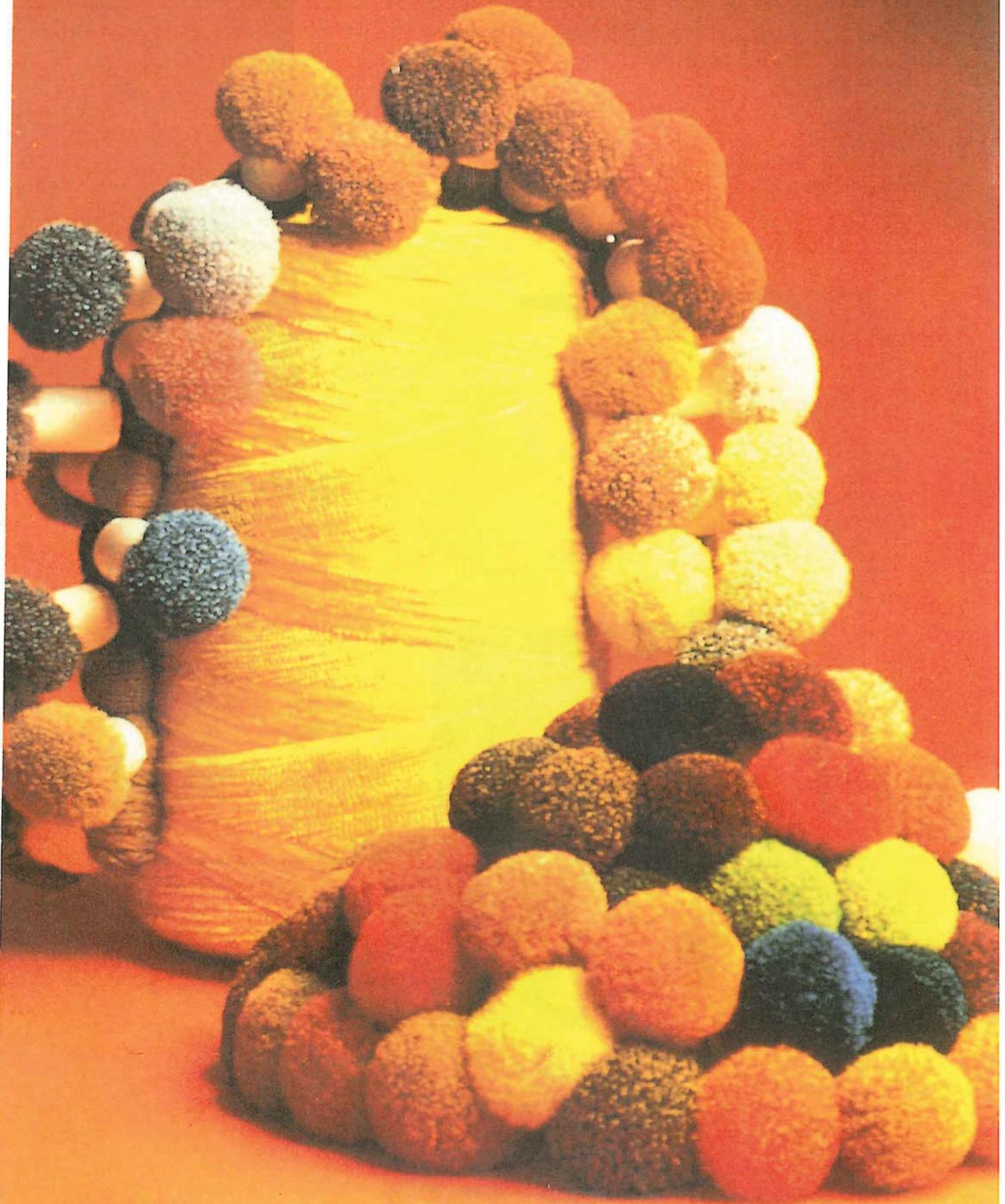


وكيل التوزيع: الشركة السعودية للتوزيع  
Saudi Distribution Co.  
ص.ب. ٥٥٢٠٢ الرياض ١١٥٣٤  
هاتف ٤٧٧٩٤٤٤

مطابع الشرق الاوسط



Middle East Press



الألياف الصناعية ص (١٩)

مجلة العلوم والتقنية