



الجمهورية العربية
وزارة التربية والتعليم
قطاع المناهج والتوجيه
الإدارة العامة للمناهج

الكيمياء

للفص الثاني الثانوي



حقوق الطبع محفوظة لوزارة التربية والتعليم
٢٠١٥/هـ ١٤٣٦ م

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 الإديسي

إشراف مدير عام

الإدارة العامة للتعليم الإلكتروني

أ. محمد عبده الصرمي



الجمهورية الفلسطينية
وزارة التربية والتعليم
قطاع المناهج والتوجيه
الإدارة العامة للمناهج

الكيمياء

للمصف الثاني الثانوي

تأليف

أ.د. داود عبدالمملك الحدابي / رئيساً

أ.د. علي جمعان الشكيل أ.د. شيخ عوض باوزير
د. عبد الولي حسين الدهمش د. مهديوب علي أنعم
د. محسن عبدالله الجهري أ. عمرفضل بافضل

فريق المراجعة:

أ. وحيد عبدالعالم محمد أ. طلال عبده مقبل الشوافي
أ. سلامة حسن جابر
تنسيق: أ. محمد علي ثابت
تدقيق: د. عبدالقوي نعمان

الإخراج الفني

الصور والرسوم: محمد حسين الذماري
أرسلان الأغبري
المصف الطباعي: سماح حمود مسعود
التصميم والإخراج: أحمد محمد علي العوامي

أشرف على التصميم: حامد عبدالعالم الشيباني

٢٠١٥ / ١٤٣٦ هـ



النشيد الوطني

ردي أيتها الدنيا نشيدي ردييه وأعيدي وأعيدي
واذكري في فرحتي كل شهيد وامنحيه خُلاًلاً مِنْ ضوء عيدي

ردي أيتها الدنيا نشيدي
ردي أيتها الدنيا نشيدي

وحدتي.. وحدتي.. يا نشيداً رافعاً يملأ نفسي أنت عهدٌ عالقٌ في كل ذمّة
رايتي.. رايتي.. يا نسيجاً جكته من كل شمس أخلدي خافقته في كل قمّة
أمّتي.. أمّتي.. امنحيني البأس يا مصدر بأسٍ واخزيني لك يا أكرم أمّة

عشت إيماني وحبّي أممياً
ومسييري فوق دربي عربياً
وسببقي نبض قلبي يمني
لن ترى الدنيا على أرضي وصياً

المصدر: قانون رقم (٢٦) لسنة ٢٠٠٦م بشأن السلام الجمهوري ونشيد الدولة الوطني للجمهورية اليمنية

أعضاء اللجنة العليا للمناهج

أ. د. عبدالرزاق يحيى الأشول.

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

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

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

فهذا هو كتاب الكيمياء للصف الثاني الثانوي ضمن سلسلة ثلاثة كتب لهذه المرحلة، وقد تم تأليف هذا الكتاب مصحوباً بكراسة الأنشطة والتجارب العملية وكذلك دليل المعلم، وقد بذلنا قصارى جهودنا في إخراجها بالصورة التي هي عليه الآن مستفيدين من خبرات عربية وعالمية، وحرصنا 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 ملامسة 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. إضافةً إلى ذلك فإن علم الكيمياء يعد مصدراً أساسياً للمعرفة ومجالاً هاماً للتطبيق العملي لجميع فروع العلوم الطبيعية.

وقد احتوى هذا الكتاب على عشر وحدات دراسية شملت المجالات المختلفة لاهتمام علم الكيمياء وبشكل أكثر عمقاً عما تم تناوله في المرحلة الأساسية، بما يضمن تحقيق خطوة من التطور لمواكبة التحولات السريعة في العلوم وفي جميع مجالاتها والتي تتطلب تطوير أدوات التعليم والتعلم واستخدام الأساليب التربوية الحديثة المشجعة لروح البحث والإبداع عند المدرس والطالب على حدٍ سواء واستخدام تكنولوجيا التعليم الحديثة، التي تواكب متطلبات العصر.

فقد احتوت الوحدات الست الأولى من الكتاب عرضاً لعناصر المجموعات الرئيسية في الجدول الدوري ابتداءً من المجموعة الرئيسية الثالثة المجموعة الرئيسية الثامنة على التوالي، حيث نوقش في كل مجموعة الخواص الفيزيائية والكيميائية وأهم التفاعلات لعناصرها، وتم تناول أهم عنصر ممثل لكل مجموعة وتفاعلاته وأهميته الاقتصادية. وفي الوحدة السابعة تم تقديم مفهومين جديدين لم يسبق للطالب تناولهما في المراحل السابقة وهما سرعة التفاعلات والاتزان الكيميائي.

أما الوحدة الثامنة، فقد قدمت مفهوماً آخر يرتبط بالمفاهيم المقدمة في الوحدة التي سبقتها، حيث عالجت هذه الوحدة موضوع الاتزان الأيوني في المحاليل المائية؛ كونه يرتبط بما سبق دراسته ويعد من أهم المفاهيم الأساسية في علم الكيمياء الحديث.

وانفردت الوحدتان التاسعة والعاشرتان بتقديم عائلتين من عوائل المركبات العضوية الهامة، حيث ناقشت الوحدة التاسعة المركبات الهيدروكربونية الأروماتية التي تعتبر مكملةً للمركبات الهيدروكربونية الأليفاتية والتي تم دراستها في كتاب الصف العاشر. كما تناولت الوحدة العاشرة المركبات العضوية الأوكسجينية وخصائصها وتسمياتها وتفاعلاتها.

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

كما نود الإشارة إلى أن المعلومات الواردة في دليل المعلم ستكون خير معين للأخوة المدرسين في توصيل المفاهيم العلمية بالطريقة الحديثة، ونأمل أن يحصل المعلمون عليه، كما نأمل أن يجتهدوا في مساعدة الطلبة لتنفيذ جميع الأنشطة والتجارب الموجودة في كراسة الأنشطة - والذي بدونهما - لن تكتمل الفكرة ولن تصل المفاهيم إلى ذهن الطالب بالصورة التي يريجوها المؤلفون.

ونأمل من الأخوات والأساتذة والموجهين في الميدان ألا يبخلوا علينا بأرائهم وملاحظاتهم حول مادة الكتاب حتى نستفيد من ذلك في تطوير كتب الكيمياء مستقبلاً.

والله نسأل أن يوفقنا جميعاً لما فيه خير أمتنا

فريق التأليف

الوحدة الأولى : عناصر المجموعة الرئيسية الثالثة

- عناصر المجموعة الرئيسية الثالثة وموقعها في الجدول الدوري ٩
- الخواص العامة لعناصر المجموعة الرئيسية الثالثة ١٠
- الألومينيوم ١١
- مركبات الألومينيوم ١٦
- تقويم الوحدة ١٨

الوحدة الثانية : عناصر المجموعة الرئيسية الرابعة

- عناصر المجموعة الرئيسية الرابعة وموقعها في الجدول الدوري ٢٠
- الخواص العامة لعناصر المجموعة الرئيسية الرابعة ٢١
- الكربون ٢٦
- مركبات الكربون ٢٩
- تقويم الوحدة ٣٢

الوحدة الثالثة : عناصر المجموعة الرئيسية الخامسة

- عناصر المجموعة الرئيسية الخامسة وموقعها في الجدول الدوري ٣٥
- الخواص العامة لعناصر المجموعة الرئيسية الخامسة ٣٦
- النيتروجين ٣٧
- مركبات النيتروجين ٤١
- تقويم الوحدة ٤٥

الوحدة الرابعة : عناصر المجموعة الرئيسية السادسة

- عناصر المجموعة الرئيسية السادسة وموقعها في الجدول الدوري ٤٧
- الخواص العامة لعناصر المجموعة الرئيسية السادسة ٤٨
- الأكسجين ٥٠
- الأكاسيد ٥٤
- الأوزون ٥٦
- تقويم الوحدة ٥٩

الوحدة الخامسة : عناصر المجموعة الرئيسية السابعة

- عناصر المجموعة الرئيسية السابعة وموقعها في الجدول الدوري ٦٢
- الخواص العامة لعناصر المجموعة الرئيسية السابعة ٦٤
- استخدامات الهالوجينات ٦٦
- الكلور ٧٠
- تقويم الوحدة ٧٢

الوحدة السادسة: عناصر المجموعة الرئيسية الثامنة

- عناصر المجموعة الرئيسية الثامنة وموقعها في الجدول الدوري ٧٥
- الخواص العامة لعناصر المجموعة الرئيسية الثامنة ٧٦
- استخدامات الغازات الحاملة ٧٩
- تقويم الوحدة ٨٠

الوحدة السابعة: سرعة التفاعلات الكيميائية والاتزان الكيميائي

- سرعة التفاعلات والاتزان الكيميائي ٨٢
- ميكانيكية (آلية) التفاعل الكيميائي ٨٤
- حالة الاتزان الكيميائي والمفهوم الديناميكي لها ٩٥
- التفاعلات الانعكاسية والاتزان الكيميائي ٩٨
- تقويم الوحدة ١٠٨

الوحدة الثامنة: الاتزان الأيوني في المحاليل المائية

- خاصية التوصيل الكهربائي للمحاليل المائية ١١٢
- تعريفات الحمض والقاعدة ١١٦
- الاتزان الأيوني ١٢١
- المحلول المنظم ١٢٩
- تقويم الوحدة ١٣٥

الوحدة التاسعة: الهيدروكربونات الأروماتية

- المركبات الهيدروكربونية ١٣٨
- الهيدروكربونات الأروماتية ١٤٠
- البنزين ١٤٠
- تقويم الوحدة ١٥٠

الوحدة العاشرة: المركبات العضوية الأكسجينية

- مقدمة عن المركبات العضوية الأكسجينية ١٥٣
- الكحولات والفينولات ١٥٥
- الإيثيرات ١٦٦
- الألدهيدات والكيونات ١٧٠
- الحموض الكربوكسيلية ١٨٠
- الإسترات ١٨٧
- تقويم الوحدة ١٩١



عناصر المجموعة الرئيسية الثالثة (IIIA) وموقعها في الجدول الدوري

عرفت سابقاً أن الجدول الدوري الحديث يقسم إلى مجموعات ودورات، وأن المجموعات ترتب على هيئة أعمدة رأسية من يسار الجدول وإلى يمينه، فمن خلال الاطلاع على الجدول الدوري الحديث :

- حدد موقع عناصر المجموعة الثالثة، ورقم العمود الذي تشغله .
- ما رموز عناصر هذه المجموعة وأعدادها الذرية؟
- للتعرف على ذلك، انظر إلى الجدول (١)، والذي يوضح بعض الخواص العامة لعناصر المجموعة الثالثة .

جدول (١) يوضح بعض خواص عناصر المجموعة الثالثة

| اسم العنصر | رمزه وعدد الذري | الصفة الفلزية واللافلزية | التوزيع الإلكتروني | درجة الانصهار م | نصف القطر الذري (pm)* | طاقة التأين الأولى kj/mol | الكهرلية السلبية |
|---------------|-----------------------|--------------------------------|--|-----------------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------|
| البورون | B ⁵ | شبه فلز | [He] 2S ² 2P ¹ | 2300 | 85 | 801 | 2.0 |
| الألومينيوم | Al ¹³ | فلز | [Ne] 3S ² 3P ¹ | 660 | 143 | 578 | 1.5 |
| الجاليوم | Ga ³¹ | فلز | [Ar] 4S ² 3d ¹⁰ 4P ¹ | 29.8 | 135 | 579 | 1.6 |
| الإنديوم | In ⁴⁹ | فلز | [Kr] 5S ² 4d ¹⁰ 5P ¹ | 156.6 | 167 | 558 | 1.7 |
| الثاليوم | Tl ⁸¹ | فلز | [Xe] 6S ² 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6P ¹ | 303.5 | 170 | 589 | 1.8 |

* (pm) هي وحدة نصف القطر مقاساً بالبيكو متر

نجد من خلال الجدول أعلاه أن المجموعة الرئيسية الثالثة تتكون من العناصر الآتية: البورون، الألومينيوم، الجاليوم، الإنديوم، والثاليوم، وتقع عناصر هذه المجموعة في الجزء الأيمن من الجدول الدوري وتشغل العمود الرأسي رقم (١٣)، وتتميز ذرات هذه العناصر بأن مستوياتها الأخير يُشغل بثلاثة إلكترونات (ns² np¹) .

- ما علاقة عدد الإلكترونات في المستوى الأخير برقم المجموعة؟



شكل (١) عنصر البورون



شكل (٢) عنصر الجاليوم

تلاحظ في الشكل (١) أن عنصر البورون صلب، ويميل إلى اللون البني، بينما يوضح الشكل (٢) أن فلز الجاليوم له لون فضي، لكنه ينصهر عند وضعه على راحة الكف . ما السبب في ذلك؟

– هل يملك أي عنصر آخر في المجموعة نفس هذه الخاصية؟ ولماذا؟

– كيف يتدرج حجم ذرات عناصر هذه المجموعة؟

– كيف تتدرج طاقة التأين الأولى، والسالبية الكهربائية، ودرجة الانصهار؟

الخواص العامة لعناصر المجموعة الرئيسية الثالثة (IIIA)

توجد عناصر هذه المجموعة على هيئة مركبات، ولا يوجد أي منها على هيئة عنصر حر في الطبيعة .

وما يميز عناصر هذه المجموعة هو الاختلاف في بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية، وبشكل عام يمكن تتبع تدرج الخواص العامة لعناصر المجموعة الرئيسية الثالثة على النحو الآتي :

١ – الخاصية الفلزية واللافلزية وشبه الفلزية :

من خلال الجدول (١) يتضح أن هذه المجموعة كلها فلزات ماعدا عنصر البورون فهو شبه فلز .

٢ – التوزيع الإلكتروني وتكافؤ عناصر المجموعة :

لاحظ الجدول (١) وقارن بين التوزيع الإلكتروني لعناصر المجموعة الثالثة .

– كم عدد الإلكترونات الموجودة في المستوى الأخير للطاقة؟

– ما علاقة رقم المجموعة بعدد الإلكترونات التي تشغل المستوى الأخير للطاقة؟

– ما أقصى تكافؤ يمكن أن تصل إليه عناصر المجموعة؟ ولماذا؟

٣ - الخواص القاعدية والحمضية لعناصر المجموعة :

- الخواص القاعدية لعناصر هذه المجموعة أقل من الخواص القاعدية للفلزات القلوية والفلزات القلوية الأرضية .
- كما أن هيدروكسيدات هذه العناصر غير قابلة للذوبان في الماء بخلاف هيدروكسيدات المجموعة الرئيسية الأولى (IA)، وهيدروكسيدات المجموعة الرئيسية الثانية (IIA)، والتي تذوب في الماء .
- العنصر الأول على قمة هذه المجموعة هو: البورون، وهو شبه فلز وأكسيده حمضي، إلا أن العنصر الذي يليه هو الألومينيوم وهو عنصر متردد . كما أن أكاسيد الفلزات التي تلي الألومينيوم قاعدية .
- تتدرج الخواص القاعدية لهذه المجموعة حيث تزداد بازدياد العدد الذري . ولكي نتعرف على المزيد عن هذه المجموعة، سندرس بشيء من التفصيل أحد العناصر الأكثر شيوعاً وانتشاراً، وهو العنصر الثاني في هذه المجموعة (الألومينيوم) .

الألومينيوم (Al) :

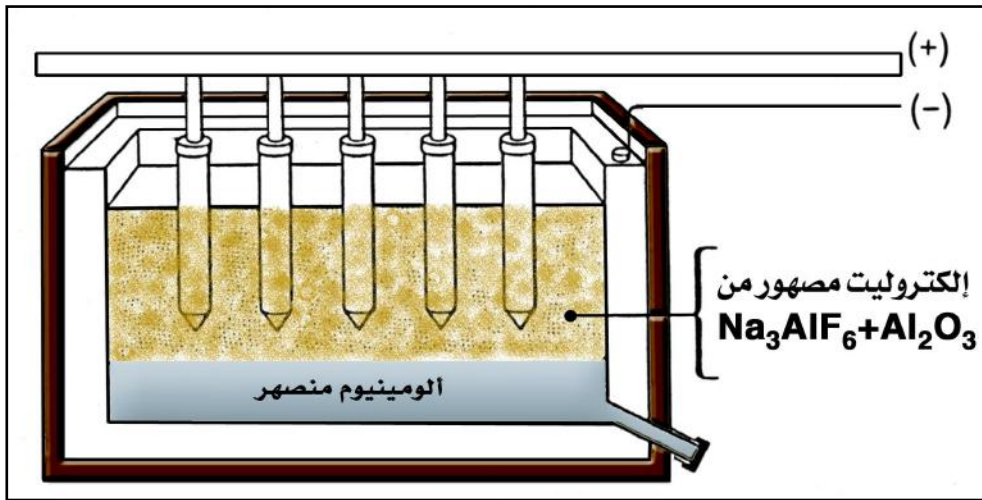
الألومينيوم هو ثاني عنصر في المجموعة الرئيسية الثالثة (IIIA)، وهو ثالث الفلزات وفرةً في القشرة الأرضية، وهو من أكثر عناصر هذه المجموعة استخداماً .

وجوده في الطبيعة :

يوجد الألومينيوم في الطبيعة متحداً بعناصر أخرى مكوناً أكاسيد أو سيليكات، التي توجد في بعض الصخور كالجرانيت، وبعض أنواع الطين، أما الخام الرئيس للألومينيوم فهو البوكسيت، ويحتوي على أكسيد الألومينيوم Al_2O_3 .

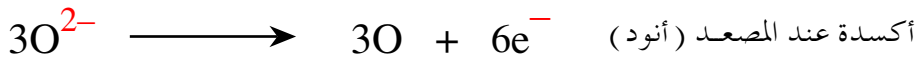
استخلاص الألومينيوم :

يستخلص الألومينيوم على نطاق واسع وبتكاليف زهيدة من مزج البوكسيت $Al_2O_3 \cdot xH_2O$ مع الكريوليت Na_3AlF_6 المنصهر، وهذا المزيج موصل للتيار الكهربائي، وعند تحليله نحصل على فلز الألومينيوم وذلك باستخدام خلية تحليل كهربائي كما في الشكل (٣) .

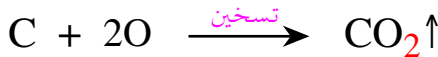


شكل (٣) إنتاج الألومينيوم بطريقة هول

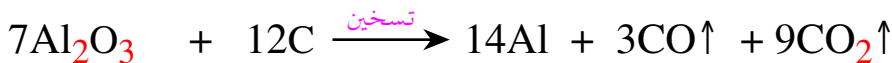
من الشكل (٣) يتضح أن هذه الخلية تتكون من وعاء يحتوي على خليط المصهور، وهذا الوعاء مصنوع من الحديد المبطن بالكربون بحيث يعمل كمهبط، أما قضبان الكربون فتعمل كمصعد حيث تغمر في المصهور. وعند مرور التيار الكهربائي في الخلية تحدث تفاعلات الأكسدة والاختزال، وينتج عنها فلز الألومينيوم النقي عند المهبط (الكاثود)، ويتجمع في قاع الوعاء. والمعادلات الآتية توضح التفاعلات التي تحدث في الخلية:



خلال هذا التفاعل يتصاعد نوعان من الغازات، هما أول وثاني أكسيد الكربون، اللذان يتكونان نتيجة لتفاعل الكربون الذي يغلف الوعاء الحديدي مع الأكسجين الذري الناتج من التفاعل السابق، كما توضحه المعادلتان التاليتان:



ويمكن كتابة التفاعل العام لتحضير الألومينيوم في الخلية على النحو الآتي:



وفي وقتنا الحاضر تستعمل مواد أخرى محل الكريوليت، بحيث تسمح هذه المواد بالعمل عند درجات حرارة أقل، وهي أقل كثافة من الكريوليت، وتؤدي الكثافة الأقل لخليط الإلكتروليت إلى فصل مصهور الألومينيوم بطريقة أسهل.

خواص الألومينيوم :

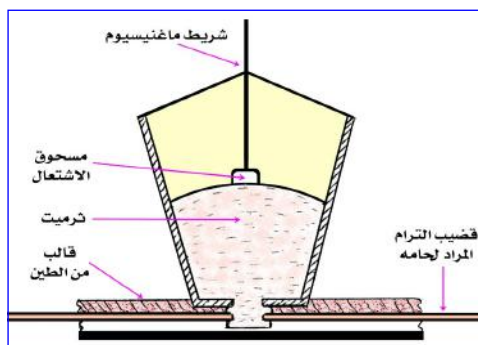
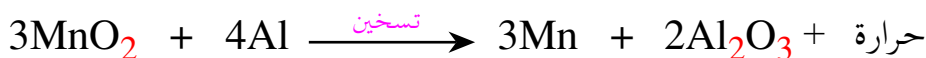
اطلب من مدرسك أن يريك فلز الألومينيوم الموجود في المعمل المدرسي، فهو فلز أبيض فضي لامع، ينصهر عند ٦٥٨م°، وكثافته ٢,٧ جم / سم^٣، والألومينيوم يمكن سحبه إلى أسلاك، وطرقه إلى صفائح مختلفة الأشكال، شديد التحمل؛ إذ يقاوم التآكل، وعند صقله يكتسب لمعاناً شديداً، وهو موصل جيد للحرارة والكهرباء.

الألومينيوم لا يتأثر بالهواء الجوي الجاف، ولكن يتأثر بالهواء الرطب، والغليان في الماء مكوناً طبقة من الأكسيد يحمي الطبقة التي تحتها من التآكسد، يشتعل في درجات الحرارة المرتفعة بشدة مكوناً أكسيد الألومينيوم الأبيض، أما إذا خلط مسحوق من الألومينيوم والأكسجين المسال فإنهما يتحدان وينتج عن ذلك وميض شديد بمجرد تقريب شظية مشتعلة من الخليط، ومن أهم خواص الألومينيوم ما يأتي :

١- القدرة على الاختزال :

الألومينيوم عامل مختزل قوي، وشديد الميل للاتحاد بالأكسجين، ولذلك فهو يستخدم في :

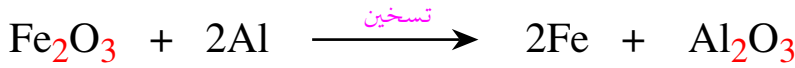
أ - تحضير الفلزات بالاختزال : حيث يستخدم الألومينيوم في تحضير بعض الفلزات، مثل : الحديد، والمنجنيز، والكروم، والتنجستن، كما في المعادلة الآتية :



شكل (٤) لحام الترميت

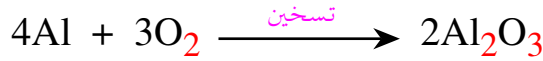
ب - لحام الترميث : وهي - أيضاً - عملية اختزال، والترميث هو خليط من براءة الألومينيوم وأكسيد الحديد (III)، حيث يوضع الخليط في بوتقة، كما في الشكل (٤) .

ويتم التسخين إلى درجة الإحمرار، أو يمكن عرض شريطاً محترقاً من الماغنيسيوم، فيحترق المخلوط بشدة، وترتفع درجة الحرارة أثناء الاختزال إلى حوالي ٣٥٠٠ م.



٢- تفاعل الألومينيوم مع الأكسجين:

يتفاعل الألومينيوم مع الأكسجين مكوناً أكسيد الألومينيوم، كما توضحه المعادلة الآتية:



نشاط (١)

نفذ هذا النشاط والخاص بالكشف عن بعض خواص الألومينيوم والموجود في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

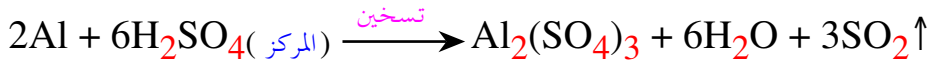
٣- تأثير الحموض على الألومينيوم :

للحموض تأثير على فلز الألومينيوم ، ويمكن توضيح ذلك على النحو الآتي :

أ - تفاعله مع حمض الهيدروكلوريك : يتفاعل فلز الألومينيوم مع حمض الهيدروكلوريك المخفف ببطء، أما مع الحمض المركز فيحدث التفاعل بسرعة، ويتصاعد غاز الهيدروجين :



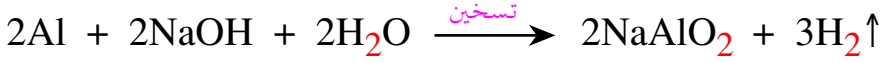
ب- تفاعله مع حمض الكبريتيك : لايتأثر الألومينيوم بالحمض المخفف، ولكنه يتأثر بحمض الكبريتيك المركز الساخن.



ج- تفاعله مع حمض النيتريك : لا يحدث تفاعل للألومينيوم مع حمض النيتريك، ويعزى ذلك إلى أن الحمض يغطي الألومينيوم بطبقة واقية من الأكسيد، ولذلك تستخدم أواني الألومينيوم في حفظ ونقل هذا الحمض.

٤- تأثير القلويات على الألومينيوم :

يتفاعل الألومينيوم في محاليل القلويات القوية المركزة، مثل: محلول هيدروكسيد الصوديوم، أو هيدروكسيد البوتاسيوم، وتتكون ألويمينات الصوديوم (NaAlO_2)، أو ألويمينات البوتاسيوم (KAIO_2)، ويتصاعد غاز الهيدروجين، كما يأتي:



– اكتب معادلة موزونة توضح فيها تفاعل الألومينيوم مع هيدروكسيد البوتاسيوم لتكوين أومينات البوتاسيوم.



نشاط (٢)

نفذ هذا النشاط والخاص بالكشف عن تأثير الصودا الكاوية على الألومينيوم والموجود في كتاب الأنشطة والتجارب .

٥ – تفاعل الألومينيوم مع بعض اللافلزات :

يتفاعل الألومينيوم مع بعض اللافلزات، مثل: الكبريت، حيث يتكون كبريتيد الألومينيوم (Al_2S_3)، ومع النتروجين مكوناً نيتريد الألومينيوم (AlN)، ومع الكربون مكوناً كربيد الألومينيوم (Al_4C_3).

٦ – تفاعل الألومينيوم مع الهالوجينات :

يتفاعل الألومينيوم مع الهالوجينات مكوناً هاليدات مثل: ($AlCl_3$) و (AlF_3).
– اكتب معادلة موزونة توضح فيها تفاعل الألومينيوم مع غاز الكلور لتكوين كلوريد الألومينيوم.

سبائك الألومينيوم :

للألومينيوم سبائك مختلفة أهمها :

١ – الدورالومين Duralumin :

هذه السبيكة تتكون من الألومينيوم بنسبة ٩٥٪، ٥٪ ماغنيسيوم، ٥٪.٠٥ منجنيز، و ٤٪ نحاس، وهي خفيفة ولكنها تفوق في متانتها الحديد الصلب.

٢ – الماجناليوم Magnalium :

وهذه السبيكة من الألومينيوم والمغنيسيوم بنسبة ٩٠٪ و ١٠٪ على الترتيب، تمتاز بلونها الذهبي ومقاومتها للصدمات الفجائية.



مركبات الألومنيوم :

من أهم مركبات الألومنيوم كبريتات الألومنيوم $Al_2(SO_4)_3$.

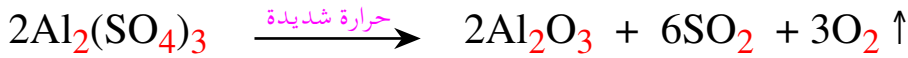
● تحضيرها :

تحضر كبريتات الألومنيوم بتفاعل أكسيد الألومنيوم أو هيدروكسيد الألومنيوم المرسبة حديثاً مع حمض الكبريتيك المخفف الساخن، والمعادلة الآتية توضح التفاعل :

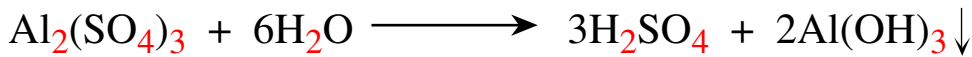


● خواصها : من خواص كبريتات الألومنيوم أنها:

- ١ - سريعة الذوبان في الماء.
- ٢ - تتبلر في وجود ١٨ جزيء ماء ($18H_2O$)، ومن خواص الكبريتات المتبلرة أنها تفقد تبلرها بالتسخين الهين ويتكون الملح اللامائي، وتتحلل بالتسخين الشديد إلى درجة الاحمرار مكونة الألومينا (أكسيد الألومنيوم)، وثاني أكسيد الكبريت، والأكسجين حسب المعادلة الآتية:



- ٣ - محلولها في الماء حمضي لأنها تتميأ إلى حمض كبريتيك وهيدروكسيد الألومنيوم الذي يترسب.



● استخداماتها :

- لكبريتات الألومنيوم استخدامات كثيرة منها :
- ١ - يستخدم في أجهزة الإطفاء الرغوية، فعندما تمتزج مع بيكربونات الصوديوم يتكون ثاني أكسيد الكربون الذي يحدث فقاعات رغوية ثابتة، هذه الرغوة تستخدم لإطفاء حرائق الزيوت.
 - ٢ - يستخدم في صناعة الورق ودبغ الجلود وتثبيت الأصباغ وتنقية مياه الشرب.

٣ - تثبيت الألوان: والفكرة الأساسية هي أنه عندما يُرسَّب هيدروكسيد الألومينيوم بصورة جلاتين في سائل ملون (به صبغة) فإن الصبغة تُرسَّب على المادة الجلاتينية، وعندما تستقران على المنسوج يتم امتزاز اللون (الصبغة) ويثبت في الخيوط، وهذا يستخدم فقط في المنسوجات من الأصل النباتي.

نشاط (٢، ٤)

نفذ هذين النشاطين المتعلقين بالكشف عن الألومينيوم في مركباته والموجودين في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

استخدامات الألومينيوم:

- للألومينيوم استخدامات كثيرة، حيث يستخدم في الأغراض الآتية:
- ١ - في الأعمال الانشائية، والأدوات المنزلية، وأدوات الزينة، والأسلاك الكهربائية.
 - ٢ - في طلاء الأخشاب والمعادن، حيث يستخدم مسحوق الألومينيوم مع الزيوت في الطلاء لتأخذ لوناً فضياً لا يتأثر بالهواء.
 - ٣ - في تغليف المواد الغذائية، حيث يطرق الألومينيوم إلى صفائح رقيقة جداً تستخدم لهذا الغرض.
 - ٤ - في صناعة القوارب، وأواني الطباخة، وحفظ الوقود السائل.
 - ٥ - في صناعة الفولاذ لتنقيته من الأكسجين لقوة اختزاله.
 - ٦ - في صناعة بعض السبائك التي تستخدم في الصناعات المختلفة.
 - ٧ - في صناعة هياكل الطائرات الخفيفة.

نشاط منزلي

استعن بالمراجع العلمية المتوافرة في المكتبة، واكتب تقريراً عن فلز الألومينيوم ومركباته والاستخدامات العامة لها في الحياة العامة، وناقش ذلك مع زملائك ومعلمك داخل الصف.

تقويم الوحدة

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

الأسئلة الآتية :

- ١ - حدد موقع عناصر المجموعة الرئيسية الثالثة (IIIA) في الجدول الدوري للعناصر.
- ٢ - اذكر عناصر المجموعة الرئيسية الثالثة.
- ٣ - ما الخواص العامة لعناصر المجموعة الرئيسية الثالثة.
- ٤ - قارن بين خواص عناصر المجموعة الرئيسية الثالثة، وعناصر المجموعتين الرئيسيتين الأولى (IA) والثانية (IIA)، من حيث تكافؤاتها والخواص الفلزية واللافلزية.
- ٥ - حدد موقع الألومينيوم في الجدول الدوري.
- ٦ - علل : الخمول الظاهري للألومينيوم إذا تعرض للهواء الرطب.
- ٧ - ما تأثير كل من حمض الهيدروكلوريك وحمض النيتريك على فلز الألومينيوم إذا كان هناك تأثير عليه، مستعيناً بالمعادلات الكيميائية لهذا التأثير؟
- ٨ - ما الخواص الفيزيائية لفلز الألومينيوم؟
- ٩ - لماذا يستخدم الألومينيوم في تحضير بعض الفلزات؟
- ١٠ - ما أهم سبائك الألومينيوم، ومم تتكون كل سبيكة؟
- ١١ - كيف يحضر فلز الألومينيوم؟ اشرح الطريقة الخاصة بذلك؟
- ١٢ - من مركبات الألومينيوم كبريتات الألومينيوم، كيف يحضر هذا المركب؟، وما خواصه، وما استخداماته؟
- ١٣ - استنتج من خلال التجارب الكشف عن وجود أيون الألومينيوم.
- ١٤ - اذكر أهم استخدامات الألومينيوم ومركباته.



عناصر المجموعة الرئيسية الرابعة IVA (مجموعة الكربون)

درست سابقاً الجدول الدوري الحديث، وعرفت الكيفية التي يتم بها تحديد موقع المجموعة في الجدول الدوري، وكذلك تدرج خواصها الفيزيائية، والكيميائية.

- ما رقم العمود الرأسي الذي تشغله عناصر المجموعة الرئيسية الرابعة؟
- ما أسماء عناصر المجموعة الرئيسية الرابعة؟ وما رموزها وأعدادها الذرية؟

للتعرف على ذلك أنظر إلى الجدول (١) والذي يوضح بعض الخواص المهمة لعناصر المجموعة الرئيسية الرابعة.

جدول (١) يوضح بعض خواص عناصر المجموعة الرئيسية الرابعة

| اسم العنصر | رمزه وعدده الذري | الصفة الفلزية واللافلزية | التوزيع الإلكتروني | درجة الانصهار م | نصف القطر الذري (pm) | طاقة التأين الأولى kJ/mol | الكهرلية السالبة |
|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---|-----------------|----------------------|---------------------------|------------------|
| الكربون | C ⁶ | لا فلز | [He] 2S ² 2P ² | 3570 | 0.77 | 1086 | 2.5 |
| السيليكون | Si ¹⁴ | شبه فلز | [Ne] 3S ² 3P ² | 1410 | 1.18 | 787 | 1.8 |
| الجرمانيوم | Ge ³² | شبه فلز | [Ar]4S ² 3d ¹⁰ 4P ² | 937 | 1.22 | 762 | 1.8 |
| القصدير | Sn ⁵⁰ | فلز | [Kr]5S ² 4d ¹⁰ 5P ² | 232 | 1.41 | 709 | 1.8 |
| الرصاص | Pb ⁸² | فلز | [Xe]6S ² 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6P ² | 327 | 1.46 | 716 | 1.9 |
| أنيونكواديوم (الاسم المؤقت) | Uuq ¹¹⁴ * | فلز | [Rn]7S ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7P ² | قيده الدراسة | قيده الدراسة | قيده الدراسة | قيده الدراسة |

* عنصر جديد تم اكتشافه حديثاً ولا زالت خواصه قيد الدراسة.

من خلال الجدول السابق يُلاحظ أن هذه المجموعة تشمل عنصر الكربون، والسيليكون، والجرمانيوم، والقصدير، والرصاص، وهناك عنصر جديد تم اكتشافه حديثاً ولم يتم اعتماده بعد، من قبل IUPAC (الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية)، كما أن خواصه الفيزيائية، والكيميائية لاتزال قيد الدراسة وهو عنصر (Uuq). ويتضح كذلك أن عناصر المجموعة الرابعة تقع في الجزء الأيمن من الجدول الدوري، وتشغل العمود الرأسي رقم (١٤).



شكل (١) بعض عناصر المجموعة الرئيسية الرابعة

وتتميز ذرات هذه العناصر بأن مستوياتها الأخير يحتوي على أربعة إلكترونات .

من خلال الجدول (١) :

- كيف يتدرج الحجم الذري لعناصر هذه المجموعة؟
- كيف تتدرج طاقة التأين الأولى، والسالبة الكهربية، ودرجة الانصهار؟

الخواص العامة لعناصر المجموعة الرئيسية الرابعة (IVA)

توجد عناصر هذه المجموعة على هيئة عناصر حرة في الطبيعة، أو على هيئة مركبات . وما يميز عناصر هذه المجموعة هو الاختلاف الواضح في خواصها الفيزيائية، والكيميائية، وبشكل عام يمكن تتبع تدرج الخواص العامة لعناصر هذه المجموعة على النحو الآتي :

١ - الخاصية الفلزية، واللافلزية، وشبه الفلزية :

من خلال الجدول (١) يتضح أن الصفة الفلزية، واللافلزية، وشبه الفلزية تبدو واضحة عندما ننتقل من أعلى المجموعة إلى أسفلها؛ حيث يلاحظ أن الصفة اللافلزية تقل في المجموعة من أعلى إلى أسفل (بزيادة العدد الذري)؛ ويُلاحظ أن الكربون لافلز، أما السليكون فهو -أصلاً- لافلز، إلا أنه يظهر أحياناً بصفات شبه فلزية خاصة فيما يتعلق بالخواص الكهربية، والفيزيائية؛ ولذلك يصنف على أنه شبه فلز، أما الجرمانيوم فهو - أيضاً- شبه فلز، أما بالنسبة للقصدير، والرصاص فهما من الفلزات، وكذلك الحال بالنسبة للعنصر الجديد (Uuq) فهو فلز إلا أن كثيراً من خواصه لازالت قيد الدراسة .

٢ - التوزيع الإلكتروني، وتكافؤ عناصر المجموعة :

لاحظ الجدول (١)، وقارن بين التوزيع الإلكتروني لعناصر المجموعة الرابعة .

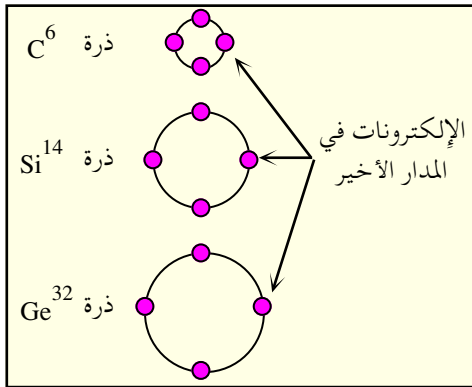
- ماذا تلاحظ؟

- كم عدد الإلكترونات التي تشغل المستوى الأخير للطاقة والتي تتوزع في المستويين الفرعيين (sp) ؟

- ما وجه الشبه بين ذرات هذه العناصر؟

نظراً لأن طاقة التأين كبيرة جداً فإنه يصعب نزع جميع هذه الإلكترونات؛ ولذلك فإنه لم يلاحظ تكوّن أيون موجب رباعي التكافؤ (M^{4+}) .

- ما علاقة عدد الإلكترونات التي تملأ المستوى الأخير للطاقة برقم المجموعة؟
- لو حظ أن العناصر الموجودة أسفل المجموعة مثل القصدير، والرصاص يمكنها تكوين أيون موجب ثنائي التكافؤ (M^{2+})؛ حيث يمكن نزع إلكترونين، ولذلك فهي تعد من الفلزات، كونها تميل إلى فقد الإلكترونات، وبشكل عام فإن أعلى تكافؤ للعناصر في المجموعة هو (الرباعي)، حيث يمثل رقم المجموعة.
- وتتميز الفلزات في هذه المجموعة بقدرتها على تكوين تكافؤات مختلفة.



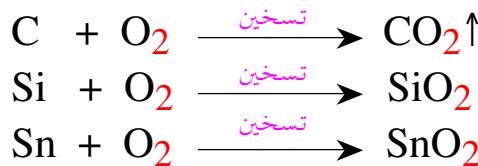
شكل (٢) تدرج الحجم الذري لعناصر المجموعة الرئيسية الرابعة

٣- الحجم الذري :

- من خلال النظر إلى أنصاف أقطار ذرات العناصر من المجموعة الرابعة، ماذا تلاحظ؟
- كيف يتدرج حجم الذرات في هذه المجموعة؟ استعن بالشكل (٢).
- ما السبب الذي يجعل ذرة الكربون لا تميل إلى فقد الإلكترونات أثناء التفاعل، وتكوين روابط تساهمية بدلاً عن ذلك، بينما ذرات الرصاص يمكن أن تفقد إلكترونين مكونة روابط أيونية عند تفاعلها مع اللافلزات؟

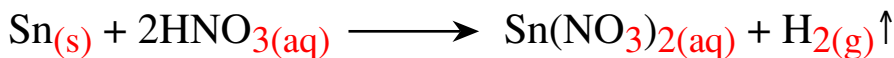
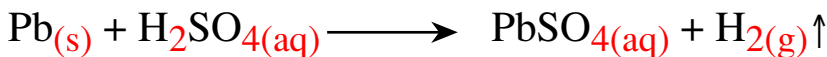
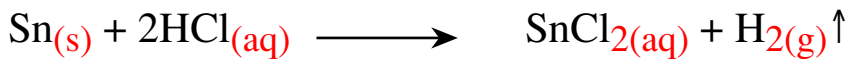
أهم تفاعلات عناصر المجموعة الرئيسية الرابعة

- أ - تفاعلها مع الأكسجين : تتفاعل عناصر المجموعة الرئيسية الرابعة مع الأكسجين مكونة أكاسيد وفقاً للمعادلات الآتية :

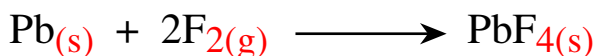
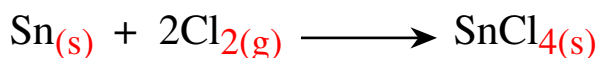


يتفاعل الرصاص والجرمانيوم مع الأكسجين مكوناً أكاسيد، اكتب معادلة التفاعل، ووضح تكافؤ ذرة الرصاص، والجرمانيوم في هذه الأكاسيد.

ب - تفاعلها مع الحموض : تتفاعل العناصر الفلززية في المجموعة الرئيسة الرابعة مع الحموض مكونة أملاحاً، ويتصاعد غاز الهيدروجين وفقاً للمعادلات الآتية :



ج - تفاعلها مع الهالوجينات : تتفاعل بعض هذه العناصر مع الهالوجينات مكونة هاليدات . حيث وجد أن السيليكون، والجرمانيوم، والقصدير، والرصاص تتفاعل مع الكلور، والفلور، والبروم . كما يظهر في المعادلات الآتية :



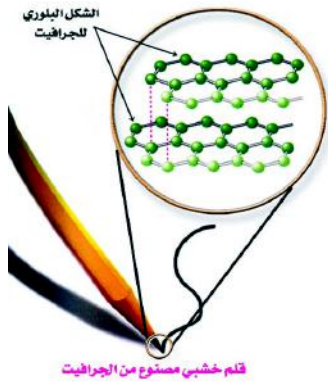
د - القدرة على ارتباط ذرات العنصر ببعضها :

ينفرد الكربون، والسيليكون بخاصية متميزة عن بقية عناصر المجموعة؛ حيث تمتلك ذرة الكربون قدرةً هائلةً على الارتباط مع نفسها مكونةً سلاسلَ وحلقاتٍ قد تحوي على العشرات من ذرات الكربون، كما أن لها القدرة على الارتباط بذرة الهيدروجين، والأكسجين، والنيتروجين، والكبريت، ونتيجة لارتباط الكربون بهذه العناصر تتكوّن المركبات العضوية التي يُبنى منها جسم الكائن الحي، سواء أكان نباتاً، أم حيواناً، أم إنساناً، وقد درست في الصف الأول الثانوي العديد من المركبات العضوية، والتي تسمى بالهيدروكربونات المشبعة، وغير المشبعة، وفي الوحدات اللاحقة من هذا الكتاب ستتعرف على العديد من المركبات العضوية التي يُعد الكربون عنصراً أساسياً في بنائها، إلى جانب الأكسجين، والنيتروجين، والكبريت، والهيدروجين.

كما أن السيليكون يشبه الكربون في قدرة ذراته على الارتباط مع بعضها، بدرجة أقل من قدرة ذرة الكربون، إلا أن السيليكون يمكن أن يكون سلاسلَ طويلة مع

ذرة الأكسجين، ولذلك يُعدّ السيليكون مكوناً هاماً، وأساسياً في تشكيل القشرة الأرضية؛ حيث يحتلّ السيليكون المركز الثاني بعد الأكسجين، من حيث وفرته في القشرة الأرضية؛ حيث أنّ الرمل، والكوارتز، وسيليكات الفلزات يدخل في تركيبها السيليكون، والأكسجين.

أما بالنسبة لبقية العناصر فهي لا تملك القدرة على الارتباط مع نفسها؛ لتكوين مثل هذه السلاسل كما هو في الكربون، والسيليكون.



شكل (٣) شكّل بلوري للجرافيت

كما يستخدم الجرافيت في صناعة الأقلام الخشبية (أقلام الرصاص)، شكل (٣)، وفي صناعة الأقطاب الكهربائية، وصناعة المولدات الكهربائية، ومكبرات الصوت وذلك



شكل (٤) طائرة تدخل ألياف الكربون في صناعتها

استخدامات عناصر المجموعة الرابعة

هناك استخدامات عديدة لعناصر المجموعة الرابعة، فمثلاً: نجد أن الكربون يوجد في صورتين هما: الماس، والجرافيت، وكلاهما يدخلان في كثير من الصناعات، فمثلاً: يدخل الماس في صناعة الحليّ، وصناعة الأدوات المستخدمة لثقب، أو طحن المواد الصلبة، أو قطع الزجاج، وذلك نظراً لصلابته، لأنّه موصل جيد للكهرباء، كما يستخدم في صناعة الطلاء الأسود المضاد للحرارة؛ حيث تُدهن به جدران الأفران.

ويدخل الجرافيت في صناعة ألياف الكربون التي تستخدم في العديد من الصناعات، ومنها على سبيل المثال: صناعة المقاتلات الحربية المسماة بالشبح، انظر الشكل (٤).

ويستخدم السيليكون في صناعة الزجاج.

كما يستخدم عنصر السيليكون في العديد من الصناعات المهمة للإنسان في عصرنا الحالي، فمثلاً: يدخل السيليكون النقي في صناعة الأجهزة الإلكترونية التي تعدُّ أساسَ صناعةِ الراديو، والتلفزيون، والكمبيوتر؛ حيث لا تخلو هذه الأجهزة من الترانزيستور، كما يستخدم السيليكون النقي في صناعة الخلايا الضوئية، شكل (٥).



شريحة من السيليكون النقي



خلايا ضوئية مصنوعة من السيليكون النقي

شكل (٥) خلايا ضوئية



شكل (٦) ألياف ضوئية



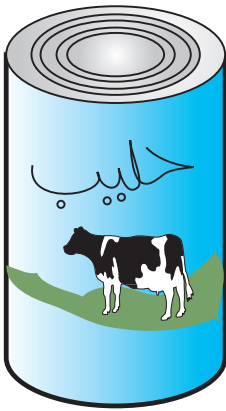
شكل (٧) مادة الإسبيستوس

كما أن تطور الأبحاث في مجال تكنولوجيا الاتصال قد مكّن العلماء من الحصول على ما يسمى بالألياف الضوئية، التي تصنع من نوع خاص من الزجاج النقي الذي يدخل السيليكون في تكوينه، ومن خواص هذه الألياف: قدرتها على نقل الموجات الضوئية التي تحمل كمية هائلة من المعلومات التي كانت سابقاً تُنقل عبر الأسلاك الضخمة، انظر الشكل (٦).

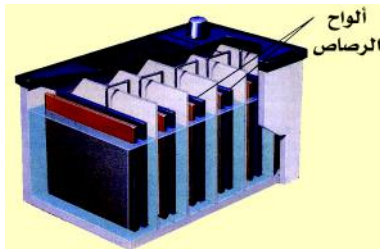
حيث أصبح - الآن - بالإمكان نقل الرسائل الصوتية، وإرسال الصور عبر هذه الألياف من مسافات بعيدة جداً، وبكفاءة عالية.

كما يدخل السيليكون في صناعة مادة الأسبيستوس Asbestos، شكل (٧) التي تدخل السيليكات في صناعتها، وقد تم استخدام الأسبيستوس لأغراض عديدة نظراً لقوتها، ومتانتها، وقدرتها على مقاومة الحرارة، إلا أنه ظهر مؤخراً تأثيرها الضار على الإنسان؛ حيث اتضح أن استنشاق كمية من غبار هذه المادة قد يؤدي إلى إصابة الرئة بالسرطان.

ويستخدم الكربون، والسيليكون لتكوين سبيكة تُسمى كربيد السيليكون؛ حيث تستخدم لصناعة المنشار الصلب الذي يستخدم في قطع، وفرم المواد الصلبة.



شكل (٨) علبة مصنوعة من حديد وقصدير



شكل (٩) مواد يدخل الرصاص في صناعتها

أما بقية عناصر المجموعة فهي تدخل - أيضاً - في صناعات عديدة، فمثلاً: يتم استخدام القصدير في صناعة العلب التي تحفظ بها المواد الغذائية المعلّبة، كما يستخدم الرصاص في صناعة البطاريات، وفي أدوات السباكة، وفي صناعة الستار الواقي من الإشعاعات، وكذلك في صناعة الطلاء، إلا أن القلق من الآثار الضارة للرصاص على البيئة والإنسان أدّى إلى حظر استخدامه في هذه الصناعات .

ونظراً لأهمية الكربون في تكوين المركبات العضوية التي تشكل المكوّن الأساسي للجسم الكائن الحي؛ فإننا سنتناول دراسة عنصر الكربون كمثال لهذه المجموعة المسماة بمجموعة الكربون نسبة إليه .

عنصر الكربون (C)

الكربون عنصر أساسي للحياة :

يعد الكربون من العناصر المهمة؛ إذ أن (٨٠ ٪) من المركبات المعروفة تحتوي على

الكربون، أغلب مركبات الكربون هي مركبات عضوية تدخل في بناء أجسام الكائنات الحية: النباتية، والحيوانية، ومثال ذلك: البروتين، والدهون، والسكر، والفيتامينات، والإنزيمات، كما أن هناك مركبات غاية في الأهمية لحياة الانسان، مثل: البلاستيك، والغاز الطبيعي، والبتترول، ومشتقاته .

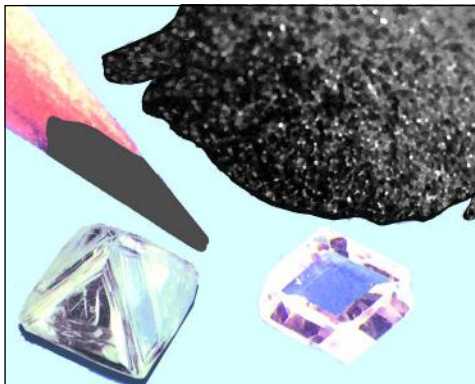
والمركبات غير العضوية، والتي يدخل الكربون في تكوينها هي - أيضاً - هامة - رغم قلتها - مقارنة بالمركبات العضوية، مثل: أول وثاني أكسيد الكربون، وحمض

الكربونيك وأملاحه، فمثلاً: غاز ثاني أكسيد الكربون من المواد المهمة التي يحتاجها النبات في عملية التمثيل الضوئي، ومن حكمة الله سبحانه وتعالى أن جعل نسبته في الجو مستقرة ودورته ثابتة ومترنة تضمن بقائه على الدوم؛ وبواسطته يتمكّن النبات من صنع غذائه، ولولا ذلك لما كان هناك نبات على وجه الأرض أو حياة، فسبحان الخالق المبدع الذي أودع في ذرة الكربون تلك الخصائص الفريدة التي جعلته أهم عنصر تُبنى على أساسه الحياة على هذه الأرض.

نشاط منزلي



استعن بالمراجع العلمية المتوافرة في المكتبة، واكتب موضوعاً عن أهمية الكربون ودورته في الطبيعة، ومركباته العضوية، وغير العضوية وأهميتها للإنسان والحيوان، ثم ناقش ما كتبتّه مع زملائك ومدرسك في الصف.



شكل (١٠) صور الكربون

وجود الكربون :

- ١ - يوجد في الطبيعة على هيئة صورتين هما: الماس، والجرافيت، انظر الشكل (١٠).
- ٢ - يوجد على هيئة كربونات في كثير من المعادن، مثل: كربونات (الكالسيوم، والمغنيسيوم، والصوديوم).
- ٣ - يوجد على هيئة غاز ثاني أكسيد الكربون الذي ينتج عن تحلل المواد العضوية، ومن عملية التنفس في الحيوان والنبات.
- ٤ - يوجد في مشتقات البترول، والغاز الطبيعي، والفحم.
- ٥ - يدخل في تركيب العديد من المركبات العضوية الموجودة في جسم الإنسان، والحيوان.

يحتوي الكربون الطبيعي على نسبة ضئيلة من نظير الكربون المشع C^{14} ،
والذي يستخدم لتقدير عمُر الأحافير، والأشجار المعمرة.

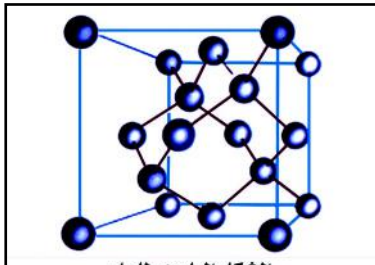
نشاط منزلي



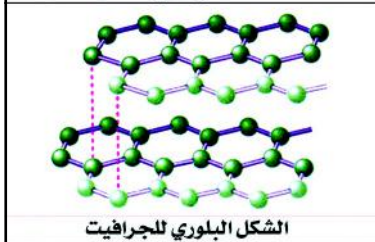
استعن بالمراجع العلمية المتوفرة في المكتبة، واكتب تقريراً عن النظائر المختلفة
للكربون واستخداماتها ، وناقش ذلك مع زملائك ومدرسك في الصف .

التآصل في الكربون :

التآصل هو : وجود العنصر الواحد في أكثر من صورة؛ بحيث تختلف هذه
الصور عن بعضها في الخواص الفيزيائية، ولكنها تتشابه في الخواص الكيميائية .
وهذه الخاصية توجد بكثرة بين اللافلزات، فمثلاً: يوجد الكربون في صورتين
بلّوريتين هما: الماس، والجرافيت، فالماس أشدّ صلابة بسبب وجود الروابط التساهمية
التي تربط كل ذرة مع أربع ذرات أخرى مكونة بلورات ثمانية الأوجه، بينما يتميز
الجرافيت بأنه أكثر ليونة؛ لأن بلوراته تتكون نتيجة لارتباط كل ذرة مع ثلاث ذرات
أخرى مكونة بلورات سداسية الأوجه .



الشكل البلوري للماس



الشكل البلوري للجرافيت

شكل (١١) شكل بلوري
للماس والجرافيت

كما يوجد الكربون في صوراً أخرى غير
بلورية، مثل: الفحم الحجري، والفحم (الكوك)،
وفحم المعوجات، والفحم النباتي، وفحم العظام .

نشاط منزلي



استعن بالمراجع العلمية المتوفرة في
المكتبة، واكتب تقريراً عن الصور المختلفة
للكربون، وخواص كل منها، وناقش ذلك مع
زملائك ومدرسك في الصف .

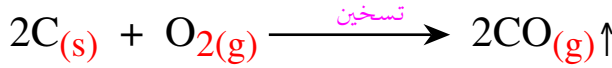
مركبات الكربون :

١ - أكاسيد الكربون :

هناك نوعان أساسيان من الأكاسيد هما: أول أكسيد الكربون، وصيغته الجزيئية (CO)، وثاني أكسيد الكربون، وصيغته الجزيئية (CO₂).

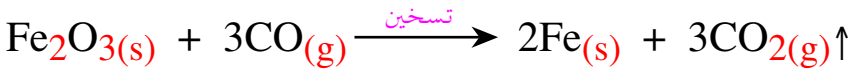
أ - تحضير غاز أول أكسيد الكربون (CO)

يُحضَّر أول أكسيد الكربون عند حرق الكربون في وجود كمية محددة من الأكسجين، وفقاً للمعادلة الآتية :



غاز أول أكسيد الكربون من الغازات السامة، ويتميز بأنه غاز عديم اللون، والطعم، والرائحة، وعندما يدخل هذا الغاز إلى الرئة يقوم بالاتحاد مع الهيموجلوبين، وبذلك يمنع نقل الأكسجين إلى الخلايا مما يؤدي إلى موت الكائن الحي. وتحدث سنوياً بعض حالات الوفاة في المناطق الباردة، وذلك عند قيام أفراد الأسرة باستخدام الفحم في التدفئة، وخاصة في الغرف المغلقة؛ وذلك لتصاعد أول أكسيد الكربون.

ويستخدم أول أكسيد الكربون في الصناعة؛ كونه عامل مختزل يقوم باختزال أكاسيد المعادن، كما يحدث عند استخلاص الحديد، وفقاً للمعادلة الآتية :



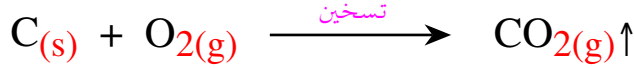
نشاط (٥)

نفذ هذا النشاط والمتعلق باستخلاص المعادن من أكاسيدها، واكتب النتائج في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

ب - تحضير غاز ثاني أكسيد الكربون (CO₂)

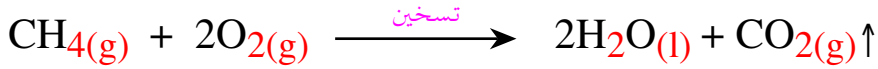
يمكن تحضير غاز ثاني أكسيد الكربون عن طريق حرق الكربون مع كمية وافرة من

الأكسجين، كما في المعادلة الآتية :



وكذلك يمكن الحصول على غاز ثاني أكسيد الكربون عند حرق المركبات المحتوية

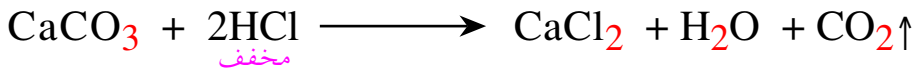
على الكربون في كمية وافرة من الأكسجين، كما في المعادلة الآتية :



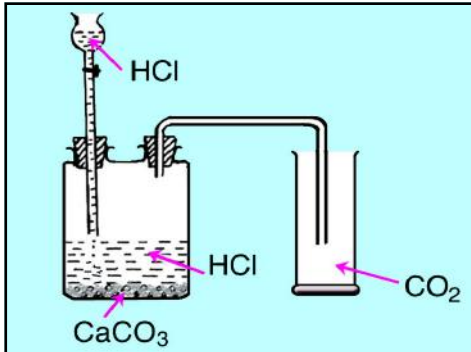
تحضير غاز ثاني أكسيد الكربون (CO₂) في المعمل :

يحضر غاز CO₂ في المعمل عن طريق تفاعل حمض الهيدروكلوريك المخفف مع

كربونات الكالسيوم (الرخام)، كما في المعادلة الآتية :



وتستخدم زجاجة وولف لتحضير غاز ثاني أكسيد الكربون في المعمل، كما هو



شكل (١٢) تحضير غاز CO₂ في المعمل

موضح في الشكل (١٢) .

- أيهما أثقل: الهواء، أم ثاني أكسيد الكربون؟

- من خلال ملاحظتك للشكل

(١٢)، كيف يتم جمع الغاز؟ وما

السبب في ذلك؟

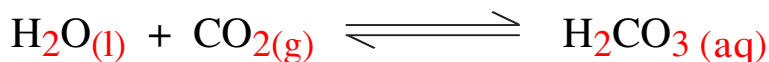


نشاط (٦)

نفذ النشاط المتعلق بتحضير غاز CO₂ في المعمل، مستخدماً كتاب

الأنشطة والتجارب العملية.

٢ - تحضير حمض الكربونيك (H_2CO_3) في المعمل :
يُحضَّر حمض الكربونيك بإمرار تيار من الماء في غاز CO_2 ، وذلك حسب
المعادلة الآتية :



٣- الكربونات والبيكربونات :

تعتبر الكربونات من أملاح حمض الكربونيك، وهي أملاح لا تذوب في الماء،
فيما عدا كربونات البوتاسيوم، وكربونات الأمونيوم، وكربونات الصوديوم، أمّا
بالنسبة للبيكربونات فهي - أيضاً - من مشتقات حمض الكربونيك، وتتميز بأنها
تنحل بالحرارة مكونة الكربونات. وتتفاعل مع الحموض المختلفة ويتصاعد غاز CO_2
، وقد سبق لك دراسة خواص الكربونات، والبيكربونات في الصف العاشر.

يعد الدولوميت من الخامات المهمة التي يستخلص منها الكالسيوم
الماغنيسيوم وصيغته الكيميائية ($CaCO_3.MgCO_3$).



نشاط منزلي

اكتب الصيغة الكيميائية لبيكربونات الصوديوم والكالسيوم، وكربونات
الصوديوم والكالسيوم، ووضِّح بالمعادلات الكيميائية الموزونة ما يحدث عند
تفاعل هذه المركبات مع حمض HCl المخفف.

تقويم الوحدة

نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الإجابة عن الأسئلة الآتية :

- س ١ : أين تقع عناصر المجموعة الرئيسية الرابعة في الجدول الدوري؟
- س ٢ : اكتب التوزيع الإلكتروني للثلاثة العناصر الأولى من المجموعة الرئيسية الرابعة (C^6 , Si^{14} , Ge^{32}) ، واستنتج السبب الذي جعل هذه العناصر تُدرج ضمن هذه المجموعة .
- س ٣ : وضّح كيف تتدرج الخاصية الفلزية واللافلزية، والحجم الذري، وطاقة التأين عند الانتقال في المجموعة الرابعة من أعلى إلى أسفل المجموعة؟
- س ٤ : يمتلك الكربون والسيليكون خاصية فريدة تميزهما عن بقية العناصر، فما هذه الخاصية؟، وما دورها في تكوّن المركبات المختلفة؟
- س ٥ : ما المقصود بظاهرة التآصل؟، وما العنصر الذي يوجد في المجموعة الرئيسية الرابعة، ويمتلك الصفة ذاتها؟
- س ٦ : علل لما يأتي :

- أ - أغلب مركبات الكربون تساهمية، بينما نجد أن مركبات القصدير والرصاص أيونية .
- ب - الماس أشد صلابة من الجرافيت .
- ج - يعدُّ الكربون أساس وجود الحياة في الأرض .
- د- استفادات البشرية من التطبيقات التكنولوجية لعنصر السيليكون استفادةً كبيرة أدّت إلى تطور وسائل الاتصال، والتجهيزات الإلكترونية .

هـ - غاز أول أكسيد الكربون سام يؤدي إلى الموت عند استنشاقه .

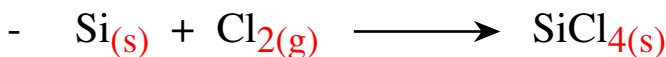
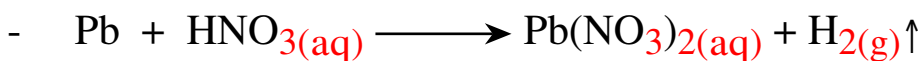
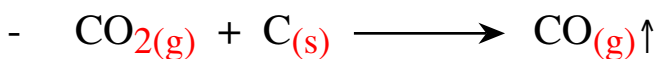
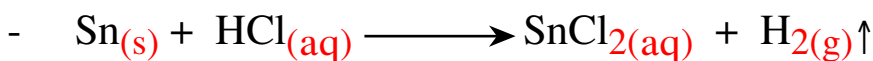
س٧: اكتب المعادلات الكيميائية الموزونة التي تعبر عن التفاعلات الآتية :

أ - احتراق الميثان .

ب - تفاعل أكسيد الحديد (III) (Fe_2O_3) مع أول أكسيد الكربون .

ج - تفاعل كربونات الماغنيسيوم مع حمض HCl المخفف .

س٨: زن المعادلات الآتية :



عناصر المجموعة الرئيسية الخامسة (VA) وموقعها في الجدول الدوري



- من خلال دراستك للجدول الدوري الحديث :
 - حدد موقع عناصر المجموعة الرئيسية الخامسة .
 - اكتب اسم كل عنصر، وحدد عدده الذري .
 - اكتب التوزيع الإلكتروني لذرات هذه العناصر .
 - ما تكافؤات ذرات هذه العناصر؟
 - ماذا تستنتج من تكافؤاتها؟، سجل ذلك في كراستك .
 - للتعرف على بعض خواص المجموعة الرئيسية الخامسة، انظر الجدول (١) .
- جدول (١) يوضح بعض خواص عناصر المجموعة الرئيسية الخامسة

| السمية الكهربائية | طاقة التأين الأولى kJ/mol | نصف القطر الذري (pm) | درجة الانصهار م | التوزيع الإلكتروني | الصفة الفلزية واللافلزية | رمزه وعدده الذري | اسم العنصر |
|-------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------|---|--------------------------|------------------|------------|
| 3.0 | 1402 | 0.77 | -209.9 | [He] 2S ² 2P ³ | لا فلز | N ⁷ | النتروجين |
| 2.1 | 1012 | 1.18 | 44.1 | [Ne] 3S ² 3P ³ | لا فلز | P ¹⁵ | الفوسفور |
| 2.0 | 947 | 1.22 | 817 | [Ar]4S ² 3d ¹⁰ 4P ³ | شبه فلز | As ³³ | الزرنيخ |
| 1.9 | 834 | 1.41 | 630.5 | [Kr]5S ² 4d ¹⁰ 5P ³ | شبه فلز | Sb ⁵¹ | الأنثيمون |
| 1.9 | 703 | 1.46 | 271.3 | [Xe]6S ² 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6P ³ | فلز | Bi ⁸³ | البزموت |

من خلال الجدول (١) نلاحظ أن عناصر المجموعة الرئيسية الخامسة تشمل :
النتروجين، الفوسفور، الزرنيخ، الأنثيمون، والبزموت .
تقع عناصر هذه المجموعة في الجزء الأيمن من الجدول الدوري وتشغل العمود
الرأسي رقم (١٥) ، وتتميز ذرات هذه العناصر بأن مستوياتها الأخيرة تحتوي على
خمسة إلكترونات (ns² np³)، وبذلك نجد أن العناصر اللافلزية (النتروجين والفوسفور)
تميل إلى المساهمة مع ذرات العناصر الأخرى لتكوين ثلاث أو خمس روابط تساهمية .

من خلال الجدول (١) :

- كيف يتدرج الحجم الذري لعناصر هذه المجموعة؟
- كيف تتدرج طاقة التأين الأولى، والسالبية الكهربائية، ودرجة الانصهار؟

الخواص العامة لعناصر المجموعة الخامسة [VA]

تتغير خواص المجموعة الرئيسية الخامسة بانتظام بزيادة العدد والحجم الذري لذراتها، ويتضح ذلك كما يأتي :

أولاً: الخاصية الفلزية، واللافلزية

نجد أن عناصر هذه المجموعة تختلف في خاصيتها الفلزية واللافلزية؛ حيث يلاحظ أن النيتروجين، والفوسفور عناصر لافلزية، ثم تتدرج هذه الخاصية فنجد أن الزرنيخ والأنتيمون أشباه فلزات، ولكن هذين العنصرين يسلك كل منهما سلوكاً مختلفاً؛ حيث نجد أن الزرنيخ يسلك مسلك اللافلزات، بينما الأنتيمون يسلك مسلك الفلزات، لكن العنصر الأخير في هذه المجموعة له خاصية فلزية واضحة وهو عنصر البزموت.

ثانياً: خاصية التآصل

يلاحظ أن عناصر هذه المجموعة توجد على شكلين تآصليين أحدهما خفيف



شكل (١) بعض عناصر المجموعة الخامسة

وشفاف، والآخر ثقيل وله مظهر فلزي .
ويزداد الشكل التآصلي استقراراً كلما تدرجنا في هذه المجموعة من الأعلى إلى الأسفل، أي كلما زاد العدد الذري لعناصرها، إلا أن خاصية التآصل لا توجد في النيتروجين .

أما الخواص الأخرى، مثل: الكثافة، ودرجة الانصهار، ودرجة الغليان، فإنها

تزداد بازدياد العدد الذري لعناصر هذه المجموعة، كما توجد عناصر هذه المجموعة على شكل جزيئات ثنائية الذرة كما في النيتروجين (N_2)، ورباعية الذرة كما في أبخرة الفوسفور (P_4)، والزرنيخ (As_4)، والأنتيمون (Sb_4)، والبزموت في حالته الصلبة يكون على هيئة بلورة فلزية، انظر شكل (١) .

ثالثاً: تفاعلات عناصر المجموعة الخامسة مع بقية العناصر

أ - **الاتحاد مع الهيدروجين**: تكون عناصر هذه المجموعة مركبات تسمى هيدريدات، مثل: NH_3 (نشادر)، PH_3 (فوسفين)، أما قابلية ذوبان هذه المركبات فتقل من النيتروجين إلى البزموت؛ حيث إن مركبات البزموت الهيدروجينية تكاد تكون عديمة الذوبان .

ب- **الاتحاد مع الأكسجين**: أكاسيد هذه المجموعة تكون إما ثلاثية أو خماسية، والأكاسيد الخماسية أشد حموضة من الثلاثية، وتقل خاصية الحموضة لأكاسيد العناصر الثلاثية أو الخماسية ابتداء من النيتروجين وانتهاء بالأنتيمون، أي من أعلى المجموعة إلى أسفلها .

ولكي نتعرف على المزيد من خواص هذه المجموعة (VA)، سندرس بشيء من التفصيل أحد هذه العناصر كمثل لها وهو النيتروجين، والذي يعد أكثر انتشاراً من بين هذه العناصر .

النيتروجين (N) :

النيتروجين عنصر من العناصر الرئيسة الموجودة في خلايا الكائنات الحية، ويعتبر من المكونات الرئيسة للحموض الأمينية التي تعد مواداً أساسية في عملية تحضير البروتينات، ويوجد النيتروجين على هيئة غاز في الهواء الجوي (N_2) .

ويلاحظ من خلال الجدول (١) أن التوزيع الإلكتروني لذرة النيتروجين في الحالة الاعتيادية هو: $1S^2 2S^2 2P^3$ ، وتميل ذرة النيتروجين إما لاكتساب الإلكترونات لتكوين نيتريدات أيونية تحتوي على أيون N^{3-} ، أو عن طريق تكوين ثلاث روابط تساهمية .

وجود النيتروجين :

يوجد في الغلاف الجوي بنسبة ٧٨٪ من حجم الهواء الجوي ، أما نسبته بالنسبة لوزن الهواء فتمثل ٧٥,٥ ٪. ويوجد النيتروجين على شكل جزيئ ثنائي الذرة N_2 ، كما يوجد متحداً مع عناصر أخرى مكوناً مركبات هامة، مثل: نيترات الصوديوم، ونيترات البوتاسيوم. ويدخل النيتروجين في تركيب خلايا الكائنات الحية إذ يعتبر عنصراً أساسياً في تركيب البروتينات.

تحضيره :

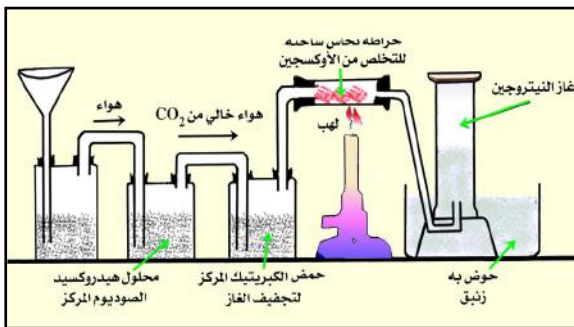
أولاً: تحضيره في الصناعة

بما أن الغلاف الجوي للأرض يتكون من حوالي ٧٨٪ من حجمه N_2 ، فإن المصدر التجاري للنيتروجين هو عملية إسالة الهواء، فعندما يغلي الهواء السائل، يتصاعد النيتروجين - أولاً- لأن درجة غليانه هي الأكثر انخفاضاً، ثم يتم جمعه. والنيتروجين التجاري الذي نحصل عليه من هذا المصدر تقدر نسبته بحوالي ٩٩٪، مع كمية ضئيلة من الأرجون والأكسجين لا تتجاوز ١٪.

ثانياً: تحضيره في المعمل المدرسي

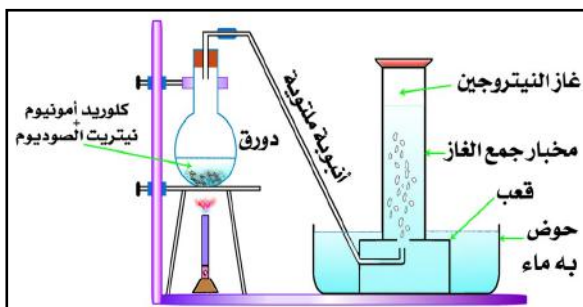
يحضر النيتروجين في المعمل بطريقتين:

أ - من الهواء الجوي: يستخدم الجهاز الموضح بالشكل (٢) لتحضير النيتروجين حيث يتم إمرار الهواء الجوي عبر القمع إلى الإنائين المحتويين على هيدروكسيد الصوديوم المركز، فيتم امتصاص غاز CO_2 ، ثم يمر الهواء الخالي من غاز CO_2 عبر الإناء الثالث المحتوي على حمض الكبريتيك المركز الذي يعمل على امتصاص بخار الماء، ويخرج الهواء الجاف إلى الأنبوبة المحتوية على خرطة النحاس الساخن لدرجة الإحمرار، فيتحد الأكسجين مع النحاس مكوناً أكسيد النحاس على



شكل (٢) تحضير غاز النيتروجين من الهواء الجوي

سطح الخرطة، وبذلك يتم التخلص من غاز الأكسجين ويتبقى غاز النيتروجين الذي يجمع بإزاحة الزئبق إلى أسفل ويتجمع الغاز في المخبار.



ب - من المركبات النيتروجينية :
يحضر غاز النيتروجين في
المعمل المدرسي أيضاً بتسخين
محلول يحتوي على أحد أملاح
الأمونيوم، مثل كلوريد
الأمونيوم (NH₄Cl)، وأحد

شكل (٣) تحضير غاز النيتروجين في المعمل المدرسي
أملاح النيتريت، مثل نيتريت الصوديوم (NaNO₂)، وذلك باستخدام الجهاز المبين
في الشكل (٣).

يفضل استخدام محلول من كلوريد الأمونيوم، ونيتريت الصوديوم وذلك
للتقليل من خطورة التجربة الناتج من استخدام الزئبق.

والتفاعلات التي تحدث عند تحضير غاز النيتروجين في المعمل يمكن تمثيلها
بالمعادلات الكيميائية الآتية:

$$\text{NaNO}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\text{تسخين}} \text{NH}_4\text{NO}_2 + \text{NaCl}$$

ولأن نيتريت الأمونيوم مركب غير ثابت فإنه يتحلل بالحرارة مكوناً غاز
النيتروجين والماء، وفقاً للمعادلة الآتية:

$$\text{NH}_4\text{NO}_2 \xrightarrow{\text{حرارة}} \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$$

ويمكن إزالة آثار أكاسيد النيتروجين، وذلك بإمرار غاز النيتروجين الناتج في
محلول حمضي من ثاني كرومات البوتاسيوم. ما السبب في ذلك؟



نشاط (٧)

نفذ هذا النشاط والخاص بتحضير غاز النيتروجين في المعمل والموجود في
كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

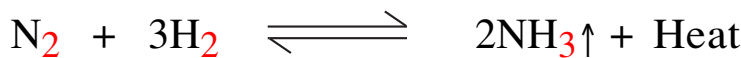
خواص غاز النيتروجين :

غاز النيتروجين عديم اللون، والطعم والرائحة، وهو أخف قليلاً من الهواء، وأقل قابلية للذوبان في الماء من الأكسجين، وصعب الإساله؛ فهو يُسال عند درجة (١٩٥,٨م°)، ويتجمد الغاز عند درجة (٢١٠,٥م°)، كما أنه لا يشتعل ولا يساعد على الاشتعال، وهو غاز غير سام، ولولا وجوده في الهواء لحدثت الحرائق المدمرة، فسبحان الله الذي خلق كل شيء بقدر!

النيتروجين غاز خامل في درجات الحرارة العادية بدليل وجوده مع الأكسجين في الهواء الجوي، وفي درجات الحرارة المرتفعة يتحد مع بعض الفلزات، أما في درجات الحرارة الأكثر ارتفاعاً، فإنه يتفاعل مع كثير من اللافلزات على النحو الآتي :

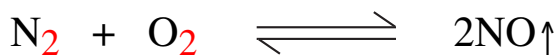
١ - اتحاده مع الهيدروجين :

يتحد بفعل الشرارة الكهربائية، أو في وجود العامل الحفاز، وتحت ضغط مرتفع فيتكون غاز النشادر (NH₃) .



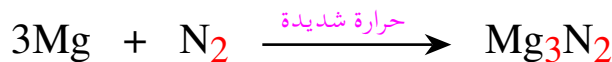
٢ - اتحاده مع غاز الأكسجين :

يحدث التفاعل مع الأكسجين عند درجة ٢٠٠٠م° بتأثير القوس الكهربائي .



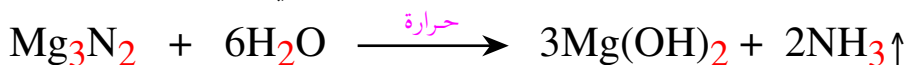
٣ - اتحاده مع الفلزات :

يتحد النيتروجين مع الألومنيوم، والماغنيسيوم، والكالسيوم، وغيرها من الفلزات في درجات الحرارة المرتفعة مكوناً نيتريدات الفلز، مثل :



نيتريد الماغنيسيوم

وتتحلل النيتريدات بتسخينها مع الماء، ويتكون غاز النشادر، وهيدروكسيد، أو أكسيد الفلز حسب ظروف التفاعل ، كما هو موضح في المعادلتين التاليتين :



استخدامات النيتروجين :

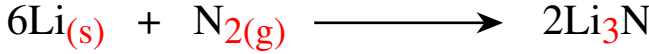
- يستخدم غاز النيتروجين في الصناعة كما يأتي :
- في صناعة غاز النشادر، وحمض النيتريك اللذين يُستخدمان في صناعة الأسمدة، والمفرقات .
- يستخدم كواق عند تداول أو نقل كثير من المواد القابلة للاشتعال في الهواء، وذلك لأن النيتروجين غاز خامل فهو يمنع التأكسد والاشتعال .

مركبات النيتروجين :

وتنقسم من حيث اتحادها مع العناصر الأخرى إلى قسمين، هما :

أ - مركبات النيتروجين الأيونية :

ومن أهم مركباته الأيونية النيتريدات؛ حيث يتحد غاز النيتروجين مباشرة مع بعض الفلزات النشطة جداً مثل الليثيوم والواقعة إلى أقصى اليسار من الجدول الدوري، حيث يتفاعل مع N_2 عند درجة حرارة الغرفة ليكون نيتريد الليثيوم، كما في المعادلة الآتية :



نيتريد الليثيوم

وعند درجة حرارة مرتفعة تتكون نيتريدات مشابهة عند التفاعل مع الماغنيسيوم، والكالسيوم، والسترانشيوم، والباريوم .

ب- مركبات النيتروجين التساهمية :

يكون النيتروجين مركبات تساهمية مع العديد من اللافلزات وأهمها تلك التي يكونها النيتروجين مع الهيدروجين، والأكسجين، ومن هذه المركبات النيتروجينية التساهمية غاز النشادر الذي يدخل في صناعة الأسمدة .

بعض النيترات الهامة :

من مركبات النيتروجين الهامة النيترات ، ومنها :

١ - نيترات الصوديوم ، وصيغتها : $NaNO_3$

٢ - نيترات البوتاسيوم ، وصيغتها : KNO_3

٣ - نيترات الفضة ، وصيغتها : $AgNO_3$

وجود النيترات: توجد النيترات بشكل عام في أماكن كثيرة من العالم، بينما نيترات الصوديوم تتركز بشكل كبير في "شيلي"، كما توجد نيترات البوتاسيوم على هيئة راسب في أماكن مختلفة في القشرة الأرضية.

تسميتها: تسمى نيترات الصوديوم بملح (بارود شيلي)، كما تسمى نيترات البوتاسيوم بملح (لبارود)، أما نيترات الفضة فكانت تسمى قديماً بحجر جهنم – أعاذنا الله منها.

تحضيرها: تحضر النيترات بشكل عام بتفاعل الفلز، أو أكاسيدها، أو هيدروكسيداتهما، أو كربوناتهما مع حمض النيتريك.

- كيف تحضر كل من: نيترات الصوديوم، ونيترات البوتاسيوم، ونيترات الفضة؟
- اكتب معادلات التفاعل لتحضير هذه النيترات من كل من أكاسيد، وهيدروكسيدات، وكربونات الفلزات مع حمض النيتريك (HNO₃).
- شارك زملاءك بتصحيح هذه المعادلات، ثم اعرض ذلك على مدرسك.

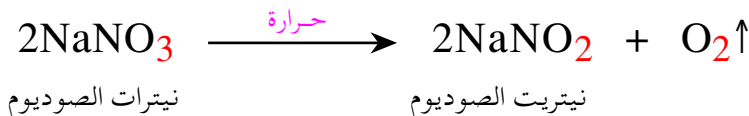
خواص النيترات العامة:

للنيترات خواص عامة، منها:

١ - تأثرها بالحرارة:

تتحلل بالحرارة، وتنتج أكاسيد نيتروجينية، وأحياناً بخار الماء.

- أ - تتحلل نيترات فلزات الألقلاء إلى نيتريت الفلز والأكسجين، وذلك بحسب المعادلة الآتية:



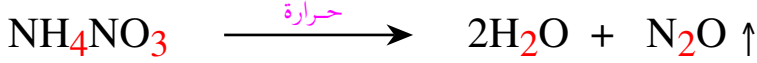
- اكتب معادلة التفاعل عند تحلل نيترات البوتاسيوم.
- سجل ذلك في كراستك.
- ب- تتحلل نيترات الفضة والزنثيق إلى الفلز، وثاني أكسيد النيتروجين ويتصاعد الأكسجين، كما في المعادلة الآتية:



– اكتب معادلة تفاعل تحلل نترات الزئبق $Hg(NO_3)_2$

– سجل ذلك في كراستك .

ج- تتحلل نترات الأمونيوم إلى أكسيد النيتروز والماء، كما يلي :



إذا سخنت نترات الأمونيوم بشدة فإنها قد تنفجر وتشكل خطورة؛ لذا يجب تسخينها بلطف وبحذر شديد .

٢ – الذوبان في الماء :

جميع النترات تذوب في الماء .

الكشف عن أيون النترات (NO_3^-) :



نشاط (٨)، (٩)

نفذ هذين النشاطين الخاصين بالكشف عن أيون النترات الموجودين في كتاب الأنشطة والتجارب العملية .

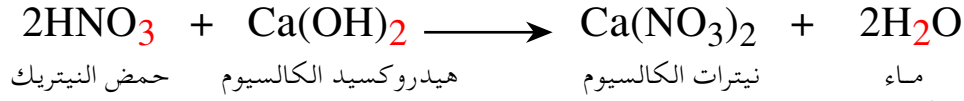
الأسمدة النيتروجينية :

هي أملاح تحتوي على عنصر النيتروجين اللازم لنمو النباتات، وهذه الأملاح قابلة للذوبان في الماء . وبما أن التربة تحوي عادة على كميات قليلة من النيتروجين، وهذه الكمية تمتص باستمرار عن طريق النباتات، فيؤدي ذلك إلى انخفاض نسبته في التربة، مما يجعل التربة أقل خصوبة؛ لذلك يلجأ المزارعون إلى إضافة بعض الأسمدة النيتروجينية لتعويض الفاقد .

ومن أمثلة الأسمدة النيتروجينية أملاح النترات، وأملاح الأمونيوم .

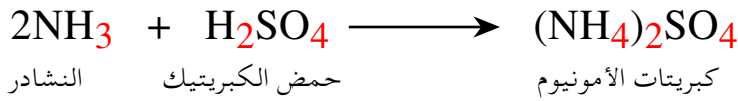
أولاً: سماد نترات الكالسيوم $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

يحضر هذا السماد بتعادل حمض النيتريك مع الجير المطفأ (هيدروكسيد الكالسيوم $\text{Ca}(\text{OH})_2$)، وذلك حسب معادلة التفاعل الآتية:



ثانياً: سماد كبريتات الأمونيوم $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$:

ويحضر سماد كبريتات الأمونيوم بتفاعل غاز النشادر مع حمض الكبريتيك حسب معادلة التفاعل الآتية:



يعد الكربون والهيدروجين والأكسجين من العناصر المتوفرة في الهواء الجوي والتربة، ويمكن للنبات الاستفادة منها إما عن طريق الهواء أو امتصاصها من التربة. ورغم أن النيتروجين يتوفر في الهواء بنسبة عالية (٧٨٪) وهو من العناصر المهمة جداً لحياة النبات، إلا أن النبات لا يتمكن من امتصاصه مباشرة من الهواء. وجميع النباتات تمتص النيتروجين الذائب في الماء عن طريق جذورها، إلا أن بعض النباتات وخاصة البقولية منها تستفيد من نيتروجين الهواء على هيئة نشادر يثبت عن طريق بكتيريا خاصة تعيش داخل العقد البكتيرية المنتشرة على جذور هذه النباتات، وتسمى هذه العملية بـ (عملية تثبيت النيتروجين) Nitrogen Fixation.

نشاط منزلي

اكتب تقريراً عن غاز النيتروجين ودورته في الطبيعة، وكذلك أهمية المركبات النيتروجينية في الحياة، مستعيناً بالمراجع التي قد تتوافر في مكتبة المدرسة، ثم ناقش ما توصلت إليه مع زملائك ومدرسك في الفصل.

تقويم الوحدة

نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الإجابة عن الأسئلة الآتية:

- ١ - ارسم الجدول الدوري محدداً فيه موقع عناصر المجموعة الرئيسية الخامسة من خلال معرفتك لأعدادها الذرية.
- ٢ - ما الخواص العامة للمجموعة الرئيسية الخامسة في الجدول الدوري للعناصر؟
- ٣ - ما الجزيئات التي توجد عليه عناصر المجموعة الرئيسية الخامسة؟
- ٤ - ما المقصود بظاهرة التآصل؟ وما علاقتها بالعدد الذري للعنصر؟
- ٥ - كيف يمكن تحضير غاز النيتروجين في الصناعة؟ اشرح ذلك.
- ٦ - اشرح إحدى الطريقتين اللتين يحضر بهما غاز النيتروجين في المعمل المدرسي، مع تأكيد شرحك برسم الجهاز المستخدم لذلك، والمعادلات الكيميائية للتفاعلات.
- ٧ - من خواص النيتروجين أنه يتحد مع كل من الهيدروجين، والأكسجين. كيف يتم ذلك الاتحاد؟، اكتب معادلات التفاعل الموزونة.
- ٨ - اشرح إحدى الطرق التي من خلالها يمكن تحويل أحد مكونات الهواء الجوي إلى سماد.
- ٩ - اشرح طريقة تستنتج منها أن قابلية ذوبان النيتروجين في الماء أقل منها في الأكسجين.

عناصر المجموعة الرئيسية السادسة (VIA) وموقعها في الجدول الدوري

من خلال دراستك السابقة للجدول الدوري الحديث :

- حدد رقم العمود الرأسي الذي تشغله عناصر المجموعة الرئيسية السادسة؟
- ما أسماء عناصر المجموعة الرئيسية السادسة، ورموزها وأعدادها الذرية؟
- للتعرف على بعض خواص المجموعة السادسة أنظر الجدول (١) .

جدول (١) يوضح بعض خواص المجموعة الرئيسية السادسة

| الاسم العنصر | رمزه وعدد الذري | الصفة الفلزية واللافلزية | التوزيع الإلكتروني | درجة الانصهار م | نصف القطر الذري (pm) | طاقة التأين الأولى kJ/mol | الكهرلية السلبية |
|-----------------|-----------------------|--------------------------------|---|-----------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------|
| الأكسجين | O ⁸ | لا فلز | [He] 2S ² 2P ⁴ | -182.9 | 73 | 1314 | 3.5 |
| الكبريت | S ¹⁶ | لا فلز | [Ne] 3S ² 3P ⁴ | 444.6 | 103 | 1000 | 2.5 |
| السيلينيوم | Se ³⁴ | لا فلز | [Ar]4S ² 3d ¹⁰ 4P ⁴ | 685 | 119 | 941 | 2.4 |
| التيلوريوم | Te ⁵² | شبه فلز | [Ar]5S ² 4d ¹⁰ 5P ⁴ | 989.9 | 142 | 869 | 2.1 |
| البولونيوم | Po ⁸⁴ | فلز | [Xe]6S ² 5d ¹⁰ 6P ⁴ | 962 | 168 | 812 | 2.0 |
| أنيونيهكسيوم | Uuh ¹¹⁶ | - | [Rn]7S ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7P ⁴ | تحت الدراسة | تحت الدراسة | تحت الدراسة | تحت الدراسة |

من خلال الجدول السابق نلاحظ أن هذه المجموعة تضم العناصر الآتية: الأكسجين، والكبريت، والسيلينيوم والتيلوريوم، والبولونيوم، وأنيونيهكسيوم، وتقع عناصر هذه المجموعة في الجزء الأيمن من الجدول الدوري، وتشغل العمود الرأسي رقم (١٦) .
تتميز ذرات هذه العناصر بأن مستواها الأخير يحتوي على ستة إلكترونات (ns² np⁴) .

وهذا يدل على أن هذه الذرات تميل إلى اكتساب إلكترونين للوصول إلى حالة الاستقرار .
- ما علاقة رقم المجموعة بعدد الإلكترونات الموجودة في المستوى الأخير لذرات هذه العناصر؟

الخواص العامة لعناصر المجموعة الرئيسية السادسة (VIA)

تتدرج خواص عناصر هذه المجموعة بزيادة العدد الذري، ولكن الأكسجين يختلف في خواصه عن بقية عناصر المجموعة، والسبب يعود إلى السالبة الكهربائية العالية نسبياً للأكسجين؛ ولذلك فإن الأكسجين يكون العديد من المركبات الأيونية، مثل: أكاسيد بعض الفلزات. أما العناصر الأخرى فنظراً لصغر سالبيتها الكهربائية؛ فإن الصفة الأيونية للمركبات المناظرة للأكاسيد تقل كثيراً.

كما أن ذرات الأكسجين يمكن أن تُكوّن روابط هيدروجينية كما في الماء H_2O ، ولا توجد مثل هذه الروابط في المركبات الهيدروجينية للعناصر الأخرى.

من خلال الجدول (١) يمكن بشكل عام مناقشة أهم الخواص الفيزيائية والكيميائية لعناصر هذه المجموعة، على النحو الآتي:

١ - الخاصية الفلزية، واللافلزية وشبه الفلزية:

يتضح أن الخاصية اللافلزية تقل في المجموعة من أعلى إلى أسفل، أي: بزيادة العدد الذري؛ حيث يلاحظ أن الأكسجين، والكبريت، والسيلينيوم لافلزات، والتيلوريوم شبه فلز، أما البولونيوم فهو فلز.

٢ - التوزيع الإلكتروني، وتكافؤ عناصر المجموعة:

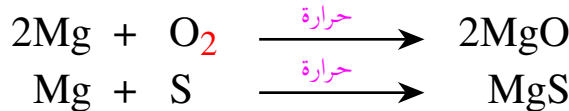
- قارن بين التوزيع الإلكتروني لعناصر المجموعة الرئيسية السادسة وحدد تكافؤ كل عنصر.
- كم عدد الإلكترونات التي يحتوي عليها المستوى الأخير؟ وما تكافؤاتها؟
- ما العنصر الذي يملك أعلى تكافؤ من بين هذه العناصر؟

٣ - تدرج درجة الانصهار والحجم والسالبة وطاقة التأين الأولى:

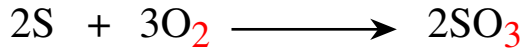
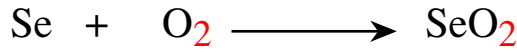
- قارن البيانات في الجدول (١)، ووضح تدرج درجة الانصهار والحجم والسالبة وطاقة التأين الأولى.

٤ - أهم تفاعلات عناصر المجموعة الرئيسية السادسة:

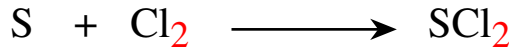
أ - تفاعلها مع المعادن: تتفاعل عناصر المجموعة الرئيسية السادسة مع المعادن؛ لتكوين مركبات ثنائية التكافؤ، وذلك على الآتي:



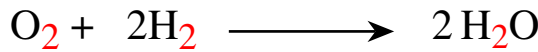
ب - تفاعلها مع الأكسجين: تتفاعل عناصر المجموعة مع الأكسجين لتكوين أكاسيد، وذلك على النحو الآتي:



ج - تفاعلها مع الهالوجينات: تتفاعل مع الهالوجينات (F₂, Cl₂, Br₂, I₂) لتكوين مركبات ثنائية، كما في المعادلة الآتية:



د - تفاعلها مع الهيدروجين: تتفاعل ذرات هذه العناصر مع الهيدروجين، وذلك على النحو الآتي:



استخدامات عناصر المجموعة الرئيسية السادسة

١ - الأكسجين (O): غاز أساسي للحياة؛ حيث إنه مطلوب لحرق الغذاء داخل جسم الكائن الحي، وتوليد الطاقة اللازمة للقيام بجميع العمليات الحيوية، فوجوده تتم جميع عمليات الاحتراق، والحصول على الطاقة التي تستفيد منها جميع الكائنات الحية، فسبحان الخالق المبدع.

ويشكل الأكسجين (٢١٪) من حجم الهواء، ويمثل (٤٩,٥٪) من مكونات القشرة الأرضية، وللأكسجين استخدامات عديدة، فمثلاً: يستخدم في المستشفيات حال إجراء العمليات، وللغواصين، ولربان السفن الفضائية.

٢ - الكبريت (S): من اللافلزات، ويتميز بلونه الأصفر الفاتح عندما يكون في درجة حرارة الغرفة. وهو عنصر يمكن أن يوجد حراً في القشرة الأرضية، وهو من العناصر التي عرفها الإنسان منذ القدم، ويحتوي جزيء الكبريت على ثمان ذرات مترابطة في حلقة، وصيغتها (S₈).

وللكبريت استخدامات عديدة من أهمها: استخدامه في تحضير حمض الكبريتيك الذي يُعدُّ من أهم المركبات المستخدمة في الصناعة، كما يدخل الكبريت في صناعة بعض أنواع المطاط. كما أن مركباته تستخدم في إزالة الألوان.

كما أن الكبريت يستخدم في إنتاج الأسمدة، والمخصبات، كما أنه يعد عنصراً أساسياً في صناعة الحديد والصلب، وفي تكرير البترول، وفي صناعة الأقمشة والورق، وكثير من الصناعات الأخرى، مثل صناعة الأصباغ والدهانات الكبريتية.

٣ - **عنصر السيلينيوم (Se)** : وهو من اللافلزات، ويتميز بأن له خواص فريدة؛ حيث إن قدرته على توصيل الكهرباء تزداد بزيادة شدة الإضاءة؛ ولذلك فهو يستخدم في المقابس الضوئية المستخدمة في آلات التصوير (الكاميرا)، وكذلك في صناعة الخلايا الضوئية، وآلة نسخ الصور، كما أن السيلينيوم يمكنه تحويل التيار المتردد إلى تيار مستمر، ولذلك فهو يدخل في صناعة المحولات الكهربائية المرافقة لأجهزة الراديو، والمسجلات، والأجهزة الكهربائية الأخرى التي تتطلب إعادة شحنها.

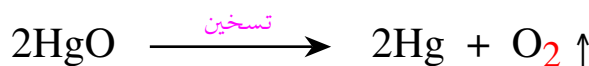
٤ - **التيلوريوم (Te)** : يبدو من مظهره أنه لافلز، إلا أن بعض خواصه تدل على أنه من أشباه الفلزات، ويستخدم في أشباه الموصلات، وفي تقوية صفائح البطاريات المصنوعة من الرصاص، وكذلك يستخدم لطلاء الصفائح الجديدة لحمايتها من الصدأ، ويوجد التيلوريوم على هيئة مركبات متعددة.

٥ - **البولونيوم (Po)** : من العناصر المشعة، والنادرة، وهو يطلق أشعة جاما وجسيمات ألفا، وكذلك فهو من المعادن الخطرة جداً، وقد يتعرض حامله للضرر الشديد نتيجة لتعرضه لإشعاعاته المدمرة للخلايا الحية. وقد أكتشف هذا العنصر بواسطة ماري كوري، وسمته على اسم موطنها الأصلي بولندا، ويستخدم هذا العنصر في الأغراض الصناعية المرتبطة بخاصية الإشعاع.

الأكسجين (O) :

كلمة الأكسجين تعني (مُولد الحموض).

وأول من نجح في تحضير الأكسجين هو شيلي (Scheele)، وذلك بتسخين برمنجنات البوتاسيوم مع ثاني أكسيد المنجنيز، كما نجح برستلي (Priestley) عام ١٧٩٤م بتحضير الأكسجين وذلك بتسخين أكسيد الزئبق (HgO (II)، كما في المعادلة الآتية :



وجود الأكسجين :

الأكسجين هو أكثر العناصر انتشاراً في الطبيعة، تمثل نسبته (٢١٪) من حجم الهواء الجوي، كما تمثل نسبة الأكسجين في الماء (٨,٨٨٪). وتحتوي القشرة الأرضية على (٤٧,٣٪) من الأكسجين على هيئة أكاسيد وأملاح أكسجينية، وتبلغ نسبته في الطبيعة (٥٠٪)، أي مساوية لنسبة جميع العناصر الأخرى.

أهميته :

يعد الأكسجين ضرورياً لحياة الكائنات الحية، حيث إن جميع الكائنات بحاجة إليه في عملية التنفس وحرق الغذاء، فالحمد لله على نعمه التي لا تحصى .

تحضيره :

أولاً : في الصناعة : يحضر الأكسجين في الصناعة بطريقتين :

يتم استهلاك كميات كبيرة جداً من الأكسجين يومياً في عمليات التنفس والاحتراق؛ ولتعويض هذا النقص أوجد الله سبحانه وتعالى آلية محكمة لتعويض هذا النقص و تُدعى بعملية التمثيل الضوئي التي تقوم بها النباتات الخضراء. ولذلك تبقى نسبة الأكسجين ثابتة في الجو.

١ - طريقة ليند (Linde): وذلك عن طريق التقطير التجزيئي للهواء المسال؛ حيث يتصاعد النيتروجين أولاً، ويبقى الأكسجين.

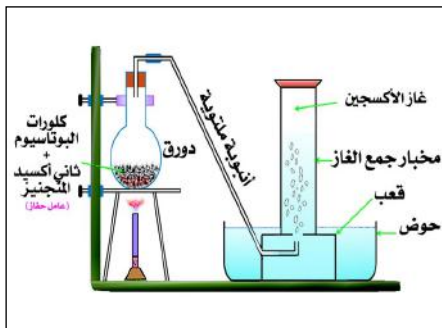
٢ - طريقة كلود: وذلك عن طريق الإسالة التجزيئية للهواء، وفيها يبرد الهواء تحت ضغط مرتفع؛ فيُسال الأكسجين أولاً. كما يمكن تحضيره ببقاء بواسطة التحليل الكهربائي للماء.

ثانياً: تحضيره في المعمل :

١ - بالتحليل الكهربائي : يتم تحليل محلول هيدروكسيد البوتاسيوم كهربياً باستخدام قطبين من النيكل .

٢ - بالتفكك الحراري: يستخدم الجهاز

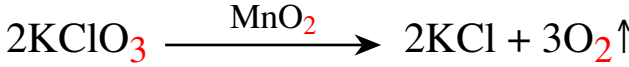
الموضح في الشكل (١) لتحضير غاز الأكسجين في المعمل، حيث تتفكك



شكل (١) جهاز تحضير غاز الأكسجين

بعض المركبات الأكسجينية، ومنها:

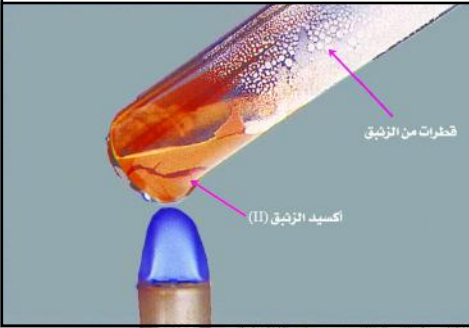
أ - تسخين الأملاح الغنية بالأكسجين، مثل: تسخين كلورات البوتاسيوم في وجود ثاني أكسيد المنجنيز كعامل حفّاز، أو تسخين برمنجنات البوتاسيوم،



نشاط (١٠)، (١١)



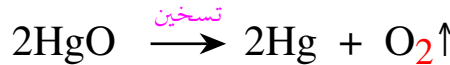
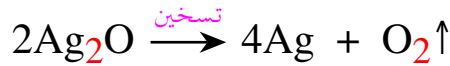
نفذ هذين النشاطين والخاصين بتحضير غاز الأكسجين وإزالة الألوان والموجودين في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.



شكل (٢) تحلل أكسيد الزئبق بالحرارة

ب - تسخين أكاسيد الفلزات، مثل: أكسيد

الفضة، أو أكسيد الزئبق، شكل (٢):



الخواص الفيزيائية للأكسجين:

- ١ - غاز عديم اللون، والطعم، والرائحة.
- ٢ - يذوب بقلّة في الماء.
- ٣ - أثقل قليلاً من الهواء.
- ٤ - يمكن إسالته بالضغط والتبريد.

الخواص الكيميائية للأكسجين:

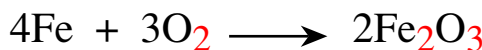
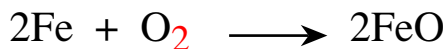
١ - اتحاده مع العناصر الفلزية واللافلزية:

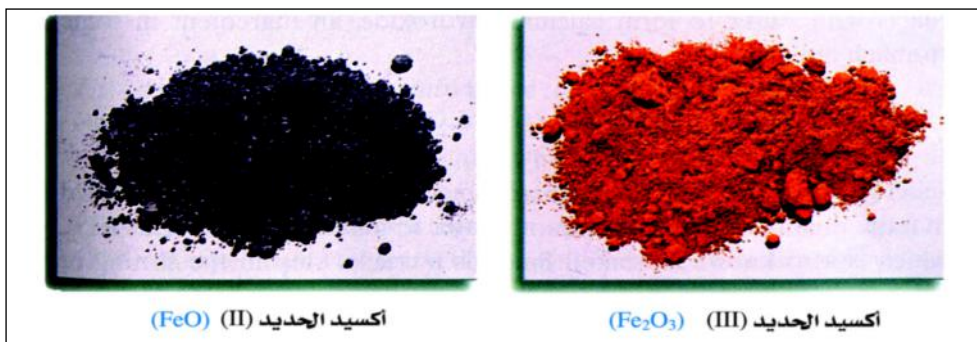
للأكسجين القدرة على أن يتحد اتحاداً مباشراً مع جميع العناصر، ماعدا (الفلور، البروم، الذهب، الفضة، والغازات الحاملة)، ولكن شدة التفاعل، وسرعته تتوقف على

نوع العنصر، وظروف التفاعل، ومن أمثلة هذه التفاعلات ما يأتي:

أ) اتحاده ببطء مع بعض العناصر الفلزية مكوناً مركبات أيونية: يتحد الأكسجين

تلقائياً وببطء مع الحديد، والألومينيوم في درجة الحرارة العادية، كما يأتي:

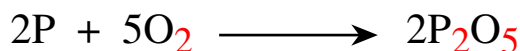
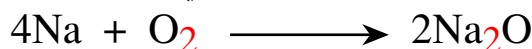




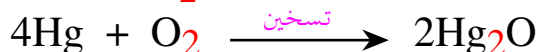
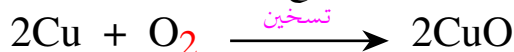
شكل (٣) أهم أكاسيد الحديد



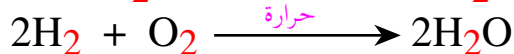
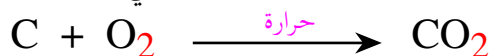
(ب) اتحاداه بسرعة مع بعض العناصر الفلزية واللافلزية: يتحد الأكسجين مع الصوديوم والفسفور بمجرد ملامسته لهما، كما يأتي:



(ج) اتحاداه مع النحاس والزنك: يتحد الأكسجين مع النحاس والزنك بالتسخين، كما يأتي:

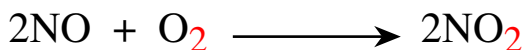


(د) اتحاداه مع بعض العناصر اللافلزية بالتسخين: يتحد الأكسجين بالعناصر اللافلزية يكون عادة مصحوباً بحرارة (تسمى حرارة الاشتعال، أو الاحتراق)، أي أن هذه التفاعلات تتطلب تسخين لدرجة حرارة معينة، كما يأتي:

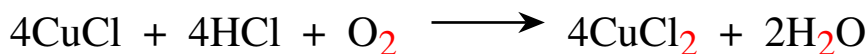


٢ - تفاعله مع بعض المركبات عند درجة الحرارة العادية:

(أ) تأكسد أكسيد النيتريك إلى ثاني أكسيد النيتروجين:



(ب) تأكسد كلوريد النحاس (I) إلى كلوريد النحاس (II) في وجود حمض (HCl):

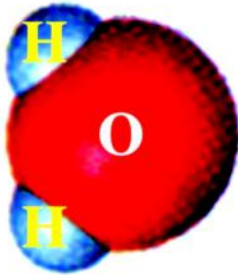


نوع المركبات التي يدخل الأكسجين في تكوينها :

يُكوّن الأكسجين نوعين من المركبات هما :

(أ) مركبات أيونية: وذلك باكتساب ذرته إلكترونين من إحدى الذرات، أو من أكثر من ذرة من ذرات العناصر الأخرى الفلزية.

اذكر أمثلة على هذا النوع من التفاعل موضحاً ذلك بمعادلات كيميائية موزونة.



شكل (٤) نموذج يمثل جزيء الماء (H₂O)

ب- يُكوّن الأكسجين مركبات تساهمية :

وذلك بمشاركة ذرة منه بزواج من الإلكترونات مع ذرة أو أكثر من ذرات العناصر اللافلزية، كما يحدث عند تكوين جزيء الماء H₂O ، الموضح في الشكل (٤) .

الأكاسيد : (Oxides)

الأكاسيد هي مركبات ناتجة عن اتحاد الأكسجين مع عنصر آخر، فمثلاً: كل الفلزات تقريباً تتفاعل مع الأكسجين؛ لتكوين الأكاسيد .

– اذكر بعض الفلزات التي تتفاعل مع الأكسجين، وحدد اسم المجموعة الرئيسية التي تنتمي إليها ومكان تواجدتها في الجدول الدوري الحديث .

كما تتفاعل بعض العناصر التي تقع في المجموعات الفرعية (B) مثل تفاعل الحديد مع الأكسجين، كما في المعادلات الآتية:



فالحديد في التفاعل الأول له حالة تأكسد ثنائية بينما نجده في التفاعل الثاني يكون ثلاثياً، ونوعية الأكسيد المتكون تعتمد على ظروف التفاعل .

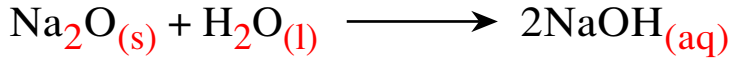
يمكن التعرف بشكل عام على خواص الأكاسيد من خلال معرفة مواقع العناصر في الجدول الدوري والتي تتفاعل مع الأكسجين ، حيث تبدأ الدورات بعناصر أكاسيدها قاعدية، ثم تتدرج إلى عناصر أكاسيدها مترددة، ثم تنتهي الدورة بعناصر أكاسيدها حمضية .

أنواع الأكاسيد

يمكن تقسيم الأكاسيد على أساس خواصها الحمضية أو القاعدية في المحاليل المائية إلى الآتي :

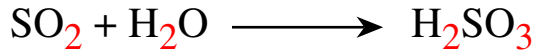
١ - أكاسيد قاعدية : Basic Oxides

معظم الفلزات تكون أكاسيد قاعدية كما هو الحال في فلزات الألقا، و فلزات الألقا الأرضية، مثل : MgO ، Na_2O .



٢ - أكاسيد حامضية : Acidic Oxides

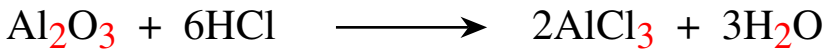
معظم العناصر اللافلزية تكون أكاسيد حامضية، مثل : SO_2 ، SO_3



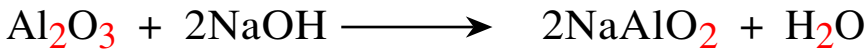
- اذكر أمثلة أخرى للأكاسيد الحمضية، ومثلها بمعادلات كيميائية موزونة .

٣ - أكاسيد أمفوتيرية (مترددة) : Amphoteric Oxides

تسلك هذه الأكاسيد سلوكاً وسطاً بين الأكاسيد الحمضية، والقاعدية، وتتفاعل إما كحمض، أو كقاعدة، فعلى سبيل المثال : أكسيد الألومنيوم (Al_2O_3) عندما يتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك يسلك سلوك القاعدة :



وعندما يتفاعل مع هيدروكسيد الصوديوم يسلك سلوك الحمض :



٤ - أكاسيد أخرى :

هناك بعض الأكاسيد لا تتأثر بالحموض، أو القواعد مثل : أكسيد النيتروز

N_2O ، وكذلك ثاني أكسيد المنجنيز MnO_2 .

استخدامات الأكسجين :

للأكسجين استخدامات كثيرة جداً، منها ما يأتي :

- ١- يمكن بواسطته الحصول على درجات حرارة عالية وذلك بحرق الهيدروجين والأكسجين، أو الأستيلين والأكسجين (لهب أو كسي أسيتيلين)، وتقدر هذه الحرارة بأكثر من $2000^{\circ}C$ ، وتستخدم عادة في قطع المعادن أو في عمليات اللحام.
- ٢- يستخدم الأكسجين المضغوط في أجهزة التنفس الخاصة بالغواصين والطيارين ورجال الإنقاذ، كما يستخدم في أجهزة التنفس في المستشفيات أثناء العمليات.

٣- يستخدم كمادة مؤكسدة لوقود الصواريخ.

٤- يدخل الأكسجين في جميع عمليات الاحتراق.

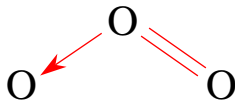
٥- يستخدم الأكسجين المسال في صنع المتفجرات وفي عمليات التبريد.

الأوزون: (O₃) Ozone

الأوزون كلمة تعني باللاتينية (ذو الرائحة) وذلك لما له من رائحة نفاذة .

ويتكون جزيء الأوزون من ثلاث ذرات أكسجين .

- ما نوع الروابط التي تظهر بين ذرات الأكسجين الثلاث؟



وجوده في الطبيعة :

يتركز وجوده في الطبقات العليا للغلاف الجوي، ويبلغ أقصى تركيزه على

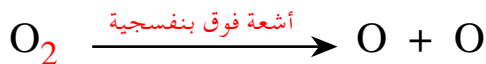
ارتفاع (٢٥) كم .

تكوين الأوزون :

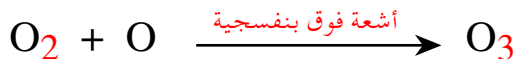
يتكون الأوزون بصورة طبيعية بتأثير الأشعة فوق البنفسجية على غاز الأكسجين

الموجود في طبقات الجو العليا .

في البداية يتم كسر الرابطة التساهمية في جزيء الأكسجين بفعل طاقة الأشعة فوق البنفسجية، ويصبح الأكسجين في صورة ذرية:

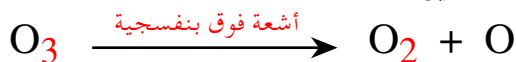


ثم ترتبط ذرة أكسجين مع جزيء أكسجين مكونة جزيء الأوزون:



إلا أن جزيء الأوزون يمتص كميةً من الأشعة فوق البنفسجية، ويتفكك إلى

ذرات وجزيئات من الأكسجين:



ويظل هناك توازن وتعادل بين عملية تكوين الأوزون، وعملية تفككه، وبالتالي يظل تركيزه ثابتاً في طبقات الجو العليا، مالم تتدخل عوامل خارجية.

أهمية الأوزون:

إن وجود طبقة الأوزون في الجو تعمل كغلاف واقٍ يعمل على حماية الأرض، وما عليها من كائنات حية من الأشعة فوق البنفسجية المنبعثة من الشمس، والتي تسبب في حالة وصولها إلى الأرض الكثير من الأضرار، فهي تسبب سرطان الجلد، وبعض أمراض العيون، وأضراراً خطيرة على الحيوانات والنباتات، كما تسبب ارتفاعاً كبيراً في درجة حرارة الأرض مما يؤدي إلى حدوث تغيرات خطيرة في المناخ وحدوث اختلال في التوازن البيئي. ولكن بوجود طبقة الأوزون تمتص معظم الأشعة فوق البنفسجية، وتُمنع من الوصول إلى الأرض، فسبحان الله الذي هياأ الأرض لتكون صالحة لحياة الإنسان والحيوان والنبات، وحماها بالغلاف الواقي المسمى بالأوزون !!

ثقب الأوزون والتلوث البيئي:

وجد العلماء مؤخراً أن طبيعة الأوزون معرضة للتآكل، وأن سبب تآكلها يرجع إلى نوع من المركبات الكيميائية، وتعرف بمركبات الكلوروفلوروكربون، ومنها: $(\text{CF}_2\text{Cl}_2, \text{CFCl}_3)$ ، والتي تستخدم في البرادات، وأجهزة التكييف، وإطفاء الحرائق، إضافةً إلى نواتج عوادم السيارات، والطائرات، والانفجارات النووية.

وأكبر منطقة تعرضت لهذا التآكل تقع فوق القطب الجنوبي، ونسبة التآكل في طبقة الأوزون في هذه المنطقة تصل إلى ٥٠ ٪، وأطلق عليها ثقب الأوزون. وتآكل طبقة الأوزون أصبح مشكلة عالمية؛ لأن إستنزاف الأوزون يعني كارثة بيئية تحل بكوكب الأرض بأسره، لذا لجأت بعض البلدان لخفض أو حظر استخدام مركبات الكلوروفلوروكربون.

استخدامات الأوزون :

توجد للأوزون العديد من الاستخدامات، منها:

- ١ - في تعقيم مياه الشرب، وهو أفضل من غاز الكلور السام، حيث يعمل الأوزون على إبادة البكتيريا والكائنات الحية الدقيقة الأخرى.
- ٢ - في تنقية الهواء الجوي، وإزالة الروائح الكريهة التي تتولد في المجازر، وأماكن حفظ الخضروات.
- ٣ - في عمليات التبييض، مثل تبييض الشمع وإزالة الألوان.
- ٤ - في تحضير الفانيليا من زيت القرنفل.



نشاط منزلي

مستعيناً بالمراجع المتوفرة في مكتبة المدرسة أو مكتبتك الشخصية - إن وجدت - اكتب تقريراً مفصلاً عن الفرق بين الأوكسجين والأوزون من حيث التركيب، وأماكن وجودهما، وأهمية كل منهما في الحياة.

تقويم الوحدة

نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الإجابة عن الأسئلة الآتية :

- س ١ : اكتب التوزيع الإلكتروني لذرات العناصر في المجموعة الرئيسية السادسة؟
س ٢ : اكتب التوزيع الإلكتروني لعنصر السيلينيوم موضّحاً تكافؤه ورقم الدورة التي يقع فيها ؟
س ٣ : علل ما يأتي :

- أ - اختلاف الأكسجين في خواصّه عن بقية عناصر المجموعة السادسة .
ب - الأكسجين، والكبريت يقعان في نفس المجموعة، ومع ذلك فإن تكافؤ الأكسجين ثنائي وتكافؤ الكبريت يصل إلى السداسي .
ج - الصوديوم يفقد بريقه بسرعة عند تعريضه للهواء .
د - تآكل طبقة الأوزون تُعدُّ مشكلة بيئية تهدد الأرض .
هـ - الأوزون من أكثر العوامل المؤكسدة .
س ٤ : اختر الاجابة الصحيحة من بين الأقواس :
أ - أيُّ العناصر الآتية أعلى سالبيّة كهربية ؟:

١ . S ٢ . O ٣ . Te ٤ . Se

- ب- أيُّ من العناصر أو المركبات الآتية لا يستخدم في عملية التبييض ؟:
١ . الأوزون ، ٢ . ثاني أكسيد الكبريت ، ٣ . الصوديوم ، ٤ . الكلور .
ج- أيُّ من العناصر الآتية يمتلك خواصاً فلزية أعلى ؟:
١ . الكبريت ، ٢ . التيلوريوم ، ٣ . البولونيوم ، ٤ . السيلينيوم .
د - أيُّ من المركبات الآتية يشكل فيها الأكسجين روابط تساهمية ؟:

١ . MgO ، ٢ . CO₂ ، ٣ . Na₂O ، ٤ . Al₂O₃ .

هـ- واحد من هذه المركبات ليس أكسيداً حامضياً:

١ . N₂O₅ ، ٢ . SO₃ ، ٣ . K₂O ، ٤ . Cl₂O .

س ٥ : اكتب معادلة التفاعل لكل مما يأتي:

أ - تحضير الأكسجين (O₂) في المعمل .

ب- تفاعل الأكسجين (O₂) مع الماغنيسيوم (Mg) .

ج- تفاعل الأكسجين (O₂) مع (NO) .

د - تفاعل الأكسجين (O₂) مع الحديد (Fe) ، (II) ، (III) .

هـ- معادلات تكوين وتفكك الأوزون .

س ٦ : ما استخدامات كل مما يأتي:

أ - الكبريت .

ب- التيلوريوم .

ج- الأوزون .

د - غاز الأكسجين .



عناصر المجموعة الرئيسية السابعة (VIIA) (الهالوجينات) وموقعها في الجدول الدوري

من خلال دراستك للجدول الدوري الحديث :

- ما رقم العمود الرأسي الذي تشغله عناصر المجموعة الرئيسية السابعة؟
 - ما أسماء عناصر المجموعة الرئيسية السابعة، وما رموزها، وأعدادها الذرية؟
 - للتعرف على بعض خواص عناصر المجموعة الرئيسية السابعة، انظر الجدول (١) .
- جدول (١) يوضح بعض خواص عناصر المجموعة الرئيسية السابعة

| العدد الذري | رمزه و عدده الذري | الصفة الفلزية واللافلزية | التوزيع الإلكتروني | درجة الانصهار م | نصف القطر الذري (pm) | طاقة التأين الأولى kj/mol | الكهرلية السالبة |
|-------------|-------------------|--------------------------|---|-----------------|----------------------|---------------------------|------------------|
| 9 | F ⁹ | لا فلز | [He] 2S ² 2P ⁵ | -219.62 | 72 | 1681 | 4.0 |
| 17 | Cl ¹⁷ | لا فلز | [Ne] 3S ² 3P ⁵ | -100.98 | 100 | 1251 | 3.0 |
| 35 | Br ³⁵ | لا فلز | [Ar]4S ² 3d ¹⁰ 4P ⁵ | -7.2 | 114 | 1140 | 2.8 |
| 53 | I ⁵³ | لا فلز | [Kr]5S ² 4d ¹⁰ 5P ⁵ | 113.5 | 133 | 1008 | 2.5 |
| 85 | At ⁸⁵ | لا فلز | [Xe]6S ² 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6P ⁵ | 575.2 | 140 | - | 2.2 |

من خلال الجدول (١) يتضح أن عناصر المجموعة الرئيسية السابعة تتألف من: الفلور، الكلور، البروم، اليود، الاستاتين، وتقع عناصر هذه المجموعة في الجزء الأيمن من الجدول الدوري، وتشغل العمود الرأسي رقم (١٧) .

ويتضح كذلك أن عناصر هذه المجموعة كلها تتصف بأنها لا فلزات، ماعدا الاستاتين (مشع) . ويطلق عليها اسم (الهالوجينات) ، أي مكونات الأملاح . حيث إنها لا توجد منفردة في الطبيعة وإنما توجد على هيئة مركبات من أهمها هاليدات المعادن التي توجد في صخور القشرة الأرضية، أو ذائبة في مياه البحار والمحيطات،



شكل (١) بعض عناصر الهالوجينات

وأهم ما يميز هذه المجموعة هو أنها المجموعة الوحيدة في الجدول الدوري التي تشمل على عناصر تمثل الحالات الثلاث للمادة (صلبة، سائلة، غازية).

فمثلاً نجد أن الفلور والكلور يوجدان في الحالة الغازية، أما البروم فيوجد في الحالة السائلة، بينما نجد أن اليود والاستاتين فيوجدان في الحالة الصلبة.

يوضح الشكل (١) الحالات الثلاث التي تمثلها عناصر المجموعة السابعة.

- ما ألوان هذه العناصر الموضحة في الشكل (١)؟
- هناك علاقة بين التدرج في الحالة التي توجد عليها عناصر المجموعة السابعة، وألوانها، وضح هذه العلاقة مستعيناً بالجدول (٢).

جدول (٢) يوضح العلاقة بين حالات الهالوجينات وألوانها

| العنصر | حالة العنصر | لون العنصر | الأثر العضوي |
|--------|-------------|------------|--------------|
| الفلور | غاز | أصفر باهت | آكال للجلد |
| الكلور | غاز | أصفر مخضر | سام |
| البروم | سائل | أحمر بني | آكال للجلد |
| اليود | صلب | بنفسجي | سام |

نشاط منزلي

يوضح الجدول (٢) بعض الآثار الضارة للهالوجينات . استعن ببعض المراجع التي تتوفر في المكتبة، واكتب تقريراً عن تلك الآثار .

الخواص العامة لعناصر المجموعة الرئيسية السابعة (VIIA)

- من خلال الجدول (١) يتضح تدرج خواص عناصر هذه المجموعة بزيادة العدد الذري من أعلى إلى أسفل .
- كيف يتدرج الحجم الذري لعناصر هذه المجموعة؟
 - كيف تتدرج طاقة التأين الأولى، والسالبية الكهربية، ودرجة الانصهار؟
 - ما أوجه التشابه في التركيب الإلكتروني لعناصر الهالوجينات، حدد ذلك التشابه .
 - قارن بين عناصر مجموعة الهالوجينات، والمجموعات التي سبق لك دراستها في هذا الكتاب، من حيث الحجم الذري، التوزيع الإلكتروني، ماذا تلاحظ؟، وماذا تستنتج ؟
 - بين العلاقة بين عدد الإلكترونات في المستوى الخارجي، ورقم المجموعة .
 - ما نوع الأيونات التي تكونها الهالوجينات؟
- ويمكن بشكل عام مناقشة أهم الخواص العامة لعناصر هذه المجموعة، وذلك على النحو الآتي :

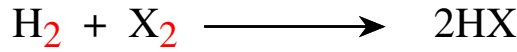
١- الخاصية اللافلزية :

- من خلال الجدول (١) يتضح أن جميع عناصر هذه المجموعة لا فلزات . ما السبب في ذلك ؟

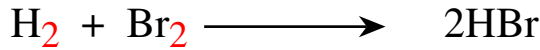
٢- التوزيع الإلكتروني وتكافؤ عناصر المجموعة :

- اكتب التوزيع الإلكتروني لعناصر المجموعة الرئيسية السابعة، ثم حدد عدد الإلكترونات التي يحتوي عليها المستوى الخارجي .
- هل تميل ذرات هذه العناصر لفقد أو اكتساب إلكتروناتها في المستوى الخارجي أثناء التفاعل؟ ولماذا؟
 - ما تكافؤ هذه العناصر عند تفاعلها مع فلزات المجموعة الرئيسية الأولى والثانية، والتي سبق لك دراستها في الصف العاشر؟

- ٣- تفاعلات الهالوجينات مع بقية العناصر في الجدول الدوري :
- أ - تفاعلها مع الهيدروجين: تتفاعل عناصر المجموعة الرئيسية السابعة (VIIA) مع الهيدروجين؛ لتكوّن هاليدات الهيدروجين، طبقاً للمعادلة العامة الآتية :



حيث: $\text{I, Br, Cl, F} = \text{X}$.



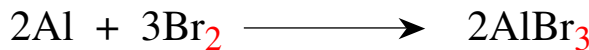
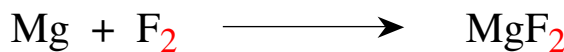
علماً بأن التفاعل مع الفلور، والكلور يكون سريعاً، ومصحوباً بفرقعة؛ وذلك لأن درجة النشاط الكيميائي في الهالوجينات يكون أعلى ما يمكن في حالة الفلور، ويقل كلما اتجهنا إلى أسفل في المجموعة. لماذا؟

كما أن الهالوجينات يمكن أن تُكوّن حموضاً أكسجينية HXO_n .
والجدول (٣) يوضح أهم الحموض الهالوجينية :

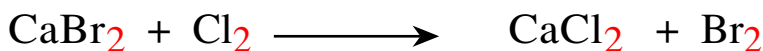
جدول (٣) أهم الحموض الهالوجينية

| الاسم | الاسم | الحمض الثنائي | الاسم |
|-----------------|--------------------|---------------|-----------------|
| حمض البيركلوريك | حمض الهيدرو فلوريك | HF | HClO_4 |
| حمض الكلوريك | حمض الهيدروكلوريك | HCl | HClO_3 |
| حمض الكلوروز | حمض الهيدروبروميك | HBr | HClO_2 |
| حمض الهيوكلوروز | حمض الهيدرو أيوديك | HI | HClO |

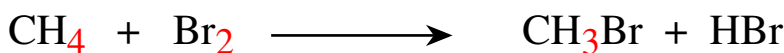
ب- تفاعلها مع الفلزات: تتفاعل الهالوجينات مع جميع الفلزات تقريباً، مكونة هاليدات الفلزات، كما في المعادلات الآتية:



ج- تفاعلها مع هاليدات الفلزات : تتفاعل عناصر المجموعة السابعة مع هاليدات الفلزات، وفقاً للمعادلة الآتية:

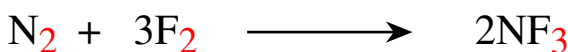


د- تفاعلها مع بعض المركبات العضوية: تتفاعل الهالوجينات مع المركبات العضوية في عملية يطلق عليها الهلجنة أو تفاعل الاستبدال، حيث يتم استبدال ذرة أو أكثر من الهيدروجين بذرة أو أكثر من الهالوجين، كما يتضح من المعادلة الآتية:

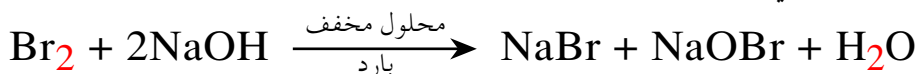


حيث تعتبر الهلجنة عملية هامة في الصناعات الكيميائية (راجع وحدات الكيمياء العضوية في الصف العاشر).

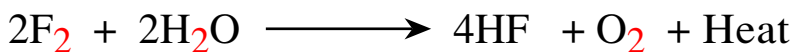
ه- تفاعلها مع العناصر اللافلزية: تتفاعل الهالوجينات مع بعض اللافلزات، كما في المعادلة الآتية:



و- تفاعلها مع القواعد: تتفاعل الهالوجينات مع القواعد مكونة هاليدات، كما في المعادلة الآتية:



ز- تفاعلها مع الماء: تتفاعل الهالوجينات مع الماء وينتج عن ذلك طاقة حرارية، كما هو موضح في المعادلة الآتية:



استخدامات الهالوجينات

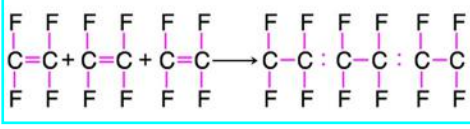


للهاالوجينات استخدامات كثيرة من أهمها ما يأتي:

١- استخدامات الفلور:

يدخل الفلور في إنتاج مركبات الفلوروكربون، مثل الفريون Fereon CCl_2F_2 ، ومن المعلوم أن الفريون يستخدم كمبرد في المكيفات والثلاجات، ولكن هذا الغاز (CCl_2F_2) يشكل خطراً على البيئة، حيث إنه يتفاعل مع

الأوزون (O_3) في طبقات الجو العليا. كما يوجد نوع آخر من مركبات الفلوروكربون ويطلق عليه اسم التفلون Teflon، وهو من البوليمرات المهمة جداً.



ويوضح الشكل (٢) أن مادة التفلون تتكون من وحدة جزيئية مكونة من ذرتي كربون وأربع ذرات فلور، وهذه

شكل (٢) البوليمر الذي تتشكل منه مادة التفلون

الوحدة مكررة آلاف المرات؛ لتكون سلسلة طويلة تسمى بوليمر (Polymer).
ويستخدم التفلون في صناعة الصحن التي لاتلتصق بها المأكولات أثناء الطبخ، كما يستخدم في صناعة العوازل الكهربائية.
وللفلور استخدامات صحية؛ حيث إنه يدخل في تركيب معجون الأسنان، فأملاح الفلوريدات تكسب الأسنان مناعة ضد تأثير الحموض المتلفة للأسنان، بالإضافة إلى ذلك فإنه يستخدم في معالجة مياه الشرب.



نشاط منزلي

ابحث عن استخدامات أخرى للفلور، ثم اكتب تقريراً حول أهميته في حياتك، وضمّن التقرير ما يأتي: جدولاً بالمركبات، ومكوناتها، ونسبة الفلور فيها، واستخدامات كل مركب.
يمكنك الحصول على المعلومات المطلوبة من المصادر الآتية:
- اللواصق البيانية الموجودة على بعض المواد والمركبات. - الصيادلة والأطباء.
- مكتبة المدرسة. - الإنترنت.

٢- استخدامات الكلور:

يستخدم الكلور في صناعة الحموض غير العضوية، مثل: HCl حمض الهيدروكلوريك، و $HClO$ حمض الهيپوكلوروز، و $HClO_2$ حمض الكلوروز، و $HClO_3$ حمض الكلوريك، و $HClO_4$ حمض البيركلوريك.
كما يستخدم في تحضير كثير من المركبات، مثل: مسحوق إزالة الألوان. ومن أهم استخداماته في الحياة العامة أنه يستخدم في معالجة مياه الشرب، وللقضاء على الجراثيم والبكتيريا المسببة للأمراض الموجودة في الماء. كما يستخدم في تعقيم مياه

المسابح. إلا أن له أضراراً جسيمة عند استخدام كميات كبيرة منه. ويستخدم الكلور في صناعة غاز التبريد المعروف تجارياً "بالفريون" CCl_2F_2 ويستخدم في الثلاجات وأجهزة التكييف. كما يستخدم الكلور في صناعة المبيدات الحشرية ومبيدات الأعشاب وصناعة المطهرات الطبية ومواد التخدير مثل الكلوروفورم. ومن أهم استخداماته أيضاً صناعة البوليمرات مثل بلمرات كلوريد الفينيل التي تدخل في صناعة البلاستيك الذي تصنع منه أنابيب المياه وعوازل الأسلاك الكهربائية.

نشاط منزلي



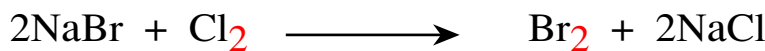
ابحث عن استخدامات أخرى للكلور، ثم اكتب تقريراً حول أهميته في حياتك، وضمّن التقرير ما يأتي: جدولاً بالمركبات، ومحتوياتها، ونسبة الكلور فيها، واستخدامات كل مركب.

يمكنك الحصول على المعلومات المطلوبة من المصادر الآتية:

- اللواصق البيانية الموجودة على بعض المواد والمركبات. - الصيدلة والأطباء.
- مكتبة المدرسة. - الإنترنت.

٣- استخدامات البروم:

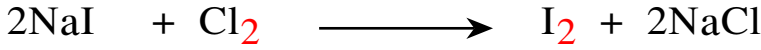
يوجد البروم في الطبيعة على هيئة بروميد الصوديوم، وعلى هيئة رواسب ملحية في اليابسة، ونظراً لأنه أقل نشاطاً من الكلور؛ فإنه يمكن تحضيره بطريقة أكسدة أملاحه بواسطة غاز الكلور:



ويستخدم البروم في تحضير الأفلام الفوتوغرافية، والأصباغ، ومركب ثنائي بروموايثان $C_2H_4Br_2$ الذي يضاف إلى الجازولين المحتوي على الرصاص لمعالجته. كما يستخدم مركبي بروميد وبرومات البوتاسيوم في عمليات التحليل الكمي والحجمي.

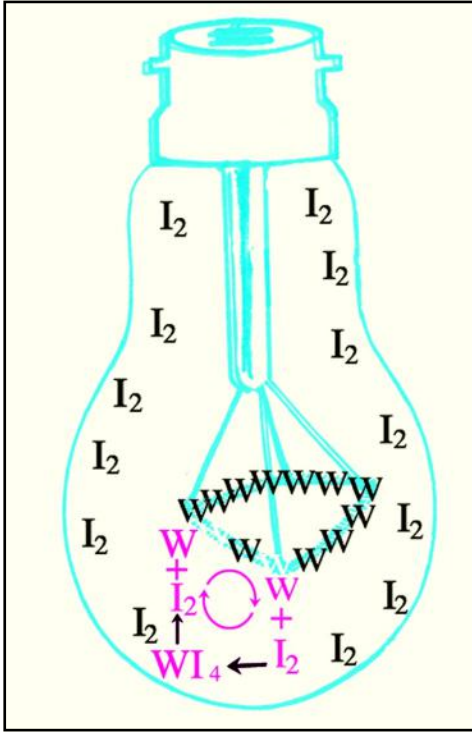
٤- استخدامات اليود:

يوجد اليود في الطبيعة على هيئة يوديد الصوديوم في مياه البحار، وعلى هيئة رواسب ملحية في اليابسة، ونظراً لأنه أقل نشاطاً من الكلور؛ فإنه يمكن تحضيره بطريقة أكسدة أملاحه بواسطة غاز الكلور:



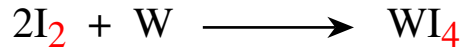
ويستخدم اليود في تحضير كثير من المركبات العضوية وغير العضوية، كما أنه يدخل في صناعة الأدوية وفي معالجة تضخم الغدة الدرقية، كما أنه يستخدم كمطهر أو معقم.

ويضاف بخار اليود إلى داخل المصابيح الكهربائية المحتوية على أسلاك التنجستن

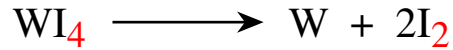


شكل (٣) مصباح كهربائي يحتوي على بخار الأيودين

لضمان بقائها لفترة طويلة؛ انظر شكل (٣) والذي يوضح كيفية اتحاد اليود مع ذرات التنجستن التي تتبخر من السلك أثناء توهجه، ويتكون رباعي يوديد التنجستن WI_4 :



ورباعي يوديد التنجستن يندفع نحو السلك؛ حيث يتحلل إلى تنجستن W يترسب مرة أخرى على السلك، وينطلق اليود، وهكذا تتكرر نفس العمليات السابقة:



ولكي نتعرف على المزيد من خواص هذه المجموعة، سندرس بشيء من التفصيل أحد هذه العناصر وأكثرها شيوعاً وانتشاراً، الذي يعد العنصر الثاني في هذه المجموعة وهو الكلور.

الكـلـور : Cl¹⁷

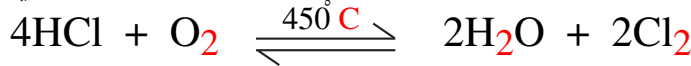
الكلور هو عنصر من عناصر المجموعة الرئيسية السابعة التي تدخل في الكثير من المركبات، ويوجد على هيئة أملاح هامة مثل كلوريد الصوديوم (ملح الطعام)، والكلور هو عبارة عن غاز أصفر مخضر Greenish Yellow، له رائحة مهيجة، وله تأثير سام. ونتيجة لحجم ذرة الكلور الكبيرة نسبياً (أكبر من حجم ذرة الفلور)، فهو أقل نشاطاً من عنصر الفلور. ما السبب في ذلك؟

الترتيب الإلكتروني لعنصر الكلور في الحالة الاعتيادية هو $([Ne] 3S^2 3P^5)$ ، حيث يلاحظ أن المستوى الخارجي لذرة الكلور تحتوي على سبعة إلكترونات، لذلك فهي تميل إلى اكتساب إلكترون واحد للوصول إلى حالة الاستقرار، ولذلك فإن تكافؤه أحادي. **أهم خواصه الفيزيائية :**

يتميز الكلور بأن له رائحة نفاذة وخطرة ولونه أصفر مخضر ودرجة غليانه (− ٦، ٤٣ م°).

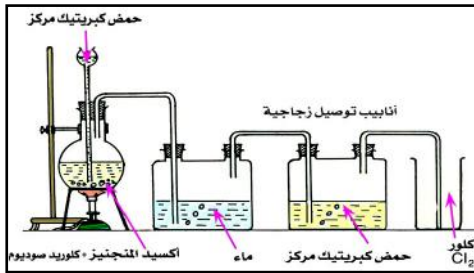
تحضيره :

أولاً: في الصناعة: ١- طريقة دايفون (Deacon)، وذلك بأكسدة غاز كلوريد الهيدروجين بأكسجين الهواء في وجود عامل حفاز (قطع من قوالب الطوب تبلل بمحلول كلوريد النحاس II)، ثم تسخن إلى درجة ٤٥٠ م° كما في المعادلة الآتية:



٢- التحليل الكهربائي: يحضر الكلور باستخدام التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم أثناء صناعة هيدروكسيد الصوديوم كنتاج ثانوي، أو باستخدام مصهور كلوريد الصوديوم.

ثانياً: في المعمل: يتم تحضير غاز الكلور في المعمل عن طريق تسخين كلوريد



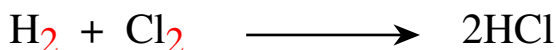
شكل (٤) جهاز تحضير غاز الكلور

الصوديوم مع عامل مؤكسد، مثل ثاني أكسيد المنجنيز، وحمض الكبريتيك المركز، ويمرر الغاز على قليل من الماء لإزالة الشوائب ثم يجفف بإمراره على حمض كبريتيك مركز، كما في الشكل (٤).

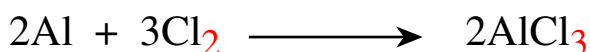
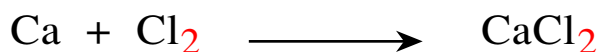
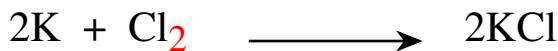


تفاعلات الكلور :

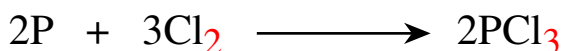
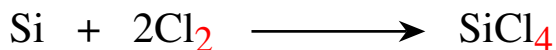
أ - تفاعله مع الهيدروجين: يتفاعل الكلور مع الهيدروجين؛ لتكوين كلوريد الهيدروجين، طبقاً للمعادلة الآتية :



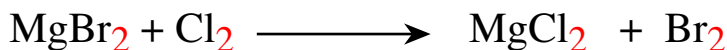
ب- تفاعله مع الفلزات: يتفاعل الكلور مع جميع الفلزات تقريباً، مكوناً كلوريد الفلز، كما يتضح من المعادلات الآتية:



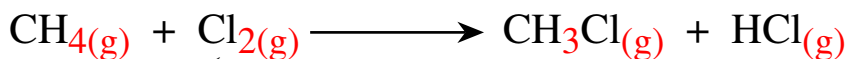
ج- تفاعله مع اللافلزات: يتفاعل الكلور مع بعض اللافلزات، كما يأتي:



د - تفاعله مع الهاليدات: يتفاعل الكلور مع هاليدات الفلزات، وفقاً للمعادلة الآتية:



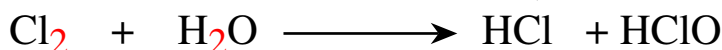
هـ- تفاعله مع بعض المركبات العضوية: يتحد الكلور مع بعض المركبات العضوية في عملية يطلق عليها الهلجنة أو تفاعل الاستبدال، حيث يتم استبدال ذرة أو أكثر من الهيدروجين بذرة أو أكثر من الكلور، كما يتضح من المعادلة الآتية:



و- تفاعله مع القواعد: يتفاعل الكلور مع القواعد مكوناً هاليدات، كما في المعادلة الآتية:



ز- تفاعله مع الماء: يتفاعل الكلور مع الماء مكوناً محلول يزيل الألوان مع انطلاقة طاقة حرارية، كما هو موضح في المعادلة الآتية:



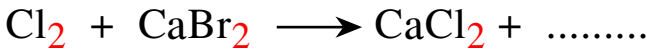
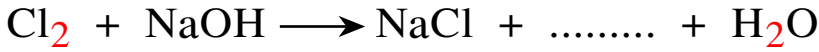
أكسجين ذري نشط يزيل الألوان

تقويم الوحدة

نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الاجابة عن
الأسئلة الآتية :

- ١ - اكتب معادلة موزونة لكل من :
 - أ - تفاعل البروم مع الماء .
 - ب - تفاعل الكلور مع هيدروكسيد الصوديوم .
 - ج - تحضير فلوريد الهيدروجين من الفلور .
 - د - تحضير البروم من بروميد الكالسيوم .
- ٢ - أوجد رقم المجموعة، وعدد إلكترونات التكافؤ لكل من العناصر الآتية :
* Cl^{17} ، Ar^{18} * Mg^{12} ، Br^{35}
* F^9 ، Na^{11} * Te^{52} ، I^{53}
- ٣ - قارن بين عناصر المجموعة الرئيسة الثالثة، ومجموعة الهالوجينات من حيث :
 - أ - عدد الإلكترونات في مستوى الطاقة الأخير .
 - ب - نوع المستوى الفرعي الذي تشغله إلكترونات التكافؤ .
 - ج - السالبية الكهربائية .
 - د - القدرة على اكتساب، أو فقد إلكترونات .
 - هـ - الخواص الفلزية وشبه الفلزية واللافلزية .
 - و - التدرج في طاقة التأين الأولى، وحجم ذرات العناصر في كل مجموعة .
 - ز - نوع الأيونات التي تكونها كل مجموعة .
- ٤ - أي من أزواج الأيونات الآتية يمتلك تركيباً إلكترونياً متشابهاً :
* Cl^- ، Na^+ * Br^- ، K^+
* Na^+ ، F^- * Cl^- ، K^+

- ٥ - اكتب أسماء المركبات، وصيغها الكيميائية، والتي تتكون عندما :
- أ - يتحد الفلور مع فلزات الدورة الثانية (Li, Be) .
- ب- يتحد الكلور مع فلزات الدورة الثالثة (Na, Mg, Al) .
- ٦ - اذكر أهم استخدامات عناصر المجموعة الرئيسية السابعة .
- ٧ - وضح بالمعادلات الكيميائية الموزونة أهم تفاعلات الهالوجينات .
- ٨ - اشرح كيف يحضر غاز الكلور في الصناعة وفي المعمل .
- ٩ - اكتب معادلة كيميائية موزونة تعبر عن تفاعل الكلور مع كل من :
الهيدروجين، الماغنيسيوم، النيتروجين، هيدروكسيد البوتاسيوم، بروميد الكالسيوم .
- ١٠ - علل لما يأتي :
- أ - ذوبان الكلور في الماء يكون محلول يزيل الألوان .
- ب- وضع كمية من بخار اليود داخل المصباح الكهربائي .
- ج- الفريون يشكل خطراً كبيراً على البيئة .
- ١١ - اكمل المعادلات الآتية بحيث تكون موزونة :



عناصر المجموعة الرئيسية الثامنة (VIII A)

الوحدة
السادسة

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 VIII A |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | He ² |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Ne ¹⁰ |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Ar ¹⁸ |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Kr ³⁶ |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Xe ⁵⁴ |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Rn ⁸⁶ |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | *118 Uuo |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>* الأسماء مؤقتة حيث لم يتم اعتماده من قبل IUPAC</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

أهداف الوحدة

- نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن:
- ١ - تحدد موقع عناصر المجموعة الرئيسية الثامنة في الجدول الدوري .
 - ٢ - تكتب أسماء عناصر المجموعة الرئيسية الثامنة ورموزها وأعدادها الذرية .
 - ٣ - تستنتج سبب تسميتها بالغازات الخاملة .
 - ٤ - تفسر الخواص الكيميائية لعناصر المجموعة الرئيسية الثامنة في ضوء التركيب الإلكتروني لذراتها .
 - ٥ - توضح تدرج بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية للعناصر الخاملة .
 - ٦ - تذكر أهم استخدامات العناصر الخاملة .



عناصر المجموعة الرئيسية الثامنة (VIII A) (الغازات الخاملة) وموقعها في الجدول الدوري

من خلال دراستك للجدول الدوري الحديث :

- ما رقم العمود الرأسي الذي تشغله عناصر المجموعة الرئيسية الثامنة؟
 - ما أسماء عناصر المجموعة الرئيسية الثامنة، وما رموزها، وأعدادها الذرية؟
- للتعرف على بعض خواص عناصر المجموعة الرئيسية الثامنة (الغازات الخاملة)،
انظر الجدول (١) .

جدول (١) يوضح بعض خواص عناصر المجموعة الرئيسية الثامنة .

| اسم العنصر | رمزه وعدد الذري | الصفة الفلزية والالفلزية | التوزيع الإلكتروني | درجة الانصهار م | نصف القطر الذري (pm) | طاقة التأين الأولى kJ/mol | الكهرسلبية |
|-------------------------------|-----------------------|--------------------------------|---|-----------------------|----------------------------|---------------------------------|------------|
| الهيليوم | He ² | غاز خامل | 1S ² | -286.9 | 31 | 2372 | - |
| النيون | Ne ¹⁰ | غاز خامل | [He] 2S ² 2P ⁶ | -248.7 | 71 | 2081 | - |
| الأرجون | Ar ¹⁸ | غاز خامل | [Ne] 3S ² 3P ⁶ | -189.2 | 98 | 1521 | - |
| الكريبتون | Kr ³⁶ | غاز خامل | [Ar]4S ² 3d ¹⁰ 4P ⁶ | -169 | 112 | 1351 | 3.0 |
| الزينون | Xe ⁵⁴ | غاز خامل | [Kr]5S ² 4d ¹⁰ 5P ⁶ | -140 | 131 | 1170 | 2.6 |
| الرادون | Rn ⁸⁶ | غاز خامل | [Xe]6S ² 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6P ⁶ | -71 | 141 | 1038 | 2.4 |
| الأنيونوكتيوم (الاسم مؤقت) | Uuo ^{*118} | غاز خامل | [Rn]7S ² 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7P ⁶ | - | - | - | - |

* عنصر جديد تم اكتشافه حديثاً ولا زالت خواصه قيد الدراسة.

من خلال الجدول (١) يتضح أن عناصر المجموعة الثامنة تتألف من: الهيليوم، النيون، الأرجون، الكريبتون، الزينون، الرادون، الأنيونوكتيوم، وتقع عناصر هذه المجموعة في أقصى الجزء الأيمن من الجدول الدوري، وتشغل العمود الرأسي رقم (١٨) .

ويتضح كذلك أن عناصر هذه المجموعة كلها خاملة، (لماذا؟).

ويطلق على عناصر هذه المجموعة اسم (الغازات الخاملة، أو النبيلة).

وتعود ظاهرة الخمول النسبي لعناصر المجموعة الثامنة، (VIII A) إلى التركيب الإلكتروني لذراتها. ويتضح من الجدول (١) أن مستوى الطاقة الأخير (S , P) مكتمل، حيث يلاحظ أن ذرة الهيليوم تملك إلكترونين في مستوى الطاقة الأخير ($1s^2$) ، أما بقية عناصر هذه المجموعة فتملك ذراتها ثمانية إلكترونات في مستوى الطاقة الأخير ($ns^2 np^6$).

وجود عناصر المجموعة الثامنة: (VIII A)

توجد الغازات الخاملة في الهواء الجوي بنسبة ١٪ من إجمالي حجم الغازات المكوّنة له، ويحتل غاز الأرجون النسبة الأكبر من هذا الحجم حيث تمثل نسبته ٩٣،٠٪، والنسبة المتبقية وهي ٠،٧٪ تتوزع على بقية الغازات الخاملة. ويوجد غاز الهيليوم كذلك في كثير من المعادن ذات النشاط الإشعاعي والتي ينتج عن تفتت نواتها جسيمات ألفا التي تتحول إلى غاز الهيليوم عن طريق اكتساب إلكترونين، كما يوجد غاز النيون مختلطاً ببعض أنواع المياه المعدنية.

الخواص العامة لعناصر المجموعة الرئيسية الثامنة (VIII A)

- من خلال الجدول (١) يتضح تدرج خواص عناصر المجموعة الرئيسية الثامنة بزيادة العدد الذري من أعلى إلى أسفل .
- ما أوجه التشابه في التركيب الإلكتروني لعناصر الغازات الخاملة، حدد ذلك التشابه .
 - قارن بين عناصر مجموعة الغازات الخاملة، والمجموعات التي سبق لك دراستها في هذا الكتاب، من حيث الحجم الذري، التوزيع الإلكتروني، ماذا تلاحظ؟، وماذا تستنتج؟
 - بين العلاقة بين عدد الإلكترونات في المستوى الخارجي، ورقم المجموعة .

ويمكن بشكل عام مناقشة أهم الخواص العامة لعناصر هذه المجموعة، وذلك على النحو الآتي:

١- الخواص الفيزيائية:

جميع الغازات الحاملة عديمة اللون والرائحة، وهي أحادية الذرة عند درجة حرارة الغرفة ويصعب إسالتها نظراً لانخفاض درجاتها الحرجة، وهذه الغازات تذوب في الماء فمثلاً: قابلية ذوبان الأرجون في الماء تفوق قابلية ذوبان الأكسجين.

- من خلال الجدول (١)، وضح تدرج درجة الانصهار لعناصر هذه المجموعة.
- كيف يتدرج الحجم الذري لعناصر هذه المجموعة؟

٢- التوزيع الإلكتروني:

اكتب التوزيع الإلكتروني لعناصر المجموعة الثامنة، ثم حدد عدد الإلكترونات التي توجد في المستوى الخارجي.

- هل تميل ذرات هذه العناصر لفقد إلكتروناتها في المستوى الخارجي، أو اكتساب الإلكترونات أثناء التفاعل؟ ولماذا؟
- ما علاقة التركيب الإلكتروني لهذه العناصر وخاصية الخمول التي تتميز به عناصر هذه المجموعة؟

اكتب التوزيع الإلكتروني لإحدى ذرات الفلزات من المجموعة الأولى والثانية مثل: Na^{11} ، Mg^{12} ، واستنتج من خلال التوزيع كيفية وصول هذه الذرات إلى حالة الاستقرار.

- اكتب التوزيع الإلكتروني لذرة الغاز الحامل النيون (Ne^{10})، ثم قارن التوزيع الإلكتروني لأيون الصوديوم (Na^+)، وأيون الماغنيسيوم (Mg^{2+}). ماذا تلاحظ؟
- اكتب التوزيع الإلكتروني لذرة الأكسجين (O^8)، واستنتج من خلال التوزيع كيفية وصول هذه الذرة إلى حالة الاستقرار.
- قارن بين التوزيع الإلكتروني لذرة الغاز الحامل النيون، وأيون الأكسجين (O^{2-}).

- تتكون أيونات موجبة أحادية الشحنة عندما تفقد ذرات الفلزات في المجموعة الأولى (IA) إلكترونًا واحدًا، كما تتكون أيونات موجبة ثنائية الشحنة عندما تفقد ذرات الفلزات في المجموعة الثانية (IIA) إلكترونين من مستواها الخارجي، أما فلزات المجموعة الثالثة (IIIA)؛ فتكون أيونات موجبة ثلاثية الشحنة.
- بينما العناصر اللافلزية في المجموعة السابعة غالباً تكون أيونات سالبة أحادية الشحنة عن طريق اكتساب إلكترون واحد، كما يمكن للعناصر اللافلزية في المجموعة السادسة اكتساب إلكترونين لتكوين أيونات سالبة ثنائية الشحنة.
- يكون التركيب الإلكتروني للأيونات الموجبة مماثلاً للتركيب الإلكتروني للغاز الحامل الذي يسبقها في الدورة، أما الأيونات السالبة فإن تركيبها الإلكتروني يكون مماثلاً لتركيب الغاز الحامل الموجود في نهاية الدورة.

٣- طاقة التأين الأولى:

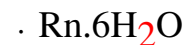
- كيف تتدرج طاقة التأين الأولى لعناصر هذه المجموعة؟
- ما علاقة طاقة التأين الأولى لعناصر هذه المجموعة ونشاطها الكيميائي؟

٤- الخواص الكيميائية:

يطلق على عناصر المجموعة الثامنة اسم الغازات النبيلة أو الحاملة، نظراً لأنها بشكل عام لا تملك القدرة على التفاعل الكيميائي في الظروف العادية، أي أنها تفتقر إلى النشاط الكيميائي، وبالتالي فإنها لا تكون أيونات سالبة، أو موجبة. إلا أنه ثبت مؤخراً أن الغازات الحاملة قد تدخل في بعض التفاعلات تحت ظروف خاصة، ويمكن توضيح ذلك على النحو الآتي:

أ - **تكوين أيونات:** يمكن للغازات الحاملة أن تكون أيونات تحت تأثير الجهد الكهربائي المرتفع داخل أنابيب التفريغ الكهربائي، مثل أيون He^{2+} ، وفي وجود الهيدروجين يتكون HeH^{+} .

ب- **تكوين هيدرات:** بعض الغازات الحاملة يمكنها أن تكون هيدرات في درجات الحرارة المنخفضة والضغط العالي، ومثال ذلك هيدرات الرادون السداسية



ج- تكوين مركبات قفسية (Clathrate Compounds): تبين مؤخراً أن غاز الأرجون يمكن أن يرتبط بجزيئات بلورات بعض المواد العضوية، مثل الكوينول $C_6H_4(OH)_2$. فعند تبلر الكوينول في وجود غاز الأرجون، وعند ضغط مرتفع يتكون ما يعرف بالمركب القفصي المعقد مثل: $[3C_6H_4(OH)_2 \cdot Ar]$ ، حيث توجد ذرة من الأرجون بين ثلاثة جزيئات من الكوينول.



استخدامات الغازات الخاملة

تستخدم الغازات الخاملة لأغراض متعددة في الحياة اليومية، ومن أهم استخداماتها ما يلي:

- ١ - يستخدم غاز الهيليوم في ملء المناطيد كونه غير قابل للاشتعال، كما يعتبر مصدر لتكوين ما يسمى بالضغط الجوي الاصطناعي، الذي يتم تشكيله في المعامل المقامة في أعماق البحار والمحيطات.
- ٢ - يستخدم النيون Ne، والأرجون Ar، والكربتون Kr، والزينون Xe بكثرة وعلى نطاق واسع في التطبيقات الكهربائية الضوئية كإضاءة، ولوحات الزينة، واللوحات الإعلانية ذات المظهر الجميل، كما تستخدم الغازات الخاملة في مصابيح الفلاش التابعة لكاميرات التصوير.
- ٣ - يستخدم الهيليوم والأرجون في عمليات لحام بعض الفلزات مثل الماغنيسيوم والألومينيوم لمنع تأكسدها.
- ٤ - يستخدم خليط من الهيليوم والأرجون مع النيتروجين في صناعة المصابيح الكهربائية، حيث إنهما يعملان على الحد من تبخر سلك التنجستن المتوهج.
- ٥ - يستخدم الرادون في الطب لعلاج بعض الأمراض كالسرطان.

تقويم الوحدة

نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الإجابة عن الأسئلة الآتية:

١ - اكتب التوزيع الإلكتروني للبوتاسيوم K^{19} ، وأيون البوتاسيوم K^+ ، ثم قارن التوزيع الإلكتروني لهما، مع التوزيع الإلكتروني لذرة الأرجون Ar^{18} ، موضحاً وجه الشبه بين التوزيع الإلكتروني للأرجون وكلاً من البوتاسيوم وأيونه .

٢ - أي من التوزيعات الإلكترونية الآتية يمثل عنصراً خاملاً؟:

(1) 2 , 1 .

(4) 2 , 8 , 8 .

(2) 2 , 8 , 1 .

(5) 2 , 7 .

(3) 2 , 8 .

(6) 2 .

٣- اكتب التوزيع الإلكتروني للذرات الآتية: الهيليوم، النيون، والكربتون، موضحاً أوجه التشابه في التوزيع الإلكتروني لهذه الذرات .

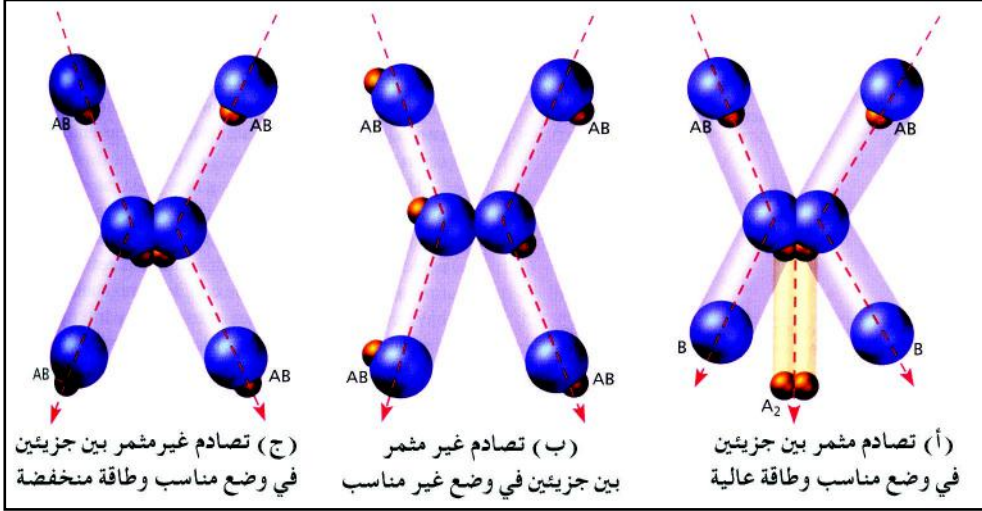
٤- لماذا تسمى عناصر المجموعة الرئيسية الثامنة بالغازات الحاملة أو النبيلة؟

٥- كيف يتدرج كل من (الحجم، وطاقة التأين، ودرجة الانصهار)، لذرات العناصر الحاملة بزيادة العدد الذري؟

٦- كيف يمكن لذرات الفلزات واللافلزات الوصول إلى حالة الاستقرار؟ وما علاقة ذلك بالتركيب الإلكتروني للغازات الحاملة؟

٧- اذكر أهم استخدامات الغازات الحاملة؟

سرعة التفاعلات الكيميائية والاتزان الكيميائي



أهداف الوحدة

- نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن:
- 1- توضح أنواع التفاعلات الكيميائية مع ضرب أمثلة لها.
 - 2- تفسر كلاً من التصادمات المثمرة وغير المثمرة في ضوء نظرية التصادم.
 - 3- توضح المقصود بطاقة التنشيط.
 - 4- تقارن بين أثر العوامل المختلفة على سرعة التفاعل.
 - 5- تعدد أهم شروط حدوث الاتزان في التفاعلات الكيميائية.
 - 6- تستنتج قانون فعل الكتلة وثابت الاتزان.
 - 7- تطبق قاعدة لوشاتيليه لوصف ما يحدث لتفاعل كيميائي متزن.
 - 8- تطبق الحسابات الكيميائية المتعلقة بالاتزان الكيميائي.
 - 9- تقدر عظمة الخالق في جعل الكون يسير وفق نظام متزن.



سرعة التفاعلات والاتزان الكيميائي Reaction Rate and Chemical Equilibrium

درست سابقاً بعضاً من التفاعلات الكيميائية وتعرفت على طريقة تمثيلها بالمعادلات الرمزية الموزونة، والتي توضح نوع المواد الداخلة في التفاعل والناجئة عنه، ولكن ربما يتبادر إلى ذهنك بعض الأسئلة حول طبيعة هذه التفاعلات، وهل هي من نوع واحد؟، أم أن هناك أنواعاً مختلفة منها؟، وهل تتم هذه التفاعلات بسرعة واحدة؟، أم أنها تتفاوت في سرعاتها؟، وهل لظروف التفاعل من حرارة وضغط وتركيز أي أثر على تغيير سرعة هذه التفاعلات؟ وللإجابة عن هذه التساؤلات، سيتم مناقشة بعض المفاهيم الهامة المتعلقة بالتفاعلات الكيميائية وأنواعها، وأثر بعض العوامل على سرعاتها واتزانها، كما سيتم عرض بعض الحسابات المبنية على ثابت الاتزان.

مفهوم التفاعل الكيميائي



التفاعل الكيميائي هو عملية يتم فيها تحول المواد المتفاعلة إلى مواد جديدة مختلفة في خواصها وصفاتها عن المواد المتفاعلة. وتستخدم المعادلة الكيميائية الموزونة للتعبير عن هذه التحولات، حيث يظهر فيها عدد المولات الداخلة في التفاعل أو الناجئة عنه.

أنواع التفاعلات الكيميائية

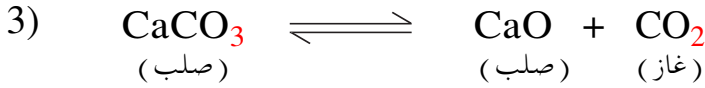
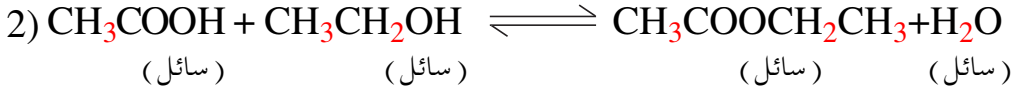
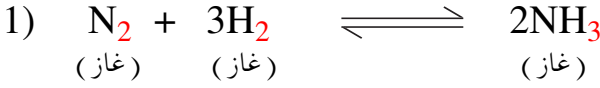


من خلال التفاعلات التي سبق لك دراستها توصلت إلى أن التفاعل الكيميائي يسير في اتجاه واحد، بحيث أن جميع المواد الداخلة في التفاعل تُستهلك جميعها وينتج عن استهلاكها تكونُ المواد الناجئة، إلا أن ذلك غير صحيح، حيث إن هناك أنواعاً أخرى من التفاعلات، يمكن تصنيفها حسب سلوكها إلى الآتي:

١ - تفاعلات انعكاسية Reversible Reactions :

وهي عبارة عن تفاعلات تحدث في اتجاهين متضادين، حيث تتفاعل المواد الداخلة في التفاعل في الاتجاه الطردى مكونة المواد الناتجة، إلا أن المواد الناتجة سرعان ما تتفاعل مع بعضها لتعطي المواد المتفاعلة ويسري هذا التفاعل في الاتجاه المعاكس للتفاعل الطردى.

ومن أمثلة التفاعلات الانعكاسية ما يأتي :

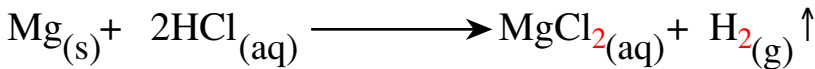
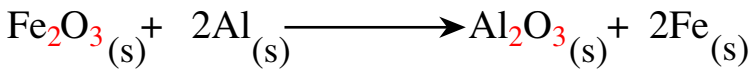


من خلال الأمثلة السابقة تلاحظ سهمين متعاكسين ، وهما يدلان على أن التفاعل منعكس، أحدهما في الاتجاه الطردى والآخر في الاتجاه العكسي (\rightleftharpoons) ^{طردي} _{عكسي} لاحظ الأمثلة أعلاه، تجد أن التفاعل الانعكاسي يمكن أن يصنف إلى نوعين هما:
أ) تفاعل متجانس: وتكون فيه جميع المواد المتفاعلة والناتجة في حالة واحدة، كما في المعادلة الأولى والثانية.
ب) تفاعل غير متجانس: وتكون فيه المواد المتفاعلة والناتجة في حالات مختلفة، كما في المعادلة الثالثة.

- اعط أمثلة لأنواع أخرى من التفاعلات الانعكاسية.

٢ - تفاعلات غير انعكاسية Unreversible Reactions :

ويمكن توضيحها من خلال التفاعلين الآتيين:



- من خلال الأمثلة السابقة، استنتج سبب كتابة السهم بشكل مكتمل، متجهاً من المواد المتفاعلة وإلى الناتجة.
- اذكر أمثلة توضح فيها أنواع التفاعلات غير الانعكاسية، بناء على حالة المواد المتفاعلة والناتجة.

ميكانيكية (آلية) التفاعل الكيميائي

- من خلال المعادلات التي سبق لك دراستها:
 - هل يمكن الحصول على معلومات حول خطوات التفاعل التي من خلالها يتم الوصول إلى النواتج النهائية للتفاعل؟
- للإجابة عن هذا السؤال يمكنك الرجوع إلى ماسبق لك دراسته حول المعادلة الكيميائية والمعلومات المتعلقة بالتفاعلات والنواتج والتي يمكن استنباطها من خلال المعادلة، مثل: عدد الجزيئات، وعدد المولات، والصيغ الجزيئية، وظروف التفاعل، وحالة المواد. ولكن يتضح أن المعادلة الكيميائية لا توضح لنا ميكانيكية التفاعل (الخطوات المتتالية التي تؤدي إلى تكوين النواتج)، كما أن المعادلة لا تبين لنا سرعة هذه التفاعلات.

دراسة سرعة التفاعلات الكيميائية وميكانيكية حدوثها هو من اختصاص علم الكيمياء الحركية. حيث يحرص علماء الكيمياء الحركية والمهندسون الكيميائيون على دراسة سرعة التفاعلات الكيميائية والتعرف على الخطوات المتتالية التي تؤدي إلى تكوين النواتج، وهذا بالطبع يفيد في الحصول على معلومات تساعد على التحكم بسرعة حدوث هذه التفاعلات وتوجيهها بالطريقة التي تضمن من خلالها الحصول على النواتج المرغوبة للتفاعلات بالكميات المطلوبة وبطريقة اقتصادية مناسبة وبعيدة عن المخاطر.

كما أن هذه المعلومات تساعد في التقليل من آثار التفاعلات الضارة التي قد تؤدي إما إلى مخاطر صحية، كتلوث الغذاء، وفساده، وتعفنه. بسبب حدوث بعض التفاعلات، أو إلى الحد من الأضرار الاقتصادية الناتجة عن حدوث بعض التفاعلات مثل صدأ الحديد وتآكله، حيث يقوم علماء الكيمياء بإنتاج مواد تساعد على منع حدوث هذه التفاعلات الضارة أو التقليل من سرعة حدوثها.

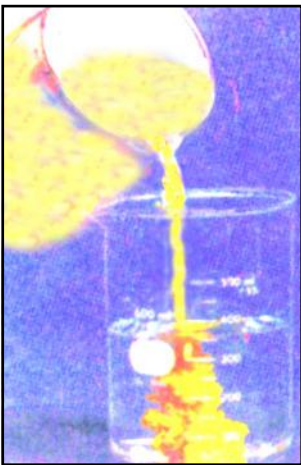
من خلال ما سبق يتضح أن التفاعل الكيميائي يكون مصحوباً بحركة، وقد يتم في خطوة واحدة أو أكثر، ولذلك يحاول العلماء تفسير الكثير من التفاعلات وتحديد طريقة حركتها أو ما يسمى بميكانيكية التفاعل **Reaction Mechanisms**.

حركة الذرات والجزيئات المكونة للمادة :

إن كلمة ميكانيكية تعني « حركة »، وبما أن التفاعل الكيميائي يحدث بين الذرات أو الجزيئات أو الأيونات المكونة للمواد المتفاعلة فإننا نستدل على أن هذه الذرات أو الجزيئات تكون في حركة دائمة تتمكنها من الاقتراب من الذرات أو الجزيئات الأخرى والتصادم معها وتكوين روابط جديدة تؤدي إلى ظهور النواتج المختلفة في الخواص.

الذرات أو الجزيئات أو الأيونات المكونة للمادة صغيرة جداً ويصعب رؤيتها بالعين المجردة أو بالوسائل المساعدة البسيطة.

وبما أن الذرات أو الجزيئات أو الأيونات صغيرة جداً ولا يمكن رؤيتها، إلا أنه يمكن إدراك حركتها عن طريق بعض الشواهد المألوفة، فمثلاً في حالة الغازات نجد أن جزيئاتها سريعة الحركة وتنتشر في كل اتجاه، ويمكن الاستدلال على ذلك من خلال بعض المشاهدات اليومية، فلو أن أحد زملائك في الصف قام بفتح زجاجة عطر في



شكل (١) سائل ملون في الماء

مقدمة الصف، فإنه يمكنك أن تشم رائحة العطر حتى لو كنت في مؤخرة الصف، وهذا يدل على أن جزيئات العطر تحركت في الهواء وانتشرت في أرجاء غرفة الصف، بحيث يتمكن الطلاب من شم رائحة العطر.

أما بالنسبة للسوائل، فلو أنك وضعت قطرات من سائل ملون في كأس مملوء بالماء كما في الشكل (١) فإنك ستلاحظ أن لون السائل ينتشر في الماء، وبعد فترة وجيزة تجد أن لون الماء قد تغير بالكامل، وهذا دليل على أن جزيئات السائل الملون وكذلك جزيئات الماء في حركة دائمة.

أما في حالة المواد الصلبة فإن حركة الذرات أو الجزيئات المكونة لها تكون محدودة بسبب تماسك جزيئاتها، إلا أن بعض الشواهد والتجارب تؤكد حدوث هذه الحركة، فمثلاً نشاهد تمدد أسلاك الكهرباء في الصيف وحدث استطالة فيها، مما يؤكد حدوث هذه الحركة بين جزيئات مادة السلك (النحاس) .

كيفية حدوث التفاعل الكيميائي

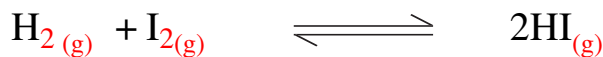
حاول علماء الكيمياء إيجاد تفسيرات علمية معقولة للكيفية التي تتم فيها التفاعلات الكيميائية المختلفة، ونظراً لأن التفاعلات تتم بين الذرات أو الجزيئات الصغيرة جداً، فإن العلماء لجأوا إلى استخدام نماذج مكبرة لهذه الذرات أو الجزيئات وحاولوا من خلالها شرح الكيفية التي تتم فيها التفاعلات . كما قاموا بوضع نظريات علمية لتفسير طريقة حدوث هذه التفاعلات، ولتدعيم ملاحظاتهم ومشاهداتهم حولها . ومن أهم النظريات التي لا يزال العلماء يعتمدون عليها حتى الآن في تفسير حدوث التفاعل هي ما تعرف بـ « نظرية التصادم » .

نظرية التصادم : Collision Theory

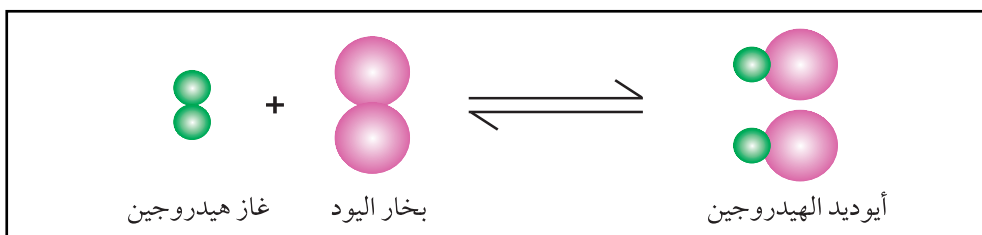
تقوم هذه النظرية على أساس فرض مفاده أن التفاعل الكيميائي لا يمكن أن يتم بين مكونات المواد المتفاعلة (ذرات – جزيئات – أيونات) إلا بحدوث تصادم تحت شروط محددة . وتستند نظرية التصادم على مجموعة من الفرضيات (التصورات) التي توضح طريقة حدوث هذه التصادمات والشروط المطلوبة لحدوثها، وتتلخص بالآتي :

- ١- يحدث التفاعل نتيجة لتصادم المواد المتفاعلة مع بعضها .
- ٢- تعتمد سرعة التفاعل على عدد التصادمات بين جزيئات المواد المتفاعلة مع بعضها البعض في الثانية الواحدة، وكذلك على عدد التصادمات المثمرة .
- ٣- التصادم المثمر هو الذي ينتج عنه تكون جزيء جديد، أما التصادم غير المثمر فلا ينتج عنه تكون أي جزيئات جديدة .
- ٤- يحدث التصادم المثمر إذا كان وضع الجزيئين مناسباً عند حدوث التصادم، وكذلك إذا توفرت طاقة كافية لحدوث التفاعل تسمح بكسر الروابط المكونة للجزيء وتكوّن روابط جديدة بين الذرات المتفاعلة . أما إذا لم يتوافر أي من هذين الشرطين فإن التفاعل يكون غير مثمر (غير منتج) .

ولتوضيح فروض هذه النظرية يمكن استخدام المثال الآتي :
يتفاعل جزيء غاز الهيدروجين مع جزيء من بخار اليود وينتج عن ذلك جزيئين
من غاز أيوديد الهيدروجين حسب المعادلة الآتية :

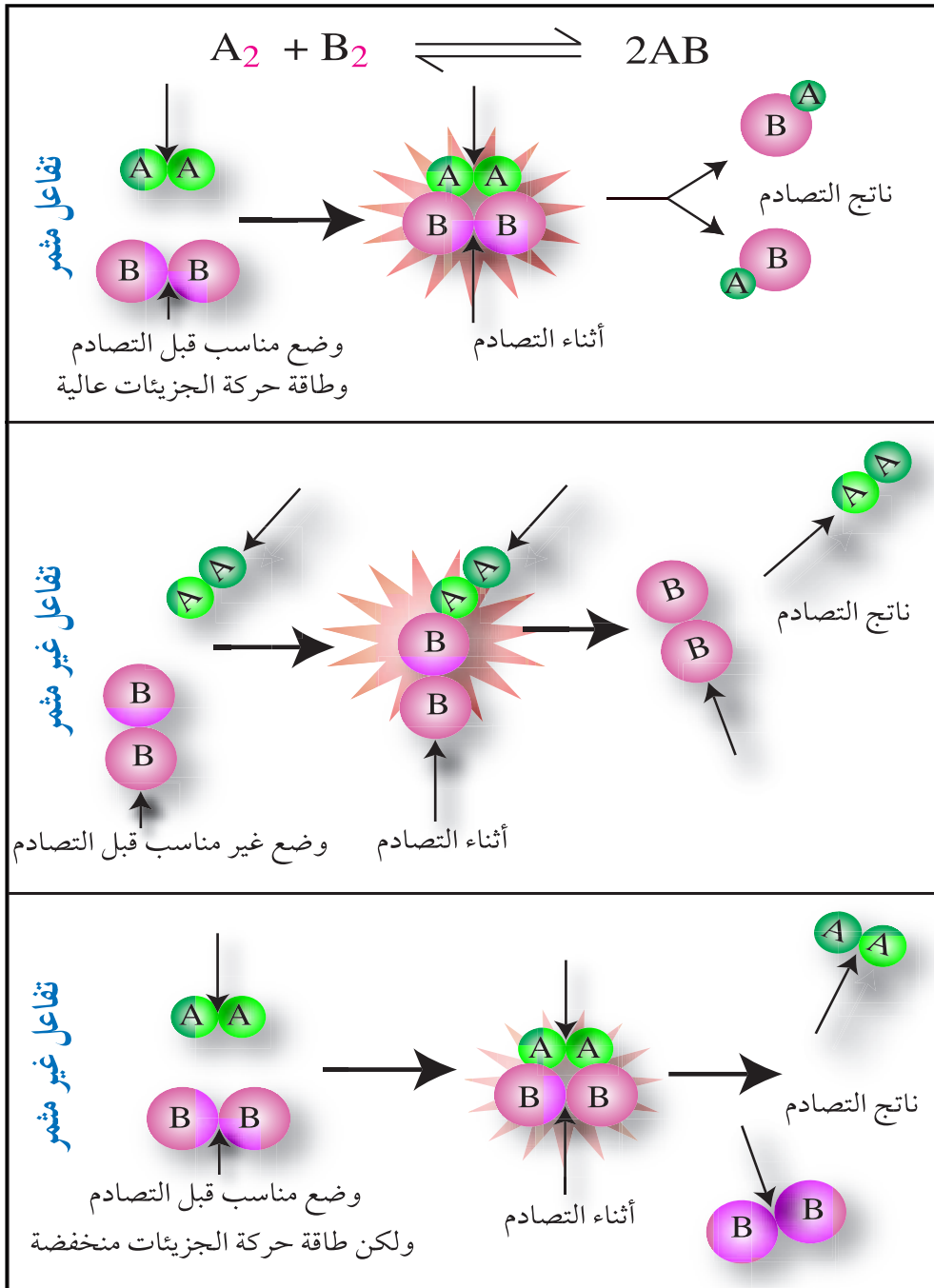


ويمكن تمثيل هذا التفاعل باستخدام النماذج الآتية :



- ويمكن تفسير حدوث هذا التفاعل وفقاً لنظرية التصادم على النحو الآتي :
- ١- تبعاً للفرضية الأولى، فإن التفاعل بين جزيئي H_2 ، I_2 ، لا يمكن أن يتم إلا بحدوث تصادم بين هذين الجزيئين .
 - ٢- كلما زاد عدد التصادمات المثمرة في الثانية الواحدة بين جزيئات الغاز؛ زادت سرعة التفاعل في الاتجاه الطردي لتكوين غاز HI ، وكذلك الحال كلما زادت عدد التصادمات المثمرة بين جزيئات HI ؛ زادت سرعة التفاعل في الاتجاه العكسي لتكوين H_2 ، I_2 .
 - ٣- إذا توافرت طاقة كافية لحدوث التفاعل (طاقة التنشيط) بحيث تفوق الحد الأدنى للطاقة اللازمة لحدوث التفاعل، فإنه يمكن أن يتم هذا التفاعل . كما أن احتمال حدوث التفاعل يزداد بوجود تصادمات مثمرة تكون فيها الجزيئات في وضعية مناسبة تساعد على كسر الروابط بين جزيئات الغازين، ومن ثم التحام ذرة من الهيدروجين مع ذرة من اليود لتكوين جزيء HI . وكذلك الحال بالنسبة للتفاعل العكسي الذي يتم فيه تصادم بين جزيئي غاز HI لتكوين H_2 ، I_2 .
- هل تؤدي جميع التصادمات بين دقائق المواد المتفاعلة إلى تكوين النواتج؟
بمعنى آخر، هل جميع التصادمات بين H_2 ، I_2 تكون مثمرة؟
للإجابة عن هذه التساؤلات، يمكن استخدام النماذج التي تمثل تفاعل A_2 مع B_2 لتكوين 2AB .

ومن خلال هذه النماذج يمكن أن نوضح طبيعة التصادمات التي يحدث لها
أثناء التفاعل ، والموضحة في الشكل (٢).



شكل (٢) يوضح احتمالات حدوث التفاعل بين جزيئين

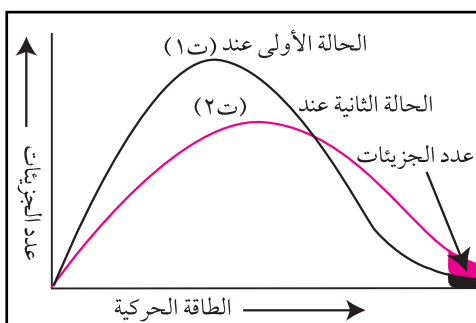
من خلال الشكل (٢) يتضح أن التفاعل يحدث في اتجاهين متعاكسين، الأول طردي حيث يتفاعل جزيء A_2 مع B_2 لتكوين جزيئين من $2AB$ ، أما التفاعل العكسي فيتم عند تفاعل جزيئي AB مع بعضهما لتكوين A_2 ، B_2 .
 - في الشكل (٢) تم تمثيل احتمالات التصادم في التفاعل الطردي وتوضيح التفاعلات المثمرة وغير المثمرة . هل يمكنك تمثيل التفاعل العكسي بنفس الطريقة وفقاً لفرضيات نظرية التصادم؟



شكل (٣) يوضح تفاعل غاز H_2 وبخار I_2

طاقة التنشيط: Activation Energy

انظر إلى الشكل (٣) الذي يوضح تفاعل غاز H_2 ، وغاز I_2 عند درجة حرارة مرتفعة نسبياً .
 ومعلوم أن غاز الهيدروجين مكون من ذرتي هيدروجين مرتبطة مع بعضها برابطة تساهمية ($H-H$)، وكذلك الحال بالنسبة لبخار اليود الذي يتكون من ذرتي يود مرتبطة مع بعضها لتكوين جزيء اليود ($I-I$) .



شكل (٤) عدد الجزيئات المكونة عند درجة حرارة ١ ، ٢

فعند درجة حرارة معينة (ت ١) فإن عدد معين من جزيئات الهيدروجين واليود تملك طاقة حركية كافية للتفاعل (تفوق الحد الأدنى لطاقة التنشيط) بحيث تتفاعل مع بعضها لتكوين HI ، ويمكن تمثيلها بالشكل البياني (٤) .

- لاحظ أن الجزء المظلل باللون الأحمر، نجد أنه يمثل عدد الجزيئات النشطة التي تكونت عند درجة حرارة (ت ٢) ، كما أن الجزء المظلل باللون الأسود يمثل عدد الجزيئات النشطة عند درجة حرارة (ت ١) .

من خلال ملاحظة المساحة المظللة باللون الأحمر والأسود في الشكل (٤) :

- أي من الحالتين يكون فيها عدد التصادمات المثمرة أكبر؟
- هل الارتفاع في درجة الحرارة له علاقة بزيادة أو نقص سرعة التفاعل؟ ولماذا؟

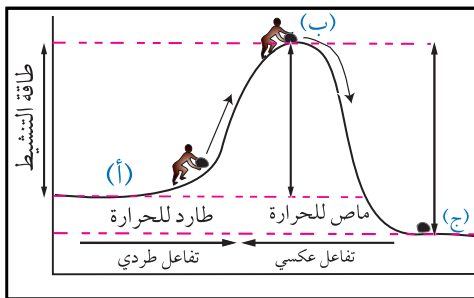
طاقة التنشيط: هي أقل طاقة مطلوبة لتحويل جزيئات المواد المتفاعلة إلى ما يسمى بالمركب النشط .

المركب النشط : Activated Complex

كما هو واضح من فروض نظرية التصادم، فإن بعض الجزيئات التي تمتلك طاقة حركية عالية، وتكون في وضع مناسب عند التصادم يحدث كسر للروابط المكونة للجزيء، مما يمكنها من تكوين روابط جديدة وإنتاج مركبات جديدة .
ففي الفترة الزمنية التي يتم فيها التصادم وكسر الروابط السابقة وتكوين الروابط الجديدة يتكون مركب غير ثابت يسمى بالمركب النشط والذي تكون طاقته عالية بالنسبة للمواد المتفاعلة أو الناتجة .

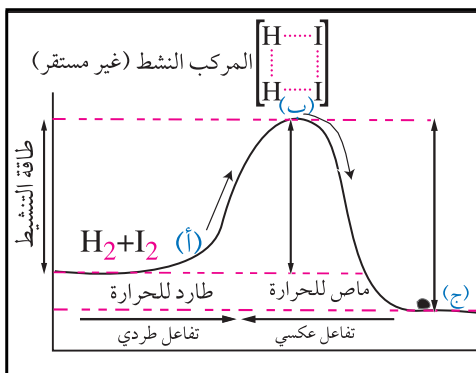
إن تكونُ المركب النشط يمثل الحاجز الذي ينبغي على جزيئات المواد المتفاعلة تجاوزه للوصول إلى النواتج .

يمكن تمثيل أو تشبيه حالة تفاعل المواد وتكوين المركب النشط الذي يتحول إلى نواتج كحالة نقل صخرة من سفح جبل (أ) عبر قمة الجبل (ب) الذي يطل على وادي منخفض جداً (ج) كما هو موضح في الشكل (٥) .



شكل (٥) يوضح الطاقة المطلوبة لنقل صخرة من سفح جبل إلى قمته ومنها إلى الوادي

لكي يتم نقل الصخرة من سفح الجبل (أ) حتى تصل إلى الوادي (ج) يجب بذل طاقة لرفعها إلى قمة الجبل (ب)، فإذا ما وصلت إلى القمة فإنها تكون أقل استقراراً، وسرعان ما تتدحرج إلى أسفل الجبل حتى تصل إلى النقطة (ج)، حيث يكون مستقرها الأخير .



شكل (٦) يوضح الطاقة المطلوبة لتكوين المركب النشط الذي يتحول بسرعة إلى الناتج HI

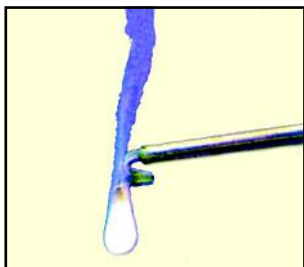
وكذلك الحال بالنسبة للمواد المتفاعلة ($H_2 + I_2$) فإنها تحتاج إلى طاقة تنشيط لرفعها من النقطة (أ) حتى تصل إلى القمة (ب) حيث يتم تكوين المركب النشط غير المستقر والذي ينحدر إلى النقطة (ج) ليصل إلى حالة الاستقرار وتكوين المركب الناتج (HI)، كما هو موضح بالشكل (٦).

المركب النشط الذي يتكون عند تفاعل الهيدروجين مع اليود لتكوين يوديد الهيدروجين هو $[H \cdots I]$ ، حيث يظهر تكوّن روابط جديدة بين الهيدروجين واليود لم تكن موجودة من قبل، إذ تنفصل الروابط القديمة بين (I-I)، (H-H) ليتكون الناتج HI.

سرعة التفاعل الكيميائي والعوامل المؤثرة عليهما : Reaction Rate

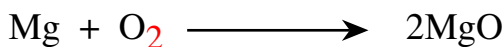
عرفت سابقاً أن جزيئات المواد المتفاعلة أو ذراتها أو أيوناتها لا بد وأن تمتلك طاقة حركية تمكنها من التصادم مع بعضها البعض وحدث ما يسمى بالتصادم المثمر الذي ينتج المواد الجديدة (الناتج)، كما عرفت أيضاً أن الطاقة الحرارية تعمل على زيادة الطاقة الحركية للجزيئات، فيحدث التصادم المثمر، ويقال عندها أن سرعة التفاعل عالية، وهناك حالات يحدث التفاعل فيها بعد مرور فترة طويلة من الزمن، ولذلك يقال أن معدل سرعة التفاعل منخفضة.

لعلك لاحظت أن بعض التفاعلات تكون سريعة جداً مثل احتراق البارود واشتعاله بشدة مولداً إنفجاراً عنيفاً شديداً الخطورة، وربما أيضاً أدركت أن هناك تفاعلات بطيئة تستغرق وقتاً طويلاً لحدوث التفاعل وذلك مثل صدأ الحديد.

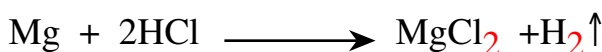


شكل (٧) احتراق الماغنيسيوم

انظر إلى الشكل (٧) ولاحظ تفاعل شريط الماغنيسيوم مع أكسجين الهواء وتكوين أكسيد الماغنيسيوم، كما في المعادلة الآتية:



انظر كذلك إلى الشكل (٨) والذي يوضح تفاعل شريط ماغنيسيوم - مساوٍ للشريط الذي تم حرقه في الشكل (٧) - مع حمض الهيدروكلوريك المركز لتكوين كلوريد الماغنيسيوم وغاز الهيدروجين، كما في المعادلة الآتية:



- أيهما أسرع تفاعل شريط الماغنيسيوم مع الأكسجين، أم تفاعله مع حمض الهيدروكلوريك المركز؟

باستعراض المعادلتين السابقتين:

- هل هناك أية معلومة في المعادلتين يمكن أن تدلك على سرعة تفاعل شريط الماغنيسيوم مع الأكسجين، وكذلك تفاعله مع حمض الهيدروكلوريك المركز؟ عرفت سابقاً أن التفاعلات تتم بين الذرات والجزيئات التي يصعب مشاهدتها، ولذلك لا يمكن الحصول على معلومات من خلال المعادلة الكيميائية تفيدنا في التعرف على سرعة التفاعلات الكيميائية، لذلك يلجأ العلماء لإجراء التجارب لقياس سرعة التفاعلات (أي أن سرعة التفاعلات تقاس معملياً).

من خلال دروس الفيزياء عرفت أن السرعة هي عبارة عن معدل التغير في وحدة الزمن، لذلك فإن سرعة التفاعل الكيميائي يمكن قياسها عن طريق تحديد سرعة اختفاء إحدى المواد المتفاعلة أو سرعة تكون إحدى المواد الناتجة، وبعبارة أخرى فإن سرعة التفاعل هي نسبة التغير في تركيز مادة (متفاعلة أو ناتجة) إلى التغير في الزمن.

$$\text{سرعة التفاعل (س)} = \frac{\text{التغير في التركيز}}{\text{التغير في الزمن}} = \frac{\Delta \text{ ت}}{\Delta \text{ ز}}$$

العوامل المؤثرة على سرعة التفاعل :

لعلك لاحظت بعض التفاعلات الكيميائية وظروف التفاعل الملازمة لها، فمثلاً بعض التفاعلات لا تتم إلا عن طريق التسخين، والبعض الآخر تحتاج لإضافة بعض المواد التي تعمل على تحفيز التفاعل، ويمكن إيجاز أهم العوامل المؤثرة على سرعة التفاعل كما يأتي :

- ١- طبيعة المواد الداخلة في التفاعل .
- ٢- تركيز المواد المتفاعلة .
- ٣- درجة الحرارة .
- ٤- وجود العامل الحفاز Catalyst .

ونظراً لأهمية هذه العوامل فسيتم مناقشتها باختصار على النحو الآتي :

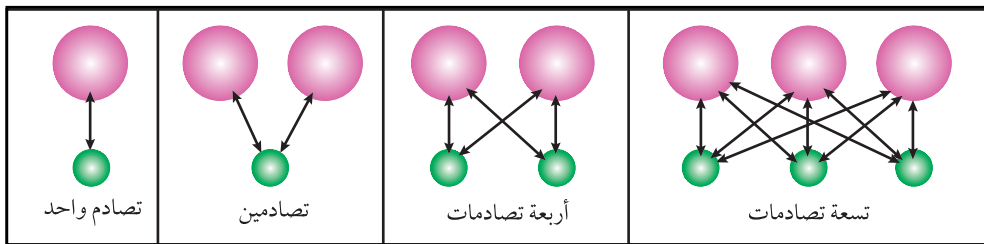
١- طبيعة المواد الداخلة في التفاعل :

تختلف سرعة التفاعل الكيميائي باختلاف الخواص الفيزيائية والكيميائية للمواد الداخلة في التفاعل، فمثلاً تفاعل فلز الصوديوم مع الماء يتم بسرعة عند درجة حرارة الغرفة، وينتج عن ذلك انطلاق كمية من الحرارة، إلا أن الماء يتفاعل ببطء مع الحديد ولا يحدث هذا التفاعل إلا عند رفع درجة الحرارة إلى ١٠٠م، مما يؤكد أن اختلاف خواص المواد الداخلة في التفاعل لها دور كبير في تحديد سرعة التفاعل .

كما أن الخواص الفيزيائية للمادة قد تساعد أو تعيق التفاعل، فمثلاً عند تفاعل حمض الهيدروكلوريك المركز مع مسحوق من معدن الخارصين يكون أسرع من تفاعله مع كتلة صلبة من ذلك المعدن، والسبب يعود إلى أن مساحة سطح الخارصين المسحوق المعرضة للحمض تكون أكبر من مساحة سطح الكتلة الصلبة .

٢- تركيز المواد المتفاعلة :

وفقاً لفروض نظرية التصادم فإن الزيادة في تركيز المواد المتفاعلة قد تؤدي إلى زيادة فرصة التصادمات التي تحدث بين جزيئات المواد المتفاعلة، وبالتالي نضمن حدوث تصادمات مثمرة تؤدي إلى الحصول على النواتج بسرعة أكبر مما لو كان تركيز المواد منخفضاً، والشكل (٩) يوضح ذلك .



شكل (٩) يوضح أثر التركيز على زيادة احتمالية حدوث التصادمات المثمرة

من خلال الشكل (٩) :

- وضح ما يحدث عندما يزداد تركيز المواد المتفاعلة (زيادة عدد الجزيئات من المواد المتفاعلة).
- ما علاقة الزيادة في التركيز على سرعة التفاعل؟

ينبغي الملاحظة بأن زيادة التركيز لا يؤدي دوماً إلى زيادة سرعة جميع التفاعلات، إذ أن بعض التفاعلات تشد عن هذه القاعدة فلا تتأثر سرعتها بتغيير تركيز المواد المتفاعلة. كما تجدر الإشارة إلى أن قياس سرعة التفاعل يتطلب إجراء تجارب عملية تستنتج منها أثر التركيز على سرعة التفاعلات.

٣- درجة الحرارة:

- إن طاقة التنشيط يمكن الحصول عليها إذا تم رفع درجة حرارة المواد المتفاعلة، مما يؤدي إلى زيادة الطاقة الحركية للجزيئات المتفاعلة؛ وبالتالي تزداد احتمالية حدوث التصادمات المثمرة وتكوّن المركب النشط الذي يتحول إلى نواتج. من خلال الشكلين (٤ ، ٦).
- وضح أثر زيادة درجة الحرارة على سرعة التفاعل.

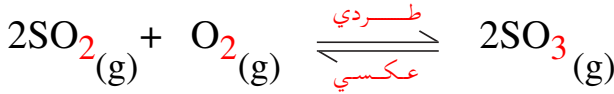
٤- وجود العامل الحفاز Catalyst :

- من دراستك السابقة لبعض التفاعلات الكيميائية لأشك أنك قد لاحظت أن بعض التفاعلات البطيئة يتطلب حدوثها إضافة مواد تسمى بالعوامل الحفازة. والعامل الحفاز هو: «عبارة عن مادة تساعد على زيادة سرعة التفاعل الكيميائي، غير أنها لا تدخل في تركيب النواتج، وتظل كما هي عند نهاية التفاعل»، فمثلاً يتم تحضير غاز الأكسجين عن طريق تسخين كلورات البوتاسيوم أو برمنجنات البوتاسيوم في وجود عامل حفاز، كما هو موضح في كراسة الأنشطة والتجارب.

- ما اسم العامل الحفاز المستخدم في هذه التجربة؟ وماذا لاحظت عند قيامك بالنشاط (١٠) الخاص بتحضير غاز الأوكسجين في المعمل .
- هل يختفي العامل الحفاز بعد انتهاء التفاعل؟ ماذا تستنتج من ذلك؟

حالة الاتزان الكيميائي والمفهوم الديناميكي لها

إن وجود التفاعلات الانعكاسية يثير الكثير من التساؤلات، فمثلاً تفاعل غاز SO_2 مع غاز الأوكسجين لتكوين SO_3 هو تفاعل انعكاسي يمثل على النحو الآتي :



ولكن .

- هل يستمر هذا التفاعل في الاتجاه العكسي والطردي دون توقف؟
 - وهل يمكن أن نصل إلى حالة يكون فيها سرعة التفاعل الطردي أكبر من سرعة التفاعل العكسي، أم ماذا يحدث؟
- وللإجابة عن هذه التساؤلات لا بد أن نفكر في التفاعلات الانعكاسية على أنها عبارة عن أنظمة تتأثر بالمتغيرات التي تحيط بها، حيث تختل سرعة هذه التفاعلات عند إحداث تغيير في أي من هذه المتغيرات، كما يمكن الوصول إلى حالة من الاتزان عند تثبيت هذه المتغيرات .

الاتزان في الكون وأثر ذلك على حياتنا :

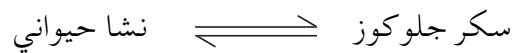
الكون وما فيه يسير وفق نظام متزن، فقد خلق الله كل شيء في الكون وسيّره وفق قوانين ثابتة ودقيقة ومحكمة . فالأرض وما عليها تسير في أنظمة متزنة وإذا اختل جزء منها حدث اختلال قد يؤدي إلى كوارث عظيمة . فمثلاً نجد أن : دورة الأوكسجين، ودورة ثاني أكسيد الكربون، ودورة النيتروجين، ودورة الماء، توضح مدى دقة هذه الأنظمة، وكيف أنها تسير وفق نظام متزن يتناسب وطبيعة الحياة على سطح هذا الكوكب . كما أن جسم الإنسان قد خلقه الله وأوجد فيه أنظمة متزنة - أيضاً - تضمن بقاء هذا الكائن الحي حياً متمتعاً بكامل الصحة والقوة، مثل : نظام الدورة الدموية، ونظام الجهاز الهضمي، والجهاز التنفسي، والجهاز البولي، والجهاز العصبي،

وغيرها من الأنظمة الأخرى المتزنة التي عرفها الإنسان، واتضح من خلالها مدى دقة الأنظمة التي أوجدها الخالق المبدع الذي قال في كتابه الحكيم .

قال تعالى: ﴿ وَالْأَرْضَ مَدَدْنَا وَإِلَيْهَا رَوَّسْنَا وَأُنبِتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَّوْزُونٍ ﴿١٩﴾ وَجَعَلْنَا الْكُرْمَ فِيهَا مَعِيشَ وَمَنْ لَسْتُمْ لَهُ بِرِزْقَيْنِ ﴿٢٠﴾ وَإِنْ مِنْ شَيْءٍ إِلَّا أَعْنَدْنَا خِزَائِنَهُ وَمَا نُنزِّلُهُ إِلَّا بِإِيقَادٍ مَعْلُومٍ ﴿٢١﴾ ﴾ [سورة الحجر].

ويكفي الإشارة إلى نوع هام من التفاعل الحيوي الذي يمثل ظاهرة الاتزان، حيث ثبت علمياً أن تركيز السكر في الدم تتراوح بين (٨٠-١٢٠) مليجرام / ١٠٠ سم^٣ في الإنسان السليم الذي يمتلك غدة بنكرياس سليمة تفرز الأنسولين الذي يعمل على تحويل السكريات الناتجة عن هضم الغذاء إلى مواد تخزن في خلايا الجسم وتحرق لتعطي الطاقة الحرارية التي تكسب الإنسان القدرة على الحركة والعمل. وعندما يحدث زيادة في نسبة السكر في الدم فإن أجهزة الجسم تقوم بالعمل على إنقاصها بسرعة في محاولة للعودة لنسبة السكر في الدم إلى وضع الاتزان، حيث تقوم الكبد بخزن الكميات الزائدة منها على هيئة نشا حيواني في الكبد والعضلات، كما تقوم الكلية بإخراج الكمية الزائدة مع البول.

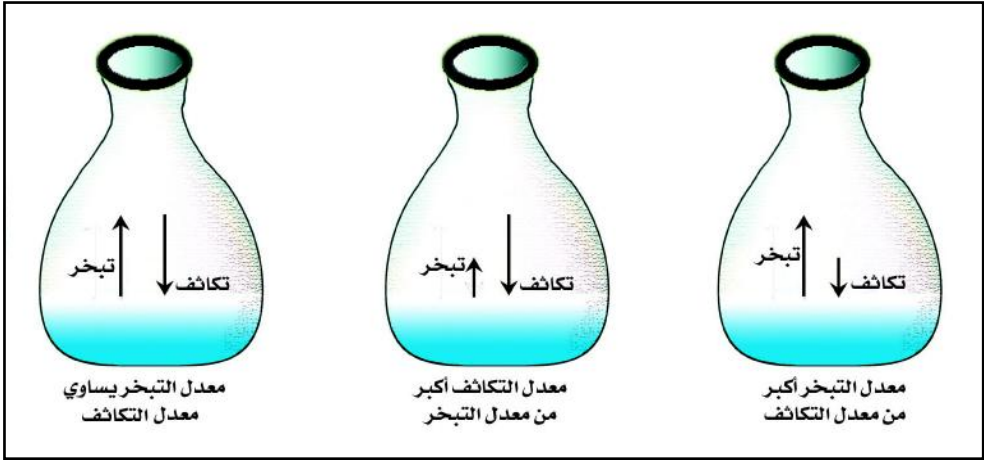
وعند حصول نقص في السكر يتم تحويل النشا الحيواني المختزن إلى سكر، وبذلك يحافظ الجسم على هذا التفاعل الحيوي ويجعله متزنًا وفق المعادلة الآتية:



معنى الاتزان الديناميكي:

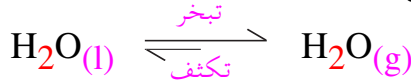
- الشكل (١٠) يوضح ما يحدث عند وضع كمية من الماء في دورق زجاجي مغلق.
- ماذا تلاحظ عند ترك الدورق وما فيه لعدة أيام عند درجة حرارة الغرفة؟
 - يمثل الدورق وما فيه نظام متزن بين الماء (السائل) وبخاره (الغاز) من خلال عمليتي التبخر والتكثف.

عند مراقبة النظام الموضح في الشكل (١٠) يلاحظ في البداية أن بعض جزيئات الماء تتبخر وتجمع في المنطقة العليا لجدار الدورق.

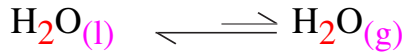


شكل (١٠) الاتزان بين معدل التبخر والتكثف للماء

من الشكل (١٠) يكون معدل تبخر الماء السائل إلى بخار الماء أكبر من تكثف بخار الماء إلى سائل، ويمكن التعبير عن هذه الحالة بالمعادلة الآتية:



وبعد مرور فترة من الزمن تزداد نسبة بخار الماء، ولذلك يحدث تكثف لجزيئات البخار بنسبة أعلى قليلاً من معدل التبخر، ويمكن تمثيل ذلك على النحو الآتي:

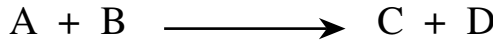


تستمر عملية تبخر الماء وتكثف البخار حتى تصبح سرعة تبخر الماء مساوية لسرعة تكثفه؛ ولذلك يمثل التفاعل بسهمين متعاكسين متساويين، وذلك للدلالة على أن التفاعل لا يتوقف ولكن يستمر مع مرور الزمن.

النظام المتزن قد يظهر على أنه ساكن عند النظر إليه، إلا أن الشواهد تؤكد أن النظام لا يتوقف ولكن يبقى التغير مستمراً (ديناميكياً) حتى لو لم نتمكن من مشاهدة ذلك بالعين المجردة.

التفاعلات الانعكاسية والاتزان الكيميائي

في بعض التفاعلات الكيميائية كتفاعلات الاحتراق، يسير التفاعل في اتجاه واحد، أي: نحو تكوين النواتج، ويعبر عنه كما يأتي:

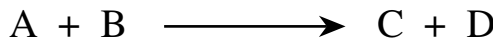


حيث يشير السهم نحو النواتج.

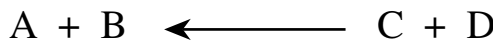
ويطلق على مثل هذه التفاعلات بالتفاعلات غير الانعكاسية، أما البعض الآخر من التفاعلات فتفسير عملية التفاعل في اتجاهين، وتمثل بالمعادلات كما يأتي:



وهذا يعني أن المواد المتفاعلة A و B تتفاعل مع بعضها مكونة C و D:



ولكن بمجرد أن يبدأ تكوين النواتج فإنها تتفاعل لتكون المواد الأولية B + A:



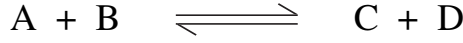
فعند بدء التفاعل، فإن تركيز المواد المتفاعلة يقل مع مرور الزمن، وفي نفس الوقت فإن تركيز المواد الناتجة يزيد مع مرور الزمن.

وبعد فترة زمنية فإن تركيز كل من المواد المتفاعلة B + A، والمواد الناتجة D + C يصير ثابتاً، أي لا يتغير بمرور الزمن، كذلك تكون سرعة التفاعل العكسي عند بداية التفاعل مساوية (صفر)، وذلك لعدم وجود أية نواتج، بينما تكون سرعة التفاعل الطردية كبيرة، وباستمرار التفاعل وزيادة تركيز المواد الناتجة يحدث زيادة في سرعة التفاعل العكسي، وتقل في المقابل سرعة التفاعل الطردية وتستمر هذه الحالة إلى أن تتساوى سرعة التفاعل الطردية مع العكسي ويصل النظام إلى حالة لا تتغير فيها تراكيب المواد المتفاعلة أو الناتجة طالما بقي النظام مغلقاً وبعيداً عن المؤثرات الخارجية، وقد يبدو لنا أن التفاعل قد توقف ولكن الذي يحدث في حقيقة الأمر هو أن المواد المتفاعلة تتحد بصفة مستمرة لتكوين النواتج وفي الوقت نفسه وبنفس السرعة تتفاعل المواد الناتجة لتكوين المواد المتفاعلة. وتعرف هذه الحالة بحالة الإتزان الكيميائي الديناميكي. وعندها يكون:

سرعة التفاعل الطردية = سرعة التفاعل العكسي.

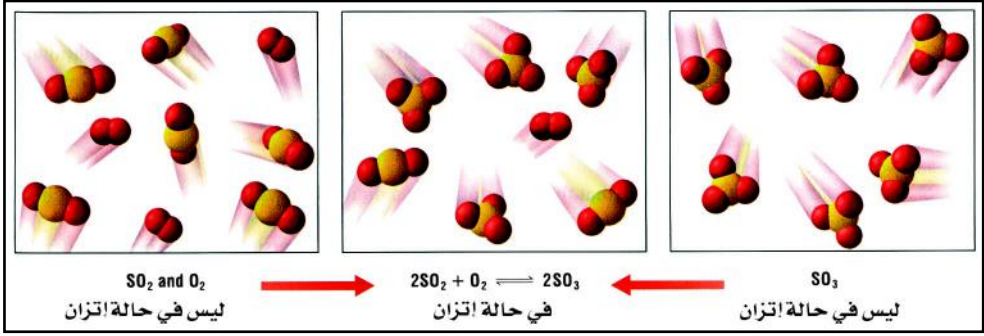
سرعة تكوين المواد الناتجة = سرعة تكوين المواد المتفاعلة.

وتكتب معادلة التفاعل الذي بلغ مرحلة الاتزان كما يأتي :



وعليه يمكن أن نصل إلى تعريف للاتزان الديناميكي على النحو الآتي :

الاتزان الكيميائي الديناميكي هو حالة النظام عندما تثبت تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة وبالتالي تصبح سرعة التفاعل الطردي مساوية لسرعة التفاعل العكسي ، انظر الشكل (١١) .



شكل (١١) حالات الاتزان للمواد المتفاعلة

وللتعرف على مراحل سير التفاعل في إناء مغلق للوصول إلى حالة الاتزان ، يمكن

تتبع الشكل (١٢) .

| زمن التفاعل بالثانية | معدل التفاعل الطردي معدل التفاعل العكسي | خليط التفاعل ● متفاعلات ○ نواتج | تركيز | |
|-------------------------|--|---------------------------------------|------------|---------|
| | | | المتفاعلات | النواتج |
| 0 | | | 20 | 0 |
| 10 | | | 12 | 8 |
| 20 | | | 8 | 12 |
| 30 | | | 6 | 14 |

شكل (١٢) مراحل سير التفاعل في إناء مغلق للوصول إلى حالة الاتزان

شروط حدوث الاتزان :

- ١ - أن يتم التفاعل في إناء مقفل تماماً .
- ٢ - لا يجب إضافة أو أخذ أية مادة من وسط التفاعل .
- ٣ - تثبيت درجة الحرارة .
- ٤ - تثبيت الضغط .

قانون فعل الكتلة وثابت الاتزان

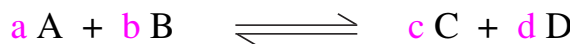
علمت أن سرعة التفاعل الكيميائي تعتمد على تركيز المواد المتفاعلة، وأن تركيز المواد المتفاعلة والناجمة في أي نظام كيميائي متزن تكون متساوية بسبب تساوي سرعة تكوين المواد الناتجة مع سرعة تفككها إلى المواد المتفاعلة .

وقد تم التعبير عن سرعة التفاعل بقانون يسمى «قانون فعل الكتلة» والذي ينص على الآتي : عند ثبوت درجة الحرارة، فإن سرعة التفاعل الكيميائي تتناسب طردياً مع الكتل الفعالة للمواد المتفاعلة كل مرفوع إلى أس يساوي عدد المولات الموضوعة أمام كل مادة في المعادلة الكيميائية الموزونة .

ويتناول هذا القانون تأثير التركيز على معدل التفاعل وينص على أنه : عند ثبوت درجة الحرارة تتناسب سرعة التفاعل الكيميائي تناسباً طردياً مع حاصل ضرب تراكيز المواد المتفاعلة .
أي أن :

$$\text{سرعة التفاعل} = \text{ثابت} \times \text{تركيز المواد المتفاعلة}$$

ومن خلال هذا القانون تم التوصل إلى استنتاج ثابت الاتزان الكيميائي للتفاعلات الانعكاسية، التي يعبر عنها بالمعادلة العامة الآتية :



ويمكن تجزئة هذا التفاعل إلى تفاعلين : أحدهما طردي والآخر عكسي، كما يأتي :



بما أن :

سرعة التفاعل الطردى = ثابت ν \times $[A]^a \times [B]^b$.

سرعة التفاعل العكسي = ثابت ν \times $[C]^c \times [D]^d$.

وعند الوصول إلى حالة الاتزان تكون سرعة التفاعل الطردى مساوية لسرعة التفاعل العكسي . أي أن :

$$\text{ثابت } \nu \times [A]^a \times [B]^b = \text{ثابت } \nu \times [C]^c \times [D]^d$$

وبترتيب العلاقة السابقة نحصل على الآتي :

$$\frac{\text{ثابت } \nu \times [C]^c \times [D]^d}{\text{ثابت } \nu \times [A]^a \times [B]^b} = \frac{\text{ثابت } \nu}{\text{ثابت } \nu}$$

وحيث أن $\frac{\text{ثابت } \nu}{\text{ثابت } \nu}$ هي نسبة بين مقدارين ثابتين، فيمكن التعويض عنها

بكمية ثابتة هي K ، وهي ما تعرف بثابت الاتزان، ولذلك تصبح العلاقة السابقة على النحو الآتي :

$$\frac{[D]^d \times [C]^c}{[B]^b \times [A]^a} = K_{eq}$$

أهمية ثابت الاتزان :

يعد ثابت الاتزان من الخواص التي تميز التفاعلات الانعكاسية عند درجة حرارة معينة، ولثابت الاتزان أهمية كبيرة في التنبؤ بتأثير التغير في درجة الحرارة أو الضغط أو التركيز على التفاعل المتزن، ولهذا يعتمد عليه الكيميائيون للتحكم في سرعة التفاعلات الانعكاسية وتحديد أفضل الشروط التي توجه التفاعل نحو زيادة إنتاج مادة معينة لها أهمية كبيرة من الناحية الاقتصادية .

ومعرفة ثابت الاتزان يعد ضرورياً للتنبؤ بإمكانية تحضير مواد معينة .

العوامل المؤثرة على حالة الاتزان الكيميائي :

عرفت سابقاً أن سرعة التفاعلات الكيميائية تعتمد على عدة عوامل، منها: طبيعة المواد المتفاعلة ودرجة تجزئتها، والتركيز، والضغط، ودرجة الحرارة، وطاقة التنشيط، والعوامل المساعدة (الحفازة) المستخدمة في هذه التفاعلات .
وبما أن أهم شرط للاتزان هو أن تصبح سرعة التفاعل الطردية مساوية لسرعة التفاعل العكسي، وعليه فإن حالة الاتزان يمكن إزاحتها بإحداث تغيير في أي من العوامل السالفة الذكر، وهذا بالضرورة يؤدي إلى تغيير في ثابت الاتزان لتلك التفاعلات .

قاعدة لوشاتيليه :

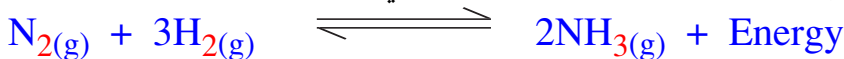
توصل العالم الفرنسي "لوشاتيليه" ١٨٨٥م إلى قاعدة عُرفت باسمه ويمكن بواسطتها التنبؤ وصفيًا بحالة الاتزان في أي نظام متزن نتيجة لتغيير التركيز أو الحرارة أو غيرها من العوامل، وتنص هذه القاعدة على الآتي :

إذا حدث تغيير في أحد العوامل المؤثرة على نظام متزن مثل درجة الحرارة أو التركيز أو الضغط، فإن هذا النظام سيتجه لتعديل موضع اتزانه، بحيث يلغي تأثير هذا التغيير إلى أقصى حد ممكن .

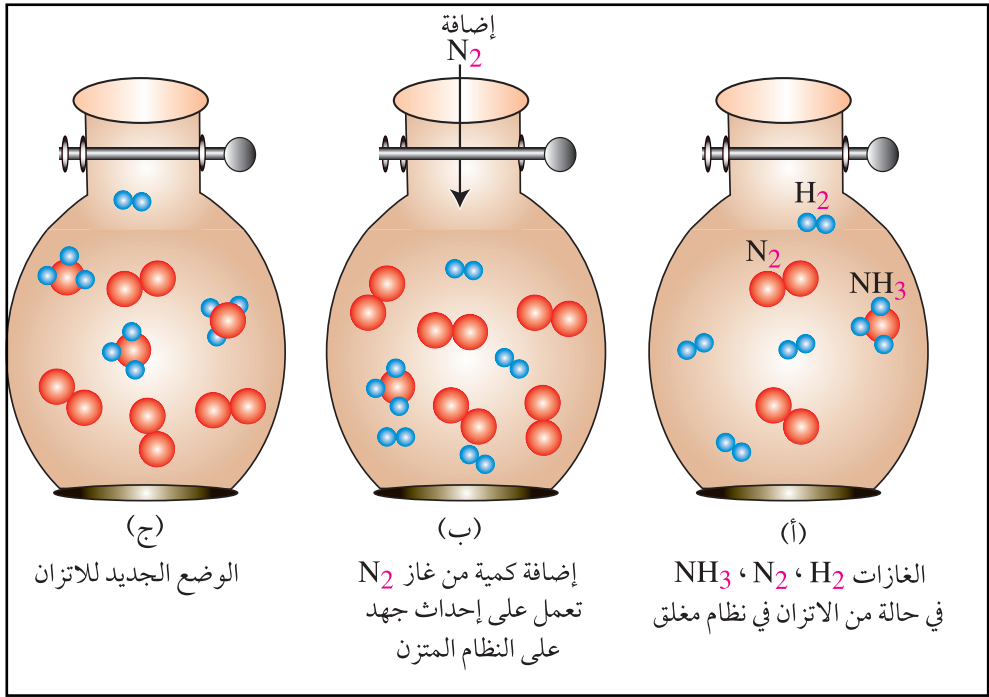
ولتطبيق قاعدة لوشاتيليه يمكن مناقشة أثر التغيير في التركيز ودرجة الحرارة والضغط على حالة الاتزان للتفاعلات الانعكاسية :

١- أثر التغيير في التركيز :

عرفت أن الاتزان يحدث عندما يتم التفاعل في أواني مغلقة؛ بحيث لا يتم أخذ، أو إضافة أية مادة إلى وسط التفاعل، كما أن ظروف التفاعل مثل: الضغط ودرجة الحرارة وتركيز المواد الداخلة أو الناتجة من التفاعل لا يحدث لها أي تغيير. ولكن ماذا يحدث لو تغير تركيز المواد الداخلة في التفاعل أو الناتجة عنه؟ للإجابة عن هذا السؤال نورد المثال الآتي :



- ما المواد المتفاعلة، وما المواد الناتجة عن التفاعل في المعادلة السابقة؟
 - ما حالة كل من المواد المتفاعلة والناتجة؟
 - كم عدد مولات المواد المتفاعلة؟، وكم عدد مولات المواد الناتجة؟
- إن المعادلة السابقة توضح أن المواد المتفاعلة والناتجة عن التفاعل جميعها في الحالة الغازية. ولتوضيح أثر التغير في التركيز على حالة الاتزان لهذا التفاعل انظر الشكل (١٣).



شكل (١٣) أثر التغير في التركيز على حالة الاتزان

يمثل الشكل (١٣-أ) نظاماً مغلقاً يحتوي على جزئيين من غاز النيتروجين وأربعة جزيئات من غاز الهيدروجين وجزء واحد من غاز النشادر. كما يمثل الشكل (١٣-ب) حالة النظام عند إضافة كمية كافية من غاز النيتروجين لمضاعفة تركيزه، وكذلك يمثل الشكل (١٣-ج) الوضع الجديد للاتزان، حيث يظهر أن تركيز غازي النشادر والنيتروجين مرتفعاً، بينما نجد أن تركيز الهيدروجين أصبح منخفضاً.

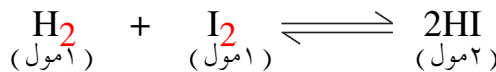
وطبقاً لقاعدة لوشاتيليه فإن حالة الاتزان لهذا النظام اختلت؛ نتيجةً لزيادة تركيز غاز N_2 ، ولذلك يقوم النظام بإزاحة موضع الاتزان في اتجاه التفاعل الذي يقلل ولو بعضاً من تركيز غاز N_2 . وعليه فإن حالة الاتزان تنزاح جهة اليمين نحو تكوين جزيئات جديدة من غاز النشادر، وبالتالي يؤدي ذلك إلى استهلاك غاز الهيدروجين ونسبة من غاز النيتروجين. بمعنى أن سرعة التفاعل الطردي تزداد مقارنة بسرعة التفاعل العكسي.

تم في الصناعة الاستفادة من فكرة التغير في التركيز للحصول على كميات كبيرة من غاز النشادر، وذلك عن طريق إزاحة الكميات المتكونة من غاز النشادر أولاً بأول، مما يؤدي إلى اختلال التوازن وإجبار النظام على إزاحة الاتزان نحو تكوين كميات جديدة من غاز النشادر للتغلب على نقص تركيزه.

٢- أثر التغير في الضغط على حالة الاتزان :

حسب قاعدة لوشاتيليه فإنه عند زيادة الضغط على التفاعل الموضح في المثال السابق والخاص بتحضير غاز النشادر، سيؤدي ذلك إلى توجيه النظام بحيث يخفف من تأثير هذا الضغط، وذلك بإنتاج المواد التي تشغل حجماً أقل، أي أن حالة الاتزان سوف تنزاح في اتجاه تكوين غاز النشادر. كذلك فإن نقصان الضغط المؤثر على مثل هذا النظام المتزن سيوجه النظام لكي يتغير في الاتجاه الذي ينتج فيه المزيد من المواد التي تشغل حجماً كبيراً، أي أن غاز النشادر ينحل ليعطي المزيد من النيتروجين والهيدروجين.

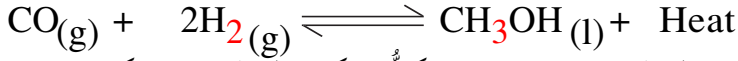
ينبغي الإشارة إلى أن بعض التفاعلات الكيميائية المتزنة تكون غير مصحوبة بتغير في الحجم مثل تفاعل غاز الهيدروجين مع اليود لتكوين غاز يوديد الهيدروجين، كما في التفاعل الغازي الآتي :



تلاحظ أن مجموع المولات الناتجة للغاز = ٢ مول ، وكذلك عدد مولات الغازات المتفاعلة = ٢ ، لذلك فإن مثل هذا التفاعل يكون غير مصحوب بتغير في الحجم، ولذلك فإن التغير في الضغط لا يؤثر على كميات المواد المختلفة التي تكون في حالة اتزان.

٣- أثر التغير في درجة الحرارة على حالة الاتزان :

جميع التفاعلات الكيميائية تكون إما طاردة للحرارة أو ماصة لها، ووفقاً لقاعدة لوشاتيليه، فإنه عند رفع درجة حرارة التفاعل المتزن يقوم النظام بتعديل حالة الاتزان في الاتجاه الذي يساعد على امتصاص الحرارة، فمثلاً يتفاعل غاز أول أكسيد الكربون مع الهيدروجين لتكوين الكحول الميثيلي في الصناعة، وفقاً للمعادلة الآتية :



من خلال المعادلة يلاحظ أن تكوّن الكحول الميثيلي يكون مصحوباً بانطلاق حرارة، لذلك فإن التفاعل العكسي يكون ماصاً للحرارة. وبحسب قاعدة لوشاتيليه، فإن رفع درجة حرارة التفاعل يساعد على إزاحة الاتزان في الاتجاه الذي تمتص فيه الحرارة (أي الاتجاه العكسي) الذي يؤدي إلى تكسر الكحول الميثيلي إلى أول أكسيد الكربون والهيدروجين. وعند خفض درجة الحرارة فإن التفاعل يسير نحو النواتج مما يؤدي إلى إنتاج المزيد من الكحول الميثيلي .

من خلال المثال السابق تستنتج ما يأتي :

- أ (في حالة التفاعلات الطاردة للحرارة : تتغير حالة الاتزان نحو تكوين المواد الداخلة في التفاعل عند رفع درجة حرارة النظام، بينما تتغير حالة الاتزان نحو تكوين المواد الناتجة عند خفض درجة الحرارة .
- ب (في حالة التفاعلات الماصة للحرارة : تتغير حالة الاتزان نحو تكوين المواد الناتجة من التفاعل عند رفع درجة حرارة النظام، بينما تتغير حالة الاتزان نحو تكوين المواد الداخلة عند خفض درجة الحرارة .

٤- أثر وجود العامل الحفاز على حالة الاتزان :

— في حالة التفاعلات العكسية، هل للعامل الحفاز أي أثر على حالة الاتزان؟

بما أن العامل الحفاز يعمل على زيادة سرعة كل من التفاعل الطردى والتفاعل العكسي بقدر متساو، فهو يسرّع في عملية الوصول إلى حالة الاتزان، لكنه لا يؤثر على التفاعل المتزن .

الاتزان الكيميائي والحسابات الكيميائية

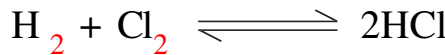
سبق لك التعرف على ثابت الاتزان وطريقة كتابة العلاقة الرياضية المعبرة عنه .
ويمكن استنتاج المعادلة الكيميائية المعبرة عن التفاعل إذا علم ثابت الاتزان لهذا
التفاعل، وذلك على النحو الآتي :

■ **مثال (١) :**

إذا علمت أن ثابت الاتزان لأحد التفاعلات هو : $K_{eq} = \frac{[HCl]^2}{[H_2][Cl_2]}$
فما هي معادلة التفاعل التي يعبر عنها ثابت الاتزان؟

■ **الحل :**

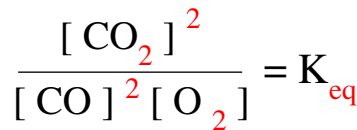
من خلال ثابت الاتزان يتضح أن مولاً واحداً من الهيدروجين قد تفاعل مع مولاً
من غاز الكلور ونتج عن هذا التفاعل ٢ مول من كلوريد الهيدروجين، لذلك فإن
معادلة التفاعل تكتب على النحو الآتي :



– اكتب معادلة التفاعل لثابت الاتزان الآتي :

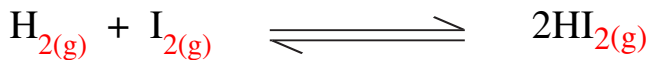
ملاحظة مهمة :

وحدة قياس التركيز: مول / لتر
(مولار) ويرمز لها (M)



■ **مثال (٢) :**

– إذا علمت أن ثابت الاتزان عند درجة حرارة محددة هو 62 للتفاعل الآتي :



وذلك عندما كان تركيز $I_2 = 0.25 M$ ، وتركيز $H_2 = 0.20 M$ ، فأوجد

تركيز HI .

■ **الحل :**

المعطيات :

$$62 = K_{eq} \quad \text{و} \quad 0.20 M = [H_2] \quad \text{و} \quad 0.25 M = [I_2]$$

وبالتعويض عن هذه القيم في معادلة الاتزان ينتج الآتي :

$$\frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2] [\text{I}_2]} = K_{\text{eq}}$$

$$\frac{[\text{HI}]^2}{(0.20\text{M}) (0.25\text{M})} = 62$$

$$(0.20\text{M}) (0.25\text{M}) 62 = [\text{HI}]^2 \quad \therefore$$

$$\frac{3.10}{(\text{لتر})^2} = [\text{HI}]^2$$

كان ذلك هو مربع التركيز، ونحصل على التركيز كما يلي :

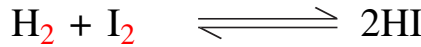
$$\sqrt{\frac{3.10}{(\text{لتر})^2}} = [\text{HI}]$$

$$1.76 = \text{مول} / \text{لتر}$$

$$\text{M } 1.76 =$$

■ مثال (٣) :

– إذا علمت أن التفاعل الآتي متزن عند ٤٠٠ م.



فإذا كانت تراكيز المواد في هذا النظام على النحو الآتي :

تركيز $\text{I}_2 = 0.221$ مول / لتر ، وتركيز $\text{H}_2 = 0.221$ مول / لتر ، وتركيز HI = 1.563 مول / لتر. فاحسب ثابت الإتزان لهذا النظام.

■ الحل :

المعطيات :

$K_{\text{eq}} = ?$ و $[\text{H}_2] = 0.221$ مول / لتر و $[\text{I}_2] = 0.221$ مول / لتر.

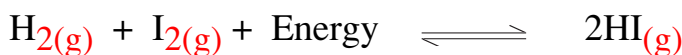
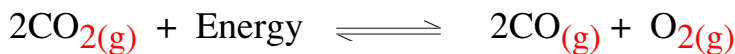
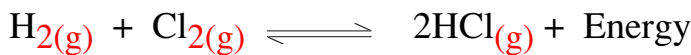
$$\frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2] [\text{I}_2]} = K_{\text{eq}} \quad \text{بما أن :}$$

$$50 = \frac{[1.563]^2}{[0.221] [0.221]} = K_{\text{eq}}$$

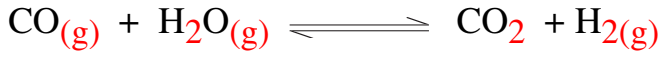
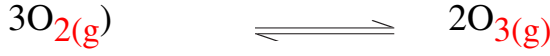
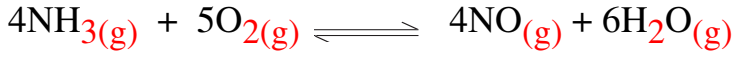
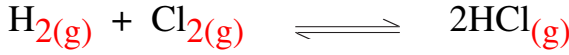
تقويم الوحدة

نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الاجابة عن الأسئلة الآتية :

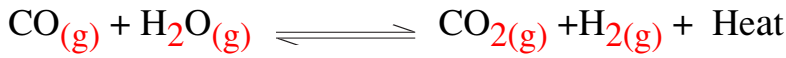
- ١ - أي مما يلي يمثل اتزاناً كيميائياً؟
 - أ - محلول مركز من ملح الطعام في الماء .
 - ب - انصهار الثلج .
 - ج- تحويل NO(g) إلى $\text{NO}_2(\text{g})$ في إناء مغلق عند درجة حرارة وضغط ثابتين .
 - ٢ - ماذا يقصد بكل من :
 - أ - طاقة التنشيط .
 - ب- المركب النشط .
 - ج- التصادم المثمر .
 - د - العامل الحفاز .
 - ٣ - ما أثر مساحة السطح على سرعة التفاعلات الكيميائية؟ وضح ذلك بمثال .
 - ٤ - وضح أثر العوامل الآتية على حالة الاتزان للتفاعلات الانعكاسية :
 - أ - العامل الحفاز .
 - ب- زيادة الضغط .
 - ج- درجة الحرارة .
 - د - تركيز المواد المتفاعلة .
 - ٥ - أي مما يلي يتضمن نظام اتزان ديناميكي فيزيائي، وأي منها يتضمن نظام اتزان ديناميكي كيميائي؟
 - أ - التبخر والتكثف .
 - ب- تحويل الأوكسجين إلى أوزون .
 - ج- ذوبان وتبلور السكر .
 - ٦ - طبقاً لقاعدة لوشاتيليه، ما أثر زيادة درجة الحرارة في كل من أنظمة الاتزان الآتية :



٧ - اكتب ثابت الاتزان للتفاعلات الآتية:



٨ - في نظام الاتزان الكيميائي الآتي:



وضّح أثر كل مما يأتي:

أ - إزالة الهيدروجين.

ب - خفض درجة الحرارة.

ج - إضافة عامل حفّاز.

٩ - إذا كان ثابت الاتزان للتفاعل الآتي هو 0.212 عند 100°M ،

وتركيز $[\text{NO}_2] = 0.20 \text{ M}$ ، فأوجد قيمة $[\text{N}_2\text{O}_4]$ للتفاعل:



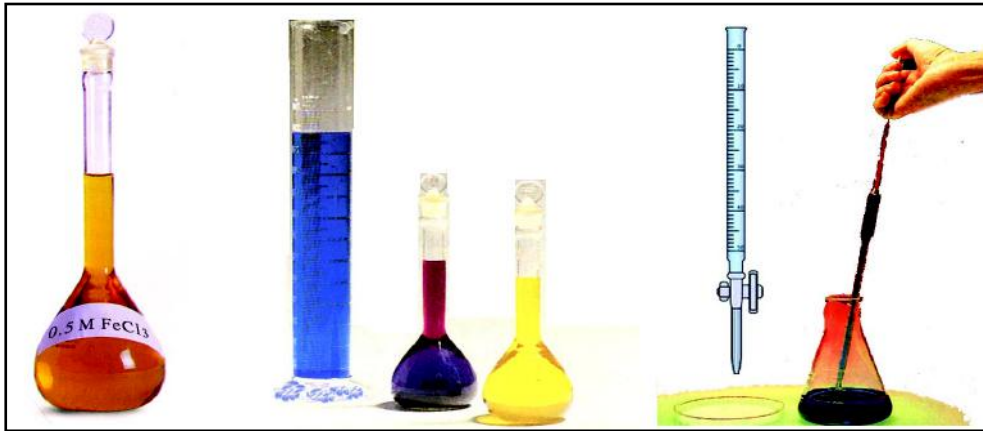
١٠ - سخنت كمية من خامس كلوريد الفسفور (PCl_5) في وعاء سعته 12 لتراً،

وعند الاتزان وجد أن الوعاء يحتوي على 0.21 مولاً من (PCl_5)، 0.32 مولاً

من (PCl_3)، و 0.32 مولاً من (Cl_2). احسب ثابت الاتزان لعملية تفكك

(PCl_5) عند درجة 250°M .

الاتزان الأيوني في المحاليل المائية



أهداف الوحدة

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

- ١ - توضح أنواع المحاليل .
- ٢ - تفسر المقصود بالمواد الإلكتروليتية وغير الإلكتروليتية .
- ٣ - تصف ما يحدث عند إذابة مركب أيوني، وآخر تساهمي في الماء .
- ٤ - تميز بين تعريف الحمض والقاعدة وفقاً لنظريات ارهينيوس، برونستد - لوري، لويس .
- ٥ - تفرق بين الحمض القوي والضعيف، والقاعدة القوية والضعيفة .
- ٦ - توضح المقصود بالرقم الهيدروجيني .
- ٧ - تعطي أمثلة لأنواع الأملاح الناتجة من تفاعل الحموض والقواعد .
- ٨ - تعرّف المحلول المنظم وأهميته .
- ٩ - تحل المسائل المعتمدة على المولارية .
- ١٠ - تطبق قانون المولارية في حسابات التحليل الحجمي .



الأتزان الأيونى فى المحاليل المائية

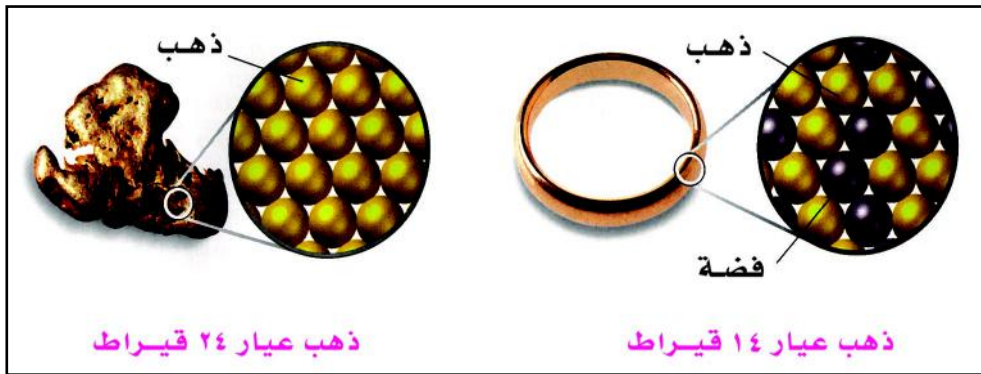
درست سابقاً أنواع المخاليط، وعرفت أن المخلوط المتجانس يتكون من مادتين أو أكثر، والذي يصعب التمييز بين الدقائق المكونة له، ويدعى بالمحلول (Solution). وهناك أنواع عديدة من المحاليل منها ما يمكن الحصول عليه بخلط مادة صلبة أو سائلة أو غازية فى مواد أخرى، بحيث يتكوّن مخلوط متجانس التركيب والخواص. ويتكون المحلول من مكونين رئيسيين هما: المذيب والمذاب. فما هو تعريف المذيب والمذاب؟، وكيف يمكن تحديدها فى المحلول؟ يطلق عادة على المادة التي توجد بنسبة عالية فى المحلول اسم المذيب، ويطلق لفظ المذاب على المادة التي توجد فيه بنسبة قليلة. ويمكننا الحصول على تسعة أنواع من المحاليل، وذلك عن طريق خلط مذيب ومذاب فى الحالة الصلبة، أو السائلة، أو الغازية، والجدول الآتى يوضح أمثلة لهذه المحاليل:

جدول (١) أنواع المحاليل بحسب حالة المذيب والمذاب .

| حالة المحلول | حالة المذاب | حالة المذيب | أمثلة |
|--------------|-------------|-------------|-----------------------------|
| سائل | غاز | سائل | ثاني أكسيد الكربون فى الماء |
| | سائل | سائل | الكحول فى الماء |
| | صلب | سائل | السكر فى الماء |
| صلب | غاز | صلب | الهيدروجين فى البلاطين |
| | سائل | صلب | الزئبق فى الفضة |
| | صلب | صلب | سبيكة النحاس فى النيكل |
| غاز | غاز | غاز | الأكسجين فى النيتروجين |
| | سائل | غاز | قطرات بخار الماء فى الهواء |
| | صلب | غاز | دقائق الغبار فى الهواء |

ويتضح من الجدول السابق أن المحاليل يمكن أن توجد إما فى حالة سائلة، أو صلبة، أو غازية، انظر شكل (١).

اذكر أمثلة أخرى للمحاليل السائلة، والصلبة، والغازية؟



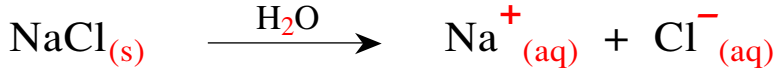
شكل (١) محلول مادة الفضة في الذهب.

أغلب التفاعلات الكيميائية التي درستها سابقاً والتي ستدرسها لاحقاً ما هي إلا تفاعلات تتم في وسط سائل؛ بحيث يكون المذيب مادة سائلة .

- توجد الكثير من المواد السائلة تستخدم كمذيبات، ومن أهمها: الكحول الإيثيلي، والكحول الميثيلي، والإيثر، والبنزين، والماء، ولكن من أكثر المواد المستخدمة كمذيب هو الماء، ولذلك نجد أن أكثر المحاليل المائية شيوعاً وأكثرها استخداماً هي:
- محاليل الحموض : مثل حمض الكبريتيك، والنيتريك، والهيدروكلوريك، وحمض الخليك .
 - محاليل القلويات : مثل هيدروكسيد الصوديوم، والبوتاسيوم .
 - محاليل الأملاح : مثل كلوريد الصوديوم، نترات البوتاسيوم، كبريتات النحاس .
- لماذا يعد الماء من أكثر المذيبات استخداماً لتحضير المحاليل؟

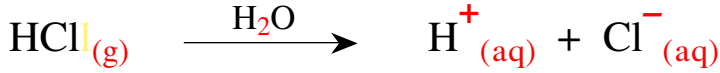
خاصية التوصيل الكهربائي للمحاليل المائية

عرفت سابقاً أن هناك مركبات أيونية تتكون من أيون موجب وآخر سالب، مثل: كلوريد الصوديوم (NaCl) . فعند ذوبان مثل هذه المواد في الماء، فإنها تتفكك إلى أيوناتها الموجبة والسالبة، وهذه المحاليل تتميز بأنها محاليل موصلة للكهرباء، وتسمى مثل هذه المحاليل بالمحاليل الإلكتروليتية (Electrolytes)، ويمكن تمثيل ذلك بالمعادلة الآتية :

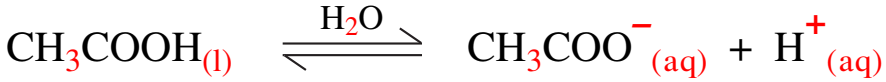


هناك مركبات تساهمية تتميز بأن الروابط بين ذراتها هي عبارة عن روابط تساهمية، ومثال ذلك: غاز كلوريد الهيدروجين (HCl)، وعند إذابة هذه المواد في الماء فإنها تتأين تماماً إلى أيون موجب وآخر سالب، وهذه المواد تكون محاليل إلكتروليتيّة موصلة للتيار الكهربائي.

ويمكن تمثيل ذلك في المعادلة الآتية:

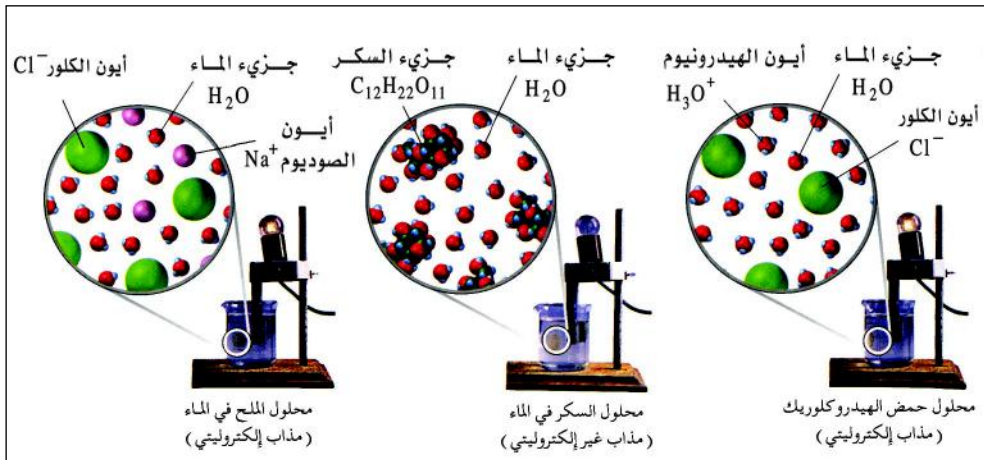


وهناك نوع آخر من المركبات التساهمية يتميز بأنه عند ذوبانه في الماء يعطي محاليل إلكتروليتيّة ضعيفة، ومثال ذلك: حمض الخليك CH_3COOH .



ملاحظة: الرمز (aq) تعني محلول مائي (aqueous).

هناك بعض المواد تذوب في الماء، وتكون محاليل، ولكن لا يحدث أي تأين، وبذلك فهي محاليل غير إلكتروليتيّة (لاتوصل التيار الكهربائي)، ومثال ذلك: ذوبان السكر في الماء (محلول السكر)، شكل (٢).



شكل (٢)

تسمى عملية انفصال الأيونات عند ذوبان مركب أيوني مثل NaCl في الماء بعملية التفكك (Dissociation) ، ويدعى الأيون الموجب Na^+ والأيون السالب Cl^- بالأيونات المماهة Aqueous .
وعملية التفكك يتم فيها فصل الأيونات الموجبة عن السالبة، والتي هي موجودة أصلاً في المركب .

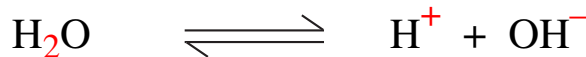
عملية التأين تحدث للمركبات التساهمية حيث يتم تكوين أيونات سالبة وموجبة لم تكن موجودة أصلاً في المركب التساهمي، ولذلك يطلق على هذه العملية بالتأين (Ionization)؛ حيث يتم توليد أيونات موجبة وسالبة عند تكون المحلول، ومثال ذلك: محلول HCl ، ويطلق على أيون الكلوريد Cl^- ، وأيون الهيدروجين H^+ بالأيونات المماهة .

الإلكتروليات القوية :

عرفنا في الأمثلة السابقة أن المركبات الأيونية التي تذوب في الماء تتفكك كلياً إلى أيونات موجبة، وأخرى سالبة .
كما أن المركبات التساهمية تتأين كلياً إلى أيونات موجبة، وأخرى سالبة .
وهذه المركبات تسمى بالإلكتروليات القوية؛ حيث أنها تتميز بأن المادة المذابة فيها توجد على هيئة أيونات في المحلول المائي .

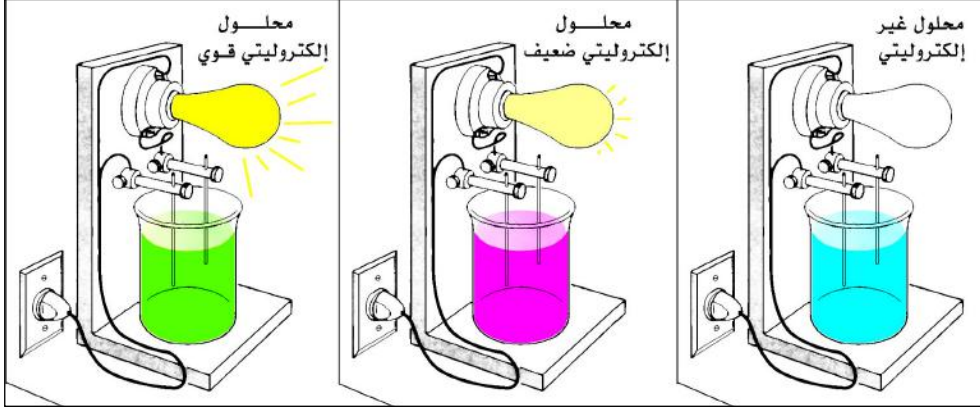
الإلكتروليات الضعيفة :

هي عبارة عن مركبات تذوب في الماء، إلا أن جزءاً بسيطاً من المادة المذابة توجد على هيئة أيونات، ومثال ذلك: حمض الخليك الذي يتميز بأن جزءاً منه يتأين بشكل غير تام إلى أيونات موجبة وسالبة .
مثال آخر: الماء النقي (المقطر) يتأين ذاتياً بشكل ضعيف جداً إلى أيونات، حسب المعادلة الآتية:



ولكن نظراً لأن الأيونات الناتجة تكون قليلة جداً فهي لاتسمح بتوصيل التيار الكهربائي بشكل كبير .

المواد التي تذوب في الماء ولكن لا تتفكك أو تتأين إلى أيونات تسمى بالمواد غير الإلكتروليتية، وهي مواد لا توصل التيار الكهربائي إطلاقاً مثل محلول السكر في الماء، شكل (٣)، ويفضل استخدام البطاريات الجافة.



شكل (٣) المحاليل الموصلة وغير الموصلة للتيار الكهربائي

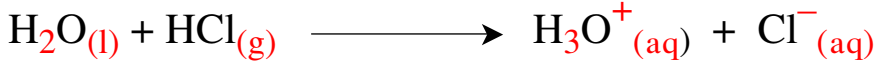


نشاط (١٢، ١٣)

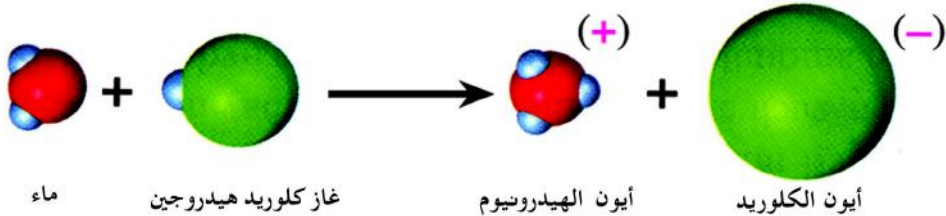
للتعرف على قدرة المحاليل المائية المختلفة على توصيل التيار الكهربائي، قم بإجراء النشاطين والموجودين في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

أيون الهيدرونيوم $(H_3O)^+$

عند تأين أي حمض في الماء، فإن أيونات الهيدروجين الناتجة H^+ لا تبقى على حالها في المحلول بل إنها تقوم بجذب جزيئات الماء بقوة مكونة أيونات الهيدرونيوم $(H_3O)^+$ وفقاً للمعادلة الآتية:



ويمكن تمثيل هذه العملية كما في الشكل (٤):



شكل (٤) يوضح تكوّن أيون الهيدرونيوم

تعريفات الحمض والقاعدة

عرفت سابقاً أنه يمكننا التعرف على الحموض والقواعد من خلال معرفة الخواص العامة لكلٍ منها، ويمكن عرض ملخص لهذه الخواص في الجدول (٢) .
جدول (٢) مقارنة بين الخواص العامة للحموض والقواعد

| الخواص العامة للقواعد | الخواص العامة للحموض | الرقم |
|--|---|-------|
| طعم محلولة مر، وله ملمس لزج . | طعم محلولة حامض | ١ - |
| يغير محلولة لون ورقة دوار الشمس إلى الأزرق . | يغير محلولة لون ورقة دوار الشمس إلى الأحمر . | ٢ - |
| تتفاعل القواعد مع الحموض لتكوين الملح والماء . | يتفاعل الحمض مع القواعد لتكوين الملح والماء . | ٣ - |
| يعد محلولها موصلاً جيداً للكهرباء . | يعد محلولة موصلاً جيداً للكهرباء . | ٤ - |
| لا يحدث مثل هذا التفاعل . | بعض الحموض تتفاعل مع الفلزات النشطة وينتج عن ذلك غاز الهيدروجين . | ٥ - |

وتجدر الإشارة إلى أن معرفة الخواص السالفة الذكر لا تعطينا تعريفاً شاملاً لكل من الحمض والقاعدة، ولذلك بذلت الكثير من المحاولات من قبل العلماء للتوصل إلى تعريف الحمض والقاعدة، وقد ظهرت ثلاث نظريات تم من خلالها تقديم تعريفات للحمض والقاعدة، وهذه النظريات هي: نظرية أرهينيوس (١٨٥٩م - ١٩٢٧م)، ونظرية برونستد - لوري (١٩٢٣م)، ونظرية لويس (١٩٣٢م)، ويمكن توضيح هذه التعريفات على النحو الآتي :

١) تعريف أرهينيوس :

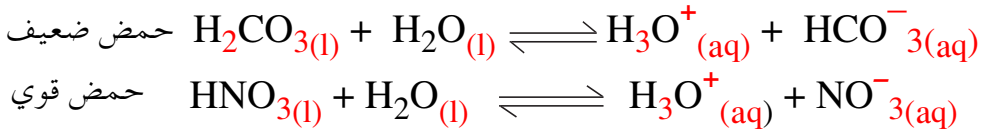
أرهينيوس عالم سويدي عاش في الفترة من ١٨٥٩م إلى عام ١٩٢٧م .

لاحظ أرهينيوس (Arhenious) أن محاليل الحموض والقواعد توصل التيار الكهربائي، ولذلك وضع فرضاً لنظريته التي تؤكد على أن الحموض والقواعد لابد وأنها تكون أيونات في محاليلها المائية .

وبناءً على ذلك قام أرهينيوس بتعريف الحمض على أنه عبارة عن: المركب الكيميائي الذي يعمل على زيادة تركيز أيون الهيدروجين (H^+) في محلوله المائي، والذي بدروه يتفاعل مع جزيئات الماء مكوناً أيون الهيدرونيوم [H_3O^+].

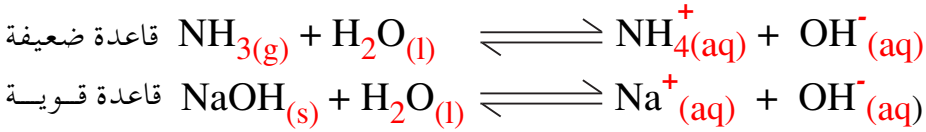
الحمض (Acid): هو المركب الذي يعمل على زيادة تركيز أيون الهيدرونيوم في المحلول.

■ مثال :



القاعدة (Base) مركب يعمل على زيادة تركيز أيون الهيدروكسيل (OH^-) في المحلول.

■ مثال :



(ب) تعريف برونستد - لوري :

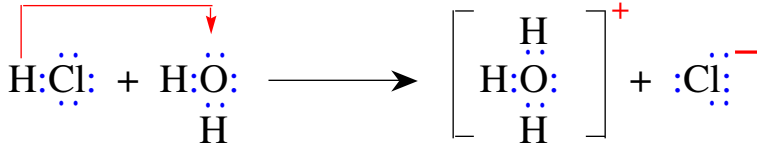
في عام ١٩٢٣م قدم كل من برونستد الدينماركي و لوري الإنجليزي (Bronsted - Lowry) تعريفاً للحمض والقاعدة، وكان هذا التعريف امتداداً لتعريف أرهينيوس، وهو على النحو الآتي :

- الحمض : هو المادة التي تميل إلى منح بروتوناً (H^+)، أو أكثر.
- القاعدة : هي المادة التي تميل إلى اكتساب بروتوناً أو أكثر.

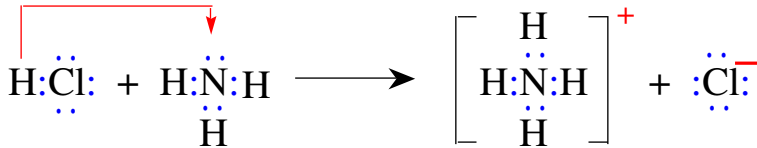
أيون الهيدروجين (H^+) يطلق عليه بروتون؛ لأنه عبارة عن ذرة هيدروجين فقدت إلكترونات فتحولت إلى بروتون موجب H^+ .

■ مثال :

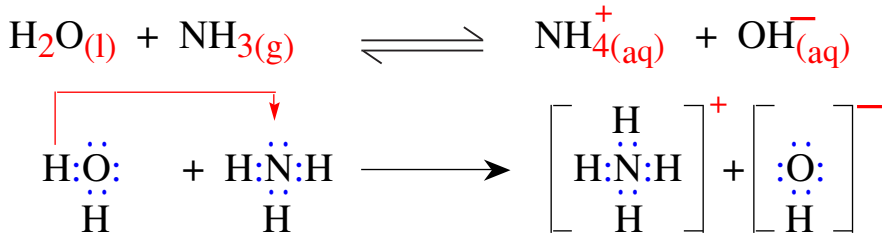
عند ذوبان كلوريد الهيدروجين في الماء فإن غاز كلوريد الهيدروجين يقوم بمنح بروتون لجزيء الماء، وبذلك يكون HCl وهو حمض برونستد-لوري، وأما القاعدة فهي الماء؛ حيث إنها اكتسبت البروتون، ويمكن تمثيل ذلك في المعادلة الآتية :



وبنفس الطريقة يمكن تفسير تفاعل حمض الهيدروكلوريك (حمض برونستد-لوري) مع الأمونيا (قاعدة برونستد-لوري)، وتكمل المعادلة وفقاً لتعريف برونستد-لوري ، على النحو الآتي :



وعند تفاعل الماء مع الأمونيا، فإن الماء يلعب دور الحمض وفقاً لتعريف برونستد-لوري، وتكون الأمونيا هي القاعدة وفقاً لهذا التعريف، ويمكن تمثيل ذلك على النحو الآتي :

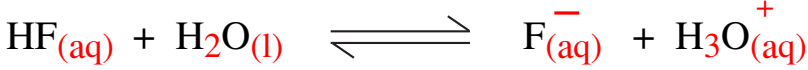


قاعدة برونستد-لوري حمض برونستد-لوري

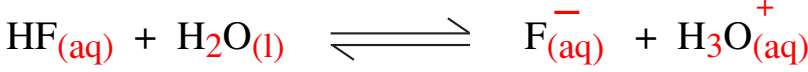
في تفاعل حمض برونستد-لوري مع القاعدة يتم انتقال البروتون (H^+) من الحمض إلى القاعدة، ونتيجة لهذا التعريف ظهر ما يسمى بالقاعدة القربنة: Congugate base، وما يسمى بالحمض القربين: Congugate acid.

ولتوضيح مفهوم الحمض القربين، والقاعدة القربنة يمكنك أن تتبع المثال الآتي :

■ مثال :

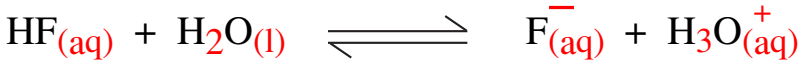


يلاحظ أن المادة التي تبقت من حمض برونستد ولوري تسمى بالقاعدة القرينة .



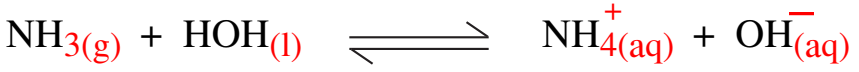
يلاحظ أن المادة التي تكونت عند اكتساب القاعدة للبروتون تسمى بالحمض القرين .

وبناءً على ما سبق يتضح أن تفاعل برونستد ولوري للحمض والقاعدة هو عبارة عن تفاعل عكسي يظهر فيه الحمض القرين والقاعدة القرينة، وذلك على النحو الآتي :



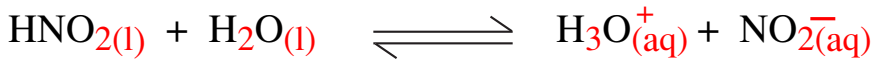
حمض (٢) قاعدة (١) حمض (١) قاعدة (٢)

المواد التي تسلك سلوك الحموض والقواعد تسمى بالمواد الأمفيبوتونية (متردة) Amphiprotic، ويعتبر الماء من أشهر هذه المواد، مثلاً: عند إذابة غاز الأمونيا في الماء، يصبح المحلول قاعدياً حسب نظرية برونستد ولوري، يكون الماء في هذه الحالة هو الحمض لأنه يمنح البروتون حسب المعادلة التي أوردناها سابقاً .



قاعدة حمض حمض قرين قاعدة قرينة

ولكن عند تفاعل الماء مع حمض أقوى منه فإنه يسلك سلوك القواعد، فمثلاً: عند تفاعل حمض النيتروز مع الماء تصبح المعادلة على النحو الآتي :



حمض (٢) قاعدة (١) حمض (١) قاعدة (٢)

وهناك أمثلة أخرى للمواد التي تسلك سلوك الحموض والقواعد، ومن أمثلتها هيدروكسيدات الفلزات، مثل: هيدروكسيد الخارصين $Zn(OH)_2$ ، وهيدروكسيد الألومينيوم $Al(OH)_3$.

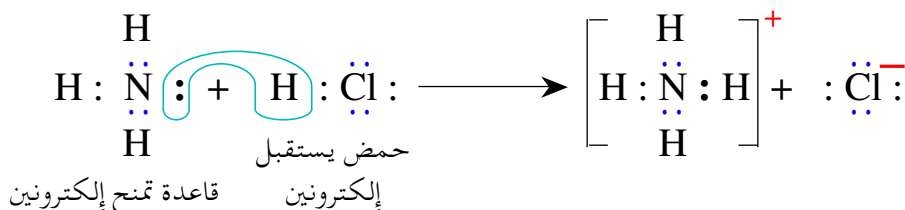
(ب) تعريف لويس :

كما هو واضح من التعريفين السابقين اللذين تقدم بهما أرهينيوس ثم برونستد - لوري بأن تعريف الحمض والقاعدة يعتمد أساساً على أن الحمض يحتوي على أيون الهيدروجين، وأن القاعدة هي التي تحتوي على أيون الهيدروكسيل، أو المادة التي تكتسب أيون الهيدروجين، وقد اقترح لويس (Lewis) عام ١٩٣٢م مفهوماً جديداً للحمض والقاعدة لا يعتمد على وجود أيون الهيدروجين أو الهيدروكسيل، وإنما يعتمد على وجود زوج من الإلكترونات التي تتكون بهما الرابطة. وعلى ذلك فإن لويس يعرف الحمض والقاعدة على النحو الآتي :

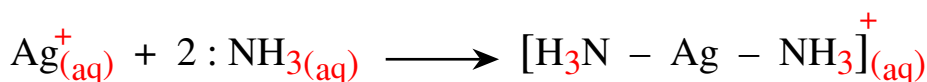
● القاعدة : هي المادة التي تستطيع أن تمنح زوجاً من الإلكترونات لتكوين الرابطة.

● الحمض : هو المادة التي تستقبل زوجاً من الإلكترونات.

فمثلاً : عند تفاعل غاز كلوريد الهيدروجين مع غاز الأمونيا تتكون سحب من كلوريد الأمونيوم.



وصيغة حمض لويس لا تتطلب وجود ذرة الهيدروجين، فمثلاً: وجود أيون الفضة (Ag^+) يمكن أن يكون حمض لويس، فأيون الفضة يستطيع اكتساب زوجين من الإلكترونات، وتكون رابطة تساهمية مع الأمونيا وفقاً للمعادلة الآتية :

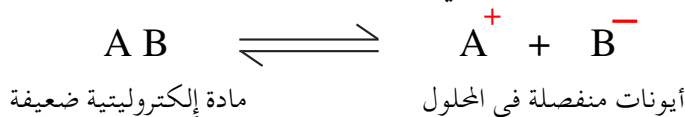


■ **مثال:** يعد ثلاثي فلوريد البورون حمض لويس؛ حيث تتكون الرابطة التساهمية الرابعة عن طريق اكتساب زوج من الإلكترونات من أيون الفلوريد كما في المعادلة الآتية:



الاتزان الأيوني

يحدث في الإلكتروليتات الضعيفة تأين ضعيف؛ حيث يتم تحول جزء ضئيل من الجزيئات إلى أيونات، وبذلك يظهر في المحلول حالتان منعكستان هما: تحول الجزيئات إلى أيونات سالبة وموجبة، ثم اتحاد هذه الأيونات لتكوين جزيئات، وتنشأ نتيجة لذلك حالة من الاتزان الأيوني يمكن تمثيلها بالمعادلة العامة الآتية:



لذلك يعرف الاتزان الأيوني: بأنه حالة من الاتزان تنشأ في المحاليل الإلكتروليتية الضعيفة، وذلك بين الأيونات المنفصلة في المحلول وبين الجزيئات الناتجة عن اتحادهما.

■ **مثال:** تأين الماء النقي:

الماء النقي هو عبارة عن إلكتروليت ضعيف، يوصل التيار الكهربائي توصيلاً ضعيفاً، ويعبر عن تأينه بالاتزان الآتي:



$$K_{eq} = \frac{[\text{H}^{+}][\text{OH}^{-}]}{[\text{H}_2\text{O}]}$$

ونظراً لصغر عدد المولات المتأينة في الماء بالنسبة لعدد المولات غير المتأينة فإنه يمكن اعتبار تركيز الماء غير المتأين مقدراً ثابتاً، وبالتالي تصبح المعادلة السابقة تعبر

عن ثابت الاتزان للماء بعد إهمال تركيز الماء .

$$K_w = [H^+] [OH^-]$$

حيث أن تأين الماء يساوي حاصل ضرب تركيز أيونات H^+ في تركيز أيونات الهيدروكسيل OH^- .

وبما أن اللتر الواحد من الماء عند ٢٥ م° يحتوي على (١) مول من أيونات H^+ ، ويحتوي - أيضاً - على نفس العدد من أيونات OH^- .
∴ ثابت تأين الماء = $(1 \times 10^{-7}) \times (1 \times 10^{-7}) = 1 \times 10^{-14}$ مول / لتر .

● الرقم الهيدروجيني (الأس الهيدروجيني) (pH) :

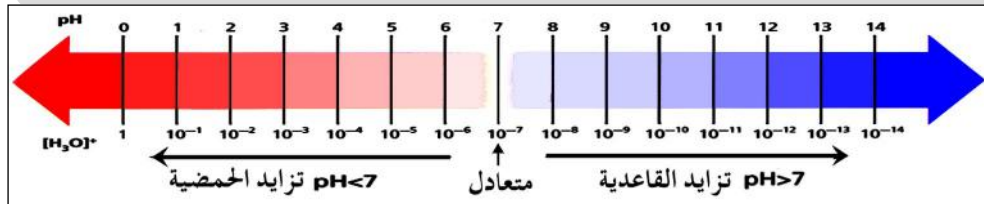
وهو طريقة للتعبير عن درجة الحموضة والقاعدية للمحاليل المائية، وهو عبارة عن اللوغاريتم العشري السالب لتركيز أيونات الهيدروجين، ويرمز له بالرمز pH .

∴ pH للماء = - لو. $[H^+]$.

■ مثال ١ : احسب pH للماء النقي .

∴ pH للماء = - لو. $(1 \times 10^{-7}) = 7$.

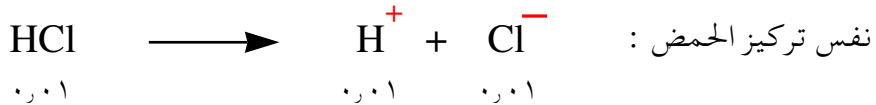
الرقم الهيدروجيني (٧) يدل على أن المحلول متعادل .



شكل (٥) تدرج الرقم الهيدروجيني للحموض والقواعد

■ مثال ٢ : احسب الرقم الهيدروجيني لمحلول من حمض الهيدروكلوريك تركيزه: ٠.١ مول / لتر .

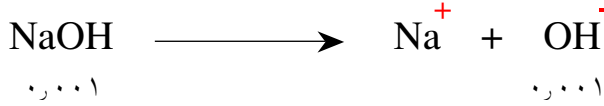
■ الحل : ∴ حمض الهيدروكلوريك يتأين تأيناً تاماً، لذلك فإن تركيز H^+ هو



∴ الرقم الهيدروجيني = - لو. $(1 \times 10^{-2}) = 2$.

■ مثال ٣ : احسب الرقم الهيدروجيني لمحلول مائي من هيدروكسيد الصوديوم تركيزه: ٠.٠٠١ مول / لتر .

■ **الحل** : يتفكك هيدروكسيد الصوديوم تفككاً تاماً وفقاً للمعادلة:

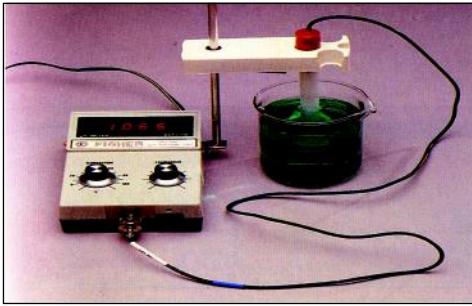


وبذلك يكون تركيز (OH^-) مساوياً لتركيز NaOH، ويساوي ٠,٠٠١ مول/لتر .

∴ ثابت تأين الماء = تركيز أيون H^+ × تركيز أيون OH^- = 10^{-14} .

∴ تركيز H^+ = $\frac{10^{-14}}{\text{تركيز } \text{OH}^-} = \frac{10^{-14}}{0,001} = \frac{10^{-14}}{10^{-3}} = 10^{-11}$ مول/لتر .

∴ $\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = -\log_{10} 10^{-11} = 11$.



شكل (٦) يوضح جهاز كهربائي لقياس الرقم الهيدروجيني للمحاليل السائلة.

في المحلول المتعادل تكون قيمة pH تساوي ٧ ، وفي المحلول الحمضي تكون قيمة pH أقل من ٧ ، وفي المحلول القلوي تكون قيمة pH أكبر من ٧ .

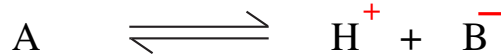


شكل (٧) يوضح الرقم الهيدروجيني (pH) لبعض المواد المستخدمة في حياتنا اليومية

قوة الحمض والقاعدة

تقاس قوة الحمض بشدة ميله للتخلي عن بروتونه، وتقاس القاعدة بشدة ميلها إلى ضم البروتونات .

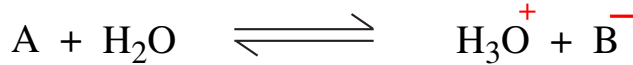
ويعبر عن قوة الحموض كميّاً بثوابت الاتزان، فتأين الحمض لإعطاء البروتون يمكن أن يعبر عنه بالاتزان الآتي :



حيث **Acid** = A = الحمض ، **Base** = B = القاعدة .
ويمكن حساب ثابت الاتزان بالمعادلة الآتية :

$$K_{eq} = \frac{|H^+| |B^-|}{|A|}$$

وبما أنه من الضروري توافر وسط يحدث فيه الاتزان ، وغالباً ما يكون هذا الوسط هو الماء ، حيث يحدث الآتي :



ومن ذلك يصبح ثابت الاتزان على النحو الآتي :

$$K_{eq} = \frac{|H_3O^+| |B^-|}{|A| |H_2O|}$$

ولكن باعتبار أن تركيز الماء يبقى ثابتاً، فتأخذ العلاقة السابقة الشكل الآتي :

$$K_a = \frac{|H_3O^+| |B^-|}{|A|}$$

أما في حالة القاعدة **B** ، فإنه يعبر عن ثابت اتزانها بالعلاقة :

$$K_b = \frac{|A|}{|B| |H_3O^+|}$$

وتدعى كل من K_a ، K_b بثابت تأين كل من الحمض والقاعدة .

فكلما كانت قيمة K_a كبيرة كان الحمض قوياً، وكذا كلما كانت قيمة K_b كبيرة كانت القاعدة قوية .

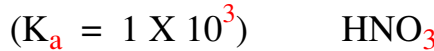
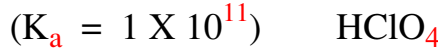
● يحتوي الجدول الآتي قيم ثوابت التآين لبعض الحموض والقواعد الضعيفة .

جدول (٣) قيم ثوابت التآين لبعض الحموض والقواعد الضعيفة

| ثابت التآين | | الصيغة | | |
|-----------------------|-----------------------|--------------|-------------------|---------|
| K_b | K_a | | | |
| — | 1.8×10^{-5} | CH_3COOH | الأسيتيك (الخل) | الحموض |
| — | 6.3×10^{-5} | C_6H_5COOH | البنزويك | |
| — | 1.8×10^{-4} | $HCOOH$ | الفورميك | |
| — | 4.8×10^{-10} | HCN | الهيدروسيانيك | |
| 1.8×10^{-5} | — | NH_3 | الأمونيا | القواعد |
| 4.6×10^{-10} | — | $C_6H_5NH_2$ | الأنيلين | |
| 1.5×10^{-7} | — | C_5H_5N | البريدين | |

كما أسلفنا فإن قوة الحموض والقواعد تقاس نسبة إلى الوسط الذي يحدث فيه الاتزان، ومن ثم فالاتزان يحدث في وجود الماء (المذيب) .

إن الحموض القوية مثل :



تتآين بشكل تام في الماء؛ بحيث أن الحمض الناتج هو H_3O^+ دون غيره بالرغم من عدم تساوي قوتها ، وذلك لأن الماء يتقبل البروتونات منها بميل كبير مما يؤدي إلى إضفاء الفروق في القوة بين هذه الحموض، وهذا ما يعرف بـ (فعل التسوية Leveling)، أي أن الماء يساوي بينهما بحيث يظهر حمضان مثل: $HClO_4$ و HCl بنفس القوة رغم أن الحمض الأول أقوى من الثاني وفقاً لميله لفقد بروتوناته .

الأملاح : Salts

درست سابقاً أن الحموض تتعادل مع القواعد مكونة ملح وماء .

حمض + قاعدة ← ملح + ماء .

اكمل المعادلات الموضحة في الجدول الآتي، والتي توضح تفاعلات التعادل بين

الحموض والقواعد .

جدول (٤) تفاعلات التعادل بين الحموض والقواعد

| أمثلة | تفاعلات الحموض مع القواعد |
|---|---------------------------------------|
| $\text{HCl}_{(aq)} + \text{NaOH}_{(aq)} \longrightarrow \text{NaCl}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$ | ١) حمض قوي + قاعدة قوية ← ملح + ماء |
| $\text{CH}_3\text{COOH} + \dots \longrightarrow \text{CH}_3\text{COOK} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$ $\text{H}_2\text{CO}_3 + \dots \longrightarrow (\text{Na})_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$ | ٢) حمض ضعيف + قاعدة قوية ← ملح + ماء |
| $\dots + \text{NH}_3 \longrightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$ | ٣) حمض قوي + قاعدة ضعيفة ← ملح + ماء |
| $\text{CH}_3\text{COOH} + \dots \longrightarrow \text{CH}_3\text{COONH}_4 + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$ | ٤) حمض ضعيف + قاعدة ضعيفة ← ملح + ماء |

استخدم الجدول (٤) لاستنتاج ما يأتي :

– أصناف الأملاح التي يمكن الحصول عليها عند تفاعل الحموض المختلفة مع القواعد المختلفة .

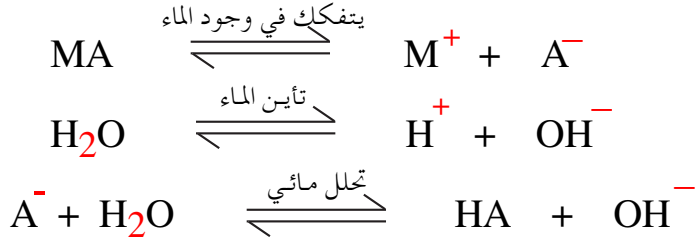
– اسم كل نوع من الأملاح المتكونة بدلالة الحمض والقاعدة .

– ماذا يحدث للأملاح المختلفة عند إذابتها في الماء؟

التحلل المائي للأملاح (التميؤ) : Hydrolysis

عند إذابة الأملاح في الماء يحدث تفكك لهذه الأملاح إلى الأيونات المكونة له، كما أن المحلول يحتوي على أيونات الماء، وتبعاً لنوع الملح المتفكك يمكن أن يحدث تفاعل بين أيونات الملح وأيونات الماء، ويسمى هذا التفاعل بالتحلل المائي أو التميؤ، وبناءً على طبيعة الملح يمكن أن تتوقع أن المحلول الناتج قد يكون متعادلاً، وقد يكون حمضياً وقد يكون قاعدياً، ويظهر ذلك من خلال قياس الرقم الهيدروجيني (pH) لمحاليل هذه الأملاح .

ولتوضيح معنى التحلل المائي يمكن استخدام المعادلات العامة الآتية :
إذا رمزنا للملح بالرمز (MA)، فإن التحلل المائي يحدث على النحو الآتي :



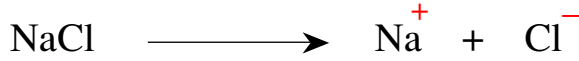
الرقم الهيدروجيني لمحاليل الأملاح



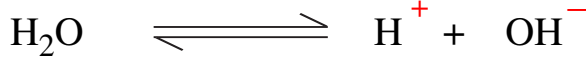
إن قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) للمحلول الناتج عن التميؤ تعتمد على القوة النسبية للحمض والقاعدة المتفاعلين .

- إذا كانا قويين فإن المحلول يكون متعادلاً (pH = 7) .
 - إذا كان الحمض أقوى من القاعدة فإن المحلول يكون حمضياً (pH < 7) .
 - إذا كانت القاعدة أقوى من الحمض فإن المحلول يكون قاعدياً (pH > 7) .
- سندرس فيما يلي الاتزانات الحاصلة عند تميؤ الأملاح .
- ١ - الأملاح الناتجة عن تفاعل حمض قوي وقاعدة قوية (محلول ملح كلوريد الصوديوم) .

يتفكك الملح وفقاً للمعادلة الآتية :

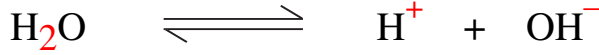
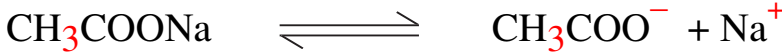


كما يتفكك الماء وفقاً للمعادلة الآتية :

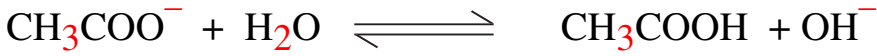


تتجاذب أيونات (Na⁺) مع أيونات (OH⁻) لتشكيل القاعدة القوية (NaOH) والتي تتفكك مباشرة وبشكل كامل إلى أيوناتها الأساسية، وبالمثل تتجاذب أيونات (Cl⁻) مع أيونات (H⁺) لتشكيل الحمض القوي (HCl)، الذي يتفكك مباشرة وبشكل كامل إلى أيوناته الأساسية، ولذلك لا يطرأ أي تغيير على تركيز أيونات (H⁺) و (OH⁻) الناتجة عن تفكك الماء ؛ حيث تكون عندئذ $\text{OH}^- = \text{H}^+ = 10^{-7}$ ، ويكون pH = 7 ، وبالتالي يكون المحلول متعادلاً .

٢ - الأملاح الناتجة عن حمض ضعيف وقاعدة قوية (محلل ملح خلات الصوديوم).
تحدث في المحلول التفككات الآتية :



كذلك يتفاعل أيون الخلات مع الماء وفقاً للمعادلة الآتية :



يتضح من التفاعلات تشكل أيونات (OH^-) والتي تمنح المحلول الناتج عن التميؤ

الصفة القاعدية .

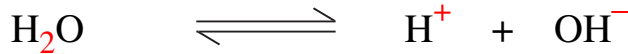
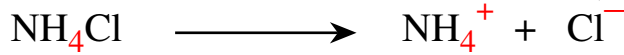
يمكن حساب pH لمحلول الملح من العلاقة :

$$\text{pH} = 7 + 1/2 (\text{pK}_a + \log C_s)$$

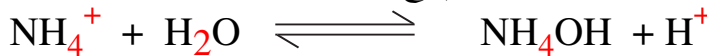
أي أن :

الرقم الهيدروجيني (pH) = $7 + \frac{1}{2} (\text{pK}_a + \log C_s)$ تركيز الحمض (pK_a) + لو تركيز الملح (C_s)

٣ - الأملاح الناتجة عن حمض قوي وقاعدة ضعيفة (محلل كلوريد الأمونيوم).
تحدث في المحلول التفككات الآتية :



كذلك يتفاعل أيون الأمونيوم مع الماء وفقاً للمعادلة الآتية :



ويتضح من التفاعلات تشكل أيونات (H^+) التي تجعل محلول الملح الناتج عن

التميؤ حمضياً .

ويمكن حساب قيمة pH لمحلول الملح من العلاقة :

$$\text{pH} = 7 - \frac{1}{2} \text{pK}_b - \log C_s$$

أي أن :

الرقم الهيدروجيني (pH) = $7 - \text{pK}_b - \log C_s$ تركيز القاعدة (pK_b) + لو تركيز الملح (C_s)



نفذ هذا النشاط والخاص بقياس الرقم الهيدروجيني (pH) لمحاليل الأملاح المائية، والموجود في كتاب الأنشطة والتجارب العملية .

الحلول المنظم : (Buffer Solution)

الحلول المنظم : هو المحلول الذي يقاوم التغيير الذي يمكن أن يحدث للرقم الهيدروجيني عند إضافة كمية قليلة من حمض قوي أو قاعدة قوية عند التخفيف .



شكل (٨)

ويستطيع المحلول المنظم أن يتفاعل مع الحموض أو القواعد؛ فعند إضافة قليل من الحمض والقاعدة إلى المحلول المنظم؛ فإن الرقم الهيدروجيني للمحلول يبقى ثابتاً تقريباً، حيث إن الحمض الضعيف والأيون المشترك CH_3COO^- يعملان كمانع لأي تغيير في الرقم الهيدروجيني للمحلول، ولإدراك ذلك يمكنك مشاهدة الشكل المقابل .

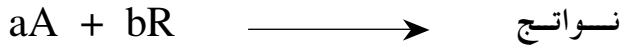
حيث يظهر في الشكل (٨) وجود كأسين بهما محلولين، فالكأس الذي على اليسار يحتوي على محلول كاشف ومنظم ورقمه الهيدروجيني

تقريباً ٧، بينما يحتوي الكأس الذي على اليمين على ماء مضاف إليه قليلاً من الحمض وكاشف، وكما هو ملاحظ فإن الرقم الهيدروجيني حسبما يظهره الجهاز هو (٥)، وتظهر الصورة الثانية ما حدث من تغيير، وأثر المحلول المنظم عندما أضيف إلى كلا المحلولين ٥ ملي من حمض HCl الذي تركيزه (٠,١٠) .

- ماذا تلاحظ على الكأس الأيمن الذي لا يحتوي على محلول منظم؟
- ما الرقم الهيدروجيني لهذا المحلول بعد إضافة حمض HCl، وعلى ماذا يدل ذلك؟
- ماذا حدث للمحلول الذي يحتوي على محلول منظم (الكأس على اليسار)؟
- على ماذا يدل ذلك بقاء اللون ثابتاً حتى بعد إضافة HCl ؟

التحليل الحجمي (المعايرة) : Volumetric Analysis

تعتمد فكرة التحليل الحجمي (المعايرة) على التفاعل الكيميائي الذي يُعبر عنه بالمعادلة الآتية :



حيث : A = المادة المراد تعيين تركيزها .

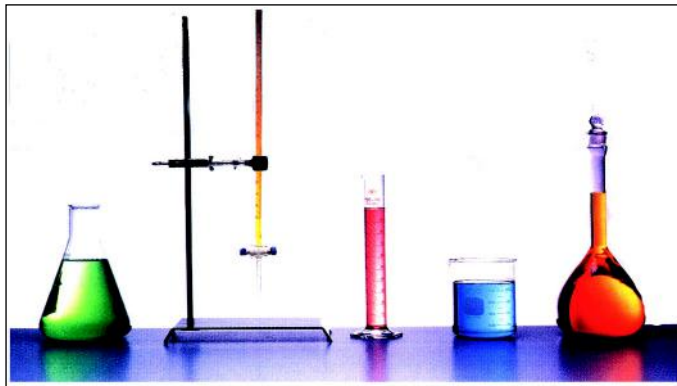
R = المادة القياسية التي تتفاعل معها .

a, b = المعاملات اللازمة لوزن المعادلة .

وتفاعل المعايرة يمكن أن يكون أحد الأنواع الآتية :

- أ - تفاعل حمض وقاعدة (تعاادل) Neutralization .
- ب - تفاعل أكسدة واختزال Redox .
- ج - تفاعل ترسيب Precipitation .
- د - تفاعل تكوين معقد Complex-Formation .

إن المبدأ العام للتحليل الحجمي (المعايرة) هو إضافة حجم يقاس تجريبياً من المحلول القياسي إلى حجم معلوم من محلول ثانٍ يحوي المادة المراد تعيين تركيزها، بحيث يحدث التفاعل وفقاً للعلاقة الكمية المحددة في معادلة ذلك التفاعل، وعلى هذا الأساس فإننا نحتاج إلى ما يدلنا بنهاية (إتمام) التفاعل بين المحلول القياسي والمادة المراد تعيين تركيزها، بمعنى آخر نكون بحاجة إلى تحديد نقطة نهاية التفاعل، ولذلك نستخدم مواد خاصة لهذا الغرض تعرف بالأدلة .



شكل (٩) أهم الأدوات المستخدمة في عملية المعايرة

● **المعايرة :** (Titration)

إضافة محلول قياسي إلى محلول مجهول التركيز؛ بحيث تستمر الإضافة حتى الوصول إلى نقطة نهاية التفاعل.

● **المحلول القياسي :** (Standard Solution)

محلول معلوم التركيز وبدقة، يحضر مباشرة من المواد القياسية الأولية، أو يحضر بطريقة مباشرة من خلال عملية القياس.

● **نقطة نهاية التفاعل (نقطة التعادل) :** (End Point)

نقطة نهاية التفاعل بين المحلول القياسي ومحلول المادة المراد تعيين تركيزها.

● **الأدلة :** (Indicators)

مواد كيميائية تستخدم للكشف عن نقطة نهاية التفاعل في المعايرات المختلفة.

● **معايرات التعادل :** (Neutralization Titration)

تستند معايرات التعادل إلى التفاعل بين محلول قياسي من حامض أو قاعدة، ومحلول آخر يحتوي على حامض أو قاعدة مجهولة التركيز بقصد معرفة تركيزها. فمثلاً: إذا كان لدينا عينة من محلول مجهول من هيدروكسيد الصوديوم، فيمكن معرفة تركيزه بمعايرة حجم منه بواسطة محلول معلوم التركيز من حمض الهيدروكلوريك.

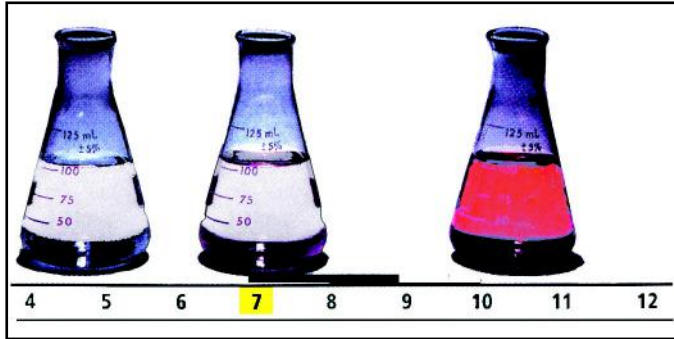


● **أدلة التعادل :**

لتحديد نهاية التفاعل (نقطة التعادل) تستخدم الأدلة التي لها ألوان مميزة، وهي عبارة عن صبغات عضوية يتغير لونها في الوسط الذي توجد فيه، أي تبعاً لتغير الرقم الهيدروجيني pH، وتدعى هذه الأدلة بـ (أدلة التعادل)، ومن أهمها وأكثرها استخداماً الفينولفثالين والميثيل البرتقالي.

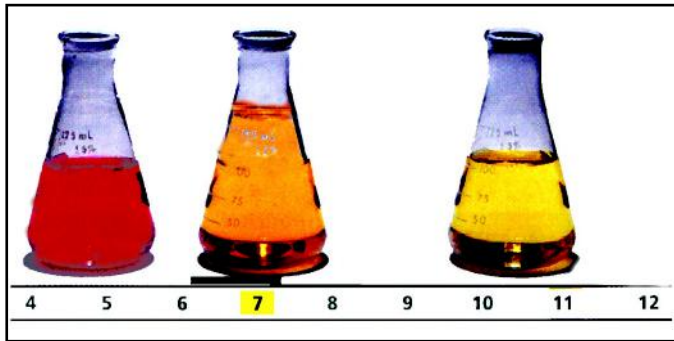
ويوضح الجدول الآتي التغييرات التي تحصل لهذه الأدلة في الأوساط المختلفة :

| لون الدليل | | | اسم الدليل |
|---------------|----------------|--------------|-------------------------|
| الوسط القاعدي | الوسط المتعادل | الوسط الحمضي | |
| أحمر وردي | عديم اللون | عديم اللون | الفينولفثالين (ph.ph) |
| أصفر | برتقالي | أحمر | الميثيل البرتقالي (M.O) |



شكل (١٠) يوضح تغير لون الفينولفثالين في الأوساط المختلفة.

الشكل (١٠) يوضح تغير لون الفينولفثالين عندما يكون الحمض ضعيف، والقاعدة قوية؛ حيث يبدأ التغير عندما يكون الرقم الهيدروجيني بين نقطة ٨ - ١٠.



شكل (١١) يوضح تغير لون الميثيل البرتقالي في الأوساط المختلفة.

كما يوضح الشكل (١١) تغير لون الميثيل البرتقالي عندما يكون الحمض قوياً، والقاعدة ضعيفة؛ حيث يبدأ التغير عندما يكون الرقم الهيدروجيني بين نقطة ٣,١ - ٤,٤.

الحسابات في التحليل الحجمي (المعايرة) :

تقوم فكرة التحليل الحجمي (المعايرة) على أساس استخدام محلول قياسي معروف تركيزه مسبقاً؛ بحيث يضاف هذا المحلول إلى المحلول المجهول الذي نريد معرفة تركيزه. وبما أننا نستطيع خلال عملية المعايرة تحديد حجم المحلول القياسي وحجم المحلول المجهول فإنه يمكننا حساب تركيز المحلول المجهول باستخدام المعادلة البسيطة الآتية:

$$\text{مولارية المحلول القياسي } (M_1) \times \text{حجم المحلول القياسي } (V_1) = \text{مولارية المحلول المجهول } (M_2) \times \text{حجم المحلول المجهول } (V_2)$$

وبحسب العلاقة السابقة فإن عدد المولات أو (الملي مولات) للمحلول القياسي يجب أن تتساوى (تتعاادل) مع عدد المولات أو (الملي مولات) للمحلول المجهول عند الوصول إلى نقطة التعادل التي تحدد نهاية التفاعل، وهذه العلاقة تسمى بقانون التخفيف. وهذا يقودنا إلى أهمية التعريف بوحدات التعبير عن تركيز المحاليل المستخدمة في عمليات المعايرة، وأهمها ما يأتي:

● المولارية (التركيز المولاري) (Molarity):

وتعرف المولارية (M) أو التركيز المولاري بأنها عدد المولات في المادة المذابة في لتر من المحلول، ويعبر عنها رياضياً بالعلاقات الآتية:

$$\text{المولارية} = \frac{\text{عدد مولات المادة المذابة}}{\text{حجم المحلول باللتر}} \quad (1) \dots\dots\dots$$

بضرب الطرفين في الوسطين.

$$\text{عدد مولات المادة المذابة} = \text{المولارية} \times \text{حجم المحلول باللتر} \quad (2) \dots\dots\dots$$

وكما عرفت سابقاً في الصف العاشر بأن:

$$\text{عدد المولات في المادة المذابة} = \frac{\text{وزن المادة بالجرام}}{\text{وزن المول الواحد منها بالجرام}}$$

وبالتعويض في المعادلة (2) ينتج الآتي:

$$\text{المولارية} \times \text{حجم المحلول باللتر} = \frac{\text{وزن المادة بالجرام}}{\text{وزن المول الواحد منها بالجرام}}$$

... بضرب الطرفين في الوسطين.

$$\text{وزن المادة بالجرام} = \text{المولارية} \times \text{حجم المحلول باللتر} \times \text{وزن المول الواحد منها بالجرام}.$$

● **ملاحظة:** وزن المول الواحد بالجرام هو عبارة عن الوزن الجزيئي الجرامي.

■ **تمرين:** لمعايرة ٢٠ مل هيدروكسيد الصوديوم لزم إضافة ٢٠ مل حمض الهيدرو

كلوريك ذو التركيز 0.1 مولاري، أحسب.

١- مولارية هيدروكسيد الصوديوم.

٢- كم جراماً من هيدروكسيد الصوديوم الصلب في اللتر الواحد من المحلول.

■ الحل :

● المعطيات :

حجم حمض الهيدروكلوريك $(V_1) = 20$ مل.

تركيز حمض الهيدروكلوريك $(M_1) = 0.1$ مولاري.

حجم $(NaOH) (V_2) = 20$ مل.

تركيز $(NaOH) (M_2) = ?$.

وباستخدام قانون التخفيف :

مولارية المحلول القياسي $(M_1) \times$ حجم المحلول القياسي $(V_1) =$ مولارية المحلول

المجهول $(M_2) \times$ حجم المحلول المجهول (V_2) .

ومنها :

$$20 \times NaOH \text{ مولارية} = 20 \times 0.1$$

$$\therefore \text{تركيز NaOH (مولارية)} = \frac{20 \times 0.1}{20} = 0.1 \text{ مولاري.}$$

ولحساب وزن هيدروكسيد الصوديوم الصلب المذاب تستخدم العلاقة الآتية :

وزن المادة المذابة بالجرام = المولارية \times حجم المحلول باللتر \times وزن المول بالجرام.

$$= 0.1 \times 1 \times (23 + 16 + 1)$$

$$= 0.1 \times 1 \times 40 = 4 \text{ جرام.}$$



نشاط (١٥)

نفذ هذا النشاط والخاص بقياس مولارية هيدروكسيد الصوديوم من خلال معايرته بحمض الهيدروكلوريك القياسي، والموجود في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

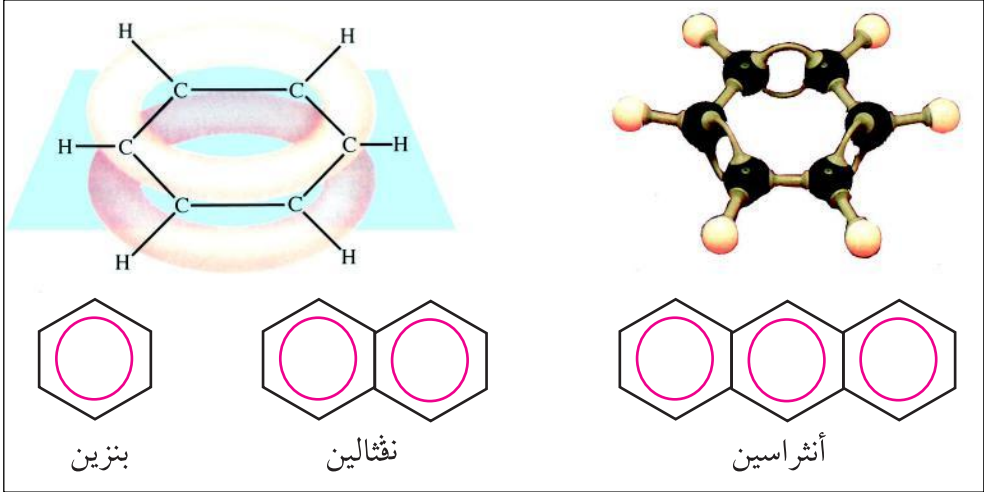
تقويم الوحدة

نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الاجابة عن الأسئلة الآتية :

- ١ - عرف المحلول المائي .
- ٢ - عرف الإلكتروليت، وما هي أنواعه؟ مع ذكر أمثلة .
- ٣ - علل ما يأتي :
 - أ - الماء إلكتروليت ضعيف .
 - ب - الماء مركب متعادل .
 - ج - لا يتغير الرقم الهيدروجيني عند إضافة قليل من الحمض أو القاعدة إلى المحلول المنظم .
- ٤ - اذكر تعريف أرهينوس للحمض والقاعدة مع ذكر أمثلة .
- ٥ - اكمل معادلتى التفاعلين التاليين مبيناً الحمض والقاعدة القرينة في كل تفاعل، ماذا يطلق على الأيون HSO_3^- في هذه الحالة؟
$$\text{HSO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightleftharpoons \dots\dots\dots + \text{H}_2\text{O}$$
$$\text{HSO}_3^- + \text{HO}^- \rightleftharpoons \dots\dots\dots + \text{H}_2\text{O}$$
- ٦ - لماذا يعتبر HSO_3^- مادة أمفيبروتونية؟
- ٧ - ما المقصود بثابت تأين الماء .
- ٨ - ما الرقم الهيدروجيني؟
- ٩ - احسب الأس الهيدروجيني pH لكل من :
 - أ - محلول حمض الهيدروكلوريك تركيزه 0.1 مول / لتر
 - ب - محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 0.05 مول / لتر .

- ١٠- أ - عرف المحلول المنظم ، وما أهم خصائصه؟
ب - مم يتكون المحلول المنظم؟، وما أهميته؟
- ١١- ما المقصود بما يأتي، مع ذكر مثال :
أ - التعادل .
ب - المعايرة .
ج - الدليل .
د - المحلول القياسي .
- ١٢- بين كيف يمكن الكشف عن نقطة التعادل في تفاعلات الحموض والقواعد .
- ١٣- يحتاج ١٣ مل من حمض ما إلى ٥٠ مل من محلول هيدروكسيد الصوديوم 0.1 مول / لتر لإتمام عملية التعادل . احسب تركيز الحمض .
- ١٤- خفف ٤٠٠ مل من محلول تركيزه ٠.٤ مول / لتر من هيدروكسيد الصوديوم بالماء حتى أصبح حجم المحلول لتراً واحداً، احسب تركيز المحلول الناتج .

الهيدروكربونات الأروماتية



أهداف الوحدة

- نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن:
- ١ - تصنف المركبات الهيدروكربونية مع ضرب أمثلة لها .
 - ٢ - تقارن بين البنزين والهكسان الحلقي والهكسين الحلقي .
 - ٣ - توضح سبب تسمية الهيدروكربونات الأروماتية بالمركبات العطرية .
 - ٤ - تحدد الأنواع الأساسية للهيدروكربونات الأروماتية .
 - ٥ - تذكر بعض الاستخدامات المهمة لمشتقات البنزين .
 - ٦ - تسمي بعض المركبات الأروماتية من خلال تركيبها البنائي .
 - ٧ - توضح طرق تحضير البنزين .
 - ٨ - توضح الخواص الفيزيائية والكيميائية للبنزين .
 - ٩ - تكتب التركيب البنائي لبعض المركبات الأروماتية .
 - ١٠ - تعرّف كلاً من : الهلجنة ، الألكلة ، السلفنة ، النيترة .

المركبات الهيدروكربونية

عرفت سابقاً أن هناك عدداً هائلاً من المركبات العضوية التي تم اكتشافها حتى الآن وقد يصل عددها إلى ما يقارب عشرة ملايين مركب .

ولتسهيل دراسة هذه المركبات، لجأ العلماء إلى تصنيفها إلى مجموعات متشابهة في التركيب والخواص، ومن أبسط المركبات العضوية هي تلك المركبات التي تتكون من الكربون والهيدروجين، وتسمى بالهيدروكربونات .

وقد عرفت أن هذه المركبات تنقسم إلى قسمين رئيسيين هما:

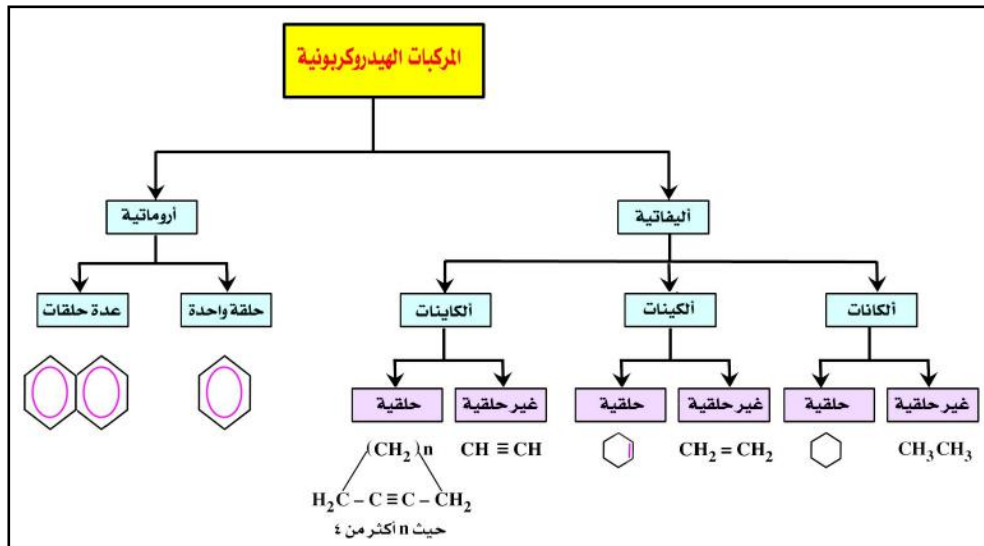
١ - الهيدروكربونات المشبعة: وتتكون من سلاسل أو حلقات من ذرات الكربون التي ترتبط مع بعضها بروابط أحادية .

٢ - الهيدروكربونات غير المشبعة: وتتكون من سلاسل أو حلقات من ذرات الكربون التي ترتبط مع بعضها بروابط ثنائية أو ثلاثية .

- ما اسم المركبات التي تحتوي على روابط أحادية؟ اعط مثلاً لها .

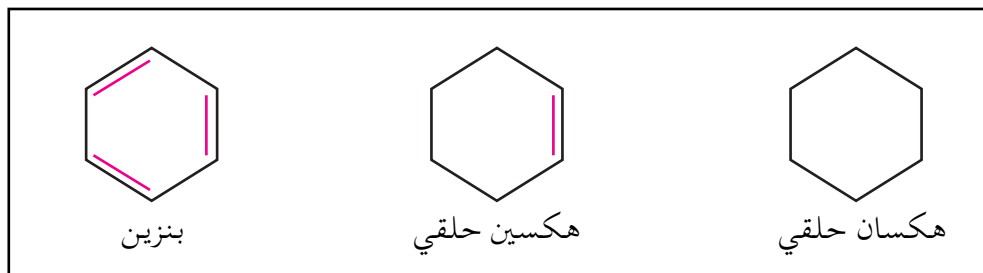
- ما اسم المركبات التي تحتوي على روابط ثنائية وثلاثية؟ اعط أمثلة لها .

انظر الشكل (١) والذي يوضح تصنيفاً للمركبات الهيدروكربونية .



شكل (١) تصنيف المركبات الهيدروكربونية

- من خلال الشكل (١) يلاحظ أن المركبات الأليفاتية تختلف عن المركبات الأروماتية في التركيب، وضح هذا الاختلاف .
- قارن بين المركبات الثلاثة الآتية من حيث عدد ذرات الكربون والهيدروجين في كل منها .



شكل (٢)

- ما نوع الروابط الموجودة بين ذرات الكربون، وما عددها؟
- ما نسبة عدد ذرات الكربون إلى ذرات الهيدروجين في الشكل (٢)؟
- مستعيناً بإجابتك عن الأسئلة السابقة، اكمل الجدول (١) .

جدول (١) مقارنة عامة بين المركبات الأروماتية، والمركبات الأليفاتية الحلقية

| اسم المركب | عدد ذرات الكربون | عدد ذرات الهيدروجين | نوع الروابط | عدد الروابط | نسبة ذرات الكربون إلى ذرات الهيدروجين |
|----------------|------------------|---------------------|----------------|----------------------------|---------------------------------------|
| الهكسان الحلقي | ٦ | ..... | أحادية | ٦ | ٦ : ١٢ أو (١ : ٢) |
| الهكسين الحلقي | ..... | ..... | أحادية وثنائية | ٥ أحادية + رابطة ثنائية | ٦ : أو (٢ : ٥) |
| البنزين العطري | ..... | ..... | أحادية وثنائية | + | ٦ : أو (١ :) |

الميدركربونات الأروماتية

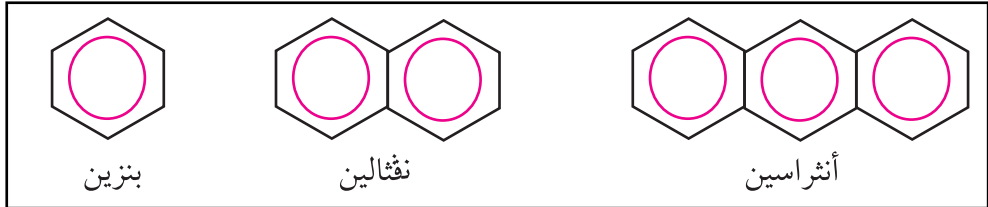
هي عبارة عن مركبات حلقية تتميز بأن لها روائح عطرية جميلة، ولذلك سميت بالمركبات الأروماتية، وكلمة أروماتي تعني عطري.

ويطلق المصطلح أروماتي أو عطري حديثاً على نوع مميز من المركبات العضوية ذات خواص كيميائية، وفيزيائية محددة، ورغم أن هذه المركبات تسمى عطرية إلا أن أغلب العطور المعروفة لا تحتوي بالضرورة على مركبات هيدروكربونية أروماتية.

أنواع الميدروكربونات الأروماتية :

كما هو موضح في الشكل (١) فإن الهيدروكربونات الأروماتية تنقسم إلى قسمين أساسين، هما:

- ١ - هيدروكربونات أروماتية تحتوي على حلقة واحدة من البنزين.
- ٢ - هيدروكربونات أروماتية تحتوي على حلقتين أو أكثر من البنزين، مثل النفتالين، والأنثراسين.



النفتالين هو عبارة عن مركب أروماتي يتكون من حلقتي بنزين وله رائحة عطرية مميزة وتصنع على هيئة كرات بيضاء توضع عادة مع الملابس لقتل حشرات العثة التي تأكل الملابس الصوفية.

البنزين العطري (Benzene)

هو عبارة عن مركب أروماتي يختلف تماماً عن البنزين (Benzine) الناتج من تقطير زيت البترول والذي يسمى بالجازولين، ويستخدم كوقود للسيارات، ويسمى



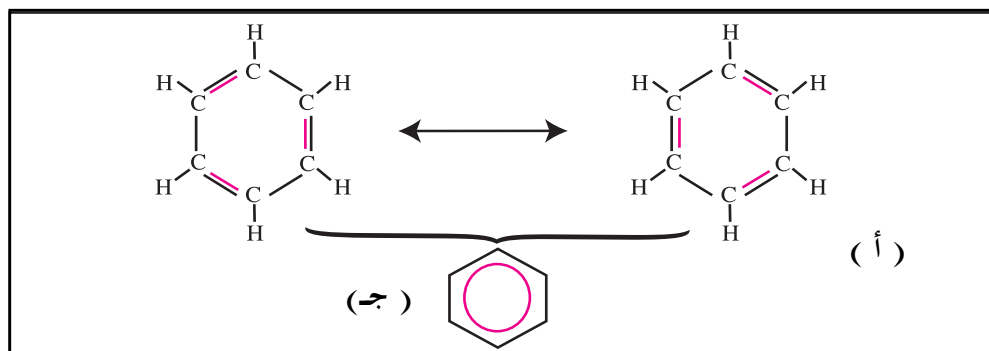
شكل (٣) محطة وقود

عادةً (بنزين). وينبغي الإشارة إلى أن الجازولين (البنزين) يتكون من خليط من الهيدروكربونات الأليفاتية ذو السلاسل المفتوحة.

ونظراً لأهمية البنزين العطري، سوف نقوم بدراسته بشيء من التفصيل.

يعد البنزين C_6H_6 أبسط المركبات الأروماتية، حيث يتكون من ست ذرات كربون وست ذرات هيدروجين، وتشير صيغته الجزيئية إلى أن النسبة بين ذرات الكربون أو ذرات الهيدروجين منخفضة مقارنة بمركب الهكسان الحلقي المناظر له C_6H_{12} ، وهذا يظهر أن البنزين مركب غير مشبع.

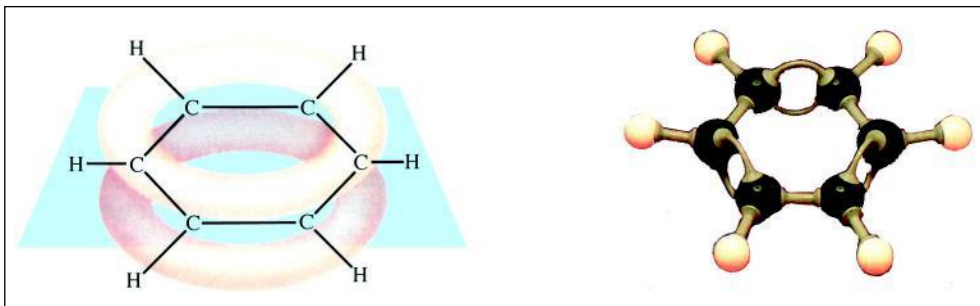
وما يحير الباحثين هو وضع صيغة بنائية تتوافق مع خواصه. وقد كانت محاولة العالم الألماني "كيكولي" Kekule عام ١٨٦٥م أول محاولة توضح طريقة ارتباط ذرات الكربون مع بعضها داخل حلقة البنزين، حيث يتضح أن ذرات الكربون تشكل حلقة تكون الروابط الأحادية فيها متبادلة مع الروابط الثنائية، كما هو موضح في (أ، ب) من الشكل (٤):



شكل (٤)

إلا أن نتائج الدراسات لم تؤيد أيّاً من الصيغتين (أ، ب)، فقام العلماء باقتراح صيغة ثالثة هي وسط بين الصيغتين (أ، ب)، ويعبر عنها بدائرة كما هو موضح في (ج) من الشكل (٤).

والدائرة التي توضع داخل الحلقة تعبر عن حركة الإلكترونات الدائمة المكونة للروابط
الثنائية بين ذرات الكربون، وهذا ما أكدته القياسات الحديثة التي أثبتت أن جزيء البنزين
مستوي، حيث تقع جميع ذراته في مستوى واحد، كما أن الزوايا التي تحصرها الروابط هي
١٢٠°، وأن طول هذه الروابط متساوٍ ويبلغ ١,٣٩ Å، وهي قيمة متوسطة بين طول
الروابط الأحادية (١,٥٤ Å)، وطول الروابط الثنائية (١,٣٥ Å)، انظر الشكل (٥).



شكل (٥) نموذج حلقة البنزين العطري

استخدامات مشتقات البنزين :

يعد البنزين اللبنة الأساسية التي تقوم عليها صناعة الكثير من المواد المستخدمة
في حياتنا اليومية ، ويوضح الجدول (٢) بعضاً من مركبات البنزين واستخداماتها.

جدول (٢) استخدامات مشتقات البنزين

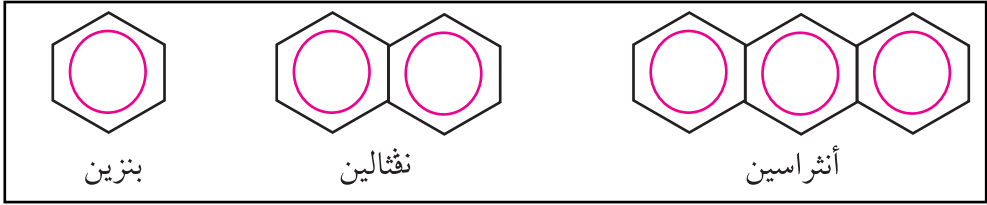
| اسم المركب الشائع | الصيغة البنائية للمركب | استخداماته |
|-------------------|--|---|
| فينول | <chem>Oc1ccccc1</chem> | مطهر وقاتل للحشرات ومادة أولية لصناعة البلاستيك |
| أنيلين | <chem>Nc1ccccc1</chem> | في صناعة الأدوية والأصباغ |
| ستايرين | <chem>C=Cc1ccccc1</chem> | في صناعة البلاستيك |
| أسبرين | <chem>CC(=O)Oc1ccccc1C(=O)O</chem> | كمسكن للآلام وخافض للحرارة |
| ثلاثي نيتروتولوين | <chem>Cc1c([N+](=O)[O-])cc([N+](=O)[O-])cc1[N+](=O)[O-]</chem> | في صناعة المتفجرات (TNT) |

قواعد تسمية مشتقات البنزين : Nomenclature of Benzene Derivatives

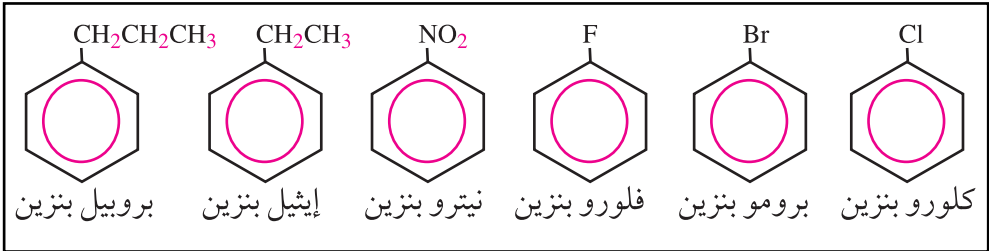
وهناك نظامان يمكن استخدامهما لتسمية المركبات الأروماتية، وهما:
أ- التسمية العامة (الشائعة) .

ب- التسمية المنهجية للاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC) .
ويمكن تسمية المركبات الأروماتية ومشتقاتها على النحو الآتي :

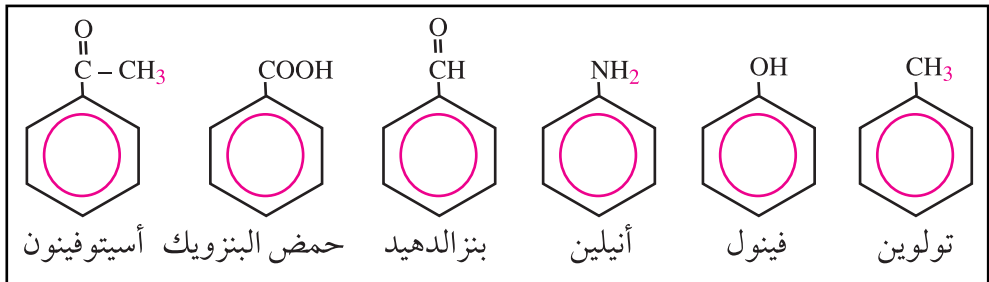
أولاً : عند وجود حلقة أو أكثر في المركب : يتم استخدام التسميات الشائعة، على النحو الآتي :



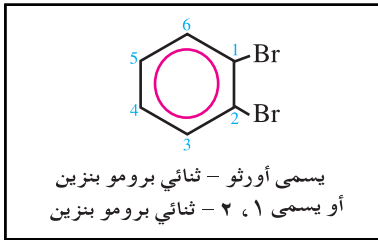
ثانياً : في حالة المشتقات الأحادية للبنزين : يتم تسمية المركب باعتبار كلمة بنزين كقاعدة للاسم بحيث تسبقها بادئة تدل على اسم المجموعة البديلة، وذلك على النحو الآتي :



ولكن بعض المشتقات الأحادية الأخرى تستخدم لها أسماء شائعة ولا تعرف هذه المركبات إلا لها، وهي على النحو الآتي :

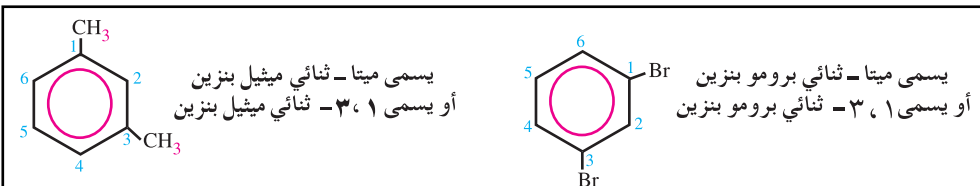


ثالثاً: في حالة وجود مجموعتين بديلتين على حلقة البنزين: يتم الإشارة إلى موقعهما إما باستخدام بوادئ، وإما أرقام، وهناك ثلاثة احتمالات للبوادئ المستخدمة، وهي على النحو الآتي:

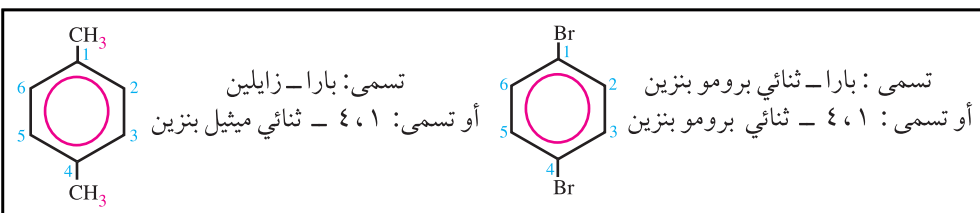


أ - أورثو **Ortho**: وتستخدم عندما تقع المجموعتين في وضع متجاور على حلقة البنزين، فتكون التسمية كما في المثال المقابل.

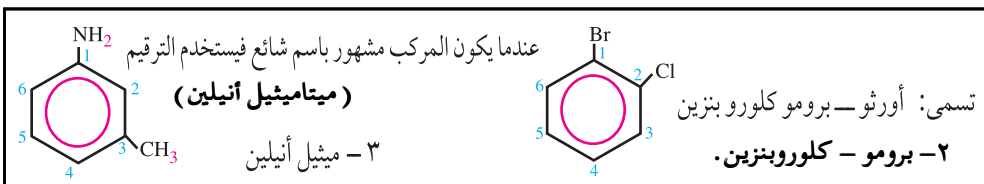
ب- ميتا **Meta**: وتستخدم عندما تكون المجموعتين في وضع متبادل على حلقة البنزين، فتكون التسمية كما في المثالين أدناه.



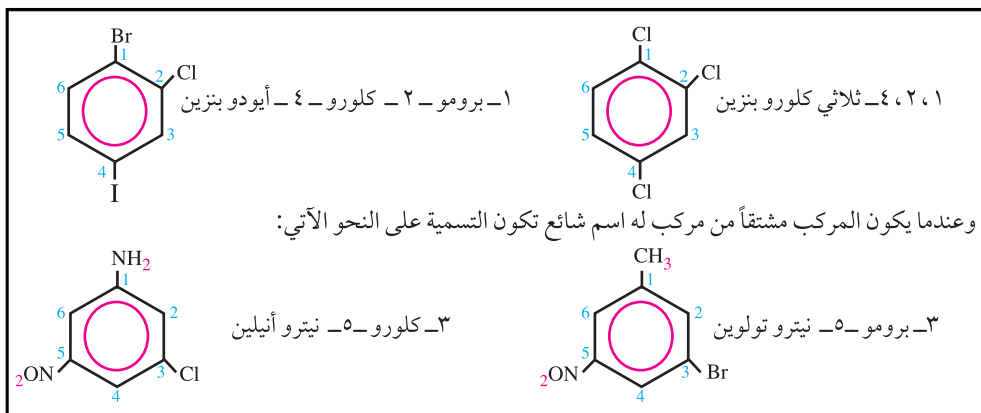
ج- بارا **Para**: وتستخدم عندما تقع المجموعتين في وضع متقابل على حلقة البنزين، فتكون التسمية كما في المثالين أدناه.



د - استخدام الترتيب الأبجدي فقط: عندما تكون المجموعتين مختلفتين، فيتم استخدام الترتيب الأبجدي (أورثو - ميتا - بارا)، وتكون التسمية كما في المثالين أدناه.



رابعاً : استخدام الترقيم فقط : في حالة وجود أكثر من مجموعتين، فيتم استخدام الترقيم، كما في الأمثلة الآتية:



وعندما يكون المركب مشتقاً من مركب له اسم شائع تكون التسمية على النحو الآتي:

تحضير البنزين :

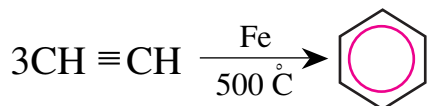
يحضر البنزين بعدة طرق منها :

١ - باستخدام مركبات أليفاتية .

٢ - باستخدام مشتقات البنزين (مركبات أروماتية) .

أولاً : تحضير البنزين بواسطة المركبات الأليفاتية :

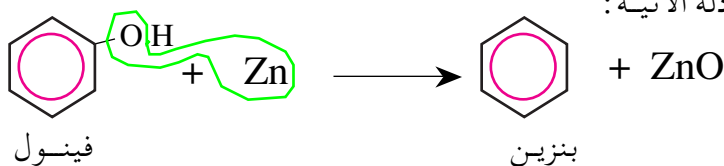
وذلك بواسطة البلمرة، من خلال إمرار الأسيتيلين في أنبوبة ساخنة تحتوي على عامل حفاز مناسب؛ حيث تتحد ثلاث جزيئات من الأسيتيلين لتعطي جزيئاً واحداً من البنزين، حسب المعادلة الآتية:



ثانياً : تحضير البنزين بواسطة مشتقات البنزين نفسه :

أ - باختزال الفينول : من خلال تقطيره بوجود حبيبات الخارصين، حسب

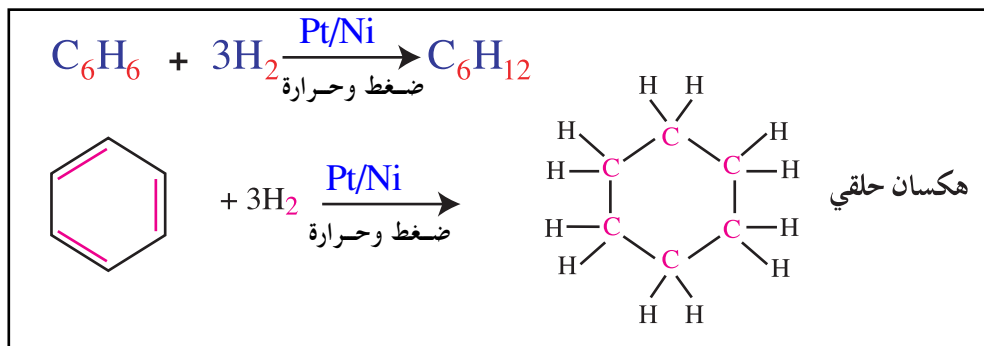
المعادلة الآتية:



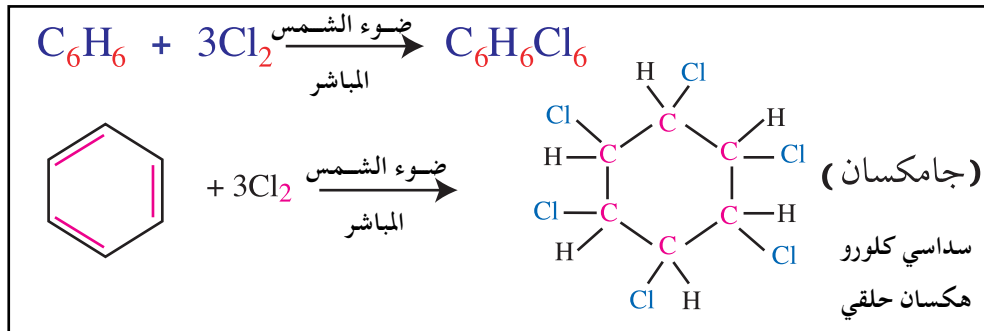
٢ - تفاعلات الإضافة :

تفاعلات البنزين بالإضافة لا تتم إلا في ظروف صعبة من حرارة وضغط، وفي وجود عامل حفاز.

أ - إضافة الهيدروجين (هدرجة) : يحفز التفاعل بالنيكل، أو البلاتين، ويحتاج درجات عالية من الحرارة والضغط.



ب - إضافة الكلور: يتفاعل الكلور مع البنزين في ضوء الشمس المباشر ليعطي الجامكسان، وهو مبيد حشري معروف.



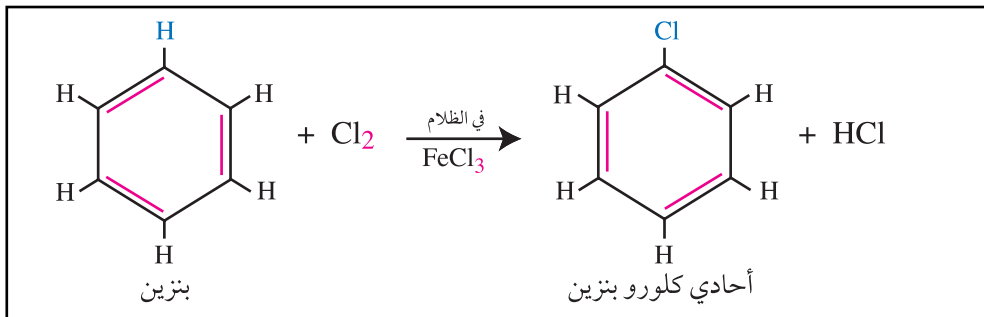
٣ - تفاعلات الاستبدال (الإحلال) : Substitution Reactions

تفاعلات البنزين بالاستبدال من التفاعلات المهمة، وهي نفسها التفاعلات التي تتميز بها بقية المركبات الأروماتية.

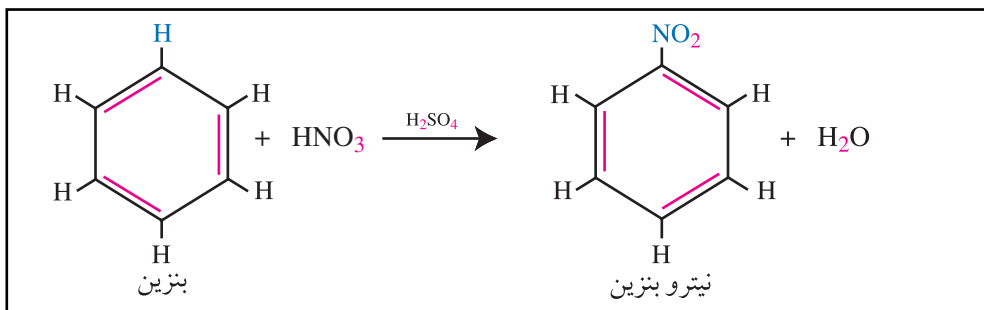
يتم في هذا التفاعل استبدال إحدى ذرات الهيدروجين في البنزين بذرة، أو مجموعة أحادية التفاعل، مثل: (-Cl, -Br, -NO₂, -SO₃H ...) في وجود حفاز مناسب، وقد وجد أنه يتكون مركب واحد من كل نوع، مما يدل على تماثل ذرات

الهيدروجين الست تماماً في جزيء البنزين، وتعطي الأمثلة الآتية صورة لأهم تفاعلات الاستبدال المعروفة :

أ - **الهجنة Halogenation**: يتفاعل البنزين مع الكلور أو البروم في وجود عامل حفاز من حموض لويس مثل: $FeCl_3$ أو $FeBr_3$ ؛ ليعطي هاليد البنزين؛ حيث تحل ذرة الهالوجين محل ذرة الهيدروجين، ويتم هذا التفاعل في الظلام، (لاحظ استبدال ذرة الهيدروجين بذرة كلور)، كما توضحه المعادلة الآتية:

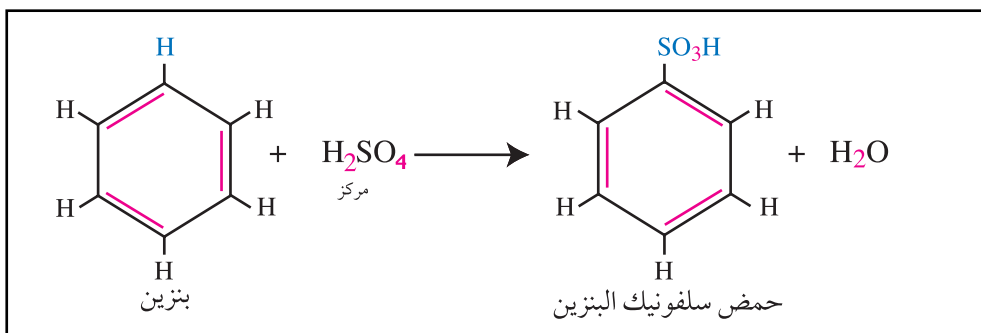


ب - **النيترة Nitration**: يتفاعل البنزين ببطء مع حمض النيتريك المركز في وجود حمض الكبريتيك المركز كعامل حفاز؛ ليعطي نيتروبنزين، ويقوم حمض الكبريتيك بامتصاص الماء الناتج، ويلاحظ هنا استبدال ذرة الهيدروجين بمجموعة النيترو ($-NO_2$)، كما في المعادلة الآتية

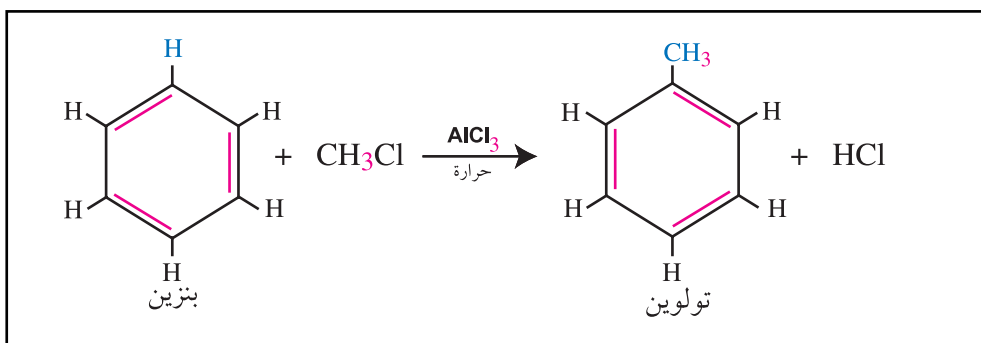


ج - **السلفنة Sulphonation**: يتفاعل البنزين مع حمض الكبريتيك المركز؛ ليعطي حمض سلفونيك البنزين، ويقوم حمض الكبريتيك -

أيضاً- بامتصاص الماء الناتج، (لاحظ هنا استبدال ذرة الهيدروجين
بمجموعة السلفونيك ($-\text{SO}_3\text{H}$))، كما في المعادلة الآتية:



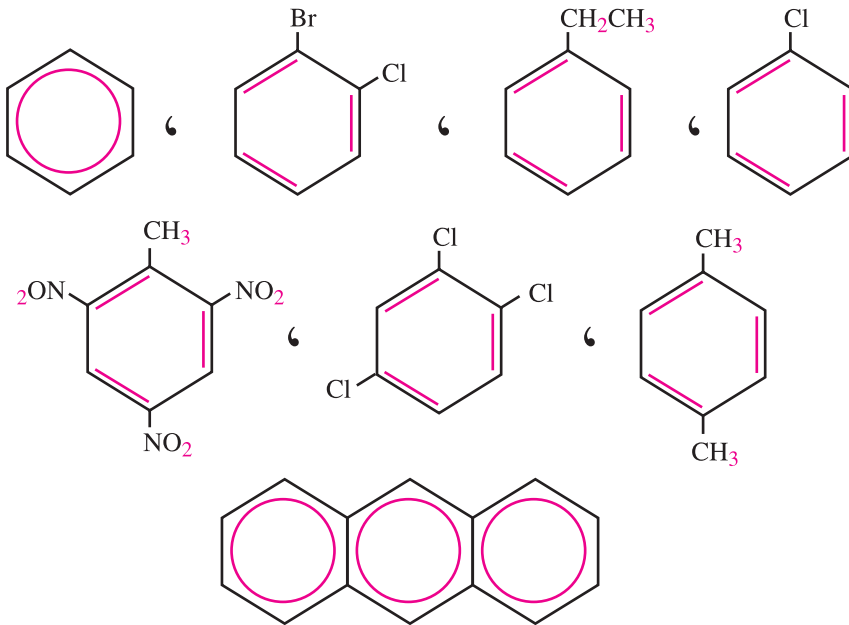
د - الألكلة Alkylation: الألكلة هي استبدال ذرة الهيدروجين
بمجموعة ألكيل، ويحتاج التفاعل إلى عامل حفاز من حموض
(لويس)، مثل: كلوريد الألومينيوم الجاف؛ حيث يتفاعل البنزين مع
كلوريد الألكيل، مثلاً (كلوريد الميثيل) للحصول على ألكيل البنزين
(التولوين في هذه الحالة)، كما في المعادلة الآتية:



تقويم الوحدة

نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الإجابة عن الأسئلة الآتية:

- س ١: بيّن سبب تسمية الهيدروكربونات الأروماتية بالمركبات العطرية.
س ٢: اكتب أسماء المركبات الأروماتية الآتية:



س ٣: عرّف المفاهيم الآتية، مع ذكر مثال لكل منها، موضحاً العامل الحفاز، وظروف التفاعل:

- أ - الهلجنة. ب - الألكلة.
ج - السلفنة. د - النيترة.

س ٤: اشرح طرق تحضير البنزين مع كتابة المعادلات الكيميائية الموزونة.

س ٥ : ارسـم الصيغـة البنائية لكل مما يأتي :

أ) بارا – ثنائي نيترو بنزين .

ب) ميتا – نيترو تولوين .

جـ) بارا – برومو أنيلين .

د) ميتا – أيودو فينول .

هـ) أورثو – ثنائي نيترو بنزين .

و) ١ و ٣ و ٥ – ثلاثي نيترو بنزين .

ز) ٤ – كلورو – ٢ ، ٣ – ثنائي نيترو تولوين .

ح) الزايلين .

ط) بارا – هيدروكسي حمض البنزويك .

ي) ٢ ، ٤ ، ٦ ثلاثي نيترو تولوين .

س ٦ : ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة ، وعلامة (✗) أمام العبارة الخطأ مع

تصويب الخطأ في كل مما يأتي :

أ – يمكن الحصول على هكسان حلقي عند درجة البنزين بالإضافة . ()

ب – يمكن الحصول على مركب الجامكسان عند تفاعل البنزين مع البروم

في الظلام . ()

ج – يشتعل البنزين في وفرة من الهواء مكوناً ماء وأول أكسيد الكربون . ()

د – تفاعل حمض الكبريتيك المركز مع البنزين هو تفاعل السلفنة . ()

هـ – نسبة ذرات الكربون إلى ذرات الهيدروجين في البنزين أقل منها في

الهكسان . ()

و – النثاليين مركب أروماتي يتكون من ثلاث حلقات بنزين . ()

ز – مركب البنزين الحلقي C_6H_6 وقود جيد للسيارات . ()

ح – البنزين له رائحة عطرية زكية، لذلك يمكن استنشاق بخاره . ()

ط – تفاعل حمض النيتريك مع البنزين هو تفاعل إضافة . ()

المركبات العضوية الأوكسجينية



أهداف الوحدة

- نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :
- ١- تعرف المركبات العضوية الأوكسجينية.
 - ٢- تميز بين المركبات العضوية الأوكسجينية.
 - ٣- تسمي المركبات العضوية الأوكسجينية بالطريقة الشائعة والمنهجية.
 - ٤- تكتب الصيغ البنائية للمركبات العضوية الأوكسجينية.
 - ٥- توضح طرق تحضير المركبات العضوية الأوكسجينية.
 - ٦- تقارن بين المركبات العضوية الأوكسجينية من حيث الخواص الفيزيائية، والكيميائية.
 - ٧- توضح أهمية بعض المركبات العضوية الأوكسجينية.
 - ٨- تجري تجارب عملية لتحضير بعض المركبات العضوية الأوكسجينية للتمييز بينها.
 - ٩- تقدر عظمة الخالق سبحانه وتعالى في خلق هذه المركبات وتسخيرها للإنسان.

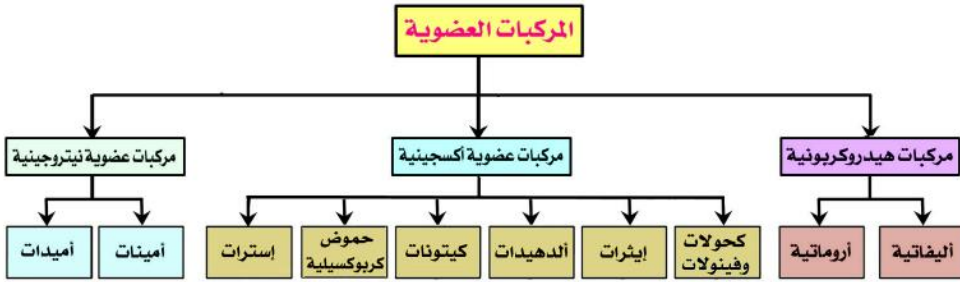
مقدمة عن المركبات العضوية الأوكسجينية

عرفت سابقاً أن بعضاً من المركبات العضوية تتميز بأنها عبارة عن سلاسل وحلقات من ذرات الكربون والهيدروجين، وأن هذه المركبات يطلق عليها الهيدروكربونات. وفي هذه الوحدة سيتم استعراض أصنافاً جديدة من المركبات العضوية التي يدخل الأوكسجين في تركيبها، بالإضافة إلى وجود الكربون والهيدروجين.

ولتسهيل دراسة المركبات العضوية يمكن تصنيفها بشكل عام بالاعتماد على نوع

الذرات التي تدخل في تكوينها، وهي:

- ١- مركبات هيدروكربونية.
 - ٢- مركبات عضوية أوكسجينية.
 - ٣- مركبات عضوية نيتروجينية.
- والشكل (١) يوضح هذه الأصناف.








شكل (١) تصنيف المركبات العضوية

من خلال الشكل (١) يتضح أن المركبات الهيدروكربونية قد سبق لك دراستها في كتاب الكيمياء للصف العاشر، أما المركبات الأروماتية فقد تم استعراضها في الوحدة السابقة، وفي هذه الوحدة سيتم استعراض المركبات العضوية الأوكسجينية وتصنيفاتها المختلفة. وفي العام القادم إن شاء الله تعالى سيتم مناقشة المركبات العضوية النيتروجينية. ولتسهيل دراسة هذه المركبات لابد من التعرف على ما يسمى بالمجموعات الوظيفية التي يمكن من خلالها تصنيف هذه المركبات إلى عائلات لها خواص وصفات مشتركة.

المجموعات الوظيفية

وهي عبارة عن ذرة أو مجموعة من الذرات تكون مسؤولة عن الخواص الكيميائية للمركبات العضوية، وتكون الروابط الخاصة بهذه المجموعة هي المسؤولة عن حدوث التفاعلات الكيميائية في المركبات العضوية؛ ولذلك فإن المركبات التي تملك نفس النوع من المجموعات الوظيفية تكون غالباً متشابهة في صفاتها وخواصها الكيميائية، ولذلك تصنف تحت عائلة واحدة، انظر الجدول (١) للتعرف على المجموعات الوظيفية وتصنيفات المركبات، وفقاً للمجموعات الوظيفية.

جدول (١) تصنيف المركبات الأوكسجينية وفقاً للمجموعات الوظيفية

| تصنيف المركب | المجموعة الوظيفية | الصيغة العامة | الصيغة البنائية للمركب |
|---------------|---|--|---|
| كحول | -OH | R-OH | CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ OH |
| إثير | -O- | R-O-R' | CH ₃ CH ₂ -O-CH ₂ CH ₃ |
| ألدهيد | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{H} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{CH} \end{array}$ | CH ₃ CH ₂ - $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{H} \end{array}$ |
| كيتون | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}- \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{R}' \end{array}$ |  -CH ₂ - $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$ |
| حمض كربوكسيلي | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$ | CH ₃ -CH ₂ - $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$ |
| إستر | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{O}- \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{OR}' \end{array}$ | CH ₃ - $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3 \end{array}$ |
| ..... | ..... | ..... | -$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{H} \end{array}$ |
| ..... | ..... | ..... | $\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ |
| ..... | ..... | ..... | -CH ₂ - $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$ |
| ..... | ..... | ..... | CH ₃ -CH ₂ - $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2-\end{array}$  |
| ..... | ..... | ..... | CH ₃ -CH ₂ -O-CH ₂ -  |
| ..... | ..... | ..... | $\begin{array}{c} \text{OH} \ \text{H} \\ \ \ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \ \ \\ \text{H} \ \ \text{H} \end{array}$ |
| ..... | ..... | ..... | CH ₃ -CH- $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$ |

من خلال الجدول (١) :

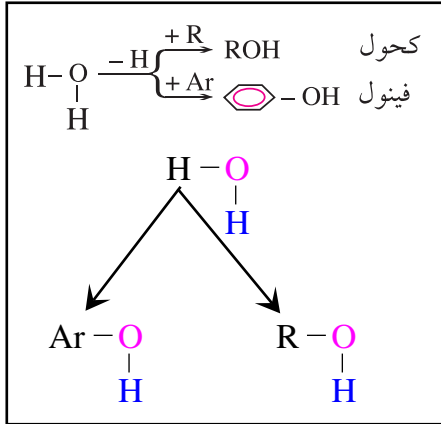
- أكمل الفراغات موضعاً نوع المجموعة الوظيفية لكل مركب وتصنيف هذا المركب وفقاً لمجموعته الوظيفية .
 - ما نوع الذرات الداخلة في تكوين هذه المركبات؟
 - كم نوعاً من المركبات الأوكسجينية توجد في الجدول؟
 - يطلق على هذه المركبات اسم المركبات العضوية الأوكسجينية . لماذا؟
- فيما يأتي سنتناول كل نوع من المركبات العضوية الأوكسجينية المعروفة، وسناقش طرق تحضيرها وخواصها الكيميائية والفيزيائية وأهم استخداماتها .



أولاً : الكحولات (الأغوال) والفينولات : Alcohols and Phenols

وهي مركبات عضوية تحتوي جزيئاتها على مجموعة أو أكثر من مجموعة


الهيدروكسيل (OH-).



وعندما تكون مجموعة الهيدروكسيل

متصلة بمجموعة ألكيل يسمى المركب

كحولاً (غول)، أما إذا اتصلت بمجموعة

أريل  فيسمى المركب فينولاً .

وتعتبر الكحولات والفينولات من مشتقات

الماء؛ حيث استبدلت ذرة الهيدروجين في

الماء بمجموعة ألكيل (R-) أو أريل (Ar-)،

كما في المثال المقابل .

سميت الأغوال (الكحولات) بهذا الاسم لأنها المركب الأساسي في

الخمور، وهي تغول عقل شاربها فتخرجه عن رشده إلى ما يشبه الجنون، ومن

هنا جاءت التسمية العربية (غول) والتي نقلت إلى اللغة الإنجليزية (Alcohol)

وعادت فعربت خطأً باسم الكحول .

قال تعالى: ﴿لَا فِيهَا غَوْلٌ وَلَا هُمْ عَنْهَا يُنْفَوْنَ﴾ [سورة الصافات: آية ٤٧] .

والأغوال (الكحولات) مواد سامة مضرّة بالصحة، ولذلك حرّمها الإسلام كما جاء في الحديث الشريف (كل مسكر خمر، وكل مسكر حرام)، أخرجه مسلم .

قال تعالى: ﴿ يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا إِنَّمَا الْخَمْرُ وَالْمَيْسِرُ وَالْأَنْصَابُ وَالْأَزْلَامُ رِجْسٌ مِّنْ عَمَلِ الشَّيْطَانِ فَاجْتَنِبُوهُ لَعَلَّكُمْ تُفْلِحُونَ ﴾ [سورة المائدة: آية ٩٠].

من خلال دراستك السابقة للهيدروكربونات:

- ما الفرق بين الهيدروكربونات والكحولات؟
- ما الفرق بين الكحولات، والمركبات الأوكسجينية الأخرى؟

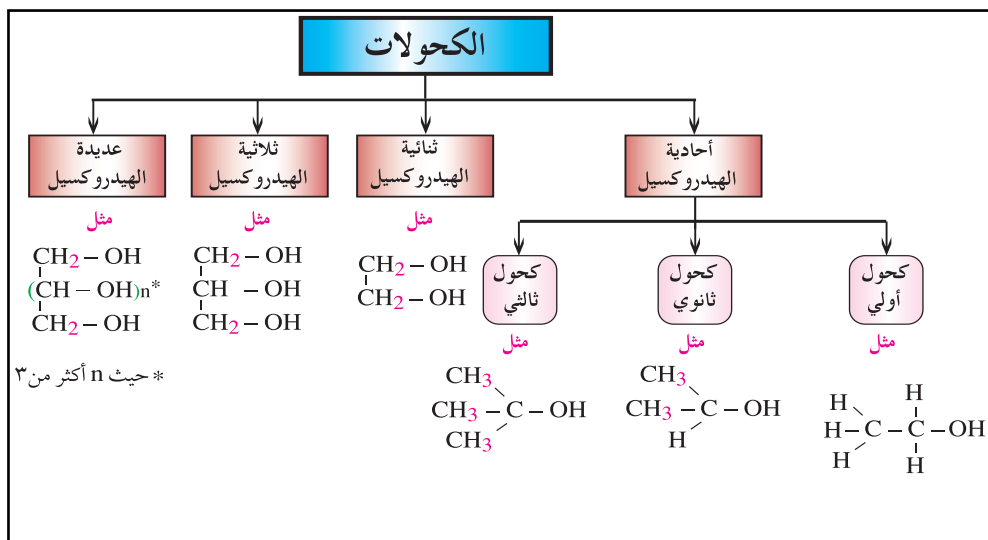
الكحولات :

هي مركبات عضوية تحتوي جزيئاتها على مجموعة أو أكثر من الهيدروكسيل والتي تتصل بمجموعة ألكيل.

تصنيف الكحولات :

تصنف الكحولات إلى أصناف عديدة، انظر الشكل (٢)، وهناك طريقتين مختلفتين يعتمد عليها تصنيف الكحولات، هي:

١ - من حيث نوع ذرة الكربون التي ترتبط بها المجموعة الوظيفية للكحولات.



شكل (٢) تصنيف الكحولات

جدول (٢) تصنيف الكحولات وفقاً لنوع ذرة الكربون المرتبطة بالمجموعة الوظيفية

| ثالثي Tertiary | ثانوي Secondary | أولى* Primery | النوع وجه المقارنة |
|--|---|--|--------------------------|
| $\begin{array}{c} R \\ \\ R-C-OH \\ \\ R \end{array}$ | $\begin{array}{c} H \\ \\ R-C-OH \\ \\ R \end{array}$ | $\begin{array}{c} H \\ \\ R-C-OH \\ \\ H \end{array}$ | الصيغة: |
| 0 | ..... | 2 | عدد ذرات الهيدروجين |
| ..... | 2 | 1 | عدد مجموعات الألكيل (-R) |
| $\begin{array}{c} CH_3CH_2 \\ \\ CH_3-C-OH \\ \\ CH_3CH_2CH_2 \end{array}$ | $\begin{array}{c} H \\ \\ CH_3-C-OH \\ \\ CH_3CH_2 \end{array}$ | $\begin{array}{c} H \\ \\ CH_3-C-OH \\ \\ H \end{array}$ | مثال: |

* ملاحظة: عندما يحتوي الكحول على ذرة كربون واحدة متصلة بثلاث ذرات هيدروجين، فإنه يصنف على أنه كحول أولي، مثل الميثانول $\begin{array}{c} H \\ | \\ H-C-OH \\ | \\ H \end{array}$

اكمل الفراغات في الجدول (٢).

من خلال الجدول يتضح أن الكحول الأولي هو الكحول الذي ترتبط فيه مجموعة الهيدروكسيل بذرة كربون أولية.

ذرة الكربون الأولية: هي ذرة الكربون المتصلة بمجموعة الهيدروكسيل (OH-) والتي تكون مرتبطة إما بثلاث ذرات هيدروجين كما في الميثانول أو مجموعة واحدة من الألكيل وذرتي هيدروجين.

يتضح كذلك من الجدول أن الكحول الثانوي هو الكحول الذي ترتبط فيه مجموعة الهيدروكسيل بذرة كربون ثانوية.

ذرة الكربون الثانوية: هي ذرة الكربون المتصلة بمجموعة الهيدروكسيل (OH-) والتي تكون مرتبطة بمجموعتي ألكيل وذرة واحدة من الهيدروجين.

يتضح كذلك من الجدول أن الكحول الثالثي هو الكحول الذي ترتبط فيه مجموعة الهيدروكسيل بذرة كربون ثالثة.

ذرة الكربون الثالثة: هي ذرة الكربون المتصلة بمجموعة الهيدروكسيل (-OH) والتي تكون مرتبطة بثلاث مجموعات من الألكيل.

صنف الكحولات الآتية إلى أولية، وثانوية، وثالثة:

| | | |
|--|---|--|
| $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{HO} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array}$ |
| $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ | $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array}$ |

اكتب أمثلة أخرى لكل من الكحول الأولي والثانوي والثالثي.

٢ - تصنيف الكحولات من حيث عدد مجموعات الهيدروكسيل:

يمكن تصنيف الكحولات إلى أصناف عديدة وفقاً لعدد ذرات الهيدروكسيل

الموجودة في المركب، انظر الجدول (٣).

جدول (٣) تصنيف الكحولات وفقاً لعدد مجموعات الهيدروكسيل

| عديد الهيدروكسيل | ثلاثي الهيدروكسيل | ثنائي الهيدروكسيل | أحادي الهيدروكسيل | النوع وجه المقارنة |
|--|--|--|--|-------------------------|
| $\begin{array}{c} \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \\ \quad \quad \quad \\ \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_2 \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \\ \quad \quad \\ \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{OH} \quad \text{OH} \\ \quad \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 \end{array}$ | مثال |
| أكثر من ثلاث | 3 | 2 | 1 | عدد مجموعات الهيدروكسيل |

استنبط تعريفاً لكل من الكحول الأحادي، والثنائي، والثلاثي، وعديد

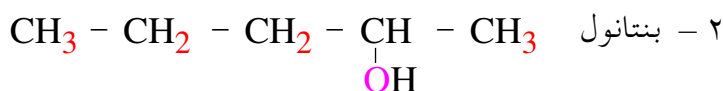
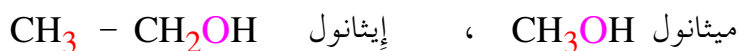
الهيدروكسيل من خلال الجدول (٣).

قواعد تسمية الكحولات :

تسمى الكحولات بطريقتين، هما :

١- التسمية المنهجية : (IUPAC).

يتم تسمية الكحول وفقاً للتسمية المنهجية وذلك باشتقاق اسم الكحول من اسم الألكان المناظر مع إضافة المقطع (ول)، مع مراعاة ترقيم السلسلة الكربونية، بحيث تأخذ ذرة الكربون الحاملة لمجموعة الهيدروكسيل أصغر الأرقام، مثل :

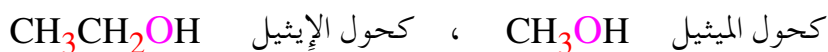


٢- التسمية الشائعة: وهي التسمية التي تشتهر بها بعض المركبات العضوية.

وتتم تسمية الكحولات وفقاً للتسمية الشائعة باتباع الآلية الآتية :

يتم تسمية الكحول تبعاً لمجموعة الألكيل الموجودة في الجزيء وذلك بإضافة

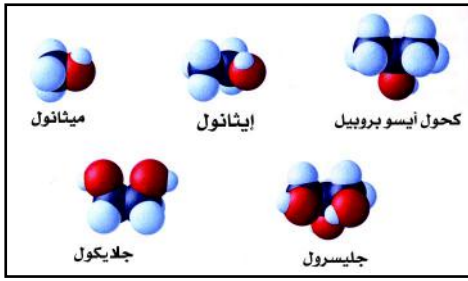
كلمة كحول إلى اسم مجموعة الألكيل، مثل :



والجدول (٤) يوضح أمثلة لتسمية بعض الكحولات وفقاً لهاتين الطريقتين.

جدول (٤) تسمية بعض الكحولات

| الاسم | | الكحول المقابل | الاسم | الألكان |
|-----------------|--------------------------|--|--------|-------------------------------------|
| الشائع | المنهجي IUPAC | | | |
| كحول الميثيل | ميثانول | $\text{CH}_3 - \text{OH}$ | ميثان | CH_4 |
| كحول الإيثيل | إيثانول | $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH}$ | إيثان | $\text{CH}_3 - \text{CH}_3$ |
| كحول الجلايكول | ١، ٢ - إيثان دايلول | $\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$ | | |
| كحول أيسوبروبيل | ٢ - بروبانول | $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{OH} \end{array}$ | بروبان | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ |
| كحول الجليسرول | ١، ٢، ٣ - بروبان ترايلول | $\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$ | | |



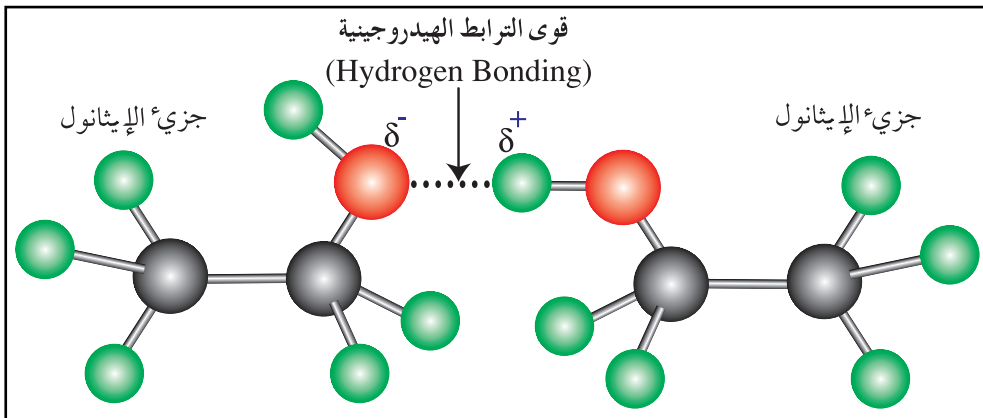
خواص الكحولات :

توصلت من خلال الأنشطة السابقة إلى أن الكحولات هي مركبات تحتوي على مجموعة هيدروكسيل ($-OH$)، (أو أكثر)، كمجموعة وظيفية متصلة بالكربون، بينما بقية الجزء له نفس تركيب الهيدروكربون. وبذلك يمكن القول بأن خصائص الكحولات لها علاقة مباشرة بمجموعتها الوظيفية ($-OH$).

الخواص الفيزيائية للكحولات:

تتميز الكحولات بمجموعة من الخواص الفيزيائية، منها:

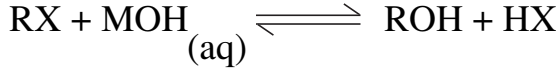
- ١- هي مواد متعادلة وعديمة اللون، والأفراد الأولى منها عبارة عن سوائل خفيفة تمتزج بالماء بشكل جيد، أما الأفراد المتوسطة فهي عبارة عن سوائل زيتية القوام، بينما الأفراد العالية عبارة عن مواد جامدة ذات قوام شمعي.
- ٢- درجة انصهارها وجليانها أعلى من درجة انصهار وجليان الألكانات المناظرة.
- ٣- جميع الكحولات تذوب في الماء، ودرجة جليانها مرتفعة، ويرجع ذلك إلى وجود مجموعة الهيدروكسيل ($-OH$) التي تتميز بأنها قطبية، حيث يمكنها تكوين روابط هيدروجينية بين جزيئات الكحول وبعض جزيئات الكحول والماء. وتزداد قابلية ذوبان الكحول في الماء بزيادة عدد مجموعات الهيدروكسيل في المركب وتقل بزيادة الكتلة الجزيئية، والشكل (٤) يوضح تكوين الروابط الهيدروجينية.



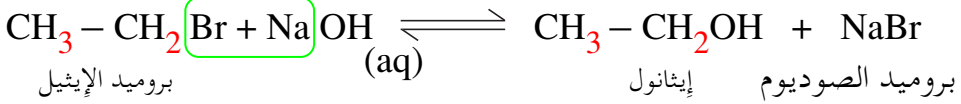
شكل (٤) يوضح قوى الترابط الهيدروجينية بين جزيئي الإيثانول

طرق تحضير الكحولات :

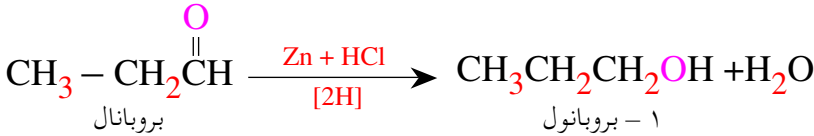
تحضر الكحولات بشكل عام عن طريق التحلل المائي في وسط قاعدي لهاليدات الألكيل وفقاً للمعادلة العامة الآتية :



● مثال :



وهناك طريقة أخرى لتحضير الكحولات، وذلك باختزال مجموعة الكربونيل بواسطة هيدروجين نشط حديث التولد، كما في المعادلة الآتية :



أهمية الكحولات :

تستخدم الكحولات في عصرنا الحالي كوقود بديل للسيارات، وفي بعض الأحيان يتم خلط الإيثانول مع الجازولين (وقود المحركات)، وذلك للحصول على وقود لا يخلف عوادم خطيرة على البيئة، وتتم عملية الخلط بنسبة (١ إيثانول : ٩ جازولين)، كما يستخدم الإيثانول النقي كوقود لبعض المحركات إلا أن له عيوباً تتمثل في أنه يعطي طاقة مقدارها ٦٠٪ مقارنة بالجازولين.



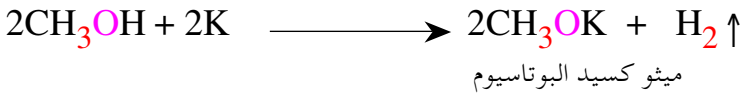
شكل (٥) بعض أدوات التجميل ومرطبات الجلد التي يدخل الجليسرول في صنعها

وهناك نوع هام من الكحولات، وهو الجليسرول والذي يحتوي على ثلاث مجموعات هيدروكسيل (OH-)، حيث يستخدم كمادة أساسية في صناعة الدهانات التي تعمل على ترطيب الجلد.

أهم تفاعلات الكحولات :

(١) تفاعلها مع الفلزات النشطة :

عند تفاعل الفلزات النشطة مثل الصوديوم والبوتاسيوم مع الكحول يحدث إحلال لذرة الفلز محل هيدروجين مجموعة الهيدروكسيل، ويتكون كوكسيد الفلز ويتصاعد الهيدروجين، كما في المعادلتين الآتيتين :

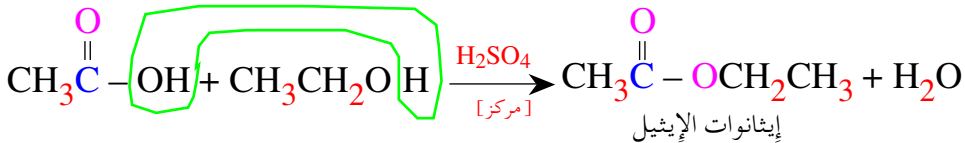


نشاط (١٦)

نفذ هذا النشاط والخاص بتحضير الإستر من تفاعل الميثانول مع حمض الإيثانويك (الأسيتيك)، والموجود في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

(٢) تفاعلها مع الحموض العضوية :

تتفاعل الكحولات مع الحموض الكربوكسيلية لتكوين الإستر والماء، وتعرف هذه العملية بالإسترة، والموضحة في المثال الآتي :



ملاحظة هامة: تفاعل الحموض الكربوكسيلية مع الكحولات تفاعل عكسي؛ ولذلك يجب إضافة حمض الكبريتيك المركز ليقوم بنزع الماء الناتج من التفاعل، ليجعل التفاعل يسير في اتجاه تكوين الإستر.

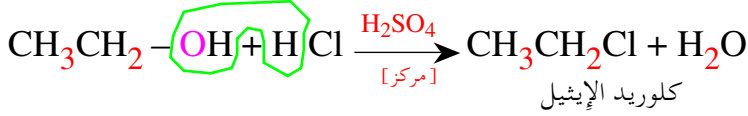


نشاط (١٧)

نفذ هذا النشاط والخاص بتفاعل الميثانول مع فلز الصوديوم والموجود في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

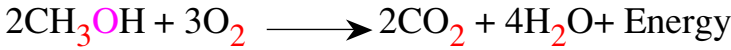
٣) تفاعلها مع هاليدات الهيدروجين :

تتفاعل الكحولات مع هاليدات الهيدروجين الجافة، أو بتسخينها مع محلول مائي من هاليد الهيدروجين، فيحدث كسر لرابطة مجموعة الهيدروكسيل وتحل محلها ذرة الهالوجين، ويتكون هاليد الألكيل، كما في المعادلة الآتية :



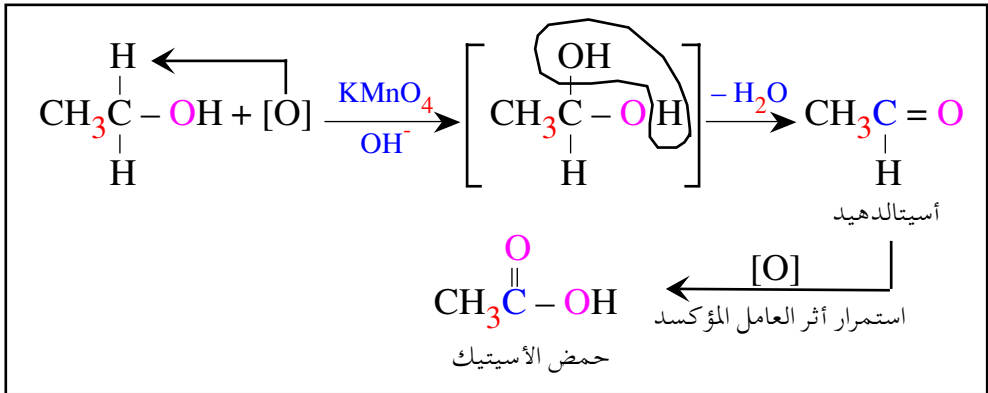
٤) أكسدة الكحولات :

تحترق الكحولات الصغيرة في الهواء مكونة ماء وثاني أكسيد الكربون، كما في المعادلة الآتية :

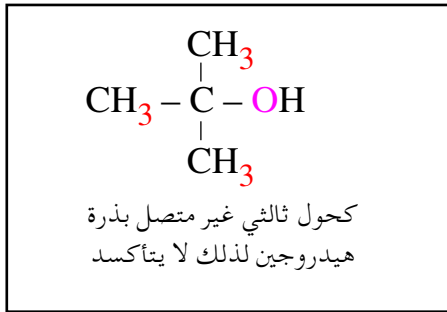
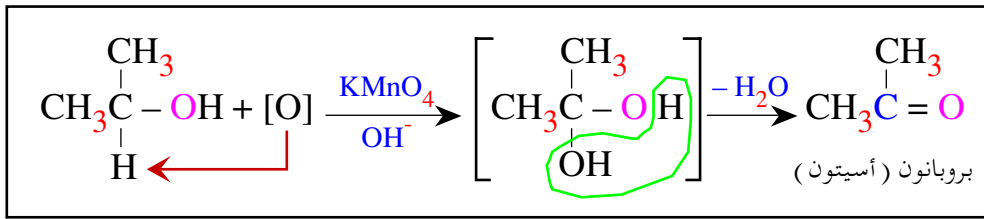


كما تتأكسد الكحولات بسرعة عند تفاعلها مع العوامل المؤكسدة، مثل: حمض النيتريك، وبرمنجنات البوتاسيوم القلوية، وثاني كرومات البوتاسيوم الحمضية، كما في المعادلتين الآتيتين :

أ) أكسدة الكحولات الأولية: تتأكسد الكحولات الأولية عند تفاعلها مع العوامل المؤكسدة القوية؛ لتعطي الأدهيد المناظر، وباستمرار أثر العامل المؤكسد، يتحول الأدهيد إلى الحمض المناظر، كما في المعادلة الآتية :



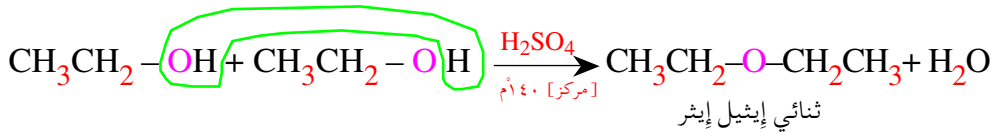
ب) أكسدة الكحولات الثانوية: تتأكسد الكحولات الثانوية عند تفاعلها مع العوامل المؤكسدة القوية؛ لتعطي الكيتون المناظر، كما في المعادلة الآتية :



(ج) لا تتأكسد الكحولات الثالثية: وذلك لأن ذرة الكربون المتصلة بمجموعة الهيدروكسيل لا تتصل بذرة هيدروجين.

٥) نزع الماء من الكحولات:

يمكن نزع الماء من جزيئين من الكحول بواسطة حمض الكبريتيك المركز عند ١٤٠م°، وينتج الإيثر كما في المعادلة الآتية:



الفينولات Phenols :

انظر إلى الجدول (٥) والذي يحتوي على بعض الأمثلة للكحولات والفينولات.

- من خلال الجدول، كيف تميز بين ماهو كحول وفينول؟
- ما الفرق بين الفينولات والكحولات، وما أوجه الشبه بينهما؟
- استنتج تعريفاً للفينولات بناءً على ما سبق.

جدول (٥) بعض الكحولات والفينولات

| نوعه | | أمثلة لبعض الكحولات والفينولات |
|---------|--------|--|
| فينولات | كحولات | |
| | ✓ | $\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ |
| | ✓ | $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{C} - \text{CH}_3 \end{array}$ |
| ✓ | | $\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ \text{Cl} \end{array}$ |
| | ✓ | $\text{C}_6\text{H}_5 - \begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \end{array}$ |
| | ✓ | $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$ |
| ✓ | | $\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_3 \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$ |
| | ✓ | $\begin{array}{c} \text{OH} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{C} - \text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{OH} \end{array}$ |
| ✓ | | $\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$ |
| ✓ | | $\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ |

بعض خواص الفينولات :

إن وجود مجموعة الهيدروكسيل في جزيئات الفينولات يعني أنها كالكحولات لها قدرة على تكوين روابط هيدروجينية بين جزيئات مركب الفينول؛ ولهذا فإن درجة غليانها أعلى من الهيدروكربونات المناظرة .
وبما أن للفينولات قدرة على تكوين روابط هيدروجينية قوية مع جزيئات الماء، فإنها تذوب في الماء بدرجة متوسطة .

أهمية الفينولات :

للفينولات أهمية كبرى في الصناعات الكيميائية؛ حيث إنها تعتبر مادة خام لعدد واسع من المنتجات المستخدمة في حياتنا اليومية، حيث إنها تدخل في صناعة العقاقير الطبية كالأسبرين، كما أنها تعد اللبنة الأساسية في صناعة المواد البلاستيكية وغير ذلك؛ ولهذا فإن الانتاج العالمي من الفينول يصل إلى أكثر من ٣ مليون طن سنوياً.

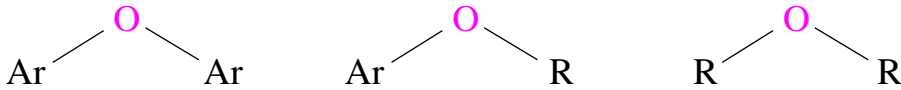
تفاعلات الفينولات :

بما أن الفينولات عبارة عن حلقة بنزين تتصل فيها مجموعة واحدة أو أكثر من الهيدروكسيل مباشرة بذرات الكربون المكونة لحلقة البنزين، لذلك فإن خواصها الكيميائية تكون مشابهة إلى حدٍ ما بخواص الكحولات، إلا أنه لن يتم التطرق لهذه التفاعلات، حيث إنها ستدرس في مراحل متقدمة.



ثانياً : الإيثرات : Ethers

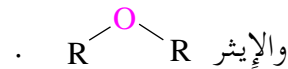
الإيثرات هي مركبات تحتوي جزيئاتها على مجموعتي ألكيل، أو أريل مرتبطين بذرة أكسجين، كما هو موضح في الصيغ العامة الآتية:



عرفت سابقاً أن الكحولات يمكن اعتبارها من مشتقات الماء، حيث يتم استبدال

ذرة هيدروجين بمجموعة ألكيل أو أريل.

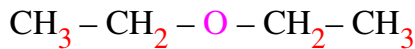
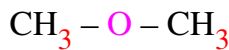
– قارن بين الصيغ العامة لكل من الماء $\text{H}-\text{O}-\text{H}$ والكحول $\text{R}-\text{O}-\text{H}$ ،



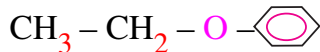
– ماذا تستنتج؟

– هل يمكن اعتبار الإيثر من مشتقات الماء؟ ولماذا؟

ويمكن تصنيفها إلى إيثرات بسيطة، والتي تكون فيها مجموعتا الألكيل متشابهة،
ومن أمثلتها:



وإيثرات معقدة تكون فيها مجموعتي الألكيل مختلفة، ومن أمثلتها:



قواعد تسمية الإيثرات :

للتعرف على طرق تسمية الإيثرات، انظر الجدول (٦) والذي يحتوي على أمثلة لبعض الإيثرات وأسمائها، وفقاً للطريقتين المنهجية والشائعة.

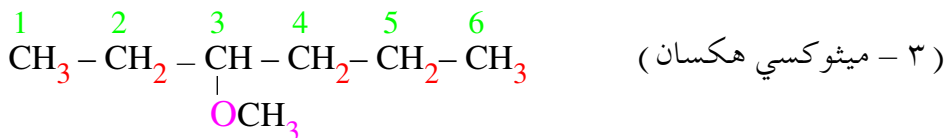
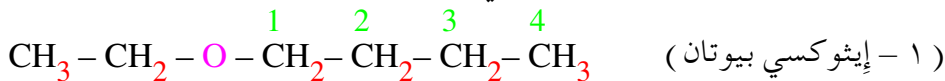
جدول (٦) بعض مركبات الإيثرات وأسمائها المنهجية والشائعة

| التسمية الشائعة | تسمية أيوباك IUPAC | المجموعات المتصلة بالأكسجين | الإيثر |
|------------------|-----------------------|---|--|
| ثنائي ميثيل إيثر | ميثوكسي ميثان | CH_3 و $-\text{CH}_3$ ميثيل ميثيل | $\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$ |
| إيثيل ميثيل إيثر | ميثوكسي إيثان | CH_3CH_2- و $-\text{CH}_3$ إيثيل ميثيل | $\text{CH}_3\text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_3$ |
| إيثيل فينيل إيثر | إيثوكسي بنزين | CH_3CH_2- و $-\text{C}_6\text{H}_5$ إيثيل بنزيل | $\text{CH}_3\text{CH}_2 - \text{O} - \text{C}_6\text{H}_5$ |
| ميثيل فينيل إيثر | ميثوكسي بنزين | $-\text{C}_6\text{H}_5$ و $-\text{CH}_3$ بنزيل ميثيل | $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{O} - \text{CH}_3$ |

يتضح من الجدول السابق أن الإيثر يمكن تسميته بطريقتين، هما:

١- التسمية الشائعة: وفيها يسمى الإيثر باسم مجموعتي الألكيل متبوعاً بالكلمة (إيثر)، مثل إيثيل ميثيل إيثر.

٢- التسمية المنهجية (IUPAC): وفيها يسمى الإيثر وفقاً لأطول سلسلة هيدروكربونية وتستخدم الأرقام لتحديد موقعها، وترقم السلسلة الطويلة بحيث تأخذ المجموعة البديلة المرتبطة بالأكسجين أصغر الأرقام، وتسمى السلسلة القصيرة المرتبطة بالأكسجين كمجموعة بديلة هي الكوكسيد، أو فينو كسيد، مثل:

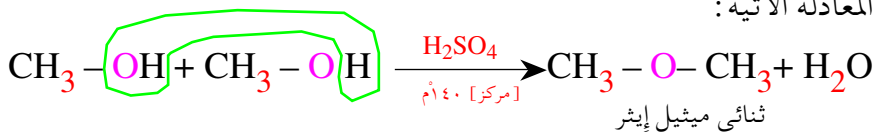


تحضير الإيثرات : Preparation of Ethers

تحضر الإيثرات بعدة طرق من أهمها ما يأتي :

انتزاع الماء من الكحولات :

عرفت سابقاً من تفاعلات الكحولات أنه يمكن نزع الماء من جزيئين من الكحول في وجود حمض قوي يزيل الماء وعند درجة حرارة عالية تصل إلى ١٤٠ م، كما في المعادلة الآتية :



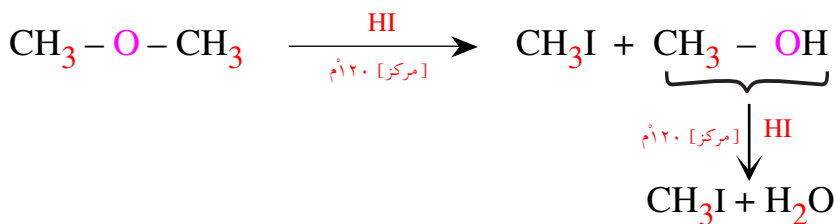
الخواص الفيزيائية للإيثرات : Physical Properties of Ethers

أغلب الإيثرات عبارة عن سوائل عند درجة حرارة الغرفة ما عدا ثنائي ميثيل إيثر، وميثيل إيثر ميثيل إيثر فهما غازان ولهما روائح مميزة.

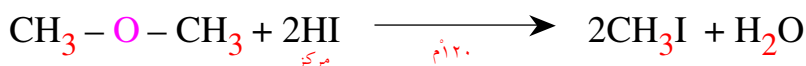
الخواص الكيميائية للإيثرات : Chemical Properties of Ethers

نظراً لأن المجموعة الوظيفية للإيثرات (- O -) تختلف عن المجموعة الوظيفية للكحولات (- O - H)، فإن طبيعة تلك المجموعة الوظيفية قد جعلت الإيثرات أقل نشاطاً من الكحولات، وبذلك فإن الإيثرات لا تخضع للتفاعل إلا عند ظروف صعبة، ومن أمثلة التفاعلات الخاصة بالإيثرات ما يأتي :

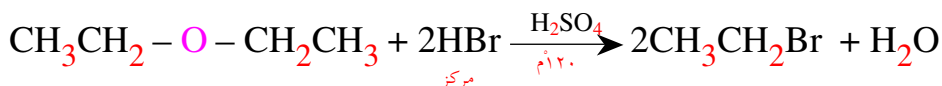
مثال ١ :



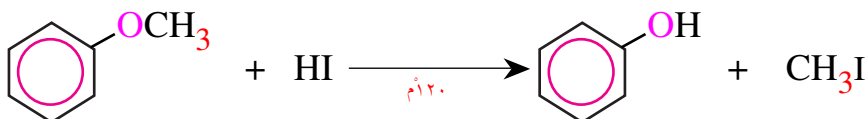
يلاحظ أن التفاعل السابق حدث في خطوتين، حيث تم في الخطوة الأولى تكون يوديد الميثيل وكحول الميثيل، وفي الخطوة الثانية تفاعل جزيء الكحول المتكون مع جزيء آخر من يوديد الهيدروجين ونتج عن ذلك تكون يوديد الميثيل؛ لذلك يمكن كتابة هذا التفاعل في خطوة عامة، على النحو الآتي:



مثال ٢ :



– التفاعل السابق يتم على خطوتين، وضح ذلك بالمعادلات مستعيناً بالمثل (١).
إذا احتوى الإيثر على مجموعة فينيل فإن تفاعله مع هاليد الهيدروجين يكون على النحو الآتي:



لا يتفاعل الفينول الناتج مع يوديد الهيدروجين؛ ولذلك لا يشترط وجود وفرة من يوديد الهيدروجين.

ثالثاً : الألدهيدات والكي-tonات : Aldehydes & Ketones

الألدهيدات والكي-tonات عائلتان من المركبات العضوية بينهما علاقة وطيدة؛ حيث إنهما ترتبطان بنفس المجموعة الوظيفية، وهي مجموعة الكربونيل ($\text{C}=\text{O}$).

تفحص الجدول (٧)، وحاول جدول (٧) أمثلة لبعض الألدهيدات والكي-tonات

| نوعه | المركب |
|--------|---|
| كي-ton | $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$ |
| ..... | $\text{C}_6\text{H}_5-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ |
| ..... | $\text{C}_6\text{H}_5-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2\text{CH}_3$ |
| ..... | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ |
| ..... | $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\underset{\text{H}}{\text{C}}-\text{CH}_3$ |
| ألدهيد | $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ |

اكتشاف الفرق بين الألدهيات والكي-tonات،

ثم استنتج تعريفاً لكلٍ منهما.

- اكمل الجدول موضحاً نوع المركب

(ألدهيد أو كي-ton).

تعريف الألدهيدات :

هي مركبات عضوية تتصل فيها

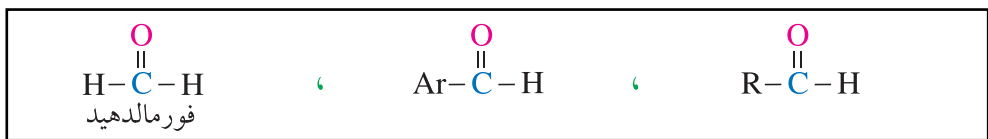
مجموعة الكربونيل $\text{C}=\text{O}$ بذرة

هيدروجين مكونة ما يسمى بمجموعة

الألدهيد أو الفورميل $\text{C}=\text{O}-\text{H}$ والتي

ترتبط بمجموعة ألكيل أو أريل.

ويشذ عن ذلك مركب الفورمالدهيد والذي تتصل فيه مجموعة الألدهيد بذرة هيدروجين، كما هو موضح في الصيغ العامة الآتية:



تعريف الكي-tonات :

هي مركبات عضوية تتصل فيها مجموعة الكربونيل بمجموعتين من الألكيل

أو الأريل المتشابهة أو المختلفة، حسب الصيغ العامة الآتية:



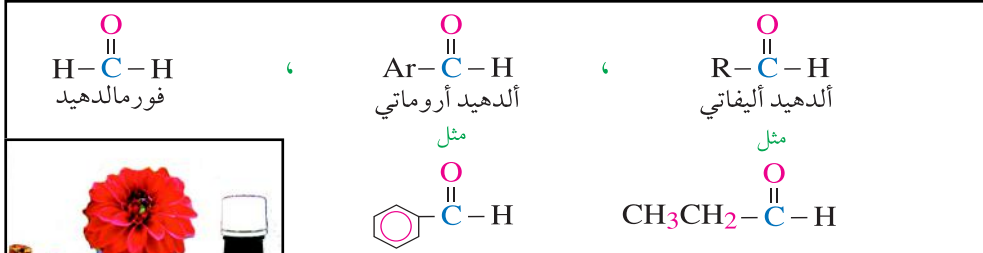
تصنيف الألدهيدات والكي-tonات :

مما سبق يتضح أن هناك أنواعاً مختلفة من الألدهيدات والكي-tonات، ويمكن تصنيفها على النحو الآتي :

تصنيف الألدهيدات : تصنف الألدهيدات إلى صنفين رئيسيين، هما :

(أ) أليفاتية . (ب) أروماتية .

ويمكن تمثيل هذين النوعين من خلال الصيغ العامة الآتية :



شكل (٦) مواد يدخل في تركيبها الألدهيدات والكي-tonات

- اضرب أمثلة أخرى للألدهيدات الأليفاتية والأروماتية .

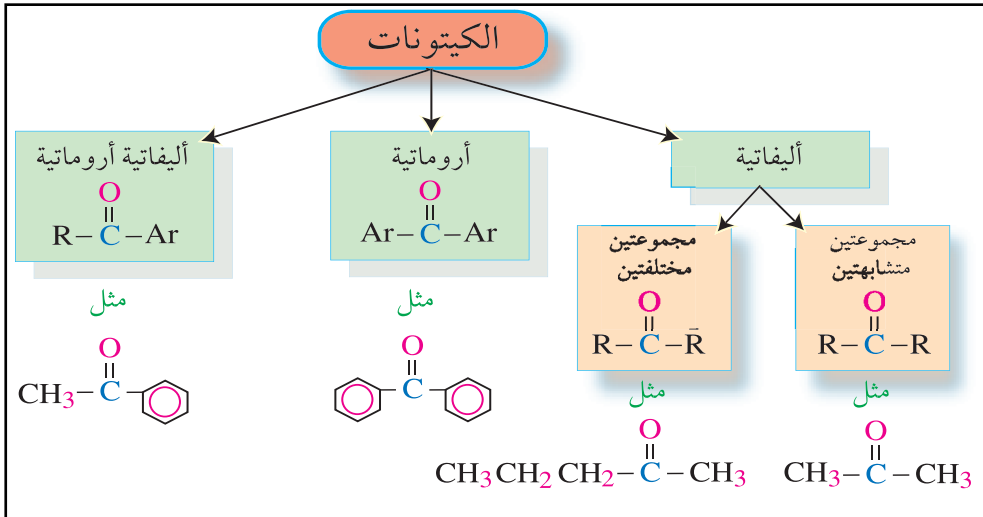
- لأي صنف ينتمي مركب الفورمالدهيد؟

تصنيف الكي-tonات :

تصنف الكي-tonات إلى ثلاثة أصناف رئيسية، هي :

(أ) أليفاتية . (ب) أروماتية . (ج) أليفاتية أروماتية .

ويمكن تمثل هذه الأصناف كما هو موضح في الشكل (٧) .



شكل (٧) تصنيف الكي-tonات

قواعد تسمية الألدهيدات والكيتونات :

للتعرف على طرق تسمية الألدهيدات والكيتونات، انظر الجدول (٨) والذي يحتوي على أمثلة لبعضها وأسمائها المنهجية والشائعة .

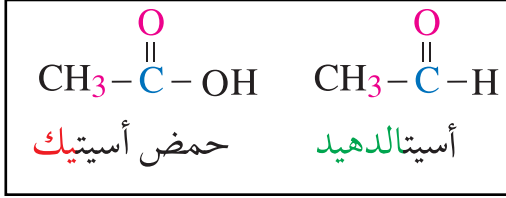
جدول (٨) بعض مركبات الألدهيدات والكيتونات وأسمائها المنهجية والشائعة

| الاسم الشائع | الاسم المنهجي | النوع | الصيغة |
|-------------------------------------|------------------------------|--------|--|
| فورمالدهيد | ميثانال | ألدهيد | $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ |
| أسيتالدهيد | إيثانال | ألدهيد | $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ |
| بروبيونالدهيد | بروبانال | ألدهيد | $\text{CH}_3\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ |
| بيوتانالدهيد | ٣- ميثيل - بيوتانال | ألدهيد | $\text{CH}_3\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ |
| بنزالدهيد | ١- فينيل ميثانال | ألدهيد | $\text{C}_6\text{H}_5-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ |
| ثنائي ميثيل كيتون أسيتون | بروبانون | كيتون | $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$ |
| إيثيل ميثيل كيتون | ٢- بيوتانون | كيتون | $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2\text{CH}_3$ |
| ثنائي إيثيل كيتون | ٣- بنتانون | كيتون | $\text{CH}_3\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2\text{CH}_3$ |
| - | ١- فينيل - ١- بيوتانون | كيتون | $\text{C}_6\text{H}_5-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ |
| ميثيل فينيل كيتون (أسيتوفينون) | ١- فينيل - ١- إيثانون | كيتون | $\text{C}_6\text{H}_5-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$ |
| ثنائي فينيل كيتون | ١، ١- ثنائي فينيل ميثانون | كيتون | $\text{C}_6\text{H}_5-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_6\text{H}_5$ |

تسمية الألدهيدات :

يتضح من الجدول (٨) أن الألدهيد يمكن تسميته بطريقتين، هما :

١- التسمية الشائعة: يتم اشتقاق أسماء الألدهيدات الشائعة من أسماء الحموض

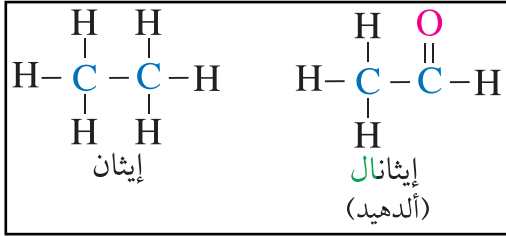


الكربوكسيلية المناظرة، وذلك باستبدال المقطع الأخير من اسم الحمض وهو (يك) بالمقطع (ألدهيد)، كما في المثال المقابل.

لاحظ المثال أعلاه تجد أن الألدهيد المناظر لحمض الأسيتيك يسمى أسيتالدهيد،

حيث استبدل المقطع (يك) من اسم الحمض بالمقطع (ألدهيد).

٢- التسمية المنهجية: يتم اشتقاق أسماء الألدهيدات من أسماء المركبات



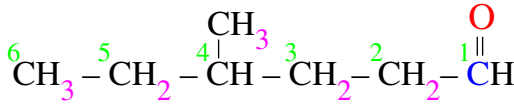
الهيدروكربونية التي تحتوي على العدد نفسه من ذرات الكربون، وذلك بإضافة المقطع (آل) إلى الاسم، كما في المثال المقابل:

وفي الألدهيدات التي تحمل سلسلة طويلة من ذرات الكربون لابد من استخدام

الأرقام، وذلك بإعطاء مجموعة الألدهيد الرقم (١) بصفة دائمة، ثم ترقيم بقية

السلسلة، ويشار إلى أي مجموعة فرعية بأسمها مسبقاً برقم يدل على موقعها في

السلسلة، كما في المثال الآتي:



(٤- ميثيل هكسانال)

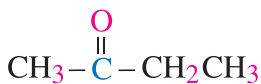
تسمية الكيتونات :

يتضح من الجدول (٨) أن الكيتونات يمكن تسميتها بطريقتين، هما :

١- التسمية الشائعة: يتم اشتقاق أسماء الكيتونات الشائعة من أسماء مجموعات

الألكيل المرتبطة بمجموعة الكربونيل $\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}$ ، ثم يضاف المقطع (كيتون) إلى

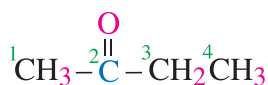
الاسم، كما في المثال الآتي:



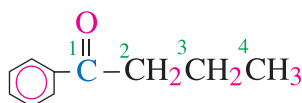
إيثيل ميثيل كيتون

لاحظ المثال المقابل تجد أن الكيتون المناظر يسمى باسم مجموعة الإيثيل والميثيل المرتبطة بمجموعة الكربونيل، وإضافة المقطع (كيتون) إلى الاسم .

٢- التسمية المنهجية: وفيها يتم اشتقاق أسماء الكيتونات من أسماء أطول سلسلة كربونية تشتمل على مجموعة الكربونيل، وترقم السلسلة بحيث تأخذ مجموعة الكربونيل أصغر رقم ممكن، ويضاف المقطع (ون) إلى اسم الألكان الذي يحتوي على العدد نفسه من ذرات الكربون الموجودة في الجزيء، كما في المثال الآتي:

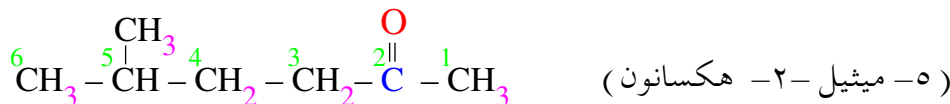


٢- بيوتانون



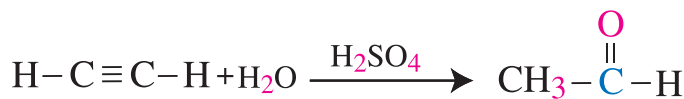
١- فينيل بيوتانون

وعندما يحتوي مركب الكيتون على مجموعات فرعية يشار إليها بأسمائها مسبقاً برقم يدل على موقعها في السلسلة، كما في المثال الآتي:

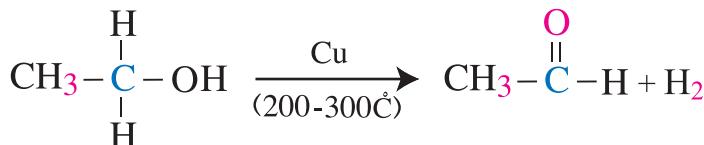


تحضير الألديدات :

١- من الأكسدة الحفزية للإستيلين :



٢- عن طريق إمرار الكحول على شبكة من النحاس الساخنة :



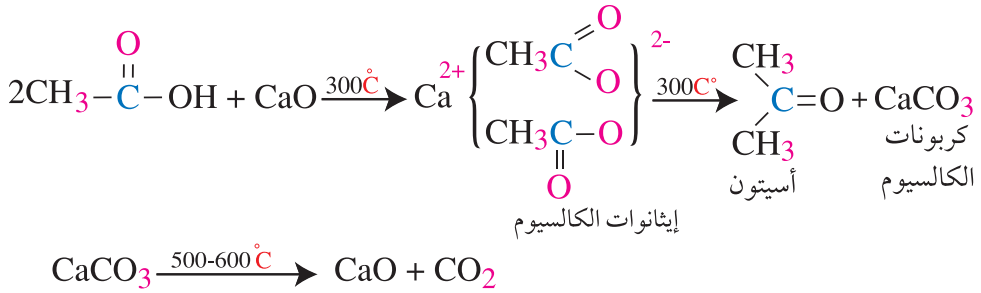
٣- هناك طريقة أخرى لتحضير الألديدات، سبق لك دراستها في تفاعل الكحولات، اذكر هذه الطريقة، واضرب مثلاً لها.

تحضير الكيتونات :

من الطرق المستخدمة لتحضير الكيتونات ما يأتي :

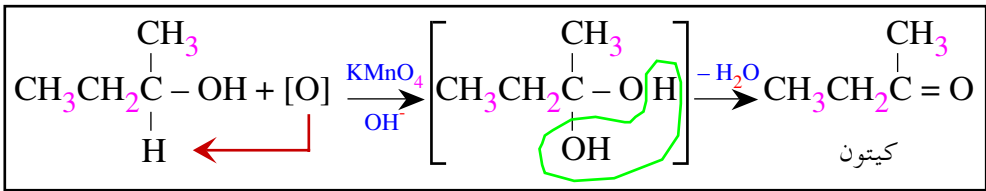
١ - بتسخين ألكانات الكالسيوم :

فمثلاً يمكن تحضير الأسيتون في الصناعة بإمرار بخار حامض الأسيتيك خلال أنبوبة مسخنة محشوة بأكسيد الكالسيوم فيكون ملح إيثانوات الكالسيوم التي تتفكك إلى كربونات الكالسيوم والأسيتون، كما أن كربونات الكالسيوم تتفكك بدورها إلى أكسيد كالسيوم وثاني أكسيد الكربون، وبذلك يتم الحصول على أكسيد الكالسيوم الذي يعود للتفاعل مع جزيئات جديدة من الحمض، كما في المعادلة الآتية :

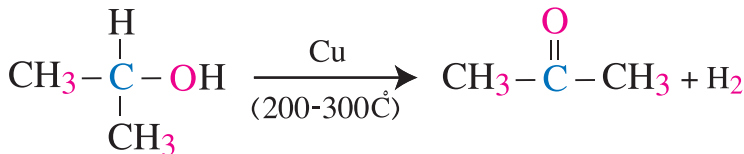


٢ - بأكسدة الكحولات الثانوية :

عرفت سابقاً أن تفاعلات الأكسدة للكحولات الثانوية ينتج عنها كيتون، والمثال الآتي يوضح طريقة تحضير الكيتونات من تفاعل كحول ثانوي مع عامل مؤكسد قوي .



٣ - تحضير الكيتونات عن طريق إمرار الكحول على شبكة من النحاس الساخنة :



- ما نوع الكحول المستخدم في الخطوتين (١ ، ٢)؟، وما نوع الناتج في كل منهما؟

الخواص الفيزيائية للألدهيدات والكي-tonات :

انظر الجدول (٩) وقارن بين الألدهيدات والكي-tonات من حيث درجات الانصهار والغليان والذوبانية في الماء.

جدول (٩) الخواص الفيزيائية لبعض الألدهيدات والكي-tonات

| الذوبان في الماء | درجة الغليان م° | درجة الانصهار م° | النوع | الصيغة |
|------------------|-----------------|------------------|--------|--|
| يذوب بدرجة عالية | 21- | 92- | ألدهيد | $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ |
| يذوب بدرجة عالية | 49 | 81- | ألدهيد | $\text{CH}_3\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ |
| يذوب | 76 | 99- | ألدهيد | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ |
| شحيح الذوبان | 102 | 91.5- | ألدهيد | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ |
| شحيح الذوبان | 131 | 51- | ألدهيد | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ |
| شحيح الذوبان | 178 | 26- | ألدهيد | $\text{C}_6\text{H}_5-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ |
| شحيح الذوبان | 193 | 33 | ألدهيد | $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ |
| يذوب بدرجة عالية | 56.5 | 95- | كي-ton | $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$ |
| يذوب بدرجة عالية | 79.6 | 86- | كي-ton | $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2\text{CH}_3$ |
| يذوب | 102 | 78- | كي-ton | $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ |
| يذوب | 102 | 39- | كي-ton | $\text{CH}_3\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2\text{CH}_3$ |
| لا يذوب | 202 | 21 | كي-ton | $\text{C}_6\text{H}_5-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$ |
| لا يذوب | 306 | 48 | كي-ton | $\text{C}_6\text{H}_5-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_6\text{H}_5$ |

تتميز الالدهيدات والكيثونات بأنها تملك درجات غليان عالية مقارنة بالهيدروكربونات المناظرة، إلا أنه وجد أن درجات غليان الالدهيدات والكيثونات أقل من درجات غليان الكحولات المناظرة.

ونظراً لوجود مجموعة الكربونيل $\text{C}=\text{O}$ فإن بعض الالدهيدات والكيثونات تتميز بقدرة عالية على الذوبان في الماء، مقارنة بالهيدروكربونات المناظرة، وهناك بعض الالدهيدات والكيثونات لا تذوب في الماء، والبعض الآخر شحيح الذوبان في الماء، وخاصة تلك التي تحتوي على حلقة بنزين أو أكثر.

الخواص الكيميائية للالدهيدات والكيثونات :

عرفت سابقاً أن المركبات العضوية تمتلك مجموعات وظيفية تكون مسئولة عن ظهور بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية لتلك المركبات.

– ما المجموعة الوظيفية للالدهيدات والكيثونات؟

تتميز مجموعة الكربونيل $\text{C}=\text{O}$ بأنها قطبية؛ ويعود ذلك إلى اختلاف السالبة الكهربائية بين ذرتي الكربون والأكسجين، مما يؤدي إلى جعل الرابطة بينهما قطبية، أما الرابطة بين مجموعة الألكيل أو أريل وذرة الكربون الحاملة للأكسجين فهي رابطة غير قطبية، وكذلك الحال فإن الرابطة بين ذرة الهيدروجين وذرة الكربون الحاملة للأكسجين غير قطبية. إن الخاصية القطبية للمجموعة الوظيفية لكل من الالدهيد، والكيثون $\text{C}=\text{O}$ ، تجعلها من أنشط المجموعات الوظيفية، ولذلك فإن للالدهيدات والكيثونات تفاعلات كثيرة ذات أهمية في مجال الصناعات المرتبطة بالمركبات العضوية، وخاصة تفاعلات الإضافة والأكسدة والاختزال.

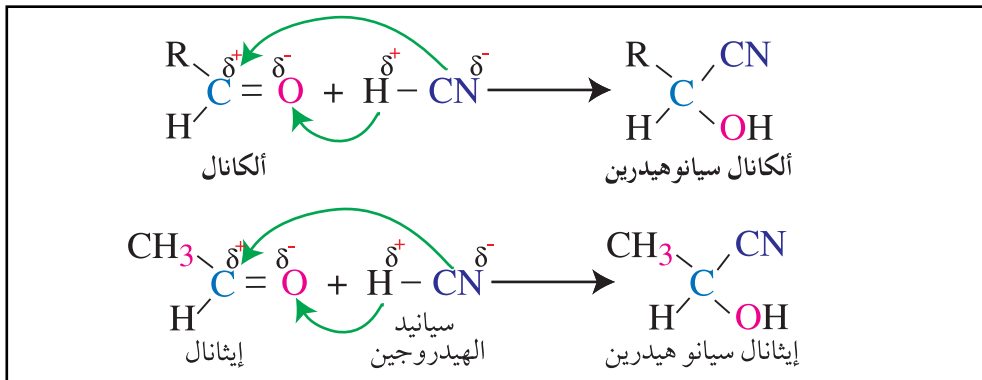
ومن أهم تفاعلات الالدهيدات والكيثونات ما يأتي :

أولاً: تفاعلات الإضافة :

تعتبر تفاعلات الإضافة النيوكليوفيلية من أهم خصائص الالدهيدات، والكيثونات نظراً لوجود الرابطة الثنائية القطبية بين الكربون والأكسجين في مجموعة الكربونيل $\text{C}=\text{O}$.

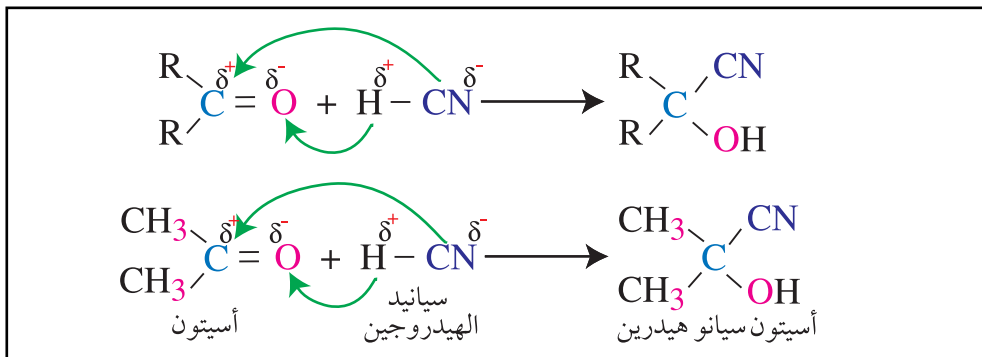
أ) تفاعلات الإضافة في الألدهيدات :

ونظراً لأن سالبية الأكسجين أعلى من سالبية الكربون، لذلك تتحول الرابطة بينهما إلى ما يشبه قطبي المغناطيس؛ فتضيف على ذرة الأكسجين شحنة سالبة جزئية يرمز لها بالرمز (δ^-)، كما تظهر على ذرة الكربون شحنة موجبة جزئية يرمز لها بالرمز (δ^+). ولتوضيح تفاعلات الإضافة، يمكن تتبع المثال الآتي والذي يوضح تفاعل الألدheid مع سيانيد الهيدروجين وتكوين مركب سيانوهدريد.



ب) تفاعلات الإضافة في الكيتونات :

تتفاعل الكيتونات مع سيانيد الهيدروجين على النحو الآتي :

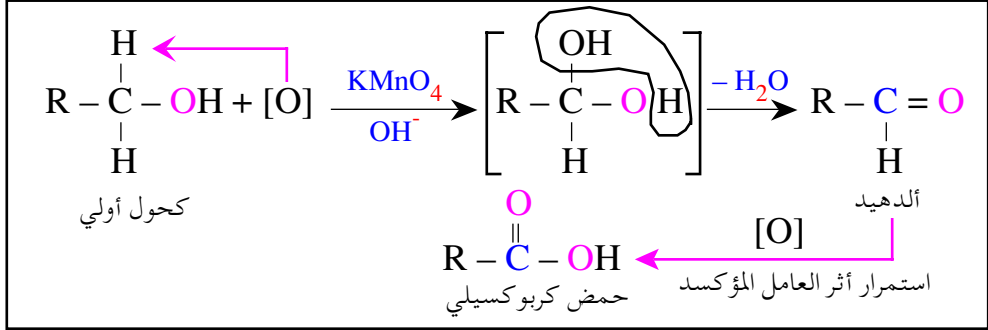


تفاعلات الأكسدة والاختزال للألدهيدات والكيتونات :

نظراً لوجود الرابطة المزدوجة، فإن الألدهيدات والكيتونات يمكن أكسدتها واختزالها، ويمكن توضيح ذلك على النحو الآتي :

أكسدة الألدهيدات :

تتأكسد الألدهيدات بسهولة إلى الحموض الكربوكسيلية المناظرة لها، ويكون التفاعل على الرابطة بين الكربون وذرة الهيدروجين الموجودة في مجموعة الكربونيل، ويمكن توضيح تفاعلات الأكسدة وفقاً للمعادلة العامة الآتية :



هذا النوع من التفاعل يحدث فقط للألدهيدات، وذلك لوجود ذرة الهيدروجين المرتبطة بذرة الكربون الحاملة للأكسجين؛ ولذلك يستخدم هذا التفاعل للتمييز بين الألدهيدات والكيتونات، وهناك كواشف متعددة تستخدم لهذا الغرض، منها:

- ١- برمنجنات البوتاسيوم التي تتميز بأنها تعطي لوناً بنفسجياً يختفي بمجرد تأكسد الألدheid إلى حمض كربوكسيلي.
- ٢- محلول فهلنج والذي يتميز بلونه الأزرق ويتكون هذا الكاشف من أيون النحاس (II) الذي يؤكسد الألدheid إلى الحمض الكربوكسيلي ويختزل هو إلى أيون النحاس (I) ويترسب على هيئة مسحوق أحمر يكون دليلاً على وجود الألدheid وتأكسده إلى الحمض المناظر.



نشاط (١٨)

نفذ هذا النشاط والخاص بالتمييز بين الألدهيدات والكيتونات والموجود في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

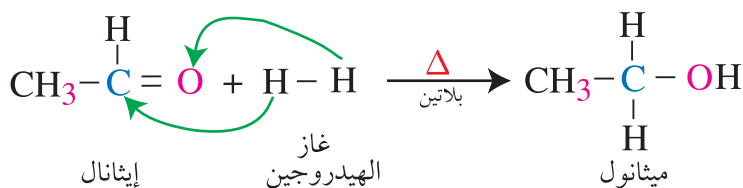
أكسدة الكيتونات :

الكيتونات مركبات يصعب تأكسدها باستخدام العوامل المؤكسدة المعتادة، إلا أنه عند استخدام العوامل المؤكسدة القوية مثل حمض النيتريك المركز (HNO_3) يتأكسد الكيتون مكوناً حموضاً كربوكسيلية، كما في المثال الآتي :



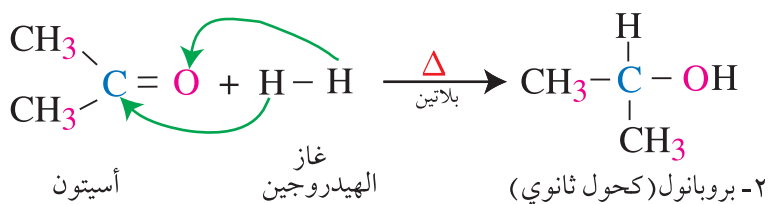
اختزال الألدهيدات:

يمكن اختزال الألدهيدات عن طريق إضافة الهيدروجين النشط حديث التولّد إلى مجموعة الكربونيل، ويتكون كحول أولي، كما في المثال الآتي:



اختزال الكيتونات:

يمكن اختزال الكيتونات عن طريق إضافة الهيدروجين النشط حديث التولّد إلى مجموعة الكربونيل، ويتكون كحول ثانوي، كما في المثال الآتي:



رابعا: الحموض الكربوكسيلية: Carboxylic Acids



تعد الحموض الكربوكسيلية من أكثر المواد العضوية حامضية، لكنها تعتبر حموضاً ضعيفة عند مقارنتها بالحموض غير العضوية مثل: HCl ، H₂SO₄ ، HNO₃ .

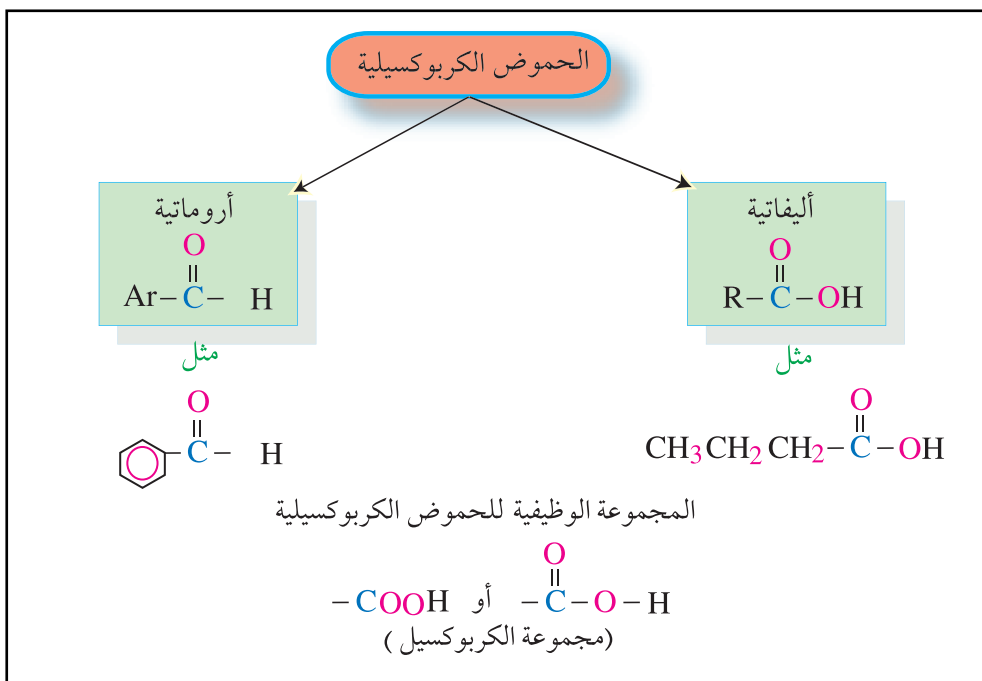
– تحتوي المواد الموضحة في الشكل (٨) على حموض كربوكسيلية هامة، ماهي؟

شكل (٨) مواد تحتوي على حموض كربوكسيلية

– ما الحموض الكربوكسيلية؟ وما المجموعة الوظيفية التي تميزها عن غيرها من المركبات العضوية الأخرى؟

للتعرف على الحموض العضوية، تأمل الصيغ العامة لهذه المركبات: المجموعة الوظيفية للحموض الكربوكسيلية تسمى مجموعة الكربوكسيل. وهذه المجموعة تتكون من مجموعتين وظيفيتين، حددهما. اسم المجموعة الوظيفية للحموض الكربوكسيلية (كربوكسيل)، تم اشتقاقه من اسم المجموعتين الوظيفيتين المكونتين لهما، (مجموعة الكربونيل $\text{C}=\text{O}$ ، والهيدروكسيل OH).

إذاً الحموض الكربوكسيلية هي مركبات كيميائية عضوية تحتوي على مجموعة الكربوكسيل. والشكل (٩) يوضح الصيغ العامة للحموض الكربوكسيلية وأمثلة عليها.



شكل (٩) صيغ عامة للحموض الكربوكسيلية ومجموعتها الوظيفية

قواعد تسمية الحموض الكربوكسيلية :

في الجدول (١٠) أهم الحموض الكربوكسيلية، وأسمائها، ومصادر اشتقاق أسمائها الشائعة :

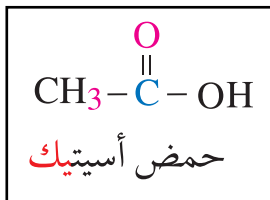
جدول (١٠) يوضح الأسماء المنهجية والشائعة لبعض الحموض الكربوكسيلية

| الصيغة | الاسم المنهجي | الاسم الشائع | مصدر الاسم الشائع |
|--|----------------------|-------------------|----------------------------------|
| $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$ | حامض ميثانويك | حامض فورميك | كلمة لاتينية تعني (النمل) |
| $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$ | حامض إيثانويك | حامض أستيك | كلمة لاتينية تعني (الخل) |
| $\text{CH}_3\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$ | حامض بروبانويك | حامض بروبيونيك | كلمة ألمانية تعني (الدهن) |
| $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$ | حامض بيوتانويك | حامض بيوتريك | كلمة لاتينية تعني (الزبدة) |
| $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$ | حامض بتانويك | حامض فاليريك | كلمة لاتينية تعني (قوي) |
| $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$ | حامض هكساديكانويك | حامض بالميتيك | كلمة إنجليزية تعني (النخيل) |

تسمية الحموض الكربوكسيلية :

يتضح من الجدول (١٠) أن الحموض الكربوكسيلية يمكن تسميتها بطريقتين، هما :

١- التسمية الشائعة : يتم اشتقاق أسمائها من الاسم اللاتيني والألماني



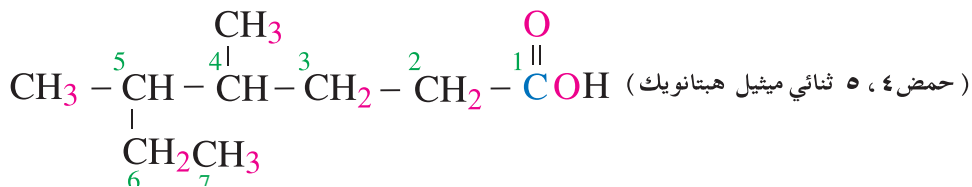
والإنجليزي والإغريقي للمصدر الذي حُضِرَتْ منه، كما في المثال المقابل، والذي يوضح التسمية الشائعة لحمض الأستيك أو الخليك، حيث إن كلمة أستيك تعني الخل.

٢- التسمية المنهجية: يتم اشتقاق اسم الحمض من الألكان المناظر والذي يحتوي على العدد نفسه من ذرات الكربون وإضافة المقطع (ويك) إلى نهاية اسم الألكان، كما في المثال الآتي:



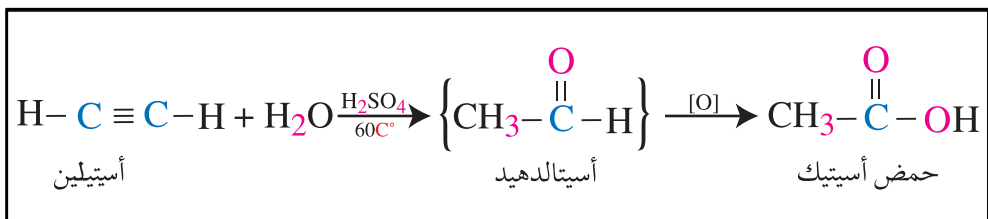
وعند وجود سلسلة طويلة من ذرات الكربون ومجموعات فرعية متصلة بها يتم استخدام الترقيم للسلسلة، بحيث تراعى القواعد الآتية:

- أ- يتم اختيار أطول سلسلة كربونية تحتوي على مجموعة الكربوكسيل الوظيفية.
 - ب- تعطى مجموعة الكربوكسيل الرقم (١) دائماً.
 - ج- يضاف المقطع (ويك) إلى اسم الألكان المناظر.
- ولتطبيق هذه القواعد نورد الأمثلة الآتية:

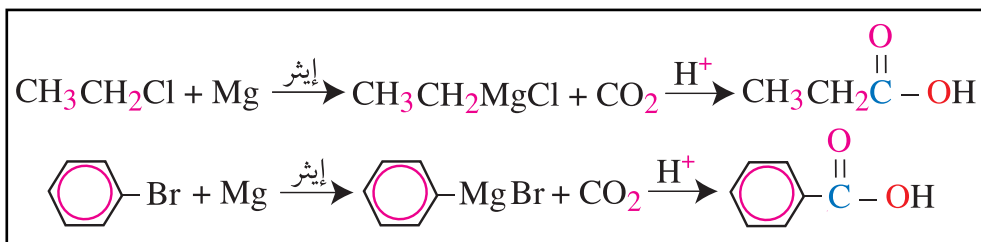


تحضير الحموض الكربوكسيلية الأليفاتية:

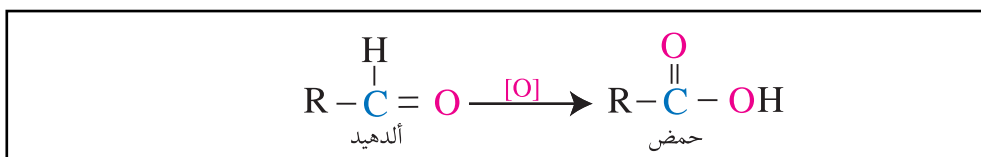
١- يتم تحضير الحموض الكربوكسيلية الأليفاتية في مجال الصناعة عن طريق تفاعل الهيدرة الحفزية للألكاين، فينتج الألكايد الذي يتأكسد بدوره إلى الحمض المناظر، كما في المثال الآتي:



٢- تحضير الحموض الكربوكسيلية باستخدام طريقة (جرينارد)، وفقاً للمعادلتين الآتيتين:



٣- تحضير الحموض الكربوكسيلية عن طريق أكسدة الألدهيدات: وفيها يتم أكسدة الألدهيدات المناظرة باستخدام عوامل مؤكسدة قوية، وفقاً للمعادلة العامة الآتية:

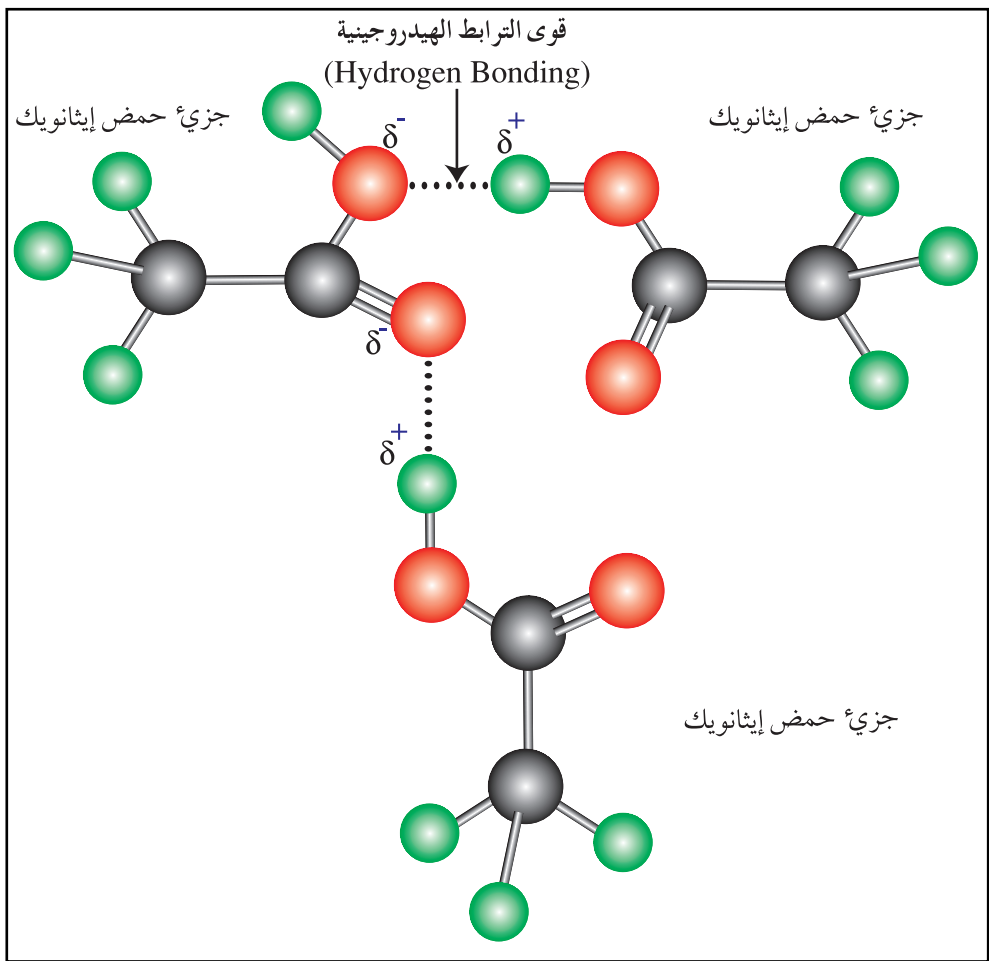


- اكتب أمثلة لتحضير حمض كربوكسيلي عن طريق أكسدة الألدهيدات.

الخواص الفيزيائية للحموض الكربوكسيلية :

تذوب الحموض الثلاثة الأولى في الماء بدرجة عالية جداً، إلا أن الحموض الكربوكسيلية الأليفاتية التي تملك أربع ذرات كربون أو أكثر تصبح أقل قدرة على الذوبان في الماء. أما بالنسبة للحموض الكربوكسيلية الأروماتية فهي تسلك نفس السلوك تقريباً. وهناك ميزة خاصة لجميع الحموض الكربوكسيلية تتمثل في قدرتها على الذوبان في محلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم، وتحولها إلى أملاح، وتفسر ذائبية الحموض في الماء بقدرتها على تكوين روابط هيدروجينية، كما هو الحال في الكحولات، انظر الشكل (١٠).

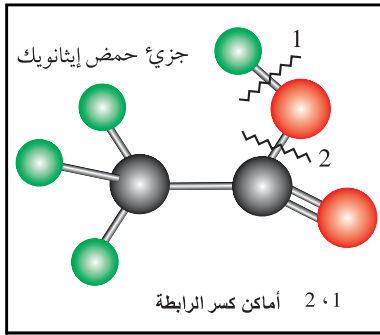
أما بالنسبة لدرجات الغليان فإنها تزداد بزيادة عدد ذرات الكربون في السلسلة، وبصورة عامة فإن درجات الغليان للحموض الكربوكسيلية تكون أعلى بكثير من درجات غليان الكحولات المناظرة لها. ويفسر ارتفاع درجة غليان الحموض بقدرتها على تكوين الرابطة الهيدروجينية.



شكل (١٠) تكوين الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الحمض الكربوكسيلي

من خلال الشكل (١٠) .

- ماذا تتوقع أن يحدث عندما يكون جزيء الحمض مكوناً من سلسلة طويلة من ذرات الكربون؟
- لماذا تزيد درجة الغليان بزيادة الكتلة الجزيئية؟
- غالبية الحموض الكربوكسيلية تذوب في الماء. لماذا؟
- تقل القابلية للذوبان بزيادة الكتلة الجزيئية للحمض. لماذا؟



الخواص الكيميائية للحموض الكربوكسيلية :

تتميز الحموض الكربوكسيلية بقدرتها على التفاعل مع كثير من المواد العضوية وغير العضوية، وذلك بسبب وجود مجموعة الهيدروكسيل المتصلة بمجموعة الكربوكسيل، حيث تتميز المجموعة الوظيفية للحموض الكربوكسيلية بقدرتها على كسر الرابطة، كما هو موضح في الشكل (١١).

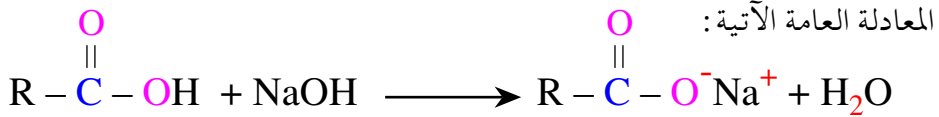
شكل (١١) أماكن انكسار المجموعة الوظيفية للحموض الكربوكسيلية

وهذا الانشطار هو المسئول عن الخواص الكيميائية للحموض الكربوكسيلية.

ومن أهم الخواص ما يأتي :

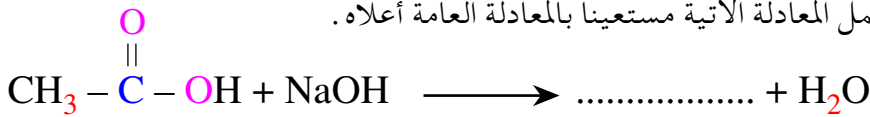
١ - التفاعل مع القواعد :

تتفاعل الحموض الكربوكسيلية مع القواعد القوية مكونة ملحاً وماءً، كما في



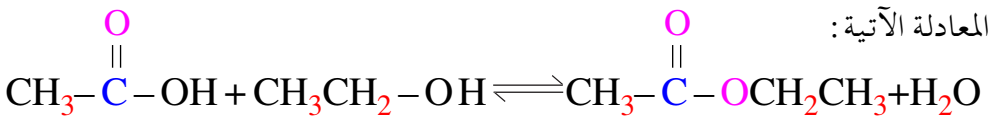
ملح الكانوات الصوديوم

اكمل المعادلة الآتية مستعيناً بالمعادلة العامة أعلاه.



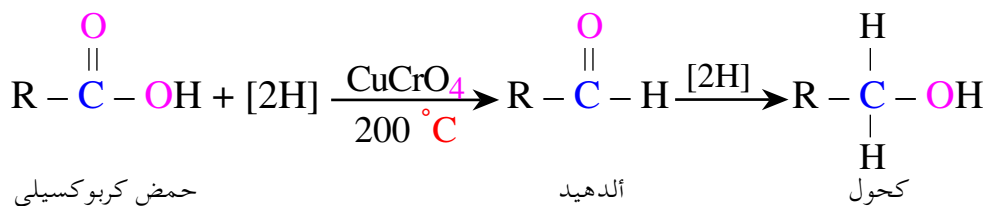
٢ - التفاعل مع الكحولات :

تتفاعل الحموض الكربوكسيلية مع الكحولات مكونة إسترو وماءً، كما في



٣ - اختزال الحموض الكربوكسيلية :

تختزل الحموض الكربوكسيلية إلى الألدheid المقابل بواسطة الهيدروجين في وجود عامل حفاز مثل كرومات النحاس عند ٢٠٠م، وباستمرار عملية الاختزال يختزل الألدheid إلى الكحول المقابل، كما في المعادلة العامة الآتية :

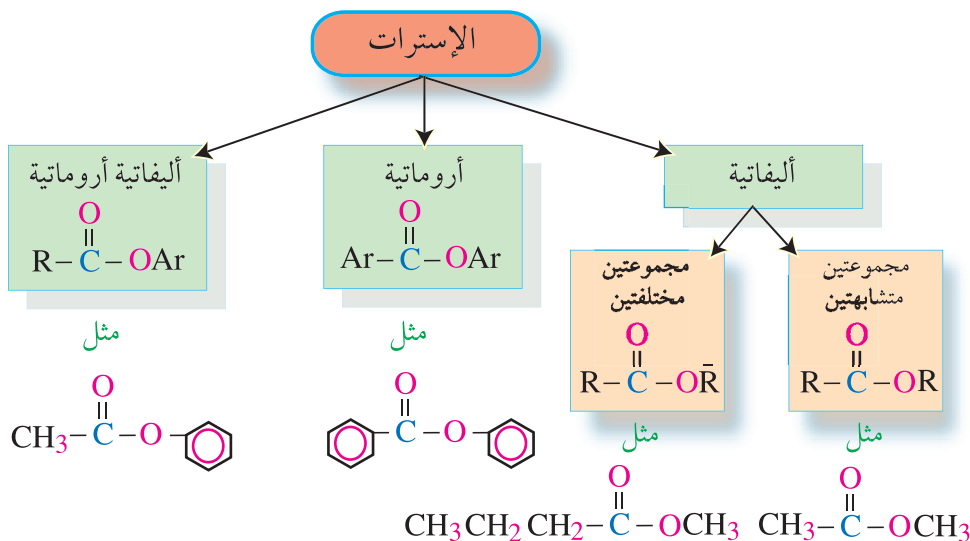


خامساً: الإسترات : Esters

تعد الإسترات من أهم نواتج تفاعلات الحموض الكربوكسيلية والكحولات . وهي مركبات عضوية تتميز بوجود مجموعة وظيفية يطلق عليها الكوكسي كربونيل (إستر) $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{C}-$ ، حيث تتكون هذه المجموعة الوظيفية من شقين : الأول الكوكسي : $(-\text{O}-\text{R})$ ، ومصدرها الكحول ، والثاني كربونيل $(\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}})$ ، ومصدرها الحمض الكربوكسيل .

تصنيف الإسترات :

تصنف الإسترات إلى ثلاثة أصناف رئيسة، هي :
 أ) أليفاتية . ب) أروماتية . ج) أليفاتية أروماتية .
 ويمكن تمثل هذه الأصناف كما هو موضح في الشكل (١٢) .



شكل (١٢) تصنيف الإسترات

قواعد تسمية الإسترات :

يسمى الإستر بطريقتين، هما:

أ) التسمية الشائعة: حيث يسمى الإستر باسم يتكون من مقطعين الأول يشتق من الحمض باستبدال المقطع (يك) بالمقطع (ات) ثم يتبع باسم مجموعة الألكيل الناتجة من الجزء الكحولي .

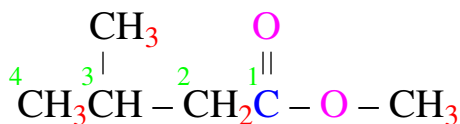
ب) التسمية المنهجية: حيث يسمى الإستر باسم يتكون من مقطعين الأول يشتق من الحمض مع مراعاة استخدام الاسم المنهجي للحمض، ثم يتبع باسم مجموعة الألكيل الناتجة من الجزء الكحولي .

انظر الجدول (١١) والذي يوضح أمثلة لبعض الإسترات وطريقة اشتقاقها .

جدول (١١) يوضح الأسماء المنهجية والشائعة لبعض الإسترات

| الاسم الشائع | الاسم المنهجي | صيغة الإستر | صيغة الكحول | صيغة الحمض |
|----------------|------------------------|--|--|--|
| فورمات الإيثيل | ميثانوات الإيثيل | $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_3$ | $\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{OH}$ كحول إيثيل | حامض فورميك $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$ حامض ميثانويك |
| أسيئات الميثيل | إيثانوات الميثيل | $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_3$ | CH_3-OH كحول ميثيل | حامض أسيستيك $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$ حامض إيثانويك |
| بنزوات الإيثيل | فينيل ميثانوات الإيثيل | $\text{C}_6\text{H}_5-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_3$ | $\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{OH}$ كحول إيثيل | فينيل ميثانويك $\text{C}_6\text{H}_5-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$ |

وعندما يحتوي الإستر على سلسلة طويلة، يراعى ترقيم السلسلة بحيث تأخذ مجموعة الإستر أصغر الأرقام، ويشار إلى مكان تفرع مجموعة الألكيل برقم ذرة الكربون المتصلة بها، كما في المثال الآتي:



الاسم المنهجي (IUPAC): ٣ - ميثيل بيوتانوات ميثيل

- اكتب اسم الكحول الداخلى في تحضير هذا الإستر مع بيان تركيبه .
- بين اسم وتركيب الحمض الداخلى في تركيب هذا الإستر .

خواص الإسترات :

الإسترات هي مركبات متعادلة، إلا أنها قطبية. وتوجد الإسترات ذات الكتل الجزيئية المنخفضة في الحالة السائلة، كما أن درجة غليانها أقل من درجة الكحولات والحموض المكونة لها، وذلك لعجزها عن تكوين الروابط الهيدروجينية التي تنشأ بين جزيئات الكحولات وبين جزيئات الحموض الكربوكسيلية، كما عرفت سابقاً. ولنفس السبب يلاحظ أن ذائبيتها في الماء محدودة جداً، إلا أنها تتميز بكونها مذيبات جيدة لعدد من المركبات العضوية.

لكل من الإسترات رائحة تميزه، والجدول (١٢) يحوي أمثلة لبعض الإسترات المهمة، والروائح المتميزة لكل منها، والتي يمكن الاستفادة منها في صناعة النكهات المختلفة للعلطور، أو أنها تمتلك روائح تتميز بها بعض الأزهار والفواكه.

جدول (١٢)

بعض الإسترات وروائحها المميزة



| الإستر | الرائحة |
|-----------------|----------|
| إيثانوات بنتيل | الموز |
| إيثانوات بنزين | الياسمين |
| بيوتانوات إيثيل | الأناناس |
| إيثانوات أوكثيل | البرتقال |

شكل (١٣) بعض الأزهار والفواكه

التي تمتلك روائح مميزة بسبب وجود الإسترات

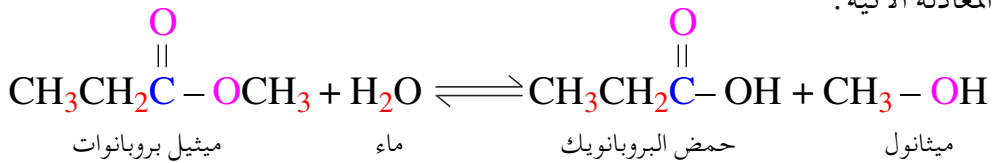
الخواص الكيميائية :

من أهم التفاعلات التي تميز الإسترات ما يأتي :

أ - التميؤ (التحلل المائي) :

تتمياً الإسترات وينتج عن ذلك الكحول والحمض الذي تكونت منه، كما في

المعادلة الآتية :



- ما المواد الناتجة عن تميؤ الإستر؟

- ما العلاقة بين تميؤ الإسترات، وتحضيرها؟

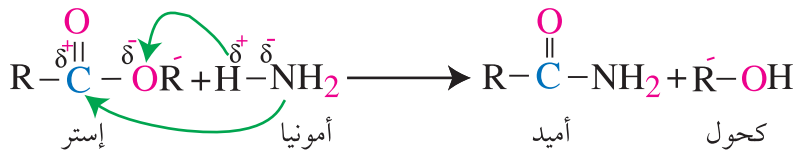
عندما تتمياً الإسترات في وسط قاعدي مثل هيدروكسيد الصوديوم يتكون الملح الصوديومي للحمض والذي يشكل الصابون. وسوف يتم دراسة خواص الصابون وتركيبه في الصف الثاني عشر.

ب - تفاعلات الإسترات مع الأمونيا (الأمينية) : Amination

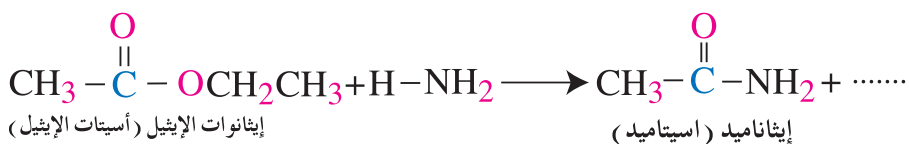
تتفاعل الإسترات مع الأمونيا لتعطي مركبات عضوية نيتروجينية تسمى

الأميدات، والتي سوف نتعرف عليها في الصف الثاني عشر.

والمعادلة العامة لتفاعل الإستر مع الأمونيا، يمكن توضيحها على النحو الآتي :



مستفيداً من المعادلة العامة أعلاه اكمل المعادلة الآتية موضحاً اسم المركب الناتج



تقويم الوحدة

نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الإجابة عن الأسئلة الآتية :

١ - اكمل الجدول الآتي :

| الصيغة الكيميائية Chemical formula | المجموعة الوظيفية | نوع المركب | اسم المجموعة الوظيفية | الاسم المنهجي للمركب |
|--|----------------------|---------------|--------------------------|-------------------------|
| $\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$ | | | | |
| $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ | | | | |
| $\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ | | | | |
| | | | | |
| $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ | | كحول أولي | ..... | حمض البيوتانويك |
| CH_3COCH_3 | | | | |
| $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ | | | | |
| $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$ | | | | |
| $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ | | | | |
| $\text{C}_6\text{H}_5\text{COC}_6\text{H}_5$ | | | | |
| $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{Cl} \\ \quad \\ \text{CH}_3\text{-C-CH}_2\text{CH-CH}_3 \\ \\ \text{OH} \end{array}$ | | | | |

٢ - اكتب اسم المركب الكيميائي الذي يستخدم في الحالات الآتية، مع كتابة صيغته

الكيميائية البنائية، ومجموعته الوظيفية :

أ - إضفاء نكهة الأناناس على المحلية .

ب - جعل السلطة ذات طعم لاذع ومستساغ .

ج - صناعة الأسبرين .

د - إزالة الصبغات من الأظافر .

٣ - علل لما يأتي :

- أ - تناول المواد المحتوية على الميثانول يؤدي إلى العمى، أو الوفاة.
 ب- تشترك الألدهيدات والكيتونات في كثير من الخواص.
 ج- المركب $(CH_3)_3COH$ لا يتأكسد.
 د - الإسترات مركبات عضوية لاتذوب في الماء لكهنا تستخدم كمذيبات لبعض المواد العضوية.
 هـ- الإيثرات أقل نشاطاً من الكحولات.
 و - مجموعة الكربونيل قطبية.
- ٤ - بين بالمعادلات الرمزية ما يحدث في كل من التفاعلات الآتية مبيناً شروط التفاعل.
 أ - اختزال البروبانال بواسطة هيدروجين نشط حديث التولد.
 ب- تفاعل الإيثانول مع حمض الهيدروكلوريك.
 ج- أكسدة الإيثانال بفعل عامل مؤكسد قوي.
 د - تفاعل الإيثانال مع حمض الإيثانويك.
 هـ - تفاعل ٢- بروبانول مع برمنجنات البوتاسيوم القاعدية.
 و - اختزال أسيتالدهيد بالهيدروجين حديث التولد.
 ز - اختزال الأسيتون بالهيدروجين في وجود عامل حفاز.
- ٥ - مركب (أ) يحتوي على الكربون والهيدروجين والأكسجين، تفاعل مع المحلول القلوي لبرمنجنات البوتاسيوم حتى تمام التأكسد؛ فتكون مركب (ب)، وعند تفاعل (أ) مع (ب) تكون أسيتات الإيثيل. ما المركبين (أ، ب)؟
- ٦ - تحدث بإيجاز عن أهمية كل من المركبات العضوية الأوكسجينية الآتية:
 أ - الإسترات
 ب- الألدهيدات والكيتونات
 ج- الحموض الكربوكسيلية
 د - الكحولات

تم الكتاب بحمد الله



الإدارة العامة للتعليم الإلكتروني

el-online.net

el-online.net

