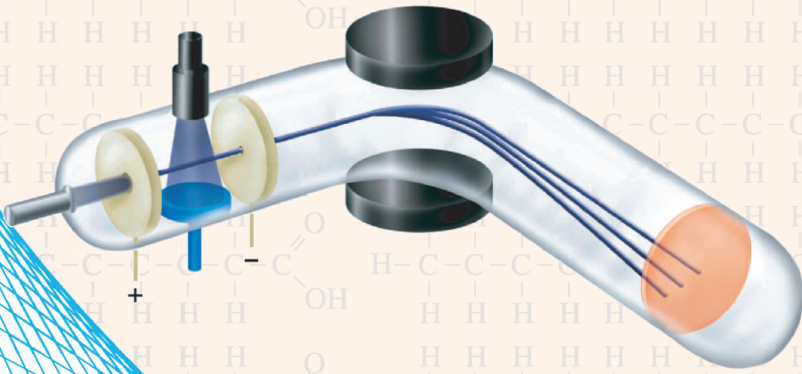




الجمهورية العربية السورية  
وزارة التربية والتعليم  
قطاع المناهج والتوجيه  
الإدارة العامة للمناهج

# الكيمياء

للفصف الثالث الثانوي



حقوق الطبع محفوظة لوزارة التربية والتعليم  
١٤٣٦هـ / ٢٠١٥م

إيماناً منا بأهمية المعرفة ومواكبة لعصر التكنولوجيا تتشرف  
الإدارة العامة للتعليم الإلكتروني بخدمة أبنائنا الطلاب والطالبات  
في ربوع الوطن الحبيب بهذا العمل آمين أن ينال رضا الجميع

## فكرة وإعداد

أ. عادل علي عبدالله البقع

مساعد

أ. زينب محمود السمان

مراجعة وتدقيق

أ. ميسونة العبيدي

أ. فاطمة العجل

أ. أفراح الحزمي

متابعة

أمين الإدريسي

إشراف مدير عام

الإدارة العامة للتعليم الإلكتروني

أ. محمد عبده الصرمي



الجمهورية اليمنية  
وزارة التربية والتعليم  
قطاع المناهج والتوجيه  
الإدارة العامة للمناهج

# الكيمياء

## للف الثالث الثانوي

### فريق التأليف

أ.د. داؤود عبدالمملك الحدابي / رئيساً.

أ.د. علي جمعان الشكيل . د. مهيب علي أنعم .  
د. عبد الولي حسين دهمش . د. محسن عبدالله الجهري .  
أ/ عمر فضل بافضل .

### فريق المراجعة:

أ . وحيد عبد العالم محمد . أ . طلال عبده مقبل الشوافي .  
أ . سلامة حسن جابر .  
تنسيق وتدقيق: أ / محمد علي ثابت .

### الإخراج الفني

الصور والرسوم: محمد حسين الذماري .  
أرسلان الأغبري .  
عبد السلام أحمد الحبسي .  
الصف والتصميم: بسام أحمد العامر .  
أحمد محمد علي العوامي .  
إدخال التصويريات: علي عبد الله السلفي .

أشرف على التصميم: حامد عبدالعالم الشيباني.

١٤٣٦هـ / ٢٠١٥م



## النشيد الوطني

رددي أيتها الدنيا نشيدي ردييه وأعيدي وأعيدي  
واذكرني في فرحتي كل شهيد وامنحيه خللاً من ضوء عيدي

رددي أيتها الدنيا نشيدي  
رددي أيتها الدنيا نشيدي

وحدتي.. وحدتي.. يا نشيداً رائعاً يملأ نفسي أنت عهدٌ عالقٌ في كل ذممة  
رايتي.. رايتي.. يا نسيجاً جكته من كل شمس اخلدي خافقة في كل قمة  
أمي.. أمي.. امنحيني البأس يا مصدر بأسٍ واذخريني لك يا أكرم أمة

عشت إيماني وحبسي أمياً  
ومسيرتي فوق دربي عربي  
وسيبقى نبض قلبي يميناً  
لن تترى الدنيا على أرضي وصياً

المصدر: قانون رقم (٣٦) لسنة ٢٠٠٦م بشأن السلام الجمهوري ونشيد الدولة الوطني للجمهورية اليمنية

### أعضاء اللجنة العليا للمناهج

أ. د. عبدالرزاق يحيى الأشول.

- |                                   |                                |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| أ / عبدالكريم محمد الجنداري.      | د / عبدالله عبده الحامدي.      |
| أ / علي حسين الحيمي.              | د / عبدالله سالم لمس.          |
| د / إشراق هائل عبدالجليل الحكيمي. | أ / أحمد عبدالله أحمد.         |
| أ / محسن صالح حسين اليافعي.       | د / فضل أحمد ناصر مطلي.        |
| أ. د / أحمد علي المعمري.          | د / صالح ناصر الصوفي.          |
| أ. د / محمد سرحان سعيد المخلافي.  | د / محمد عمر سالم باسليم.      |
| أ. د / شكيب محمد باجرش.           | أ. د / داوود عبدالملك الحدابي. |
| أ. د / صالح عوض عزم.              | أ. د / محمد حاتم المخلافي.     |
| أ. د / أنيس أحمد عبدالله طائع.    | أ. د / محمد عبدالله الصوفي.    |
| أ. د / إبراهيم محمد الحوثي.       | د / عبده أحمد علي النزيلي.     |
| أ / عبدالله علي إسماعيل الرازحي.  | أ / محمد عبدالله زبارة.        |

د . عبدالله سلطان الصلاحي.

في إطار تنفيذ التوجهات الرامية للاهتمام بنوعية التعليم وتحسين مخرجاته تلبية للاحتياجات ووفقاً للمتطلبات الوطنية.

فقد حرصت وزارة التربية والتعليم في إطار توجهاتها الإستراتيجية لتطوير التعليم الأساسي والثانوي على إعطاء أولوية استثنائية لتطوير المناهج الدراسية، كونها جوهر العملية التعليمية وعملية ديناميكية تتسم بالتجديد والتغيير المستمرين لاستيعاب التطورات المتسارعة التي تسود عالم اليوم في جميع المجالات.

ومن هذا المنطلق يأتي إصدار هذا الكتاب في طبعته المعدلة ضمن سلسلة الكتب الدراسية التي تم تعديلها وتنقيحها في عدد من صفوف المرحلتين الأساسية والثانوية لتحسين وتجويد الكتاب المدرسي شكلاً ومضموناً، لتحقيق الأهداف المرجوة منه، اعتماداً على العديد من المصادر أهمها: الملاحظات الميدانية، والمراجعات المكتبية لتلافي أوجه القصور، وتحديث المعلومات وبما يتناسب مع قدرات المتعلم ومستواه العمري، وتحقيق الترابط بين المواد الدراسية المقررة، فضلاً عن إعادة تصميم الكتاب فنياً وجعله عنصراً مشوقاً وجذاباً للمتعلم .

ويعد هذا الإنجاز خطوة أولى ضمن مشروعنا التطويري المستمر للمناهج الدراسية ستبعتها خطوات أكثر شمولية في الأعوام القادمة، وقد تم تنفيذ ذلك بفضل الجهود الكبيرة التي بذلها مجموعة من ذوي الخبرة والاختصاص في وزارة التربية والتعليم والجامعات من الذين أنضجتهم التجربة وصقلهم الميدان برعاية كاملة من قيادة الوزارة والجهات المختصة فيها .

ونؤكد أن وزارة التربية والتعليم لن تتوانى عن السير بخطى حثيثة ومدروسة لتحقيق أهدافها الرامية إلى تنوير الجيل وتسليحه بالعلم وبناء شخصيته المتزنة والمتكاملة القادرة على الإسهام الفاعل في بناء الوطن اليمني الحديث والتعامل الإيجابي مع كافة التطورات العصرية المتسارعة والمتغيرات المحلية والإقليمية والدولية.

أ.د. عبدالرزاق يحيى الأشول

وزير التربية والتعليم

رئيس اللجنة العليا للمناهج

## بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

### مقدمة

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف المرسلين وعلى آله وصحبه  
أجمعين وبعده :

هذا هو كتاب الكيمياء للصف الثالث الثانوي، وقد تم تأليفه مصحوباً  
بكتاب الأنشطة والتجارب العملية وكذا دليل المعلم. وقد بذلنا قصارى جهدنا  
في إخراجها بالصورة التي هي عليه الآن مستفيدين من خبرات عربية وعالمية وقد  
حرصنا على تقديم المفاهيم بطريقة مشوقة للطالب والمعلم، بحيث يسهل تعلم  
هذه المفاهيم ذاتياً، إذ تنوعت الخبرات والمعلومات وتم التركيز على الأنشطة التي  
يسهل تنفيذها؛ حيث إنها تشمل على مواد يمكن الحصول عليها من خامات  
البيئة المحلية، وحرصنا على أن تكون الأمثلة ملائمة لحياة الطالب اليومية، ونتوقع  
من هذا الكتاب أن يلبي طموحاتنا الكبيرة التي نتمنى أن يتسلح بها الجيل  
الجديد خاصة وأن التطورات في هذا المجال متسارعة ومتلاحقة، إذ أننا نعيش  
عصر الانفجار المعرفي.

إن علم الكيمياء يهتم بالدرجة الأولى على دراسة مكونات المادة وخصائصها  
الفيزيائية والكيميائية وسلوك العناصر وتفاعلاتها المختلفة؛ حيث إن هذا العلم  
يهتم بتفسير الظواهر الكيميائية تفسيراً علمياً مستنداً على النظريات والقوانين  
المرتبطة بهذا العلم الذي تم تسخير تطبيقاته المتعددة والمتنوعة لصالح الإنسانية،  
إضافة إلى ذلك فإن علم الكيمياء يعد مصدراً أساسياً للمعرفة ومجالاً هاماً  
للتطبيق العملي لجميع فروع العلوم الطبيعية.

وقد احتوى هذا الكتاب على تسع وحدات دراسية مختلفة، حيث تعالج  
الوحدة الأولى العناصر الانتقالية كآخر دراسة لعناصر الجدول الدوري، وفيها  
سيتعرف الطالب على موقع العناصر الانتقالية في الجدول الدوري، وعلى أوجه  
الشبه بينها وبين عناصر (المجموعة الأولى (A) والفرعية (B)). وسيتعرف أيضاً  
على مفهوم العنصر الانتقالي، كما سيقوم الطالب بعد دراسة هذه الوحدة  
بتصنيف هذه العناصر إلى الفئات أو المسلمات الأولى والثانية والثالثة. كما

سيدرس أهم الخواص الفيزيائية والكيميائية لهذه العناصر وأهم استخداماتها، وفي ختام الوحدة سيدرس الطالب مثلاً على هذه العناصر وهو عنصر الحديد وخاماته وخواصه وأهم تفاعلاته .

وفي الوحدة الثانية والتي تركز على الطاقة الحرارية المصاحبة للتغيرات الكيميائية؛ سيدرس الطالب العلاقة بين الطاقة الكيميائية وبقيّة صور الطاقة المختلفة والفرق بين السعة الحرارية والحرارة النوعية وسيقوم بحساب التغيرات الحرارية في العمليات الكيميائية والفيزيائية إلى آخر ذلك من المفاهيم المتعلقة بحرارة التكوين وحرارة الاحتراق وحرارة التعادل .. إلخ .

وفي الوحدة الثالثة سيتعرف الطالب عن الطاقة الكهربائية الناتجة عن تفاعلات الأكسدة والاختزال؛ حيث سيدرس مفهوم التأكسد والاختزال وفقاً للنظرية الإلكترونية وكذا العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة وما المقصود بالخلية الكهروكيميائية والفرق بين الخلية الجلفانية والخلية الإلكتروليتية ومزايا السلسلة الكهروكيميائية وأنواع الخلايا الجلفانية إلى آخر ذلك من التطبيقات العملية لتحليل كهربائي وقانون فاراداي وأمثلة على ذلك .

أما الوحدة الرابعة والتي تدرس الطاقة والتفاعلات النووية فسيتعرف الطالب فيها على مكونات النواة والمقارنة بين التفاعلات الكيميائية والتفاعلات النووية، والنظائر وعلاقتها بالتفاعلات الكيميائية وصولاً إلى العلاقة بين طاقة الترابط النووي واستقرار النواة وكذا تفاعلات التحلل الإشعاعي وأثرها على النواة، وكذا أهم الاستخدامات المفيدة والضارة للتفاعلات النووية .

وفي الوحدة الخامسة والتي تدرس مركبات النيتروجين العضوية والتي قد سبق للطالب دراسة بعض المركبات العضوية في الصف الثاني الثانوي وهي المركبات الأروماتية والمركبات العضوية الأوكسجينية حيث سيتعرف على الامينات والأميدات والحمض الأميني وكل المفاهيم المتعلقة بذلك . كما سيتعرف على الفروق الكيميائية بين هذه المركبات العضوية المختلفة .

أما الوحدة السادسة والتي تتعلق بالكيمياء الحيوية سيتعرف الطالب عن علاقة علم الكيمياء الحيوية بالعلوم الأخرى وتعريف هذا العلم وأهم المواد

الضرورية في غذاء الإنسان والخواص التركيبية للسكريات المختلفة وأهم مصادر واستخدامات بعض الكربوهيدرات المهمة وكذا الزيوت والدهون والحموض الأمينية والببتيدات والبروتينات والأنزيمات وكذا إجراء بعض الأنشطة المتعلقة بهذه المركبات .

والوحدة السابعة تعالج موضوع مهم ولأول مرة يتعرف عليه الطالب ألا وهو الذهب الأسود وسيدرس في هذه الوحدة المقصود بالذهب الأسود وخصائص المركبات الموجودة في خام البترول وكذا النظريات التي حاولت تفسير أصل النفط وطريقة تكوينه إلى آخر ذلك من المفاهيم المتعلقة بتكرير النفط وأهم نواتج ذلك التكرير والمعادلات الكيميائية التي توضح ذلك .

وفي الوحدة الثامنة سيدرس الطالب الصناعات الكيميائية التي لها علاقة بحياة الإنسان مثل الأسمدة وطرق تحضيرها واستخداماتها والخطورة الناجمة عن استخداماتها . . إلخ .

كما سيدرس الألياف الصناعية والصابون والمنظفات الأخرى كالشامبو وكذا الطلاء وكيف يتم تحضيره وتركيبه .

والوحدة الأخيرة في هذا الكتاب سيدرس الطالب قضايا لها ارتباط وثيق بالبيئة من وجهة النظر الكيميائية حيث سيتعرف عن التلوث ومشكلاته وأثر ذلك على البيئة وسيقترح الحلول للمشكلات البيئية من حيث أنواع التلوث ومسببات كل نوع والقضايا البيئية المعاصرة على المستوى المحلي والاقليمي والعالمي .

نأمل أن تضيف هذه المعلومات كما معرفياً يمتاز بالعمق والسعة والشمول لكل جديد في مجال المعرفة كما نأمل أن تكون الأخطاء قليلة فكل جهد مبذول لا بد أن يشوبه بعض الخطأ والكمال لله .

في الأخير نأمل من الأخوة والأخوات الاساتذة والموجهين في الميدان ألا يبخلوا علينا بأرائهم وملاحظاتهم حول مادة الكتاب حتى نستفيد من ذلك في تطويره . والله نسأل أن يوفقنا جميعاً لما فيه خير أمتنا ،،،

**فريق التأليف**



# المحتويات

الصفحة

الموضوع

١١	..... الوحدة الأولى : العناصر الانتقالية
١٢	..... موقع العناصر في الجدول
١٢	..... الخواص العامة
١٤	..... التركيب الإلكتروني وحالات التأكسد
١٦	..... الحديد
٢١	..... تقويم الوحدة
٢٢	..... الوحدة الثانية : الطاقة الحرارية المصاحبة لتغيرات المادة
٢٣	..... صور الطاقة وتحولاتها
٢٦	..... السعة الحرارية والحرارة النوعية
٢٧	..... التفاعلات الكيميائية وحرارة التفاعل
٣١	..... أنواع التغيرات الحرارية
٣٥	..... حرارة التكوين القياسية
٣٥	..... علاقة حرارة التكوين القياسية بثبات المركب
٣٦	..... حساب حرارة التفاعل
٤٠	..... تقويم الوحدة
٤٢	..... الوحدة الثالثة : الطاقة الكهربائية وتفاعلات الأكسدة والاختزال
٤٣	..... الأكسدة والاختزال
٤٦	..... تفاعلات الأكسدة والاختزال
٤٧	..... الخلايا الكهروكيميائية
٤٨	..... الخلايا الجلفانية
٥٣	..... مزايا السلسلة الكهروكيميائية

## تابع المحتويات

الصفحة

الموضوع

٥٤	.....	بعض الخلايا الجلفانية
٥٨	.....	خلايا التحليل الكهربائي
٦٠	.....	تطبيقات على التحليل الكهربائي
٦٥	.....	تفاعلات غير مرغوبة للتأكسد
٦٧	.....	تقويم الوحدة
٦٩	.....	<b>الوحدة الرابعة: الطاقة والتفاعلات النووية</b>
٧١	.....	اكتشاف النظائر
٧٢	.....	أنواع النظائر
٧٣	.....	معادلات التفاعلات النووية
٧٤	.....	طاقة الترابط النووي وعلاقتها بالكتلة المفقودة
٧٦	.....	استقرار النواة
٧٧	.....	العلاقة بين نسبة عدد البروتونات والنيوترونات واستقرار النواة
٧٩	.....	الجسيمات والإشعاعات الصادرة من الأنوية غير المستقرة
٨٠	.....	التفاعلات النووية
٨٧	.....	الوقاية من خطر التلوث الإشعاعي
٨٩	.....	تقويم الوحدة
٩١	.....	<b>الوحدة الخامسة: مركبات النيتروجين العضوية</b>
٩٢	.....	الأمينات
٩٥	.....	الأميدات
٩٧	.....	النيتريلات
٩٧	.....	الحموض الأمينية
١٠٣	.....	تقويم الوحدة

## الوحدة السادسة: الكيمياء الحيوية ..... ١٠٤

١٠٥ ..... مقدمة عن الكيمياء الحيوية

١٠٦ ..... المواد الأساسية التي يحتاجها الإنسان في غذائه

١٠٦ ..... الكربوهيدرات

١١٢ ..... البروتينات

١١٥ ..... الليبيدات

١١٨ ..... الفيتامينات

١١٩ ..... الأنزيمات

١٢١ ..... تقويم الوحدة

## الوحدة السابعة: الذهب الأسود ..... ١٢٣

١٢٤ ..... الذهب الأسود مصدر من مصادر الطاقة

١٢٥ ..... أصل النفط الخام

١٢٨ ..... الكشف عن وجود النفط

١٣٠ ..... استخراج النفط

١٣١ ..... تكرير النفط

١٣٤ ..... النفط كمصدر للطاقة

١٣٥ ..... النفط كمصدر للمنتجات الصناعية

١٣٧ ..... تقويم الوحدة

## الوحدة الثامنة: صناعات كيميائية في خدمة الإنسان ..... ١٣٨

١٣٩ ..... صناعات كيميائية في مجال الزراعة

١٤٠ ..... الأسمدة والمخصبات

## تابع المحتويات

الصفحة

الموضوع

١٤٣	صناعة الأسمدة النيتروجينية
١٤٧	صناعات كيميائية لمكافحة الحشرات الضارة
١٥٠	مبيدات حديثة غير ضارة بالبيئة والإنسان
١٥١	صناعات كيميائية في مجال الكساء
١٥٧	الصناعات الكيميائية للمواد الاستهلاكية
١٦٥	تقويم الوحدة
١٦٧	<b>الوحدة التاسعة: الكيمياء والبيئة</b>
١٦٨	مفهوم البيئة
١٦٩	مفهوم التلوث
١٦٩	الملوثات
١٦٩	ملوثات الهواء
١٧٨	ملوثات المياه
١٧٩	ملوثات التربة
١٨٠	الحلول المقترحة للحد من تلوث البيئة
١٨٣	تقويم الوحدة
١٨٤	المصطلحات العلمية



## العناصر الانتقالية في الجدول الدوري

### موقع العناصر في الجدول:

إذا تأملنا في الجدول الدوري للعناصر، فإننا سنحدّد موقع العناصر الانتقالية فيه والتي تقع بين المجموعتين الرئيسيتين (IIA) ، و (IIIA).

- تأمل موقع العناصر الانتقالية باستخدام الجدول الدوري للعناصر .
- كم عددها؟ وبأي عنصر تبدأ هذه العناصر في الجدول الدوري؟
- سجّل ملاحظاتك في كراستك .

تنشأ هذه العناصر الانتقالية نتيجة الملاء التدريجي للأغلفة الفرعية: d ، f . وكقاعدة، يعتبر العنصر انتقالياً إذا كان يحتوي على غلاف فرعي d أو f مملوء جزئياً، سواء في حالته الحرة أو في أحد مركباته .

- عرفت سابقاً طريقة التوزيع الإلكتروني لذرات العناصر، استخدم هذه الطريقة للتعرف على التوزيع الإلكتروني للذرات الآتية:  $^{26}\text{Fe}$  ،  $^{30}\text{Zn}$  ،  $^{80}\text{Hg}$
- سجّل ذلك في كراستك .
  - ما الغلاف الفرعي الموجود في المستوى الأخير لهذه الذرات؟
  - هل هذه العناصر انتقالية، أم لا ؟ لماذا؟

### الخواص العامة:

تسمّى عناصر المجموعات (B) في الجدول الدوري بالعناصر الانتقالية الرئيسية، وقد رُتبت هذه العناصر تبعاً لزيادة أعدادها الذرية في ثلاث سلاسل انتقالية أفقية في الدورات 4 ، 5 ، 6 وتقابل ملئاً تدريجياً للمستويات الفرعية (3d , 4d , 5d) على الترتيب، حيث إن أول فلز انتقالي في السلسلة الانتقالية الرئيسية الأولى «العنصر الثالث في الدورة الرابعة» هو السكندنيوم  $^{21}\text{Sc}$ ، ويتميز بوجود إلكترون واحد في المستوى الفرعي (3d) ويستمر امتلاء هذا المستوى بزيادة إلكترونات بالتدريج حتى تنتهي السلسلة بعنصر الخارصين  $^{30}\text{Zn}$  بامتلاء المستوى الفرعي (3d) وتليها سلسلة الانتقال الرئيسية الثانية التي تبدأ بعنصر اليتريوم  $^{39}\text{Y}$  (4d) وتنتهي بالكاديوم  $^{48}\text{Cd}$  (4d) ، ثم سلسلة الانتقال الرئيسية الثالثة التي تبدأ بعنصر اللانثانوم  $^{57}\text{La}$  (5d) وتنتهي بالزئبق  $^{80}\text{Hg}$  (5d) .

تتميز هذه الفلزات بالصلابة، والبريق الفلزي، ولها القدرة العالية لتوصيل الكهرباء والحرارة، كما أن لها درجات انصهار وجليان عالية، وتمتلك الخواص الفيزيائية التي تقترن عادة بالفلزات، غير أنها تختلف اختلافاً واضحاً عن الفلزات الرئيسية في الخواص الكيميائية؛ فالفلزات الرئيسية التي تقع في المجموعات: IA، IIA، IIIA هي عوامل مختزلة؛ لأنها تفقد إلكترونات التكافؤ مكونة أيونات موجبة  $M^{+1}$ ،  $M^{+2}$ ،  $M^{+3}$  وتتأكسد أثناء التفاعلات، مثل: الصوديوم والمغنيسيوم الألومونيوم، وبالمقابل نجد أن الفلزات الانتقالية في مجموعات IB، IIB، IIIB مختلفة كثيراً في نشاطها، فمثلاً:

**عناصر المجموعة IB:** تمتاز عناصر هذه المجموعة التي تتكون من فلزات: النحاس، والفضة، والذهب بخمولها الكيميائي، لذلك فهي تستخدم لعمل النقود والحلي، وتسمى هذه العناصر عادةً بفلزات العملات.

**عناصر المجموعة IIB:** عناصر هذه المجموعة هي: الخارصين، والكاديوم، والزنك؛ وكيمياء هذه العناصر بسيطة نسبياً، وذلك لأن أعداد حالات التأكسد فيها محدودة، مقارنة ببقية العناصر الانتقالية الأخرى، فالزنك يوجد في حالة التأكسد (+2) في الأيون  $Hg^{2+}$ ، وفي حالة التأكسد (+1) في الأيون  $Hg_2^{2+}$ ، ونجد أن الخارصين والكاديوم يظهران في حالة التأكسد (+2) فقط.

**عناصر المجموعة IIIB:** تتكوّن هذه المجموعة من العناصر: سكانيديوم، يتريوم، لانثانوم، أكتينيوم، وهي من أكثر الفلزات الانتقالية نشاطاً، إذ أنّ لها جهود تأكسد تقارب جهود تأكسد الفلزات القلوية القريبة منها في الجدول؛ لذا فهي تتفاعل بشدة مع الماء.

**عناصر المجموعة IVB:** وهذه المجموعة تتكوّن من العناصر الآتية: تيتانيوم، وزركونيوم، وهافنيوم، وهي توجد في الطبيعة بنسبة أعلى من عنصر الرصاص أو النحاس، إلا أن فصلها من خاماتها يتطلّب عوامل مختزلة قوية جداً، ولهذا فإن هذه الفلزات غالية الثمن نسبياً.

**عناصر المجموعة VB:** وعناصر هذه المجموعة هي: فاناديوم، نيوبيوم، وتنتاليوم، وهذه العناصر لها جهود تأكسد عالية، فمثلاً نجد جهد تأكسد فاناديوم ضعف جهد تأكسد الخارصين، لكنه لا يتأثر بالأحماض المعدنية القوية ولا بالعوامل المؤكسدة القوية مثل الكلور والبروم.

عناصر المجموعة VIB: وعناصر هذه المجموعة تتكوّن من: كروم، وموليبيدوم، وتنجستن، وتتميّز بمقاومتها الفائقة للتآكل. وإذا اعتبرنا جهد تأكسد الكروم الذي يزيد عن جهد تأكسد العنصر النشط كادميوم، فإنه ليس من المستغرب ألا يتأكسد الكروم بسهولة؛ وذلك لأن سطحه يتغطى بطبقة من الأكسيد تحميه من مزيد من التأكسد.

عناصر المجموعة VIIB: وتتكوّن هذه المجموعة من عناصر: المنجنيز، والتكتينيوم، والرينيوم، وأكثرها شيوعاً وانتشاراً هو المنجنيز والذي يُعدُّ العنصر الثالث عشر من حيث الوفرة في القشرة الأرضية، يُكوّن المنجنيز مركبات بحالات تأكسد (2+، 3+، 4+، 6+، 7+).

عناصر المجموعة VIIB: وتتكوّن هذه المجموعة من تسعة عناصر، وتشغل الأعمدة رقم (8، 9، 10)، وتصنف إلى ثلاث عائلات أفقية كل عائلة منها تسمى بأشهر عنصر فيها مثل: عائلة الحديد في الدورة الرابعة، وتشمل (الحديد، والكوبلت، والنيكل)، وعائلة البلاديوم في الدورة الخامسة وتشمل (الروثينيوم، والروديوم، والبلاديوم)، أما في الدورة السادسة فتوجد عائلة البلاتين وتشمل (الأوزميوم، والإيريديوم، والبلاتينوم)، وتتميز فلزات عائلة البلاتين بخمولها الشديد، وهي تستخدم لصنع الحلي، وعمل الأدوات المختبرية التي لا تتآكل وتستخدم لأغراض أخرى، أما فلزات عائلة الحديد فإنها ذات أهمية صناعية كبيرة.

### التركيب الإلكتروني وحالات التأكسد:

عند الانتقال في الجدول الدوري من اليسار إلى اليمين عبر أي دورة من دورات العناصر الانتقالية الرئيسية، يتم ملء تدريجيًّا للغلاف الفرعي d الواقع تحت الغلاف الخارجي مباشرة، كما هو ملاحظ في الدورة الرابعة (عناصر السلسلة الانتقالية الرئيسية الأولى)، والتي تمّ فيها ملء المستوى الفرعي 3d كما في الجدول (1-1). فكل من هذه العناصر تمتلك توزيعاً إلكترونياً يشتمل على التوزيع الإلكتروني لذرة الأرجون  $4s^2 [Ar]$  كاملاً مضافاً إليه تتابع ملء الغلاف 3d باستثناء الكروم والنحاس فهما شاذان، كما هو ملاحظ في الجدول (1-1).



العنصر	الرمز	التوزيع الإلكتروني	حالات التأكسد الشائعة
سكانديوم	Sc	[Ar] 3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup>	+ 3
تيتانيوم	Ti	[Ar] 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>	+ 2 , + 3 , + 4
فانديوم	V	[Ar] 3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup>	+ 2 , + 3 , + 4 , + 5
كروم	Cr	[Ar] 3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup>	+ 2 , + 3 , + 6
منجنيز	Mn	[Ar] 3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>	+ 2 , + 3 , + 4 , + 6 , + 7
حديد	Fe	[Ar] 3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>	+ 2 , + 3
كوبلت	Co	[Ar] 3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup>	+ 2 , + 3
نيكل	Ni	[Ar] 3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup>	+ 2 , + 3
نحاس	Cu	[Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup>	+ 2 , + 1
خارصين	Zn	[Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	+ 2

جدول (١-١) التوزيع الإلكتروني لعناصر السلسلة الانتقالية الرئيسية الأولى

الدورة السادسة السلسلة الانتقالية الثالثة	الدورة الخامسة السلسلة الانتقالية الثانية
57 La [Xe] 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	39 Y [Kr] 4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup>
72 Hf [Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup>	40 Zr [Kr] 4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup>
73 Ta [Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup>	41 Nb [Kr] 4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup>
74 W [Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>	42 Mo [Kr] 4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup>
75 Re [Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup>	43 Tc [Kr] 4d <sup>6</sup> 5s <sup>1</sup>
76 Os [Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	44 Ru [Kr] 4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup>
77 Ir [Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup>	45 Rh [Kr] 4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup>
78 Pt [Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>9</sup> 6s <sup>1</sup>	46 Pd [Kr] 4d <sup>10</sup> 5s <sup>0</sup>
79 Au [Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup>	47 Ag [Kr] 4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup>
80 Hg [Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	48 Cd [Kr] 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup>

جدول (٢-١) يوضح التوزيع الإلكتروني لعناصر السلسلتين الانتقالتين الثانية والثالثة

كما توجد حالات شاذة مشابهة في السلسلتين الانتقالتين: الثانية والثالثة، يمكنك تحديدها إذا تمعنت النظر في الجدول (٢-١).

وبالنسبة للعناصر الانتقالية الداخلية (اللانتانيدات والأكتينيدات)، فإنها سميت بهذه الأسماء؛ لأن لكل منها خواصاً مطابقة إلى حد ما لخواص العنصر الأول في السلسلتين الانتقالتين الثالثة والرابعة. وعند التوزيع الإلكتروني يتم تدريجياً ملء الغلاف الفرعي f الواقع في مستوى تحت الغلاف الخارجي بمقدار غلافين، وبمرورنا بعناصر سلسلة اللانتانيدات في الدورة السادسة تكتمل تعبئة الغلاف الفرعي 4f وهكذا في الدورة التي تليها عند مرورنا بعناصر سلسلة الأكتينيدات، يتم ملء الغلاف الفرعي 5f.

وهكذا فإن التوزيع الإلكتروني للعناصر الانتقالية يحدد خواصها الكيميائية والفيزيائية.

ولكي نتعرف أكثر على الفلزات الانتقالية، فإننا سنستعرض فلزات عائلة الحديد، على اعتبار أنها أكثر شيوعاً، وسوف ندرس فلز الحديد بشيء من التفصيل كنموذج لهذه الفلزات. والجدول (٣-١) يوضح بعض خواص عائلة الحديد بشكل منفرد.

نصف القطر (Å)		الوزن الذري	التركيب الإلكتروني	رمز العنصر	العنصر
الأیوني	الذري				
٠٫٧٦	١٫١٦	٥٥٫٨٥	[Ar] 3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>	<sup>26</sup> Fe	حديد
٠٫٧٤	١٫١٦	٥٨٫٦٢	[Ar] 3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup>	<sup>27</sup> Co	كوبلت
٠٫٧٢	١٫١٥	٥٨٫٧١	[Ar] 3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup>	<sup>28</sup> Ni	نيكل

جدول ( ٣-١ ) خواص عائلة الحديد

## الحديد (Fe)

الحديد هو أكثر الفلزات الانتقالية استعمالاً، وذلك لوفرتة النسبية وسهولة استخلاصه من خاماته، وفي حالته النقية نجد أنه ليس قاسياً جداً، ولكن عند إضافة كميات صغيرة من الكربون والفلزات الأخرى إليه تتكوّن سبائك الفولاذ القوية .

### خامات الحديد :

الحديد فلز فعّال نوعاً ما، ويكوّن مركبات بشكل رئيس في حالتي التأكسد (٢+ و ٣+)، وتتأكسد مركبات الحديد (II) لتعطي مركبات الحديد (III) المقابلة لها. كما يكوّن الحديد ثلاثة أكاسيد هي: FeO و Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> و (FeO. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sup>II III</sup>. وأكسيد الحديد (II) صعب التحضير، ويتحوّل إلى Fe و Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> عند تسخينه، كما توضّح المعادلة الآتية :



وتختلف خامات الحديد حسب تركيبها الكيميائي والمعدني، ومن أهمها:

١ - أكسيد الحديد المغناطيسي (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>): وهو خام، لونه رمادي مائل للسواد، ويسمّى بالاسم المعروف الماجنيتايت Magnetite، وتكون نسبة الحديد عادةً من (٤٠-٧٠٪)، وفي حالتي تأكسد مختلفتين، وتكتب صيغته بالشكل (Fe<sup>II</sup>, Fe<sup>III</sup>) للدلالة على حالات تأكسد الحديد، وكما يدلُّ اسمه فإن الماجنيتايت مغناطيسي، وهو من خامات الحديد المهمة؛ لأنه من الممكن فصله بسهولة عن الصخور عديمة الفائدة بواسطة مغناطيس قوي؛ لأنه غني بالحديد .

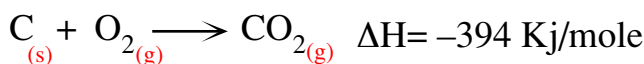
٢ - أكسيد الحديد اللامائي: ويُسمى أكسيد الحديد هنا بالهيماتيت، ويكون الحديد فيه على شكل أكسيد الحديد (III) الأحمر ( $Fe_2O_3$ ). وتراوح نسبة الحديد فيه ما بين ٤٥-٥٠٪، واستخراج الحديد من هذا الأكسيد يُعدُّ اقتصادياً أكثر من استخراجه من الخامات الأخرى، مثل: الماجنيتايت؛ لأنه من السهل اختزال الخامات الحمراء منه.

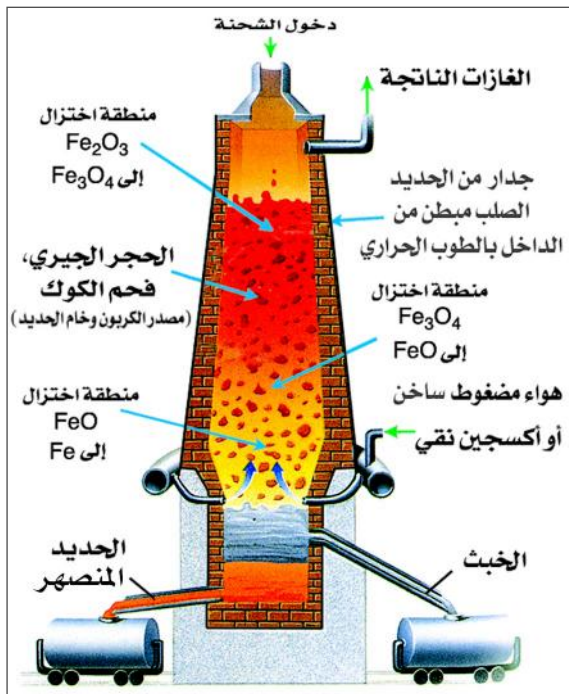
٣ - أكسيد الحديد المائي: وصيغته الكيميائية هي ( $Fe_2O_3.nH_2O$ )، حيث يحتوي هذا المركب على كمية من الماء، ويُسمى (بالليمونيت) نسبة إلى لونه الأصفر، ويحتوي غالباً على ١٤,٥٧٪ من فلز الحديد، و ٢٥,٥٣٪ ماء، وهذا الأكسيد المميا هو الصدأ (Rust).  
أما خامات الحديد الأخرى فيكون نسبة الحديد فيها ما بين ٢٥-٥٠٪.

### تعددين الحديد:

يستخرج الحديد من خاماته وذلك عن طريق الاختزال، ولأن الحديد ينتج بكميات كبيرة فإن المادة المُختزلة يجب أن تكون رخيصة الثمن وأقل تكلفة. ومن أرخص هذه المواد الكربون (على شكل فحم الكوك) الذي ينتج من الفحم الحجري بعد تسخينه إلى درجات حرارة مرتفعة بمعزل عن الهواء. وتؤدي هذه المعالجة إلى طرد المواد المتطايرة الموجودة في الفحم الحجري (والتي يتم منها اشتقاق مواد كيميائية أخرى مهمة) مُخلِّفةً وراءها كربوناً نقياً إلى حدٍ ما. وتتمُّ عملية اختزال الحديد في الفرن العالي (اللافح) كما يأتي:

- يضاف إلى الفرن مزيج من الخامات تُسمى بالشحنة (Charge) والتي تتألف من حجر جيرى وفحم الكوك وخام الحديد، الذي يحتوي غالباً على  $Fe_2O_3$  مخلوطاً ببعض الشوائب مثل  $SiO_2$  (أي رمل، حوالي ١٠٪)، وكميات ضئيلة من مركبات أخرى محتوية على الكبريت والفوسفور الألومينيوم والمنجنيز. وبعد ذلك يُدفع إلى داخل الفرن هواء ساخن مضغوط أو أكسجين نقي، كما في شكل (١-١)، حيث يتفاعل الأكسجين مع الكربون منتجاً غاز ثاني أكسيد الكربون مصحوباً بانطلاق حرارة عالية، حسب المعادلة الآتية:



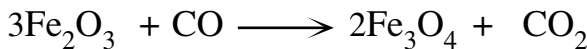


شكل (١-١) الفرن العالي (اللافح)

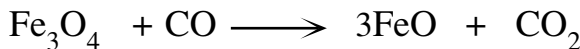
وتؤدي كمية الحرارة المرتفعة المتولدة في هذا القسم من الفرن إلى رفع درجة الحرارة إلى ما يقارب ١٩٠٠م، وفي أثناء تصاعد الغازات الساخنة يتفاعل  $CO_2$  مع كميات إضافية من الكربون في تفاعل ماص للحرارة ليكون أول أكسيد الكربون الذي يعتبر عامل الاختزال الفعال في الفرن.



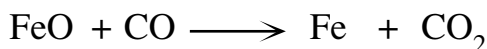
وتحدث عملية اختزال خام الحديد في سلسلة من الخطوات، انظر الشكل (١-١) تجد أنه بقرب قمة الفرن يتم اختزال  $Fe_2O_3$  إلى  $Fe_3O_4$ ، كما في المعادلة الآتية:



وإلى أسفل من ذلك بقليل، في منطقة أكثر حرارة من الفرن، يختزل  $Fe_3O_4$  إلى  $FeO$ ، حسب المعادلة الآتية:

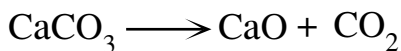


وأخيراً تختزل  $FeO$  إلى الفلز تحت المنطقة السابقة - أيضاً - ويكون الفلز عند درجات الحرارة العالية منصهراً، فينساب إلى الأسفل مكوناً بركة من الفلز المنصهر في قاعدة البرج.

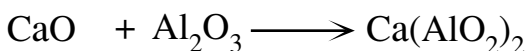
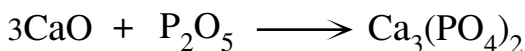
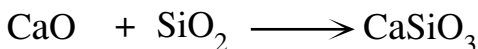


ووظيفة الحجر الجيري في الفرن تتمثل في تزويد وسط قاعدي تتفاعل معه الأكاسيد الحمضية، مثل:  $SiO_2$  و  $P_2O_5$ ، أو الأكاسيد الأمفوتيرية مثل  $Al_2O_3$ .

ف عند درجات الحرارة المرتفعة يتحلل الحجر الجيري  $\text{CaCO}_3$  ليكوّن الجير (CaO) و  $\text{CO}_2$ ، حسب المعادلة الآتية:



ويتفاعل بعد ذلك الجير، كالتالي:



وللمواد الناتجة عن هذه التفاعلات درجات انصهار منخفضة وهي في الحالة السائلة عند تكوينها، ويتجه هذا المزيج والذي يُسمى بالخبث (Slag) إلى قاعدة الفرن، حيث يطفو على سطح الحديد المصهور. وفي أثناء تكوّن هاتين الطبقتين تهبط الشحنة في الفرن، وعندها يتم وضع كميات إضافية من مزيج (الحجر الجيري، وخام الحديد، وفحم الكوك) من الفتحة العليا للفرن. وبهذه الطريقة يعمل الفرن العالي (اللافح) باستمرار عن طريق إضافة شحنة من الأعلى وسحب الحديد المصهور والخبث من الأسفل، ويتم عادة تشغيل هذه الأفران لمدة شهر في كل مرة قبل إيقافها لأغراض الصيانة الروتينية. ويُسمى الحديد المنصهر الذي يتم سحبه من الفرن العالي بالحديد الفضي، ويتكوّن من حوالي ٩٥٪ حديد، وما يقارب ٤٪ من الكربون، مع بعض الكميات الضئيلة من: السليكون، والمنجنيز، والفوسفور، والكبريت. وهذا الحديد الناتج يُعدُّ صلباً جداً، ويمكن صبه في قوالب كحديد صب (Cast Iron)، أما الخبث فيمكن استعماله في صناعة الإسمنت.

### خواص الحديد:

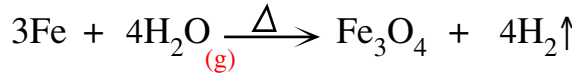
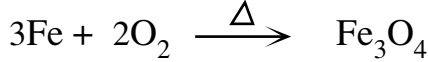
الحديد النقي في حالته الصلبة عبارة عن فلز فضيّ أبيض اللون، لين، قابل للطرق وكثافته عند درجة ٢٠م تساوي ٧,٨٧٤ جم/سم<sup>٣</sup>، ودرجة انصهاره ١٥٣٥م، ودرجة غليانه ٢٧٥٠م، وعند انصهار الحديد يزداد حجمه بمقدار ٤,٤٪. ويعتبر الحديد من المواد المختزلة الجيدة، كما أنه يعد موصلاً جيداً للحرارة والكهرباء، ومسحوق الحديد أسود وغالباً ما يتوفّر في المعامل المدرسية باسم برادة الحديد.

ومن أهم تفاعلات الحديد ما يلي :

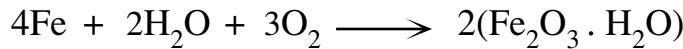
١- تأثير الهواء على الحديد :

أ- لا يتأثر الحديد بالهواء الجاف عند درجة حرارة الغرفة .

ب - عند تسخين الحديد لدرجة الاحمرار فإنه يتفاعل مع الأكسجين، وكذلك مع بخار الماء مكوناً أكسيد الحديد المغناطيسي .

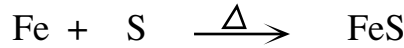
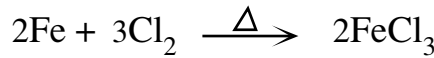


ج- يتفاعل الحديد مع الهواء الرطب مكوناً طبقة من الصدأ، وهي طبقة هشة مسامية غير قادرة على وقاية الحديد من مواصلة التآكل، والتفاعل الإجمالي لتكوين الصدأ هو :



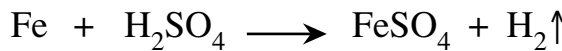
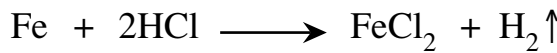
ولحماية الحديد من التآكل نستخدم عملية الجلفنة .

٢ - تفاعل الحديد مع اللافلزات : يتحد الحديد مع كثير من اللافلزات في درجات الحرارة العالية، فمثلاً يُكوّن مع الكلور كلوريد الحديد (III) ، ومع الكبريت كبريتيد الحديد (II) :



٣- تفاعل الحديد مع الأحماض :

يتفاعل الحديد مع حمض الهيدروكلوريك المخفف أو المركز، وحمض الكبريتيك المخفف ليعطي أملاح الحديد المطابقة وغاز الهيدروجين .



#### ملاحظة

لا يتأثر الحديد بحمض الكبريتيك وحمض النيتريك المركزين (تركيز عالٍ)، ويرجع ذلك لتكوين طبقة رقيقة من أكسيد الحديد المغناطيسي ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )، وهذه الطبقة تحمي فلز الحديد من استمرار التفاعل .

الكشف عن الحديد في أملاحه: قم بتنفيذ التجارب الخاصة بالكشف عن الحديد في أملاحه في كتاب الأنشطة والتجارب العملية المرفق بهذا الكتاب.

### تقويم الوحدة

- ١ - حدّد موقع العناصر الانتقالية في الجدول الدوري.
- ٢ - ما الفروق الرئيسية بين الفلزات الرئيسية والفلزات الانتقالية؟
- ٣ - ما المقصود بالعنصر الانتقالي؟
- ٤ - ما الخواص العامة للعناصر الانتقالية؟ ارسم جدولاً من تصميمك محدداً فيه هذه الخواص.
- ٥ - بينّ علام يعتمد تصنيف عناصر الفئة (d) إلى السلسلات الانتقالية الأولى والثانية والثالثة؟
- ٦ - لماذا تُعدُّ عناصر الفئة (f) من العناصر الانتقالية الداخلية؟
- ٧ - لأكاسيد الحديد أسماء وصيغ كيميائية مختلفة. ما أسماء هذه الأكاسيد، وما صيغها الكيميائية؟
- ٨ - وضح بالرسم كيف تتمُّ عملية اختزال الحديد في الفرن العالي (اللافح) مدعماً إجابتك بالمعادلات الكيميائية.
- ٩ - أين يقع عنصر الحديد من بين العناصر الانتقالية الأخرى في الجدول الدوري؟
- ١٠ - كيف يمكن الكشف عن الحديد في أملاحه؟
- ١١ - علّل:
- أ - لا يتأثر الحديد بحمض الكبريتيك وحمض النيتريك المركزين.
- ب - يعتبر الحديد من المواد المختزلة.
- ج - يضاف الحجر الجيري إلى المزيج المسمّى بالشُّحنة عند استخراج الحديد من خاماته.
- د - الحديد من أكثر الفلزات الانتقالية استخداماً.
- هـ - توضع سلسلتي اللانثانيدان والأكتينيدات أسفل الجدول.

# الطاقة الحرارية المصاحبة لتغيرات المادة (الكيمياء الحرارية Thermochemistry)

## الوحدة الثانية



تفاعلات طاردة للحرارة

تفاعلات ماصة للحرارة

### الأهداف

- نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :
- ١ - تشرح العلاقة بين الطاقة الكيميائية وبقية صور الطاقة .
  - ٢ - تُفرِّق بين السعة الحرارية والحرارة النوعية .
  - ٣ - تطبِّق قانون الحرارة النوعية في الحسابات الكيميائية الحرارية .
  - ٤ - تكتب معادلات تُبيِّن التغيرات الحرارية للعمليات الكيميائية والفيزيائية .
  - ٥ - تُوضِّح معنى حرارة التفاعل وعلاقتها بالمحتوى الحراري .
  - ٦ - تُفرِّق بين التفاعلات الطاردة والماصة للحرارة .
  - ٧ - تُوضِّح المقصود بحرارة التكوين، وحرارة الاحتراق، وحرارة التعادل، وحرارة الذوبان، وحرارة التكثيف .
  - ٨ - تحسب التغيرات الحرارية باستخدام حرارة التكوين القياسية .
  - ٩ - تُطبِّق قانون هس في الحسابات الحرارية الكيميائية .

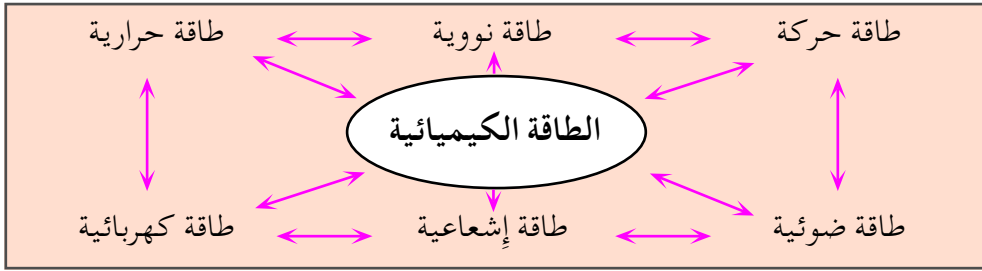


من المعلوم أن الطاقة توجد بأشكال عدّة منها: الحرارية، والميكانيكية والكهربائية، والضوئية، والكيميائية، والاختلاف في أشكال الطاقة قد يوحي بأن كل شكل مستقل بذاته، إلا أن ذلك غير صحيح؛ لأنه يمكننا تحويل الطاقة من شكل إلى آخر. فمثلاً الطاقة الكيميائية المخزونة في وقود السيارات (خليط من المركبات الهيدروكربونية) جازولين يمكن تحويلها إلى طاقة ضوئية أو حركية. وهذا يقودنا إلى استنتاج أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث، وإنما تتحوّل من شكل إلى آخر، وهذا ما نصّ عليه القانون الآتي.

**قانون بقاء الطاقة:** ينصُّ على أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث ضمن قدرة الخلق، ولكن يمكن نقلها من مكان إلى آخر، أو تحويلها من شكل إلى آخر.

### صور الطاقة وتحولاتها:

يوضح الشكل (١-٢) بعضاً من تحولات الطاقة وعلاقة الطاقة الكيميائية بأشكال الطاقة الأخرى.



شكل (١-٢) صور الطاقة وتحولاتها

- من الشكل السابق تتضح أهمية الطاقة الكيميائية، وضّح ذلك .
  - هل يمكنك من خلال الشكل (١-٢) توضيح قانون بقاء الطاقة؟
- في دراستنا لهذه الوحدة سوف تتضح العلاقة بين الطاقة الكيميائية والطاقة الحرارية. الطاقة الكيميائية: هي طاقة مخزونة ضمن الوحدات التركيبية للمواد الكيميائية، لذلك تُسمّى «طاقة الوضع الكيميائية»، وتختلف كمية الطاقة المخزونة في أي مادة طبقاً لنوع الذرات الداخلة في تركيب المادة ونظام ترتيبها.
- فوقود السيارات يحتوي على كمية كبيرة من طاقة الوضع الكيميائي، بينما لا يحتوي الماء على القدر نفسه من الطاقة.

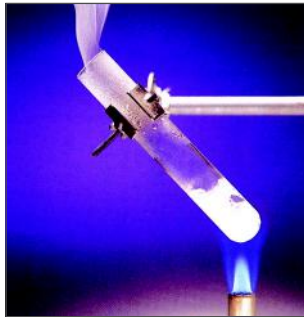
- ما العلاقة بين نوع الذرات الداخلة في تكوين مركبي الماء والجازولين وبين الطاقة الكيميائية المخزونة في كلٍّ منهما؟



شكل (٢-٢)  
تفاعل البوتاسيوم مع الماء

عرفت في دراستك السابقة أهمية الطاقة للإنسان وكيف أن علم الكيمياء يسهم إسهاماً كبيراً في دراسة التغيرات الكيميائية وما يصاحبها من تغيرات في الطاقة، حيث أن هناك تغيرات كيميائية تحدث نتيجة للتفاعل بين الذرات أو الجزيئات، وتكون مصحوبة إما بامتصاص أو انطلاق طاقة حرارية، ومثال ذلك تفاعل البوتاسيوم مع الماء والذي يكون مصحوباً بانطلاق كمية من الحرارة والضوء، كما هو موضح في الشكل (٢-٢).

– اكتب معادلة تفاعل البوتاسيوم مع الماء موضحاً سبب الاشتعال الذي يحدث أثناء التفاعل.



شكل (٣-٢) تحلل نترات الأمونيوم بالحرارة

لعلك أدركت من خلال دراستك السابقة أن هناك بعض التفاعلات التي لا يمكن أن تحدث إلا عند امتصاص كمية من الحرارة، ومثال ذلك: تحلل نترات الأمونيوم ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) إلى غاز أكسيد النيتروز ( $\text{N}_2\text{O}$ ) وبخار الماء، كما هو موضح في الشكل (٣-٢).

– اكتب معادلة التفاعل التي توضح انحلال نترات الأمونيوم بالحرارة.

وسوف يتم دراسة بعض العلاقات بين صور الطاقة في وحدات أخرى من هذا الكتاب.

الكيمياء الحرارية: هو العلم الذي يهتم بدراسة التغيرات الحرارية المصاحبة للتغيرات الكيميائية والفيزيائية.

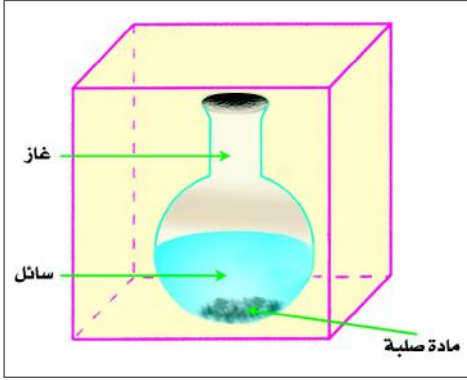
– ما علاقة حدوث التفاعل الكيميائي بالطاقة؟

للإجابة عن هذا السؤال يمكنك الرجوع إلى ما سبق لك دراسته من تفاعلات كيميائية في المراحل السابقة، وستلاحظ أن معظم التفاعلات الكيميائية تكون مصحوبة بتغيرات في الطاقة، حيث إن أغلب التفاعلات الكيميائية تكون إما طاردة للحرارة، أو ماصة لها. ففي حالة التفاعلات الطاردة للحرارة تنتقل الطاقة من النظام (System) إلى الوسط المحيط، بينما نجد أنه في التفاعلات الماصة للحرارة يقوم النظام بامتصاص الطاقة من الوسط المحيط.

## ولكن ما المقصود بكل من النظام والوسط المحيط؟

النظام (System): هو جزء معيّن من الكون محدود بحدود معينة قد تكون حقيقية أو تخيلية.

الوسط المحيط: وهو ذلك الجزء المتبقي خارج حدود النظام.



شكل (٤-٢) يوضح النظام

الشكل (٤-٢) يعطي مثالاً للنظام والذي يمثل أحد التفاعلات الكيميائية التي حدثت داخل الدورق.

- ما عناصر هذا النظام؟
- ما حدود هذا النظام؟
- ما الوسط المحيط بهذا النظام؟

إذا حدث تغيير في النظام الموضّح في الشكل (٤-٢)، بحيث أنّ الحرارة لا يمكن نقلها عبر الحدود الفاصلة بين النظام والوسط المحيط به، فإننا نسمّي هذه العملية (عملية أديباتية، Adiabatic) ومثال ذلك التفاعل الذي يحدث في وعاء معزول حرارياً.

ومن الممكن أن نحفظ النظام في درجة حرارة معينة أثناء حدوث التغيير، وفي هذه الحالة تسمّى العملية (أيزوثيرمي، Isothermal).

تسمّى المتغيرات الفيزيائية للنظام والتي يمكن ملاحظتها أو قياسها خواص النظام، مثل: الحجم، والضغط، ودرجة الحرارة. وبتحديد خواص النظام، يمكن تحديد حالته؛ فإذا كانت قيم خواص النظام لا تتغير مع الزمن، فإن النظام يكون في حالة اتزان.

### العلاقة بين الحرارة ودرجة الحرارة:

تعتبر الحرارة (Heat) أحد أشكال الطاقة، ويمكن أن تنتقل الطاقة على هيئة حرارة من النظام أو إليه عبر عملية التوصيل الحراري، أو عبر عملية الإشعاع الحراري.

الحرارة: طاقة تنتقل من جسم إلى آخر نتيجة للاختلاف في درجة حرارة الجسمين، وتنتقل الحرارة تلقائياً من المادة الأعلى إلى الأقل في درجة الحرارة، وتقاس بوحدات الطاقة، وهي الجول.

أما درجة الحرارة (Temperature): فهي مقياس لشدة الحرارة أو البرودة، وتقاس باستخدام الترمومتر، ويعبر عنها بالدرجة المئوية، أو بالكلفن.

### السعة الحرارية والحرارة النوعية: Heat Capacity and Specific Heat

السعة الحرارية Heat Capacity: هي كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة كمية معينة من مادة درجة مئوية واحدة (م<sup>١</sup>). السعة الحرارية =  $\frac{\text{كمية الحرارة}}{\text{التغير في درجة الحرارة}}$

أما الحرارة النوعية Specific Heat: فهي كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة جرام واحد من المادة بمقدار درجة مئوية واحدة.

ويمكن حساب الحرارة النوعية من العلاقة الآتية:

$$\text{الحرارة النوعية} = \frac{\text{الطاقة المكتسبة أو المفقودة}}{\text{الكتلة} \times \text{التغير في درجة الحرارة}} \text{ جول / جم. درجة مئوية}$$

انظر الجدول (٢-١) الذي يتضمن بعض المواد الشائعة وحرارتها النوعية.

المادة	حالتها	حرارتها النوعية جول / (جم × م <sup>٢</sup> )
الماء	سائل	٤,١٨
الثلج	صلب	٢,٠٦
بخار الماء	غاز	١,٨٧
الألمونيا	غاز	٢,٠٩
البنزين	سائل	١,٧٤
الإيثانول	سائل	٢,٤٤
الألومنيوم	صلب	٠,٨٩٧
الحديد	صلب	٠,٤٤٩
الزئبق	سائل	٠,١٤٠
الرصاص	صلب	٠,١٢٩

#### ملاحظة

الحرارة النوعية للماء تساوي ٤,١٨ جول / جرام × م<sup>٢</sup>. إلا أنه وجد أن الحرارة النوعية لمعظم المواد الأخرى أقل من الحرارة النوعية للماء. فعلى سبيل المثال: الحرارة النوعية للحديد تساوي ٠,٤٤٩ جول / جرام × م<sup>٢</sup>. وهذا يعني أن كمية معينة من الحرارة يمكن أن ترفع درجة حرارة جرام واحد من الحديد بقدر أكبر مما ترفعه في الجرام الواحد من الماء.

جدول (٢-١) الحرارة النوعية لبعض المواد الشائعة

- قارن بين الحرارة النوعية للماء وبقية المواد الموضحة في الجدول (٢-١). ماذا تلاحظ؟
- عند تسخين جرام واحد من الرصاص، وجرام واحد من الحديد، فأَي منهما يمكن أن ترتفع درجة حرارته بشكل أكبر؟ ولماذا؟

### ■ مثال:

قطعة من النحاس كتلتها ٩٥,٤٩ جم امتصت كمية من الحرارة مقدارها ٨٤٩ جول فزادت درجة حرارتها من ٢٥م إلى ٤٨م، أوجد الحرارة النوعية للنحاس.

### ■ الحل:

$$\begin{aligned} & \frac{\text{الطاقة الحرارية المكتسبة}}{\text{كتلة النحاس} \times \text{التغير في درجة الحرارة}} = \text{الحرارة النوعية للنحاس} \\ & \frac{849 \text{ جول}}{95,49 \text{ جم} \times (48 - 25) \text{ م}} = \\ & \frac{849 \text{ جول}}{95,49 \text{ جم} \times 23 \text{ م}} = \\ & 0,387 \text{ جول / جم} \times \text{م} = \end{aligned}$$

## التفاعلات الكيميائية وحرارة التفاعل

عرفت سابقاً أنه عند تفاعل المواد الداخلة في التفاعل تنتج مواد جديدة تُسمى بالمواد الناتجة، ويصاحب ذلك إما امتصاص للطاقة الحرارية أو انطلاقها. ويعتمد انطلاق الطاقة الحرارية أو امتصاصها على طبيعة المواد الداخلة والناتجة من التفاعل وعلى كمية الطاقة المخزونة في هذه المواد أو ما يسمى بالمحتوى الحراري للمادة (Heat Content).

**المحتوى الحراري للمادة:** هو كمية الحرارة المخزونة في المادة عند تكوينها ويرمز له بالرمز H.

فعند حدوث التفاعل الكيميائي يكون مصحوباً بتغير في الطاقة الحرارية والتي يمكن من خلالها التوصل إلى ما يسمى بحرارة التفاعل (Heat of Reaction).

**حرارة التفاعل:** هي كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند تفاعل المواد الداخلة في التفاعل بشكل تام، لتكوين النواتج ويرمز لها بالرمز  $(\Delta H)$ .

### ملاحظة

الرمز  $\Delta$  ينطق دلتا ، وهو يشير إلى التغير في المحتوى الحراري .

من خلال ما سبق يتضح أن حرارة التفاعل تعبر عن الفرق بين المحتوى الحراري للنواتج والمتفاعلات، ولذلك يمكن التعبير عنها باستخدام المعادلة الآتية:  
 حرارة التفاعل  $(\Delta H) =$  مجموع المحتوى الحراري للنواتج - مجموع المحتوى الحراري للمتفاعلات  

$$\sum H_{\text{للنواتج}} - \sum H_{\text{للمتفاعلات}} = (\Delta H) \quad \therefore$$

ومن خلال المعادلة السابقة يمكن تقسيم التفاعلات الكيميائية إلى قسمين رئيسيين هما:

### ١ - تفاعلات طاردة للحرارة : Exothermic Reactions

وهي التفاعلات الكيميائية التي يصاحبها انطلاق طاقة حرارية كنتاج من نواتج التفاعل .  
 وفي هذا النوع من التفاعلات يكون مجموع المحتويات الحرارية للمتفاعلات أكبر من مجموع المحتويات الحرارية للنواتج، أي أن:

$$\sum H_{\text{للمتفاعلات}} - \sum H_{\text{للنواتج}} = (\Delta H)$$

(أكبر)                      (أقل)

- ماذا نتوقع أن تكون إشارة  $\Delta H$  للتفاعل الطارد للحرارة؟

### ٢- تفاعلات ماصة للحرارة : Endothermic Reactions

وهي التفاعلات الكيميائية التي يصاحبها امتصاص طاقة حرارية .  
 وفي هذا النوع من التفاعلات يكون مجموع المحتويات الحرارية للنواتج أكبر من مجموع المحتويات الحرارية للمتفاعلات، أي أن:

$$\sum H_{\text{للمتفاعلات}} - \sum H_{\text{للنواتج}} = (\Delta H)$$

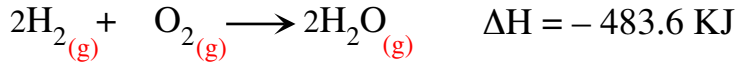
(أقل)                      (أكبر)

- ماذا نتوقع أن تكون إشارة  $\Delta H$  للتفاعل الماص للحرارة؟

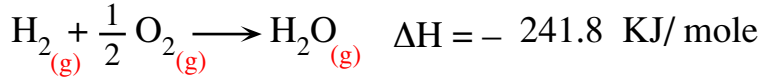
وللتعرف على مفهوم التفاعلات الطاردة والماصة للحرارة، يمكن تتبع المثال الآتي:

■ مثال:

عند إشعال مولين من غاز الهيدروجين مع مول واحد من الأكسجين عند درجة حرارة الغرفة يتكون مولان من بخار الماء وتنطلق كمية من الطاقة مقدارها ٤٨٣,٦ كيلوجول، وفقاً للمعادلة الآتية:



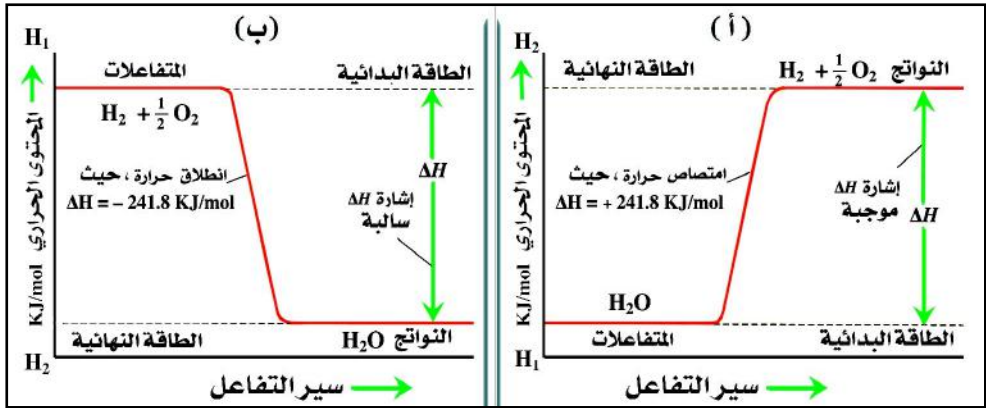
وإشارة  $\Delta H$  السالبة تعني أن هذا التفاعل طارد للحرارة، وكمية الحرارة المنطلقة تعتمد على كمية المتفاعلات والناتج، وبالتالي فإن إنتاج مول واحد من بخار الماء يتطلب تفاعل مول واحد من الهيدروجين مع نصف مول من الأكسجين. ويصاحب هذه العملية انبعاث كمية من الحرارة مقدارها ٢٤١,٨ كيلوجول/مول، وفقاً للمعادلة الآتية:



وعلى العكس فإن تفكك مول واحد من الماء يعتبر ماصاً للحرارة وفقاً للمعادلة الآتية:



ويوضح الشكل (٢-٥) التغيير في المحتوى الحراري للتفاعلات الماصة والطاردة للحرارة.



شكل (٢-٥) التفاعل الماص، والطارد للحرارة

### ملاحظة

الحالة الفيزيائية للمتفاعلات والنواتج يجب أن تؤخذ في الاعتبار في التفاعلات الحرارية؛ لأنها تؤثر على إجمالي كمية الطاقة المستهلكة أو المنطلقة، فمثلاً كمية الطاقة المطلوبة لتكسير الماء تكون أكبر من ٤٨٣,٦ كيلو جول إذا بدأنا بالماء على هيئة ثلج، لأن إذابة الثلج تتطلب طاقة إضافية، وكذلك تحويله من الحالة السائلة إلى الحالة البخارية يتطلب طاقة إضافية.

من الشكل (٢-٥)، قارن بين الرسمين البيانيين (أ) و (ب)، ثم وضح الفرق بين الطاقة الابتدائية والنهائية للمتفاعلات والنواتج في الحالتين؟

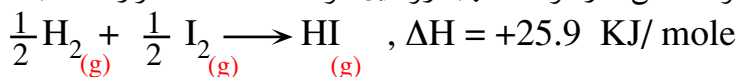
### المعادلة الكيميائية الحرارية:

هناك بعض الشروط التي يجب التنبه لها عند كتابة المعادلة الكيميائية الحرارية، وهي كالآتي:

- ١ - تكتب المعادلة الكيميائية موزونة.
- ٢ - الحالة الفيزيائية للنواتج والمتفاعلات يجب أن تكتب في المعادلة الكيميائية الحرارية أسفل رمز العنصر أو المركب، فالحالة الصلبة يرمز لها بالرمز (s)، والحالة السائلة بالرمز (l)، والحالة الغازية بالرمز (g)، والحالة المائية بالرمز (aq).
- ٣ - يجب كتابة قيمة حرارة التفاعل  $\Delta H$ ، وتكون موجبة إذا كان التفاعل ماصاً للحرارة، و سالبة إذا كان التفاعل طارداً للحرارة.
- ٤ - إذا عكس التفاعل، فإن إشارة  $\Delta H$  تُعكس أيضاً.
- ٥ - وحدات  $\Delta H$  تمثل بالكيلو جول (KJ).
- ٦ - في حالة ضرب أو قسمة المعادلة الحرارية بمعامل معين ينطبق ذلك على قيمة حرارة التفاعل.

### ■ مثال:

يتفاعل نصف مول من غاز الهيدروجين مع نصف مول من بخار اليود وينتج عن ذلك مول واحد من غاز يوديد الهيدروجين، وفقاً للمعادلة الحرارية الآتية:



- ارسم شكلاً بيانياً تمثل فيه هذا التفاعل، وهل التفاعل ماص أم طارد للحرارة؟ ولماذا؟
- اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية التي تعبر عن تحلل مول واحد من HI، ومثل ذلك بشكل بياني. وهل التفاعل ماص أم طارد للحرارة؟ ولماذا؟



## أنواع التغيرات الحرارية

عرفت سابقاً أن التغيرات التي تحدث للمادة قد تكون فيزيائية وقد تكون كيميائية .  
- ما الفرق بين التغيرات الكيميائية والفيزيائية؟  
وعرفت أيضاً أن التغيرات الكيميائية والفيزيائية تكون مصحوبة أيضاً بتغيرات حرارية، ولذلك يمكن أن نقسّم التغيرات الحرارية إلى قسمين وفقاً لنوع التغير الذي يحدث للمادة، وذلك على النحو الآتي :

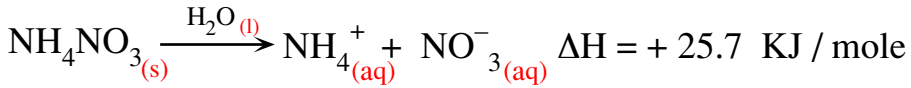
### ( أ ) تغيرات حرارية فيزيائية :

وتشمل : حرارة الذوبان وحرارة التبخير، والتكثيف، والتي سيتم مناقشتها باختصار على النحو الآتي :

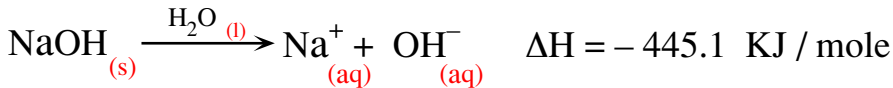
أ ( حرارة الذوبان Heat of Solution : وهي عبارة عن كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند إذابة مول واحد من المادة في كمية من المذيب تكفي للحصول على محلول مشبع .

### ■ مثال :

تذوب نترات الأمونيوم ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) في الماء وتكون هذه العملية مصحوبة بامتصاص كمية من الحرارة من الوسط، مما يؤدي إلى انخفاض حرارة المحلول، ولذلك فإن إتمام عملية الذوبان للوصول بالمحلول إلى درجة التشبع فلا بد من تسخين المحلول، ويوصف هذا التغير بأنه ماص للحرارة .



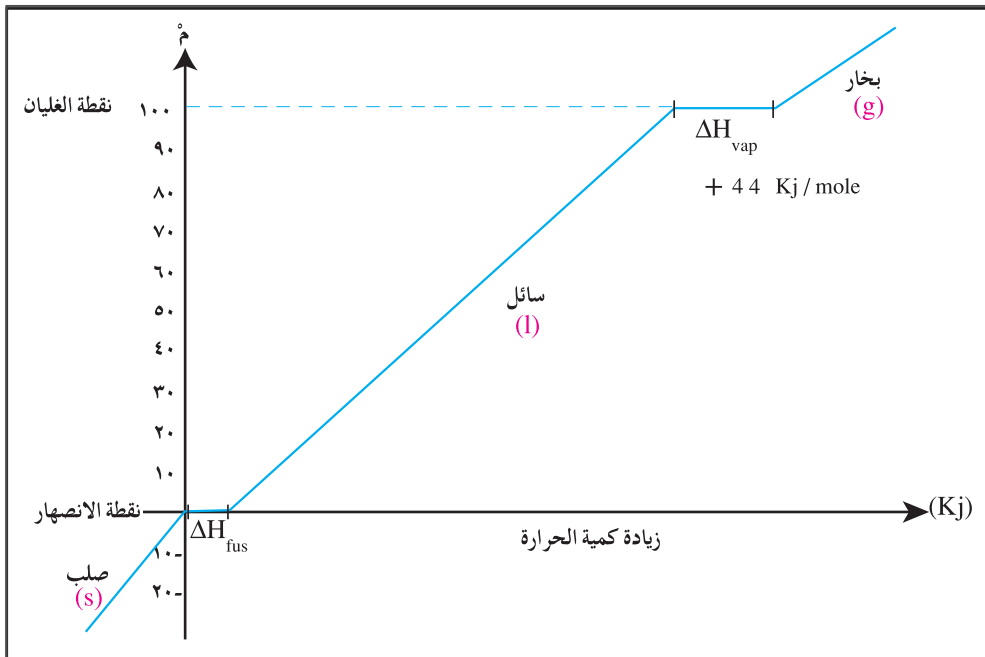
وهناك موادّ أخرى مثل هيدروكسيد الصوديوم يكون ذوبانها مصحوباً بانطلاق حرارة، مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة المحلول، ولذلك نقوم بتبريد المحلول للوصول إلى المحلول المشبع .



### نشاط (٢-١)

نفذ النشاط الخاص بحرارة الذوبان .

ب) حرارة التبخير والتكثيف Heat of Vaporization and Condensation :  
 عرفت سابقاً أن الماء المتجمد ( الثلج ) يتحوّل إلى سائل عند امتصاصه  
 لكمية من الحرارة، وعند استمرار التسخين يبدأ السائل بالغليان ويتحوّل  
 السائل إلى بخار ماء، ويوضح الشكل ( ٢-٦ ) منحنى التسخين للماء .  
 ويمكن استخدام المعادلة الحرارية الآتية لوصف عملية تحوّل الماء السائل لبخار .



شكل ( ٢-٦ ) منحنى تسخين الماء ابتداء من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية

- من خلال الشكل ( ٢-٦ ) :
- ماذا يحدث لدرجة الحرارة عند نقطة الانصهار وعند نقطة الغليان؟
  - أي عمليات التحوّل تحتاج إلى درجة حرارة عالية، تحويل كمية من الثلج إلى سائل، أم تحويل الكمية نفسها من سائل إلى غاز؟
  - اكتب المعادلة الحرارية التي تعبّر عن تحوّل بخار الماء إلى سائل موضحاً قيمة  $\Delta H$ .
  - هل عملية التكثيف ماصة أم طاردة للحرارة؟

## ٢) تغيرات حرارية كيميائية :

وتشمل : حرارة التعادل، وحرارة الاحتراق، وحرارة التكوين، والتي سيتم مناقشتها باختصار على النحو الآتي :

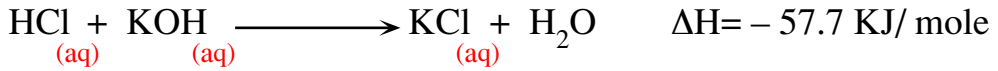
أ) حرارة التعادل Heat of Neutralization : عرفت سابقاً أن تفاعل الحموض مع القواعد ينتج عنه ملح وماء، ويسمى هذا التفاعل بتفاعل التعادل، وتنطلق نتيجة لذلك كمية من الحرارة تسمى بحرارة التعادل.

**تعريف حرارة التعادل :** هي كمية الحرارة المنطلقة نتيجة تكوّن مول واحد من الماء عند تعادل حمض مع قاعدة في المحاليل المخففة.

والتعادل : هي عملية يتم خلالها اتحاد أيونات الهيدروجين الموجبة ( $H^+$ ) مع أيونات الهيدروكسيل السالبة ( $OH^-$ ) لتكوين الماء. وقد وجد أن حرارة تكوين الماء الناتج عن تفاعل أيونات الهيدروجين مع أيونات الهيدروكسيل تساوي (- ٥٧,٧ كيلو جول / مول) عند تعادل حمض قوي مع قاعدة قوية.



ومثال ذلك تعادل حمض الهيدروكلوريك مع هيدروكسيد البوتاسيوم، وفقاً للمعادلة الآتية :



- اكتب معادلة التعادل الحرارية التي توضح تفاعل محلول مخفف من حمض النيتريك مع محلول مخفف من هيدروكسيد البوتاسيوم.

### ملاحظة

حرارة التعادل للحموض القوية مع القواعد القوية تساوي قيمة ثابتة وهي (- ٥٧,٧) كيلو جول / مول، تقل إذا كانت القاعدة أو الحمض ضعيفاً، أو كلاهما.

ب) حرارة الاحتراق القياسية ( $\Delta H_c^\circ$ ) Standard Heat of Combustion :

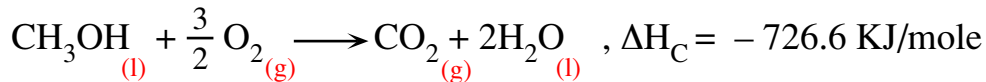
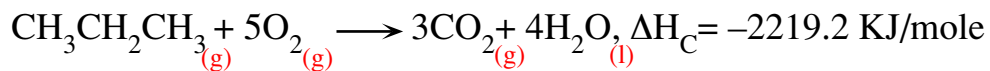
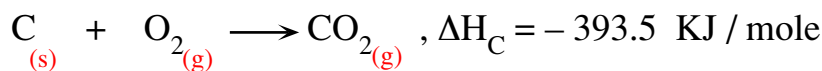
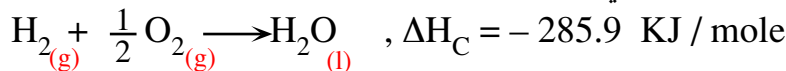
تحترق بعض العناصر أو المركبات في وجود كمية وافرة من الأكسجين أو في الهواء الجوي احتراقاً تاماً، وينتج عن ذلك انطلاق كمية من الحرارة يطلق عليها حرارة الاحتراق.

**وتعرّف حرارة الاحتراق القياسية بأنها:** كمية الحرارة المنطلقة عند احتراق مول واحد من المادة احتراقاً تاماً في وجود كمية وافرة من الأكسجين أو الهواء الجوي عند ٢٥ م، وتحت ضغط يعادل الضغط الجوي المعتاد.

### ملاحظة

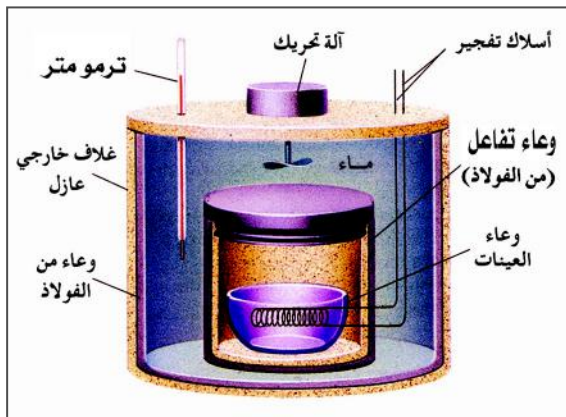
تحترق معظم العناصر الفلزية واللافلزية مع الأكسجين، وينتج عن ذلك تكوّن الأكاسيد، بينما تحترق المركبات العضوية المحتوية على الكربون والهيدروجين أو الكربون والهيدروجين والأكسجين، وينتج عن ذلك تكوّن ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء.

ويمكن كتابة المعادلة الكيميائية الحرارية التي تعبّر عن احتراق بعض المواد في وجود الأكسجين على النحو الآتي:



### قياس حرارة الاحتراق (المسعر الحراري)

تقاس حرارة الاحتراق لكثير من المواد بدقة باستخدام مسعرات خاصة مثل مسعر القنبلة الموضح في الشكل (٢-٧)، حيث يجري التفاعل باستخدام كميات معلومة



من المادة المراد حرقها مع كمية وافرة من الأكسجين تحت ضغط (١ جو) وتكون موضوعة في وعاء معزول من الصلب يُسمّى بوعاء التفاعل (القنبلة)، ويتم إشعال المادة باستخدام سلك كهربائي، ويحاط وعاء التفاعل بكمية موزونة من الماء.

شكل (٢-٧) مسعر القنبلة

وعند حدوث الاحتراق تنتقل الحرارة إلى الماء المحيط بوعاء التفاعل والذي يُحرَّك باستمرار لضمان تساوي درجة الحرارة في المسعر كله .

ويمكن معرفة كمية الحرارة المنطلقة عن طريق قياس الزيادة في درجة حرارة الماء والمسعر، ومن خلال ثابت المسعر يمكن حساب حرارة الاحتراق القياسية للمادة .

### أهمية معرفة حرارة الاحتراق القياسية للمواد :

يستفيد الكيميائيون من القيم المحسوبة لحرارة الاحتراق للتعرف على حرارة التكوين لبعض المركبات العضوية التي لا يمكن قياس حرارة تكوينها مباشرة، كما أن خبراء الوقود يحرصون على معرفة حرارة الاحتراق للمواد المستخدمة كوقود واختيار الأفضل منها، كما يهتم خبراء التغذية في حساب القيم الحرارية للأغذية المختلفة .

## حرارة التكوين القياسية: $\Delta H_f^0$ Standard Heat of Formation

تعرف حرارة التكوين القياسية لمركب ما بأنها: كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند تكوين مول واحد من المركب من عناصره الأولية في حالتها القياسية، ويرمز لها بالرمز  $\Delta H_f^0$ .

### علاقة حرارة التكوين القياسية بثبات المركب من حيث التحلل الحراري.

إن معرفتنا لحرارة التكوين القياسية للمركبات تساعد على تحديد مدى استقرارها أو ميلها للتحلل إلى عناصرها الأولية عند درجة حرارة الغرفة .

وقد لاحظ الكيميائيون من خلال نتائج التجارب ما يلي :

١ - المركبات التي تمتلك حرارة تكوين كبيرة وسالبة تكون أكثر ثباتاً واستقراراً عند درجة حرارة الغرفة ولا تميل إلى الانحلال .

٢ - المركبات التي تمتلك حرارة تكوين كبيرة وموجبة تميل عادة إلى الانحلال التلقائي إلى عناصرها الأولية عند درجة حرارة الغرفة .

- استخدم البيانات الموضحة في الجدول (٢-٢) لترتيب المركبات الآتية تنازلياً من الأكثر إلى الأقل ثباتاً بالنسبة لقدرتها على التحلل .  
الماء السائل ، غاز كلوريد الهيدروجين، البنزين، حمض الخليك، كربونات الكالسيوم، أكسيد النيتريك .

### ملاحظة

الحالة القياسية للعنصر:

حالة وجود العنصر في الطبيعة عند درجة حرارة ٢٥ م° ، وضغط (١ جو).

المادة	الصيغة الكيميائية	حالتها الفيزيائية	حرارة التكوين القياسية كيلو جول / مول
الماء	H <sub>2</sub> O	سائل	- ٢٨٥,٨
الماء	H <sub>2</sub> O	بخار	- ٢٤١,٨
البروم*	Br <sub>2</sub>	سائل	٠,٠٠
أكسيد الحديد III	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	صلب	- ٨٢٢,٢
كلوريد الهيدروجين	HCl	غاز	- ٩٢,٣
الأمونيا	NH <sub>3</sub>	غاز	- ٤٦,١٩
البنزين	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	سائل	+ ٤٩,٤
الكحول الميثيلي	CH <sub>3</sub> OH	سائل	- ٢٣٨,٦
أكسيد الألومنيوم	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	صلب	- ١٦٦٩,٨
حمض الخليك	CH <sub>3</sub> COOH	سائل	- ٤٨٧,٠
الكربون*	C	جرافيت	٠,٠٠
الكربون	C	ألماس	+ ١,٨٨
كربونات الكالسيوم	CaCO <sub>3</sub>	صلب	- ١٢٠٧,٠
أكسيد الكالسيوم	CaO	صلب	- ٦٣٥,١
هيدروكسيد الصوديوم	NaOH	صلب	- ٤٢٦,٨
أول أكسيد الكربون	CO	غاز	- ١١٠,٥
ثاني أكسيد الكربون	CO <sub>2</sub>	غاز	- ٣٩٣,٥
أكسيد النيتريك	NO	غاز	+ ٩٠,٣٧
ثاني أكسيد النيتروجين	NO <sub>2</sub>	غاز	+ ٣٣,٩

جدول (٢-٢) حرارة التكوين القياسية لبعض المواد

### حساب حرارة التفاعل:

يلجأ العلماء في كثير من الأحيان إلى طرق غير مباشرة للتعرف على حرارة التفاعل ( $\Delta H$ )، للأسباب التالية:

\* حرارة التكوين القياسية لجميع العناصر في حالتها القياسية تساوي صفراً.

١ - وجود صعوبة لقياس حرارة التفاعل بطرق مباشرة عند الظروف القياسية (٢٥ م، واحد ضغط جوي).

٢ - وجود بعض المواد المتفاعلة أو الناتجة مختلطة بمواد أخرى.

٣ - وجود مخاطر عند قياس حرارة التفاعل بطرق تجريبية.

ومن الطرق غير المباشرة والشائعة المستخدمة لحساب حرارة التفاعل ما يلي:

١) استخدام حرارة التكوين  $\Delta H_f^\circ$ :

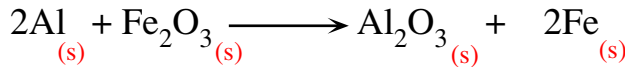
عرفت سابقاً بأن حرارة التكوين القياسية لجميع العناصر تساوي صفرًا عند درجة حرارة ٢٥ م وضغط جوي ١.

• حرارة التفاعل  $(\Delta H^\circ)$  = مجموع المحتوى الحراري للنواتج - مجموع المحتوى الحراري للمتفاعلات  
وباستبدال المحتوى الحراري للمركبات  $(\Delta H^\circ)$  بحرارة التكوين  $\Delta H_f^\circ$ ، فإن المعادلة السابقة تصبح:

$\Delta H^\circ$  = مجموع حرارة التكوين للمواد الناتجة - مجموع حرارة التكوين للمواد المتفاعلة

ويمكن استخدام هذه المعادلة لحساب حرارة التفاعل، على النحو الآتي:

■ **مثال (١):** احسب حرارة التفاعل الآتي:



إذا علمت أن حرارة تكوين أكسيد الحديد (III) القياسية = ٨٢٢,٢ كيلو جول / مول، وحرارة تكوين أكسيد الألومينيوم القياسية = ١٦٦٩,٨ كيلو جول / مول. فهل هذا التفاعل ماص أم طارد للحرارة.

■ **الحل:**

•• حرارة تكوين عنصر الألومينيوم والحديد يساوي صفرًا.

•• حرارة التفاعل  $\Delta H^\circ$  = مجموع حرارة تكوين النواتج - مجموع حرارة تكوين المتفاعلات

$$[ (١٦٦٩,٨ - \times ١) + (٢ \times \text{صفر}) ] - [ (٨٢٢,٢ - \times ١) + (٢ \times \text{صفر}) ] =$$

$$[ -٨٢٢,٢ + ١٦٦٩,٨ ] - [ ٨٢٢,٢ + ٠ ] = -٨٤٧,٦ \text{ كيلو جول.}$$

•• إشارة  $\Delta H^\circ$  سالبة، فالتفاعل طارد للحرارة.

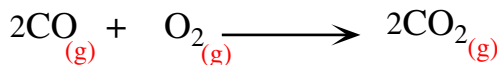
■ **مثال (٢):** باستعمال جدول (٢-٢):

احسب حرارة التفاعل  $(\Delta H^\circ)$  لتفاعل أول أكسيد الكربون (CO) في حالته الغازية

مع الأكسجين  $(\text{O}_2(g))$  في حالته الغازية لتكوين غاز ثاني أكسيد الكربون  $(\text{CO}_2(g))$ ,

وهل التفاعل ماصّ أم طارد للحرارة؟

■ **الحل:** نكتب أولاً المعادلة الكيميائية الحرارية المتوازنة لهذا التفاعل:



$$-110,5 \text{ كيلوجول/مول} = \Delta H_f^{\circ} (\text{CO}_{(g)})$$

$$0 = \Delta H_f^{\circ} (\text{O}_{2(g)})$$

$$-393,5 \text{ كيلوجول/مول} = \Delta H_f^{\circ} (\text{CO}_{2(g)})$$

∴ حرارة التفاعل  $\Delta H^{\circ}$  = مجموع حرارة تكوين النواتج - مجموع حرارة تكوين المتفاعلات

$$[\text{صفر} + (110,5 \times 2)] - (393,5 \times 2) = \Delta H^{\circ}$$

$$221,0 - 787,0 = \Delta H^{\circ}$$

$$-566 \text{ كيلوجول} = \Delta H^{\circ}$$

∴ إشارة  $\Delta H^{\circ}$  سالبة، ∴ التفاعل طارد للحرارة.

(٢) استخدام قانون هس:

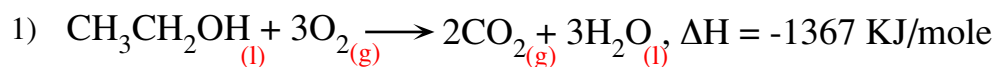
وضع العالم الروسي هس (Hess) قانوناً عُرف باسمه وتوصّل إليه من خلال التجارب التي أجراها عام ١٨٤٠م، ويمكن بواسطة هذا القانون حساب حرارة التفاعل لبعض التفاعلات التي يمكن أن تتم في عدة خطوات والتي يصعب قياسها بطرق تجريبية.

وينصّ قانون هس على أن حرارة التفاعل هي عبارة عن مقدار ثابت عند الظروف القياسية سواء تم التفاعل في خطوة واحدة أو في عدة خطوات.

وتتضح أهمية هذا القانون في إمكانية التعامل مع المعادلات الكيميائية الحرارية وكأنها معادلات جبرية يمكن جمعها وطرحها وضرب طرفيها في معامل ثابت.

ولفهم هذا القانون يمكن تتبّع المثال الآتي:

يمكن تعيين حرارة احتراق الإيثانول  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  القياسية بطريقة مباشرة وفي خطوة واحدة وذلك باستخدام مسعر القنبلة، والتي يُعبّر عنها في المعادلة (١) الآتية:



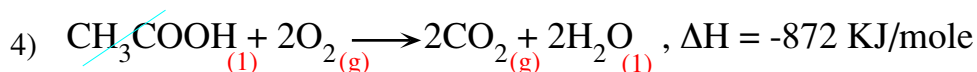
ويمكن كذلك استخدام قانون هس لحساب حرارة التفاعل الذي يمكن أن يتم في عدة خطوات على النحو الآتي:



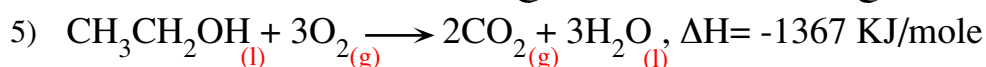
أ) يتم أكسدة الإيثانول بعامل مؤكسد إلى أسيتالدهيد، كما في المعادلة (٢) الموضحة أدناه.

ب) يتم أكسدة الأسيتالدهيد الناتج في المعادلة (٢) إلى حمض الأسيتيك، كما في المعادلة (٣) الموضحة أدناه.

ج) يتم أكسدة حمض الأسيتيك بشكل تام إلى ثاني أكسيد الكربون والماء، كما في المعادلة (٤) الموضحة أدناه.



وبجمع المعادلات (٢، ٣، ٤) ينتج المعادلة العامة (٥) الآتية:



وعند مقارنة التفاعل الذي تم في خطوة واحدة والموضح في المعادلة (١) وناتج جمع التفاعلات التي تمت في عدة خطوات والتي نتج عنها المعادلة (٥)، نلاحظ أن قيمة التغير في المحتوى الحراري هو مقدار ثابت ويساوي (-١٣٦٧ كيلو جول/مول). ومن ذلك نستنتج ما يأتي:

التغير في المحتوى الحراري لأي تفاعل كيميائي تحت ضغط ثابت يساوي كمية ثابتة سواء تم هذا التفاعل في خطوة واحدة أو في عدة خطوات. والاستنتاج السابق هو ما توصل إليه العالم "هس" وقد سُمي هذا القانون بقانون هس (نسبة إليه).

وهذا القانون هو أحد نتائج قانون حفظ الطاقة، وذلك لأن التغير في المحتوى الحراري ( $\Delta H$ ) لأي تفاعل يعتمد على الحالة الابتدائية والنهائية ولا يتأثر بالخطوات الوسيطة التي يسلكها التفاعل.

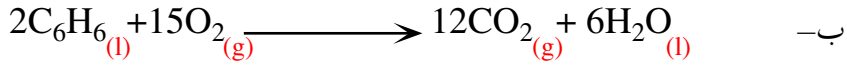
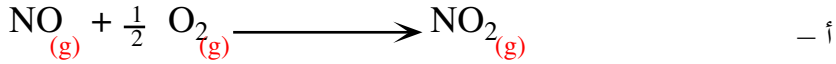
ويُعدُّ قانون هس من القوانين المهمة في الكيمياء الحرارية، وذلك لأنه يمكننا التعامل مع المعادلات الكيميائية وكأنها معادلات جبرية يمكن جمعها وطرحتها وضربها في معامل ثابت. ولذلك فإن هذا القانون يفيدنا في حساب حرارة التفاعلات الخطرة أو المعقدة التي لا يمكن قياسها بطرق تجريبية مباشرة.

## تقويم الوحدة

- ١ - ما العلاقة بين الطاقة الكيميائية والحرارة؟
- ٢ - ما الفرق بين كمية الحرارة ودرجة الحرارة؟
- ٣ - عرّف ما يأتي :
  - أ - حرارة التفاعل .
  - ب- حرارة الذوبان .
  - ج- حرارة التعادل .
  - د - الحرارة النوعية .
  - هـ- حرارة التكوين .
- ٤ - ما المقصود بالتفاعل الطارد للحرارة، والتفاعل الماص للحرارة؟ مع ذكر أمثلة لكل منهما .
- ٥ - يحترق أكسيد النيتريك (NO) في جو من الأكسجين لتكوين غاز ثاني أكسيد النيتروجين مع انطلاق حرارة مقدارها - ٥٦,٥ كيلو جول / مول .
  - أ - اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لهذا التفاعل .
  - ب- هل هذا التفاعل ماصّ للحرارة أم طارد للحرارة؟ ولماذا؟
  - ج- ارسم شكلاً بيانياً تمثّل فيه هذا التفاعل .
- ٦ - وضّح العلاقة بين حرارة التكوين القياسية وثبات المركب حرارياً .
- ٧ - باستعمال جدول (٢) احسب حرارة تكوين الميثان :
 
$$\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$$
- إذا علمت أن حرارة احتراق الميثان هي (- ٨٩٠,٨ كيلو جول / مول) .
  - ٨ - ما أهمية قانون هس؟
  - ٩ - اكتب المعادلات الكيميائية الحرارية الموزونة للتفاعلات الآتية :
    - أ - تفاعل أكسيد الكالسيوم CaO مع الماء لإنتاج هيدروكسيد الكالسيوم مع انطلاق كمية من الحرارة مقدارها ٦٥,٢ كيلو جول / مول .
    - ب- تحلّل بيكربونات الصوديوم NaHCO<sub>3</sub> إلى كربونات صوديوم وماء وثاني أكسيد الكربون، علماً بأن الحرارة الممتصة هي ١٢٩ كيلو جول / مول .

ج- احتراق مول واحد من غاز البروبان  $C_3H_8$  معطياً حرارة مقدارها ٢٢١٩,٢ كيلو جول / مول .

١٠- باستخدام حرارة التكوين القياسية الموضَّحة في الجدول (٢)، احسب حرارة التفاعلات الآتية:

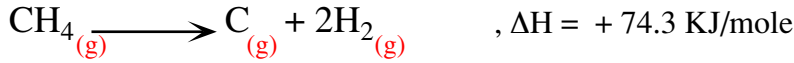


١١- عند احتراق غاز الميثان ينتج غاز  $CO_2$  والماء كما في المعادلة الآتية:



فكيف يمكن استخدام قانون هس لحساب حرارة التفاعل إذا علم أن هناك ثلاث خطوات ممكنة للوصول إلى التفاعل السابق، وهي:

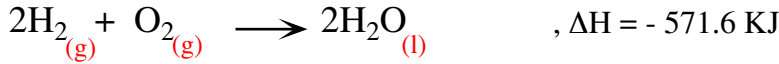
أ- تحليل  $CH_4$  إلى عناصره الأولية، وفقاً للمعادلة الآتية:



ب- تأكسد الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون، وفقاً للمعادلة الآتية:

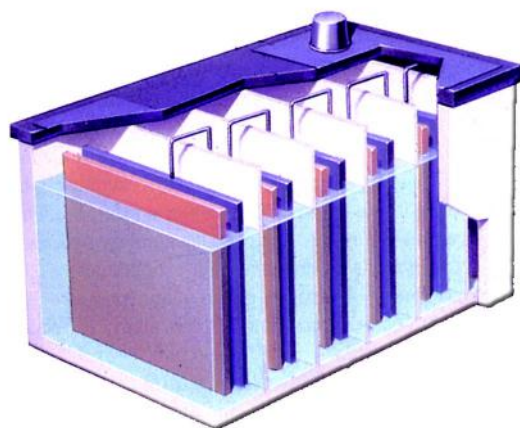
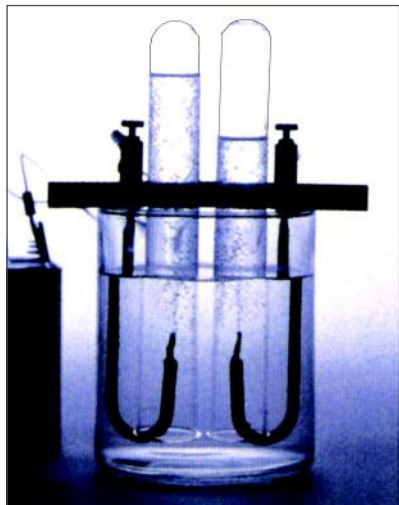


ج- تفاعل الهيدروجين مع الأكسجين لتكوين الماء السائل، وفقاً للمعادلة الآتية:



# الطاقة الكهربائية و تفاعلات الأكسدة والاختزال

## الوحدة الثالثة



### الأهداف

- نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن:
- ١ - تُعرّف التأكسد والاختزال وفقاً للنظرية الإلكترونية.
  - ٢ - تميز بين العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة.
  - ٣ - توضّح المقصود بعدد التأكسد.
  - ٤ - تحسب أعداد التأكسد للذرات في الصيغ المختلفة.
  - ٥ - تصنّف الخلايا الكهروكيميائية.
  - ٦ - توضّح مزايا السلسلة الكهروكيميائية.
  - ٧ - تذكر أنواع الخلايا الجلفانية.
  - ٨ - تشرح التفاعلات الحادثة في المركب الرصاص.
  - ٩ - تقارن بين الخلية الجلفانية والخلية الإلكترونية.
  - ١٠ - توضّح بعض التطبيقات على التحليل الكهربائي للمحاليل ومصاهير الأملاح.
  - ١١ - تطبّق قانونا فارادي في حل المسائل المتعلقة بهما.
  - ١٢ - تعطى أمثلة للتفاعلات غير المرغوبة للتأكسد.

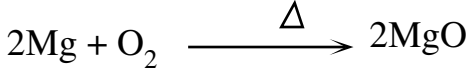
## مقدمة :

تعدُّ الكيمياء الكهربائية فرعاً مهماً من فروع الكيمياء بشكل عام، وتهتم بدراسة التفاعلات التي تحدث تحت تأثير الطاقة الكهربائية، أو التفاعلات التي ينتج عنها طاقة كهربائية.

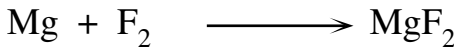
## الأكسدة والاختزال

### مفهوم الأكسدة والاختزال:

كان مفهوم الأكسدة مقتصرًا على تفاعل العناصر مع الأكسجين مكونة أكاسيد، مثل: احتراق شريط من الماغنيسيوم في جو من الأكسجين لتكوين أكسيد الماغنيسيوم.



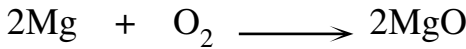
ولكن لوحظ أن اتحاد العناصر مع بعضها يشابه اتحادها مع الأكسجين، فالماغنيسيوم يتفاعل مع الفلور لتكوين فلوريد الماغنيسيوم.



واعتبرت هذه التفاعلات نوعاً من تفاعلات التأكسد وذلك للتشابه الكبير بينها وبين الاتحاد بالأكسجين. وبذلك أصبح مفهوم التأكسد لا يقتصر على اتحاد العناصر بالأكسجين فقط بل أيضاً بالعناصر ذات السالبية الكهربية العالية مثل: الفلور، والكلور، والبروم، واليود، والكبريت.

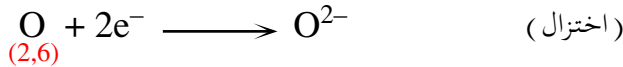
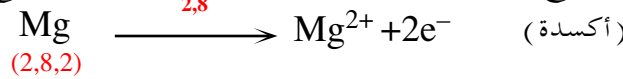
### التأكسد بمفهوم النظرية الإلكترونية :

لو نظرنا إلى تفاعل الأكسجين مع الماغنيسيوم وفقاً للمعادلة الآتية:



فإن هذا التفاعل يمثل إلكترونياً هكذا:  $\text{Mg} + \text{O} \longrightarrow \text{Mg}^{2+} \text{O}^{2-}$   
(2,8,2) (2,6) (2,8) (2,8)

نلاحظ أن ذرة الماغنيسيوم المتعادلة (Mg<sub>2,8,2</sub>) قد فقدت إلكترونين من المستوى الخارجي لها لينتج أيون الماغنيسيوم الموجب (Mg<sup>2+</sup><sub>2,8</sub>)، بينما ذرة الأكسجين اكتسبت إلكترونين وتنتج أيون الأكسجين السالب (O<sup>2-</sup><sub>2,8</sub>) كما هو موضح أدناه:

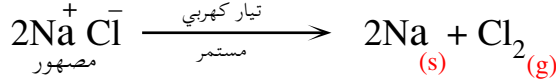


نلاحظ أن عملية التأكسد يصاحبها دائماً عملية اختزال، وبالتالي فهما عمليتان متلازمتان تحدثان في آن واحد في التفاعل نفسه. - كم عدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة في عملية الأكسدة والاختزال في التفاعل السابق؟ وماذا تستنتج؟

الأكسدة : عملية كيميائية يتم فيها فقد إلكترونات .  
الاختزال : عملية كيميائية يتم فيها اكتساب إلكترونات .

- يتفاعل الفلور مع الصوديوم لتكوين فلوريد الصوديوم، مثل ذلك في تفاعل إلكترونني موضحاً عمليتي التأكسد والاختزال .

وتحدث عملية التأكسد والاختزال في عمليات التحلل الكهربائي، فعند إمرار تيار كهربائي في مصهور كلوريد الصوديوم، يحدث تفاعل كيميائي يمثل إلكترونياً على النحو الآتي :



وفي هذا التفاعل تكتسب أيونات الصوديوم الموجبة إلكترونات وتتحول إلى ذرات متعادلة، وتعتبر عاملاً مؤكسداً، بينما تفقد أيونات الكلور السالبة إلكترونات وتتحول إلى جزيئات وبذلك تعتبر عاملاً مختزلاً .

ومن هنا نعرف العامل المختزل بأنه : المادة التي تفقد إلكترونات أو أكثر في التفاعل الكيميائي، والعامل المؤكسد هو المادة التي تكتسب إلكترونات أو أكثر في التفاعل الكيميائي . وتعتبر اللافلزات عوامل مؤكسدة قوية، بينما الفلزات عوامل مختزلة قوية، وهناك علاقة قوية بين قوة العامل المؤكسد أو العامل المختزل وبين سالبيته الكهربائية، فالفلور أعلى العناصر في السالبية الكهربائية؛ ولذا فهو أقوىها كعامل مؤكسد، كما أن عناصر أدنى العناصر السالبة الكهربائية؛ وبالتالي فهي من العوامل المختزلة القوية .

### بعض أهم العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة الشائعة :

عوامل مختزلة	عوامل مؤكسدة
FeSO <sub>4</sub> ١- كبريتات الحديد (II)	KMnO <sub>4</sub> ١- برمنجنات البوتاسيوم
H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ٢- حمض الأكساليك اللامائي	KIO <sub>3</sub> ٢- يودات البوتاسيوم
H <sub>2</sub> S      ٣- كبريتيد الهيدروجين	KBrO <sub>3</sub> ٣- برومات البوتاسيوم
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ٤- ثيوكبريتات الصوديوم	MnO <sub>2</sub> ٤- ثاني أكسيد المنجنيز
H <sub>2</sub> ٥- الهيدروجين	Cl ,Br...      ٥- الهالوجينات
	O <sub>2</sub> ٦- الأكسجين

جدول (٣-١)

## أعداد التأكسد :

عندما يحترق الكربون في جو من الأكسجين لتكوين غاز ثاني أكسيد الكربون لا يحدث انتقال كامل للإلكترونات، ومع ذلك تعتبر من تفاعلات الأكسدة والاختزال، وللتعرّف على التغير في التركيب الإلكتروني للمواد المتفاعلة أُدخل مفهوم عدد التأكسد .

**عدد التأكسد لذرة ما :** عدد يمثل الشحنة الكهربائية (موجبة أو سالبة) التي تظهر على ذرة في مركب سواء أكان أيونياً أو تساهمياً.

في المركبات الأيونية يكون هناك انتقال حقيقي وكامل للإلكترونات الداخلة في تكوين الرابطة بين ذرة العنصر الأقل سالبية إلى ذرة العنصر الأعلى سالبية، وبالتالي يكون عدد التأكسد لأي ذرة يساوي تكافؤ هذه الذرة مسبقاً بإشارتها .  
فعدد التأكسد للكالسيوم في كلوريد الكالسيوم يساوي (+2)، وعدد التأكسد للكلور يساوي (-1) .

أما في المركبات التساهمية لا يحدث انتقال حقيقي للإلكترونات الداخلة في تكوين الرابطة، ولحساب عدد التأكسد لذرات هذه المركبات تحسب الإلكترونات المكونة للرابطة بين ذرتين مختلفتين في السالبية الكهربائية بحيث تصبح من نصيب الذرة ذات السالبية الكهربائية الأعلى، ففي كلوريد الهيدروجين HCl يكون إلكترون الرابطة من نصيب الكلور وبذلك تكتسب ذرة الهيدروجين شحنة موجبة (+1)، أما في حالة غاز الهيدروجين فيكون عدد التأكسد لكل ذرة مساوياً للصفر .

ومما يجدر ذكره أن هناك بعض العناصر لها أكثر من عدد تأكسد كالعناصر الانتقالية والهالوجينات، فالحديد في بعض المركبات يكون عدد التأكسد له مساوياً لـ (+2) كما في كلوريد الحديد (II)  $FeCl_2$ ، ويكون عدد التأكسد له مساوياً لـ (+3) في بعض المركبات كما في كلوريد الحديد (III)  $FeCl_3$  .

## قواعد حساب أعداد التأكسد :

- ١ - عدد التأكسد لأي عنصر في الحالة العنصرية الحرّة يساوي صفراً مثل  $H_2$  ،  $Hg$
- ٢ - عدد التأكسد للأيون البسيط (المكوّن من ذرة واحدة) يساوي عدد الشحنات الكهربائية الظاهرة عليه، كما في تأكسد الصوديوم (+1)، والكلور (-1) .
- ٣ - المجموع الجبري لأعداد التأكسد للأيون المركب (عديد الذرات) يكون مساوياً

للشحنة الكهربائية الموجودة على هذا الأيون .

٤ - عدد التأكسد للأكسجين في أي مركب يساوي (-٢) باستثناء حالة فوق الأكسيد يكون عدد التأكسد له يساوي (-١) كما في فوق أكسيد الهيدروجين  $H_2O_2$  ، وكذلك حالة فلوريد الأكسجين  $OF_2$  حيث يكون عدد التأكسد له يساوي (+٢) .

٥ - عدد التأكسد للهيدروجين في أي مركب يساوي (+١) ما عدا هيدريدات الفلزات مثل  $NaH$  حيث يكون عدد التأكسد له يساوي (-١) .

٧ - المجموع الجبري لأعداد التأكسد لجميع الذرات في أي جزيء أو صيغة كيميائية متعادلة يساوي صفراً .

### ■ مثال :

احسب عدد التأكسد للكربون في سكر القصب  $C_{12}H_{22}O_{11}$  .

•• المجموع الجبري لأعداد التأكسد لجميع الذرات في أي جزيء أو صيغة كيميائية متعادلة يساوي صفراً .

•• المجموع عدد التأكسد للكربون + المجموع عدد التأكسد للهيدروجين + المجموع عدد التأكسد للأكسجين = صفر

$$(12 \times \text{س}) + (22 \times 1) + (11 \times (-2)) = \text{صفر}$$

$$12 \text{ س} - 22 + 22 = \text{صفر}$$

$$12 \text{ س} = \text{صفر}$$

$$\text{س} = \text{صفر}$$

∴ عدد التأكسد للكربون في سكر القصب = صفر

## تفاعلات الأكسدة والاختزال :

سوف ندرس نوعين من تفاعلات الأكسدة والاختزال ، كما يأتي :

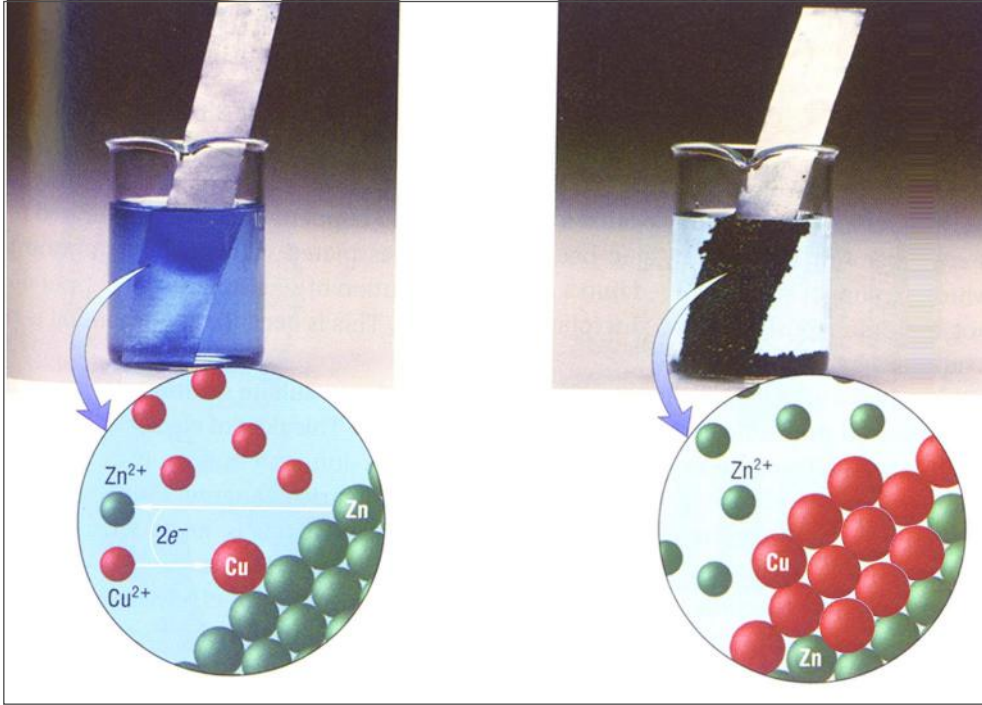
- النوع الأول : تفاعل أكسدة واختزال يحدث بشكل تلقائي مستمر ونحصل منه على تيار كهربائي ( كما في الخلايا الجلفانية ) .

- النوع الثاني : تفاعل أكسدة واختزال لا يحدث بشكل تلقائي ونحتاج إلى طاقة كهربائية لإحداث هذا التفاعل ويستمر باستمرار وجود الطاقة ( كما في التوصيل الإلكتروني ) .



## الخلايا الكهروكيميائية Electrochemical Cells

تتضمّن تفاعلات الأكسدة والاختزال انتقال الإلكترونات من المادة التي تأكسدت إلى المادة التي اختزلت، وإذا كانت المادة المختزلة والمؤكسدة على اتصال، صاحب انتقال الإلكترونات طاقة حرارية.



شكل (٣-١) الخلايا الكهروكيميائية

الشكل (٣-١) يظهر ساقاً من الزنك (الخارصين) موضوعة في محلول من كبريتات النحاس، ونتيجة لهذا الاتصال يفقد الزنك إلكترونات تنتقل إلى أيونات النحاس الموجودة في المحلول والتي تكتسبها وترسب على شكل ذرات نحاس في قاع الإناء وتصاحب عملية انتقال الإلكترونات بين النحاس والزنك انطلاقاً عن طاقة حرارية.

أما إذا فصلنا بين المادة المتأكسدة والمادة المختزلة فإن انتقال الإلكترونات يكون مصحوباً بانطلاق طاقة كهربائية بدلاً عن الطاقة الحرارية.

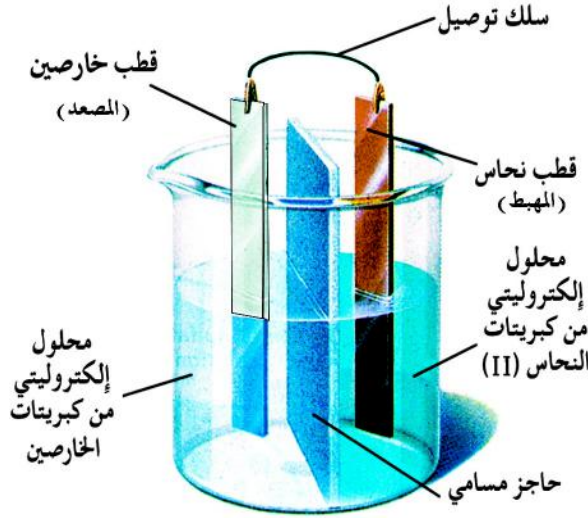
وقد توضع المادة المتأكسدة والمادة المختزلة في إناء واحد ويفصل المحلولان الإلكتروليتان عن بعضهما بواسطة حاجز مسامي، وقد توضع المادتان في إنائين منفصلين ويتصلان بواسطة قنطرة ملحية تسمح بمرور الأيونات بين المحلولين.

## نشاط (٢-١)

نفذ النشاط الذي يوضِّح تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي.

تركيب الخلية الكهروكيميائية :

تتكوّن الخلية الكهروكيميائية من نصفي خلية، كل نصف به قطب مغمور جزئياً في محلول إلكتروليتي، وأحد القطبين يُسمّى مصعداً والآخر مهبطاً يتّصلان بسلك موصل، انظر الشكل (٢-٣).



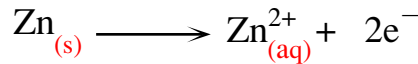
شكل (٢-٣) خلية كهروكيميائية

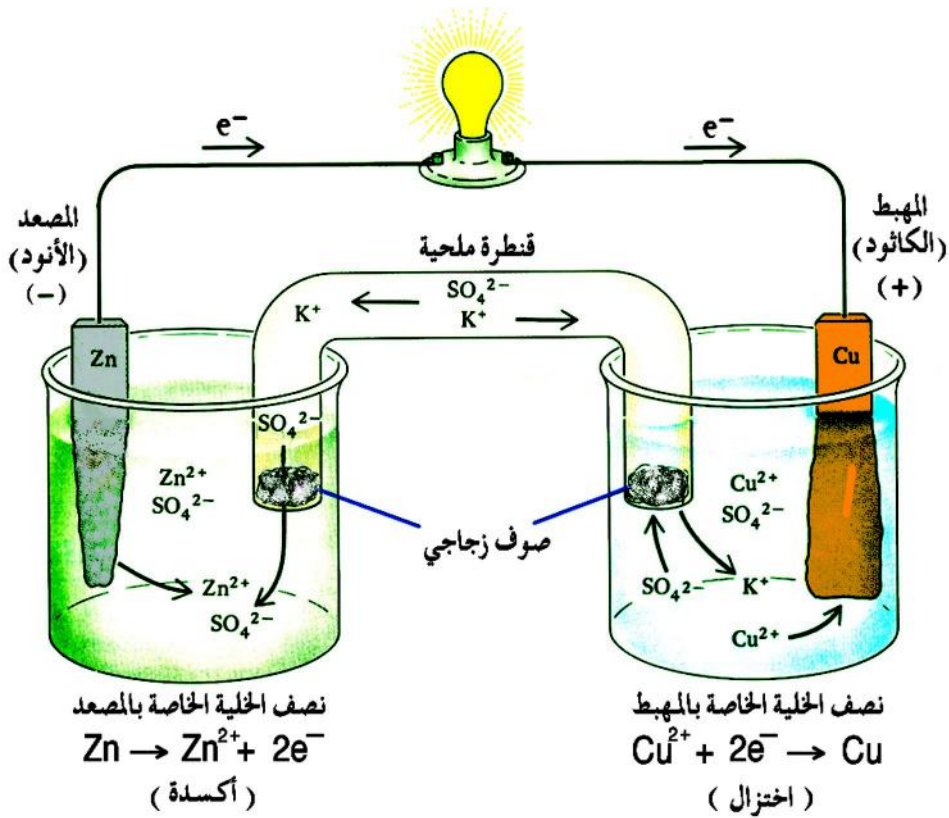
والتفاعل الذي يجري في الخلية الكهروكيميائية قد يكون مصحوباً بانطلاق طاقة كهربائية، وعندئذ تسمّى خلية جلفانية Galvanic Cell ، وقد يكون التفاعل مصحوباً باستهلاك طاقة كهربائية، وعندئذ تسمّى خلية التحليل الكهربائي «الخلية الإلكتروليتيّة».

## أولاً: الخلايا الجلفانية

عبارة عن خلايا كهروكيميائية يحدث فيها تفاعل أكسدة واختزال تلقائي ويكُون هذا التفاعل مصحوباً بتوليد طاقة كهربائية.

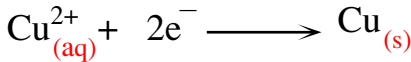
ويمثّل الشكل (٣-٣) خلية جلفانية تحتوي على الخارصين والنحاس وتتكوّن من الآتي :  
١ - نصف خلية الخارصين (zn / zn<sup>2+</sup>) وتتكوّن من وعاء به لوح خارصين مغمور جزئياً في محلول مائي من كبريتات الخارصين (ويطلق عليه المصعد) وتحدث فيها عملية الأكسدة.





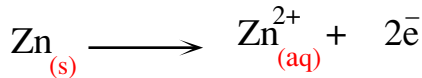
شكل (٣-٣) الخلية الجلفانية

٢ - نصف خلية النحاس ( $Cu^{2+}/Cu$ ) وتتكوّن من وعاء به لوح نحاس مغمور جزئياً في محلول مائي من كبريتات النحاس (ويطلق عليه المهبط وتحدث فيها عملية الاختزال).

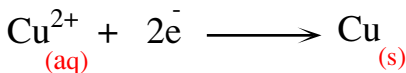


٣ - قنطرة ملحية: أنبوبة على شكل حرف U مملوءة بمحلول مركز من ملح كلوريد البوتاسيوم أو كبريتات البوتاسيوم ( $K_2SO_4$ ).

٤ - سلك يوصل بين القطبين عبر مقياس للجهد (فولتميتر) أو عبر مصباح كهربى. فعند تشغيل الدائرة الكهربائية تنتقل الإلكترونات من قطب الخارصين إلى قطب النحاس عبر سلك التوصيل مما يؤدي إلى تحلّل الخارصين وتحوّل ذراته إلى أيونات موجبة.

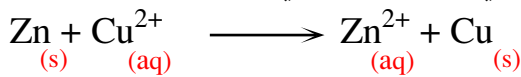


بينما تترسب أيونات النحاس على قطب النحاس:

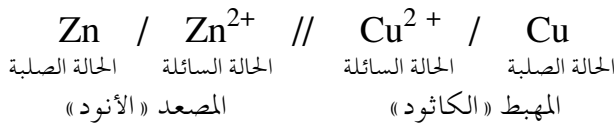


وباستمرار التفاعلين السابقين تزداد أيونات الكبريتات  $SO_4^{2-}$  في نصف خلية النحاس، وتزداد أيونات الخارصين الموجبة  $Zn^{2+}$  في نصف خلية الخارصين، وحتى يستمر مرور التيار الكهربائي عبر سلك التوصيل، تتحرك الأيونات في محلولي نصفي الخلية عبر القنطرة الملحية، فأيونات الخارصين الموجبة الزائدة في محلول نصف خلية الخارصين تتعادل مع عدد مساوٍ من أيونات الكبريتات السالبة التي تخرج من القنطرة الملحية وتدخل محلول نصف خلية الخارصين، مما يؤدي إلى زيادة كاتيونات البوتاسيوم  $K^+$  في القنطرة الملحية والتي يتم معادلتها إما بدخول بعضها إلى نصف خلية النحاس المحتوية على زيادة من أيونات الكبريتات، أو بدخول بعض أيونات الكبريتات الزائدة من نصف خلية النحاس إلى القنطرة الملحية.

وتكتب معادلة التفاعل الكلي على النحو التالي :



ويمكن وصف أو تمثيل الخلية الجلفانية بالرمز الآتي :



الرمز / للفصل بين حالتي المادة      والرمز // للقنطرة الملحية

تفاعل الأكسدة في اليسار عند المصعد (الأنود).

تفاعل الاختزال في اليمين عند المهبط (الكاثود).

في حالة أن نصفي الخلية في نفس الإناء ومفصولان بواسطة حاجز مسامي فإننا نستبدل رمز القنطرة الملحية (//) بالرمز (/) (خط متقطع) .

### نشاط (٢-٣)

قم بتركيب خلية جلفانية وقس جهدها.

### جهود الاختزال القطبية :

في الخلية الجلفانية المكوّنة من النحاس والخارصين يوجد لدينا محلول يحتوي على أيونات الخارصين الموجبة ( $Zn^{2+}$ ) حول قطب مفرد من فلز الخارصين، ومحلول يحتوي على أيونات النحاس ( $Cu^{2+}$ ) حول قطب مفرد من النحاس، ولكل من أيونات الخارصين والنحاس ميل معين لاكتساب الإلكترونات من أقطابها ويعرف هذا

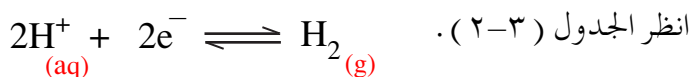
الميل بجهد الاختزال، وكلّما كبر ميل هذه الأيونات لاكتساب الإلكترونات زادت قيمة جهد الاختزال، ولا يحدث اختزال لنوعي الأيونات في نفس الوقت ولكن الأيونات ذات جهد الاختزال الأكبر هي التي تختزل ( $\text{Cu}^{2+}$ ) وذرات الخارصين Zn هي التي تتأكسد، ويمكن قياس جهد هذه الخلية باستخدام المعادلة الآتية:

$$\therefore \text{جهد الخلية} = \text{جهد المهبط} - \text{جهد المصعد}$$

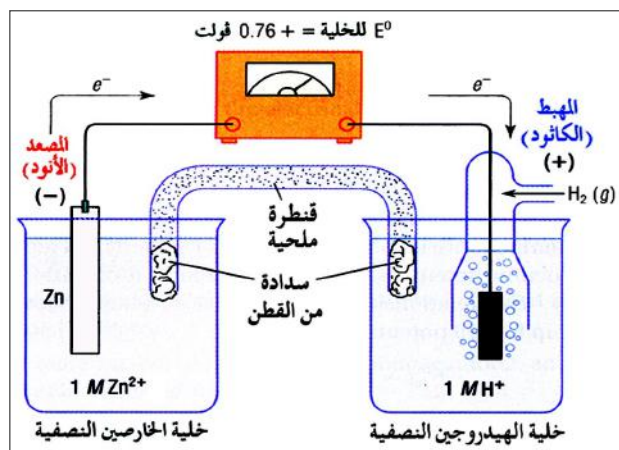
$$= \text{جهد اختزال النحاس} - \text{جهد اختزال الخارصين}$$

والآن كيف يمكننا قياس جهد الاختزال لأي نصف خلية بمفرده؟

بما إنه لا يمكننا قياس جهد اختزال نصف خلية معزولة، لذا فمن الضروري أن نقارنه مع جهد اختزال نصف خلية معلوم جهدها، وقد اتفق العلماء على استخدام نصف خلية الهيدروجين القياسية واعتبار جهد اختزالها القياسي صفراً.



فمثلاً لإيجاد جهد الاختزال القياسي لنصف خلية النحاس  $\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}$  فإننا نكوّن خلية جلفانية، نصفها خلية النحاس والنصف الآخر خلية الهيدروجين القياسية، ونقيس فرق الجهد بين القطبين ويكون مساوياً لجهد خلية النحاس ووجد أنه يساوي ٠,٣٤ فولت، بينما جهد اختزال الخارصين يساوي (-٠,٧٦)،



شكل (٣-٤) خلية الهيدروجين القياسية

فولت)، وهذا يعني أن جهد اختزال الخارصين أقل من جهد اختزال الهيدروجين وبالتالي يكون الخارصين أصعب اختزالاً من الهيدروجين. لذا يمكننا حساب فرق جهد خلية النحاس والخارصين (القوة الدافعة الكهربائية للخلية)، انظر شكل (٣-٤).

∴ القوة الدافعة الكهربائية لخلية النحاس والخارصين = جهد اختزال النحاس - جهد اختزال الخارصين

$$= ٠,٣٤ - (-٠,٧٦) = ١,١ \text{ فولت}$$

القطب Electrode	تفاعل نصف الخلية Half-reaction	الجهد (V) E°	تزداد القوة المختزلة ↑
Li <sup>+</sup> /Li	Li <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> ⇌ Li	-3.04	تزداد القوة المختزلة ↑
K <sup>+</sup> /K	K <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> ⇌ K	-2.93	
Ba <sup>2+</sup> /Ba	Ba <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ Ba	-2.90	
Ca <sup>2+</sup> /Ca	Ca <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ Ca	-2.87	
Na <sup>+</sup> /Na	Na <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> ⇌ Na	-2.71	
Mg <sup>2+</sup> /Mg	Mg <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ Mg	-2.37	
Al <sup>3+</sup> /Al	Al <sup>3+</sup> + 3e <sup>-</sup> ⇌ Al	-1.66	
H <sub>2</sub> O/H <sub>2</sub>	2H <sub>2</sub> O + 2e <sup>-</sup> ⇌ H <sub>2</sub> + 2OH <sup>-</sup>	-0.83	
Zn <sup>2+</sup> /Zn	Zn <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ Zn	-0.76	
Cr <sup>3+</sup> /Cr	Cr <sup>3+</sup> + 3e <sup>-</sup> ⇌ Cr	-0.74	
Fe <sup>2+</sup> /Fe	Fe <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ Fe	-0.45	
H <sub>2</sub> O/H <sub>2</sub> (PH7)	2H <sub>2</sub> O + 2e <sup>-</sup> ⇌ H <sub>2</sub> + 2OH <sup>-</sup>	-0.42	
Cd <sup>2+</sup> /Cd	Cd <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ Cd	-0.40	
PbSO <sub>4</sub> /Pb	PbSO <sub>4</sub> + 2e <sup>-</sup> ⇌ Pb + SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-0.36	
Co <sup>2+</sup> /Co	Co <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ Co	-0.28	
Ni <sup>2+</sup> /Ni	Ni <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ Ni	-0.25	
Sn <sup>2+</sup> /Sn	Sn <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ Sn	-0.14	
Pb <sup>2+</sup> /Pb	Pb <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ Pb	-0.13	
Fe <sup>3+</sup> /Fe	Fe <sup>3+</sup> + 3e <sup>-</sup> ⇌ Fe	-0.036	
H <sup>+</sup> /H <sub>2</sub>	2H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ H <sub>2</sub>	0.000	
AgCl/Ag	AgCl + e <sup>-</sup> ⇌ Ag + Cl <sup>-</sup>	+0.22	تزداد القوة المؤكسدة ↓
Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> /Hg	Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup> ⇌ 2Hg + 2Cl <sup>-</sup>	+0.27	
Cu <sup>2+</sup> /Cu	Cu <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ Cu	+0.34	
O <sub>2</sub> /OH <sup>-</sup>	O <sub>2</sub> + 2H <sub>2</sub> O + 4e <sup>-</sup> ⇌ 4OH <sup>-</sup>	+0.40	
Cu <sup>+</sup> /Cu	Cu <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> ⇌ Cu	+0.52	
I <sub>2</sub> /I <sup>-</sup>	I <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup> ⇌ 2I <sup>-</sup>	+0.54	
Fe <sup>3+</sup> /Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup> + e <sup>-</sup> ⇌ Fe <sup>2+</sup>	+0.77	
Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup> /Hg	Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ 2Hg	+0.79	
Ag <sup>+</sup> /Ag	Ag <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> ⇌ Ag	+0.80	
O <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O(pH7)	O <sub>2</sub> + 4H <sup>+</sup> + 4e <sup>-</sup> ⇌ 2H <sub>2</sub> O	+0.82	
Hg <sup>2+</sup> /Hg	Hg <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ Hg	+0.85	
Br <sub>2</sub> /Br <sup>-</sup>	Br <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup> ⇌ 2Br <sup>-</sup>	+1.07	
O <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub> + 4H <sup>+</sup> + 4e <sup>-</sup> ⇌ 2H <sub>2</sub> O	+1.23	
MnO <sub>2</sub> /Mn <sup>3+</sup>	MnO <sub>2</sub> + 4H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ Mn <sup>2+</sup> + 2H <sub>2</sub> O	+1.28	
Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup> /Cr <sup>3+</sup>	Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup> + 14H <sup>+</sup> + 6e <sup>-</sup> ⇌ 2Cr <sup>3+</sup> + 7H <sub>2</sub> O	+1.33	
Cl <sub>2</sub> /Cl <sup>-</sup>	Cl <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup> ⇌ 2Cl <sup>-</sup>	+1.36	
MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /Mn <sup>2+</sup>	MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> + 8H <sup>+</sup> + 5e <sup>-</sup> ⇌ Mn <sup>2+</sup> + 4H <sub>2</sub> O	+1.51	
PbO <sub>2</sub> /PbSO <sub>4</sub>	PbO <sub>2</sub> + 4H <sup>+</sup> + SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ PbSO <sub>4</sub> + 2H <sub>2</sub> O	+1.69	
F <sub>2</sub> /F <sup>-</sup>	F <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup> ⇌ 2F <sup>-</sup>	+2.87	

جدول (٣-٢) السلسلة الكهروكيميائية

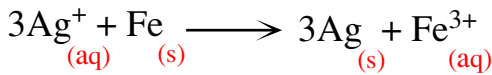
ولقد قيست جهود الاختزال القياسية ورتبت تصاعدياً تبعاً لجهود اختزالها القياسية بالنسبة لقطب الهيدروجين القياسي، ويعرف هذا الترتيب بالسلسلة الكهروكيميائية، جدول (٣-٢).

### مزايا السلسلة الكهروكيميائية:

- ١ - يمكننا بواسطتها معرفة العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة وتدرجها في القوة، فأقوى العوامل المؤكسدة هي تلك الواقعة على يسار السهمين في أسفل الترتيب (الفلور أقوى العوامل المؤكسدة وأيون الليثيوم أضعفها)، وأقوى العوامل المختزلة هي تلك الواقعة على يمين السهمين و أعلى الترتيب لذلك يعتبر عنصر الليثيوم أقوى العوامل المختزلة بينما (أيون الفلور السالب أضعفها).
- ٢ - بمعرفة قيم جهود الاختزال القياسية لأنصاف الخلايا يمكن التنبؤ بإمكانية حدوث تفاعل أكسدة واختزال بشكل تلقائي أم لا، وذلك عن طريق حساب فرق جهد التفاعل (القوة الدافعة الكهربائية) فإذا كانت قيمته سالبة فالتفاعل لا يحدث تلقائياً، وإذا كانت قيمته موجبة دل ذلك على إمكانية حدوث التفاعل بشكل تلقائي.
- ٣ - القيمة العددية لجهد الاختزال القياسي لأي نصف خلية تساوي القيمة العددية لجهد الأكسدة القياسي لنصف الخلية نفسه ولكن تخالفها في الإشارة .

#### ■ مثال :

وضّح ما إذا كان التفاعل الآتي تلقائياً أم لا :

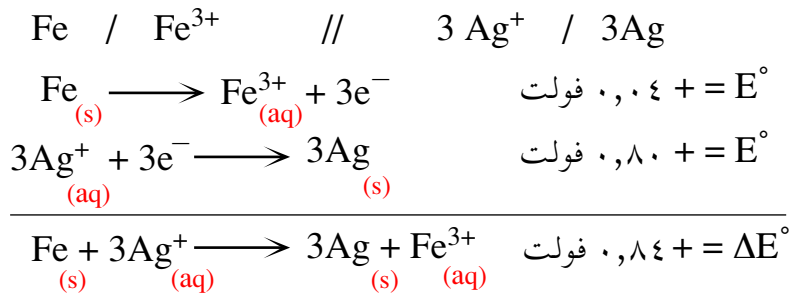


علماً بأن جهد الاختزال القياسي للفضة = + ٠,٨٠ فولت .

جهد الاختزال القياسي للحديد  $\text{Fe}^{3+} = - ٠,٠٤$  فولت

#### ■ الحل :

بما أن جهد اختزال الفضة أكبر من جهد اختزال الحديد  $\text{Fe}^{3+}$  فإن الحديد يتأكسد ويصبح هو الأنود (المصعد) وتختزل أيونات الفضة وتصبح هي الكاثود (المهبط) ونعبر عن هذه الخلية كما يأتي :



•• فرق جهد التفاعل موجب فالتفاعل يحدث تلقائياً.



شكل (٣-٥) بعض الخلايا الجلفانية

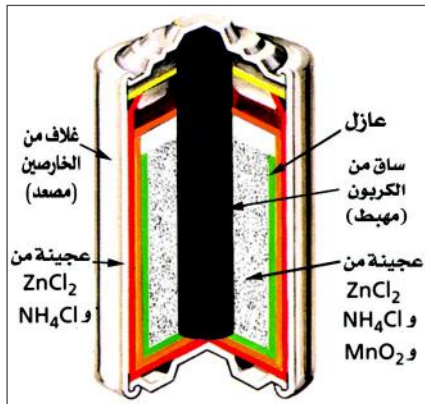
## بعض الخلايا الجلفانية:

### ١) الخلايا الجافة (البطاريات الجافة):

هذا النوع من الخلايا يستخدم لمرة واحدة، ويعطي هذا النوع من الخلايا تياراً كهربياً حتى يصل تفاعل الخلية إلى مرحلة التوازن، عندها لا يعود للخلية أي فائدة، وهناك ثلاثة أنواع من هذه الخلايا.

أ - خلية (بطارية) الخارصين - كربون: وتتكوّن هذه الخلية من وعاء غلافه الخارجي من الخارصين الذي يعمل أنوداً

ويغلف الوعاء من الداخل بعجينة رطبة من كلوريد الخارصين  $\text{ZnCl}_2$ ، وكلوريد الأمونيوم  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ، وهذا الجزء يمثل نصف الخلية، أما نصفها الآخر فيتكوّن من

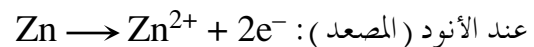


شكل (٣-٦) خلية الخارصين - كربون

عمود من الجرافيت الذي يعمل كاثوداً ويحاط بعجينة رطبة من ثاني أكسيد المنجنيز  $\text{MnO}_2$ ، وكلوريد الأمونيوم  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

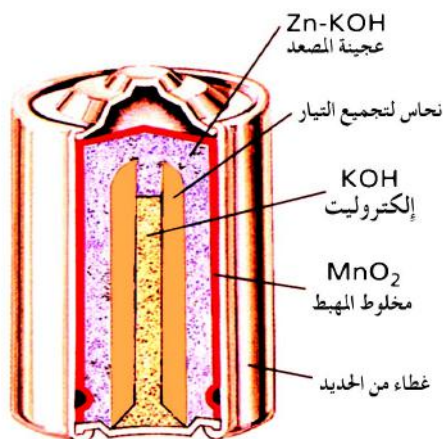
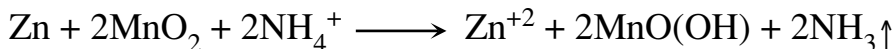
وفرق الجهد أو القوة الدافعة الكهربائية لهذه الخلية يساوي ١,٥ فولت.

ويمكن تمثيل التفاعلات التي تحدث في هذه الخلية (البطارية) كما يلي:





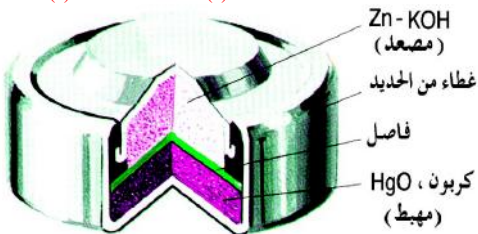
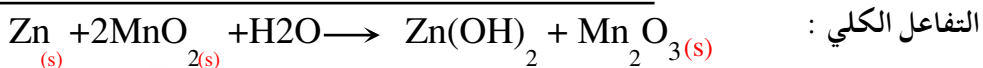
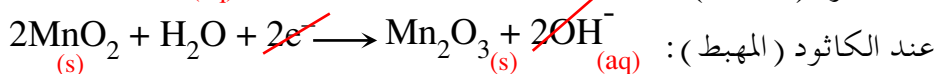
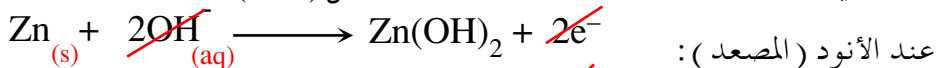
عند الكاثود:  $2\text{NH}_4^+ + 2e^- + 2\text{MnO}_2 \longrightarrow 2\text{MnO(OH)} + 2\text{NH}_3\uparrow$   
 ويكون التفاعل الكلي كما يلي:



شكل (٧-٣) الخلية القاعدية

ب - الخلية (البطارية) القاعدية: هذا النوع من الخلايا أطول عمراً وأصغر حجماً، ولا يحتوي على عمود الكربون (الجرافيت) ونستخدم بدلاً عنه عجينة من فلز الخارصين وهيدروكسيد البوتاسيوم (KOH)، ويعمل ثاني أكسيد المنجنيز  $\text{MnO}_2$  كاثوداً (مهبطاً).

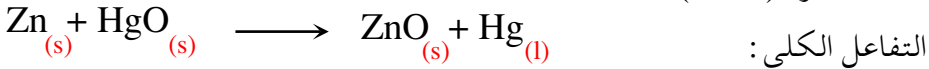
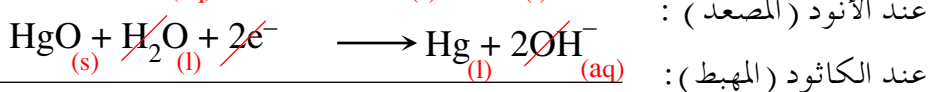
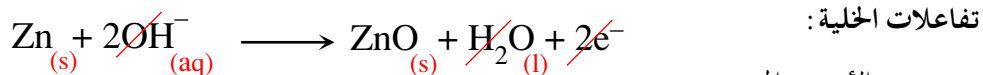
تفاعلات الخلية:



شكل (٨-٣) خلية الزئبق

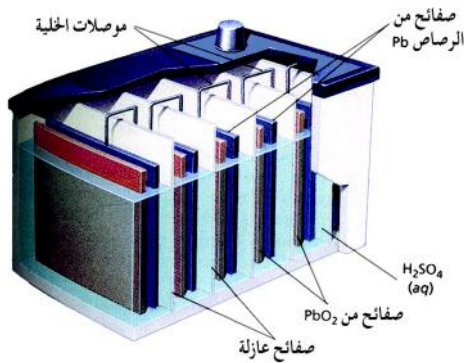
ج - خلية (بطارية) الزئبق: تتميز بصغر حجمها وتستخدم في الآلات الحاسبة ومقويات السمع، ويكون الأنود (المصعد) فيها عجينة الخارصين مع هيدروكسيد البوتاسيوم كما في البطارية القاعدية، إلا أن

الكاثود (المهبط) هنا يكون أكسيد الزئبق، والقوة الناتجة عنها تساوي ١,٣ فولت.



التفاعل الكلي:

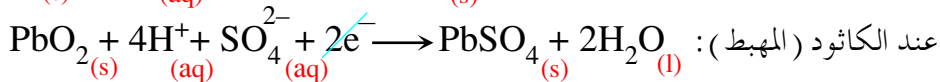
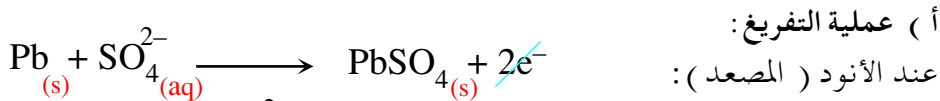
## ٢) خلايا خزن الطاقة :



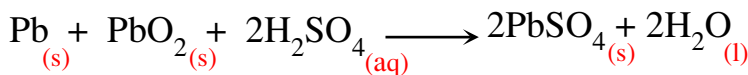
شكل (٣-٩) المرحم الرصاصي

المجموعة الأخرى بعجينة من ثاني أكسيد الرصاص PbO<sub>2</sub> (الكاثود)، وتُفصل المجموعتان بصفائح عازلة، وتُغمران في حمض الكبريتيك المخفف.

تفاعلات الخلية :



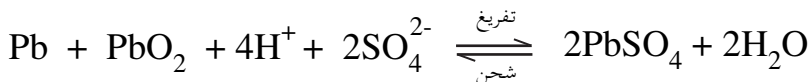
التفاعل الكلي لعملية التفريغ :



ب) إعادة شحن البطارية :

إن الاستخدام الطويل لهذه البطارية يؤدي إلى ضعف حمض الكبريتيك الموجود بها؛ نتيجة لاستهلاكه وزيادة نسبة الماء، مما يؤدي إلى نقص كمية التيار الكهربائي الناتج عنها؛ لذا نقوم بشحنها وذلك بتوصيلها بمصدر كهربائي خارجي له جهد أكبر من الجهد الناتج عن هذه الخلية، مما يؤدي إلى عكس التفاعلات الحادثة.

التفاعل الكلي لعملية الشحن والتفريغ :

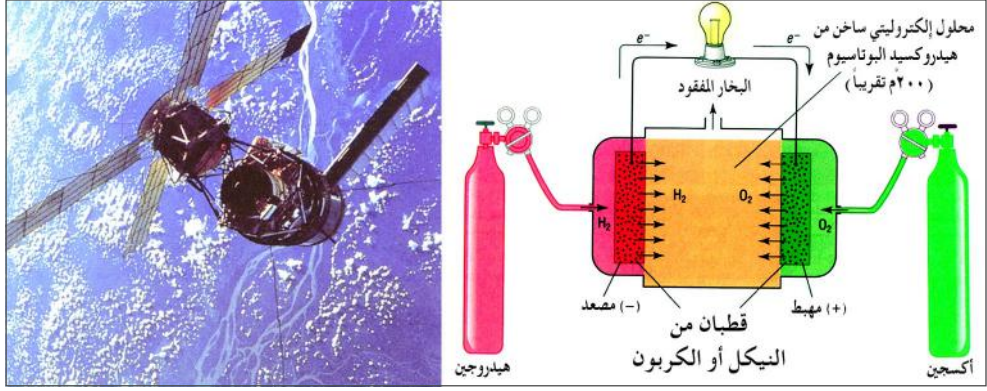


نشاط (٣-٢)

افحص صلاحية مرخم الرصاص.

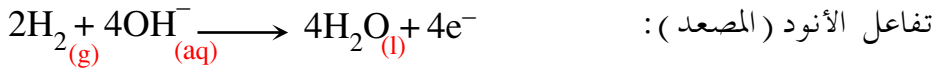
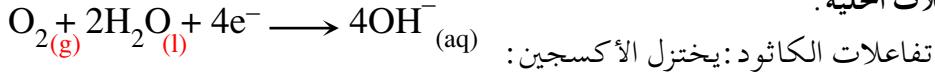
### ٣) خلايا الوقود:

تعتبر خلايا جلفانية يتم فيها تحويل الطاقة الكيميائية مباشرة إلى الطاقة الكهربائية دون المرور بالحالة الوسيطة (الطاقة الحرارية).



شكل (٣-١٠) خلية وقود قائمة على الهيدروجين والأكسجين المستخدمة في المركبات الفضائية بين الشكل (٣-١٠) خلية وقود قائمة على الهيدروجين والأكسجين. تتكوّن هذه الخلية من حجرة مركزية مملوءة بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم المركز الحر (الإلكتروليت) وعلى التماس مع قطبين مساميين مصنوعين من النيكل أو من الكربون. يمرر الهيدروجين والأكسجين تحت الضغط بحيث يكونان بتماس مع الأقطاب.

تفاعلات الخلية:



يغادر جزء من الماء المتكوّن في الخلية عن طريق الهيدروجين الغازي الدوار.

مزايا وعيوب خلايا الوقود:

من مزاياها:

- الأقطاب لا تستهلك أثناء التشغيل.
- الوقود يغذي الخلية باستمرار لإنتاج الكهرباء.
- المردود مرتفع (حوالي الضعف).
- تستخدم لإنتاج ماء الشرب في السفن الفضائية.
- غير ملوثة للبيئة.

من عيوبها:

- الحجم الكبير.
- ارتفاع التكلفة.

يمكن الاستفادة من الطاقة الشمسية لتفكيك الماء إلى هيدروجين و أكسجين لاستعماله في هذه الخلايا بحيث تكون النتيجة النهائية تحويل طاقة كهربية بطريقة نظيفة وغير مكلفة بعض الشيء .

### السيارات الكهربائية:

تستعمل المراكم الرصاصية في الغالب لبدء تشغيل السيارة فقط . وقد وجدت محاولات كثيرة لاستخدامها كمصدر للطاقة الكهربائية الضرورية لتشغيل سيارات صغيرة ولمسافات قصيرة كبديل للجازولين، أو مشتقات النفط الأخرى . إن الوزن والحجم الكبيرين لهذه المراكم قد حُدَّ من استخدامها لتوفير الطاقة لسيارات كبيرة تسير بسرعات كبيرة ولمسافات طويلة، إلا أن الأبحاث لا زالت مستمرة في البلدان الصناعية لتوفير بطاريات نموذجية من أجل سيارات تعمل بالكهرباء بدلاً من الجازولين .

إن استخدام السيارات الكهربائية سيحل كثيراً من مشاكل التلوث الهوائي الناتج عن احتراق الجازولين والمشتقات الأخرى المستخدمة في وقود السيارات، وسيساعد في حل قضية البيئة .

## ثانياً : خلايا التحليل الكهربائي:

عبارة عن خلايا إلكترولية تستخدم فيها الطاقة الكهربائية المستمدة من مصدر خارجي لإحداث تفاعل أكسدة واختزال لا يحدث بشكل تلقائي مستمر في عدم وجود ذلك المصدر .

تتكون الخلية الإلكترونية بشكل مبسط من إناء يحتوي على إلكترولية ( مصهور أو محلول ) به قطبان يتصل أحدهما بالطرف السالب للمصدر الكهربائي ويسمى الكاثود أو المهبط حيث تتجه إليه الكاتيونات وتحدث عنده عملية الاختزال، بينما يتصل القطب الآخر بالطرف الموجب للمصدر الكهربائي ويسمى الأنود أو المصعد حيث تتجه إليه الأنيونات وتحدث عنده عملية الأكسدة .

### التحليل الكهربائي:

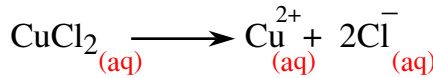
تفاعلات التحليل الكهربائي يمكن أن تحدث عند إمرار تيار كهربائي إما في مصهورات الأملاح أو محاليل المركبات الأيونية أو التساهمية القطبية .

– من خلال دراستك السابقة، وضح المقصود بخاصية التوصيل الكهربائي؟

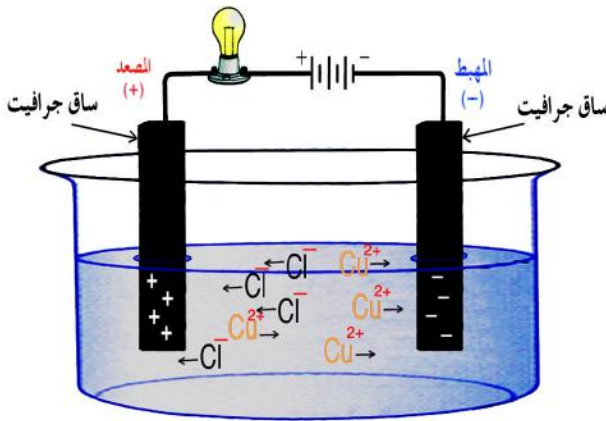
افتراض أننا وصلنا قطبي بطارية بقطبين مغمورين في محلول إلكتروليتي مثل  $(\text{CuCl}_2)$  فإن ما يحدث هو قيام المحلول بتوصيل التيار الكهربائي، وينتج عن ذلك إضاءة المصباح الموصل بهذه الدائرة.

– كيف يمكن تفسير ما حدث؟

عرفت أن مركب  $(\text{CuCl}_2)$  أيوني، ويمكن أن يتفكك عند ذوبانه في الماء مكوناً محلول إلكتروليتي يحتوي على أيونات النحاس الموجبة وأيونات الكلور السالبة على النحو الآتي:



فعند توصيل الساقين أحدهما بالقطب السالب للبطارية والآخر بالقطب الموجب، فإن التيار يسري في الدائرة وذلك لأن القطب السالب يدفع الإلكترونات نحو الساق المتصل بها محوِّلاً إياه إلى قطب سالب، بينما يقوم القطب الموجب للبطارية بسحب الإلكترونات من القطب المتصل به محوِّلاً إياه إلى قطب موجب، ونتيجة لإضاءة المصباح فإن هذا يدل على استمرار سريان الإلكترونات عبر الدائرة.



شكل (٣-١١) التحليل الكهربائي لمحلول  $\text{CuCl}_2$

– كيف حدث ذلك؟

- إلى أين تتجه أيونات النحاس  $\text{Cu}^{2+}$  وأيونات الكلور  $\text{Cl}^-$  ما التفاعلات التي تحدث عند كل من المصعد والمهبط؟

ومن التطبيقات على

التحليل الكهربائي ما يلي:

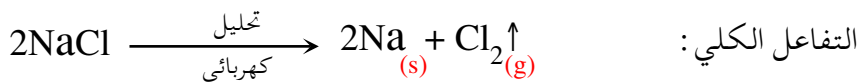
١- التحليل الكهربائي لمصاهير الأملاح: تتميز الأملاح الأيونية بأنها مكونات صلبة تنصهر بالتسخين إلى أيونات موجبة وسالبة وتصبح موصلة للتيار الكهربائي.

■ مثال: التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم:

يحتوي مصهور كلوريد الصوديوم على أيونات الصوديوم  $(\text{Na}^+)$  وأيونات

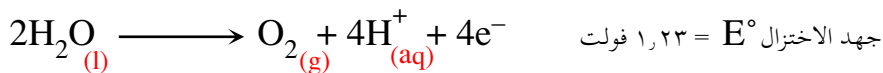
الكلور ( $Cl^-$ ) ، وعند مرور التيار الكهربائي في الخلية تتحرك أيونات الصوديوم نحو الكاثود (قطب من الجرافيت) حيث تختزل إلى ذرات متعادلة، بينما تتحرك أيونات الكلور إلى الأنود (قطب من الجرافيت)، حيث يتم أكسدتها إلى ذرات الكلور المتعادلة التي تتصاعد على هيئة غاز .

تفاعلات الخلية :

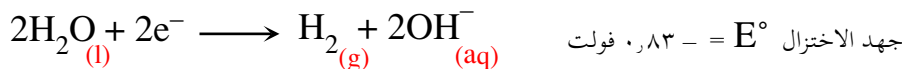


٢ - التحليل الكهربائي للمحاليل الإلكتروليتية: إن التحليل الكهربائي للمحاليل الإلكتروليتية المائية أكثر تعقيداً من المصاهير، وذلك لأن الماء يدخل في التفاعل وقد يتأكسد أو يختزل .

(أ) يتأكسد الماء وفقاً للمعادلة الآتية :



(ب) يختزل وفقاً للمعادلة الآتية :



### نشاط (٢-٤)

نفذ تجربة التحليل الكهربائي للماء .

العوامل التي تتوقف عليها نواتج التحليل الكهربائي لمحاليل الإلكتروليتات :

(١) جهود الاختزال القطبية للأنواع :

- أ - تحدث الأكسدة عند الأنود (المصعد)، والنوع الذي جهد اختزاله أقل يتأكسد أولاً .  
ب- يحدث الاختزال عند الكاثود (المهبط) والنوع الذي جهد اختزاله أعلى يختزل أولاً .

٢) نوع مادة القطب :

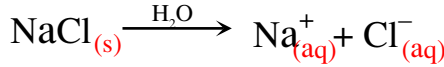
قد يكون جهد اختزال مادة القطب الأنود أقل من جهد اختزال أيونات المذاب السالبة أو أقل من الماء، وفي هذه الحالة تتأكسد الذرات المكوّنة لمادة القطب وتذوب في المحلول .

٣) درجة تركيز المحلول :

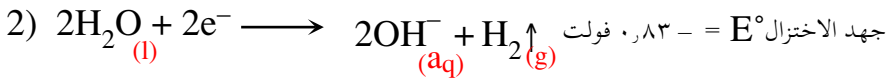
تزداد جهود الاختزال للأيونات الموجبة بزيادة تركيز المحلول وتقل بنقص التركيز، ويقل جهد الاختزال للأيونات السالبة بزيادة التركيز ويزداد بنقص التركيز.

### تطبيقات على التحليل الكهربائي للمحاليل الإلكتروليتية:

١ - تحضير هيدروكسيد الصوديوم (NaOH): ويتم بالتحليل الكهربائي لمحلول مائي مشبع من كلوريد الصوديوم باستخدام قطبين من الكربون .  
يتفكك كلوريد الصوديوم في الماء طبقاً للمعادلة الآتية:

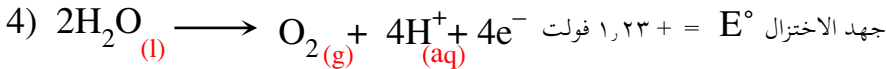
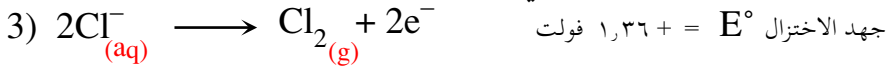


عند إمرار التيار الكهربائي تتجه الأيونات نحو الأقطاب المخالفة لها في الشحنة .  
عند الكاثود (المهبط) : تتجه أيونات الصوديوم  $\text{Na}^+$  والماء  $\text{H}_2\text{O}$ ، وتفاعلات الاختزال المحتملة هي :



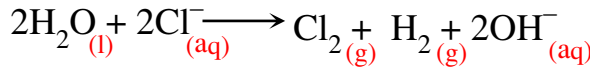
وبما أن جهد اختزال الماء أكبر من جهد اختزال الصوديوم تكون المعادلة (٢) أكثر حدوثاً ويتصاعد غاز الهيدروجين .

عند الأنود (المصعد) : تتجه أيونات الكلور  $\text{Cl}^-$  والماء  $\text{H}_2\text{O}$  .  
وتفاعلات الأكسدة المحتملة هي :



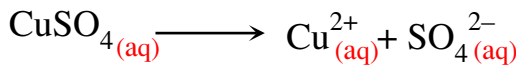
وبما أن جهد اختزال الماء أقل؛ فالذي نتوقعه أن يتم أكسدة للماء، إلا أن ما يحدث عملياً هو أن أيونات الكلور السالبة هي التي تتأكسد، ويرجع سبب ذلك إلى أن الأكسجين الناتج من عملية أكسدة الماء يستقطب على قطب الكربون ويتطلب ذلك زيادة في فرق الجهد لإزالة الاستقطاب، مما يرفع جهد اختزال الماء إلى قيمة أعلى

من جهد اختزال أيونات الكلور السالبة، وبذلك تكون المعادلة ( ٣ ) هي الأكثر حدوثاً عند الأنود (المصعد) . وعند جمع المعادلتين ( ٢ ، ٣ ) نحصل على المعادلة الكلية للتفاعل الحادث في الخلية الإلكتروليتية .

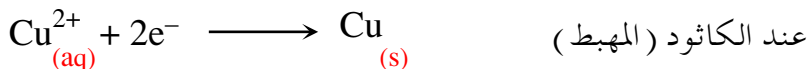
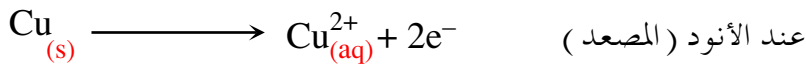


وتكون النتيجة النهائية تصاعد غاز الهيدروجين عند الكاثود (المهبط) وتصاعد غاز الكلور عند الأنود (المصعد) وتكوين هيدروكسيد الصوديوم في المحلول .

٢ - تنقية المعادن: المعادن التي يتمّ تحضيرها في الصناعة لا تكون على درجة عالية من النقاوة، فعلى سبيل المثال النحاس الذي نقاوته ٩٩٪ يحتوي على شوائب من الحديد والخرصين والذهب والفضة تعمل على تقليل قابليته للتوصيل الكهربائي؛ لذا نستخدم طريقة التحليل الكهربائي لتنقية النحاس . وفي هذه العملية يكون النحاس المراد تنقيته أنوداً (مصعداً)، ويكون الكاثود (المهبط) سلكاً من النحاس النقي، والإلكتروليت محلولاً من كبريتات النحاس (II) الذي تتفكك جزئياته في الماء إلى أيوناته وفقاً للمعادلة الآتية:



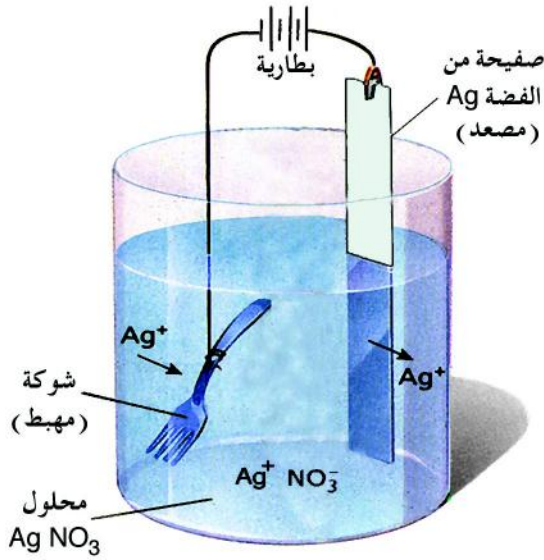
وعند مرور التيار الكهربائي تتجه الأيونات نحو الأقطاب المخالفة لها في الشحنة .



وتكون النتيجة انتقال النحاس من الأنود (المصعد) إلى الكاثود (المهبط)، بينما تبقى شوائب الحديد والخرصين في المحلول على صورة أيونات موجبة، أما شوائب الذهب والفضة فتنتزل إلى قاع الخلية، ونحصل بهذه الطريقة على نحاس درجة نقاوته ٩٩,٩٥٪ .

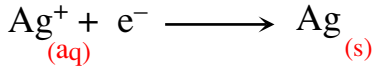
٣- الطلاء الكهربائي: يستخدم الطلاء الكهربائي لطلاء معدن بمعدن آخر لإعطائه مظهراً لامعاً أو لحمايته من التآكل، فمثلاً إذا أردنا طلاء شوكة نحاسية بطبقة رقيقة من الفضة فإننا نقوم بتنظيف سطح الشوكة جيداً، ثم نغمسها في محلول موصل بالكهرباء يحتوي على أيونات الفضة مثل (نترات الفضة)، ونوصلها بالقطب



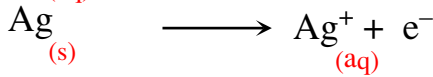


السالب للبطارية لتصبح كاثوداً، ويكون الأنود عبارة عن أسطوانة أو عمود من فلز الفضة توصل بالقطب الموجب للبطارية، شكل (٣-١٢). وعند إمرار التيار الكهربائي تغطي الشوكة بطبقة رقيقة من الفضة.

شكل (٣-١٢) الطلاء بالكهرباء



عند الكاثود (المهبط)



عند الأنود (المصعد)

قانونا فارادي للتحليل الكهربائي:

قام العالم فارادي عام ١٨٣٢م باكتشاف العلاقة بين كمية الكهرباء المارة في المحلول أو المصهور وكمية المواد المتكوّنة عند الأقطاب، ولخص هذه العلاقة في قانونين سُميا باسمه.

قانون فارادي الأول: «تناسب كتل المواد المتكوّنة عند أي قطب أثناء عملية التحليل الكهربائي تناسباً طردياً مع كمية الكهرباء المارة في المحلول أو المصهور».



نلاحظ أن مولاً واحداً من الإلكترونات (٦,٠٢٢٠٥ × ١٠<sup>٢٣</sup> إلكترونات) يتفاعل مع أيونات الفضة ليرسب مولاً واحداً من الفضة (١٠٧,٨٨ جم)، وبالمثل فإن تفاعل مولين من الإلكترونات يرسب مولين من الفضة... وهكذا.

ويطلق على كمية الكهرباء اللازمة لخلية إلكتروليتيّة للحصول على مول واحد من الإلكترونات لإحداث تفاعل أكسدة أو اختزال اسم الفارادي.

١ فارادي = ١ مول من الإلكترونات.

بما أن كمية الشحنة الكهربائية للإلكترون الواحد =  $1,60219 \times 10^{-19}$  كولوم.  
 $\therefore 1$  فارادي =  $1,60219 \times 10^{-19} \times 6,2205 \times 10^{23}$  كولوم.  
 $= 96500$  كولوم.

**القانون الثاني لفارادي:** « عند مرور كمية معينة من الكهرباء في خلايا إلكتروليزية متصلة على التوالي، فإن كتل العناصر المتكونة عند الأقطاب تتناسب مع كتلتها المكافئة ».

في تفاعلات الأكسدة والاختزال، تعرف الكتلة المكافئة بأنها الكتلة التي لها القدرة على اكتساب أو فقد مول واحد من الإلكترونات أثناء التفاعل الكيميائي، أي أن الكتلة المكافئة تساوي حاصل قسمة الكتلة الصيغية الجرامية (أو الكتلة الذرية الجرامية في حالة العناصر) للمادة على عدد مولات الإلكترونات التي تفقدها أو تكتسبها صيغة جرامية واحدة (أو ذرة جرامية واحدة) من المادة أثناء عملية الأكسدة أو الاختزال.

$$\frac{\text{الكتلة الصيغية الجرامية}}{\text{عدد مولات الإلكترونات المكتسبة أو المفقودة}} = \text{الكتلة المكافئة الجرامية}$$

$$\frac{\text{الكتلة الصيغية الجرامية}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية}} = \text{عدد وحدات الفارادي}$$

وبالنسبة للعناصر، فإن الطرف الأيسر يساوي تكافؤ العنصر، أي أن عدد وحدات الفارادي = تكافؤ العنصر. ويمكن أن نستخلص من كل ذلك قانوناً عاماً للتحليل الكهربائي، هو: عدد وحدات الفارادي اللازمة لترسيب (أو تصاعد) مول واحد من ذرات أي عنصر يساوي العدد الدال على تكافؤ هذا العنصر في المركب الذي تم منه الترسيب.

■ **مثال (١):** احسب كتلة النحاس المترسبة بعد مرور  $24125$  كولوم من الكهرباء خلال محلول من كبريتات النحاس  $(\text{II}) \text{CuSO}_4$ ، علماً بأن الكتلة الذرية للنحاس  $\text{Cu} = 63,54$ .

■ **الحل:** كمية الكهرباء =  $\frac{24125}{96500} = 0,25$  فارادي

تكايفؤ النحاس في  $\text{CuSO}_4 = 2$   
 $\therefore 2$  فارادي تلزم لترسيب  $63,54$  جم.  
 $\therefore 0,25$  فارادي تلزم لترسيب  $31,77$  جم.

$$\therefore \text{كتلة النحاس المترسبة (س)} = \frac{0.25 \times 63.54}{2} = 7.9 \text{ جم}$$

■ **مثال (٢):** مررت كمية من الكهرباء في خليتين إلكتروليتين متصلتين على التوالي، الأولى أقطابها من الفضة في محلول يحتوي على  $\text{Ag}^+$  والأخرى أقطابها من النحاس في محلول يحتوي على  $\text{Cu}^{2+}$ ، فترسب ٢,٢٧ جم من النحاس. احسب كتلة الفضة المترسبة، علماً بأن الكتل الذرية هي:  $\text{Ag} = 108$ ،  $\text{Cu} = 63.5$ .

■ **الحل:** 
$$\frac{\text{الكتلة الذرية للعنصر}}{\text{تكافؤ العنصر}} = \text{الكتلة المكافئة للعنصر}$$

$$108 = \frac{108}{1} = \text{الكتلة المكافئة للفضة}$$

$$31.75 = \frac{63.5}{2} = \text{الكتلة المكافئة للنحاس}$$

$$\frac{\text{الكتلة المكافئة للفضة}}{\text{الكتلة المكافئة للنحاس}} = \frac{\text{كتلة الفضة المترسبة}}{\text{كتلة النحاس المترسبة}}$$

$$\frac{108}{31.75} = \frac{\text{س}}{2.27}$$

$$\text{س ( كتلة الفضة المترسبة )} = 7.72 \text{ جم}$$

### تفاعلات غير مرغوبة للتأكسد (التآكل):

هناك الكثير من تفاعلات الأكسدة تحدث في حياتنا اليومية وهي تفاعلات غير مرغوب فيها لما تسببه من مخاطر صحية وخسائر كبيرة بالأفراد أو بالمجتمع، وتضر كثيراً بالاقتصاد الوطني.

من أهم وأوضح هذه التفاعلات تأكسد المعادن (التآكل)، وأخطرها هو تآكل الحديد (الصدأ)، وتعود أكثر أنواع التآكل إلى فعل الوسط الذي يوجد فيه المعدن سواء كان هذا الوسط هواءً جافاً أو رطباً، أو وسطاً مائياً، أو التربة.

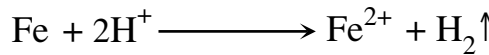
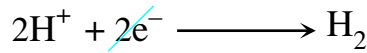
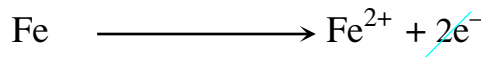
إن توفر أي منظومة تؤلف خلية كهروكيميائية، ويمثل الحديد فيها دور الأنود (المصعد) ستؤدي إلى التآكل، وهذه الخلية قد تكون غير مألوفة، وتوجد عادة في البيئة وقد تتكوّن هذه الخلية من معدن معيّن (أو كربون) يمكن أن يشكّل

كاثوداً (مهبطاً) بالنسبة للحديد الذي هو الأنود (المصعد)، ويمكن أن يكون هذا الكاثود (المهبط) الطرف الآخر من قضيب الحديد ذاته. فمثلاً المسامير الذي يتعرّض للإجهاد من طرفيه يؤلف خلية كهروكيميائية.

يمثل أي إلكتروليت يوجد في تماس مع الحديد (مثل المياه المالحة) طريقاً مناسباً لانتقال الأيونات من قطب لآخر. وهذا هو حال تماس الحديد مع الماء أو الرطوبة، أو أي سطح رطب كالترربة، أو الخشب.

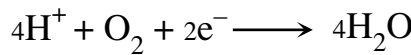
كيميائياً يعزى تآكل الحديد نتيجة تأكسده إلى  $Fe^{2+}$  بواسطة:

١ - أيون الهيدروجين وفقاً للمعادلات الآتية:



(إذا كان تركيز أيون الهيدروجين  $H^{+}$  عالياً، انطلقت فقاعات غاز الهيدروجين).

٢ - الماء: الأكسجين المنحل من الماء يعمل كعامل مؤكسد على أكسدة  $Fe^{2+}$  إلى أكسيد الحديد المائي (الصدأ)  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ .



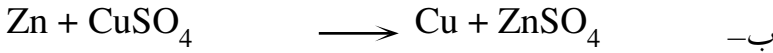
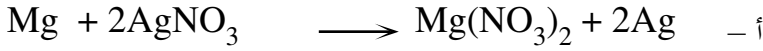
ولحماية الحديد من التآكل يطلى بطبقة من الزنك ويدعى في هذه الحالة بالحديد المجلفن، حيث تعمل هذه الطبقة على حماية الحديد من التآكل كونها أكثر فاعلية منه. على العكس من ذلك فإن طلاء الحديد بمعدن أقل فاعلية منه كالفضة، النحاس، أو القصدير يؤدي إلى تآكل الحديد بسرعة إذا خدشت طبقة الطلاء.

بشكل عام فإن كثيراً من المعادن عند بداية التآكل تشكل طبقة رقيقة من الأوكسيد ملتصقة بسطح المعدن، الأمر الذي يمنع استمرار عملية التآكل، وهذا هو حال الألمونيوم والكوبلت والكروم والنيكل. وكذلك يكون اكتساب بعض المعادن صفة عدم التأثر **Passivity**، وهي طلاؤها بطبقة من أكسيد الحديد سماكتها جزئية واحد على السطح أو امتزاز ثاني أكسيد النيتروجين على سطح المعدن.

ومع الأسف فإن هذه الميزة المكتسبة تزول بسهولة عند تلامس الحديد الذي اكتسب هذه الصفة مع قطعة حديد عادية.

## تقويم الوحدة

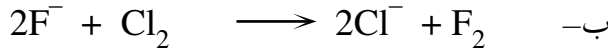
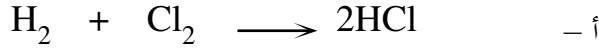
- ١ - عرّف ما يأتي :  
 الأوكسدة - الاختزال - العامل المختزل - الخلية الجلفانية - جهد  
 الاختزال القياسي - العامل المؤكسد .
- ٢ - مثل الخلية الجلفانية التي تخص التفاعلين الآتيين :



- ٣ - احسب ق. د. ك للخلية الآتية مستعيناً بالسلسلة الكهروكيميائية :



- ٤ - أي التفاعلات الآتية تحدث تلقائياً :



- ٥ - وضّح التفاعلات التي تحدث داخل المركب الرصاصي عند تشغيل السيارة .

- ٦ - ما الخطوات المتبّعة لطلاء ملعقة نحاسية بطبقة من الفضة؟

- ٧ - ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة، وضع علامة (X) أمام العبارة  
 الخطأ فيما يأتي :

أ - عدد التأكسد للأكسجين في  $\text{CO}_2$  يساوي - ٢ . ( )

ب- يحدث تفاعل الأوكسدة والاختزال تلقائياً إذا كانت قيمة

جهد التفاعل سالبة . ( )

ج- تتأكسد ذرات مادة القطب إذا كان جهد اختزالها أقل من

جهد اختزال أيونات المذاب السالبة . ( )

د - في الخلايا الجلفانية يكون الكاثود (المهبط) هو القطب

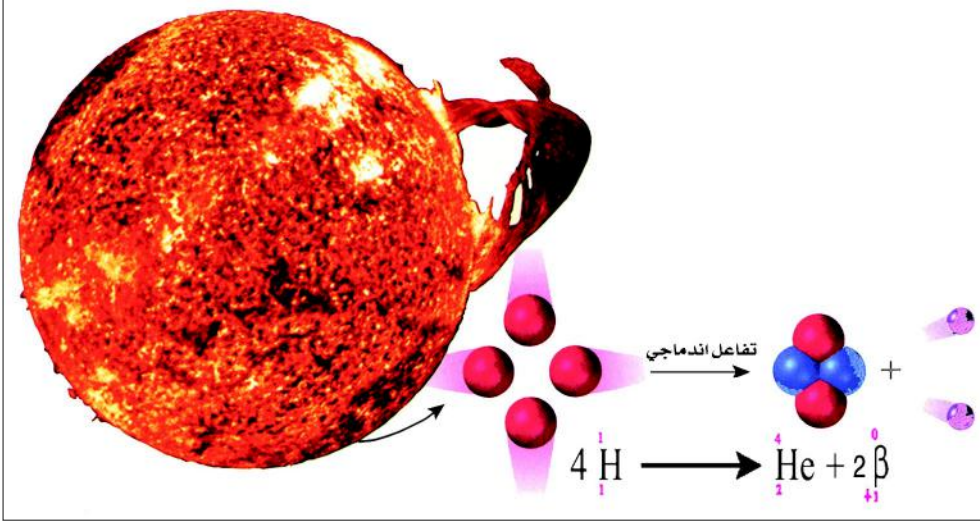
السالب وتحدث عنده عملية الأوكسدة . ( )

هـ- عند تحليل مصهور كلوريد الصوديوم نحصل على فلز

الصوديوم عند الأنود (المصعد) وغاز الكلور عند الكاثود

(المهبط) . ( )

- ٨ - عرّف القطب . وما هو قطب الهيدروجين القياسي؟
- ٩ - اذكر أنواع البطاريات مع ذكر بعض خصائصها.
- ١٠- إذا مرّت كمية من الكهرباء قدرها (١٩٣٠٠٠ كولوم)، ورسبت (٢١٦ جم) من فلز أحادي بداخل محلول يحتوي على أيوناته، احسب الكتلة المكافئة للفلز.
- ١١- احسب عدد التأكسد للكروم في الأيون  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ .



### الأهداف

- نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن:
- ١ - توضِّح المقصود بالنواة.
  - ٢ - تقارن بين التفاعلات الكيميائية والنوية.
  - ٣ - تُعرِّف النظائر وأنواعها، وتحدِّد علاقتها بالتفاعلات الكيميائية.
  - ٤ - تُفسِّر العلاقة بين متوسط طاقة الترابط النووي واستقرار النواة.
  - ٥ - تُفسِّر سبب حدوث التفاعلات النووية.
  - ٦ - تكتب المعادلات الموزونة التي تُعبِّر عن التفاعلات النووية.
  - ٧ - توضِّح أنواع التفاعلات النووية والعوامل المؤثرة على نواتجها.
  - ٨ - توضِّح تفاعلات التحلُّل الإشعاعي وتأثيرها في النواة.
  - ٩ - تُحدِّد أهم الفروق بين الإشعاعات المختلفة والمنبعثة من الأنوية غير المستقرَّة.
  - ١٠ - تقارن بين تفاعلي الانشطار والاندماج النووي.
  - ١١ - تذكر أهم الاستخدامات المفيدة والضارة للتفاعلات النووية.

## الطاقة والتفاعلات النووية

لعلك لاحظت من خلال دراستك السابقة لمادة الكيمياء، بأن التركيز كان على التفاعلات الكيميائية التي تحدث نتيجة لفقد أو اكتساب الإلكترونات الموجودة في المستوى الأخير لذرات العناصر، وخلال تلك التفاعلات كان لا يحدث أي تغيير لنواة الذرة ومكوناتها من البروتونات والنيوترونات. وفي هذه الوحدة سوف يتم التركيز على التفاعلات التي تحدث داخل نواة الذرة، ويطلق عليها بالتفاعلات النووية. ودراسة النواة والتفاعلات المختلفة التي تتم فيها يمثل أحد الاختصاصات الدقيقة في مجال الكيمياء ويسمى «الكيمياء النووية».

وقبل أن نتعرض للتفاعلات النووية، لا بد من التعرف على أهم الفروق بين التفاعلات الكيميائية والتفاعلات النووية، والجدول (٤-١) يوضح ذلك.

م	التفاعلات الكيميائية	التفاعلات النووية
١	لا يحدث فيها أي تغيير لأنوية الذرات الداخلة في التفاعل.	يحدث تغيير لأنوية الذرات الداخلة في التفاعل وينتج عنه أنوية جديدة.
٢	تلعب الإلكترونات دوراً أساسياً في حدوث هذه التفاعلات.	تلعب البروتونات والنيوترونات دوراً أساسياً في حدوث هذه التفاعلات.
٣	الطاقة الداخلة أو الناتجة من التفاعل تكون محدودة.	الطاقة الناتجة هائلة أثناء هذه التفاعلات.
٤	لا تكون مصحوبة بانطلاق أشعة.	تكون مصحوبة بانطلاق أشعة (ألفا، بيتا، جاما).
٥	تمثل التفاعلات بمعادلات كيميائية موزونة وفقاً لقانون بقاء الكتلة.	تمثل التفاعلات بمعادلات موزونة وفقاً لقانون بقاء الكتلة والطاقة، وقانون بقاء العدد الكتلي، وقانون بقاء العدد الذري.
٦	يمكن أن تجري التفاعلات في ظروف عادية يمكن التحكم بها، كما يمكن استخدام تجهيزات غير معقدة لإجرائها.	تجري التفاعلات في ظروف خاصة وباحتياطات أمان عالية جداً، وباستخدام تجهيزات معقدة وضخمة.
٧	المخاطر الناجمة عنها قليلة ويمكن معالجتها والسيطرة عليها.	المخاطر الناجمة عنها كبيرة جداً ويصعب معالجتها والسيطرة عليها.
٨	معدل سرعة التفاعل يتأثر بالضغط ودرجة الحرارة وتغير التركيز ووجود العامل الحفاز.	لا تتأثر هذه التفاعلات بالضغط والحرارة والتركيز ووجود العامل الحفاز.

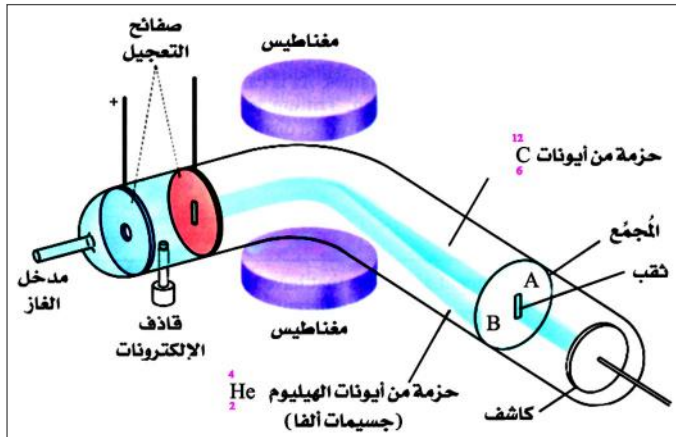
جدول (٤-١) أهم الفروق بين التفاعلات الكيميائية والتفاعلات النووية



وجد العلماء أن التشابه في الخواص الكيميائية لذرات العنصر الواحد يدل على أن هذه الذرات تحمل الشحنة نفسها؛ بمعنى أنها تملك عدداً ذرياً واحداً. ولكن هل ذرات العنصر الواحد متساوية الكتلة؟

حاول العلماء البحث عن إجابة لهذا التساؤل، وقد استندوا على الفرضية التي تقول بأن الذرة غير قابلة للانقسام، وهذا يستدعي بأن تكون الكتل الذرية لجميع العناصر عبارة عن أعداد صحيحة. ولكن عند قياس الكتل الذرية لبعض العناصر بطرق دقيقة لوحظ أنها عبارة عن قيم كسرية، فمثلاً الكتلة الذرية للأوكسجين (١٥,٩٩٩٤)، والبورون (١٠,٨١١).

وقد حاول العلماء إيجاد تفسير منطقي لوجود الكسور في الأعداد الكتلية للعنصر الواحد، وقادهم ذلك إلى الافتراض أن ذرات العنصر الواحد قد لا تكون متساوية في الكتلة.



شكل (٤-١) مطياف الكتلة

ولذلك بدأ التفكير بإيجاد طريقة لفصل الذرات على أساس اختلاف كتلتها، وقد تمكّن آستون As-ton عام ١٩١٩م من بناء أول جهاز لفصل الذرات، وسمّي بمطياف الكتلة

(Mass Spectrometer)، وتمّ تطويره وتزويده بأجهزة أكثر حساسية على يد العالم «بين بردج Bain Bridge» عام ١٩٢٣م، كما يوضحه الشكل (٤-١). وباستخدام هذا الجهاز وأجهزة أخرى، تمكّن العلماء من التعرف على عدد نظائر العنصر الواحد، وكذلك إيجاد كتلة كل نظير، ومن ثم الوصول إلى تفسير سبب وجود الكسور في الكتل الذرية للعناصر.

هي ذرات العنصر الواحد التي لها العدد الذري نفسه ولكنها تختلف في أعدادها الكتلية.

فمثلاً يملك الهيدروجين ثلاثة نظائر، هي:  ${}^1_1\text{H}$  ،  ${}^2_1\text{H}$  ،  ${}^3_1\text{H}$

كما أن اليورانيوم له ثلاثة نظائر هي:  ${}^{234}_{92}\text{U}$  ،  ${}^{235}_{92}\text{U}$  ،  ${}^{238}_{92}\text{U}$

ومن خلال معرفة الكتلة الذرية لكل نظير ونسبة وجوده في أية عينة من العنصر، يمكن معرفة الكتلة الذرية للعنصر باستخدام العلاقة الآتية:

$$\frac{\text{كتلة النظير الأول} \times \text{نسبة وجوده} + \text{كتلة النظير الثاني} \times \text{نسبة وجوده}}{\text{مجموع النسب}} = \text{الكتلة الذرية للعنصر}$$

**مثال:** يوجد لغاز النيون ثلاثة نظائر هي:  ${}^{20}_{10}\text{Ne}$  ،  ${}^{21}_{10}\text{Ne}$  ،  ${}^{22}_{10}\text{Ne}$

وقد وجد أن نسب وجودها في عينة منه هي: ٩٠٪ ، ٢٧٪ ، ٩٫٧٣٪ على التوالي . فما هي الكتلة الذرية لغاز النيون؟

**الحل:**

$$\frac{9.73 \times 22 + 0.27 \times 21 + 90 \times 20}{100} = \text{الكتلة الذرية للنيون}$$

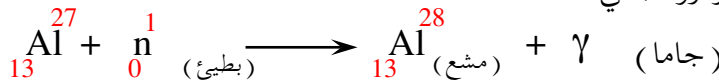
$$20.1973 = \frac{20.1973}{100} =$$

### أنواع النظائر:

هناك نوعان من النظائر هما:

١ - نظائر مشعّة: وهي التي يصدر عنها إشعاعات ألفا أو بيتا أو جاما، وتكون أنويتها غير مستقرة.

٢ - نظائر غير مشعّة: وتكون أنويتها مستقرة ولا يصدر عنها أي إشعاعات . ويمكن تحويل النظائر غير المشعّة إلى نظائر مشعّة بطرق صناعية عن طريق المفاعلات النووية . ومثال ذلك تحويل الألومينيوم العادي إلى ألومينيوم مُشع عن طريق قذفه بنيوترون بطيء .



## معادلات التفاعلات النووية

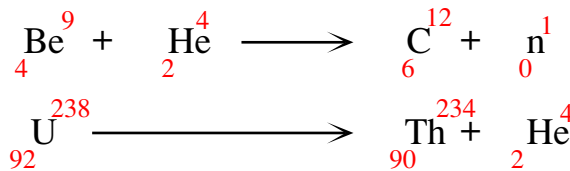
عرفت سابقاً أن نواة الذرة تحتوي على بروتونات موجبة الشحنة، ونيوترونات متعادلة (معداً ذرة الهيدروجين فليس بها نيوترونات)، ويطلق على مكونات النواة اسم (نيوكليونات) Nucleons أو «جسيمات نووية».

وفي الكيمياء النووية يشار إلى الذرة على أنها «نوية» (Nuclide) والتي تتحدد عن طريق معرفة عدد البروتونات والنيوترونات في النواة. ويمكن تمثيلها بطريقتين:

الأولى عن طريق الرموز، فمثلاً يرمز لنواة الراديوم بالرمز:  $^{228}_{88}\text{Ra}$  حيث يشير الرقم (228) إلى العدد الكتلي، ويشير العدد (88) إلى العدد الذري. وأحياناً يشار إلى نواة الراديوم على النحو الآتي (Radium-228).

وعند كتابة المعادلات النووية تستخدم الرموز التي يظهر فيها العدد الكتلي، والعدد الذري للأنوية المتفاعلة. وتكتب معادلة التفاعل بالطريقة نفسها التي تكتب بها معادلة التفاعل الكيميائي، حيث يتم كتابة المتفاعلات في الجهة اليسرى من السهم، وكتابة نواتج التفاعل في الجهة اليمنى. وهناك اختلاف في طريقة وزن المعادلات النووية؛ حيث يجب مراعاة القوانين الآتية عند وزن المعادلات:

- ١ - قانون بقاء العدد الكتلي، حيث إن: مجموع الأعداد الكتلية للجسيمات الداخلة في التفاعل = مجموع الأعداد الكتلية للجسيمات الناتجة من التفاعل.
  - ٢ - قانون بقاء العدد الذري، حيث إن: مجموع الأعداد الذرية للجسيمات الداخلة في التفاعل = مجموع الأعداد الذرية للجسيمات الناتجة من التفاعل.
  - ٣ - قانون بقاء الطاقة والكتلة، حيث إن: مجموع كتل وطاقات المواد الداخلة في التفاعل = مجموع كتل وطاقات المواد الناتجة من التفاعل.
- حاول تطبيق القوانين السابقة على المعادلات الآتية:



## طاقة الترابط النووي وعلاقتها بالكتلة المفقودة

عرفت سابقاً بأن الذرة تحتوي على البروتونات والنيوترونات والإلكترونات، وربما نتوقع بأن كتلة الذرة تعادل مجموع كتل هذه الجسيمات وهي معزولة. إلا أن هذا التوقع يخالف تماماً نتائج القياسات الدقيقة لكتل ذرات العناصر المختلفة.

كما أن هناك تساؤلاً آخر شغل تفكير العلماء لفترة من الزمن، وهو ما يتعلّق باستقرار النواة التي تحتوي على عدد من البروتونات الموجبة الشحنة والموجودة قريبة من بعضها داخل النواة. فكيف تتعايش البروتونات الموجبة وبينها قوى تنافر كهروستاتيكية كبيرة؟

ولفهم ذلك يمكن أخذ ذرة الهيليوم  ${}^4_2\text{He}$  كأبسط ذرة تحتوي على البروتونات والنيوترونات والإلكترونات.

لقد وجد من خلال القياسات الدقيقة بأن كتلة نواة ذرة الهيليوم يساوي (٤,٠٠٢٦٠ وحدة كتل ذرية).

فهل تعادل هذه القيمة مجموع كتل الجسيمات الموجودة في ذرة الهيليوم (٢ بروتون + ٢ نيوترون + ٢ إلكترون)؟

وللتأكد من ذلك يمكنك تتبع الحسابات الآتية:

$$\text{كتلة ٢ بروتون} = 2 \times 1,007276 = 2,014552 \text{ (و.ك.ذ.)}$$

$$\text{كتلة ٢ نيوترون} = 2 \times 1,008665 = 2,017330 \text{ (و.ك.ذ.)}$$

$$\text{كتلة ٢ إلكترون} = 2 \times 0,0005486 = 0,001097 \text{ (و.ك.ذ.)}$$

$$\therefore \text{مجموع كتل الجسيمات} = 4,032979 \text{ (و.ك.ذ.)}$$

ماذا تلاحظ عند مقارنة القيم الحسابية لمجموع كتل الجسيمات الموجودة في ذرة الهيليوم، والكتلة القياسية الفعلية لكتلة ذرة الهيليوم؟

### ملاحظة

كتلة ذرة الهيليوم المقاسة تقل عن الكتلة المحسوبة للجسيمات وهي منفصلة.

$$\text{ومقدار النقص في الكتلة} = 4,032979 - 4,00260 =$$

$$= 0,030379 \text{ (و.ك.ذ.)}$$

ومن خلال النتيجة السابقة يتضح أن قانون بقاء الكتلة التقليدي الذي سبق لك دراسته في الصف العاشر لا ينطبق على هذه الحالة. ولذلك كان لابد من تطبيق

قانون بقاء الكتلة والطاقة، حيث إن الطاقة والكتلة صورتان لشيء واحد، حسب ما تدل عليه نظرية أينشتاين. ولذلك يمكن أن تتحوّل الطاقة إلى كتلة والكتلة إلى طاقة. ولذا يكون مقدار النقص في الكتلة يعادل كمية الطاقة المطلوبة للتغلب على قوة التنافر الكهروستاتيكية بين مكونات النواة، وتُسمى هذه الطاقة «بطاقة الترابط النووي».

∴ تُعرّف طاقة الترابط النووي بأنها مقدار الطاقة اللازمة لربط مكونات النواة ببعضها.  
كما تُعرّف أيضاً بأنها عبارة عن الطاقة اللازمة لتفتيت مكونات النواة تفتيتاً تاماً.

### ملاحظة

كلّما زاد عدد النيوكليونات في النواة زادت طاقة الترابط النووي التي تحفظ هذه المكونات.

ويمكن استخدام معادلة أينشتاين لحساب طاقة الترابط لذرة الهيليوم على النحو التالي:

$$\text{الطاقة (ط)} = \text{ك} \times \text{ع}^2$$

حيث: ط = الطاقة. ك = الكتلة (كجم).

$$\text{ع} = \text{سرعة الضوء، ويساوي } (3 \times 10^{10} \frac{\text{م}}{\text{ث}}).$$

∴ طاقة الترابط للهيليوم = الكتلة المفقودة

$$= 0.03038 \text{ (و.ك.ذ.)}.$$

يتمُّ بعد ذلك تحويل الكتلة الذرية إلى (كجم) لتكافئ وحدة الطاقة، وهي:  $\frac{\text{كجم} \cdot \text{م}^2}{\text{ث}^2}$

$$\therefore \text{كل وحدة كتل ذرية} = \frac{0.03038 \text{ (و.ك.ذ.)} \times 1.6605 \times 10^{-27} \text{ كجم}}{1 \text{ (و.ك.ذ.)}}$$

$$= 5.0446 \times 10^{-29} \text{ كجم}$$

$$\therefore \text{طاقة الترابط للهيليوم} = (5.0446 \times 10^{-29} \text{ كجم}) \times (3 \times 10^{10} \frac{\text{م}}{\text{ث}})^2$$

$$= 4.54 \times 10^{-12} \frac{\text{كجم} \cdot \text{م}^2}{\text{ث}^2}$$

$$= 4.54 \times 10^{-12} \text{ جول}$$

وهذه الطاقة هي عبارة عن الطاقة التي تنطلق عند تكوين نواة الهيليوم، كما أنها تمثل الطاقة اللازمة لتفتيت نواة ذرة الهيليوم، ولذلك فإن طاقة الترابط هي عبارة عن مقياس لمدى استقرار الأنوية.

## استقرار النواة

من خلال العرض السابق يتضح لك أن هناك علاقة بين طاقة الترابط واستقرار النواة، حيث لوحظ أنه كلما كانت طاقة الترابط عالية؛ كانت النواة أكثر ثباتاً واستقراراً. وللتعرّف على مدى استقرار الأنوية المختلفة للعناصر، يتم حساب متوسط طاقة الترابط النووي، والتي تُمثّل في المعادلة الآتية:

$$\text{متوسط طاقة الترابط النووية} = \frac{\text{طاقة الترابط النووية}}{\text{عدد النيوكليونات}}$$

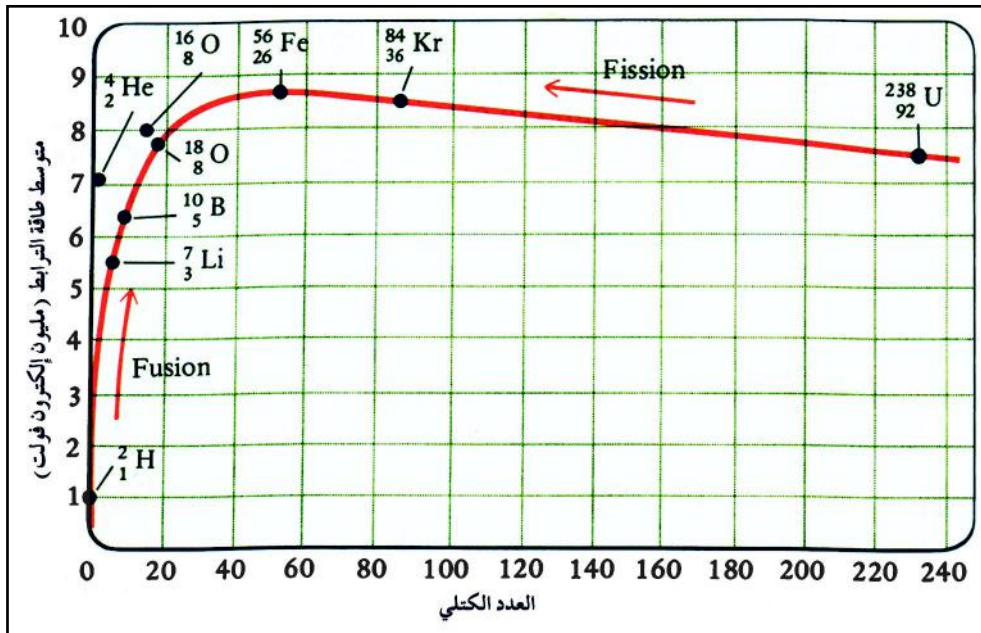
ولحساب متوسط طاقة الترابط لنواة الهيليوم، يتم تحويل وحدة الطاقة من الجول إلى وحدة المليون إلكترون فولت.

حيث إن: ١ مليون إلكترون فولت =  $1,602177 \times 10^{-13}$  جول.

$$\therefore \text{طاقة الترابط} = \frac{12-10 \times 4,54}{13- \times 1,602177} = 28,3 \text{ مليون إلكترون فولت}$$

$$\therefore \text{متوسط طاقة الترابط لنواة الهيليوم} = \frac{28,3}{4} = 7,075 \text{ مليون إلكترون فولت}$$

ويوضح الشكل (٤-٢) متوسط طاقة الترابط لبعض الأنوية والعدد الكتلي.



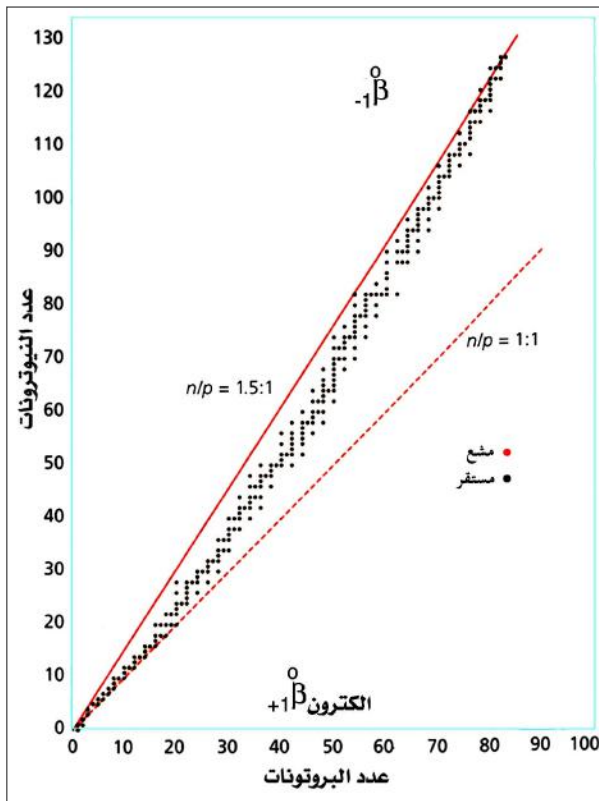
شكل (٤-٢) طاقة الترابط

ويتضح من خلال هذا الشكل ما يأتي :

- ١ - كلما زاد متوسط طاقة الترابط للنويو كليون الواحد؛ كانت النواة أكثر استقراراً.
- ٢ - العناصر التي يتراوح عددها الكتلي بين ( ٢٨ ، ١٣٨ )، أي من  $^{28}\text{Si}$  إلى  $^{138}\text{La}$  هي أكثر العناصر استقراراً، حيث إن متوسط طاقة الترابط لهذه الأنوية تتراوح بين ( ٨,٤ ، ٨,٧ ) مليون إلكترون فولت، ويتضح من الشكل ( ٤-٢ ) أن الحديد أكثر العناصر استقراراً.
- ٣ - العناصر التي يزيد عددها الكتلي عن ( ١٣٨ ) مثل اليورانيوم تُسمى عادة بالأنوية الثقيلة، وفيها يقل متوسط طاقة الترابط النووي. ويتضح من الشكل ( ٤-٢ ) أن اليورانيوم  $^{235}\text{U}$  له متوسط طاقة ترابط مقدارها ٧,٦ مليون إلكترون فولت. ولذلك نجد أن هذه العناصر تكون أكثر ميلاً لتقليل عددها الكتلي عن طريق التفاعلات الانشطارية (Fission Reaction).
- ٤ - العناصر التي يقل عددها الكتلي عن ( ٢٨ ) تسمى بالعناصر الخفيفة، ويكون فيها متوسط طاقة الترابط النووية أقل من متوسط طاقة الترابط النووية للعناصر المتوسطة. ولذلك تميل هذه العناصر إلى التفاعل الاندماجي؛ وذلك لزيادة عددها الكتلي والوصول إلى حالة الاستقرار التي تتمتع بها الأنوية المتوسطة.

### العلاقة بين نسبة عدد البروتونات والنيوترونات واستقرار النواة

- إن ثبات واستقرار النواة يتحدد من خلال معرفتنا لعوامل كثيرة من ضمنها مثلاً معرفة متوسط طاقة الترابط والتي نوقشت سابقاً، إلا أن هناك عوامل أخرى يمكن أن تلعب دوراً أساسياً في استقرار النواة، حيث تؤكد المشاهدات العملية أن معرفة نسبة عدد البروتونات إلى عدد النيوترونات يساعد على توقع مدى الاستقرار الذي تتمتع به النواة.
- وقد تمَّ تمثيل عدد البروتونات إلى عدد النيوترونات لجميع العناصر الموجودة في الجدول الدوري باستخدام الرسم البياني الموضَّح بالشكل ( ٤-٣ )، ويلاحظ أن الأنوية المستقرة تتجمَّع لتشكّل حزاماً يُعرف بحزام الاستقرار.
- ومن خلال الرسم البياني أيضاً، يمكن التوصل إلى الملاحظات الآتية:
- ١ - الأنوية التي يقلُّ عددها الذري عن ( ٢٠ ) تكون أكثر استقراراً، إذا كان عدد البروتونات مساوياً لعدد النيوترونات  $n = p$ .
  - ٢ - الأنوية التي يكون عددها الذري بين ( ٢٠ ، ٨٣ ) تكون أكثر استقراراً، عندما يزيد عدد النيوترونات فيها عن عدد البروتونات  $n > p$ .



شكل (٣-٤) حزام الاستقرار

٣ - الأنوية التي يكون عددها الذري أكبر من (٨٣) تكون غير مستقرة، لوقوعها بعد حزام الاستقرار.

٤ - الأنوية التي تقع أعلى حزام الاستقرار تكون فيها نسبة  $\frac{n}{p}$  أكبر من حالة الاستقرار، لذلك تميل إلى إطلاق جسيمات (بيتا) للوصول إلى حالة الاستقرار. ويظهر الشكل (٣-٤) أيضاً أن الأنوية التي تقع أسفل حزام الاستقرار تكون

فيها نسبة  $\frac{n}{p}$  أقل من حالة الاستقرار؛ لذلك تميل الأنوية الثقيلة إلى إطلاق جسيمات (ألفا  $\alpha$ )، والخفيفة إلى إطلاق البوزيترون أو أسر إلكترون. كما توصل العلماء والباحثون إلى ملاحظات أخرى، هي:

- الأنوية التي يكون عدد البروتونات فيها مساوياً لأحد هذه الأرقام (٢، ٨، ٢٠، ٢٨، ٥٠، ٨٢) تكون مستقرة.

- الأنوية التي يكون عدد النيوترونات فيها مساوياً لأحد هذه الأرقام (٢، ٨، ٢٠، ٢٨، ٥٠، ٨٢، ١٢٦) تكون مستقرة أيضاً.

- الأنوية التي تملك أعداداً زوجية من البروتونات والنيوترونات فإنها في معظم الحالات تكون مستقرة.

### ملاحظة

تسمى الأرقام (٢، ٨، ٢٠، ٢٨، ٥٠، ٨٢، ١٢٦) بالأرقام السحرية.



## الجسيمات والإشعاعات الصادرة من الأنوية غير المستقرة

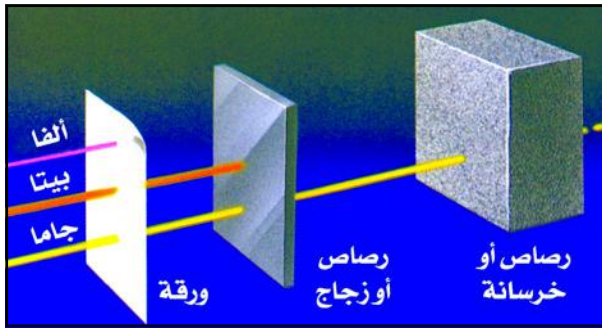
تم اكتشاف عملية النشاط الإشعاعي الطبيعي في عام ١٨٩٦م علي يد العالم الفرنسي هنري بيكريل (H. Becquerel)، الذي لاحظ أن بعض أملاح اليورانيوم تُصدر إشعاعات بدون وجود أي مؤثر خارجي، واتضح له أن هذه الأشعة تشبه الأشعة السينية التي اكتشفها «رونتيجن» عام ١٨٩٥م من حيث قدرتها على النفاذ خلال الأوساط المادية.

إلا أن العلماء توصلوا إلى تحديد بعض الخواص الأخرى التي تميز هذه الإشعاعات، منها:

- ١ - لها تأثير على الألواح الحساسة.
  - ٢ - لا يتأثر معدل صدور هذه الإشعاعات بالضغط ودرجة الحرارة.
  - ٣ - لها القدرة على تأين الغازات.
  - ٤ - لها تأثيرات خطيرة ومدمّرة على جسم الكائن الحي.
  - ٥ - تُحدث وميضاً عند سقوطها على بعض المواد الكيميائية مثل كبريتيد الخارصين.
- وقد اتضح بعد ذلك أن النشاط الإشعاعي يكون مصحوباً إما بانطلاق جسيمات مثل جسيمات ألفا ويرمز لها بالرمز ( $\alpha$ )، وجسيمات بيتا ( $\beta$ ) ويرمز لها بالرمز ( $\beta^0$ )، وجسيمات البوزيترون أو بيتا الموجبة ويرمز لها بالرمز ( $\beta^+$ ). كما أن النشاط الإشعاعي قد يكون مصحوباً بانطلاق أشعة جاما ويرمز لها بالرمز ( $\gamma$ ). ويمكن مقارنة خواص هذه الجسيمات والأشعة مع بعضها، كما يوضحه الجدول (٤-٢).

م	اسم الجسيم أو الإشعاع	الرمز	القدرة على تأين الغازات	السرعة	القدرة على النفاذ
١	جسيم ألفا $He^4_2$	$\alpha$	عالية	سرعة $\frac{1}{10}$ الضوء	محدودة فهي لا تستطيع النفاذ خلال قطعة من الورق
٢	جسيم بيتا	$\beta^0$	قليلة	تقارب سرعة الضوء	عالية إلى حد ما فهي تخترق قطعة من الورق
٣	أشعة جاما	$\gamma$	ليس لها شحنة	تساوي سرعة الضوء	عالية جداً فيمكنها اختراق قطعة سميكة من الرصاص أو الزجاج

جدول (٤-٢) بعض خواص الجسيمات والإشعاعات



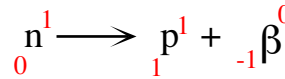
شكل (٤-٤) القدرة على النفاذ

### ملاحظة

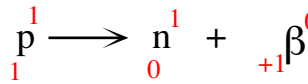
اكتشف العلماء أن بعض الأنوية غير المستقرة تصدر جسيمات تشبه جسيمات  $\beta^{-1}$  إلا أنها تختلف عنها في الشحنة، حيث أن لها شحنة موجبة، ويطلق عليها اسم بوزيترون (Positron)، ويرمز لها بالرمز  $\beta^{+1}$ . وتسمى أشعة بيتا الموجبة.

وقد تتساءل كيف تنبعث من النواة إلكترونات سالبة  $\beta^{-1}$  وإلكترونات موجبة (بوزيترون)  $\beta^{+1}$  رغم أن النواة لا تحتوي على أي إلكترون؟

إن تفسير ذلك هو انبعاث الإلكترونات السالبة  $\beta^{-1}$  الذي يحدث نتيجة لتحوّل أحد النيوترونات إلى بروتون وإلكترون، وذلك حسب المعادلة:



أما الإلكترونات الموجبة  $\beta^{+1}$  فتنبعث نتيجة لتحوّل أحد البروتونات إلى نيوترون وبوزيترون، حسب المعادلة:



## التفاعلات النووية

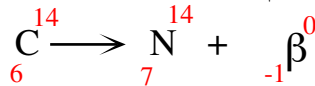
التفاعلات النووية تندرج تحت عمليتين أساسيتين هما: تحوّل نووي ذاتي، وتحوّل نووي صناعي.

### ١ - عملية التحوّل النووي الذاتي (التلقائي):

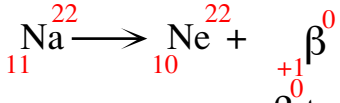
هي عملية طبيعية تحدث ذاتياً (تلقائياً) دون مؤثر خارجي نتيجة للنشاط الإشعاعي للأنوية المشعّة، وفيه تتحوّل النواة الأصلية إلى نواة أخف منها وأكثر ثباتاً ويصاحب هذا التحوّل النووي خروج جسيمات  $(\alpha, \beta)$ ، وأشعة  $\gamma$ .

ويمكن تلخيص هذه الأنواع المختلفة من التفاعلات كما يلي:

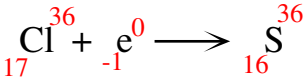
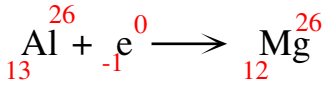
أ - التحوّل النووي المصحوب بفقدان جسيم بيتا  $\beta^{-1}$  :  
ويحدث في الأنوية الواقعة أعلى حزام الاستقرار.



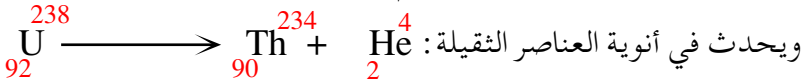
ب- التحوُّل النووي المصحوب بفقدان بوزيترون  $\beta^+$  :  
ويحدث في الأنوية الواقعة أسفل حزام الاستقرار.



ج- التحوُّل النووي المصحوب باكتساب جسيم بيتا  $\beta^-$  :  
ويحدث في الأنوية الواقعة أسفل حزام الاستقرار، وفيه تلجأ النواة لامتناس  
إلكترون من الطبقة الإلكترونية الأولى فيتحوُّل البروتون إلى نيوترون، ويطلق  
على هذه العملية الأسر الإلكتروني (Electron Capture).

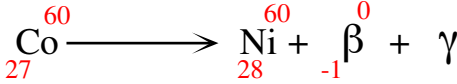


د - التحوُّل النووي المصحوب بفقدان جسيم ألفا ( $\alpha$ ) :



هـ- التحوُّل النووي المصحوب بانطلاق أشعة جاما ( $\gamma$ ) :

وهي عادة ما تحدث مصاحبة للتفاعلات السابقة :



- ما التغيرات التي حدثت للعدد الذري والعدد الكتلي لكل نواة في التفاعلات السابقة؟ وضِّح ذلك بجدول في كراستك .

التطبيقات على التحوُّل النووي الذاتي :

تعتمد هذه التطبيقات على مفهوم عمر النصف لعينة مشعة .

عمر النصف : هو الزمن اللازم لتحلُّل نصف كميّة العينة المشعة .

وقد أمكن الاستفادة منه في :

- ١ - تقدير عمر الأرض من خلال النشاط الإشعاعي لعينات من اليورانيوم .
- ٢ - تقدير عمر الأحافير بتحديد الزمن الذي انقضى على موت الكائنات التي

تخصها هذه الأحافير، وذلك بواسطة عمر النصف لنظير  $^{14}_6\text{C}$  والذي يساوي (٥٧١٥ سنة).

## ٢- عملية التحول النووي الصناعي:

هي عملية صناعية تحدث للعنصر غير المشع عن طريق قذف نواة العنصر بقذيفة مناسبة ويتحول العنصر إلى عنصر آخر.

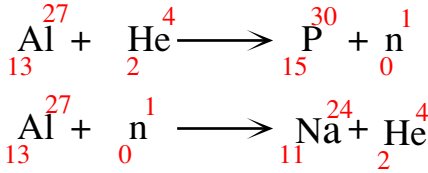
● القذائف المستخدمة في التفاعلات النووية:

$^{0}_{-1}\beta$	- جسيمات بيتا	$^4_2\text{He}$	- جسيمات ألفا
$^1_1\text{P}$	- البروتونات	$\gamma$	- أشعة جاما
$^2_1\text{H}$	- الديوترونات	$^1_0\text{n}$	- النيوترونات

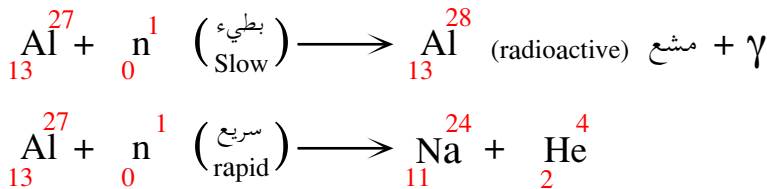
ويُفضّل استخدام النيوترونات لأنها متعادلة ولا تتأثر بالإلكترونات التي تصادفها، وبذلك لا تفقد طاقتها.

العوامل التي تؤثر في نواتج التفاعلات النووية:

١ - نوع القذيفة المستخدمة: لها دور مهم في تحديد نوعية النواتج؛ فعلى سبيل المثال الألومنيوم عند قذفه بجسيمات ألفا فإن الناتج هو الفوسفور. بينما عند قذفه بنيوترون فإن الناتج هو الصوديوم.



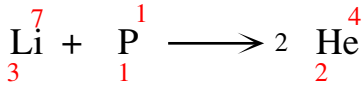
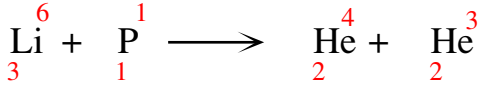
٢ - سرعة القذيفة المستخدمة: تختلف النواتج باختلاف سرعة القذيفة المستخدمة، ومثال ذلك تحويل الألومنيوم العادي إلى الألومنيوم مُشعّ باستخدام نيوترون بطيء، ويمكن تحويل الألومنيوم العادي إلى نظير الصوديوم المشعّ باستخدام النيوترون السريع.



### ملاحظة

لخفض سرعة النيوترونات تُمرر خلال مواد مهدئة مثل الماء الثقيل أو البارافين، ولزيادة سرعتها تستخدم المعجلات.

٣ - نوع النظير المقذوف (الهدف): تختلف النواتج باختلاف النظير المقذوف.

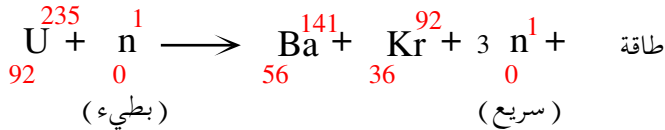


ومن تفاعلات التحوّل النووي الصناعي ما يلي:

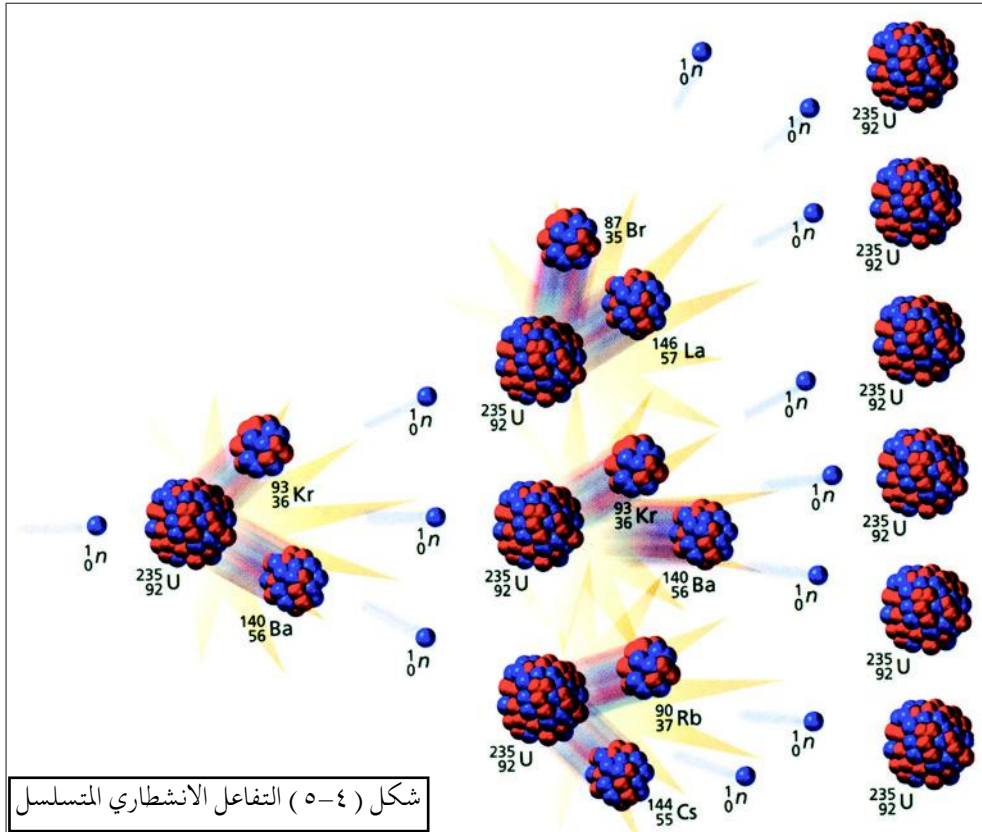
أ - إنتاج النظائر المُشعّة: ويتمّ قذف النواة بقذائف مناسبة، ومن خلال هذا التفاعل يتمّ تحويل العناصر غير المشعّة إلى عناصر مُشعّة، وتختلف نتائج هذا التفاعل وفقاً للعوامل المذكورة سابقاً.

ب- الانشطار النووي (Nuclear Fission): هو تفاعل تنشط فيه النواة الثقيلة جداً إلى أنوية العناصر الأخرى الخفيفة الأكثر استقراراً، ويمكن أن يحدث هذا الانشطار في الكون تلقائياً، كما يمكن أن يُحفّز في مفاعل نووي.

ومن أمثلة الانشطار النووي انشطار أنوية اليورانيوم  $^{235}_{92}\text{U}$  عند قذفه بالنيوترونات البطيئة.



والنيوترونات الناتجة تستطيع شطر أنوية جديدة، ويستمر هذا التفاعل ويتضاعف، ويُسمّى هذا التفاعل «التفاعل المتسلسل» Chain Reaction، شكل (٤-٥)، وتنطلق في عملية الانشطار كمية هائلة من الطاقة،



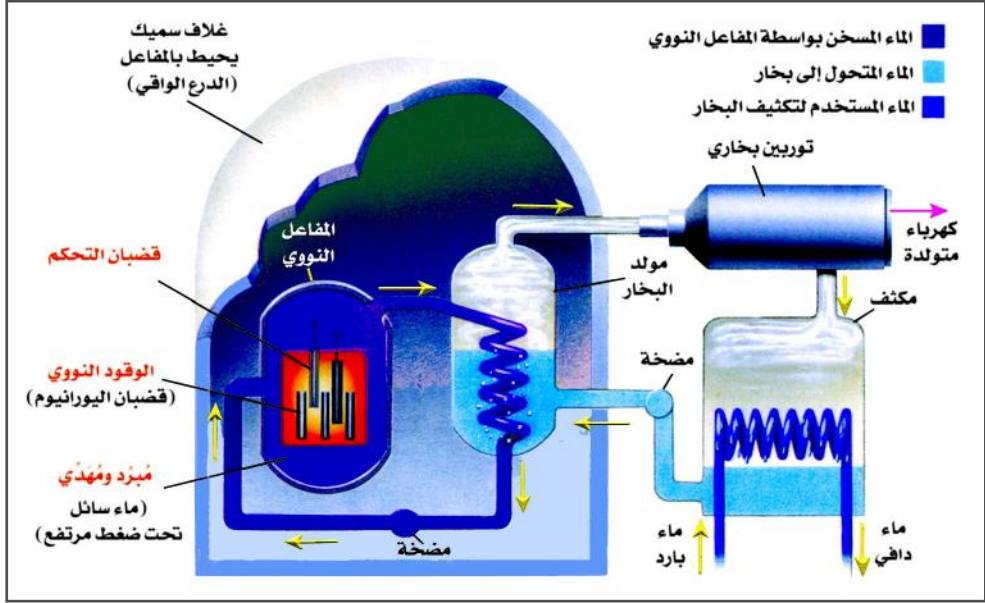
### تطبيقات على التفاعلات الانشطارية:

هناك تطبيقات عديدة علي التفاعلات الانشطارية، فبعضها نافع وبعضها ضار ومدمر للبيئة والكائنات الحية بشكل عام. ومن التطبيقات السلمية والهامة للتفاعلات الانشطارية هو استخدام المفاعلات النووية لإنتاج الطاقة الكهربائية، ولتحلية مياه البحر، ولإنتاج النظائر المشعة التي تستخدم في مجالات عديدة.

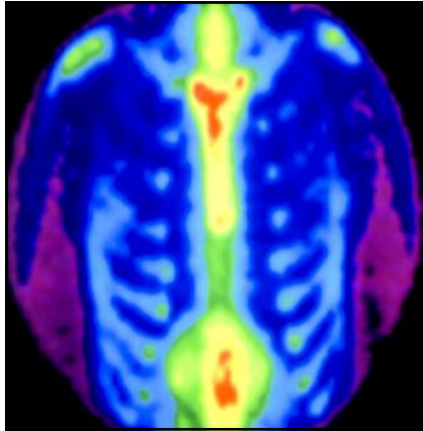
وحسب ما هو واضح في الشكل (٤-٦)، فإن المفاعل النووي يتكوّن من خمس مكونات أساسية، هي:

- ١ - الدرع الواقعي: وهو عبارة عن معدن سميك، أو خرسانة مسلّحة تحيط بالمفاعل؛ ليمنع تسرب الإشعاعات خارج المفاعل.
- ٢ - مبرّد: مثل الماء أو مصهور الصوديوم؛ لامتصاص الحرارة الناتجة عن التفاعل - حتى لا تنصهر القضبان - وللاستفادة من هذه الحرارة في إنتاج بخار الماء لتشغيل المولدات الكهربائية.
- ٣ - قضبان التحكم: تُصنع من مادة الكادميوم أو البورون أو الكوبلت ووظيفتها

- التحكُّم في حدوث التفاعلات النووية عن طريق امتصاص النيوترونات والسيطرة على سرعة وشدة التفاعل، كما تستخدم لإيقاف المُفاعل عن العمل.
- ٤ - المُهدِّي: المواد النقية تعتبر أفضل المواد المهدئة، ويستخدم الجرافيت أو الماء الثقيل كمُهدِّي لإبطاء سرعة النيوترونات.
- ٥ - الوقود النووي: عبارة عن عدد من قضبان اليورانيوم النقي الذي يحتوي على ٣-٤٪ يورانيوم (٢٣٥) قابل للانشطار، والباقي يورانيوم (٢٣٨).

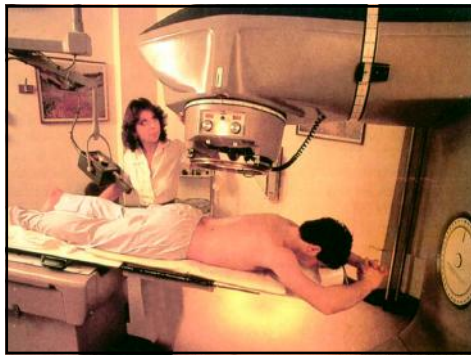


شكل (٤-٦) رسم توضيحي للمفاعل النووي المستخدم لإنتاج الطاقة الكهربائية



شكل (٤-٧) يوضح استخدام العناصر المشعة لتشخيص سرطان العظام

- من فوائد المفاعلات النووية:
- ١ - إنتاج النظائر المُشعَّة التي لها استخدامات عديدة.
  - ٢ - توليد الطاقة الكهربائية.
  - ٣ - تحلية مياه البحر.
- فوائد النظائر المُشعَّة:
- في مجال الطب: هناك العديد من التطبيقات الإيجابية للنظائر المُشعَّة، ومنها:
- يستخدم التكنيتيوم - 99 لتشخيص سرطان العظام، انظر الشكل (٤-٧).



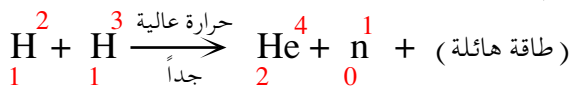
شكل (٨-٤) علاج السرطان بالأشعة

- يستخدم اليود المشع في تشخيص وعلاج أمراض الغدة الدرقية .
- يستخدم نظير الراديوم المشع في علاج أمراض السرطان، شكل (٤-٨) .
- يستخدم نظير الفوسفور المشع في علاج سرطان الدم .
- يستخدم الكوبلت المشع في علاج السرطان بالإشعاع .

ومن التطبيقات السلبية لتفاعل الانشطار النووي هو إنتاج القنبلة الذرية . حيث تعتمد فكرة القنبلة النووية على انشطار أنوية اليورانيوم  $^{235}_{92}\text{U}$  أو البلوتونيوم  $^{239}_{94}\text{Pu}$  ، بأخذ كتلة معينة من اليورانيوم أو البلوتونيوم، وتعرضها فجأة لضغط كبير يؤدي إلى انكماشها إلى حجم أصغر، ويحدث نتيجة لذلك انشطار في الأنوية بطريقة تلقائية وتنطلق كمية كبيرة من الطاقة .

ج- الاندماج النووي (Nuclear Fusion): هو تفاعل نووي يتم فيه دمج نواتين صغيرتين لتكوين نواة أكبر . وهذا النوع من التفاعلات يعتبر أخطر من تفاعلات الانشطار النووي، وذلك نتيجة لكمية الطاقة الهائلة التي تنتج من هذا التفاعل .

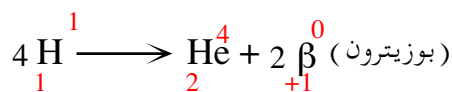
ومن أمثلة هذا التفاعل اندماج أنوية الهيدروجين (ديوتيريوم  $^2_1\text{H}$  ، تريتيوم  $^3_1\text{H}$ ) لتكوين نواة الهيليوم، كما في المعادلة الآتية :



خلق الله سبحانه وتعالى الشمس وجعلها مصدراً مهماً للطاقة الحرارية، ولولا وجود هذه الطاقة لما كانت الحياة ممكنة على سطح الأرض .  
فما مصدر هذه الطاقة الهائلة التي تصلنا من الشمس؟

التفاعل الاندماجي في الشمس :

يحدث التفاعل الاندماجي في الشمس نتيجة لوجود حرارة شديدة تسمح باندماج أربعة أنوية من الهيدروجين  $^1_1\text{H}$  ، كما في المعادلة الآتية :



انظر الشكل في بداية الوحدة .



## تطبيقات على التفاعلات الاندماجية:

للأسف الشديد لم يتمكن الإنسان حتى الآن من تطوير التفاعل الاندماجي لإنتاج الطاقة لمنفعة الإنسان. إلا أن هناك تطبيقات سلبية مدمرة تتمثل في إنتاج القنبلة الهيدروجينية.



شكل (٤-٩) انفجار القنبلة الهيدروجينية

وتعتمد القنبلة الهيدروجينية على تفاعل الاندماج النووي.

وتتكوّن القنبلة الهيدروجينية من قنبلتين إحداهما انشطارية نووية بداخل غلاف قوي جداً، والأخرى عبارة عن القنبلة الهيدروجينية التي تتكوّن من أنوية الهيدروجين الثقيل وهي موجودة في وعاء يحيط بالقنبلة الانشطارية.

ويبدأ تفجير القنبلة الانشطارية أولاً، ومن ثم يستفاد من الحرارة الناتجة

عن هذا التفاعل في اندماج أنوية الهيدروجين لتكوين أنوية الهيليوم، وانطلاق كمية هائلة من الطاقة لها قدرة تدميرية أكبر بكثير من القوة التدميرية الناتجة عن انفجار القنبلة النووية؛ حيث تعادل قوة انفجار القنبلة الهيدروجينية (١٠٠٠) قنبلة ذرية، أو ما يعادل انفجار (٢٠) مليون طن من مادة (T.N.T).

## الوقاية من خطر التلوّث الإشعاعي

نظراً للمخاطر الكبيرة التي يمكن أن يتعرض لها الإنسان نتيجة للتلوّث الإشعاعي، فإن المنظمات والهيئات العلمية قد أصدرت العديد من التعليمات والإرشادات الواجب اتخاذها عند التعامل مع المواد المشعّة، أو عند حدوث تلوّث إشعاعي نتيجة للحوادث، ومن أهم احتياطات السلامة والأمان ما يأتي:

### أولاً: احتياطات الأمان في المعامل أو المفاعلات النووية:

ومن هذه الاحتياطات ما يلي:

١ - حفظ وتغليف المواد المشعّة في مغلفات مزدوجة خاصة بها، وكتابة بعض المعلومات المهمة عليها.

- ٢ - تغطية أسطح أماكن إجراء التجارب بطبقة من الرصاص (Pb) لامتصاص الإشعاعات .
- ٣ - إرتداء الألبسة الواقية من الإشعاعات وتركها في أماكن العمل حتى لا تكون وسيلة لنقل الإشعاعات إلى الآخرين .
- ٤ - الفحص المستمر للإشعاعات باستخدام أجهزة خاصة بذلك .
- ٥ - يجب التخلص من المخلفات الإشعاعية ووضعها في مكان آمن يضمن عدم انتقالها إلى البيئات المحيطة .

### نشاط (٤-١)

#### قضية للبحث :

استعن بالمراجع المتوفرة في مكتبة المدرسة أو من خلال شبكة المعلومات العالمية (الإنترنت) ، واكتب تقريراً عن احتياطات الأمان الأخرى التي لم ترد في الوحدة، وناقش ذلك مع زملائك ومعلم المادة .

### ثانياً: احتياطات الأمان الخاصة بالحماية من الإشعاع الخارجي:

- للتقليل من مخاطر الإشعاعات المنبعثة من مصدر خارجي كالحوادث التي ينتج عنها تسرب أو تلوث إشعاعي، يمكن الاستعانة بالاحتياطات والإجراءات الآتية:
- ١ - التقليل من فترة التعرض للإشعاعات، حيث يُنبه الناس لمغادرة المكان الذي يُحتمل وجود تلوث إشعاعي فيه، وذلك بأسرع وقت ممكن .
  - ٢ - الابتعاد مسافة كبيرة عن مصدر الإشعاع، ففي ذلك يمكن تقليل معدل التعرض للإشعاع بنسبة أربعة أضعاف؛ كلما ضاعفنا المسافة بين المصدر المشع والإنسان، طبقاً لقانون التربيع العكسي .
  - ٣ - يجب وضع الحواجز السميكة التي تبني من مواد خاصة ذات كثافة عالية مثل معدن الرصاص، حيث تساعد على حجز ومنع انتقال الإشعاعات إلى الأماكن المجاورة .

## تقويم الوحدة

- ١ - وضح المقصود بالمصطلحات الآتية:
  - النظائر
  - النشاط الإشعاعي
  - البوزيترون
  - الاندماج النووي
  - متوسط طاقة الربط
  - التفاعل المتسلسل
- ٢ - اختر الإجابة الصحيحة:
  - أ - نظائر العنصر الواحد تتشابه في:
    - ٠١ عدد البروتونات
    - ٠٢ عدد النيوترونات
    - ٠٣ عدد النيوكليونات
    - ٠٤ العدد الكتلي
  - ب- طاقة الربط النووية، هي الطاقة التي:
    - ٠١ تحفظ الإلكترونات حول النواة
    - ٠٢ تلزم لفصل مكونات النواة
    - ٠٣ تلزم لفصل الإلكترونات
    - ٠٤ تنطلق عند انشطار النواة
  - ج- إذا تحوّلت نواة  $O^{15}_8$  إلى نواة  $N^{15}_7$  فإن النواة تكون قد فقدت:
    - ٠١ بروتوناً
    - ٠٢ إلكترونات
    - ٠٣ نيوترونات
    - ٠٤ بوزيترونات
  - د - إذا فقد عنصر معين أشعة (γ) فإن عدده الذري:
    - ٠١ يزداد بمقدار ١
    - ٠٢ يقل بمقدار ٤
    - ٠٣ لا يتغير
    - ٠٤ ينقص بمقدار ٢
  - هـ- الأنوية الواقعة أسفل حزام الاستقرار تميل إلى إطلاق:
    - ٠١ جسيمات ألفا
    - ٠٢ جسيمات بيتا
    - ٠٣ إشعاعات جاما
    - ٠٤ لاشيء مما سبق
- ٣ - علّل لما يأتي:
  - أ - تتفق النظائر في الخواص الكيميائية.
  - ب- تعتبر النيوترونات من أفضل القذائف النووية.
  - ج- أشعة جاما لها قدرة عالية على النفاذ.
  - د - الأنوية الواقعة بعد حزام الاستقرار غير مستقرة.
  - هـ- القنبلة الهيدروجينية أخطر بكثير من القنبلة النووية.
  - و - تُعدُّ التفاعلات النووية إحدى البدائل المهمة للطاقة.

٤ - أكمل المعادلات الآتية:

- a)  ${}_{52}^{130}\text{Te} + {}_0^1\text{n} \longrightarrow \dots + \gamma$
- b)  ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_0^1\text{n} \text{ (سريع) } \longrightarrow {}_{11}^{24}\text{Na} + \dots$
- c)  ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \longrightarrow {}_{56}^{141}\text{Ba} + {}_{36}^{92}\text{Kr} + \dots + \text{طاقة}$
- d)  ${}_{15}^{30}\text{P} \longrightarrow {}_{14}^{30}\text{Si} + \dots$
- e)  ${}_{7}^{13}\text{N} \longrightarrow {}_{6}^{13}\text{C} + \dots$
- f)  ${}_{11}^{24}\text{Na} \longrightarrow {}_{12}^{24}\text{Mg} + \dots$

٥ - وضح العلاقة بين استقرار النواة والعدد النسبي للنيوترونات والبروتونات.

٦ - ما الفرق بين:

أ - القنبلة النووية والقنبلة الهيدروجينية.

ب - جسيمات ألفا وأشعة جاما.

٧ - اذكر بعض استخدامات النظائر المشعة.

٨ - في المعادلة التالية:  ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \longrightarrow {}_{38}^{90}\text{Sr} + {}_{54}^{140}\text{Xe} + \dots + {}_0^1\text{n}$

أ - مانوع هذا التفاعل؟

ب - ما الرقم الذي يجب وضعه أمام رمز النيوترون؟

٩ - اذكر أهم الفروق بين التفاعلات الكيميائية والتفاعلات النووية.

١٠ - قارن بين الأنواع المختلفة من الجسيمات والأشعة التي تنطلق من نواة مشعة من حيث طبيعتها، وشحنتها، وسرعتها، وقوة نفاذها، وقدرتها على تأين الغازات.

١١ - للكlor نظيران هما:  ${}_{17}^{37}\text{Cl}$ ،  ${}_{17}^{35}\text{Cl}$  ويتواجدان في أي عينة من الكلور بنسبة

٣ : ١ فإن الكتلة الذرية للكلور هي:

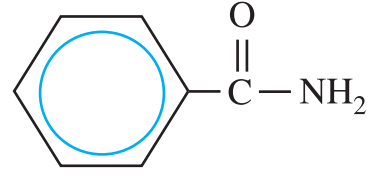
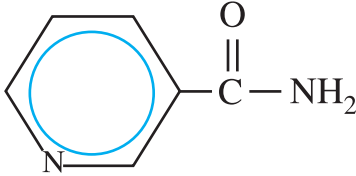
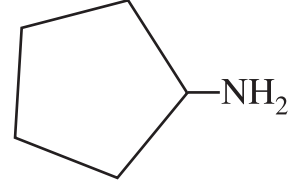
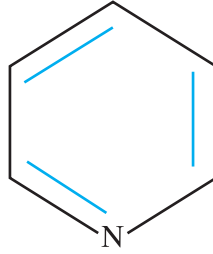
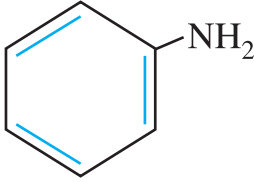
أ) ٣٥ (ب) ٣٧ (ج) ٣٦ (د) ٣٥,٥

١٢ - اذكر أهم احتياطات السلامة والأمان الواجب اتخاذها عند حدوث تلوث إشعاعي.

# مركبات النيتروجين العضوية

## Organic Nitrogen Compounds

### الوحدة الخامسة



### الأهداف

- نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن:
- ١ - تُعرِّف كلاً من الأمينات والأميدات والحموض الأمينية .
  - ٢ - تُصنّف الأمينات إلى أولية، وثنائية، وثالثية .
  - ٣ - تُحدّد الخواص الفيزيائية للأمينات .
  - ٤ - تميّز العلاقة بين الأمينات والأميدات والحموض الأمينية من خلال الصيغة العامة .
  - ٥ - تُسمّي الأمينات والإميدات والأحماض الأمينية .
  - ٦ - تكتب الصيغ البنائية لبعض مركبات النيتروجين العضوية الهامة .
  - ٧ - تُوضّح كيف تحضر مركبات الأمينات والأميدات .
  - ٨ - تُبيّن التفاعلات الكيميائية للأمينات والأميدات والحموض الأمينية .
  - ٩ - تُصنّف الحموض الأمينية طبقاً لوجود مجموعة الأمين ومجموعة الكربوكسيل .
  - ١٠ - تُفرّق بين الحموض الأمينية المختلفة .

يوجد النيتروجين في كثير من المركبات العضوية، والمركبات ذات العلاقة بالعمليات الحيوية في الكائنات الحية. وفي هذه المركبات يتحد النيتروجين مع بعض العناصر الأخرى مكوناً مجموعات فاعلة، فمثلاً يتحد مع الكربون مكوناً مجموعة السيانيد (CN -)، ومع الأكسجين مكوناً مجموعة النيترو (NO<sub>2</sub> -)، كما يتحد مع الهيدروجين مكوناً مجموعة الأمينو (NH<sub>2</sub> -). وتتكون أصناف لا حصر لها من المركبات العضوية المحتوية على النيتروجين باتحاد هذه المجموعات (CN -، NO<sub>2</sub> -، NH<sub>2</sub> -) مع الهيدروكربونات الأليفاتية والأروماتية.

وستعرض هنا لدراسة بعض هذه المركبات، وهي:

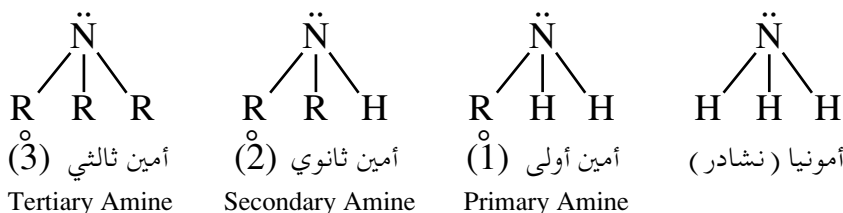
١ - الأمينات.

٢ - الأميدات.

٣ - النيتريلات والحموض الأمينية.

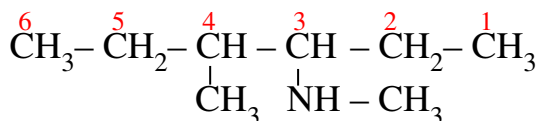
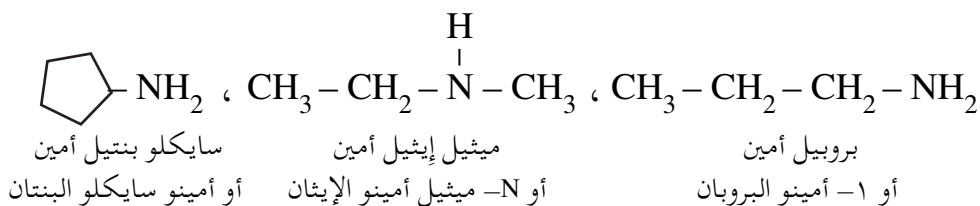
## أولاً: الأمينات: Amines

الأمينات هي مجموعة من المركبات العضوية التي تحتوي على الكربون والهيدروجين والنيتروجين فقط، وهي بذلك تُعدُّ مشتقات للأمونيا؛ حيث تستبدل ذرة هيدروجين أو ذرتين أو ثلاث في جزيء الأمونيا بمجموعة الكيل أو آريل وبعد ذلك نحصل على أصناف الأمينات الثلاثة. (R هي مجموعة إلكيل أو آريل).



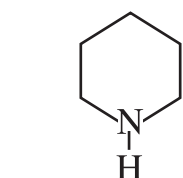
## التسمية: Nomenclature

تُسمى الأمينات إما بأن نذكر أسماء المجموعات المتصلة بذرة النيتروجين متبوعة بكلمة «أمين»، أو بأن نعتبر ذرة النيتروجين وما تحمله مجموعة بديلة على المركب ويمكن اعتبارها الطريقة الأعم لأنها الوحيدة التي تصلح لتسمية مركب لا نجد لإحدى مجموعاته تبسيطاً، ومن أمثلة ذلك ما يأتي:

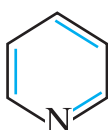


٤-ميثيل - ٣-N -ميثيل أمينو الهكسان

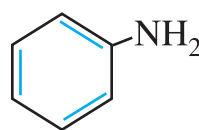
وإلى جانب الاسم المنهجي (IUPAC) اشتهر كثير من الأمينات بأسماء شائعة، مثل:



Piperidine البيريدين



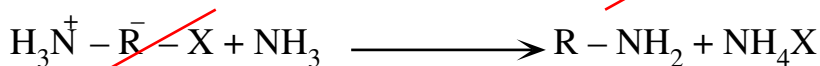
Pyridine البيريدين



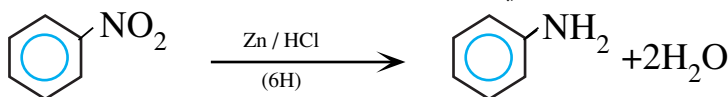
Aniline الأنيلين

### تحضير الأمينات:

١ - تحضر الأمينات من خلال تفاعل الأمونيا مع هاليدات الألكيل، وهذا التفاعل يؤدي إلى مزيج من الأمينات والملح الرباعي، ولذلك فإن فائدته في الاصطناع محدودة؛ لما يعترضه من صعوبات في الفصل، لكن يمكن اللجوء إليه أحياناً باستخدام كميات وافرة من الأمونيا، والمعادلات الآتية توضح ذلك.



٢ - كما تُحضّر الأمينات من خلال اختزال مجموعة نيترو إلى أمين أولي بالهدرجة أو بالهيدروجين المحضّر من تفاعل معدن نشط وحمض معدني أو بهيدريد الليثيوم والألومنيوم، كما في المعادلة الآتية:



وتعتبر هذه الطريقة في تحضير الأمينات أكثر ملاءمة لإنتاج الأمينات الأروماتية .

## الخواص الفيزيائية:

تختلف الخواص الفيزيائية للأمينات حسب حجم أفرادها وفيما إذا كانت أولية أو ثانوية أو ثالثية، فمثلاً:

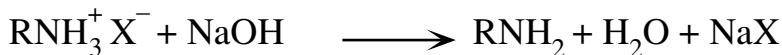
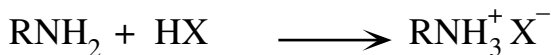
- ١ - الأفراد الأولى منها مثل ( ميثيل أمين، إيثيل أمين ) غازية، وبازدياد الوزن الجزيئي تتحول إلى الحالة السائلة ثم إلى الحالة الصلبة .
- ٢ - للأمينات رائحة تشبه رائحة السمك المتعفن، والواقع أن تعفن السمك يكون مصحوباً بإنتاج أمينات مختلفة .
- ٣ - الأفراد الأولى من الأمينات سريعة الذوبان في الماء والكحول والإيثير ، ويقل ذوبان الأمينات كلما ارتفعنا في السلسلة بازدياد الوزن الجزيئي؛ وعليه فالأفراد العليا لا تذوب في الماء .
- ٤ - لها القدرة على تكوين روابط هيدروجينية بينها وخاصة الأمينات الأولية والثانوية، كما أن أفرادها تغلي في درجة حرارة أعلى من الأمينات الثالثية .

## تفاعلات الأمينات:

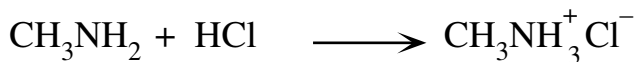
إن أبرز عامل في تفاعلات الأمينات هو وجود زوج من الإلكترونات الحرة على ذرة النيتروجين، فهما يكونان رابطة مع أي مستقبل فقير بالإلكترونات، وهذان الإلكترونان هما السبب في الخواص القاعدية للأمينات .

أولاً: مع محاليل الحموض:

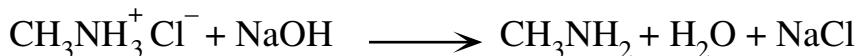
تنحل الأمينات في محلول حمضي لتكوين أملاح الأمونيوم، وتنفصل محاليل هذه الأملاح بإضافة قاعدة قوية مثل هيدروكسيد الصوديوم كما في المعادلات الآتية:



ولو استعضنا ( HX ) بحمض محدد، وليكن حمض الهيدروكلوريك يكون التفاعل كالتالي:



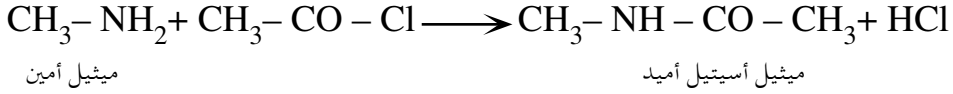
كلوريد ميثيل الأمونيوم



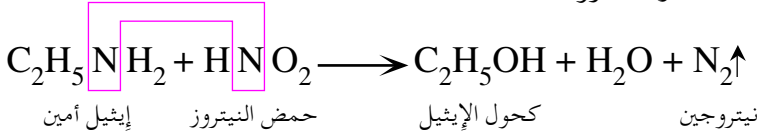


ثانياً : مع مشتقات الحموض :

١ - تتفاعل الأمينات الأولية والثانوية مع كلوريدات الحموض أو أنهيديدات الحموض؛ لتكوّن الأميدات :



٢ - تتفاعل الأمينات أيضاً مع حمض النيتروز؛ لتعطي الكحول المناظر لها، ويتصاعد غاز النيتروجين.

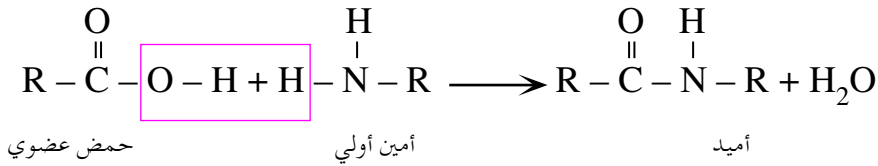


استخدام الأمينات وأهميتها :

تستخدم الأمينات في صناعة النايلون، حيث يستخدم في هذه الصناعة ١ ، ٦ ثنائي أمينوهكسان  $\text{H}_2\text{N(CH}_2)_6\text{NH}_2$ .

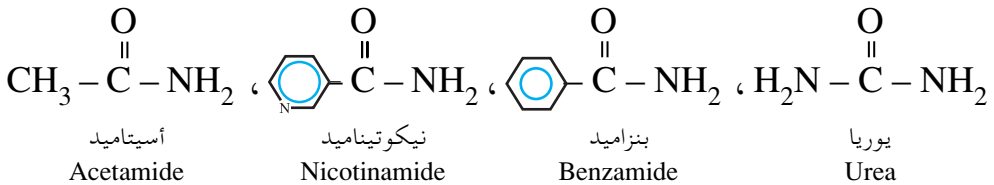
## ثانياً : الأميدات: Amides

كما ترى في البند (١) أعلاه، تتفاعل الأمينات مع مشتقات الحموض لتكوين الأميدات وتشتق أيضاً من تفاعل الحموض العضوية مع الأمينات .



## التسمية: Nomenclature

الأميدات مركبات تتميز بوجود المجموعة الوظيفية  $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}_2$ ، وفيما يأتي تسمية بعض مركبات الأميدات :

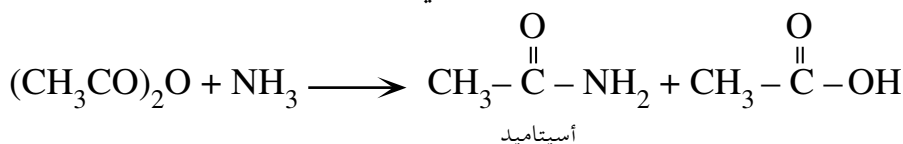


يُسمَّى مركب الأميد من خلال اسم الحمض الكربوكسيلي المشتق منه، لذا فالاسم يتركَّب من شقين: الشق الأول من اسم الحمض، والشق الثاني أميد بعد حذف المقطع (يك) في الاسم الشائع، أو بحذف المقطع (ويك) في الاسم المنهجي (IUPAC) للحمض.

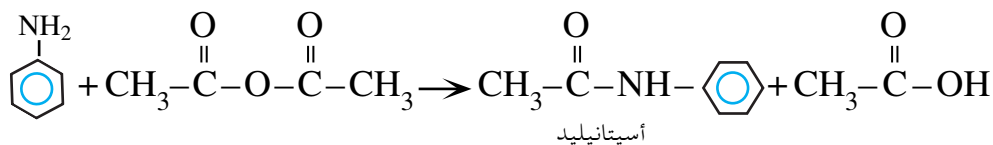
المجموعتان الوظيفيتان العائدتان للأمينات ( $-NH_2$ ) والأميدات  $-C(=O)-NH_2$  توجدان في العديد من المركبات البيولوجية الهامة مثل: الحموض الأمينية، والثيامين، والريبوفلافين، والبيوتين، ... الخ.

### تحضير الأميدات:

يتطلَّب تحضير الأميدات الكربوكسيلية وجود ذرة هيدرجين التي تؤدي في الأمينات الأولية إلى تحضير أميد أحادي الاستبدال، وفي الأمينات الثانوية إلى تحضير أميد ثنائي الاستبدال، أما الأمينات الثالثية فتفشل في التفاعل لتحضير الأميدات، ويمكن الحصول على أميد غير مستبدل كما يلي:



ويمكن الحصول على أميد أحادي الاستبدال على النحو الآتي:

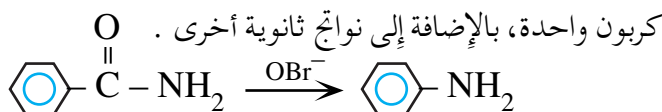


- لماذا الأمينات الثالثية لا يحضر منها الأميدات؟
- سجِّل ذلك في كراستك.

### تفاعلات الأميدات:

الأميدات الكربوكسيلية مركبات فعَّالة تدخل في تفاعلات عديدة منها:

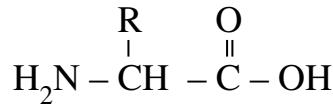
١ - تفاعل الاختزال (خسف هوفمان): هو تفاعل الأميدات غير المستبدلة مع هيبوبروميت الصوديوم ( $Na-O-Br$ )، لتكوين الأمين الذي يقل عن الأميد بذرة



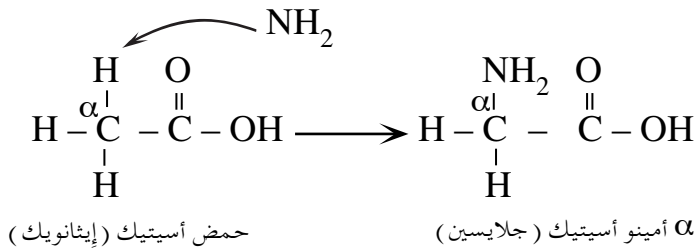


## تعريفها:

تُعرَّف الحموض الأمينية بأنها حموض كربوكسيلية استبدلت منها ذرة هيدروجين متصلة بذرة الكربون المجاورة لمجموعة الكربوكسيل بمجموعة أمينو.



إذا استبدلنا ذرة الهيدروجين المتصلة بذرة الكربون المجاورة لمجموعة الكربوكسيل (ذرة كربون  $\alpha$ ) بمجموعة أمينو ( $-\text{NH}_2$ ) في حمض الأسيتيك (إيثانويك) فإننا نحصل على حمض أميني يُسمى ألفا أمينو إيثانويك (الجلاليسين).



ويلاحظ من خلال الناتج لتكوين الحمض الأميني أن صيغته جاءت مجموعة الأمينو ( $-\text{NH}_2$ ) ومجموعة الكاربوكسيل ( $-\text{COOH}$ ) ترتبطان بنفس ذرة الكربون.

فالملاح المشتركة لجميع الحموض الأمينية هي، على الأقل، وجود مجموعة أمينو ومجموعة كربوكسيل.

وتقوم التأثيرات المتبادلة داخل الجزيئات نفسها (أي داخل جزيئي الحمض) وبين الجزيئات بعضها بعضا بدور مهم في الخواص الفيزيائية والخواص الكيميائية لهذه المركبات ثنائية الوظيفة.

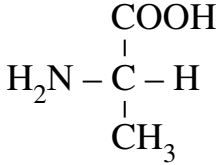
هاتان المجموعتان ( $-\text{COOH}$  ،  $-\text{NH}_2$ ) مسؤولتان عن الخواص، فمجموعة الكربوكسيل مميزة للحموض العضوية وهي المسؤولة عن الخواص الحمضية، بينما مجموعة الأمين مسؤولة عن الخواص القاعدية العضوية، وعليه فالحمض الأميني يحمل مجموعة حمضية ( $-\text{COOH}$ ) ومجموعة قاعدية ( $-\text{NH}_2$ ) على الجزيء نفسه.

## تصنيف الحموض الأمينية:

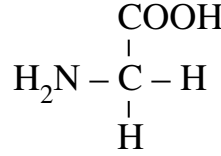
تُصنَّف الحموض الأمينية حسب تركيبها الكيميائي إلى المجموعات الآتية:

١- الحموض الأليفاتية أحادية الأمينو أحادية الكربوكسيل :

وهي تلك الحموض التي تحتوي على مجموعة أمينو ( $\text{NH}_2$ ) واحدة ومجموعة كربوكسيل ( $\text{COOH}$ ) واحدة، وهذه المركبات متعادلة تقريباً في تفاعلاتها، ومن أمثلة هذه الحموض (الجلاليسين) و (الآلانين) .



الآلانين

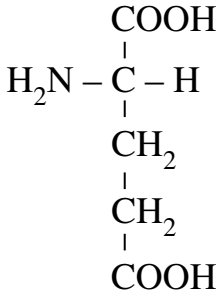


الجلاليسين

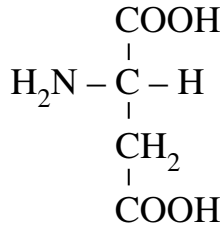
– لاحظ الاختلاف بين تركيب الحمضين، و قارن ذلك بتعريف الحمض الأمينوي .

٢- الحموض الأليفاتية أحادية الأمينو ثنائية الكربوكسيل :

وهي الحموض التي تحتوي على مجموعة أمينو واحدة ومجموعتي كربوكسيل، وهذه مركبات حمضية في تفاعلاتها، ومن أمثلتها:



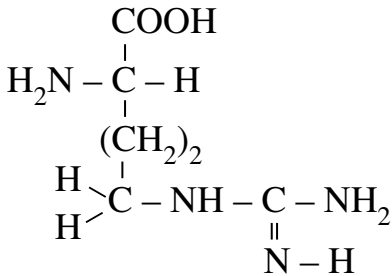
حمض الجلوتاميك



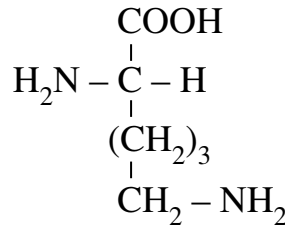
حمض الأسبارتيك

٣- الحموض الأليفاتية ثنائية الأمينو أحادية الكربوكسيل :

وهي حموض يحتوي الجزئيء فيها على مجموعتي أمينو ومجموعة كربوكسيل واحدة . وهذه الحموض مركبات قاعدية في تفاعلاتها، ومن أمثلتها:



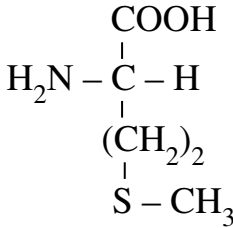
أرجنين



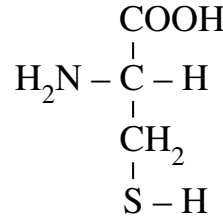
لايسين

#### ٤- الحموض الأمينية المحتوية على الكبريت :

وهي حموض يحتوي الجزيء منها على مجموعة أمينو واحدة ومجموعة كربوكسيل واحدة ومجموعة ثيول (SH-) أو كبريتيدية، ومن أمثلة هذه الحموض ما يأتي :



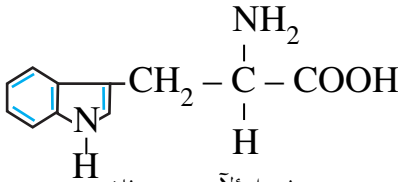
ميثونين



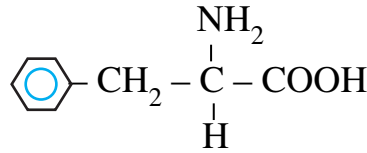
سستين

#### ٥- المشتقات الأروماتية للحموض الأمينية :

وهي حموض تحتوي على حلقات أروماتية وحلقات دائرية مختلفة، ومن أمثلتها :



فينيل ألانين تريبتوفان



فينيل ألانين

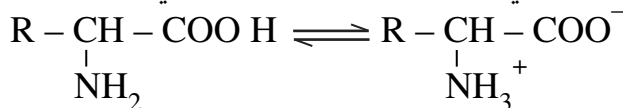
كما أن هناك حموضاً أمينية وعددها ثمانية لا يستطيع جسم الحيوان أو الإنسان بناءها، وعدم احتواء الغذاء عليها يؤدي إلى ضعف نمو الجسم ومرض سوء التغذية وغيرهما من الأمراض، لذا يجب تناولها أثناء الوجبات الغذائية من مصادر خارجية، ولهذا تسمى هذه الحموض بالحموض الأمينية الأساسية، وهي :

Methionine	٢ - ميثونين	Leucine	١ - حمض ليوسين
Lysine	٤ - لايسين	Phenylalanine	٣ - فينيل ألانين
Iso-Leucine	٦ - إيزوليوسين	Valine	٥ - فالين
Tryptophane	٨ - تريبتوفان	Threonine	٧ - ثريونين

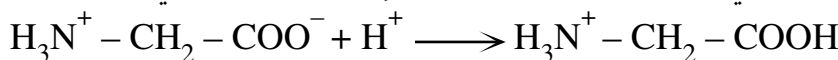
#### الخواص الفيزيائية:

أغلب الحموض  $\alpha$  - الأمينية مواد صلبة، بلورية، لها درجة انصهار عالية (أبسط هذه الحموض هو الجلایسین الذي تبلغ درجة انصهاره ٢٥٠م)، والأفراد الأولى البسيطة من هذه الحموض سريعة الذوبان في الماء، وقليلة الذوبان في المذيبات العضوية، ومتعادلة التأثير على ورقتي دوار الشمس.

الحموض  $\alpha$  - الأمينية لا تنجذب ناحية الكاثود (القطب السالب) أو الأنود (القطب الموجب) عند إمرار التيار الكهربائي في محاليلها، والسبب في ذلك وجود الحمض  $\alpha$  - الأميني على هيئة أيون ثنائي القطبية (Dipolar) متعادل كهربائياً، يحمل الشحنة الموجبة في طرف، والشحنة السالبة في الطرف الآخر من الجزيء، وينتج هذا من تفاعل المجموعة الأمينية ( $\text{NH}_2$ -)، والمجموعة الكربوكسيلية ( $\text{COOH}$ -) مع بعضها بعضاً في الجزيء نفسه على النحو الآتي:



وفي الوسط الحمضي مثلاً، عند إضافة حمض قوي مثل حمض الهيدروكلوريك (إضافة كاتيون هيدروجين) إلى محلول الحمض الأميني ينجذب الحمض الأميني كوحدة واحدة إلى الكاثود، وذلك لأن الحمض  $\alpha$  - الأميني المتعادل - بسبب احتوائه على عدد متساوٍ من المجموعات الأمينية والكربوكسيلية - يكتسب بروتوناً في الوسط الحمضي، لذا يتجه نحو الكاثود عند إمرار التيار الكهربائي.



حمض أميني في حالة تعادل

أما في الوسط القاعدي، عند إضافة قاعدة قوية مثل هيدروكسيد الصوديوم (أيونات هيدروكسيل) فيحدث العكس؛ لأن الحمض يفقد بروتوناً، كما يأتي:



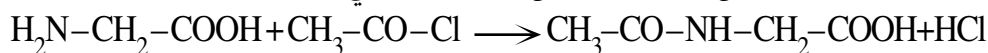
- ما تأثير محلول دوار الشمس على الحمض الأميني أحادي الأمين، ثنائي الكربوكسيل؟
- ما تأثير محلول دوار الشمس على الحمض الأميني ثنائي الأمين، ثنائي الكربوكسيل؟
- سجّل ذلك في كراستك.

### تفاعلات الحموض الأمينية:

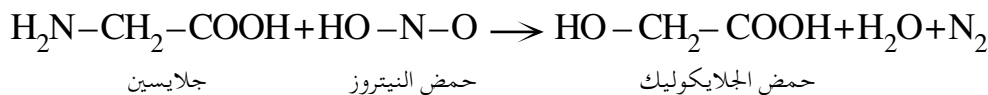
تتفاعل الحموض  $\alpha$  - الأمينية باعتمادها على وجود المجموعة الأمينية والمجموعة الكربوكسيلية، إضافة إلى تفاعلات كل من الحموض والقواعد، على النحو الآتي:

أولاً: تفاعلات مجموعة الأمين:

١ - كقواعد أمينات: تتفاعل الحموض الأمينية مع أنهيدريد حمض الأسيتيك وكلووريد الأسيتيل، مكونة أسيتيل الحمض الأميني.

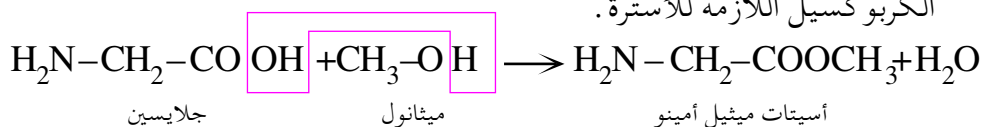


٢ - تتفاعل حموض  $\alpha$  - الأمينية مع حمض النيتروز مكونة حموضاً هيدروكسيلية، ويتصاعد النيتروجين حسب معادلة التفاعل الآتية:

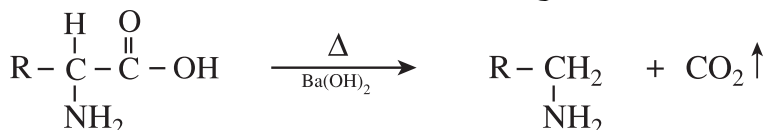


يستخدم هذا التفاعل في تحليل البروتينات لتقدير كمية النيتروجين فيها.  
ثانياً: تفاعلات مجموعة الكربوكسيل:

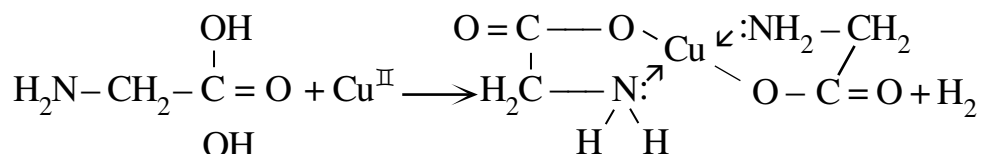
١ - تتفاعل الحموض  $\alpha$  - الأمينية مع الكحولات مكونة أسترات مثل تفاعل الجلايسين مع الميثانول في وسط حمضي لتوفير كمية كبيرة من مجموعات الكربوكسيل اللازمة للأسترة.



٢ - تتفاعل الحموض الأمينية مع هيدروكسيد الباريوم لتكوين أمينات أولية:



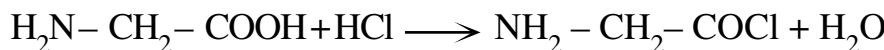
ثالثاً: تفاعلات المجموعة ( $-\text{NH}_2$ ) والمجموعة ( $-\text{COOH}$ ) معاً:  
تتفاعل الحموض  $\alpha$  - الأمينية مع أيونات النحاس II في المحلول المائي مكونة ملح النحاس II للحمض الأميني ذي اللون الأزرق الغامق.



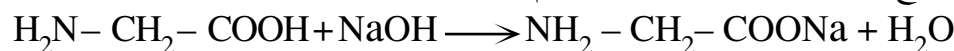
جلايسين نحاسيك  
رابعاً: الخاصية الأمفوتيرية:

للحموض  $\alpha$  - الأمينية خواص إمفوتيرية لاحتوائها على مجموعة حمضية ومجموعة قاعدية. فتتفاعل مع كل من الحموض والقواعد مكونة أملاحاً.

١ - مع حمض الهيدروكلوريك (حمض):



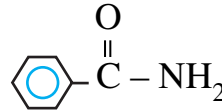
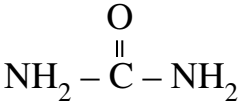
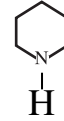
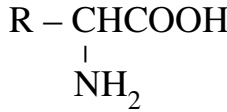
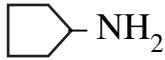
٢ - مع محلول هيدروكسيد الصوديوم (قاعدة):





## تقويم الوحدة

- ١ - عرّف كلاً من :  
الأمينات - الأميدات - الحمض الأميني .
- ٢ - وضّح بالمعادلات الكيميائية الموزونة تحضير الأمينات ، والأميدات .
- ٣ - أعطيت لك مجموعة من الأمينات المختلفة . ما القاعدة التي على ضوءها تصنّف الأمينات إلى أولية وثانوية وثالثية؟
- ٤ - بين بالمعادلات الكيميائية الموزونة تفاعلات الأميدات مع المحاليل القاعدية والمحاليل الحمضية .
- ٥ - ما الخواص الفيزيائية للأمينات؟
- ٦ - سمّ المركبات النيتروجينية الآتية :



- ٧ - اكتب التركيب البنائي للمركبات الآتية :  
أمين أولي ، أمين ثالثي ، بروبيل أمين  
ميثيل أمين ، أسيتانيليد ، أسيتاميد  
يوريا ، نيكوتيناميد ، جلايسين
- ٨ - كيف تستنتج العلاقة بين الأمينات والأميدات؟
- ٩ - ما القاعدة التي تصنّف الحموض الأمينية؟
- ١٠ - حدّد تفاعلات الحموض الأمينية من خلال وجود مجموعة الأمين ومجموعة الكربوكسيل .
- ١١ - وضّح المقصود بالخاصية الأمفوتيرية .

# الكيمياء الحيوية

## Biochemistry

### الوحدة السادسة



### الأهداف

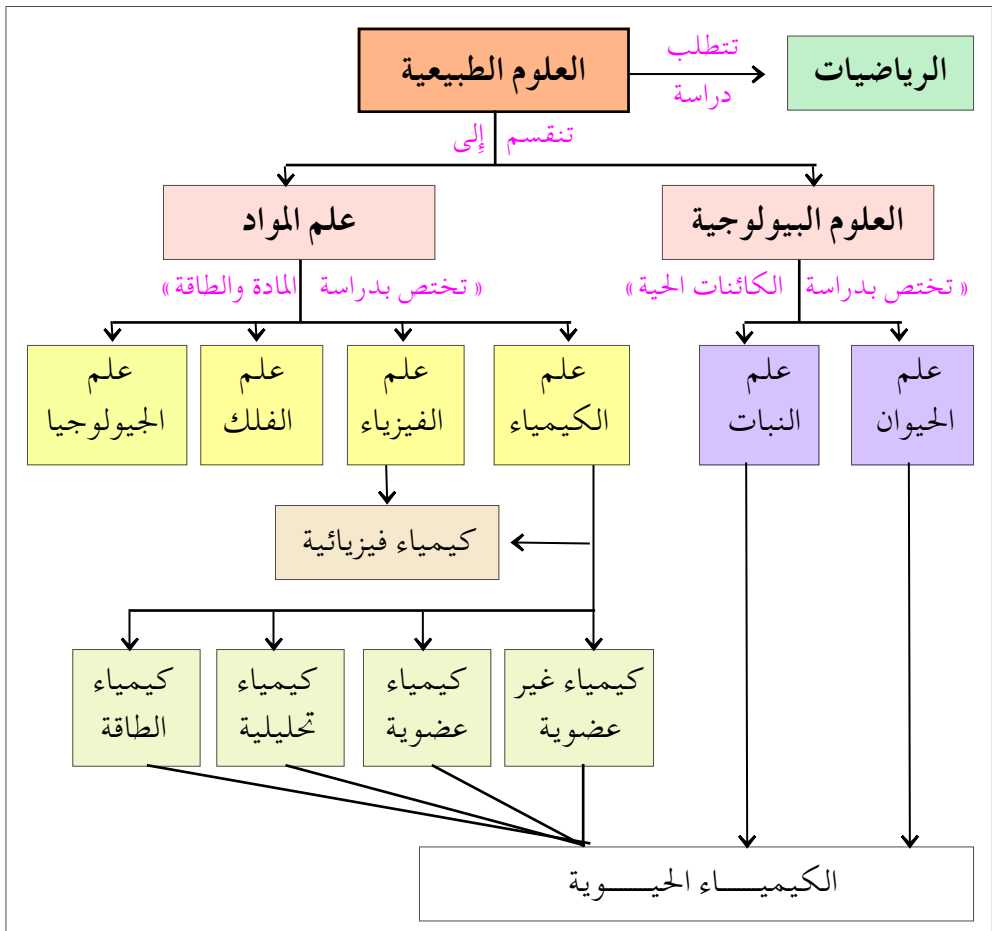
نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :

- ١ - تعرف الكيمياء الحيوية .
- ٢ - تصف علاقة علم الكيمياء الحيوية بالعلوم الأخرى .
- ٣ - تصف أهم المواد الواجب توافرها في غذاء الإنسان .
- ٤ - تميز بين الصيغ التركيبية للسكريات الأحادية والثنائية والثلاثية .
- ٥ - تذكر مصادر واستخدامات بعض الكربوهيدرات المهمة .
- ٦ - توضح الخواص الفيزيائية والكيميائية للسكريات .
- ٧ - توضح العلاقة بين الحموض الأمينية والبيبتيدات والبروتين .
- ٨ - تميز بين المقصود بالزيوت والدهون .
- ٩ - توضح أهم تفاعلات الزيوت والدهون .
- ١٠ - توضح المقصود بالفيتامينات والإنزيمات وأهميتها للجسم .
- ١٠ - تجري بعض التجارب للكشف عن السكر في البول .
- ١٢ - تجري التجارب العملية بين السكريات المختلفة .
- ١٣ - تجري التجارب العملية للكشف عن النشا وعن البروتينات .

## مقدمة عن الكيمياء الحيوية

تتناول هذه الوحدة بعض المركبات الكيميائية التي تُعدُّ من المكونات الأساسية لغذاء الإنسان، والتي تشمل الكربوهيدرات والزيوت والبروتينات، والتي تمر بعدة تفاعلات كيميائية داخل جسم الإنسان في وجود الإنزيمات، فتكسر إلى مركبات صغيرة تدخل في بناء أنسجة الجسم أو تحرق تماماً لتعطي الطاقة التي تساعد على قيام الجسم بالوظائف الحيوية المختلفة.

ويسمى فرع الكيمياء الذي يهتم بدراسة هذه المركبات وتفاعلاتها داخل جسم الكائن الحي بالكيمياء الحيوية، كما هو موضح في الشكل (١-٦).



شكل (١-٦) علاقة الكيمياء الحيوية بالعلوم الأخرى

من خلال الشكل (١-٦)، وضح أهم الفروع التي ترتبط بالكيمياء الحيوية.

## المواد الأساسية التي يحتاجها الإنسان في غذائه

لعلك أدركت من خلال دراساتك السابقة أن الغذاء المتكامل الذي يحتاجه الإنسان يشتمل على عدد من المواد والمركبات، هي:

- ١ - الماء .
- ٢ - النشويات والسكريات (الكربوهيدرات) .
- ٣ - الزيوت والدهون .
- ٤ - البروتينات .
- ٥ - الفيتامينات .
- ٦ - المعادن والأملاح .

وهذه المركبات تحدث لها العديد من التفاعلات داخل جسم الإنسان في وجود الإنزيمات، وهناك مجموعة من العمليات الأساسية التي تحدث داخل جسم الإنسان وهي:

- ١ - هضم الطعام الذي يتكوّن من مواد متبلّرة معقّدة التركيب إلى مواد عضوية بسيطة يسهل امتصاصها إلى الدم .
- ٢ - بناء (تصنيع) مركبات معقّدة يحتاجها الجسم في عملياته الحيوية؛ كبناء الهيكل والعضلات، وذلك باستخدام المواد البسيطة التي تمّ امتصاصها إلى الدم .
- ٣ - إنتاج الطاقة اللازمة لقيام الجسم بالعمليات الحيوية .
- ٤ - تنظيم العمليات الحيوية وإنتاج الهرمونات والدهون .

وفي هذه الوحدة سنتناول دراسة بعض من المركبات وهي الكربوهيدرات، والزيوت والدهون، والبروتينات، وستلاحظ من خلال الأمثلة أن هذه المركبات معقّدة وكبيرة، وهي عبارة عن بوليمرات حيوية تتكوّن أصلاً من جزيئات صغيرة.

### أولاً: الكربوهيدرات:

يحرص العدائون للمسافات الطويلة، عند التحضير للسباق، على تناول كمية كبيرة من الخبز والمكرونة، وتسمّى هذه العملية بخزن الكربوهيدرات، فالخبز والمكرونة يعتبران من المصادر الجيدة لعائلة من الجزيئات المهمة التي يطلق عليها اسم "الكربوهيدرات". والكربوهيدرات عبارة عن مركبات أحادية أو عديدة الجزيئات من الألدهيدات أو الكيتونات التي تمتلك أعداداً كبيرة من الهيدروكسيل، وهذه المركبات تتكوّن من ذرات الكربون والهيدروجين والأكسجين. وقد اشتق اسم «الكربوهيدرات» من الصيغة

الجزئية التي تمّ التوصل إليها عند دراسة هذه المركبات، وهي  $(C_n H_{2n} O_n)$  .  
 وتُعدُّ الكربوهيدرات من أهم مصادر الطاقة الكيميائية في الكائنات الحية، فعند  
 تأكسدها تمدّ الجسم بأكثر من نصف الطاقة التي يحتاجها جسم الكائن الحي . وتنتشر  
 الكربوهيدرات في النبات بشكل كبير، حيث تصل نسبتها في جسم النبات إلى ما  
 يقارب ٧٠٪ من وزنه، أذ أن السليليوز والنشا والأنولين والصمغ كلّها مركبات  
 كربوهيدراتية . أما في جسم الحيوان فتوجد الكربوهيدرات بدرجة قليلة في الدم وفي  
 الكبد والعضلات .

### التركيب الكيميائي للكربوهيدرات :

كما سبق التوضيح فإن الكربوهيدرات هي عبارة عن مركبات عضوية تكون نسبة  
 الهيدروجين إلى الأكسجين فيها هو ٢ : ١ ، وهذه النسبة هي نفسها الموجودة في  
 جزيء الماء .

### ملاحظة

بعض المركبات العضوية تمتلك نفس الصيغة العامة إلا أنها ليست من الكربوهيدرات  
 ومثال ذلك حمض الخليك (الأسيتيك)  $C_2 H_4 O_2$  . كما توجد بعض الكربوهيدرات  
 التي لا تملك نفس الصيغة العامة ومثال ذلك سكر الرامنوز  $C_6 H_{12} O_5$  .

### تصنيف الكربوهيدرات :

تُصنّف الكربوهيدرات إلى ثلاثة أصناف رئيسة هي : السكريات الأحادية،  
 والسكريات المحدودة، والسكريات العديدة .



شكل (٦-٢) بعض الفواكه المحتوية على  
 سكريات أحادية

### ١ - السكريات الأحادية Monosaccharides

إن أبسط المركبات الكربوهيدراتية هي  
 السكريات الأحادية التي لا يمكن أن تتحلل  
 أو تتجزأ إلى سكريات أبسط منها، ومثل  
 هذا النوع من السكريات توجد بكثرة في  
 بعض الأغذية . فمثلاً الجلوكوز يوجد في  
 العنب (سكر العنب) والفركتوز يوجد في  
 الفواكه (سكر الفواكه) شكل (٦-٢) .

## الصيغة الجزيئية للسكريات الأحادية : Molecular Formula

إن الصيغة العامة للسكريات الأحادية هي  $(CH_2O)_n$  ، ويتراوح عدد ذرات الكربون في السكريات الأحادية بين ٣ إلى ٦ ذرات .

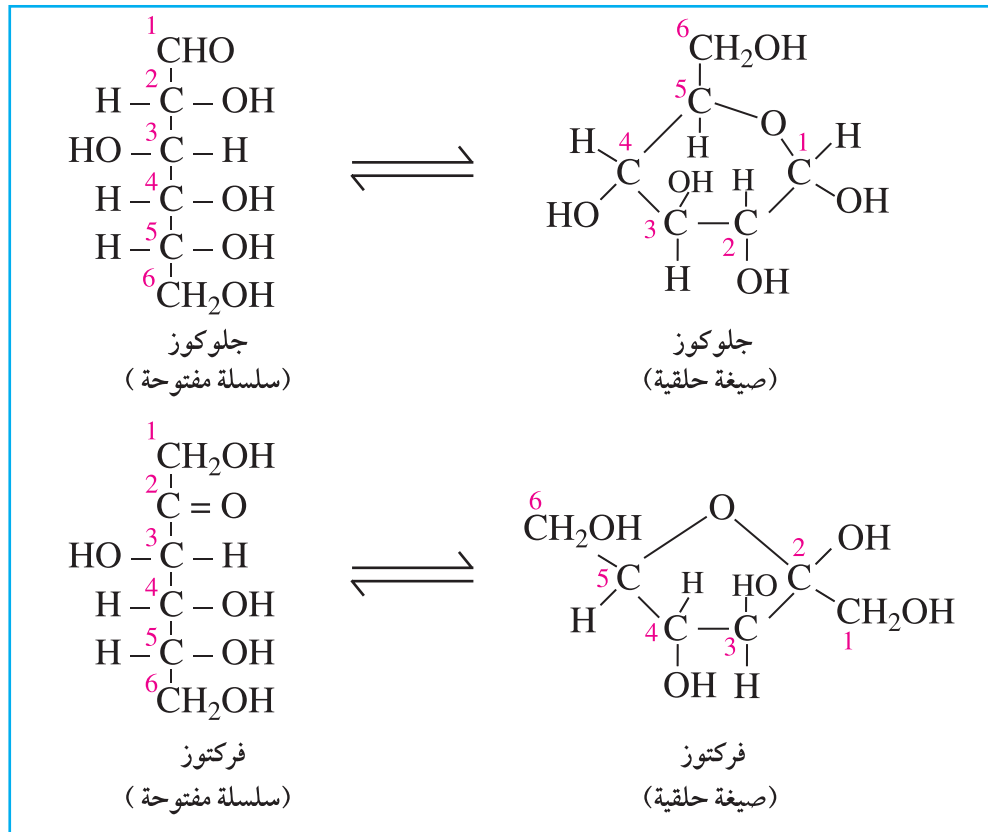
– ما الصيغة الجزيئية للسكر الأحادي الذي يمتلك ٣ ذرات كربون؟

■ **مثال :** الصيغة الجزيئية للجلوكوز والفركتوز :

يحتوي الجلوكوز والفركتوز على ست ذرات كربون، ولذلك فهما يملكان الصيغة الجزيئية نفسها وهي  $C_6H_{12}O_6$  . إلا أن الجلوكوز والفركتوز يختلفان عن بعضهما في المجموعة الوظيفية التي يملكها كل منهما والتي لا تظهر إلا من خلال كتابة الصيغة التركيبية (Structural Formula) .

– ما الصيغة التركيبية للجلوكوز والفركتوز؟

في المحاليل المائية يوجد كل من الجلوكوز والفركتوز في حالة اتزان ديناميكي بين صيغتهما التركيبية المفتوحة والمغلقة والموضحة أدناه .



- انظر إلى الصيغة المفتوحة للجلوكوز والفركتوز، وحدد نوع المجموعة الوظيفية التي تميز كلا منهما.
- انظر إلى الصيغة المغلقة للجلوكوز والفركتوز، وحدد الاختلاف الذي يمكن من خلاله أن تميز بين الجلوكوز والفركتوز الحلقي.

### ملاحظة

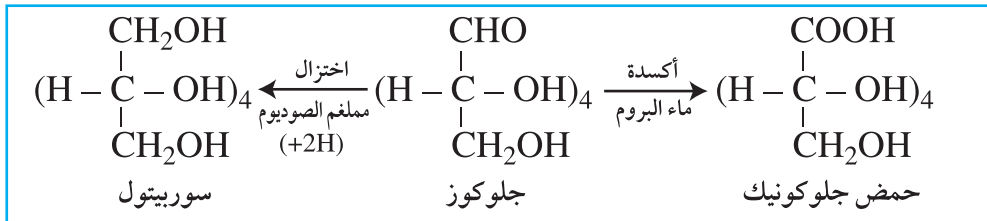
يُعدُّ الجلوكوز المصدر المهم للطاقة في جسم الكائن الحي، وصيغته  $C_6H_{12}O_6$ ، وعندما اكتشف العلماء هذه الصيغة لأول مرة كان العلماء يميلون لكتابة الصيغة على النحو الآتي:  $C_6(H_2O)_6$  معتقدين أن هناك رابطة كيميائية بين الكربون والماء، ولذلك وضعوا التسمية (كربو - هيدريت) لتدل على الماء المحتوي على رابطة بذرة الكربون. وعلى الرغم من أن العلماء يدركون حالياً أن جزيء الماء لا وجود له في المركبات الكربوهيدراتية إلا أن الاسم القديم لا زال هو الشائع.

### الخواص الفيزيائية:

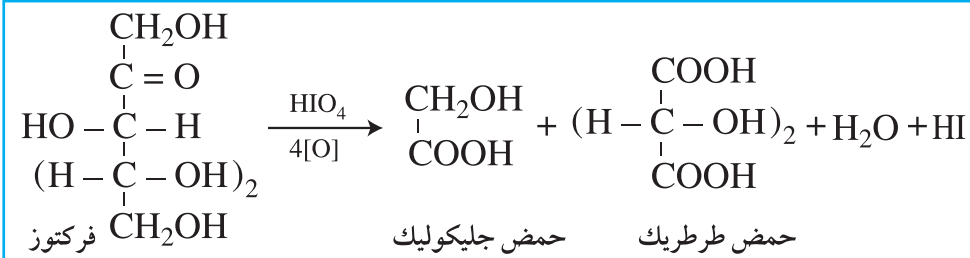
السكريات الأحادية عبارة عن مواد بلورية حلوة المذاق وتذوب بسهولة في الماء لكنها لا تذوب في المذيبات العضوية.

### الخواص الكيميائية:

بما أن بعض السكريات الأحادية تحتوي على مجموعة ألدهيد مثل الجلوكوز فيمكن أن تسري عليها تفاعلات الأكسدة والاختزال، حيث يمكن أكسدة مجموعة الألدهيد إلى مجموعة كربوكسيل، كما يمكن اختزالها إلى كحول أولي، وذلك على النحو الآتي:



وبالنسبة للسكريات الأحادية التي تحتوي على مجموعة الكيتون مثل الفركتوز، فيمكن أكسدتها باستخدام العوامل المؤكسدة القوية مثل حمض فوق الأيوديك  $HIO_4$  الذي يؤدي إلى كسر السلسلة الكربونية وتكوين حموض تحتوي على أعداد قليلة من ذرات الكربون، وذلك على النحو الآتي:



نظراً لأن السكريات الأحادية تتأكسد في محاليلها بواسطة محلول فهلنج الذي يحتوي على أيون النحاس (II) في  $\text{CuSO}_4$  ، لذلك يستخدم هذا التفاعل للكشف عن هذه السكريات .

### نشاط (٦ - ٢)

### نشاط (٦ - ١)

## ٢ - السكريات المحدودة Oligosaccharides

كلمة **Oligo** تعني قليل، وهي تدلّ على أن هذا النوع من السكريات يتراوح عدد وحدات السكر فيها من ٢-١٠ وحدات من السكر الأحادي .  
وسنقتصر في دراستنا على السكريات الثنائية **Disaccharides** ، وهذا النوع يتكوّن من وحدتين من السكر الأحادي، ومن أشهر السكريات الثنائية ما يأتي :

### أ - السكروز (سكر القصب) Sucrose

ويوجد في قصب السكر وفي البنجر، ويتكون من وحدة جلوكوز + وحدة فركتوز .

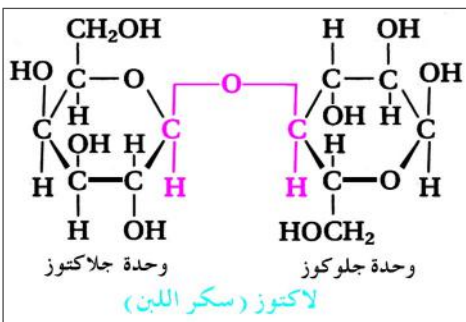
### ب - المالتوز (سكر الشعير) Maltose

ويوجد في بذور الشعير، ويتكوّن من وحدتي ( جلوكوز + جلوكوز ) .

### ج - اللاكتوز (سكر اللبن) Lactose

ويتكوّن من جلوكوز + جلاكتوز . وهو

من أهم السكريات الحيوانية، ويوجد في لبن جميع الثدييات، ونسبته في حليب الأبقار ٥٪ تقريباً، وفي حليب الأم يتراوح بين ٥٪ إلى ٨٪، ومن مميزاته أنه لا يتخمر بواسطة إنزيمات الخميرة مما



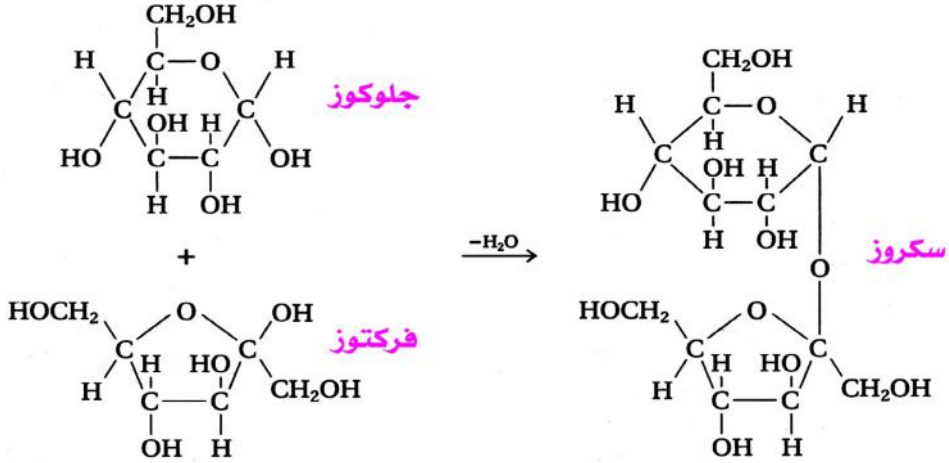
شكل (٦-٣) الصيغة التركيبية لسكر اللبن



يجعله أفضل الأغذية للأطفال، ( فسبحان الله الذي هيا حليب الأم كغذاء مناسب للطفل ). والشكل ( ٦-٣ ) يوضّح الصيغة التركيبية لسكر اللبن كمثال عن هذه المجموعة .

### تكوّن السكريات الثنائية :

تتكوّن السكريات الثنائية نتيجة لتكاثف وحدتين من السكر الأحادي، وذلك عن طريق فقد جزيء ماء، كما في المعادلة الآتية :



### خواص السكريات الثنائية :

- تتحلّل مائياً بواسطة الحموض المعدنية والأنزيمات مكونة وحدتين من السكر الأحادي .
- بعض السكريات مثل المالتوز واللاكتوز تختزل محلول فهلنج وبعضها لا تختزله مثل السكروز .

### ملاحظة

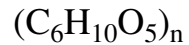
السكروز هو السكر المعتاد الذي يستخدم يومياً عند تحضير الشاي أو القهوة أو الحلويات .

### نشاط ( ٦-٣ )

مميز عملياً بين المالتوز والسكروز .

### ٣- السكريات العديدة Polysaccharides

وتتكون من عدد من وحدات السكر الأحادية، حيث إنها عبارة عن بوليمرات ناتجة عن تكاثف أكثر من عشرة جزيئات من السكر الأحادي، وصيغتها العامة هي :



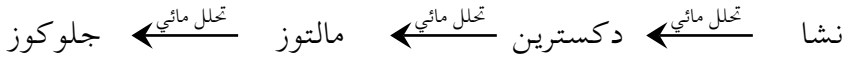
- توجد في الطبيعة بشكل واسع، ومن أمثلتها النشا والسليلوز، ومن خواصها:
- ١ - تتحلل مائياً بواسطة الحموض المعدنية أو الإنزيمات مكوناً عدداً كبيراً من السكريات الأحادية.
  - ٢ - شحيحة الذوبان في الماء وتكون محلول غروي.
  - ٣ - ليس لها القدرة على الاختزال فهي لا تختزل محلول فهلنج مثلاً.
- وكمثال على هذه المجموعة يمكن مناقشة النشا كما يأتي.

### النشا Starch

يوجد النشا في معظم النباتات مخزوناً في الحبوب على هيئة حبيبات بيضاء.  
خواصه الفيزيائية:

قليل الذوبان في الماء البارد (تذوب ٢٠٪ منه) وعند تسخينه يكون محلولاً لزجاً لامعاً يتحول إلى مادة هلامية عند تبريده.  
خواصه الكيميائية:

- ١ - يتحلل مائياً عند تسخينه مع الحموض المعدنية على النحو الآتي:



- ٢ - التفاعل مع اليود: يعطي النشا مع محلول اليود لوناً أزرقاً على البارد ويعتبر هذا التفاعل وسيلة للكشف عن وجود النشا.

### نشاط (٦-٤)

اكشف عن النشا.

### ثانياً: البروتينات:

تعدُّ البروتينات من أهم المكوّنات التي يحتاجها الإنسان في غذائه، حيث أنها تدخل في بناء الخلايا الحية، وتساعد على تنظيم عمليات الأيض الغذائي فيها. ويدخل البروتين في تركيب الجلد، والشعر، والأظافر، والعضلات، وغيرها. وتنقسم البروتينات إلى:

- ١ - بروتينات حيوانية، وتوجد في اللحوم، والبيض، واللبن.
- ٢ - بروتينات نباتية: وتوجد في البقوليات مثل الفول والفاصوليا والبازلا وغيرها.

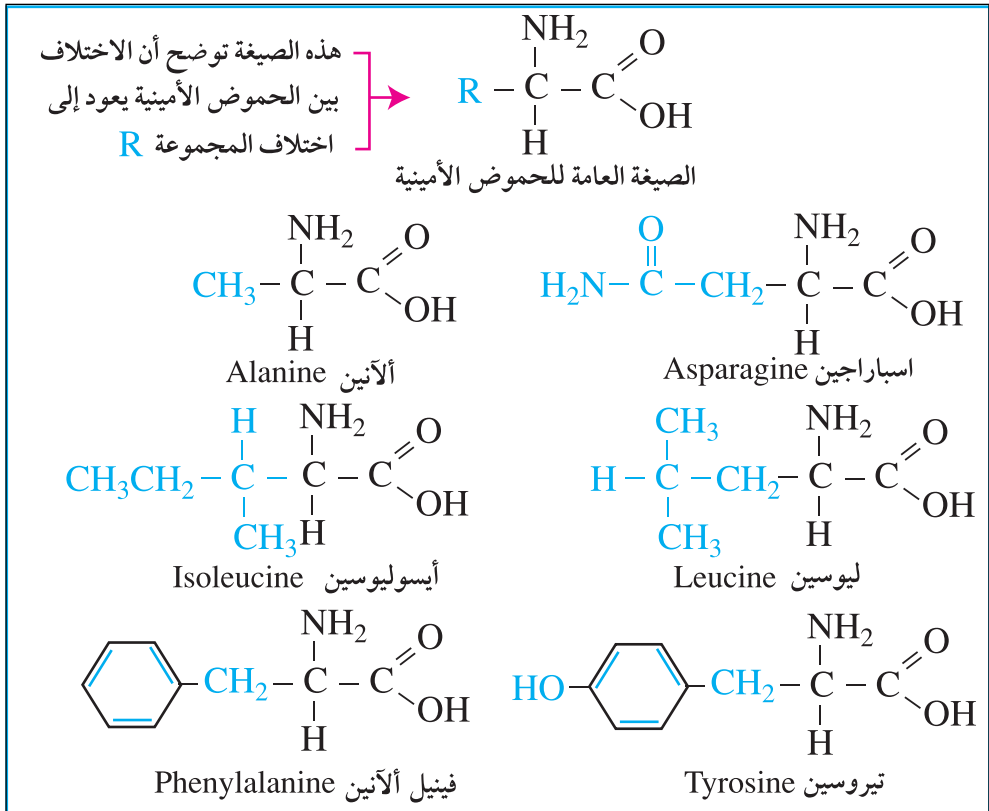
## تركيب البروتينات :

البروتينات عبارة عن مركبات عضوية تحتوي على سلاسل من ذرات الكربون والهيدروجين والنتروجين والأكسجين، وأحياناً يوجد الكبريت والفسفور بنسب ضئيلة، ويمثل النيتروجين ١٦٪ من وزن البروتين.

### الحموض الأمينية :

تعتبر الحموض الأمينية الوحدة الأساسية لبناء البروتينات، وهناك عشرون نوعاً من الحموض الأمينية التي تدخل في تركيب كل البروتينات.

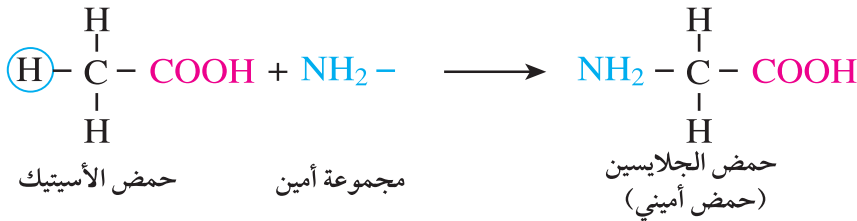
يستطيع جسم الإنسان أن ينتج (١٢) نوعاً من الحموض غير الأساسية، وهي مهمة جداً لأنها تعمل على تكوين بروتين الأنسجة، أما الثمانية أنواع الأخرى فإن الجسم لا يستطيع إنتاجها، ويحصل عليها من الغذاء المحتوي على البروتين، وتدعى هذه الحموض بالحموض الأمينية الأساسية، والتي تعدُّ ضرورية لنمو الإنسان، وتتواجد في البروتين الحيواني بنسب كبيرة.



شكل (٦-٤) يوضح بعض الحموض الأمينية

– من الشكل (٦-٤) استخراج الحموض الأمينية الأساسية وغير الأساسية؟

وتعتبر الحموض الأمينية من مشتقات الحموض العضوية، فأبسط أنواع الحموض الأمينية حمض الجللايسين، وهو مشتق من حمض الأسيتيك (الخليك) العضوي بعد إحلال مجموعة أمين (-NH) محل ذرة الهيدروجين الموجودة على ذرة الكربون الثانية (كربون الفا)، كما هو موضَّح أدناه.



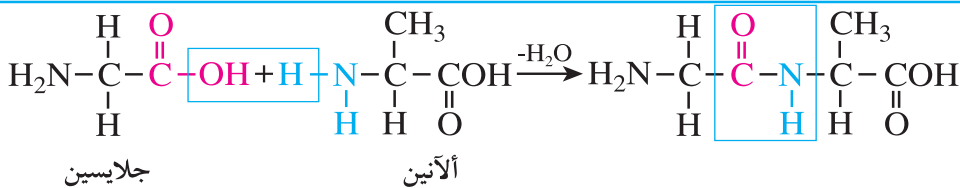
وبالنظر إلى أبسط الحموض الأمينية نجد أن الحمض الأميني يحتوي على مجموعتين وظيفيتين هما: مجموعة الكربوكسيل -COOH التي تعطيه الخاصية الحمضية، ومجموعة الأمين -NH<sub>2</sub> وتعطيه الخاصية القاعدية، وهاتان المجموعتان تكسبان الحمض الأميني طبيعة مترددة، أي إنه يتفاعل مع الحموض كقاعدة ومع القواعد كحمض.

وعند تكاثف حمضين أمينيين مع بعضهما تتكوّن رابطة بين مجموعتي الكربوكسيل لأحد الحموض الأمينية وبين مجموعة الأمين لحمض أميني آخر بعد فقد جزيئة ماء وتسمّى هذه الرابطة بالرابطة الببتيدية.



■ مثال:

عند تكاثف حمض الجللايسين مع حمض ألانين لتكوين جلايسيل ألانين ثنائي الببتيد تتكوّن رابطة ببتيدية على النحو الآتي:



- وضع كيف ترتبط ثلاثة جزيئات جلايسين .

من المثال السابق نلاحظ أن تكاثف حمضين أميين يعطي جزيئاً يسمّى ثنائي الببتيد، كما أن تكاثف ثلاثة حموض أمينية يعطي جزيئاً يسمّى ثلاثي الببتيد، وبتكرار العملية نحصل على عديد الببتيد (بوليمر) أو ما يسمّى بالبروتين .

### ملاحظة

البروتين: عبارة عن بوليمر يحتوي على ٥٠-٥٠٠٠ حمض أميني مرتبطة بروابط ببتيدية .

### نشاط (٦-٥)

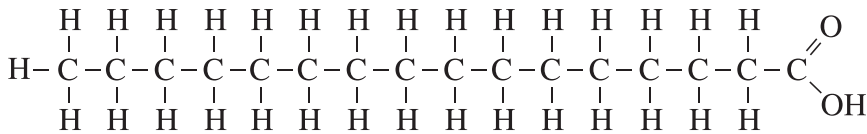
اكشف عن الزلال في البول .

### ثالثاً: الليبيدات Lipids

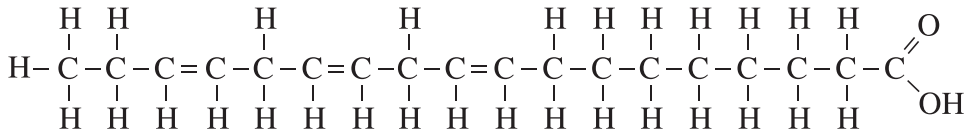
تعتبر الليبيدات (الدهون والزيوت) جزءاً مهماً من غذائنا، وتعتبر من المصادر الغنية بالطاقة، فالطاقة الناتجة من احتراقها تعادل ضعف الطاقة الناتجة من احتراق الكربوهيدرات أو البروتينات وذلك لاحتوائها على نسب عالية من الكربون والهيدروجين، وتوجد في اللحوم والأسماك والحبوب وبعض الليبيدات تدخل في تكوين أغشية الخلايا وبعضها يدخل في تركيب بعض الهرمونات .

#### تركيب الليبيدات :

الليبيدات عبارة عن إستر مكوّن من كحول ثلاثي الهيدروكسيل (الجليسرول) مع ثلاثة جزيئات من حمض دهني (Fatty Acid)، الذي هو عبارة عن سلسلة هيدروكربونية طويلة أو قصيرة، وقد تكون مشبعة (رابطة أحادية)، أو غير مشبعة (رابطة مزدوجة) تنتهي بمجموعة كربوكسيل (COOH-)، كما هو موضح في الشكل (٦-٥) .



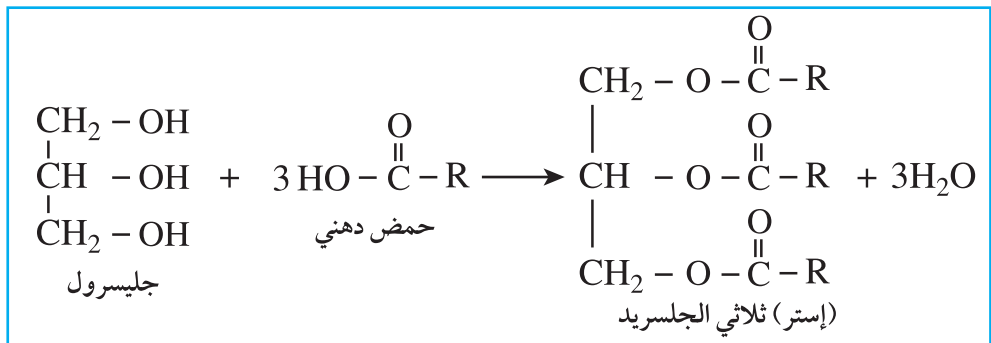
حمض دهني مشبع (Palmitic Acid)



حمض دهني غير مشبع (Linolenic Acid)

شكل (٥-٦) يوضِّح الحموض الدهنية المشبَّعة وغير المشبَّعة

كما أن الليبيدات تتكوَّن كما في المعادلة الآتية:



الدهون والزيوت:

تعتبر الدهون والزيوت النباتية من أنواع الليبيدات البسيطة، وتشابه الدهون والزيوت في التركيب الكيميائي وتختلف في نوعية الحموض العضوية المكونة لكل منهما، ويوضح الجدول (٦-١) أهم الخواص للزيوت والدهون.

الدهون	الزيوت
- صلبة في درجة حرارة الغرفة.	- سائلة في درجة حرارة الغرفة.
- تحتوي على وفرة من حموض دهنية مشبعة أو حموض دهنية طويلة السلسلة (أكثر من ١٠ ذرات كربون). ومنها (سمن الأبقار، والسمن الصناعي المعب، والجبن).	- تحتوي على وفرة من الحموض الدهنية غير المشبعة أو حموض دهنية قصيرة. ومنها زيت الذرة وزيت الزيتون.

جدول (٦-١) أهم خواص الزيوت والدهون

وهناك أنواع عديدة من الزيوت، يمكن تصنيفها على النحو الآتي :

١ - زيوت معدنية: وهي من مشتقات المنتجات البترولية مثل زيت البرافين وزيت الديزل.

٢ - زيوت متطايرة: وتستخرج من النباتات العطرية، مثل زيت القرنفل وزيت القرفة.

٣ - زيوت غير متطايرة (ثابتة): وقد تكون نباتية، مثل: زيت الذرة والقطن وزيت الزيتون، وقد تكون حيوانية مثل زيت كبد الحوت.

الخواص الفيزيائية للبيدات:

- لا تذوب في الماء ولكنها تذوب في المذيبات العضوية مثل البنزين والأثير.
- درجات انصهارها منخفضة.

تفاعلات البيدات:

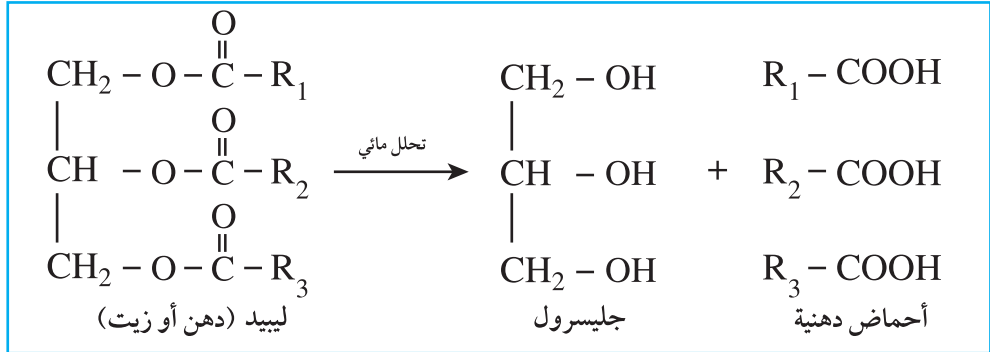
هناك نوعان من التفاعلات الخاصة بالبيدات هي:

- ١ - تفاعلات على روابط الإستر.
- ٢ - تفاعلات على الروابط المزدوجة في الحمض الدهني.

(١) التفاعلات على رابطة الإستر:

أ - التحلل المائي:

تتحلل البيدات (الدهون والزيوت) بفعل الإنزيمات الهاضمة أو الحموض القوية وينتج عنها حموض دهنية وجليسول.



ب - التصبن:

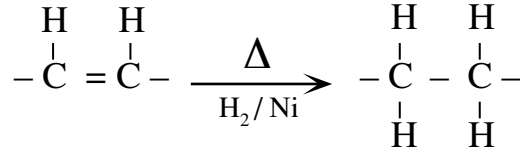
تحوّل البيدات (الدهون والزيوت) إلى صابون عند تفاعلاتها مع القواعد القوية مثل الصودا الكاوية. ( وهذا التفاعل سيتم شرحه في الوحدة الثامنة من هذا الكتاب ).

## ٢) التفاعلات على الرابطة المزدوجة في الزيوت :

هذه التفاعلات عبارة عن تفاعلات إضافة .

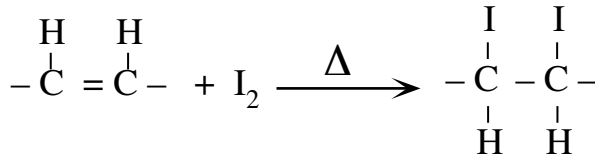
أ - الهدرجة :

وهي عملية تحويل الحموض الدهنية غير المشبعة إلى حموض دهنية مشبعة بإضافة الهيدروجين، وذلك باستخدام النيكل المجزأ كعامل حفاز .



ب - الهلجنة :

وهي عملية إضافة اليود للرابطة المزدوجة في الحمض الدهني فيختفي لون اليود .



ج- الأكسدة: ( ترنخ الزيوت أو الدهون) :

وتحدث نتيجة لتعرض الزيوت أو الدهون للهواء الجوي والرطوبة ودرجة الحرارة المرتفعة، فينتج ألدهيدات و كيتونات وفوق أكاسيد مما يؤدي إلى فساد الزيت أو الدهن، وتغيير لونه ورائحته وطعمه .

## رابعاً: الفيتامينات

مركبات غذائية ضرورية يحتاجها الجسم، ولكن بكميات ضئيلة جداً مقارنة بالكربوهيدرات والدهون والبروتينات، إلا أن الجسم لا يمكنه تصنيعها، لذلك فإن الجسم يأخذ حاجته منها عن طريق الطعام .

والفيتامينات ضرورية جداً للنشاط الحيوي للجسم، فهي تقوم بدور أساسي في تنظيم العمليات الحيوية المختلفة ونقص واحد أو أكثر منها يؤدي إلى مشاكل في عمليات التمثيل الغذائي في الخلايا، ويترتب عن نقصها أمراض خطيرة .

مصادرها :

تتوفر الفيتامينات في جميع الأغذية وبكميات مختلفة، ولكن هناك بعض الأغذية تتميز بأنها غنية بالفيتامينات مثل الخضار وزيت كبد الحوت وصفار



البيض والحليب، ويمكن أيضاً الحصول على الفيتامينات المصنعة.

أنواعها:

يمكن تقسيم الفيتامينات حسب قدرتها على الذوبان في الماء أو الدهون، وذلك على النحو الآتي:

١ - فيتامينات تذوب في الماء: مثل فيتامين (بي B)، و (سي C)، ويعبر عن الكمية المطلوبة منها بوحدات الملي جرام، أو الميكرو جرام. وتتميز بأنها سهلة الامتصاص ويسهل إخراجها عن طريق البول.

٢ - فيتامينات ذائبة في الدهون: مثل فيتامين (أ A)، و (إي E)، و (دي D)، والكمية المطلوب منها تقاس بالوحدات العالمية (I.U)، وتتميز بأن امتصاصها يتطلب وجود الدهون والمادة الصفراء، وتخزن في الكبد ولا يتم إخراجها مع البول.

الفيتامين	أهميته	مصادره
A	- مهم لصحة العيون	- زيت كبد الحوت - الزبدة - الحليب - صفار البيض
C	- مهم للأنسجة الرابطة (الشعيرات الدموية) - يساعد على امتصاص الحديد. - مانع للتسمم	- الحمضيات (البرتقال - الليمون - الزبيب الأسود)
B <sub>12</sub>	- يساعد في إنتاج خلايا الدم الحمراء.	- اللحوم خاصة الكبد والكلية وهو غير متوفر في النباتات.

جدول (٦-٢)

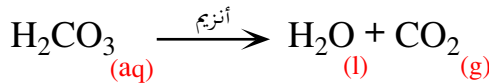
### الأنزيمات:

إن التفاعلات الكيميائية التي نجريها في المعمل تتطلب طاقة لإتمامها، وغالباً نحصل على هذه الطاقة إما بصورة حرارة وإما على هيئة ضوء، إضافة إلى وجود عوامل أخرى مثل الضغط، ولكن اتضح أن التفاعلات التي تتم في الخلايا الحية لا تتحمل مستوى الحرارة المطلوب لإنجاز التفاعلات المشابهة لما يتم في المعمل، وبالرغم من

وجود ضغط داخلي بسيط في الخلايا الحية إلا أن إتمام العمليات الحيوية يتطلب تحفيزاً داخلياً بواسطة بعض المواد التي يطلق عليها الأنزيمات .

ومن هنا يتضح أن الأنزيمات تؤدي دور العامل الحفاز للتفاعلات الحيوية بداخل الخلية، حيث تعمل على تسريع حدوث تلك التفاعلات الحيوية بطاقة أقل وبسرعة عالية جداً مقارنة بتفاعلات المعمل .

ولك أن تتخيل أن جزيئاً واحداً من أنزيم مفرد بداخل دمك يستطيع أن يحفز تكسير ٦٠٠,٠٠٠ جزيء من حمض الكربونيك (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) في ثانية واحدة فقط، وفقاً للمعادلة الآتية :

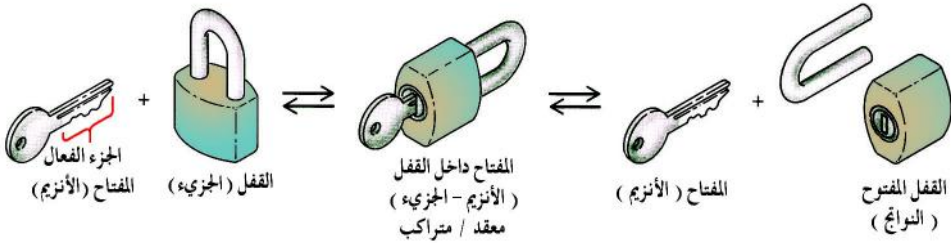


وهناك أنزيم آخر موجود في لعابك يستطيع تحرير ١٨,٠٠٠ جزيء جلوكوز من النشا .

نشا  $\xrightarrow{\text{أنزيم}}$  جلوكوز + ما تبقى من سلسلة النشا

### طبيعة الأنزيمات :

تتركب معظم الأنزيمات من جزء بروتيني، وجزء غير بروتيني يسمّى بالأنزيم المساعد أو التميم Coenzyme، وتتأثر الأنزيمات بدرجة الحرارة والرقم الهيدروجيني (pH) فبعضها لا تعمل إلا في وسط حامضي وبعضها لا تعمل إلا في وسط قاعدي، وبعضها تتطلب وسطاً متعادلاً . ويمكن تمثيل آلية عمل الأنزيم بالمفتاح القفل، شكل (٦-٦) .



شكل (٦-٦) يوضح نموذج لآلية عمل الأنزيم

## تقويم الوحدة

- ١ - ما المقصود بكل مما يأتي :
- أ - السكريات الأحادية .
- ب- الرابطة الببتيدية .
- ج- الطبيعة المترددة للأحماض الأمينية .
- د - الإنزيمات .
- ٢ - بين بالمعادلات ما يأتي :
- أ - تأثير حمض فوق الأيوديك على الفركتوز .
- ب- هليجنة الزيوت .
- ج- تكاثف الجللايسين مع الأنين .
- د- التحلل المائي لليبيدات .
- هـ- أكسدة السكريات الأحادية .
- و- تكوين السكريات الثنائية .
- ٣ - ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة، علامة (X) أمام العبارة الخطأ فيما يأتي .
- أ - تذوب السكريات البسيطة في المذيبات العضوية . ( )
- ب- تتكون السكريات الثنائية من تكاثف وحدتين من السكر الأحادي مع فقد جزيء ماء . ( )
- ج- تتكوّن الدهون من وفرة من الأحماض الدهنية غير المشبعة . ( )
- د - تتحلل الزيوت بفعل الأحماض القوية إلى جليسرول وأحماض دهنية . ( )
- هـ- الإنزيمات تزيد من الطاقة اللازمة لإنجاز التفاعل الحيوي . ( )
- و - تخزن الفيتامينات الدهنية في الكبد . ( )

٤ - وضح كيف يمكن أن :

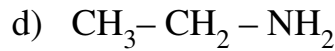
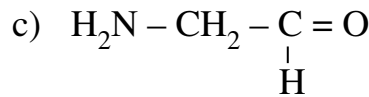
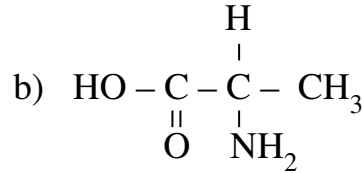
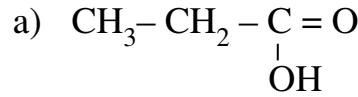
أ - تكشف عن الزلال في البول .

ب- تميز بين الجلو كوز والسكروز .

ج- تفرق بين الدهون والزيوت .

٥ - ما العلاقة بين الحمض الأميني والبيبتيد والبروتين؟

٦ - أي الجزئيات الآتية يمثل حمضاً أمينياً :





### الأهداف

- نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :
- ١ - توضِّح المقصود بالذهب الأسود .
  - ٢ - توضِّح خصائص المركبات الموجودة في خام البترول .
  - ٣ - تذكر أهم العناصر التي تدخل في تركيب النفط .
  - ٤ - تقارن بين النظريات التي حاولت تفسير أصل النفط وطريقة تكوينه .
  - ٥ - تشرح أهم الطرق الحديثة المستخدمة للكشف عن النفط
  - ٦ - تفسِّر المبدأ الذي يتم على أساسه تكرير البترول في برج التقطير .
  - ٧ - توضِّح أهم نواتج عملية تكرير البترول واستخداماتها .
  - ٨ - تستنتج العلاقة بين عدد ذرات الكربون في جزيئات المركبات الموجودة في البترول ودرجة الغليان .
  - ٩ - توضِّح بالمعادلات الكيميائية الموزونة أهم العمليات المستخدمة لزيادة إنتاج الجازولين .
  - ١٠ - توضِّح بالأمثلة أهمية النفط كمصدر للطاقة وكمصدر للمنتجات الصناعية .

## الذهب الأسود مصدر من مصادر الطاقة

الذهب الأسود هو مصطلح جديد أطلقه العلماء الاقتصاديون على زيت البترول الخام أو ما يسمّى بالنفط (Petroleum Oil)، وقد تتساءل عن السبب في تسمية البترول بالذهب الأسود، وعمّاً إذا كانت هناك أي مبالغة في هذه التسمية. ولكن عند تتبع الأهمية الاقتصادية للبترول ستجد أن البترول هبة عظيمة من الله سبحانه وتعالى لسكان هذا الكوكب، فهو يُعدُّ في هذا العصر المصدر الرئيس للطاقة والصناعة والزراعة والمواصلات وغيرها من الأنشطة المهمة التي لا يستغني عنها الإنسان المعاصر؛ لذلك فإن أهميته وقيّمته لا تقلُّ عن قيمة الذهب الأصفر، بل تتعداه، خاصة عندما نقارن المردود الاقتصادي لخام البترول وخام الذهب، فخام البترول يفوق في أهميته خامات المعادن المعروفة كالحديد والألومينيوم والنحاس وغيرها، والسبب في ذلك يعود إلى أن خامات المعدن قد تعطي مادة واحدة أو مادتين على الأكثر، بينما نجد في أن التركيب الكيميائي لخام البترول خليط من مئات المركبات التي تمتلك صفتين فريدتين هما:

- ١ - معظم المركبات التي توجد في خام البترول تتميز بأنها تعطي طاقة حرارية عالية عند حرقها، ولذلك فهي مصدر مهم للطاقة الحرارية.
- ٢ - جزيئات هذه المركبات يمكن دمجها وربطها مع بعضها أو مع جزيئات أخرى



شكل (٧-١) صناعات منتجة من البترول

والحصول على سلسلة عظيمة من الجزيئات تدخل في صناعة العديد من المواد التي يستخدمها الإنسان في حياته اليومية كالبلستيك والخيوط الصناعية المستخدمة في صناعة الملابس وغيرها من المواد كالتالي تبدو في الشكل (٧-١)

### نشاط (٧-١)

قم بزيارة بعض المحلات التجارية التي تباع فيها الأقمشة والأواني المنزلية والزينة والمفروشات، وسجّل قائمة بالمواد التي يدخل في صناعتها بعض المركبات المشتقة من البترول، وإعداد قائمة أخرى بالمواد التي تصنع من مشتقات البترول. ناقش ما توصلت إليه مع زملائك ومدرسك ودوّن استنتاجاتك وملاحظاتك.

## مكونات البترول الخام (النفط):

البترول الخام (النفط) عبارة عن سائل غليظ القوام يميل لونه إلى اللون البني المخضر الداكن وأحياناً يكون لونه أسود؛ لذلك يقال بأن النفط هو الذهب الأسود. ويوجد البترول مخزوناً في باطن الأرض في تجمعات تعرف بـ «مكامن أو مصائد النفط»، وهو يتميز برائحة غير مستحبة، ويحتوي البترول الخام بشكل عام على خليط من المركبات الهيدروكربونية الأليفاتية والأروماتية، بالإضافة إلى نسب مختلفة من بعض المركبات الكبريتية والنيتروجينية. وتتدرج الأوزان الجزيئية لهذه المركبات من الخفيف مثل الميثان إلى الجزيئات ذات الوزن الجزيئي المرتفع.

ويوضح الجدول (٧-١) أهم العناصر التي تدخل في تركيب النفط بشكل عام ونسب هذه العناصر بالتقريب، وينبغي الإشارة إلى أن مكونات النفط ونوع العناصر الداخلة في تكوينه قد تختلف باختلاف أماكن تواجده في العالم وكذلك طبيعة الظروف والعوامل التي صاحبت تكوينه. من خلال الجدول (٧-١)، كيف تستدل على أن معظم المركبات الموجودة في خام النفط هي عبارة عن هيدروكربونات؟

النسبة المئوية التقريبية	رمزه	اسم العنصر
٨٢٪ إلى ٨٧٪	C	الكربون
١٢٪ إلى ١٥٪	H	الهيدروجين
٠٫١٪ إلى ٠٫٦٪	S	الكبريت
٠٫١٪ إلى ٠٫١٥٪	N	النيتروجين
٠٫١٪ إلى ٠٫٥٪	O	الأكسجين

جدول (٧-١) أهم العناصر التي تدخل في تركيب النفط.

## أصل النفط الخام:

قد تتساءل عن أصل النفط الخام وسبب احتوائه على هذا العدد من المركبات السائلة والغازية، وهذا التساؤل قد حير علماء الكيمياء لفترة طويلة من الزمن ولا زالت هذه المركبات وخواصها تكشف كل يوم عن أسرار جديدة ومثيرة. ولتفسير أصل النفط تقدم العلماء بطرح عدة نظريات تتفق جميعها في أن النفط قد تكون في باطن الأرض عبر ملايين السنين تحت ضغط مرتفع ودرجات حرارة عالية جداً، إلا أن هذه النظريات تختلف في وصف الطريقة أو الكيفية التي تكون بها النفط في باطن الأرض عبر ملايين السنين، ومن أهم النظريات التي توضح أصل النفط الخام ما يلي:

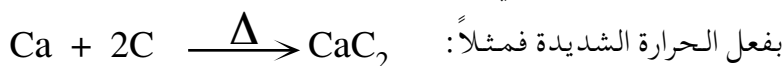
## ١ - نظرية الكريد The Carbide Theory (نظرية الأصل غير العضوي):

تُنسب هذه النظرية إلى العالم الروسي « مندليف » الذي يرجع له الفضل في وضع الجدول الدوري للعناصر، والمعروف بجدول مندليف، وقد اعتمدت هذه النظرية على نتائج البحوث والتجارب المعملية التي حاولت اصطناع الظروف اللازمة لتكوين النفط.

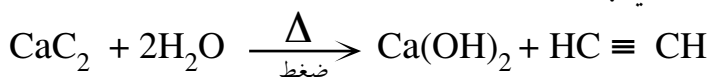
وتفترض هذه النظرية أن أصل النفط هو مركبات غير عضوية تُعرف بالكربيدات والتي تتفاعل تحت ظروف خاصة مع بخار الماء في باطن الأرض.

وتتمُّ هذه التفاعلات وفقاً لهذه النظرية على النحو الآتي:

أ - تفاعل المعادن الموجودة في باطن الأرض مع الكربون مكونة الكربيدات وذلك



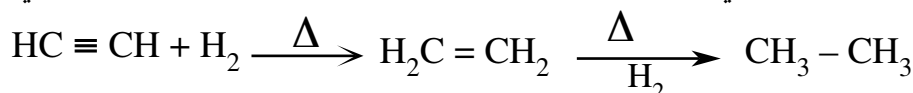
ب- تتفاعل الكربيدات المتكوّنة في الخطوة (أ) مع بخار الماء في وجود الضغط الشديد والحرارة العالية مكونة الهيدروكربونات غير المشبعة وفقاً للمعادلة الآتية:



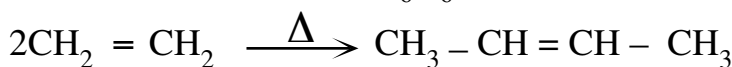
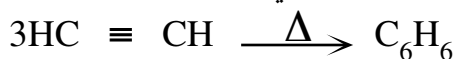
ج- تتفاعل بعد ذلك الهيدروكربونات غير المشبعة في وجود الحرارة العالية والضغط الشديد مع غاز الهيدروجين لينتج الهيدروكربونات المشبعة. وتبدأ هذه العملية بتفاعل المعادن مع بخار الماء الساخن وانطلاق غاز الهيدروجين على النحو الآتي:



بعد ذلك يتفاعل غاز الهيدروجين الناتج في الخطوة (ج) مع الهيدروكربونات غير المشبعة الناتجة في الخطوة (ب) مكونة الهيدروكربونات المشبعة على النحو الآتي:



د - تحدث عملية بلمرة للهيدروكربونات غير المشبعة بوجود المعادن الساخنة وينتج عن ذلك تكوّن الهيدروكربونات الحلقية والهيدروكربونات ذات الوزن الجزيئي المرتفع، وذلك على النحو الآتي:





من خلال الخطوات السابقة تتضح قدرة نظرية الكريبد على تفسير وجود العديد من المركبات العضوية التي تدخل في تكوين النفط بطريقة علمية ومعقولة من الناحية الكيميائية، ولكن هذه النظرية لا زالت عاجزة عن تفسير وجود بعض المركبات النيتروجينية والأكسجينية، وكذلك وجود مادة الكلورفيل وبعض المركبات العضوية التي تظهر نشاطاً ضوئياً. ولذلك ظهرت الحاجة إلى وجود نظرية أخرى تفسر هذه الظواهر.

## ٢ - نظرية الأصل الحي (الأصل العضوي) :

تُنسب هذه النظرية إلى العالم أنجلر (١٩٠٠م)، الذي تمكن من تحضير سائل يشبه النفط، وذلك من خلال عملية التقطير الإتلافي لشحوم الأسماك تحت ضغط شديد وحرارة مرتفعة، وقد وجد أنجلر أن هذا السائل مكوّن من خليط من الهيدروكربونات السائلة والغازية، وكذلك بعض المركبات الهيدروكربونية الحلقية والأروماتية وبعض المركبات ذات النشاط الضوئي، كما احتوى الخليط على نسبة بسيطة من مركبات النيتروجين والكبريت. ونظراً لتشابه هذه المركبات مع مكونات النفط قام أنجلر بصياغة نظريته التي تفسر أصل النفط وذلك على النحو الآتي :

- أ - حدثت براكين شديدة بالقرب من المحيطات والبحار وحدث انسياب للحمم إلى داخل هذه المحيطات والبحار ونتج عن ذلك تسمم الحيتان والكائنات البحرية وذلك بسبب ذوبان غاز  $SO_2$  الناتج من الحمم البركانية.
- ب- تراكمت الحمم البركانية على الحيوانات الميتة، ونتيجة للحرارة الشديدة المتولدة عن الأنشطة البركانية، ونتيجة للضغط الشديد حدث تحلل لهذه الحيوانات عبر السنين ونتج عن تحللها زيت النفط.

وقد اتضح نتيجة الاستكشافات النفطية المتعددة وجود بعض البراهين التي تدعم هذه النظرية، ومنها وجود الماء المالح مختلطاً بالنفط وكذلك وجود بعض بقايا من الحيوانات المتحجرة في مناطق النفط الخام، كما لوحظ أيضاً وجود الكلوروفيل في بعض خامات النفط مما يؤكد أن المصادر النباتية تدخل أيضاً في تكوين النفط، وقد دلت بعض الكشوف إلى وجود بعض الفحم النباتي بالقرب من مناطق تواجد النفط الخام.

تؤكد نظرية الأصل الحي أن مصدر النفط هو الحيوانات البحرية أو النباتات التي تحوّلت عبر ملايين السنين إلى نפט نتيجة لارتفاع درجة الحرارة والضغط في باطن الأرض.

### نشاط (٧-٢)

**قضية للبحث:** استعن بالمراجع المتوفرة في مكتبة المدرسة أو المراجع التي سيدلك عليها مدرسك للبحث عن بعض النظريات التي تفسر أصل النفط وطريقة تكونه في باطن الأرض، وناقش النتائج التي ستوصل إليها مع زملائك في الصف موضحين من وجهة نظركم النظرية التي ترون أنها منطقية ، وتعرض أدلة وشواهد مقبولة من الناحية العلمية.

### الكشف عن وجود النفط:

هناك طرق عديدة يمكن بواسطتها الاستدلال على أماكن تواجد النفط، فمثلاً بعض الحقول النفطية تندفع منها بعض البقع الزيتية وتظهر على سطح الأرض أو فوق سطح الماء فيستدل منها على وجود النفط، كما أن بعض الحقول النفطية يتسرب منها الغاز الطبيعي من خلال بعض الشقوق فيكون ذلك دليلاً على إمكانية وجود النفط في طبقات قريبة من الطبقات التي تحوي الغاز الطبيعي .

في بعض الحالات يلجأ العلماء إلى جمع بعض الحفريات الجيولوجية في محاولة لإيجاد بعض المتحجرات التي تدل على الصخور الحاوية للنفط، إلا أن هذه الطرق لا تصلح لاستكشاف النفط الذي يوجد في حقول عميقة وفي مصائد صخرية محكمة، ولذلك طور العلماء طرقاً حديثة لاستكشاف النفط، ومنها:

#### ١ - قياس الجاذبية الأرضية:

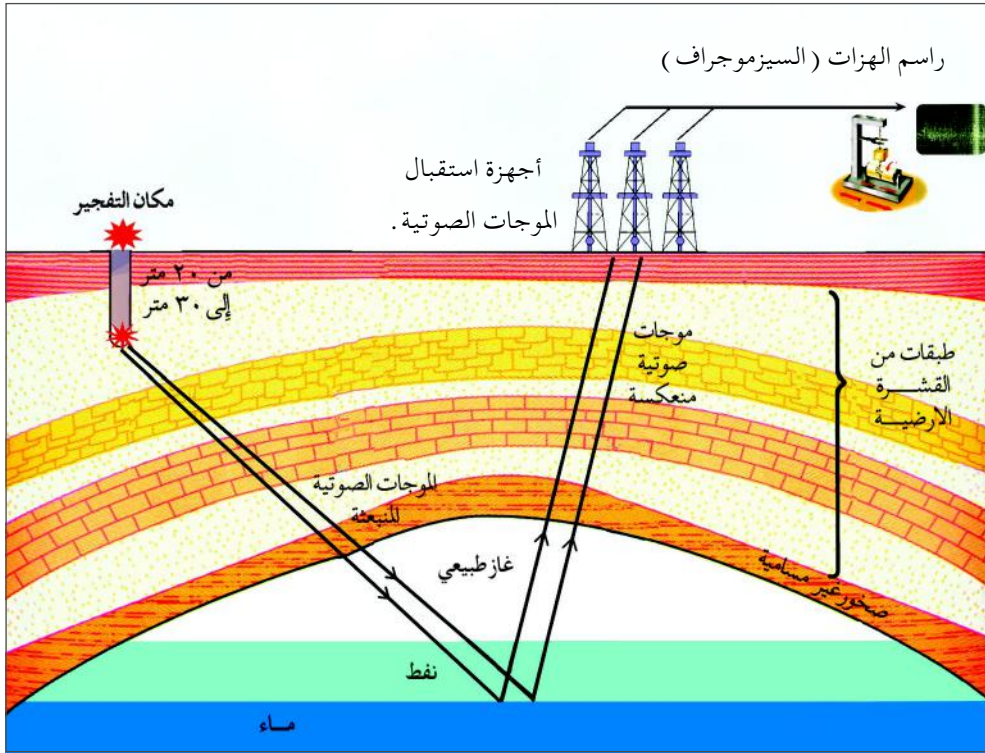
إذ وجد أن الجاذبية الأرضية على سطح القشرة الأرضية تتناسب طردياً مع كثافة الصخور الموجودة في باطن الأرض، ولما كانت الصخور المترسبة تحت طبقة النفط قليلة الكثافة فبالإمكان تحديد أماكن وجود النفط عن طريق قياس الجاذبية على سطح الأرض عدة مرات، وعمل خرائط توضح الأماكن التي تنخفض فيها الجاذبية والتي تتخذ مؤشراً لوجود الصخور المترسبة تحت طبقة النفط.

## ٢ - قياس المغناطيسية الأرضية :

اتضح من خلال الدراسات الاستكشافية أن النفط يوجد غالباً بالقرب من الصخور الملحية التي تتميز بأن لها مغناطيسية عكسية تعمل على إضعاف المغناطيسية الأرضية، لذلك يقوم العلماء حالياً باستخدام أجهزة قياس المغناطيسية والتحليق فوق المناطق المراد استكشافها، وتقاس المغناطيسية وتُدوّن المعلومات في خرائط تحدد الأماكن التي لوحظ فيها انخفاض المغناطيسية حيث تكون دليلاً على وجود حقول النفط بالقرب من هذه المناطق.

## ٣- قياس الاهتزازات الأرضية :

تعدُّ هذه الطريقة من أكثر الطرق الحديثة استخداماً لاستكشاف النفط وتحديد أماكن وجوده تحت سطح الأرض. انظر الشكل (٧-٢) والذي يمثّل رسماً توضيحياً لطريقة قياس الاهتزازات الأرضية التي تحدد أماكن تواجد النفط.



شكل (٧-٢) طريقة قياس الاهتزازات الأرضية التي تحدد أماكن وجود النفط تعتمد فكرة هذه الطريقة على إحداث هزة أرضية ضعيفة باستخدام المتفجرات على عمق (٢٠-٣٠م)، ثم استقبال الموجات الصوتية التي تنعكس من باطن الأرض

بواسطة أجهزة تسمى جيوفونات (Geophones) يتم تثبيتها في أماكن متباعدة على سطح الأرض وعلى مسافات محدّدة من مركز التفجير، وبعد ذلك يتم نقل الموجات الصوتية من أجهزة الاستقبال إلى جهاز يقوم برسم الهزات، ويسمى جهاز السيزموجراف (Seismograph)، وهذا الجهاز يقوم بتسجيل فرق الزمن بين انفجار الشحنة وزمن وصول موجات الصوت المرتدة إلى أجهزة الاستقبال وجهاز راسم الهزات.

وبما أن النفط يوجد في مكامن من الصخور الرسوبية المسامية التي تتصف بأنها تعمل على إبطاء انعكاس الموجات الصوتية مقارنة بغيرها من الصخور، فإن احتواء هذه الصخور على النفط يؤدي إلى زيادة الفرق الزمني بين انفجار الشحنة وزمن وصول موجات الصوت المنعكسة إلى أجهزة الاستقبال وجهاز راسم الهزات.

### استخراج النفط:

بعد استكمال المسوحات وتحديد الأماكن المحتملة لوجود النفط باستخدام الطرق التي سبق شرحها تلجأ الشركات النفطية إلى إجراء عمليات الحفر الاستكشافية، ومنها تستخدم معدات ثقيلة وأجهزة معقّدة للحفر إلى مسافة قد تزيد عن المليون، وإذا نجحت عملية الاستكشاف وظهر النفط فإن الشركات تقوم بتحديد سعة الحقل الذي تم اكتشافه وذلك عن طريق حفر عدة آبار تحدد أماكنها بدقة، ومن خلال ذلك يتم تحديد الجدوى الاقتصادية لاستخراج النفط من هذا الحقل.

وعند وصول الحفريات إلى مكامن النفط هناك ثلاثة احتمالات يمكن أن تؤدي إلى اندفاع النفط تلقائياً إلى سطح الأرض، وهي:

أ - اندفاع النفط بواسطة الغازات المتحللة منه، والتي تتمدد عندما يقل الضغط فوقها فتندفع إلى الخارج حاملة النفط معها.

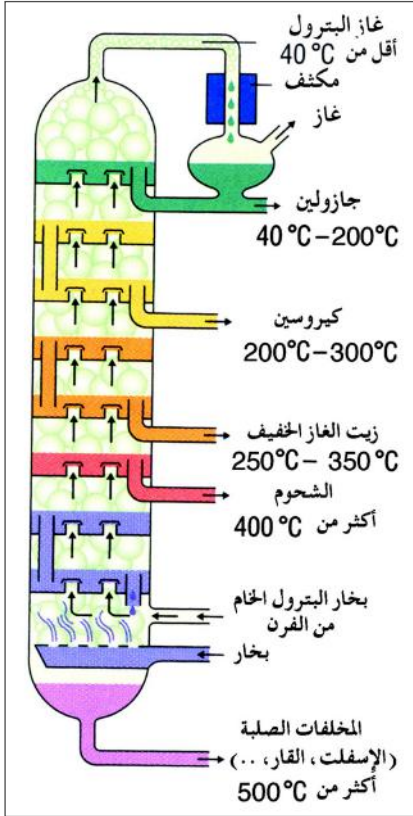
ب- اندفاع النفط بواسطة الماء الذي قد يوجد تحت النفط.

ج- اندفاع النفط بواسطة الغاز الطبيعي الذي قد يوجد فوق طبقة النفط.

ولكن مع مرور الزمن يضعف اندفاع النفط بواسطة هذه الطرق، ولذلك يتم ضغط الهواء أو الغاز الطبيعي بكميات كبيرة إلى داخل الآبار فيندفع ما تبقى من النفط إلى الخارج.

اجمع بعض المراجع عن استخراج النفط في اليمن والعالم العربي، واكتب تقريراً عن أماكن استخراجه وكمية الإنتاج اليومي لكل بلد، والتقديرات الحالية لكل مخزون، ثم ناقش ذلك مع زملائك ومدرسك.

## تكرير النفط Petroleum Refining



مما سبق هل يمكن استخدام النفط الخام بشكل مباشر بعد استخراجه من آبار النفط، ولماذا؟ يحتوي النفط الخام على خليط من المركبات الهيدروكربونات المشبعة والحلقية والأروماتية والتي قد تتراوح عدد ذرات الكربون في جزيئاتها من ذرة واحدة، كما في الميثان  $CH_4$  إلى ٣٠ ذرة؛ ونتيجة لذلك فإن مكونات النفط الخام تختلف في درجة غليانها تبعاً لزيادة الوزن الجزيئي لهذه المركبات فيها، مما يجعل عملية فصلها ممكناً عن طريق عملية التقطير التجزيئي والذي يتم باستخدام برج التقطير، كما هو موضح في الشكل (٣-٧).

ويتكوّن برج التقطير التجزيئي من اسطوانة معدنية يصل طولها إلى حوالي ٣٠

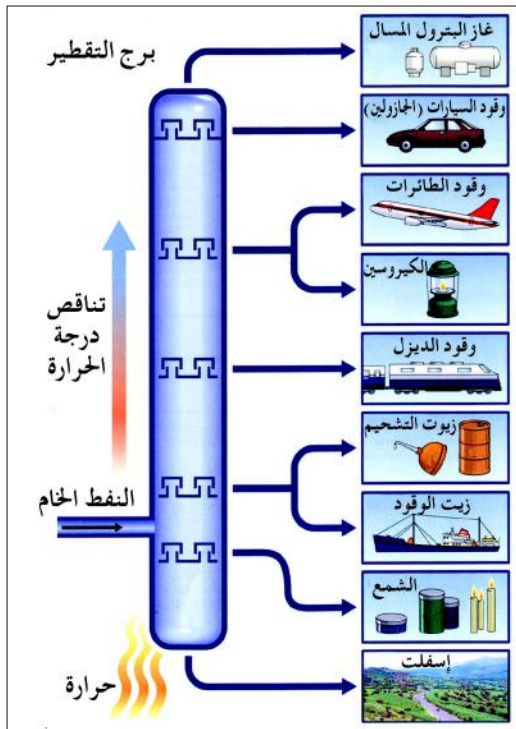
شكل (٣-٧) مواد منتجة في برج التقطير متراً، ويتراوح قطرها بين (٣ إلى ٥ أمتار). وتتألف هذه الإسطوانة من عدة غرف يفصلها عن بعضها إناء معدني يحتوي على عدد من الصمامات، ويوجد أسفل كل غرفة فتحة موصلة بأنبوب وذلك لنقل المادة المقطرة إلى خارج البرج.

ويتم عملياً دفع النفط الخام إلى أنابيب متعرجة داخل فرن كبير للتسخين تصل درجة حرارته إلى حوالي ٥٠٠ م تقريباً. ونتيجة لهذه الحرارة الشديدة تتبخر مكونات النفط إلى برج التقطير فتتخفض درجة حرارتها فتتكثف المواد ذات الوزن الجزيئي الكبير أولاً، وتندفع باقي الأبخرة إلى أعلى عبر الصمامات فيحدث تكثف للمواد

بحسب وزنها الجزيئي في كل غرفة، ويوضح الشكل (٧-٣) درجة حرارة كل غرفة في البرج، ونوع المادة التي تتكثف في ذلك البرج، انظر الجدول (٧-٢).

المشتقات الناتجة عن عملية التقطير	درجة الغليان (م)	عدد ذرات الكربون في الجزيء	أهم الاستخدام
غاز البترول	أقل من ٤٠ م	C <sub>1</sub> - C <sub>4</sub>	يستخدم كوقود للطبخ وتدفئة المنازل، ومادة أولية لبعض الصناعات البتروكيميائية.
إيثر البترول	من ٣٠ - ٩٠ م	C <sub>5</sub> - C <sub>6</sub>	يستخدم للغسيل الجاف كمذيب، كما يستخدم كوقود.
الجازولين	من ٤٠ - ٢٠٠ م	C <sub>6</sub> - C <sub>12</sub>	وقود للسيارات والطائرات.
الكيروسين	من ٢٠٠ - ٣٠٠ م	C <sub>12</sub> - C <sub>16</sub>	وقود الطائرات النفاثة، ووقود لمواقد الكيروسين وأجهزة الإضاءة، وكمادة أولية لصناعة المواد البتروكيميائية.
زيت الغاز الخفيف	من ٢٥٠ - ٣٥٠ م	C <sub>15</sub> - C <sub>18</sub>	زيت للوقود ولتدفئة المنازل، ووقود لمحركات الديزل، ووقود للقاطرات ولصناعة المواد البتروكيميائية.
زيت الغاز الثقيل	أكثر من ٣٥٠ م	C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub>	زيت للتشحيم، ومادة أولية لعمليات التكسير التجزيئي، ويعتبر مادة أولية تدخل في الصناعات البتروكيميائية.
الشحوم	أكثر من ٤٠٠ م	أكثر من C <sub>18</sub>	مادة لتشحيم الآلات والمحركات.
البارافين والشمع	أكثر من ٤٥٠ م	أكثر من C <sub>20</sub>	الشمع، ومواد أولية لصناعة مواد التجميل والتلميع، مادة أولية تدخل في الصناعات البتروكيميائية.
المخلفات الصلبة التي لا تتبخر عند درجة أكثر من ٣٧٠ م	أكثر من ٥٠٠ م	أكثر من C <sub>26</sub>	الإسفلت المستخدم لتعبيد الطرقات، القار المستخدم لسد الشقوق في سقوف المنازل.

جدول (٧-٢) نواتج التقطير التجزيئي وخصائصها وأهم استخداماتها



شكل (٧-٤) استخدامات النفط

من خلال الجدول (٧-٢)، حاول استنتاج ما يأتي:

– ما العلاقة بين درجة غليان المركبات الناتجة عن عملية التقطير التجزيئي، عدد ذرات الكربون؟

– من خلال الجدول (٧-٢) والشكل (٧-٤)، أي الاستخدامات تعتقد أنه أكثر أهمية: استخدام نواتج تكرير البترول كوقود، أم كمواد أساسية تدخل في تصنيع الكثير من المواد؟ ولماذا؟

### ملاحظة

الجازولين والكيروسين من أهم نواتج عمليات التقطير التجزيئي إلا إنهما يحتويان على بعض الشوائب من الكبريت ومركباته والتي تحد من فعاليتها كوقود، وتعمل على تآكل أجزاء المحركات التي تدور بواسطة حرق وقود الجازولين أو الكيروسين، ولذلك يتم تنقية هاتين المادتين بخلطهما بحمض الكبريتيك المركز، ثم يخض المزيج جيداً ويغسل بعد ذلك بالماء، وبمحلول NaOH للتخلص من آثار حموض الكبريت.

### زيادة إنتاج الجازولين:

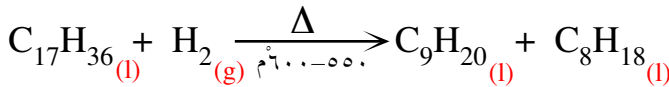
نظراً للتطور الجاري في وسائل المواصلات مثل السيارات والطائرات؛ تزايد الطلب على مادة الجازولين المستخدمة كوقود، ونظراً لأن عملية التقطير التجزيئي المباشرة لا تعطي سوى ٢٠٪ من النواتج كجازولين، لذلك جرى في السنوات الأخيرة من القرن الماضي تطوير طرق جديدة تمّ بواسطتها الحصول على المزيد من الجازولين عن طريق تكسير الجزيئات الكبيرة إلى جازولين، وذلك باستخدام الطرق الآتية:

## ١- التكسير الحراري Thermal Cracking

وتتمُّ عملية التكسير الحراري بتسخين المشتقات النفطية الثقيلة التي نتجت عن عملية تكرير النفط إلى درجات عالية وتحت ضغط شديد في معزل عن الهواء، وقد تتراوح درجات الحرارة بين (٥٥٠م - ٦٠٠م) وعند (٢٠ - ٥٠) ضغط جوي.

■ **مثال:**

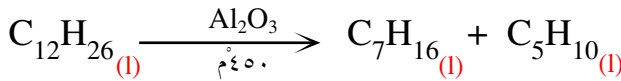
يتمُّ تحويل الهيدروكربونات التي تمتلك أوزان جزيئية عالية مثل (C<sub>15</sub>, C<sub>18</sub>) إلى مركبات الجازولين باستخدام طريقة التكسير الحراري على النحو الآتي:



## ٢- التكسير الحفزي Catalytic Cracking

وتتمُّ عملية تكسير الجزيئات الكبيرة في درجات حرارة معتدلة وضغط جوي عادي، ولكن في وجود عوامل حفازة مثل السليكا SiO<sub>2</sub>، والألومينا Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. وتتميّز هذه العملية بأنها تعطي هيدروكربونات مشبعة حلقيّة تزيد من فاعلية الجازولين.

■ **مثال:**

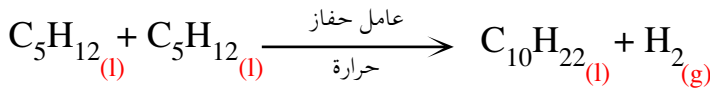


## ٣- إعادة التشكيل Reforming

وهي عكس عملية التكسير، حيث يتمُّ تشكيل المركبات ذات الأوزان العالية من مركبات هيدروكربونية صغيرة، وذلك باستخدام العوامل الحفازة.

■ **مثال:**

تشكيل البنتن إلى ديكان، وذلك على النحو الآتي:



### النفط كمصدر للطاقة:

إن النفط في عصرنا الحالي يُعد المصدر الرئيس للطاقة، فقد تزايد الطلب على النفط نتيجة لتزايد وسائل المواصلات، وتزايد المصانع التي تحتاج إلى كميات هائلة من الوقود. كما أن الدول التي تتميّز بوجود مناخ بارد زاد استهلاكها للوقود المستخدم في التدفئة.



- راجع الجدول (٧-٢)، وحدد أهم نواتج تكرير النفط المستخدمة كوقود.
- ماذا سيحدث - برأيك - إذا اختفت هذه المواد ولم تعد موجودة كمصدر للطاقة؟
- قارن وضع اليمن قبل أربعين عاماً في مجال استهلاك الوقود وبين وضعها في الوقت الراهن، هل زاد استهلاك الوقود، أم تناقص؟ لماذا؟
- ما الحلول التي تقترحها لترشيد استهلاك الوقود المعتمد على النفط؟



شكل (٧-٥) استخدام الجازولين كوقود للسيارات

## النفط كمصدر للمنتجات الصناعية:

يستهلك العالم كميات هائلة من النفط يومياً، إما على هيئة وقود لتسيير وسائل النقل (سيارات، طائرات، سفن، ...)، وإما على هيئة وقود للتدفئة أو الطبخ، كما



يتم استهلاك كمية من النفط في إنتاج مواد جديدة تتطلبها الحياة المعاصرة، ويطلق على هذه الصناعات بالصناعات البتروكيميائية، أي المواد الكيميائية المشتقة من البترول والتي تدخل في صناعة الكثير من المواد.

شكل (٧-٦) نسب استهلاك البترول الخام في الدول الصناعية المتقدمة

- انظر الشكل (٧-٦)، علام تدل النسب؟
- هل تنطبق هذه النسب على الوضع في اليمن وفي العالم العربي؟ لماذا؟
- أيهما - من وجهة نظرك - أكثر أهمية: استخدام مشتقات البترول كوقود، أم استخدامها لإنتاج وتصنيع مواد جديدة؟

## ملاحظة

- الصناعات البتروكيميائية ينتج عنها مواد عديدة لا يستغني عنها الإنسان في وقتنا الراهن، وتشمل:
- ١ - البلاستيك: وتدخل في صناعة الملابس، والإطارات، وعوازل الأسلاك الكهربائية، والأجهزة الكهربائية، وفي صناعة لعب الأطفال، وأدوات الزينة... وغيرها.
  - ٢ - الألياف الصناعية: وتدخل في صناعة الملابس، والجلد الصناعي، والعوازل، ومواد البناء.
  - ٣ - اللدائن: وتدخل في صناعة لعب الأطفال، وأدوات وأواني الطبخ، والأثاث، والمفروشات، وأجزاء الأدوات والمحركات.
  - ٤ - الكحولات: وتدخل في صناعة المذيبات، والكثير من المواد الكيميائية، وأدوات الزينة.
  - ٥ - الأدوية: الإسبرين، والمضادات، وعقاقير السلفا.
  - ٦ - العطور والأصباغ والمتفجرات.
- وهناك المزيد من الصناعات التي تعتمد على النفط، وسوف يتم مناقشتها في الوحدة الثامنة من هذا الكتاب.

## نشاط (٧-٤)

### قضية للبحث:

مستعيناً بالمراجع العلمية المتوفرة في مكتبة المدرسة وفي بيعتك المحلية ونشرات الأخبار الاقتصادية في الإذاعة والتلفزيون، اكتب تقريراً عن أهم منتجات النفط المستخدمة كوقود، وكمواد أولية للكثير من الصناعات البتروكيميائية، وضمن التقرير معلومات عن أسعار برميل النفط، وهل هذه الأسعار تعكس قيمته الفعلية من وجهة نظرك، وناقش ذلك مع معلمك وزملائك في الصف.

## تقويم الوحدة

- ١ - وضّح المقصود بالآتي:
  - أ - الذهب الأسود.
  - ب- التكسير الحراري.
  - ج- التكسير الحفزي.
  - د - إعادة التشكيل.
  - هـ- التقطير التجزيئي.
- ٢ - اشرح أوجه الاختلاف بين نظرية الكريبد ونظرية الأصل الحي موضّحاً وجهة نظرك حول النظرية التي ترجح أنها صحيحة.
- ٣ - ارسم شكلاً توضيحياً لبرج التقطير موضّحاً عليه أهم النواتج التي تستخرج من غرف الفصل المختلفة للبرج.
- ٤ - وضّح أهم خصائص المركبات التي يتم الحصول عليها من عملية تقطير البترول، وأهم فوائد هذه المركبات.
- ٥ - وضّح بالأمثلة من بيئتك أهمية النفط كمصدر للطاقة ومصدر للمنتجات الصناعية.
- ٦ - مستعينا بالمعادلات الكيميائية الموزونة، اشرح أهم الطرق المستخدمة لزيادة إنتاج الجازولين.
- ٧ - علّل لما يأتي:
  - أ - أصبحت أهمية الذهب الأسود تفوق أهمية الذهب الأصفر.
  - ب- وجود الصخور الرسوبية تحت طبقة النفط يساعد على اكتشاف النفط.
  - ج- وجود الصخور الملحية بالقرب من النفط يساعد على اكتشاف أماكن وجود النفط.
  - د- وجود الماء تحت طبقة النفط أو وجود الغاز الطبيعي فوق طبقة النفط يساعد على اندفاع النفط من أعماق البئر إلى سطح الأرض.



### الأهداف

- نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن:
- ١ - تصنّف الأسمدة الكيميائية وفقاً للدور الذي تؤديه .
  - ٢ - تعطي أمثلة لأهم العناصر والمركبات التي يستخدمها النبات كغذاء .
  - ٣ - تصنّف طرق تحضير الأسمدة النيتروجينية والفسفورية والبوتاسية وعديدة العناصر .
  - ٤ - توضح أهم أنواع الأسمدة المخلوطة .
  - ٥ - تقارن بين المبيدات الحشرية المختلفة من حيث طرق التحضير وأهمية استخدامها .
  - ٦ - تدرك أهمية إرشادات السلامة والأمان عند استخدام الأسمدة والمبيدات الكيميائية .
  - ٧ - تدرك خطورة استخدام الأسمدة والمبيدات .
  - ٨ - تصف أهم الألياف الصناعية وطرق تحضيرها .
  - ٩ - توضح آلية عمل الصابون .
  - ١٠ - تكتب معادلة تحضير الصابون .
  - ١١ - تقارن بين المنظفات الصناعية الأيونية وغير الأيونية .
  - ١٢ - تشرح طريقة صناعة الشامبو .
  - ١٣ - تقارن بين الطلاء المائي والزيتي من حيث التحضير وكيفية جفافهما على السطوح .

## صناعات كيميائية في خدمة الإنسان

عرفت في السنوات السابقة أن علم الكيمياء هو فرع من فروع العلوم الطبيعية التي تهتم بدراسة خواص المواد وتفاعلاتها، ودراسة التغيرات الفيزيائية والكيميائية وما يصاحبها من تغير في الطاقة. ولعلك أدركت أن المعرفة العلمية الأساسية البحتة مهَّدت الطريق لتطوُّر الجانب التطبيقي في مجال الكيمياء، حيث تمَّ استغلال الوسائل التكنولوجية الحديثة لخدمة الإنسان والاستفادة من المواد الكيميائية لإنتاج الآلاف من السلع التي أصبحت من مستلزمات الحياة المدنية والحضارة المتقدِّمة في هذا العصر. فما هو دور الكيمياء في خدمة الإنسان في مجال الزراعة، وفي مجال الكساء، وفي مجال صناعة المواد المهمة لحياة الإنسان كالمنظفات، ومواد التجميل، ومواد الطلاء، وغير ذلك من المواد المستخدمة في الحياة اليومية؟ وللإجابة عن هذا التساؤل، سوف تقدِّم هذه الوحدة عرضاً موجزاً لأهم الصناعات الكيميائية ودورها في خدمة الإنسان والمجتمع، ومن خلال الموضوعات التي ستقدِّم في هذه الوحدة سيَتَّضح لك طبيعة العلاقة القويَّة بين علم الكيمياء والتقنية (التكنولوجيا) وأثرهما على الإنسان والمجتمع والبيئة بشكل عام.

## صناعات كيميائية في مجال الزراعة:

عرفت في الوحدة السابقة أهمية التنوع الغذائي للإنسان، ودور الكيمياء في ذلك، ولكن نتيجة لزيادة عدد السكان في العالم تزايد الطلب على الغذاء بشكل ملحوظ، وأصبحت قُوَّة الدول وتقدمها يعتمدان اعتماداً كبيراً على قدرتها في إنتاج الغذاء المتكامل وتوفيره لأبنائها بأسعار مناسبة، كما أن الدول التي لم تتمكن من استغلال أراضيها الزراعية بشكل فعَّال تجدها تعاني من مشاكل اقتصادية واجتماعية وسياسية لا حصر لها؛ نتيجة لاستنزاف جزء كبير من مواردها المالية في توفير الغذاء، وفي معالجة الأمراض الناجمة عن سوء التغذية.

وبما أن الأرض الزراعية الصالحة للزراعة محدودة في كثير من دول العالم، لذلك كان لابد من التفكير بوسائل عملية تعمل لزيادة إنتاج المحاصيل الزراعية واستغلال الأراضي الصالحة للزراعة بشكل جيد؛ كي تعطي مردوداً عالياً من الإنتاج، وهذا لا يتمَّ إلا عن طريق إضافة الأسمدة والمخصبات، وكذلك مكافحة الحشرات والآفات الزراعية عن طريق استخدام المبيدات الحشرية.

### ملاحظة

لاحظ المزارعون أن الزراعة المكثفة للأراضي لسنوات عديدة تؤدي إلى ضعف النباتات وذبولها. فما السبب في ذلك؟

### الأسمدة والمخصبات:

عرفت سابقاً في دروس الأحياء أن النبات لا يمكن أن ينمو بشكل طبيعي إلا إذا حصل على الأملاح والعناصر الضرورية من التربة. وقد وجد العلماء أن أغلب النباتات تحتاج إلى ما يقارب من ( ١٨ ) عنصراً كيميائياً يمكن تصنيفها إلى أربعة أصناف، كما هي موضحة في الجدول (٨-١).

رموز المركبات	أسماء المركبات التي تحوي العناصر	العنصر	الصف
CO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O	ثاني أكسيد الكربون الماء الماء	C H O	عناصر أساسية للنبات
H <sub>2</sub> NCONH <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , NH <sub>3</sub> Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> KCl	الأمونيا، نترات الأمونيوم، اليوريا ثنائي هيدرو فوسفات الكالسيوم كلوريد البوتاسيوم	N P K	عناصر أسمدة أولية (أساسية)
CaCO <sub>3</sub> , Ca(OH) <sub>2</sub> CaSO <sub>4</sub> MgCO <sub>3</sub> , MgSO <sub>4</sub> S, MgS	هيدروكسيد الكالسيوم، وكربونات الكالسيوم، وكبريتات الكالسيوم كربونات الماغنيسيوم، وكبريتات الماغنيسيوم عنصر الكبريت، وكبريتيد الفلزات	Ca Mg S	عناصر أسمدة ثانوية (بسيطة)
(Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> . 10H <sub>2</sub> O) KCl (CuSO <sub>4</sub> . 5H <sub>2</sub> O) FeSO <sub>4</sub> MnSO <sub>4</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> NaCl V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , VO <sub>2</sub> ZnSO <sub>4</sub>	بوراكس كلوريد البوتاسيوم كبريتات النحاس المائية كبريتات الحديد (II) كبريتات المنجنيز (II) مولبيدات الأمونيوم كلوريد الصوديوم أكاسيد الفانديوم كبريتات الخارصين	B Cl Cu Fe Mn Mo Na V Zn	عناصر أسمدة دقيقة (يحتاجها النبات بنسبة ضئيلة)

جدول (٨-١) أهم العناصر الموجودة في الأسمدة والتي يحتاج إليها النبات في غذائه

تلاحظ من الجدول ( ٨-١ ) أن الصنف الأول يشتمل على ثلاثة عناصر هي (N , P , K)، أما الصنف الثاني فيشمل ثلاثة عناصر أساسية هي (C , H , O)، كما يشمل الصنف الثالث ثلاثة عناصر ثانوية هي (Ca , Mg , S). أما العناصر التي يحتاجها النبات بنسبة ضئيلة فهي تشمل ( ٩ ) عناصر ، ويطلق عليها « الأسمدة الدقيقة ».

من الأخطاء التي يرتكبها المزارعون هو قيامهم بتكرار زراعة الأرض بنوع واحد من المحاصيل ولفترات متتالية ودون إضافة أي أسمدة؛ وهذا يؤدي إلى استنزاف العناصر الهامة الموجودة في التربة وخاصة النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم.

### ملاحظة

أظهرت الدراسات التي أجريت على القمح أن الفدان الواحد المزروع بالقمح يستهلك من التربة ما يقارب ٨ كجم من النيتروجين، وكذلك ما يقارب ٤ كجم من البوتاسيوم.

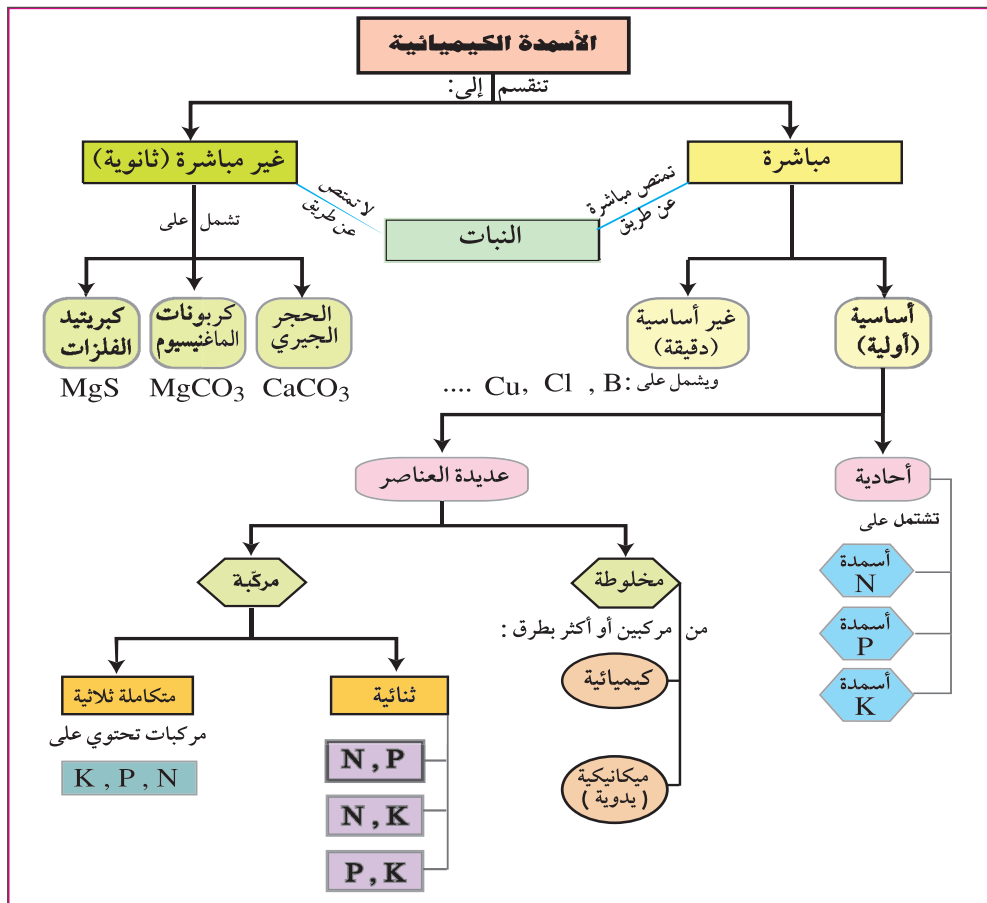
### تصنيف الأسمدة:

يمكن تصنيف الأسمدة بعدة طرق، فقد تُصنَّف الأسمدة وفقاً لدورها في تعديل الخصائص الكيميائية للتربة، كما يمكن تصنيفها وفقاً لعدد ونوع العناصر التي يحتاجها النبات في تكوين غذائه، وكذلك قد تُصنَّف الأسمدة وفقاً لقابليتها للدوبان في التربة أو تأثيرها على درجة حموضة التربة.

وتُقسَّم الأسمدة وفقاً للدور الذي تؤديه إلى قسمين:

- ١ - أسمدة غير مباشرة (ثانوية): تضاف إلى التربة ولا يمتصها النبات بشكل مباشر؛ والغرض من إضافتها هو تحسين خواص التربة الكيميائية أو البيولوجية، كما أن هذه الأسمدة تساعد على تحسين طبيعة التربة وتمكّن جذور النبات من الانتشار بسهولة خلال حبيبات التربة، ومن أمثلة الأسمدة غير المباشرة: الحجر الجيري، والدولوميت (كربونات الكالسيوم والماغنيسيوم)، حيث تضاف إلى التربة لخفض حموضتها، أو للتقليل من نسبة الأملاح فيها.
- ٢ - أسمدة مباشرة: تضاف إلى التربة كي يمتصها النبات بشكل مباشر؛ فيحصل من خلالها على العناصر الأساسية التي تساعد على النمو والنضج. ويمكن تقسيم الأسمدة المباشرة إلى أسمدة أساسية (أولية) مثل: النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم، وإلى أسمدة غير أساسية مثل: الكلور والنحاس. وتقسّم الأسمدة الأساسية إلى أسمدة أحادية حيث تحتوي على عنصر واحد من العناصر المهمة،

كما أن هناك أسمدة ثنائية تحتوي على عنصرين من العناصر الضرورية لغذاء النبات، وقد تكون الأسمدة ثلاثية إذا احتوت على ثلاثة عناصر، وتُسمَّى حينها بالأسمدة المكمّلة. ويوجد صنف آخر يحتوي على أكثر من عنصر مغذّي وتُسمَّى بالأسمدة المخلوطة، حيث يمكن الحصول عليها عن طريق خلط عدد من المركبات مع بعضها، أما إذا كانت هذه العناصر متوفّرة في مركّب واحد فتُسمَّى بالأسمدة المركّبة. ويمكن تصنيف الأسمدة، وفقاً للعناصر التي يحتاجها النبات والتي يمكن الحصول عليها من خلال المركبات الموجودة في الأسمدة، كما في الشكل (٨-١).



شكل (٨-١) تصنيف الأسمدة الكيميائية

### ملاحظة

تُصنّف الأسمدة أحياناً حسب ذوبانها في الماء، فهناك أسمدة تذوب في الماء وأخرى لا تذوب في الماء.



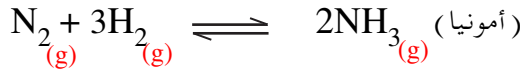
## صناعة الأسمدة النيتروجينية:

نظراً لأهمية الأسمدة الأولية والتي تشمل أهم العناصر التي يحتاجها النبات، وهي النيتروجين، والفسفور، والبوتاسيوم، لذلك سيتم عرض الطرق المستخدمة لصناعة الأسمدة الأولية المحتوية على هذه العناصر، وذلك على النحو الآتي:

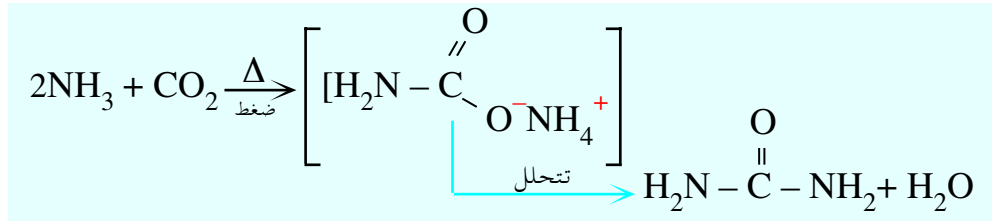
الأسمدة النيتروجينية:

تستخدم الأسمدة النيتروجينية الصلبة التي تذوب في الماء على نطاق واسع، حيث تعتبر مصدراً مهماً لأملاح الأمونيوم واليوريا المحتوية على النيتروجين الذي يعتبر عنصراً أساساً لبناء البروتين، ويتم تحضيرهما عن طريق الأمونيا، وفقاً للتفاعلات الآتية:

١ - تحضير الأمونيا: ويتم الحصول عليها عن طريق تفاعل غاز النيتروجين مع الهيدروجين عن طريق عملية « هابر بوش »:

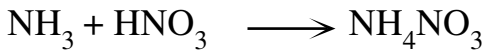


٢ - تحضير سماد اليوريا: يُعدُّ سماد اليوريا من أرخص الأسمدة النيتروجينية، ويُحضَّر عن طريق تفاعل الأمونيا وغاز ثاني أكسيد الكربون، وفقاً للمعادلة الآتية:



٣ - تحضير أملاح الأمونيوم: يتم تحويل الأمونيا إلى أملاح عديدة تستخدم كأسمدة على نطاق واسع، ومن أهمها ما يأتي:

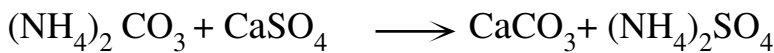
أ - نترات الأمونيوم: وتُحضَّر بتفاعل حمض النيتريك مع الأمونيا، وفقاً للمعادلة الآتية:



ب- كبريتات الأمونيوم: وتُحضَّر بتفاعل حمض الكبريتيك مع الأمونيا، وفقاً



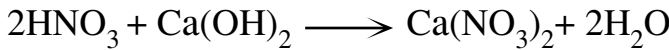
كما يمكن الحصول على كبريتات الأمونيوم بتفاعل كبريتات الكالسيوم مع كربونات الأمونيوم، وفقاً للمعادلة الآتية:



### ملاحظة

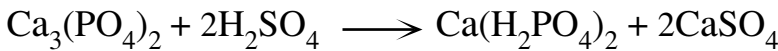
نظراً لوجود الغاز الطبيعي بكميات هائلة في الوطن العربي بشكل عام، وفي اليمن بشكل خاص؛ فإنه يمكن إنتاج الأمونيا ومن ثم إنتاج كميات هائلة من الأسمدة النيتروجينية، وتُعد الكويت وقطر وليبيا والجزائر من أكبر الدول العربية المنتجة لغاز الأمونيا.

٤ - تحضير سماد نترات الكالسيوم  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ : ويحضر بتفاعل حمض النيتريك المركز مع الجير المطفأ (هيدروكسيد الكالسيوم)، وفقاً للمعادلة الآتية:



### الأسمدة الفسفورية:

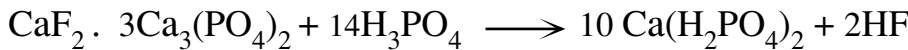
يُعدُّ الفسفور من أهم العناصر التي يحتاج إليها النبات لينمو بشكل طبيعي، ويؤدي استخدامه إلى زيادة غلّة الأرض. وقد استخدم الإنسان منذ آلاف السنين بعض المواد المحتوية على الفوسفور كسماد، مثل: فضلات الطيور، وعظام الأسماك، ورماد العظام. وقد تمَّ بعد ذلك اكتشاف خامات الفوسفات، إلا أنها شحيحة الذوبان في الماء؛ ولذلك لم يتمكن الإنسان من استخدامها كسماد بشكل مباشر. ولكن عند معالجتها بحمض الكبريتيك أمكن الحصول على سماد السوبر فوسفات الأحادي الذي يذوب في الماء، وذلك وفقاً للمعادلة الآتية:



الصخر الفوسفاتي

سوبر فوسفات أحادي

ويمكن أيضاً تحضير السوبر فوسفات ثلاثي التركيز من تفاعل الفوسفات الطبيعي مع محلول من حمض الفوسفوريك، وفقاً للمعادلة الآتية:



سوبر فوسفات ذو التركيز الثلاثي

### ملاحظة

يحتوي سماد السوبر فوسفات الأحادي  $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4]$  على نسبة من  $\text{P}_2\text{O}_5$  تصل إلى ١٦-٢٠%. أما السوبر فوسفات ذو التركيز الثلاثي فيحتوي فقط على فوسفات الكالسيوم الأحادي، ولذلك تصل نسبة  $\text{P}_2\text{O}_5$  إلى ٤٠-٥٠%.

## الأسمدة البوتاسية (بوتاس Potash) :

تُعدُّ أملاح البوتاسيوم من العناصر اللازمة لنمو النباتات، ولذلك ينصح المزارعون بإضافة الأسمدة المحتوية على أملاح البوتاسيوم إلى التربة لتعويضها عن الفاقد من هذه الأملاح.

ويساعد البوتاسيوم على عمليات الاستقلاب داخل الخلايا النباتية، وعلى زيادة مكونات النبات الهامة، مثل: النشأ، والسكر، وغيرها من المركبات الكربوهيدراتية. ويعد كلوريد البوتاسيوم (KCl) من أهم خامات البوتاس، حيث إن ما ينتج منه على مستوى العالم هو ٩٠٪ من بين أملاح البوتاسيوم الأخرى، مثل:  $K_2O$ ،  $K_2CO_3$ . وتحضر الأسمدة البوتاسية من بعض الخامات الموجودة في سطح القشرة الأرضية، مثل: (فلسبار البوتاس  $KAISi_3O_8$ )، والميكا  $[KH_2Al_3(Si_3O_8)_3]$ . ونتيجة لعوامل التعرية (في وجود  $H_2O$ ،  $CO_2$ ) يتحوّل البوتاسيوم الموجود في هذه الخامات إلى كربونات البوتاسيوم  $K_2CO_3$  والتي تذوب في الماء وتظل محتجزة في التربة.

### ملاحظة

يوجد معظم الاحتياطي العالمي من البوتاس في كندا، وجمهورية الاتحاد السوفيتي (سابقاً)، والولايات المتحدة الأمريكية، وألمانيا. ويبلغ احتياطي العالم العربي من البوتاس ما يقارب ٤٪ من الاحتياطي العالمي. ومن أهم الدول العربية المنتجة للبوتاس الأردن (من مياه البحر الميت)، وتوجد نسب قليلة في المغرب وتونس وليبيا.

## صناعة الأسمدة عديدة العناصر :

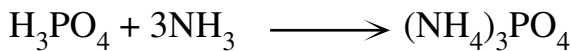
من خلال الشكل (٨-١) يتضح أن الأسمدة عديدة العناصر تنقسم إلى صنفين، هما: أسمدة مركّبة، وأخرى مخلوطة.

١ - الأسمدة المركبة: وتنقسم إلى صنفين، هما:

أ) أسمدة ثنائية: حيث تحتوي على عنصرين أساسيين، مثل: النيتروجين والفسفور، أو النيتروجين والبوتاسيوم، أو الفسفور والبوتاسيوم.

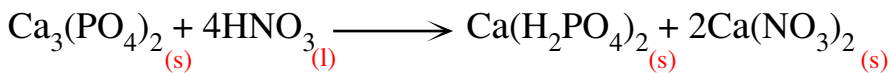
ب) أسمدة مركبة ثلاثية: حيث يحتوي المركب على العناصر الثلاثة الأساسية لنمو النبات، وهي: النيتروجين، والفسفور، والبوتاسيوم.

ويمكن تحضير الأسمدة المركبة الثنائية والثلاثية عن طريق التفاعلات الكيميائية، فمثلاً لتحضير سماد مركب من عنصري النيتروجين والفسفور عن طريق تفاعل حامض الفسفوريك التجاري مع الأمونيا، وفقاً للتفاعل الآتي:

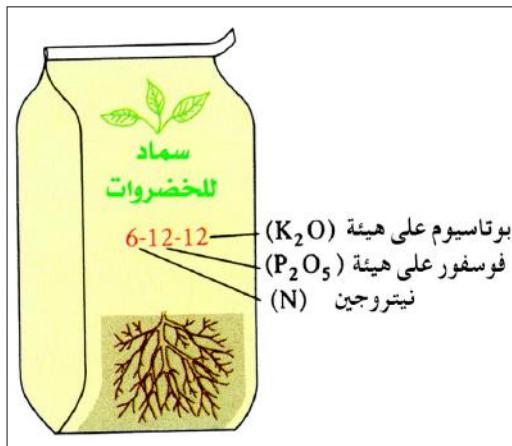


٢ - الأسمدة المخلوطة: حيث تخلط المركبات المختلفة مع بعضها لتشكل سماداً يحتوي على عنصرين أو أكثر بنسب معينة، وتنقسم هذه الأسمدة وفقاً لطريقة الخلط إلى نوعين، هما:

أ) أسمدة مخلوطة بطرق كيميائية: ومثال ذلك تفاعل حمض النيتريك مع الفوسفات الطبيعي، بحيث نحصل على مركبين أحدهما يحتوي على عنصر النيتروجين، والآخر يحتوي على عنصر الفسفور، وذلك كما يأتي:



ب) أسمدة مخلوطة ميكانيكياً (يدوياً): حيث يتم خلط مجموعة من الأسمدة عن طريق إضافة كمية معينة من كل نوع بحيث يحتوي السماد المخلوط على نسبة محددة من العناصر الأساسية (K , P , N). ويمكن معرفة هذه



شكل (٢-٨) يمثل السماد المخلوط

النسب عن طريق نظام الشفرة المكوّن من ثلاثة أرقام، حيث يشير الرقم الأوّل من اليسار إلى نسبة النيتروجين في هذا السماد، ويشير الثاني إلى نسبة الفسفور على هيئة (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)، كما يشير الرقم الثالث إلى نسبة البوتاسيوم على هيئة (K<sub>2</sub>O).

– انظر إلى الشكل (٢-٨) وحدّد نسبة النيتروجين، والفسفور، والبوتاسيوم في السماد المخلوط.

## صناعة الأسمدة غير الأساسية (الدقيقة):

يحتاج النبات إلى كميات ضئيلة من بعض العناصر غير الأساسية، إلا أن هذه العناصر رغم ضآلة نسبتها تُعدُّ مهمّة لتكوين بعض أجزاء النبات، فمثلاً عنصر الحديد يُعدُّ مهماً لحفز النبات على تشكيل مادة الكلوروفيل التي تعطي البلاستيدات اللون الأخضر، وعندما تفتقر التربة لعنصر الحديد يكون لون أوراق النبات مائلاً إلى الاصفرار.

ومن أمثلة العناصر التي يحتاجها النبات بكميات ضئيلة هي: البورون B، والكلور Cl، والنحاس Cu، والحديد Fe.

– استخدم الجدول (٨-١) للتعرف على العناصر التي يحتاجها النبات بكميات ضئيلة والمسماة بالأسمدة الدقيقة، ثم ضع أمثلة للمركبات التي تشمل على هذه العناصر.

### ملاحظة

تحتوي التربة غالباً على العناصر الدقيقة بكميات تكفي غالباً لفترة طويلة، ولكن نتيجة للزراعة المكثفة قد يحدث نقص لبعض هذه العناصر، فيحتاج المزارعون إلى استشارة المختصين لمعالجة هذا النقص.

## صناعات كيميائية لمكافحة الحشرات الضارة:

توجد في البيئة أعداد هائلة من الحشرات بعضها نافع والبعض الآخر ضار بالإنسان والحيوان والنبات. فمثلاً يتعرّض الإنسان للعديد من الأمراض التي تنقلها الحشرات مثل الملاريا والتيفوئيد وأمراض العيون وغيرها من الأمراض الخطيرة. كما أن الحشرات تفتك بالعديد من الأشجار ذات المردود الاقتصادي كأشجار الفاكهة، وكذلك تقضي على الخضراوات والثمار والحبوب؛ فتسبب خسائر بالغة للإنسان وتقضي على أهم مصادر الغذاء والدخل التي يعتمد عليها أبناء المجتمع. ولا يتوقّف الأمر على ذلك، بل إن بعض الحشرات تقوم بنقل الأمراض لقطعان الماشية والحيوانات ذات المردود الاقتصادي، فتزداد معاناة المزارعين نتيجة لذلك. ونتيجة للمعركة الدائرة بين الحشرات والإنسان، لم يتوقّف بنو البشر منذ العصور القديمة عن تجريب العديد من المواد والمركبات التي قد تساعدهم في حماية أنفسهم وممتلكاتهم من الحشرات. ومع تطوّر علم الكيمياء تطوّرت العديد من المركبات التي سميت بالمبيدات.

إلا أن الحشرات أظهرت مقاومة عجيبة ضد هذه المركبات واكتسبت الأجيال الجديدة منها مناعة ضد الكثير من هذه المواد، ولهذا تزايدت الضغوط على علماء الكيمياء لتطوير مواد جديدة لمكافحة الحشرات بحيث يكون خطرها على الإنسان والبيئة أقل ما يمكن.

وقد كان لاكتشاف النفط وتطور الوسائل التكنولوجية - من تقطيره واستخلاص المركبات المختلفة منه - أثراً كبيراً على تطور صناعة المبيدات وبأقل كلفة ممكنة، وقد استفاد الإنسان من المركبات العضوية المختلفة التي تشتق من النفط مثل مركب البنزين، والأوليفينات، والألكينات الحلقية، والكحولات. وسوف نستعرض أهم المبيدات التي ظهرت في العقود الماضية وطريقة تحضيرها والأضرار المحتملة من استخدامها، ولتسهيل دراستها تم تقسيمها إلى ثلاثة أصناف، هي:

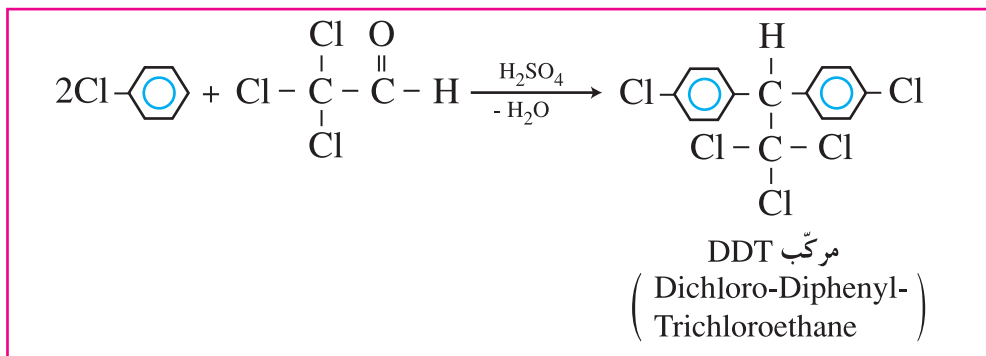
### ١- مركبات الهالوجين:

هناك العديد من المبيدات التي يدخل الهالوجين في تركيبها، ومن أهمها ما يأتي:

أ) مركب DDT والذي تم تحضيره على يد الكيميائي الألماني زايدلر Zeidler عام ١٨٧٤م. إلا أن قدرته على إبادة الحشرات لم تكتشف إلا في عام ١٩٣٩م على يد الكيميائي مولر Muller في سويسرا، وقد تم استعماله على نطاق واسع أثناء الحرب العالمية الثانية وما بعدها وذلك لمكافحة الحشرات في المنازل والمزارع والمستنقعات، وفي مقاومة انتشار مرض التيفوس والملاريا.

#### تحضيره في الصناعة:

يتمُّ تحضيره من تفاعل مركب كلور البنزين مع ثلاثي كلور الأسيتالدهيد، كما في المعادلة الآتية:



## ملاحظة

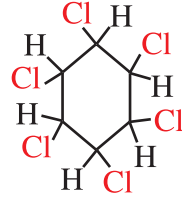
أثبتت الدراسات أن الحشرات قد طورت من مقاومتها لهذا المبيد (D.D.T.) بالإضافة إلى ذلك هناك مؤشرات تدل على أن استخدام هذا المبيد له علاقة بأمراض الكبد والسرطان؛ ولذلك حرمت كثير من الدول استخدامه تلافياً لهذه الأضرار، ولتأثيره السلبي على البيئة وعلى بعض الطيور والأسماك.

ب- مركب BHC (Benzene Hexa Chloride) :

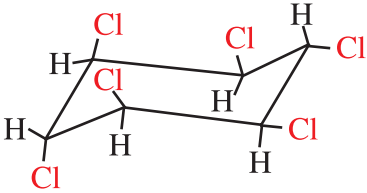
ويعرف هذا المبيد باسم (B.H.C.) "لندن" نسبة إلى مكتشفه، وهو الكيميائي الهولندي فاندير ليندان (Vander Linden)، وهذا المركب هالوجيني، إذ إنه يتكوّن من حلقة بنزين أُضيفت إليها ست ذرات من الكلور.



ضوء



سداسي كلوروهكسان حلقي  
(BHC)



ولهذا المركب تسع هيئات فراغية، وواحدة منها لها قدرة عالية على قتل الحشرات وتسمى (أيزومرجاما).

## ملاحظة

هناك مجموعة أخرى من المبيدات المشتقة من الكلور مثل (النوكسافين، والكلوردان، وهبتا كلور، والألدرين، والأندرين) وهي من أقوى المبيدات الحشرية، إلا أنه ثبت أن لها أضراراً على الإنسان والحيوان على المدى البعيد، وذلك لأنها تتراكم في جسم الحيوان والإنسان والطيور، ويصعب التخلص منها وتؤدي في النهاية إلى آثار مدمرة على جسم الكائن الحي.

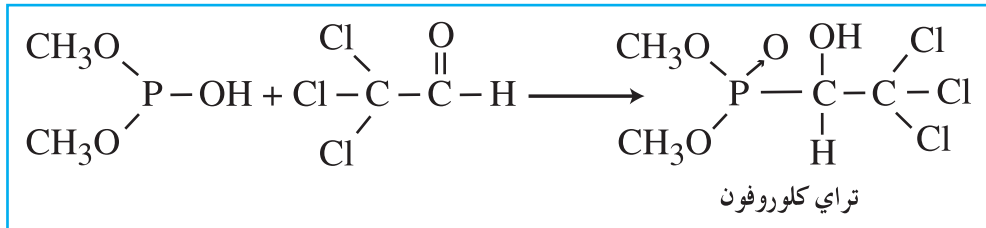
## ٢- مركبات الفسفور:

نتيجة للمخاطر التي يمكن أن تحدث عند استخدام المبيدات المشتقة من الكلور، لجأ العلماء إلى إنتاج مبيدات أخرى تحتوي على مركبات الفسفور العضوية، وتتميز بقدرتها على التحلل في وقت قصير دون أن تترك آثاراً ضارة على البيئة، وهي فعالة جداً في مقاومة الحشرات، إلا أنه ثبت مؤخراً أنها ضارة جداً بالإنسان .

ومن أهم هذه المركبات مركب تري كلوروفون (Trichlorophon) .

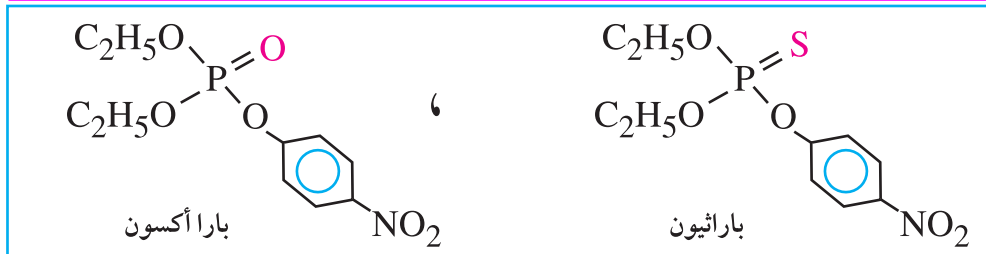
تحضيره في الصناعة:

يمكن تحضير مركب تري كلوروفون، على النحو الآتي:



### ملاحظة

هناك العديد من المبيدات الحشرية الفسفورية، مثل: بارا أوكسون، وباراثيون اللذان يتميزان بوجود رابطة ثنائية ضعيفة بين ذرة الفسفور المركزية وذرة الأكسجين أو الكبريت واحدى هذه الروابط ضعيفة يمكن كسرها بسهولة، و تسبب زيادة فاعلية المبيد وسرعة تحلله في التربة .



## مبيدات حديثة غير ضارة بالبيئة والإنسان:

تم مؤخراً تطوير بعض المبيدات التي تم استخلاصها من بعض الزهور في أفريقيا الشرقية، والتي تتميز بأن سُميتها منخفضة وهي تتحلل بسهولة في وقت قصير .

الاحتياطات الواجب مراعاتها للوقاية من أخطار المبيدات:

- ١- يجب استشارة المختصين قبل الشروع في استخدام المخصبات أو المبيدات الحشرية .
- ٢- يجب تدريب العاملين والمزارعين على الطرق الصحيحة لعملية الرش وطرق



التعامل مع المبيدات والأسمدة.

- ٣ - يجب أن يكون القائمون على الرش في صحة جيدة وأجسامهم خالية من الجروح.
- ٤ - يجب ارتداء الملابس الواقية من مخاطر المبيدات مثل: البدلات الخاصة، والقفازات، والكمامات، والنظارات.
- ٥ - يُنصَح العاملون بالامتناع عن الأكل والشرب والتدخين ومضغ القات أثناء الرش، أو أثناء تحضير المبيدات.
- ٦ - يجب إبعاد الأطفال والحيوانات والطيور من المنطقة التي سيتم رشها بالمبيدات.
- ٧ - يُمنع الرش عند الإزهار أو عند نضج الثمار.
- ٨ - يُمنع الرش بالقرب من خلايا النحل.
- ٩ - يُمنع قطف الثمار أو جني المحاصيل الزراعية قبل انتهاء فترة الأمان التي ينصح بها المختصون.

**الأضرار الناجمة عن استخدام الأسمدة والمبيدات :**

رغم الفوائد التي يجنيها الإنسان من مكافحته للحشرات واستخدامه للمخصبات والأسمدة، إلا أنه ثبت أن الإسراف في استخدام هذه المواد بدون دراسة قد أدى إلى ظهور الكثير من المشاكل البيئية والصحية. فقد تسببت المبيدات مثلاً في الإخلال بالتوازن البيئي بسبب قتلها الكثير من الحيوانات والحشرات والطيور المفيدة، كما أدت إلى تلوث المياه والتربة. ويؤدي الإسراف في استخدام المخصبات إلى إفساد التربة والمياه، وبالتالي إصابة الإنسان بالعديد من الأمراض، وخاصة في المناطق التي تنتشر فيها الأمية ويقل فيها الوعي. ويؤدي استخدام المبيدات المُحرمة دولياً التي تهرب إلى الدول النامية إلى تسمم الكثير من البشر من جراء استخدام هذه المركبات. وفي اليمن مثلاً تستخدم المبيدات وبعض المخصبات في زراعة القات مما يترتب على ذلك انتشار العديد من الأمراض بين مزارعي القات ومن يمارسون عادة مضغ القات.

### **صناعات كيميائية في مجال الكساء:**

لم تقتصر أهمية الكيمياء على تقديم الخدمات للإنسان في مجال الزراعة وفي مجال حماية الثروات النباتية والحيوانية، بل وقدمت الكيمياء خدمات جليلة للإنسان في مجال توفير الكساء الذي يقيه شدة الحر وقساوة البرد. كما أن الألوان الزاهية التي تميز الألياف الصناعية أتاحت المجال لصناعة ألوان متعددة من الملابس الجميلة التي تميز بها الإنسان المعاصر.

## صناعة الألياف الطبيعية :

لقد ألهم الله سبحانه وتعالى الإنسان لصناعة الكساء الذي يستر به جسمه، فتمكّن الإنسان من قديم الزمان من صناعة ملابس من الألياف الطبيعية والتي تنقسم إلى :

- ١ - ألياف طبيعية نباتية، مثل: القطن، والكتان .
- ٢ - ألياف طبيعية حيوانية، مثل: الصوف، والحريير .
- ٣ - ألياف مشتقة من نواتج طبيعية، مثل: السيليلوز، والذي يصنع منه نوعان من الألياف، هما:

أ ) ألياف الفسكوز Viscose أو ما يطلق عليه حرير الفسكوز .

ب ) ألياف الرايون أو ما يُسمّى بحرير الرايون .

أ - حرير الفسكوز: نتيجة لزيادة عدد سكان العالم؛ ازداد الطلب على الكساء، مما دفع العلماء للتفكير في إنتاج ألياف صناعية تشبه الألياف الطبيعية، فقاموا في البداية بدراسة تركيب الألياف الطبيعية وطريقة ترتيب الذرات في الجزيء، وقد توصلوا إلى أن ألياف الصوف والحريير هي عبارة عن مواد بروتينية تتكوّن جزيئاتها من الأحماض الأمينية .

قال تعالى: ﴿وَاللَّهُ جَعَلَ لَكُمْ مِمَّا خَلَقَ ظِلَالًا وَجَعَلَ لَكُمْ مِنَ الْجِبَالِ أَكْنَانًا وَجَعَلَ لَكُمْ سَرَابِيلَ تَقِيكُمْ وَالْحَرَّ وَسَرَابِيلَ تَقِيكُمْ بَأْسَكُمْ كَذَلِكَ يُتِمُّ نِعْمَتَهُ عَلَيْكُمْ لَعَلَّكُمْ تُسْلِمُونَ﴾ [النحل: ٨١].

كما تمكّن العلماء من التعرف على تركيب الألياف القطنية، حيث اتضح أن ألياف القطن تتكوّن من السيليلوز الذي يشبه البوليمرات في تركيبه، وقد يصل الوزن الجزيئي للسيليلوز إلى ما يقارب ٨٠٠,٠٠٠ وحدة كتل ذرية أو أكثر. وفي عام ١٨٩٢م تمكن اثنان من علماء الكيمياء البريطانيين من تحضير خيوط من ألياف السيليلوز اللامعة. فقد قام "تشارلز كروز" Charles Cross وزميله "أرنست بيغان" Arnest Bevan من إذابة ألياف السيليلوز في محلول مركّز من الصودا الكاوية (NaOH) ثم تمّ معالجة محلول السيليلوز القلوي بمادة ثاني كبريتيد الكربون فتكوّن

سائل لزج يشبه العسل في لزوجته . بعد ذلك تمّ دفع هذا السائل اللزج من خلال مغزل له ثقوب دقيقة ومغمور في محلول حمضي فتشكّل نتيجة لذلك خيوط رفيعة ولامعة يمكن نسجها، وسميت بحرير الفسكوز Viscose والذي يتميز بلمعان سطحه ونعومة ملمسه، إلا أن من أهم عيوبه هو أنه لايساعد على دفع الجسم، ولذلك قل الطلب عليه .

ب) حرير الرايون: تمكّن الفرنسي "جودارد" عام ١٩١٣م من تطوير نسيج أكثر جودة من حرير الفسكوز، حيث قام بتجزئة خيوط الفسكوز إلى قطع قصيرة سميت Staple Fibres، ثم قام بغزلها بطريقة مشابهة كطريقة غزل ألياف القطن، فنتج عن ذلك خيوط جديدة أكثر سمكاً ومتانة وتمتّع أيضاً بسطح لامع وملمس ناعم، وسمّي بحرير الرايون .

ثم أدخلت على صناعة الرايون تحسينات كثيرة أدت إلى إنتاج خيوط أكثر سمكاً تستخدم في صناعة السجاد والمفروشات، واستخدمت أيضاً في صناعة إطارات السيارات وذلك بوضعها بين طبقات من المطاط لزيادة قوتها .

### الألياف الصناعية :

نظراً لارتفاع أسعار الألياف الطبيعية، وصعوبة الحصول عليها في بعض المواسم التي يقل فيها إنتاج السيليلوز، بدأ علماء الكيمياء بالتفكير لإنتاج ألياف صناعية من مواد كيميائية لا تعتمد على النبات أو الحيوان . وقد تمكّن علماء الكيمياء العضوية من تطوير العديد من الألياف الصناعية التي أحدثت ثورة في عالم الأقمشة والملبوسات، ومن أهم هذه الألياف ما يأتي :

١- البولي أميد (النايلون) Polyamides (Nylons) : حيث يُعدُّ من أهم الألياف الصناعية التي تمّ إنتاجها من مركبات عضوية، وتمّ اكتشاف هذه الألياف على يد الأمريكي "والايس كاروذر" Wallace Carother، الذي كان ينفذ مشروعاً بحثياً عام ١٩٢٨م يتعلّق بعملية البلمرة، ومولاً من شركة "ديوبونت" الأمريكية Du Pont Company . وقد نجح عام ١٩٣٥م في إنتاج خيوط (النايلون ٦٦) .

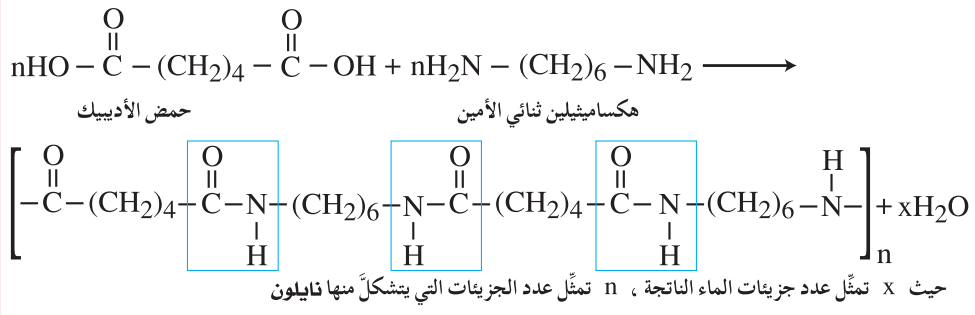
ويرمز الرقم ٦٦ إلى أن خيوط النايلون مكوّنة من مادتين تحتوي جزيئات كل منهما على ست ذرات كربون .



شكل (٣-٨) يوضح النيلون ٦٦

## صناعة النايلون ٦٦ :

يتمُّ صناعة نايلون ٦٦ عن طريق تكاثف حمض الأديبيك مع الهكساميثيلين ثنائي الأمين، لأن المادة الناتجة هي عبارة عن بوليمر، وهو عبارة عن تكرر رابطة الأמיד التي تمَّ إبرازها داخل المربعات وُسِّمِي نايلون ٦٦ ، أو يسمى "بولي أميد" Poly Amides شكل (٣-٨)، كما في المعادلة الآتية:



وقد اشتهرت خيوط نايلون بحيث أصبح الناس يطلقون على الخيوط الصناعية الأخرى اسم نايلون رغم أنها قد تختلف عنه في تركيبها الكيميائي . وغالباً تتمُّ صناعة خيوط النايلون عن طريق صهر البولي أميد الناتج من التفاعل السابق، ثم يدفع المصهور خلال مغازل لها ثقوب دقيقة فتتشكّل خيوط النايلون وتتجمّد عند تعرضها للهواء ثم تشد هذه الخيوط بمجرد تكونها إلى ما يعادل أربعة أمثال طولها الأصلي، وهذا يؤدي إلى جعل سلاسل الجزيئات مرتبة بانتظام وبحيث تكون متوازية مما يكسبها سماكة عالية ومتانة قد تعادل سماكة سلك مائل من الصلب . وتمتاز خيوط النايلون بكونها لا تتأثر بالماء عند غسلها، كما أنها لا تنكمش ولا تحتاج إلى الكي، وهي سريعة الجفاف ولا تنقطع بسهولة عند شدّها .

### نشاط (١-٨)

حضر بوليمر:

## استخدامات النايلون :

يستخدم النايلون في صناعة أنواع مختلفة من الأقمشة والسجاد والبطانيات، وفرش الشعر، كما أنها تستخدم أيضاً في صناعة إطارات السيارات، وبعضها يستخدم في صناعة بعض الخيوط المستخدمة في الجراحة، كما يستخدم النايلون في صناعة مضارب التنس، والجراجات وملابس السيدات، انظر الشكل ( ٨-٤ ) .



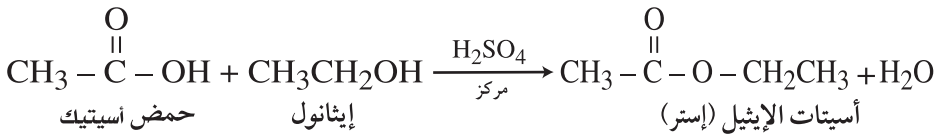
خيوط النايلون

ألوان زاهية من الأقمشة

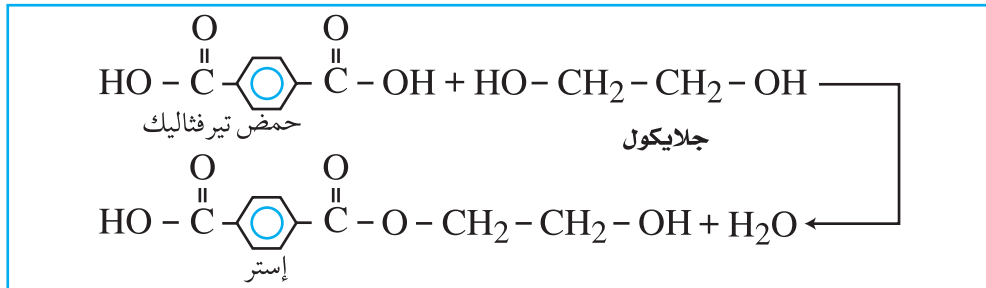
شكل ( ٨-٤ ) بعض الأقمشة التي تصنع من خيوط النايلون

## ٢- البولي إستر : Polyester :

وتُعد ألياف البولي إستر من أهم الألياف الصناعية وأكثرها إنتاجاً وانتشاراً في العالم، فقد دخلت في صناعة الملابس الداخلية والخارجية وحلّت محل الصوف والقطن لرخص ثمنها وجمال ألوانها وقدرتها على مقاومة العثة .  
وتتم صناعة البولي إستر عن طريق تفاعل البلمرة بالتكثيف، حيث يتم تكاثف مادتين أساسيتين من مشتقات النفط إحداهما يحتوي على شق حمضي ثنائي القاعدة والأخرى تحتوي على شق كحولي، ونتيجة لذلك يحدث ما يسمى تفاعل الأستر .  
فكما عرفت سابقاً أن الأحماض الكربوكسيلية تتفاعل مع الكحولات مكونة الإستر، كما في المعادلة الآتية :



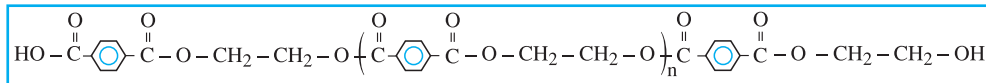
وللحصول على البولي إستر، لابد من تفاعل حمض عضوي يمتلك مجموعتين وظيفيتين مع كحول يمتلك مجموعتين وظيفيتين، بحيث يستمر التفاعل على طرفي الجزيء، مما يؤدي إلى تكاثف عدة جزيئات من الكحول والحمض وتكوين البولي إستر الذي قد يصل وزنه الجزيئي إلى ما يقارب ٢٠,٠٠٠ وحدة كتل ذرية. أحد أنواع الإستر يمكن تحضيره عن طريق تفاعل كحول جلايكول مع حمض التيريفثاليك، حسب المعادلة الآتية:



لاحظ الإستر الناتج، وحدد نوع المجموعة الوظيفية الموجودة في الطرف الأيمن، وكذلك المجموعة الوظيفية الموجودة في الطرف الأيسر؟

– هل يمكن استمرار التفاعل بوجود كمية وافرة من حمض التيريفثاليك وكحول الإيثيلين جليكول في شروط مناسبة؟ ماذا ينتج؟

– يمكن تمثيل البولي إستر المسمى داكرون Dacron على النحو الآتي:



### ملاحظة

تم اكتشاف الداكرون في إنجلترا، ثم انتشرت صناعته في أوروبا وفي الولايات المتحدة وقد أنتجت منه مادة تشبه الصوف وتصنع منه البدلات الرجالية والتي تتميز بألوانها الزاهية وقدرتها على مقاومة التبلل، كما أنها لا تحتاج إلى الكي، انظر الشكل (٨-٥).

كما تستخدم خيوط الداكرون لصناعة الشريط المغنط المستخدم في صناعة أشرطة الفيديو وأشرطة التسجيل. ومن أهم التطبيقات لألياف الداكرون استخدامها في مجال الطب، إذ تمّ التوصل مؤخراً إلى صناعة رقائق من ألياف الداكرون تتميز بنقاوة عالية وتم استخدامها في العمليات الجراحية الدقيقة مثل جراحة القلب لترقيع بعض الأجزاء المقطوعة كالصمامات.

وهذه الرقعة تتميز بأنها غير سامة ولا تثير أي حساسية أو مقاومة من قبل الجسم ولا تؤدي إلى تجلُّط الدم، انظر الشكل (٦-٨).



شكل (٦-٨) استخدام خيوط الداكرون في جراحة القلب



شكل (٥-٨) بدلة مصنوعة من الداكرون

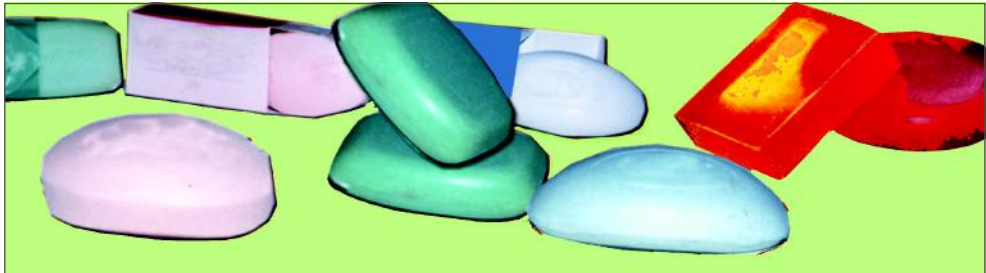
### ملاحظة

يتضح من خلال دراسة التطور العلمي الذي حدث في مجال الألياف الصناعية، أن تطور المعرفة العلمية أدى إلى اكتشاف عملية البلمرة وأدى ذلك إلى تطور التقنيات التي تعتمد على هذه المعرفة فتم تطوير صناعة الألياف مما أدى إلى إنتاج مواد ذات فائدة عظيمة للإنسان مثل ألياف الداكرون والنايلون، وهذا خير دليل على وجود العلاقة الوثيقة بين العلم والتقنية وأثرهما على الإنسان والمجتمع بشكل عام.

## الصناعات الكيماوية للمواد الاستهلاكية:

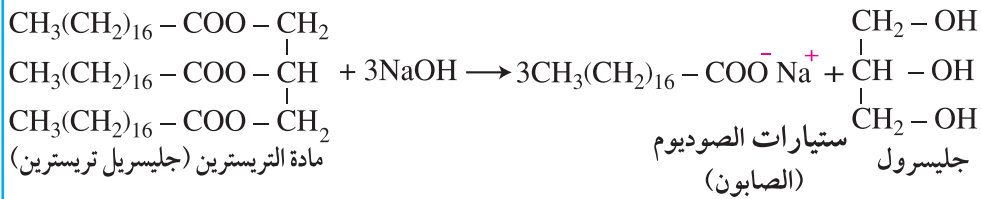
### ١) صناعة الصابون:

تؤكد الدراسات أن الإنسان تمكّن من صناعة الصابون قبل ٦٠٠ سنة من ميلاد المسيح عليه السلام، إلا أن تركيبته كانت مختلفة تماماً عن الصابون الذي نعرفه حالياً، وهناك شواهد كثيرة تؤكد أن العلماء العرب كانوا أول من توصل لتركيب الصابون الجامد وذلك عن طريق إضافة الكثير من المواد التي أضفت مميزات عديدة كاللون والرائحة.



شكل (٧-٨) ألوان مختلفة للصابون

ويمكن صناعة الصابون عن طريق عملية تصبُّن الدهون وهي المواد المسماة « جليسيريدات الأحماض الدهنية »، ومن أمثلتها مادة التريسترين **Tristearin** والتي تحوي على ٥٧ ذرة كربون، حيث تتفاعل مع محلول هيدروكسيد الصوديوم **NaOH** وينتج عن ذلك تكوُّن الصابون ومادة الجليسرول، وفقاً للمعادلة الآتية:



### نشاط (٢-٨)

قم بتحضير الصابون في المعمل.

- كيف يتمكّن الصابون من إزالة الأوساخ؟

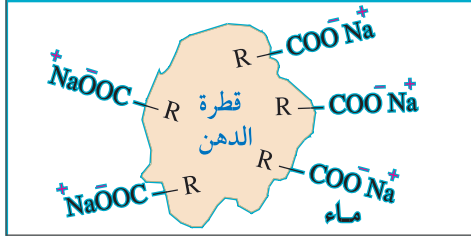
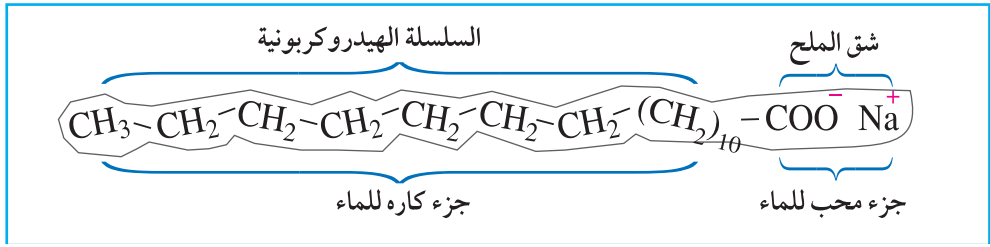
تتسخ الملابس التي يلبسها الإنسان نتيجة لالتقاطها للدهون التي تفرزها الغدد الدهنية وتساعد هذه الدهون على التصاق ذرات الغبار بها، فتظهر الأوساخ على الملابس، وبما أن الدهون لا تذوب في الماء لذلك لا يصلح الماء لتنظيف هذه الأوساخ. ويمتلك جزيء الصابون خاصية مهمة جداً تساعد على إزالة الأوساخ (الدهون) وبما يلتصق بها من أتربة)، فلو نظرنا إلى جزيء الصابون نجد أنه يتكوّن من جزئين أحدهما يمثل سلسلة طويلة من الهيدروكربونات تحوي (١٧) ذرة كربون، وهذا الجزء لا يتفاعل مع الماء أو يمتزج معه ويسمى بالجزء الكاره للماء، إلا أن هذا الجزء يمتزج مع المواد العضوية (الدهون). أما الجزء الآخر فيتكوّن من المجموعة الوظيفية المثلثة للملح وهو  $(-\text{COO}^- \text{Na}^+)$ .

وبما أن هذا الجزء يتكوّن من شقّ سالب وآخر موجب، لذلك فهو يجذب نحو جزيئات الماء التي تملك هي الأخرى طرفاً سالباً وآخر موجباً، ولذلك يسمى بالجزء المحب للماء.



ويمكن كتابة هذا الجزء بشكل غير مختصر كما يأتي:





شكل (٨-٨) يوضح آلية عمل الصابون مستحلب يحتوي على الأوساخ الدهنية وما يعلق بها من أتربة وجزيئات الصابون التي امتزجت بها، ويؤدي ذلك إلى تفكيك جزيئات الدهون وانفصالها عن الملابس، وبالتالي إزالتها بشكل نهائي عن الملابس، حيث يصعب على قطرات الدهن التماسك مع بعضها مرة أخرى بعد تفاعل الصابون معها.

ويمثل الشكل (٨-٨) الآلية التي يزيل بها الصابون الأوساخ، حيث إن أجزاء الصابون الكارهة للماء تتحد مع قطرة الدهن، بينما تتجه الأجزاء المحبة للماء نحو الماء، ولذلك يتكون

### ملاحظة

يفقد الصابون قدرته على التنظيف في الماء العسر، وذلك لأن الماء العسر يحتوي على أملاح الكالسيوم والماغنيسيوم التي تتفاعل مع الصابون وتكون راسباً لا يذوب في الماء.

### ٢) المنظفات الصناعية:

نظراً لأن إنتاج الصابون يحتاج إلى استهلاك كميات كبيرة من الدهون والزيوت والتي يحتاجها الإنسان للغذاء أو لأغراض أخرى، فقد ازداد الاحتياج إلى إنتاج نوع من الصابون لا يعتمد إنتاجه على الزيوت والدهون وتكون له قدرة على التنظيف حتى في الماء العسر.

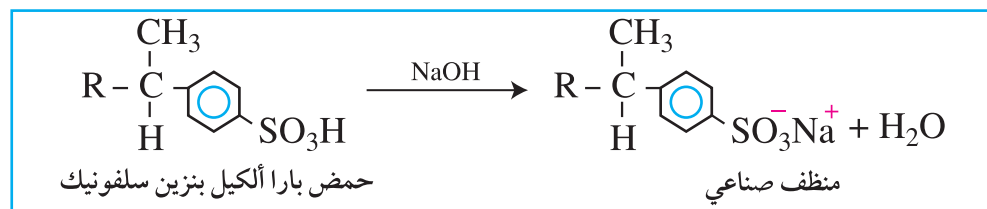
وقد تمكن الألمان عام ١٩٣٠م من صناعة أول منظف صناعي سُمي «نيكال» Nekal، ثم انتشرت الفكرة، وتم التوصل عام ١٩٤٦م إلى صناعة صابون «تايد» Tide الذي انتشر استعماله في أنحاء العالم ويستخدم في آلات الغسيل، ولا زال هذا الصابون يستخدم حتى اليوم.

وتتكون المنظفات الصناعية من شقين أحدهما كاره للماء (سلسلة هيدروكربونية R -) وشق محب للماء، إلا أن الشق المحب للماء يختلف في تركيبه عن الشق الذي

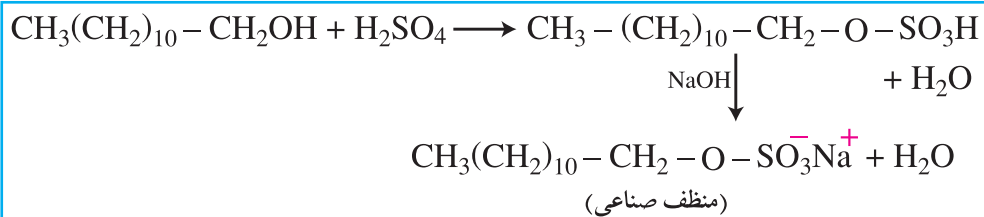
يوجد في الصابون، ومن أهم هذه الشقوق ما يلي :  
مجموعة الكبريتات  $OSO_3^{2-}$  ، ومجموعة الكبريتيت  $SO_3^{2-}$  ، ومجموعة الهيدروكسيل  $OH^-$  ، ومجموعة الأمونيوم  $(-NH_4^+)$  .

ويمكن تقسيم المنظفات الصناعية إلى ثلاثة أنواع وفقاً لتركيبها الكيميائي، وهي :  
أ - المنظفات الصناعية الأنيونية **Anionic Detergents** : وهي تشبه الصابون التقليدي في أن الشق المحب للماء يكون سالباً، ويمكن تحضير هذا النوع بطريقتين، هما :

- من تفاعل حمض بارا الكيل بنزين سلفونيك مع  $NaOH$  ، وفقاً للمعادلة الآتية :



- من تفاعل كحول ذي سلسلة هيدروكربونية طويلة مع حمض الكبريتيك المركز، ثم يضاف هيدروكسيد الصوديوم إلى الناتج فيتكون المنظف، وفقاً للمعادلات الآتية :

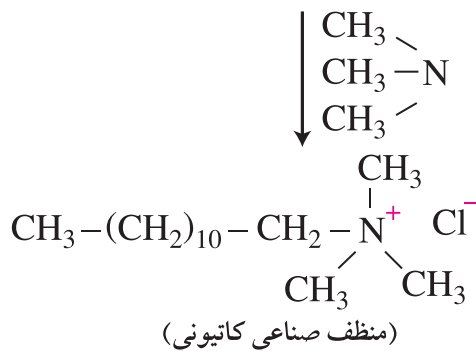


### ملاحظة

المنظف الصناعي الذي ينتج من تفاعل الكحول ذي السلسلة الهيدروكربونية الطويلة يستخدم بكثرة في التنظيف داخل المنازل، وذلك لأن فعاليته أقوى من فعالية المنظفات الصناعية التي تُحضّر في سلفونات إلكيل البنزين .

ب- المنظفات الصناعية الكاتيونية **Cationic Detergents** : إن الشق المحب للماء في هذا النوع من المنظفات يكون موجباً، ويمكن تحضير هذه المنظفات من خلال تفاعل الكحولات ذات السلسلة الهيدروكربونية الطويلة مع حمض

الهيدروكلوريك، وذلك للحصول على كلوريد الإلكيل، ثم بعد ذلك يتم إضافة أمين ثلاثي فينتج المنظف الكاتيوني، وفقاً للمعادلات الآتية:

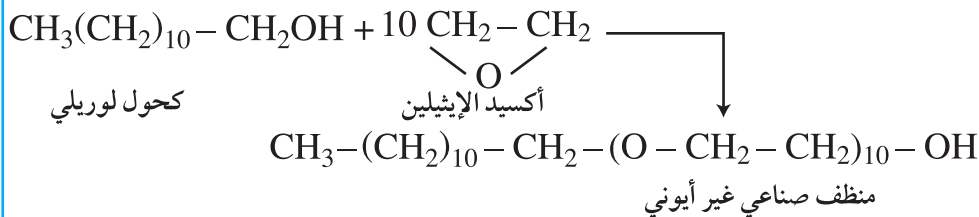


### ملاحظة

المنظفات الصناعية الكاتيونية لا تستخدم في أغراض التنظيف المنزلي، ولكنها تستخدم بكثرة في مصانع النسيج وفي المستشفيات نظراً لقدرتها الفائقة على التنظيف.

ج- المنظفات الصناعية غير الأيونية Non-ionic Detergents: يُعدُّ هذا النوع من المنظفات مختلفاً تماماً عن المنظفات التي تحوي شحنة سالبة أو موجبة، حيث أنَّها لا تحوي أي شحنة، ويتكوَّن هذا المنظف عادة من سلسلة هيدروكربونية طويلة تنتهي بمجموعة هيدروكسيل ذات رابطة هيدروجينية قوية، مما يجعل هذا الطرف محبباً للماء ويزوب فيه مثل باقي المنظفات.

ويمكن الحصول على المنظفات الصناعية غير الأيونية عن طريق تفاعل كحول ذي سلسلة هيدروكربونية طويلة مع كمية كبيرة من أكسيد الإيثيلين، كما في المعادلة الآتية:

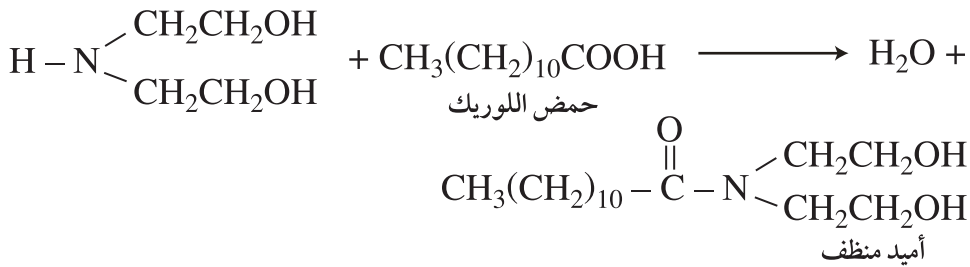


### ملاحظة

هذا النوع من المنظفات يُعد من أكثر المنظفات الصناعية استخداماً في المنازل وفي المطاعم لتنظيف الصحون والأواني لامتيازه بقدرة تنظيفية عالية، كما أنه لا يؤثر على بشرة الإنسان، إضافة إلى ذلك فهو اقتصادي، حيث إن كمية بسيطة منه يمكن أن تساعد على تنظيف عدد كبير من الصحون والأواني.

### ٣) صناعة الشامبو :

يُعدُّ الشامبو من المواد الأكثر تعقيداً من الصابون أو بقية المنظفات، وذلك لأن صناعته تتطلب إضافة العديد من المواد التي تعمل على توفير قدر من المتطلبات المختلفة التي تساعد على إعطاء الشامبو قدرة على تنظيف الشعر واكتسابه خصائص تجعله يبدو أكثر صحة وجمالاً، ومن المواد الأساسية التي تدخل في صناعة الشامبو هو ثنائي إيثانول أمين وحمض اللوريك، حيث ينتج عن تفاعلها مادة منظفة هي عبارة عن أميد، وفقاً للمعادلة الآتية :



إلى جانب المادة المنظفة والتي تكون في الغالب غير أيونية (لأن تأثيرها على العين أقل ما يمكن) فإن مواد أخرى تضاف مثل مادة (EDTA) التي تساعد على منع تكوّن رواسب من أيونات الكالسيوم أو الماغنيسيوم التي قد تكون موجودة في الماء.

هناك مواد أخرى تحتوي على زيوت معدنية تساعد على تعويض الزيوت الطبيعية التي تفرزها فروة الرأس والتي تزال عند استخدام الشامبو. كما أن مواد معطرة ومواد أخرى تضاف لتساعد على إعطاء الشعر قواماً ولمعاناً مناسبين.

### ٤- صناعة الطلاء (الدهان) :

ينقسم الطلاء الموجود في الأسواق إلى نوعين وفقاً لنوع المذيب، وهما: الطلاء المائي، والطلاء الزيتي، ولعلك قد تتساءل عن المواد الكيميائية التي يصنع منها الطلاء بنوعيه، وعن الآلية التي تساعد على جفاف الطلاء، وسيتم مناقشة ذلك على النحو الآتي :



أ - الطلاء المائي :

يتكون الطلاء المائي من مزيج من مادتي الإستيرين Styrene (  $\text{CH} = \text{CH}_2$  ) والبيوتادين، وهما عبارة عن بوليمرات تمتزج مع بعضها مكونة مستحلباً لزجاً، ويضاف الماء كمذيب، كما تضاف مادة أخرى تساعد على جعل قطرات المستحلب غير الأيونية من مادتي الإستيرين والبيوتادين تذوب في الماء وتمتزج معه مكونة مستحلباً رقيقاً صالحاً لطلاء الجدران والسطوح. وهناك مادة أخرى يمكن أن تصنع

منها مادة الطلاء وهي مادة عضوية تُسمى بولي فينيل أسيتات "Poly Vinyl Acetate"  $(\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{O} - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{CH}_3)$  إلا أن أسعارها مرتفعة نسبياً لكنها تمتاز بتكوين طلاء لزوجته عالية ويلتصق على السطوح بقوة ولا يحدث للون أي تغيير بسهولة مع مرور الزمن. وبالنسبة للسطوح المعرضة لضوء الشمس، مثل السطوح الخارجية للمنازل، فيستخدم نوع آخر من الطلاء يدخل في تركيبه مادة الأكريليك، وهي عبارة عن بوليمر يتم تكوينه من تفاعل (البلمرة بالإضافة) لمركب أكريلونيتريل Acrylonitrile،  $(\text{CH}_2 = \text{CHCN})$  ويمتاز الطلاء الأكريليك بقدرته العالية على الالتصاق بالسطوح ومقاومته للصدأ وتأثير الضوء.

### المادة الملونة في الطلاء :

تضاف بعض أكاسيد الفلزات لإكساب اللون المميز للطلاء، فمثلاً يمكن إضافة ثاني أكسيد التيتانيوم  $\text{TiO}_2$  لإكساب الطلاء اللون الأبيض. ومن السابق كانت مركبات الرصاص تستخدم على نطاق واسع لتكوين الطلاء الأبيض، ومن أهم هذه المركبات كربونات الرصاص وهيدروكسيد الرصاص وكبريتات الرصاص  $[\text{Pb}(\text{OH})_2, \text{PbCO}_3, \text{PbSO}_4]$ ، إلا أنه ثبت في نهاية السبعينات من القرن الماضي أن هذه المواد شديدة السُّمية، وتؤدي إلى إصابة الأطفال بالذات بالتخلف العقلي وتأثيرات خطيرة قد تؤدي إلى الموت إذا ابتلع الطفل كميات كبيرة منها، ولذلك حُرِّم استخدامها من عام ١٩٧٧م في كثير من دول العالم. وهناك مركبات أخرى تضاف إلى الطلاء لإكسابه لوناً مميزاً مثل كبريتات الباريوم وكبريتيد الباريوم وكبريتيد التيتانيوم.

### ب) الطلاء الزيتي :

جميع أنواع الطلاء الزيتي تتكوّن أساساً من البوليمرات التي سبق ذكرها مثل

طلاء الإكريليك والتي تمثل المادة اللاصقة في الطلاء. ومن أهم المكونات في الطلاء الزيتي إضافة مادة زيتية تعمل على تكوين مستحلب وتتميز بقدرتها على التطاير،

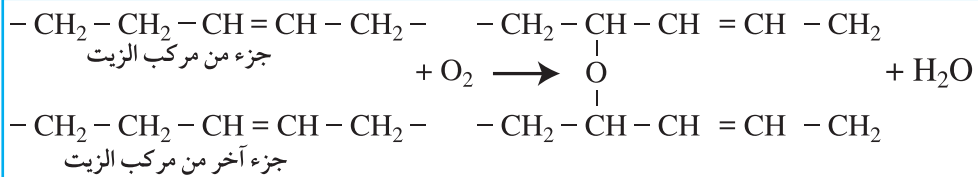


شكل ( ٨-٩ ) يوضح الطلاء

وذلك لتساعد على جفاف مادة الطلاء والتصاقه بالسطح، انظر الشكل ( ٨-٩ ).  
ومن أهم الزيوت التي تضاف للطلاء الزيتي هو زيت فول الصويا، وزيت الخروع، وزيت جوز الهند. كما تضاف مادة مذيبة للطلاء، ومن أهم المذيبات مادة التوربينتين "Turpentine".

### كيف يتم جفاف الطلاء المائي والزيتي؟

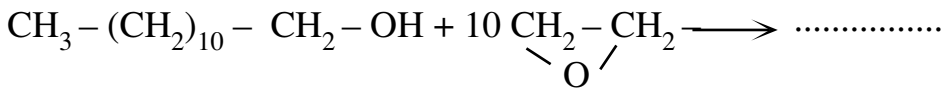
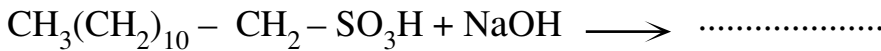
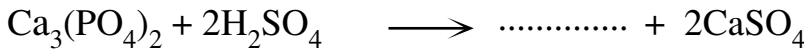
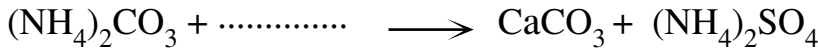
- بالنسبة للطلاء المائي يبدأ الماء بالتبخّر بمجرد وضع مادة الطلاء على السطح وتزداد كمية الماء التي تفقد بالتبخّر كلّما كان السطح معرّضاً للهواء وكلّما كانت درجة حرارة الجو مرتفعة. وعندما يفقد الطلاء جزءاً من الماء يبدأ مستحلب الطلاء بالتفكّك فيساعد ذلك على سرعة جفاف طبقة الطلاء والتصاقه بالسطح.
  - أما بالنسبة للطلاء الزيتي فيجف نتيجة لعدة عوامل، حيث تبدأ المادة المذيبة - وهي غالباً مادة التوربينتين - بالتطاير، وبالتالي تبقى مادة الطلاء التي تلتصق بالسطح. وهناك آلية أخرى تساعد على جفاف الطلاء، حيث أن الزيوت المضافة للطلاء ( زيت الخروع، وزيت الصويا ) تتفاعل مع أكسجين الهواء الجوي وتكوّن طبقة من الأكسيد الذي يساعد على جفاف الطلاء.
- وتحدث عملية أكسدة الزيوت الموجودة بالطلاء عن طريق استبدال ذرة الهيدروجين الموجودة على ذرة الكربون المجاورة للرابطة المزدوجة والموجودة في جزيء الحمض الدهني غير المشبع، حيث تستبدل ذرتي هيدروجين بذرة أكسجين لتكوّن جسراً بين جزيئين من مادة الحمض الدهني، وفقاً للمعادلة الآتية:



## تقويم الوحدة

- ١ - ما الأسباب التي تدفع المزارعين لاستخدام الأسمدة والمخصبات؟
- ٢ - وضِّح بالأمثلة المقصود بالأسمدة المباشرة وغير المباشرة؟
- ٣ - ما أهم الاحتياطات الواجب اتخاذها للوقاية من أخطار المبيدات؟
- ٤ - وضِّح الأضرار التي يمكن أن تنجم عن الاستخدام العشوائي للمبيدات الحشرية والأسمدة.
- ٥ - ما أهم الألياف التي تستخدم لصناعة الكساء؟
- ٦ - وضِّح الآلية التي يتمكن بها الصابون من إزالة الأوساخ.
- ٧ - ما الفرق بين المنظفات والصابون؟
- ٨ - ما الفرق بين الطلاء المائي والزيتي من حيث التركيب؟
- ٩ - علِّل لما يأتي:

- أ ( الزراعة المكثَّفة للأراضي تؤدي إلى ضعف النباتات وذبولها.
- ب ( كثير من المركبات التي كانت تستخدم كمبيدات حشرية في السابق لم يُعد لها تأثير كبير على الحشرات.
- ج ( تُعدُّ المبيدات الحشرية المشتقَّة من الكلور من أخطر المبيدات الحشرية.
- هـ ( كثير من الدول حرَّمت استخدام أكاسيد الرصاص في صناعة الطلاء.
- ١٠- أكمل المعادلات الآتية بحيث تصبح صحيحة وموزونة:



١٢- وضِّح بالمعادلات الموزونة كيفية تحضير الآتي :

أ ( منظف صناعي أنيوني .

ب ) سماد ثنائي يحتوي على الفسفور والنيتروجين .

ج) صناعة الصابون .

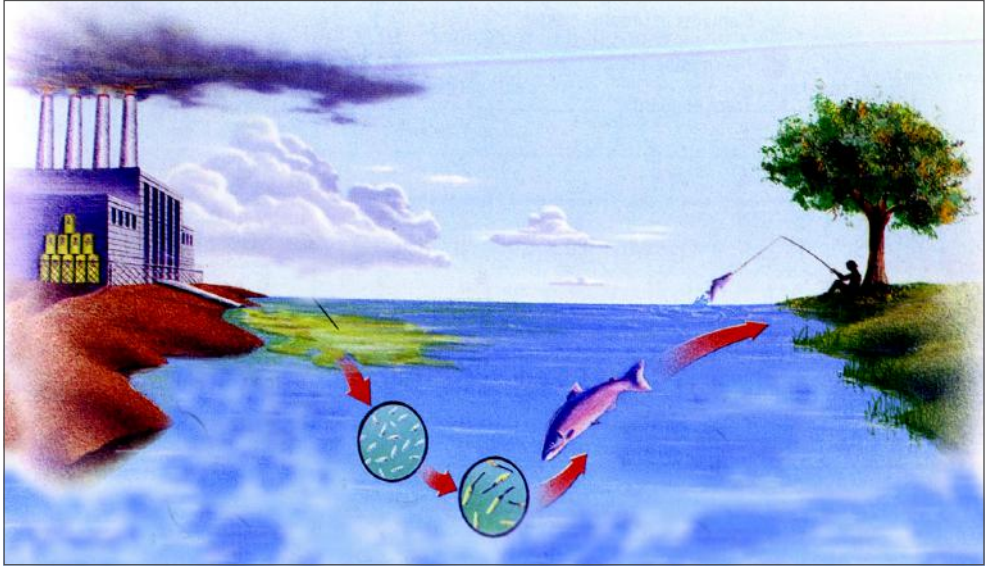
د ) المبيد الحشري المسمي DDT .

هـ) مبيد تراي كلوروفون .

و ) مركب BHC ( سداسي كلور هكسان حلقي ) .

ز ) صناعة النيلون ٦٦





### الأهداف

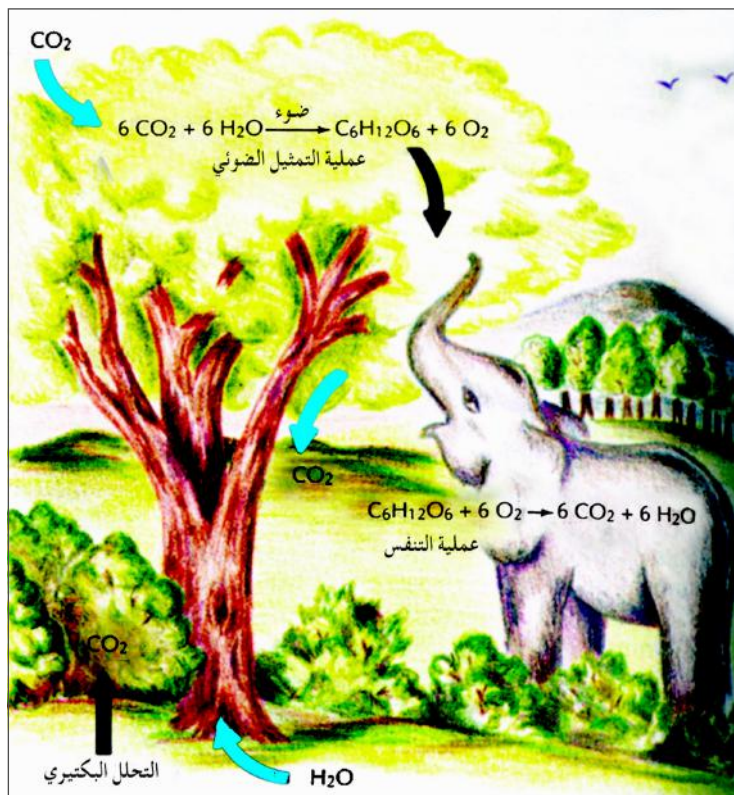
نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :

- ١ - تشرح مفهوم البيئة .
- ٢ - توضح المقصود بالتلوث والملوثات .
- ٣ - تكتب المعادلات الكيميائية الموزونة والمعبرة عن تلوث الهواء الناجم عن استخدام مصادر الطاقة المختلفة .
- ٤ - توضح الآثار الناتجة عن تلوث الأرض .
- ٥ - تميز بين ملوثات الماء، الهواء، والتربة . مع ذكر الامثلة .
- ٦ - تبين الأضرار الناتجة عن تلوث المياه والتربة .
- ٧ - تبين المشاكل الناجمة عن التلوث في البيئة التي نعيش فيها .
- ٨ - توضح الحلول المقترحة للحد من تلوث البيئة .
- ٩ - تساهم في التوعية ووضع المقترحات المناسبة للحد من التلوث في البيئة المحيطة .

## مفهوم البيئة

البيئة هي الوسط الذي نعيش فيه ونتفاعل معه سلباً أو إيجاباً، وتتكوّن من عدة عناصر هي الأرض التي نعيش عليها ونتمتع بخيراتها ومواردها، وكذلك الهواء الذي نتنفسه، والمياه التي نشربها، وكل هذه العناصر في تفاعل ديناميكي مستمر وتوازن يحفظ الحياة على الأرض.

والتوازن القائم بين مختلف عناصر البيئة توازن دقيق، ويمكن ملاحظته في كثير من الأشياء التي تقع حولنا، فيمكن أن نرى هذا التوازن في دورة الكربون، حيث يقوم النبات بامتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون من الهواء ويستخدمه لصنع غذائه



وينطلق الأكسجين كنتاج ثانوي، وتقوم بعض عناصر البيئة باستخدام الأكسجين في عملياتها الحيوية للحصول على الطاقة وهي بدورها تطلق غاز ثاني أكسيد الكربون، ... وهكذا، شكل (١-٩).

شكل (١-٩) دورة الكربون

## مفهوم التلوث:

في المراحل الأولى لحياة الإنسان على هذه الأرض أتجه نشاطه إلى توفير المأكل والملبس والمأوى، وعندما استحدث الإنسان الطاقة بدأت مشكلات تلوث البيئة ولكن الأرض لم تكن مكتضة في تلك الآونة، ومع تزايد سكان الأرض ازداد معدل استعمال الطاقة، فلم تُعد قاصرة على التدفئة وإعداد الطعام بل امتدت إلى اختراع الآلة البخارية واستخدامها في النقل والصناعة، إلى أن وصل استخدام البترول والغاز وغيرهما من مصادر الطاقة، والتي أدت استخدامها إلى تأثر البيئة بالكثير من الملوثات الكيميائية.

## الملوثات:

هي المواد التي تخلُ بأنظمة التوازن البيئي وتخلُ بعناصر البيئة الحية منها (الإنسان، والحيوان، والنبات)، وغير الحية (الهواء، والتربة، والبحار، وغيرها)، وتلوث البيئة قد يكون مادياً كتلوث الهواء والماء والتربة، وقد يكون غير مادي كالتلوث الكهرومغناطيسي والتلوث الضوضائي.

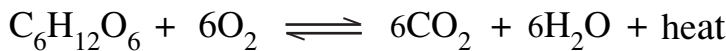
## ملوثات الهواء:

تتعدّد أشكال المواد المسببة لتلوث الهواء وأغلبها عوامل مستحدثة صاحبت التقدم الصناعي للإنسان، وصاحب هذا التقدم استخدام كميات هائلة من الوقود مثل (الفحم، والغاز الطبيعي، والبترول، وخلافه)، والتي عند احتراقها في المصانع أو محركات السيارات تنتج كميات هائلة من الغازات ( $NO_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $SO_2$ ) التي تتصاعد إلى الهواء على هيئة دخان محمّل بالرماد وبكثير من الشوائب مما يُسمّى الملوثات الأولية، ثم تتحد هذه الملوثات مع أكسجين الهواء لتكوين ما يُسمّى بالملوثات الثانوية ( $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ ,  $O_3$ )، ومن هذه الملوثات ما يأتي:

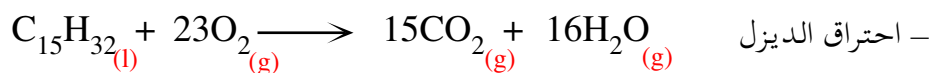
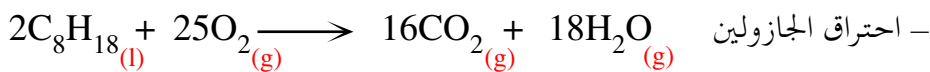
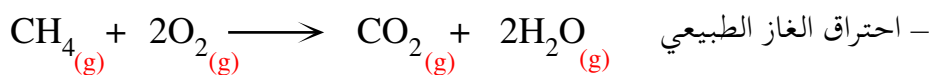
١ - أكاسيد الكربون ( $CO_x$ ):

يشكل غاز ثاني أكسيد الكربون حوالي (٠.٣٥٪) من مكونات الهواء الجوي،

وذلك ضمن نظام التوازن الطبيعي الذي وضعه الله للكون، وفي ظلّه يُفترض أن تبقى نسب مكونات الهواء ثابتة. ويتمثل هذا النظام في استهلاك النباتات لـ  $\text{CO}_2$  لصنع غذائها واستكمال نموّها، وظهور  $\text{CO}_2$  كنتجيب طبيعي لتنفس الحيوانات واحتراق المواد العضوية في الهواء.



لكن الاستهلاك المتزايد لموارد الطاقة الطبيعية (الفحم، والبترومل، والغاز) في المصانع أو كوقود للسيارات يؤدي إلى رفع نسبة  $\text{CO}_2$  في الجو، وسنورد بعض الأمثلة على الاحتراق التام لبعض المواد العضوية المستخدمة في الصناعة أو كوقود للسيارات.

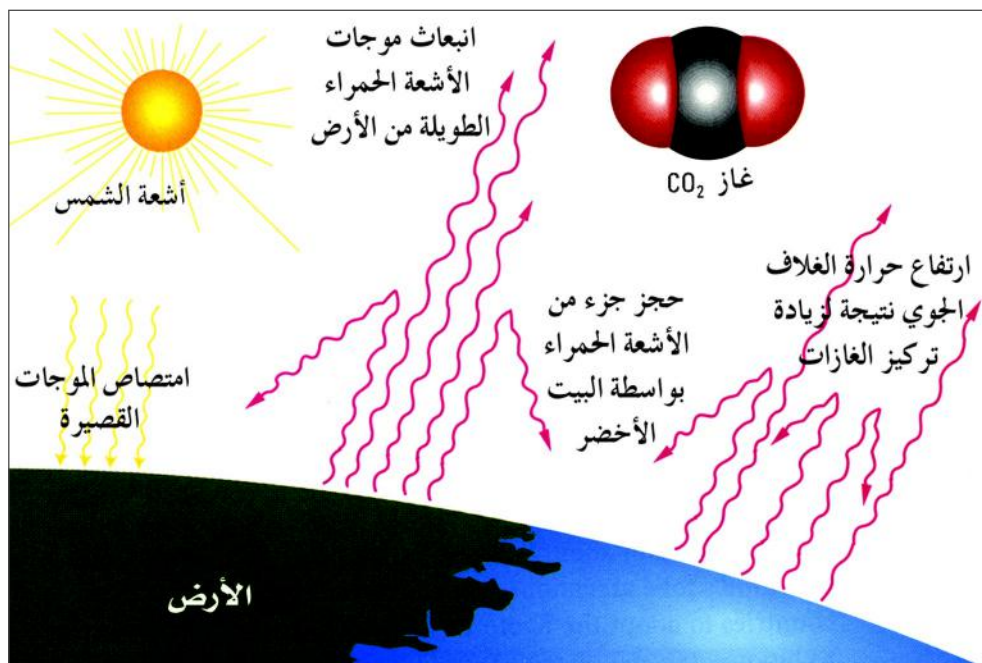


ولك أن تتصور كمية  $\text{CO}_2$  الناتجة عن حرق أطنان من الوقود يومياً في الهواء إما صناعياً أو في محركات الوقود، مما يؤدي إلى اختلال في التوازن البيئي، وعلى الرغم من أن النباتات تستهلك جزءاً من ناتج  $\text{CO}_2$  ويذوب جزء كبير منه في البحار، ولذلك فإن هذه العمليات مجتمعة لم تعد قادرة على التخلص من الزيادة في كمية  $\text{CO}_2$  في الجو.

ماذا ينتج عن زيادة كمية  $\text{CO}_2$  في الغلاف الجوي؟

من المعلوم أن الأرض تمتص الحرارة القادمة من الشمس، وعادة ما تعكس معظم تلك الحرارة إلى الطبقات العليا من الجو على هيئة أشعة تحت حمراء، ولأن جزيئات

CO<sub>2</sub> لها مقدرة على امتصاص الأشعة تحت الحمراء، فهي بالتالي تمنع الأشعة الحرارية المنعكسة عن الأرض من الذهاب إلى الطبقات العليا أو خارج الغلاف الجوي، وعند زيادة نسبة CO<sub>2</sub> في الجو تزداد نسبة الأشعة الحرارية غير المنعكسة مؤدية إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض، وسُميت هذه الظاهرة بظاهرة الاحتباس الحراري Global Warming أو (البيت الأخضر) Green House. شكل (٩-٢).



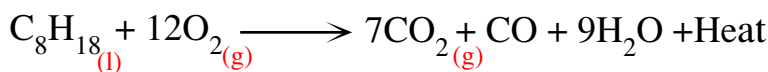
شكل (٩-٢) ظاهرة الاحتباس الحراري

تلوث الهواء بأول أكسيد الكربون CO :

يوجد أول أكسيد الكربون في الهواء كنتاج طبيعي للتفاعلات الكيميائية الضوئية واحترق الغابات .

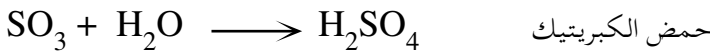
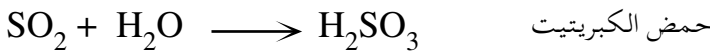
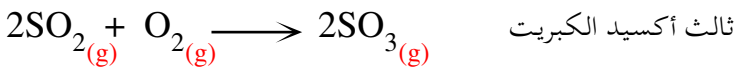
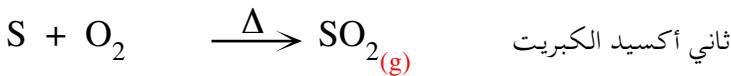
وأول أكسيد الكربون مركب شديد السُميّة، وسُميته أعلى من سُميّة غاز ثاني أكسيد الكربون .

وينتج صناعياً من الاحتراق غير التام للوقود داخل محركات السيارات .

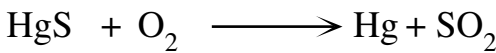
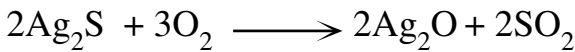
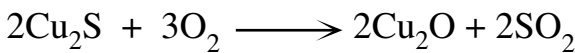


## ٢ - أكاسيد الكبريت $SO_x$ :

يدخل الكبريت في أغلب المواد المستخدمة كوقود للمصانع والسيارات، فكميته في الفحم تصل إلى حوالي ٦٪ وتقل هذه النسبة قليلاً في زيت البترول، وعند إحراق هذا الوقود يتأكسد ما به من كبريت إلى ثاني أكسيد الكبريت ( $SO_2$ ) الذي ينطلق في الهواء الجوي ويتأكسد بدوره إلى ثالث أكسيد الكبريت ( $SO_3$ ) الذي يتحد مع بخار الماء ليكون حمض الكبريتيك، وأيضاً يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت مع بخار الماء لتكوين حمض الكبريتيت.



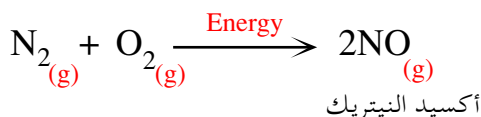
كما أن أكاسيد الكبريت تظهر كنتاج ثانوي في بعض الصناعات المتعلقة باستخلاص بعض الفلزات من خاماتها:



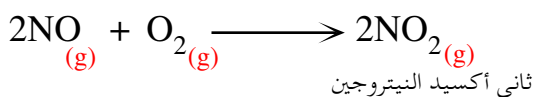
## ٣ - أكاسيد النيتروجين $NO_x$ :

يشكّل النيتروجين حوالي ٧٨٪ من حجم الهواء الجوي، وتتواجد أكاسيد النيتروجين في الهواء الجوي كملوثات إما بسبب النشاط البركاني، أو أثناء (البرق) أو نتيجة للنشاط البكتيري أو بسبب أنشطة الإنسان مثل احتراق الفحم: (٥١٪) من

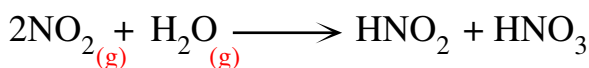
نسبة أكاسيد النيتروجين في الجو، أو احتراق البترول (١٤٪) من عوادم السيارات .  
وتتكون أكاسيد النيتروجين نتيجة لاتحاد غاز النيتروجين بالأكسجين عند درجات  
الحرارة العالية والضغط لتكوين أكسيد النيتريك .



ويتأكسد أكسيد النيتريك في الهواء الجوي ليعطي ثاني أكسيد النيتروجين .



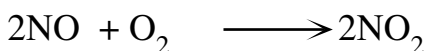
يتحوّل ثاني أكسيد النيتروجين الناتج بفعل الرطوبة إلى حمض النيتريك وحمض  
النيتروز ( اللذان يساهمان في تكوين الأمطار الحمضية) .



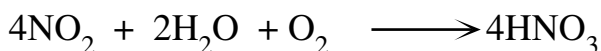
وحمض النيتروز المتكون يتحلل إلى أكسيد النيتريك وماء وحمض نيتريك :



ويتأكسد أكسيد النيتريك إلى غاز ثاني أكسيد النيتروجين :

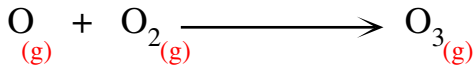
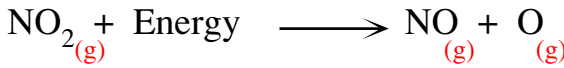


بينما يتحول جزء من  $\text{NO}_2$  في وجود الأكسجين لإنتاج مزيد من حمض النيتريك :



وثاني أكسيد النيتروجين ( $\text{NO}_2$ ) ماص قوي للأشعة فوق البنفسجية المنبعثة من  
الشمس، ولذا فهو يتفكك بفعل الفوتونات الضوئية إلى أول أكسيد النيتريك وذرات  
أكسجين حرة ( $\text{O}$ )، والتي بدورها تتحد مع الهيدروكربونات غير المحترقة والصادرة من  
عوادم السيارات لتكوين مركبات عضوية سامة ومركبات مهيجة للعين . وتتحد ذرات

الأكسجين أيضاً مع جزيئات الأكسجين لتكوين الأوزون.

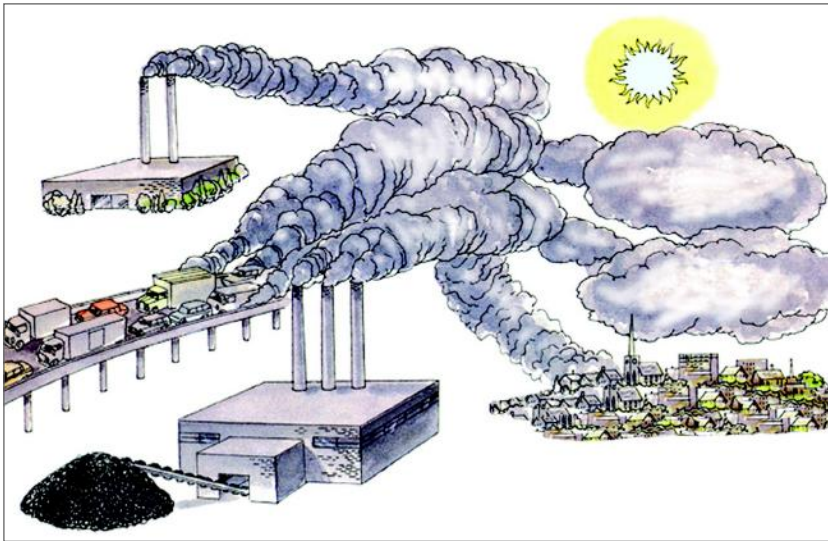


ومركب الأوزون عامل مؤكسد قوي وله رائحة مهيجة وكريهة وله تأثيرات مدمرة على النباتات والخلايا الحيوانية. ويتفكك الأوزون في وجود الطاقة الناتجة من الشمس إلى غاز الأكسجين والأكسجين الذري.



#### ٤ - المركبات الهيدروكربونية:

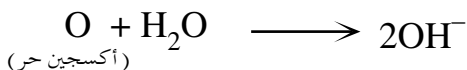
يُعد البترول ومشتقاته مثل السولار والجازولين المصدر الرئيس للهيدروكربونات الملوثة للهواء الجوي، وذلك كنتاج لعمليات التبخير والاحتراق الداخلي، والتي تتكون عوادمها من الهيدروكربونات المؤكسدة وغير كاملة الاحتراق، ويوضح الشكل (٩-٣) مصادر انبعاث الهيدروكربونات بسبب النشاطات البشرية والتي تؤدي إلى التلوث البيئي.



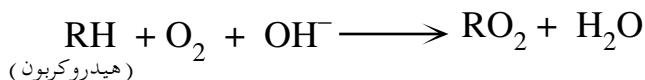
شكل (٩-٣) التلوث البيئي



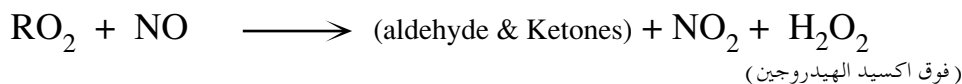
ومن الهيدروكربونات الموجودة في الهواء غازات (إيزوبنتان، بيوتان، طولوين، بروبان، إيثيلين)، والتي تتأكسد في ظل وجود الأكسجين وشق الهيدروكسيل الناتج بطريقة غير مباشرة من تفاعلات الأوزون.



وتتأكسد الهيدروكربونات الموجودة في الهواء الجوي وفقاً للمعادلة العامة:



والخطوة التالية تتضمن إنتاج الألدهيد أو الكيتون في ظل وجود أكاسيد النيتروجين.



ومن ثم فإن مركبات الألدهيد في ظل وجود شقوق الهيدروكسيل والأكسجين وأكاسيد النيتروجين تُنتج مركباً يُسمى (بيروكسي أسيل نيترات PAN) والذي يعتبر من أهم مصادر الضباب الدخاني.

أما مادة البنزوبيرين Benzopyrene والناتجة عن احتراق الأوراق الجافة والألياف الجافة ودخان السجائر، فهي مادة مسرطنة (مسببة للسرطان).

#### الجسيمات العالقة:

وهي عبارة عن دقائق أو جسيمات مادية غاية في الصغر لدرجة أنها تظل معلقة في الهواء، وقد تكون صلبة أو سائلة وتكون مصاحبة للأبخرة والغبار، وكلما صَغُر حجمها زاد خطرها على البيئة وعلى الإنسان، فهي قد تدخل إلى رئة الإنسان مسببة له مشاكل صحية خطيرة، وتؤثر على النباتات والأشجار فتؤدي إلى تساقط أوراقها مسببة تعرية وانجراف التربة وتعرضها للتصحُّر.

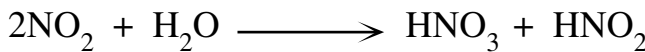
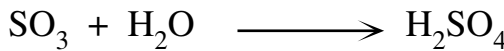
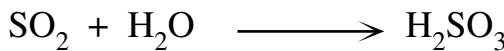
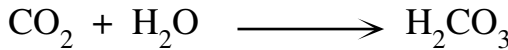
وتعتبر دقائق معدن الرصاص العالقة في الهواء من أكثر المعادن انتشاراً وخطراً على الإنسان، وترجع سُمِّيته إلى تراكمه في الجسم، ولأن معدّل إخراجِه من الجسم بطيء جداً. ومن مصادر التلوث بالرصاص الغازات المنبعثة من عوادم السيارات نظراً لإضافة رابع إيثيل الرصاص إلى الجازولين لتحسينه.

الآثار الناتجة عن تلوث الهواء :

### ١- المطر الحمضي Acid Rain :

في الآونة الأخيرة بدأت تظهر بعض الظواهر الغريبة في العالم الصناعي مثل اختفاء الأسماك في البحيرات الكبيرة، وتعرض الكثير من التماثيل والمنحوتات التي ظلت صامدة لآلاف السنين للتلف والتشوه السريع، وكذلك انحسار الغابات الشائعة، وموت النباتات الصغيرة، وكان المتهم بظهور مثل هذه الظواهر ما يطلق عليه اسم المطر الحمضي . وكما نعرف أن قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) لماء المطر تساوي ٥,٦ ولكن ما الذي يجعل هذا المطر حامضياً؟

هناك العديد من ملوثات الهواء والتي ذكرناها سابقاً (NO , SO<sub>2</sub> , CO<sub>2</sub>) تجعل قيم الرقم الهيدروجيني (pH = 3) منخفضة عن طريق تفاعلاتها مع جزيئات الماء .

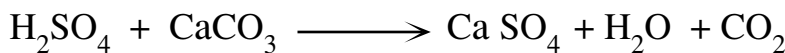


وكما نرى فإن نواتج هذه الملوثات (NO<sub>2</sub> , SO<sub>3</sub> , SO<sub>2</sub> , CO<sub>2</sub>) مع الماء هي حموض وهي تسبب خفض قيمة الرقم الهيدروجيني لماء المطر . وعندما تسقط مثل هذه الأمطار الحمضية على البحيرات فإنها تعمل على خفض قيمة الرقم الهيدروجيني لهذه البحيرات أيضاً مؤدية إلى موت الأسماك في هذه البحيرات .

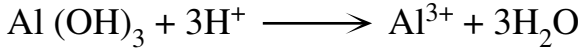


شكل (٩-٤) تأثير المطر الحمضي على التماثيل

أما تأثير المطر الحمضي على التماثيل والمنحوتات فيرجع إلى أن المطر الحمضي يتفاعل مع كربونات الكالسيوم الموجودة في حجارة هذه التماثيل مكوناً كبريتات الكالسيوم الذائبة في الماء، كما في الشكل (٩-٤) .



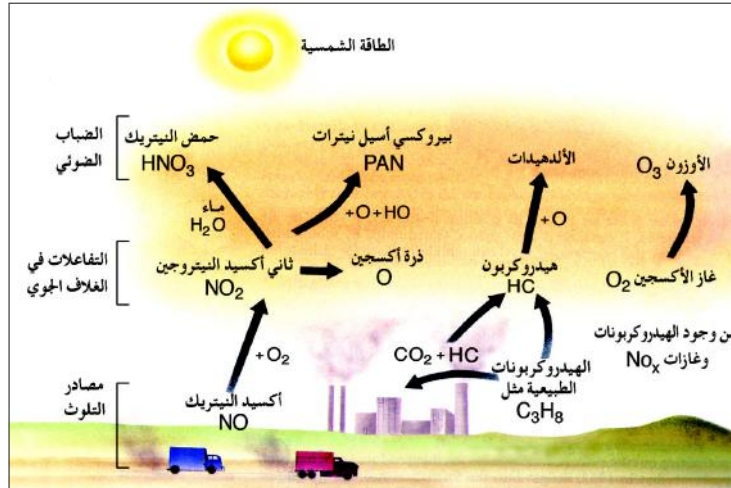
ويرجع انحسار الغابات إلى أن المطر الحمضي يزيد من ذوبانية بعض العناصر الموجودة في التربة في صورة غير ذائبة. فعلى سبيل المثال، الحمض الهيدروجيني الموجودة في المطر الحمضي يتفاعل مع هيدروكسيد الألومينيوم الموجودة في التربة في صورة غير ذائبة حاملاً الألومينيوم في صورة ذائبة (أيونات الألومينيوم) مُسهلاً بذلك دخوله إلى جذوع النباتات مُسبباً تأثيرات سُميَّة عليها.



## ٢ - ظاهرة الضباب الدخاني Smog:

هناك ظاهرة جلية في المدن المزدحمة بالسكان والسيارات، فالزيادة في عدد السيارات ترافقها زيادة في الوقود المحترق في محركاتها مثل (السولار أو الجازولين)، وهذا الاحتراق لا يكون تاماً على الدوام، لذا فإن غازات العادم التي تتكون من  $\text{CO}_2$  والماء تكون مصحوبة بكميات قليلة من المركبات الهيدروكربونية التي لم تتأكسد أكسدة تامة، إضافة إلى أول أكسيد الكربون وبعض أكاسيد النيتروجين.

وهذا الخليط الغازي السام المنطلق من عشرات الآلاف من السيارات يتعرض للأشعة فوق البنفسجية المنبعثة من الشمس. ونظراً لاحتواء هذا الخليط على غاز ثاني أكسيد النيتروجين الذي يمتص الأشعة فوق البنفسجية، ويتفكك (كما ذكرنا سابقاً) إلى أول أكسيد النيتريك والأكسجين الذري، حيث يتفاعل الأكسجين الذري مع جزيئات الأكسجين لتكوين الأوزون والذي يدخل في سلسلة من التفاعلات مع الهيدروكربونات النشطة والموجودة في هذا الخليط، ونتيجة لهذه التفاعلات



شكل (٩-٥) ظاهرة الضباب الدخاني

الكيميائية الضوئية يتكون ما يُسمى بالضباب الدخاني (Smog) الذي يبقى معلّقاً في الهواء ويغلف جو المدينة مسبباً احتقان الأغشية المخاطية وحرقة العيون ويشير

### ١ - الملوثات التي تؤثر على كمية الأكسجين في الماء:

وتشمل المركبات العضوية التي يتطلّب تحليلها البيولوجي بعض الأكسجين، ومن أمثلتها المركبات الموجودة في مخلفات الصرف الصحي المنزلي، ويزداد ضررها بزيادة عدد السكان، حيث إن زيادتها تتطلب زيادة في كمية الأكسجين اللازم لتكسيروها وتحللها بواسطة الجراثيم وبالتالي تؤدي إلى هبوط نسبة الأكسجين في الماء.

### ٢ - الملوثات الحرارية:

التدفقات الحرارية: وذلك بواسطة شبكات التبريد المستخدمة في المصانع ومولدات الطاقة، فالمياه المستخدمة للتبريد ترجع إلى مصادرها ولكن مع ارتفاع درجة الحرارة بحوالي ١٥ م فإن هذه الزيادة تسبب انخفاض نسبة الأكسجين في الماء كما أنها تسبب في القضاء على الكائنات الحية، ونمو الطحالب الملوثة.

### ٣ - الملوثات الكيميائية:

- مثل تسرب البترول والزيوت من الناقلات إلى مياه البحار والمحيطات مما يؤدي إلى قتل الأحياء المائية.
- المنظفات المنزلية: والتي تنتقل مع مياه الصرف الصحي المنزلي إلى أماكن تصريف هذه المياه في البحار أو المحيطات.
- المبيدات الحشرية: والتي تنجرف مع مياه الأمطار والسيول إلى مصادر المياه السطحية.
- الأسمدة النباتية: والتي تحتوي على مواد نيتروجينية وفوسفاتية والتي تنجرف مع المياه وتؤدي إلى نمو الأعشاب والطحالب بصورة وبائية.
- المخلفات الصناعية: وتشمل القواعد والحموض مثل: حمض الكبريتيك وحمض النيتريك، وتأتي هذه الملوثات بطريقة مباشرة أو عن طريق الأمطار الحمضية وتؤدي إلى تغيير قيمة pH للماء وبالتالي موت الأسماك. وهناك ملوثات أخرى من المعادن الثقيلة مثل: الزئبق والكاديوم والرصاص، وغالباً ما تأتي من مخلفات المناجم والمصانع، وهي مواد شديدة السُميّة، فالزئبق يؤدي إلى إتلاف خلايا الدماغ مسبباً بله عقلي. والزئبق سام في حالته العنصرية الغازية وسام جداً في مركباته العضوية مثل ميثيل الزئبق، ولكنه أقل سُميّة في حالته السائلة. والزئبق لا يميل للتحويل إلى الأيون  $Hg^{+2}$  أو  $Hg^{2+}$  ولكن الأحياء الدقيقة تحول هذه الأيونات إلى أيون ميثيل الزئبق السام  $CH_3Hg^+$ .

– المترسبات : وتشمل المواد التي تنجرف مع المياه من سطح التربة لترسب في قيعان الأنهار والبحيرات وبتراكمها تؤدي إلى اختناق الكائنات الحيّة .

### تلوث المياه الجوفية :

المياه الجوفية أقلُّ تلوثاً من المياه السطحية، وذلك لأن طبقات التربة تقوم بترشيح المياه وتخليصها من المواد العضوية العالقة والبكتيريا، كما أن التربة تساعد على إزالة بعض المواد الكيميائية، قبل وصولها إلى باطن الأرض عن طريق الامتصاص أو التبادل الأيوني ولكن إذا زادت كمية المواد الكيميائية وتعدّدت فإن قدرة التربة على تنقية المياه تقل .

### ملوثات المياه الجوفية :

- الكميات الكبيرة من الأسمدة الكيميائية والمبيدات التي تذوب وتخلل مسام التربة إلى أن تصل إلى المياه الجوفية .
- مياه المجاري والبيارات : والتي قد تتسرب خلال الشقوق الموجودة في الأرض أو نتيجة لقرب هذه المياه من مصادر التلوث .
- آبار الحقن : والتي تستخدم للتخلّص من النفايات الصناعية والإشعاعية وذلك عن طريق حقنها في آبار تمتد لأعماق كبيرة في جوف الأرض وبذلك تكون قريبة من مصادر المياه الجوفية، وقد يحدث تلفاً في أنابيب الآبار فيؤدي إلى تسرب الملوثات إلى المياه الجوفية القريبة .
- برك التخزين : والمستخدمة للتخلص من النفايات الصلبة أو السائلة وذلك بدفنها في برك خاصة في باطن الأرض والتي قد تتسرب منها الملوثات إلى المياه القريبة .

### ملوثات التربة :

### التلوث الكيميائي ، ويشمل :

- التلوث بالمبيدات الحشرية والتي تقتل الحشرات المستهلكة للمحاصيل أو الناقلة للأمراض إلى البشر والمواشي، وكذلك المبيدات الفطرية ( لقتل الفطريات ) أو مبيدات الأعشاب . وكل هذه المبيدات تسبب اختلالاً في التوازن البيئي وأحياناً تقتل الضّار والنافع معاً من الحشرات أو الفطريات، وتؤدي أيضاً لتلوث الغذاء لأنها تُمتصُّ إلى داخل المحاصيل الزراعية .

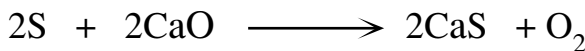
- بالأسمدة المستخدمة لتخصيب التربة والمحتوية على نسبة من مركبات النيتروجين أو الفوسفات والتي تعتبر سامة .
- التلوُّث بالفلزات الثقيلة القادمة من مخلفات الصناعة أو الجسيمات العالقة والتي تؤدي إلى موت الأشجار .
- التلوُّث الناتج عن الأسلحة الكيميائية المستخدمة في الحروب والتي تفسد الأراضي الزراعية .
- التلوُّث النووي: وينتج عن الإشعاعات المنبعثة من هذه المواد ويستمر أثرها لسنوات طويلة، ومثال على ذلك انفجار مفاعل تشيرنوبل في أوكرانيا والذي نجم عنه تلوُّث الأراضي المجاورة، واستمرت آثاره لفترة طويلة سواء على التربة أو على الإنسان .

### نشاط (٩-١)

اكتب تقريراً ناقش فيه قضية سوء استخدام المبيدات الزراعية في اليمن وأخطارها الجسيمة .

### الحلول المقترحة للحد من تلوُّث البيئة:

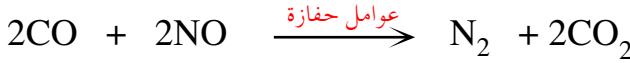
- إزالة الملوثات من المواد الخام ومثال ذلك :
  - معالجة الفحم بطرق مغناطيسية لإزالة الكبريت الموجود فيه على هيئة كبريتيد الحديد FeS وأيضاً معالجته لإزالة مادة البنزوبيرين .
  - معالجة زيت البترول لإزالة الكبريت أثناء عملية التكرير وذلك بإمرار زيت البترول على أكسيد الكالسيوم والذي يتفاعل مع الكبريت ليكون كبريتيد الكالسيوم، والذي يسخن في وجود الأوكسجين ليعطي أكسيد الكالسيوم وثاني أكسيد الكبريت .



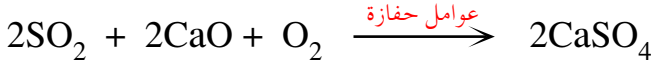
- إزالة أو معالجة الملوثات الناتجة عن احتراق الوقود :
 

تمتُّ المعالجة باستخدام المحوِّلات الحفزية التي تلحق بشحنات السيارات وعلى أسطح المحوِّلات الحفزية المغطاة بعوامل حفازة تساعد على إتمام عمليات الأكسدة والاختزال، حيث يتمُّ اتحاد غاز أكسيد النيتريك مع أول أكسيد الكربون لإعطاء غاز

النيتروجين وغاز ثاني أكسيد الكربون .



أما غاز ثاني أكسيد الكبريت فيتحد مع أكسيد الكالسيوم الموجود بالحوالات الحفزية ليعطي كبريتات الكالسيوم .



و الهيدروكربونات غير المحترقة فتتأكسد لتعطي ثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت وماء، وللتخلص من المواد الصلبة الموجودة في الوقود تستخدم أنواع عديدة من المرشحات، بعضها يعمل على جذب المواد الصلبة مغناطيسياً، وبعضها يعمل على غسل العادم بالماء أو غيره للتخلص من المواد الصلبة .

■ استخدام بدائل أخرى للطاقة أقل خطراً على البيئة مثل :

- استخدام البترول الخالي من رابع إيثيل الرصاص .
- التوسع في استخدام مصادر الطاقة النظيفة مثل الطاقة الشمسية والطاقة المائية والطاقة الكهربية بدلاً عن مصادر الطاقة التقليدية مثل الفحم والبترول والغاز الطبيعي .
- إنتاج الطاقة من الاندماج النووي بدلاً عن الانشطار النووي .  
- فسر ذلك في ضوء دراستك للكيمياء النووية .
- إنتاج محركات تعمل بالطاقة الهيدروجينية أو بخلايا الوقود .

■ معالجة مياه الصرف الصحي :

١- المعالجة الأولية : وتشمل إزالة المواد الطافية والعالقة بمياه الصرف الصحي مثل قطع الخشب والأوراق والفضلات الكبيرة، كما تشمل إزالة الزيوت والشحوم الموجودة فيها، ويتم ذلك بإمرار مياه الصرف الصحي على مجموعة من صهاريج الترسيب والمرشحات وتكفي هذه الطريقة لإزالة ٦٠٪ من المواد العالقة .

٢- المعالجة الثانوية : وذلك بإمرار المياه الناتجة من المعالجة الأولية إلى صهاريج تهوية؛ حيث يتم فيها خلط هذه المياه مع نوع من البكتيريا تقوم بأكسدة المواد العضوية الذائبة (عملية الأكسدة البيولوجية) وذلك بعد إمرارها في طبقة من الصخور المجروشة .

٣- المعالجة الثلاثية: لا تستعمل هذه الطريقة إلا في الحالات التي سوف يتم استخدام هذه المياه لأغراض الشرب، وتستخدم فيها طرق معالجة كيميائية، يستعمل فيها الكربون النشط لفرز المركبات الكيميائية الموجودة، وقد يتم التخلص من بعضها بطريقة الفصل الغشائي أو بطريقة التقطير، كما تشمل أيضاً إزالة المعادن الثقيلة.

#### ■ استخدام بعض الإجراءات الوقائية مثل :

- إقامة المجمعات الصناعية في المناطق الصحراوية بعيداً عن المناطق الزراعية وبعيداً عن الأنهار والبحار والأحواض المائية.
- ترشيد استهلاك المبيدات والأسمدة بالإضافة إلى تقليب التربة خاصة عقب التسميد أو رش المزروعات بالمبيدات.
- مقاومة التصحر عن طريق العمل على توسيع الرقعة الخضراء وذلك بغرس الأشجار حول الحقول لمنع تسرب مياه الأمطار من الأراضي الزراعية.
- إلزام المصانع بتنقية عوادم المداخن باستخدام أجهزة فلترة، وفصل للأتربة، وامتصاص للغازات.
- إعادة تدوير المخلفات الصلبة: ويتم فرزها وتصنيفها إلى مواد مختلفة (ورق، زجاج، مواد بلاستيكية، مواد صلبة)، ويعاد استخدامها في الصناعة مرة أخرى.
- نشر الوعي البيئي لدى جميع قطاعات المجتمع لتعميق الإحساس بخطورة المشكلة.

#### نشاط (٩-٢)

مستفيداً من المعلومات التي اكتسبتها من هذه الوحدة ومستعيناً بالمراجع العلمية المتوفرة، اكتب تقريراً عن ظاهرة التلوث التي تلاحظها في بيئتك (حيك، مدينتك، أو قرينتك).

– اقترح بعض الحلول التي ترى أنها مناسبة للحد من ظاهرة التلوث التي تشاهدها، ثم ناقش ما توصلت إليه مع زملائك ومدرسك.



## تقويم الوحدة

- ١ - وضِّح المقصود بالآتي :
  - أ - التلوث .
  - ب- الملوثات الأولية .
  - ج- ظاهرة الاحتباس الحراري .
- ٢ - وضِّح كيف يتكوَّن المطر الحمضي ، وبين أثره على البيئة ؟
- ٣ - ناقش ما يلي :
  - أ - أثر وجود المجمعات الصناعية بالقرب من التجمعات السكنية والأراضي الزراعية .
  - ب- إعادة تدوير المخلفات الصلبة له بُعد بيئي وبُعد اقتصادي .
  - ج- إنشاء البيارات في المدن يؤثر على صلاحية مياه الشرب .
  - د - الآثار الناجمة عن عوادم السيارات المستخدمة للديزل .
- ٤ - ما الدور الذي يقوم به :
  - أ - أكسيد الكالسيوم في شكنات السيارات .
  - ب- ثالث أكسيد الكبريت في تآكل واجهات المباني .
  - ج- الأسمدة في التلوث البيئي .
- ٥ - اذكر بعضاً من الحلول المقترحة للحد من تلوث المياه .
- ٦ - اكتب المعادلات الكيميائية المعبرة عن الآتي :
  - أ - الاحتراق التام للجازولين (  $C_8H_{18}$  ) .
  - ب - الاحتراق غير التام للجازولين .
  - ج- تحوُّل أكاسيد النيتروجين الموجودة في الهواء الجوي إلى أمطار حمضية .
  - د - إزالة الكبريت من زيت البترول أثناء عملية التكرير .
- ٧ - علِّل لما يأتي :
  - أ - تزايد نسبة غاز  $CO_2$  يؤدي إلى حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري .
  - ب- الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء خطرها شديد على الإنسان والحيوان .
  - ج- موت الأسماك في البحيرات القريبة من المدن الصناعية .
  - د - توجد ظاهرة الضباب الدخاني في كثير من المدن المزدهمة .

Transition Elements	العناصر الانتقالية
Lanthanids	اللانثانيدات
Actanids	اللاكتينيدات
Iron	الحديد
Thermochemistry	الكيمياء الحرارية
Adiabatic process	عملية أديباتية
Isothermal	أيزوثيرمي
Heat	حرارة
Temperature	درجة الحرارة
Heat Capacity	السعة الحرارية
Specific Heat	الحرارة النوعية
Heat Content	المحتوى الحراري
Heat of Reaction	حرارة التفاعل
Exothermal Reactions	تفاعلات طاردة للحرارة
Endothermal Reactions	تفاعلات ماصة للحرارة
Mole	المول
Solid State	الحالة الصلبة
Liquid State	الحالة السائلة
Gas State	الحالة الغازية
Aqueous State	الحالة المائية
Heat of Solution	حرارة الذوبان
Heat of Vaporization	حرارة التبخير
Heat of Condensation	حرارة التكثيف
Heat of Neutralization	حرارة التعادل
Standard Heat of Combustion	حرارة الاحتراق القياسية
Standard Heat of Formation	حرارة التكوين القياسية

Hess's Law	قانون هس
Mass Spectrometer	مطياف الكتلة
Isotops	النظائر
Nucleons	جسيمات نووية
Nuclide	النوية
Radium	الراديوم
Fission Reactions	التفاعلات الانشطارية
Electron Capture	الأسر الإلكتروني
Radioactive	مشع
Nuclear Fission	الانشطار النووي
Chain Reaction	التفاعل المتسلسل
Nuclear Fussion	الاندماج النووي
T.N.T.	ثلاثي نيترات تولوين
Electrochemical Cells	الخلايا الكهروكيميائية
Galvanic Cell	خلية جلفانية
Cathode	المهبط
Anode	المصعد
Electrode	القطب
Half Reaction Cell	تفاعل نصف الخلية
Voltage	الجهود
Cell Reactions	تفاعلات الخلية
Faraday's law	قانون فاراداي
Passivity	عدم التأثر
The Black Gold	الذهب الأسود
Petroleum Oil	النفط
The Carbide Theory	نظرية الكريد
Petroleum Refining	تكسير النفط
Thermal Cracking	التكسر الحراري

Catalytic Cracking	التكسر الحفزي
Reforming	إعادة التشكيل
Chemistry and Environment	الكيمياء والبيئة
Global Warming	الاحتباس الحراري
Green House	البيت الأخضر
Energy	الطاقة
Aldehydes	الألدهيدات
Ketones	الكيتونات
Benzopyrene	البنزوبيرين
Acid Rain	المطر الحمضي
Smog	الضباب الدخاني
Pelution	التلوث
Organic Nitrogen Compounds	مركبات النيتروجين العضوية
Amines	الأمينات
Nomenclature	التسمية
Tertiary Amine	أمين ثالثي
Secondary Amine	أمين ثانوي
Primary Amine	أمين أولي
Aniline	الأنيلين
Pyridine	البيريدين
Piperidine	البيبيريدين
Amino acid	الحمض الأميني
Amides	الأميدات
( IUPAC )	النظام المنهجي
Hoffman Degradation	خسف هوفمان
Nitriles	النيتريلات
Monosaccharides	السكريات الأحادية
Carbohydrates	الكربوهيدرات

Molecular Formula	-----	الصيغة الجزيئية
Structural Formula	-----	الصيغة التركيبية
Tartaric acid	-----	حمض الطرطريك
Oligosaccharides	-----	السكريات المحدودة
Sucrose	-----	السكروز
Maltose	-----	سكر الشعير
Disaccharides	-----	السكريات الثنائية
Lactose	-----	سكر اللبن
Polysaccharides	-----	السكريات العديدة
Starch	-----	النشا
Protines	-----	البروتينات
Lipids	-----	الليبيدات
Fatty acid	-----	حمض دهني
Enzimes	-----	الأنزيمات
Co-enzyme	-----	الأنزيم المعاون
Vitamines	-----	الفيتامينات
Potash Fertilizations	-----	الأسمدة البوتاسية
Dichloro-Diphenyle-Trichloroethane	-----	مركب دي. دي. تي .
Benzene Hexa Chloride	-----	مركب ( BHC )
Trichlorophon	-----	تراي كلوروفون
Viscose Fibres	-----	ألياف فسكوز
Nylons Poly Amides	-----	البولي أميد ( النيلون ٦٦ )
Dacron	-----	البولي استر
Anionic Detergents	-----	المنظفات الصناعية الأيونية
Cationic Detergents	-----	المنظفات الصناعية الكاتيونية
Non ionic Detergents	-----	المنظفات الصناعية غير الأيونية

**أشياء الموصولات**

الهالوجينات  
العازلات البينية  
عناصر أخرى

**الفلزات**

عناصر الفلزات  
عناصر الفلزات الأرضية  
العناصر الانتقالية  
العناصر اللاحقة الداخلية  
عناصر أخرى

العدد الذري →

وزن العنصر →

اسم العنصر →

الكلمة الدورية السمية →

التوزيع الإلكتروني →

1	H <sup>1</sup> Hydrogen 1.01 1s <sup>1</sup> IA	2	He Helium 4.00 1s <sup>2</sup> VIIIA	3	Li Lithium 3.94 [He]2s <sup>1</sup> IA	4	Be Beryllium 9.01 [He]2s <sup>2</sup> IIA	5	B Boron 10.81 [He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup> IIIA	6	C Carbon 12.01 [He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup> IVA	7	N Nitrogen 14.01 [He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup> VA	8	O Oxygen 16.00 [He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> VIA	9	F Fluorine 16.00 [He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup> VIIA	10	Ne Neon 20.18 [He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> VIIIA	11	Na Sodium 22.99 [Ne]3s <sup>1</sup> IA	12	Mg Magnesium 24.31 [Ne]3s <sup>2</sup> IIA	13	Al Aluminum 26.98 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup> IIIA	14	Si Silicon 28.09 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> IVA	15	P Phosphorus 30.97 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> VA	16	S Sulfur 32.09 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> VIA	17	Cl Chlorine 35.45 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup> VIIA	18	Ar Argon 39.95 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> VIIIA	19	K Potassium 39.10 [Ar]4s <sup>1</sup> IA	20	Ca Calcium 40.08 [Ar]4s <sup>2</sup> IIA	21	Sc Scandium 44.96 [Ar]3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup> IIIB	22	Ti Titanium 47.88 [Ar]3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup> IVB	23	V Vanadium 50.94 [Ar]3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup> VB	24	Cr Chromium 51.99 [Ar]3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup> VIB	25	Mn Manganese 54.94 [Ar]3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup> VIIB	26	Fe Iron 55.85 [Ar]3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup> VIII	27	Co Cobalt 58.93 [Ar]3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup> VIII	28	Ni Nickel 58.69 [Ar]3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup> VIII	29	Cu Copper 63.55 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup> IB	30	Zn Zinc 65.39 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> IIB	31	Ga Gallium 69.72 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup> 4p <sup>1</sup> IIIA	32	Ge Germanium 72.64 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup> 4p <sup>2</sup> IVA	33	As Arsenic 74.92 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup> 4p <sup>3</sup> VA	34	Se Selenium 78.96 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup> 4p <sup>4</sup> VIA	35	Br Bromine 79.90 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup> 4p <sup>5</sup> VIIA	36	Kr Krypton 83.80 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup> 4p <sup>6</sup> VIIIA	37	Rb Rubidium 85.47 [Kr]5s <sup>1</sup> IA	38	Sr Strontium 87.62 [Kr]5s <sup>2</sup> IIA	39	Y Yttrium 88.91 [Kr]4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup> IIIB	40	Zr Zirconium 91.22 [Kr]4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup> IVB	41	Nb Niobium 92.91 [Kr]4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup> VB	42	Mo Molybdenum 95.94 [Kr]4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup> VIB	43	Tc Technetium 98.91 [Kr]4d <sup>5</sup> 5s <sup>2</sup> VIIB	44	Ru Ruthenium 101.07 [Kr]4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup> VIII	45	Rh Rhodium 101.07 [Kr]4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup> VIII	46	Pd Palladium 106.42 [Kr]4d <sup>10</sup> VIII	47	Ag Silver 107.87 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup> IB	48	Cd Cadmium 112.41 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> IIB	49	In Indium 114.82 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup> 5p <sup>2</sup> IIIA	50	Sn Tin 118.71 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup> IVA	51	Sb Antimony 121.76 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup> 5p <sup>3</sup> VA	52	Te Tellurium 127.60 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup> 5p <sup>4</sup> VIA	53	I Iodine 126.90 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup> 5p <sup>5</sup> VIIA	54	Xe Xenon 131.29 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup> 5p <sup>6</sup> VIIIA	55	Cs Cesium 132.91 [Xe]6s <sup>1</sup> IA	56	Ba Barium 137.33 [Xe]6s <sup>2</sup> IIA	57	La Lanthanum 138.91 [Xe]5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> IIIB	58	Ce Cerium 140.12 [Xe]4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> IVB	59	Pr Praseodymium 140.91 [Xe]4f <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup> VIB	60	Nd Neodymium 144.24 [Xe]4f <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup> VIIB	61	Pm Promethium 144.91 [Xe]4f <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup> VIIIB	62	Sm Samarium 150.36 [Xe]4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> IIIB	63	Eu Europium 151.97 [Xe]4f <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup> IIIB	64	Gd Gadolinium 157.25 [Xe]4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> IIIB	65	Tb Terbium 158.93 [Xe]4f <sup>9</sup> 6s <sup>2</sup> IIIB	66	Dy Dysprosium 162.50 [Xe]4f <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> IIIB	67	Ho Holmium 164.93 [Xe]4f <sup>11</sup> 6s <sup>2</sup> IIIB	68	Er Erbium 167.26 [Xe]4f <sup>12</sup> 6s <sup>2</sup> IIIB	69	Tm Thulium 168.93 [Xe]4f <sup>13</sup> 6s <sup>2</sup> IIIB	70	Yb Ytterbium 173.04 [Xe]4f <sup>14</sup> 6s <sup>2</sup> IIIB	71	Lu Lutetium 174.97 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> IIIB	72	Hf Hafnium 178.49 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup> IVB	73	Ta Tantalum 180.95 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup> VB	74	W Tungsten 183.84 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup> VIB	75	Re Rhenium 186.21 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup> VIIB	76	Os Osmium 190.23 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> VIII	77	Ir Iridium 192.22 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup> VIII	78	Pt Platinum 195.08 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>9</sup> 6s <sup>1</sup> VIII	79	Au Gold 196.97 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup> IB	80	Hg Mercury 200.59 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> IIB	81	Tl Thallium 204.38 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup> 6p <sup>1</sup> IIIA	82	Pb Lead 207.20 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup> IVA	83	Bi Bismuth 208.98 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup> 6p <sup>3</sup> VA	84	Po Polonium 209 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup> 6p <sup>4</sup> VIA	85	At Astatine 210 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup> 6p <sup>5</sup> VIIA	86	Rn Radon 222.02 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup> 6p <sup>6</sup> VIIIA	87	Fr Francium 223 [Rn]7s <sup>1</sup> IA	88	Ra Radium 226 [Rn]7s <sup>2</sup> IIA	89	Ac Actinium 227.03 [Rn]6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> IIIB	90	Th Thorium 232.04 [Rn]6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> IVB	91	Pa Protactinium 231.04 [Rn]6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> VB	92	U Uranium 238.03 [Rn]6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> VIB	93	Np Neptunium 237.05 [Rn]6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> VIIB	94	Pu Plutonium 244.06 [Rn]6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> VIIIB	95	Am Americium 243.06 [Rn]6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> IIIB	96	Cm Curium 247.07 [Rn]6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> IIIB	97	Bk Berkelium 247.07 [Rn]6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> IIIB	98	Cf Californium 251 [Rn]6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> IIIB	99	Es Einsteinium 252 [Rn]6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> IIIB	100	Fm Fermium 257 [Rn]6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> IIIB	101	Md Mendelevium 258 [Rn]6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> IIIB	102	No Nobelium 259 [Rn]6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> IIIB	103	Lr Lawrencium 262 [Rn]6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> IIIB	104	Rf Rutherfordium 261 [Rn]6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> IVB	105	Db Dubnium 262 [Rn]6d <sup>3</sup> 7s <sup>2</sup> VB	106	Sg Seaborgium 263 [Rn]6d <sup>4</sup> 7s <sup>2</sup> VIB	107	Bh Bohrium 264 [Rn]6d <sup>5</sup> 7s <sup>2</sup> VIIB	108	Hs Hassium 265 [Rn]6d <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup> VIII	109	Mt Meitnerium 266 [Rn]6d <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup> VIII	110	Uun Ununium 269 [Rn]6d <sup>8</sup> 7s <sup>2</sup> IIIB	111	Uuu Ununium 272 [Rn]6d <sup>9</sup> 7s <sup>2</sup> IIIB	112	Uuq Ununquadium 285 [Rn]6d <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> IIB	113	Uuq Ununquadium 285 [Rn]6d <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> IIIA	114	Uuq Ununquadium 285 [Rn]6d <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> IVA	115	Uuq Ununquadium 285 [Rn]6d <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> VA	116	Uuq Ununquadium 285 [Rn]6d <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> VIA	117	Uuq Ununquadium 285 [Rn]6d <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> VIIA	118	Uuo Ununoctium 289 [Rn]6d <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> VIIIA
---	---	---	--	---	--	---	---	---	--	---	--	---	---	---	--	---	---	----	---	----	--	----	--	----	--	----	--	----	---	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	---	----	---	----	---	----	---	----	--	----	--	----	--	----	---	----	--	----	--	----	---	----	--	----	--	----	--	----	---	----	--	----	--	----	--	----	--	----	---	----	---	----	--	----	--	----	--	----	---	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	---	----	--	----	---	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	---	----	---	----	---	----	--	----	--	----	---	----	--	----	---	----	---	----	--	----	--	----	--	----	--	----	---	----	--	----	---	----	--	----	---	----	---	----	---	----	--	----	--	----	---	----	--	----	---	----	--	----	---	----	---	----	---	----	---	----	--	----	--	----	---	----	--	----	---	----	--	----	---	----	---	-----	---	-----	---	-----	--	-----	--	-----	--	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	---	-----	--	-----	---	-----	--	-----	---	-----	---

**عناصر المجموعة الانتقالية**

**VIIIB**

♦ الرقم تقديري حسب البيانات  
المنقولة لدى IUPAC

\* الاسم مؤقت حيث لم يتم اعتماده من قبل IUPAC

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## استبانة تقويم الكتاب

### بيانات المستجيب:

الاسم /.....	المؤهل وتاريخه /.....	التخصص /.....
العمل الحالي /.....		المحافظة /.....

### بيانات الكتاب:

المادة /.....	الصف /.....	اسم الكتاب /.....
الجزء /.....	الطبعة /.....	السنة الدراسية /.....
تاريخ تعبئة الاستبانة /.....		

نهدف من هذه الاستبانة تقويم الكتاب بغرض تحسينه في الطبقات القادمة، نرجو التكرم بوضع علامة (✓) تحت الوصف الذي تراه مناسباً لإجابتك أمام كل بند.

ضعيف	مقبول	جيد	جداً	البند	ضعيف	مقبول	جيد	جداً	البند
				<b>أولاً - الأهداف:</b> - وضوح الصياغة.					<b>ثالثاً - الوسائل التعليمية:</b> - وضوحها ودقتها.
				- تقبيل فكرة محددة.					- ارتباطها بموضوعات الدرس.
				- يمكن قياسها.					- مدى ارتباطها بالأهداف.
				- شاملة (معرفية - مهارية - وجدانية).					<b>رابعاً - التقويم:</b> - الأنشطة والتمارين تكسب المتعلم مهارات متنوعة.
				<b>ثانياً - المادة العلمية وأسلوب عرضها:</b> - ملامسة لغة الكتاب لمستوى المتعلم.					- بطاقات التفكير تثير دافعية البحث والإطلاع.
				- سلامة ووضوح لغة الكتاب.					- الأسئلة والتمرينات تقبيل مدى تحقيق الأهداف.
				- ترسيخ المحتوى للقيم الدينية والوطنية.					- مناسبة لمستوى المتعلم.
				- مادة الكتاب تكسب المتعلم خبرات جديدة.					- دقة ووضوح الصياغة.
				- ملامسة المادة لمشكلات المتعلم واهتماماته.					- تراعي الفروق الفردية.
				- مادة الكتاب تساعد المتعلم على فهم المشكلات.					- متنوعة وشاملة للجوانب المعرفية.
				- مادة الكتاب تراعي الفروق الفردية.					- تساعد المتعلم في تطبيق ما تعلمه في مواقف الحياة المختلفة.
				- خلو الكتاب من التكرار في الموضوعات.					- كفاية الأسئلة في مساعدة المتعلم على استيعاب مادة الكتاب.
				- يراعي أسلوب عرض المادة الترابط والتسلسل المنطقي.					<b>خامساً - الشكل والإخراج الفني:</b> - ارتباط الغلاف بمحتوى الكتاب.
				- مراعاة مادة الكتاب للحداثة والدقة العلمية.					- متانة تجليد الكتاب.
				- عرض المادة تحفز على القراءة والبحث والتفكير.					- وضوح الألوان ومناسبتها.
				- تحقيق المحتوى لأهداف المادة.					- وضوح ودقة الطباعة.
									- نوعية ورق الكتاب.











الإدارة العامة للتعليم الإلكتروني

[el-online.net](http://el-online.net)

el-online.net

