11

الجُزْءُ
الثّاني

بسم الله الرحمن الرحيم

دولة فلسطين
وزارة التربية والتعليم

الكيمياء

العلمي والزراعي

فريق التأليف:

أ. فراس ياسين **(منسقاً)**
د. رائد معالي
أ. صالح الشلالفة
أ. جمال مسالمة
أ. ناصر عودة اللّه
أ. محمود المصري
أ. بهاء الدين ضاهر

قررت وزارة التربية والتعليم في دولة فلسطين
تدريس هذا الكتاب في مدارسها بدءاً من العام الدراسي 2017 / 2018م

الإشراف العام

رئيس لجنة المناهج	د. صبري صيدم
نائب رئيس لجنة المناهج	د. بصري صالح
رئيس مركز المناهج	أ. ثروت زيد

الدائـرة الفنية

الإشراف الفني	**كمال فحماوي**
التصميم	**شروق صعيدي**
التحكيم العلمي	**أ.د. حكمت هلال**
التحرير اللغـوي	**أ. رائد شريدة**
الرسومـــات	**أ. علاء الفرا**
متابعة المحافظات الجنوبية	**د. سمية النخالة**

الطبعة الثانية
2019 م/ 1440هـ

جميع حقوق الطبع محفوظة ©

دولـــة فلـسطين
وزارة التربية والتعليم

مركز المناهج

حي الماصيون، شارع المعاهد
ص. ب 719 - رام الله - فلسطين
pcdc.edu.ps | pcdc.mohe@gmail.com
فاكس +970-2-2983250 هاتف +970-2-2983280
moehe.gov.ps | mohe.pna.ps | mohe.ps
.com/MinistryOfEducationWzartAltrbytWaltlym

تقديم

يتصف الإصلاح التربوي بأنه المدخل العقلاني العلمي النابع من ضرورات الحالة، المستند إلى واقعية النشأة، الأمر الذي انعكس على الرؤية الوطنية المطورة للنظام التعليمي الفلسطيني في محاكاة الخصوصية الفلسطينية والاحتياجات الاجتماعية، والعمل على إرساء قيم تعزز مفهوم المواطنة والمشاركة في بناء دولة القانون، من خلال عقد اجتماعي قائم على الحقوق والواجبات، يتفاعل المواطن معها، ويعي تراكيبها وأدواتها، ويسهم في صياغة برنامج إصلاح يحقق الآمال، ويلامس الأماني، ويرنو لتحقيق الغايات والأهداف.

ولما كانت المناهج أداة التربية في تطوير المشهد التربوي، بوصفها علماً له قواعده ومفاهيمه، فقد جاءت ضمن خطة متكاملة عالجت أركان العملية التعليمية التعلمية بجميع جوانبها، بما يسهم في تجاوز تحديات النوعية بكل اقتدار، والإعداد لجيل قادر على مواجهة متطلبات عصر المعرفة، دون التورط بإشكالية التشتت بين العولمة والبحث عن الأصالة والانتماء، والانتقال إلى المشاركة الفاعلة في عالم يكون العيش فيه أكثر إنسانية وعدالة، وينعم بالرفاهية في وطن نحمله ونعظمه.

ومن منطلق الحرص على تجاوز نمطية تلقّي المعرفة، وصولاً لما يجب أن يكون من إنتاجها، وباستحضار واعٍ لعديد المنطلقات التي تحكم رؤيتنا للطالب الذي نريد، وللبنية المعرفية والفكريّة المتوخّاة، جاء تطوير المناهج الفلسطينية وفق رؤية محكومة بإطار قوامه الوصول إلى مجتمع فلسطيني ممتلك للقيم، والعلم، والثقافة، والتكنولوجيا، وتلبية المتطلبات الكفيلة بجعل تحقيق هذه الرؤية حقيقة واقعة، وهو ما كان له ليكون لولا التناغم بين الأهداف والغايات والمنطلقات والمرجعيات، فقد تآلفت وتكاملت؛ ليكون النتاج تعبيراً عن توليفة تحقق المطلوب معرفياً وتربوياً وفكرياً.

ثمّة مرجعيات تؤطّر لهذا التطوير، بما يعزّز أخذ جزئية الكتب المقررّة من المنهاج دورها المأمول في التأسيس؛ لتوازن إبداعي خلّاق بين المطلوب معرفياً، وفكرياً، ووطنياً، وفي هذا الإطار جاءت المرجعيات التي تم الاستناد إليها، وفي طليعتها وثيقة الاستقلال والقانون الأساسي الفلسطيني، بالإضافة إلى وثيقة المنهاج الوطني الأول؛ لتوجّه الجهد، وتعكس ذاتها على مجمل المخرجات.

ومع إنجاز هذه المرحلة من الجهد، يغدو إزجاء الشكر للطواقم العاملة جميعها؛ من فرق التأليف والمراجعة، والتدقيق، والإشراف، والتصميم، وللجنة العليا أقل ما يمكن تقديمه، فقد تجاوزنا مرحلة الحديث عن التطوير، ونحن واثقون من تواصل هذه الحالة من العمل.

وزارة التربية والتعليم

مركز المناهج الفلسطينية

كانون الأول / 2017

مقدمة

تحرص وزارة التربية والتعليم الفلسطينية على مواكبة التطورات العلمية، والمعرفية، والتكنولوجية المتسارعة في مختلف المجالات، ومن أجل النهوض بالعملية التعليمية التعلّمية، عملت على تطوير المناهج التعليمية وتحديثها، ولقد حرصنا في إعداد كتاب الكيمياء للصف الحادي عشر العلمي والمهني على اعتماد الأنشطة التفاعلية، والعملية، والاستدلالية؛ لإتاحة الفرصة للطلبة للتفاعل مع المادة، وممارسة عمليات العلم المختلفة، كالملاحظة، والتصنيف، والقياس، والتجريب، والاستنتاج، وتفسير الظواهر والمشاهدات المختلفة.

ولقد راعينا عرض موضوعات هذا الكتاب بطريقة متسلسلة ومترابطة أفقياً وعمودياً، وبما ينسجم والخطوط العريضة للمنهاج، وقسّمت موضوعاته إلى جزأين، واشتمل الجزء الثاني على الوحدات الآتية:

الوحدة الخامسة: (سرعة التفاعل والاتزان الكيميائي) التي تشتمل على فصلين، حيث يتناول الفصل الأول سرعة التفاعل، والعوامل المؤثرة فيها، في حين يتناول الفصل الثاني الاتزان الكيميائي. وتكمن أهمية هذه الوحدة في تطوير معرفة الطلبة ببعض المفاهيم الخاصة بالتفاعلات الكيميائية.

الوحدة السادسة: (الكيمياء العضوية)، ولقد حرصنا في هذه الوحدة التي جاءت في فصلين، على تعرّف الطلبة ببعض المجموعات الوظيفية في المركبات العضوية، وطريقة تسميتها النظامية، وبعضٍ من خصائصها الفيزيائية واستخداماتها.

الوحدة السابعة: (التأكسد والاختزال)، حيث تكمن أهمية هذه الوحدة في ارتباط تفاعلاتها بكثيرٍ من التطبيقات الحياتية المتنوعة.

ولقد ختمنا كل وحدة دراسية بمواضيع علمية ثقافية، تبيّن الجزء اليسير من الأهمية الحياتية لعلم الكيمياء، تحت عنوان (الكيمياء والتكنولوجيا والمجتمع)، ونأمل من معلّمي المادة أن يتيحوا للطلبة القيام بجميع الأنشطة حتى تتأصّل لديهم النزعة التجريبية في الكيمياء، وممارسة عمليات العلم المختلفة، وانطلاقاً من رغبتنا الأكيدة في أن يكون هذا الكتاب على الصورة الفضلى، فإننا نأمل من المشرفين التربويين والمعلمين والمجتمع المحلي تزويدنا بملاحظاتهم القيّمة؛ حتى يتسنّى لنا تطوير هذا الكتاب وتحسينه.

وفي الختام، نرجو من اللّه أن نكونَ قد وُفِّقنا في وضع محتويات هذا الكتاب؛ لما فيه خدمة طلبتنا ومعلمينا الأعزاء.

واللّه ولي التوفيق

فريق التأليف

المحتويات

الفصل الأول: سرعة التفاعل (Reaction Rate) 4
(1.1.5): مفهوم معدّل سرعة التفاعل 5
(2.1.5): نظريّة التصادم (Collision Theory) 13
(3.1.5): العوامل المُؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي (Factors Affecting Reaction Rate) 14
أسئلة الفصل 20
الفصل الثاني: الاتزان الكيميائي (Chemical Equilibrium) 22
(1.2.5): مفهوم الاتزان الكيميائي 22
(2.2.5): ثابت الاتزان (Equilibrium Constant) 25
(3.2.5): العوامل المؤثرة في الاتزان الكيميائي (Factors Affecting Chemical Equilibrium) 27
(4.2.5): حسابات الاتزان الكيميائي 33
الكيمياء والتكنولوجيا والمجتمع 37
أسئلة الفصل 38
أسئلة الوحدة 40

الفصل الأول: الهيدروكربونات (Hydrocarbons) 45
(1.1.6): الهيدروكربونات الأليفاتية (Aliphatic Hydrocarbons) 45
(2.1.6): التّسمية النّظاميّة للهيدروكربونات الأليفاتيّة حسب نظام الأيوباك 47
(3.1.6): التّشكّل الهندسي في الألكينات (Geometrical Isomers) 57
(4.1.6): الهيدروكربونات الأروماتية (Aromatic Hydrocarbons) 59
أسئلة الفصل 63
الفصل الثاني: المجموعات الوظيفية (Functional Groups) 65
(1.2.6): تصنيف المركّبات العضوية (Classification of Organic Compounds) 66
(2.2.6): الهاليدات (Halides) 68
(3.2.6): الكحولات (Alcohols) 72
(4.2.6): الألدهيدات والكيتونات (Aldehydes and Ketones) 77
(5.2.6): الحموض الكربوكسيلية (Carboxylic Acids) 81
الكيمياء والتكنولوجيا والمجتمع 85
أسئلة الفصل 86
أسئلة الوحدة 88

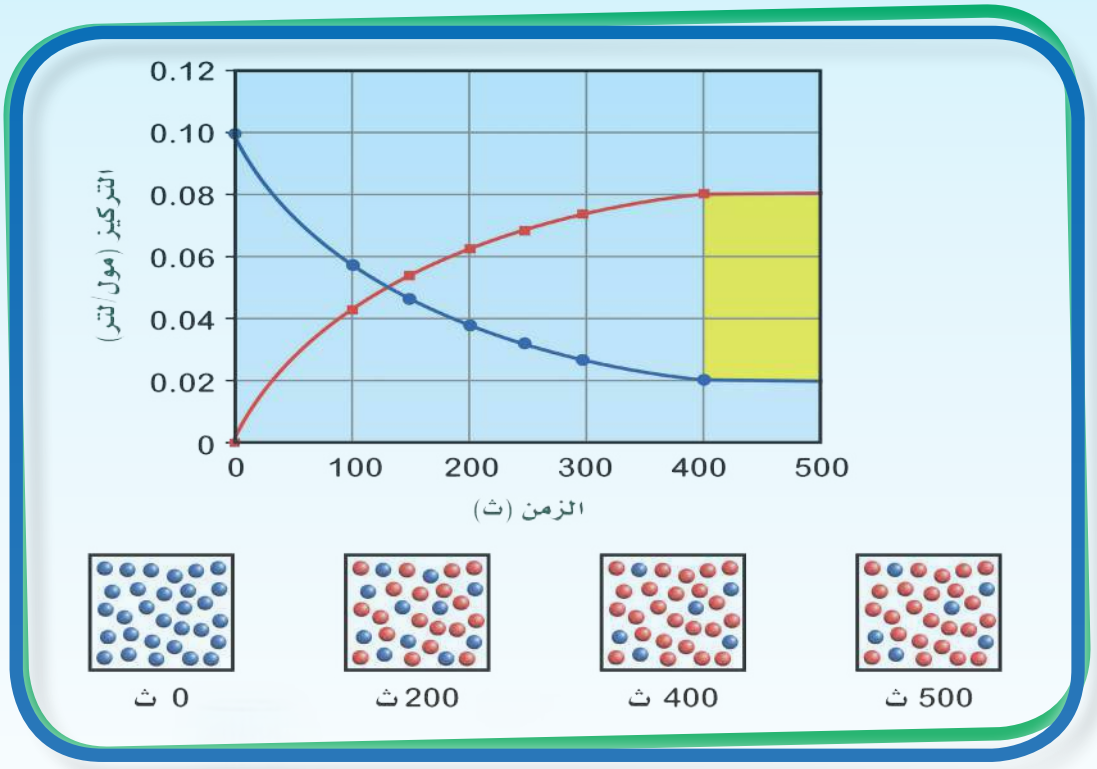
(1.7): مفهوم التأكسد والاختزال (Oxidation-Reduction Concept) 92
(2.7): أعداد التأكسد (Oxidation Numbers) 94
(3.7): العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة (Oxidizing and Reducing Agents) 99
(4.7): سلسلة النشاط الكيميائي للعناصر 103
(5.7): موازنة معادلات التأكسد والاختزال بطريقة نصف التفاعل (أيون – إلكترون) 106
(6.7): التطبيقات العملية لتفاعلات التأكسد والاختزال (Applications of Redox Reactions) 111
الكيمياء والتكنولوجيا والمجتمع 117
أسئلة الوحدة 118
المراجع 123

الوحدة الخامسة: سرعة التفاعل والاتزان الكيميائي (Reaction Rate and Chemical Equilibrium) (العلمي والزراعي)

الوحدة السادسة: الكيمياء العضوية (Organic Chemistry) (العلمي والزراعي)

الوحدة السابعة: التأكسد والاختزال (Oxidation & Reduction) (العلمي)

سرعة التفاعل والاتزان الكيميائي
(Reaction Rate and Chemical Equilibrium)



لماذا تتآكل المواد المصنوعة من الحديد، والقريبة من البحر أسرع منها في المناطق الأخرى؟

يتوقع من الطلبة بعد دراسة هذه الوحدة، والتفاعل مع أنشطتها أن يكونوا قادرين على تَوظيف العوامل المؤثرة في التفاعلات الكيميائية في تطبيقات عمليّة حياتيَة، وتفسير بعض الظواهر، بالاعتماد على مفهوم سرعة التفاعل، والاتزان الكيميائي، من خلال تحقيق الآتي:

- حساب معدّل سرعة التفاعل، والسرعة اللحظيّة، بالاعتماد على الجداول والرُّسومات البيانيّة.
- توظيف نظريّة التصادم لتفسير حُدوث التفاعلات الكيميائيّة.
- استنتاج العوامل التي تَعتمد عليها سرعة التفاعل الكيميائي عملياً.
- كتابة صيغة ثابت الاتزان لتفاعل كيميائي من معادلته الموزونة.
- التنبؤ بأثر تغير ظروف التفاعل على حالة الاتزان الكيميائي، وقيمة ثابت الاتزان بالاعتماد على مبدأ لوتشاتلييه.
- إجراء بعض الحسابات على ثابت الاتزان الكيميائي.

1 سرعة التفاعل (Reaction Rate)

تتفاوت التفاعلات الكيميائيّة في سرعة حدوثها، ويعتمد ذلك على خصائص المواد المتفاعلة، وظروف التفاعل، فالتفاعل بين محلولَي نترات الرصاص $Pb(NO_3)_2$، ويوديد البوتاسيوم KI يَحدُث بمجرد خلط المواد المتفاعلة، بينما يصدأ الحديد ببطء، وبسبب تفاوت التفاعلات في سرعاتها، تبرز أهمية دراستها، فنحتاج إلى تسريع بعضها؛ للحصول على مردود عالٍ في مدة زمنية معقولة، وفي أحيان أخرى، نحتاج إلى تقليل سرعة بعض التفاعلات، كصدأ الحديد. فما المقصود بسُرعة التفاعل الكيميائي؟ وما العوامل المؤثرة فيها؟

(1.1.5): مفهوم معدّل سرعة التفاعل:

يُعبّر عن سُرعة المتسابقين الرياضيين بالمسافة المقطوعة في وحدة الزمن، وسُرعة احتراق الوقود بمعدّل استهلاكه في وحدة الزمن. فالسرعة هي مقياس لتغيّر كمية معينة في وحدة الزمن، ولتتعرف إلى مفهوم معدّل سرعة التفاعل، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط (1): مفهوم معدّل سرعة التفاعل:

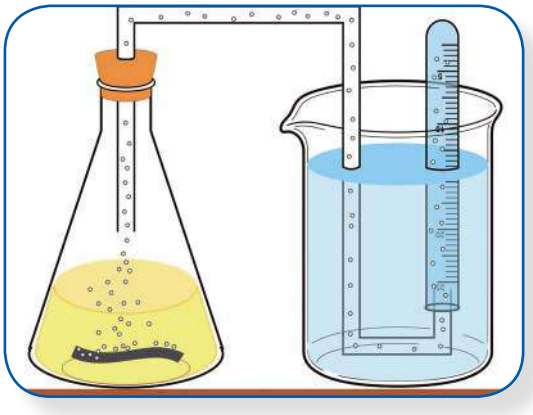
المواد والأدوات:

محلول حمض الهيدروكلوريك HCl (0.5 مول/لتر)، وشريط مغنيسيوم Mg، ودورق مخروطي سعته 150مل، وميزان حسّاس، وأنبوب مطاطي، ومخبار مدرّج سعته 100مل عدد 2، وورق زجاج، وكأس زجاجي سعته 500 مل.

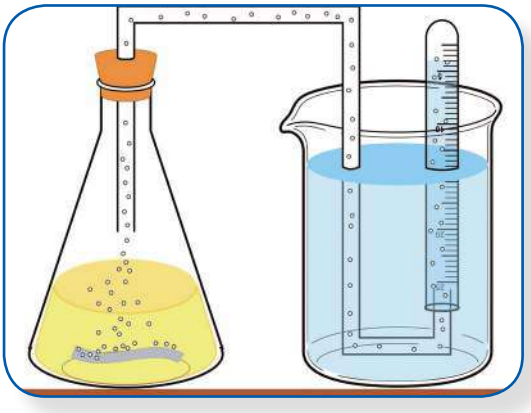
خطوات العمل:

1- ضَع 100مل من محلول حمض الهيدروكلوريك (0.5 مول/لتر) في دورق مخروطي سعته 150مل.

2- نظّف سطح شريط المغنيسيوم بورق الزجاج، وأضف 3.0 سم (0.1 غم) منه إلى الدورق المخروطي، ثم ركّب الأدوات، كما في الشكل الآتي:



عند بدء التفاعل



بعد فترة من الزمن

3- اجمع الغاز الناتج في المخبار المدرّج، وسجّل قراءاتك في الجدول الآتي:

الزمن بالدقيقة	حجم الغاز الناتج بـ ($سم^3$)
0	0
1	
2	
3	
4	

الأسئلة:

1- اكتب معادلة كيميائية موزونة تمثّل التفاعل بين محلول حمض الهيدروكلوريك والمغنيسيوم.

2- صِفْ ما يحدث لكميّة المغنيسيوم خلال التفاعل.

3- ارسم بيانياً منحنى يمثّل حجم غاز الهيدروجين مقابل الزمن.

4- أكمل الجدول الآتي بناءً على البيانات التي جمعتها من النشاط.

الفترة الزمنية (دقيقة)	التغير في حجم الغاز الناتج $\triangle$ ح = $ح_2 - ح_1$	التغير في الحجم ÷ التغير في الزمن $(ح_2 - ح_1) \div (ز_2 - ز_1)$
صفر - 1		
2 - 1		
3 - 2		
4 - 3		

5- إذا علمت أنّ نسبة التغيّر في حجم الغاز الناتج إلى الزمن الذي حدث فيه التغيّر، تعبّر عن معدّل سرعة تكوّن الغاز الناتج من التفاعل، فَصِفْ كيف تتغيّر سرعة تكوُّن الغاز الناتج مع مرور الزمن.

لعلّك توصلت من النشاط السابق، أنّه يمكن حساب معدّل سرعة تفاعل المغنيسيوم مع محلول حمض الهيدروكلوريك، بقسمة مقدار التغيّر في حجم غاز الهيدروجين الناتج على الفترة الزمنية التي حدث فيها التغيّر، ويمكن أيضاً اعتماد مقدار التغيّر في كتلة المغنيسيوم؛ للتعبير عن معدّل سرعة التفاعل. فمثلاً: إذا أردنا التعبير عن سُرعة التفاعل بمعدّل سُرعة استهلاك المغنيسيوم، وقِسنا التغيّر في كتلة المغنيسيوم المُستهلكة بوحدة (الغرام)، والتغيّر في الزمن بوحدة (الثانية)، فإن سُرعة التفاعل ستكون بوحدة (غم/ث). أما إذا أردنا التعبير عن سُرعة التفاعل بمعدّل تغيُّر تركيز كلوريد المغنيسيوم (مول/لتر)، في وحدة الزمن (الثانية)، فإن وحدة السُّرعة ستكون (مول/ لتر.ث).

وعادة ما يتم التعامل مع التغيّر في التركيز المولاري عند حساب معدّل سرعة التفاعل الكيميائي. فإذا كان لدينا التفاعل الافتراضي الآتي: $A \longrightarrow B$ ، فإنّه يمكن التعبير عن معدّل سرعة التفاعل بالعلاقة الرياضيّة الآتية: معدّل سرعة التفاعل بدلالة المتفاعلات $= -\frac{\Delta[A]}{\Delta z}$

تشير $\Delta[A]$ إلى التغيّر في التركيز المولاري للمادة A، و Δz إلى التغير في الزمن.

(لاحظ وجود الإشارة السالبة في التعبير عن معدّل سرعة التفاعل بدلالة المتفاعلات)

سرعة التفاعل الكيميائي (معدّل التفاعل): مقدار زيادة التركيز المولاري لأحد نواتج التفاعل، أو مقدار نقص التركيز المولاري لأحد المتفاعلات في وحدة الزمن.

أو معدّل سرعة التفاعل بدلالة النواتج $= \frac{\Delta[B]}{\Delta z}$

مثال (1):

تمثّل المعادلة الموزونة الآتية تفاعل غاز أول أكسيد الكربون مع غاز ثاني أكسيد النيتروجين:

$$CO_{(g)} + NO_{2(g)} \longrightarrow NO_{(g)} + CO_{2(g)}$$

وعند دراسة تَغيُّر تركيز NO_2 مع الزمن، أمكن الحصول على البيانات المدرجة في الجدول الآتي:

[NO_2] مول/لتر	0.100	0.067	0.050	0.040
الزمن (ثانية)	0	10	20	30

1- احسب معدّل سُرعة استهلاك NO_2 في الفترة بين (صفر) ثانية، و(10) ثوانٍ.

2- احسب معدّل سُرعة استهلاك NO_2 في الفترة بين (20) ثانية، و(30) ثانية.

3- قارن بين الإجابتين، ماذا تستنتج؟

الحل:

مُعدَّل سُرعة استهلاك أحد المتفاعلات = — (التغيّر في التركيز) ÷ التغيّر في الزمن

1- معدّل سُرعة استهلاك NO_2 في الفترة بين (صفر) ثانية، و(10) ثوانٍ = — $\frac{[NO_2]\Delta}{(ز)\Delta}$ =

— $\frac{0.100 - 0.067}{0 - 10}$ = 0.0033 مول/لتر. ث

2- معدّل سُرعة استهلاك NO_2 في الفترة بين (20) ثانية، و(30) ثانية =

— $\frac{0.050 - 0.040}{20 - 30}$ = 0.001 مول/لتر. ث

3- نلاحظ أن معدّل استهلاك NO_2 في الفترة بين (20) ثانية، و(30) ثانية، أقل منها في الفترة بين (صفر) ثانية، و(10) ثوانٍ، وعليه فإنّ معدّل سرعة استهلاك المواد المتفاعلة يقلّ مع الزمن؛ لأنّ تراكيزها تقل بمرور الزمن.

مثال (2):

في التفاعل الافتراضي: $2A \longrightarrow 4B + C$، تم الحصول على البيانات المُدرجة في الجدول الآتي عند درجة حرارة معينة:

1- احسب معدّل سرعة استهلاك A في الفترة من (0 - 20) ثانية.

الزمن (ثانية)	تركيز A مول/لتر	تركيز B مول/لتر
0	1.000	0.000
20	0.800	0.400

-2 احسب معدّل سرعة تكوّن (إنتاج) B في الفترة من (0 - 20) ثانية.

-3 ما العَلاقة بين سرعة استهلاك A وسرعة تكوّن B؟

-4 ماذا تتوقّع أنْ يكون معدّل سرعة تكوّن C ؟

الحل:

-1 معدّل سرعة استهلاك A $= -\frac{\triangle [A]}{\triangle ز} = \frac{1.000 - 0.800}{0 - 20} = 0.010$ مول/لتر.ث.

-2 معدّل سرعة تكوّن B $= \frac{\triangle [B]}{\triangle ز} = \frac{0.000 - 0.400}{0 - 20} = 0.020$ مول/لتر.ث.

-3 نلاحظ أنّ معدّل سرعة تكوّن B تساوي ضِعف معدّل سرعة استهلاك A، وهذا يتفق مع النسبة بين معاملاتهما في المعادلة الموزونة، حيث إنّ معامل B يساوي ضِعف معامل A.

-4 يمكن إيجاد معدّل سرعة تكوّن C، بالاعتماد على معاملات مواد التفاعل في المعادلة الموزونة كما يأتي:

من المعادلة الموزونة: معدّل سرعة استهلاك A يساوي ضِعف معدّل سرعة تكوّن C، وعليه، فمعدّل سرعة تكوّن C $= 0.01 \div 2 = 0.005$ مول/لتر.ث، أو معدّل سرعة تكوّن B تساوي أربعة أضعاف معدّل سرعة تكوّن C، وعليه فمعدّل سرعة تكوّن C $= 0.02 \div 4 = 0.005$ مول/لتر.ث.

نلاحظ من المثالين السابقين أنّه تم حساب معدّل سرعة استهلاك المواد المتفاعلة، وحساب معدّل سرعة تكوّن المواد الناتجة من خلال معرفة تراكيزها عند أزمنة معيّنة، **وأنّ معدّل سرعة التفاعل (Reaction Rate) يساوي معدّل الاستهلاك، أو التكوّن لأحد مكونات التفاعل الذي معامله في المعادلة الموزونة يساوي 1**، وبما أنّ معاملات مواد التفاعل في المعادلة الموزونة قد تكون مختلفة، فكيف يمكن الربط بين معدّل سُرعاتها؟

وبشكل عام، في التفاعل الافتراضي الموزون الآتي: $a\,A + b\,B \longrightarrow c\,C + d\,D$

تُكتب العَلاقة بين معدّل سرعات التفاعل للمواد المختلفة كما يأتي:

مُعدّل سُرعة التفاعل $= -\frac{1}{a}\frac{\triangle[A]}{\triangle z} = -\frac{1}{b}\frac{\triangle[B]}{\triangle z} = \frac{1}{c}\frac{\triangle[C]}{\triangle z} = \frac{1}{d}\frac{\triangle[D]}{\triangle z}$

مُعدّل سُرعة التفاعل $= \frac{1}{a}$ (معدّل سرعة تناقص A) $= \frac{1}{b}$ (معدّل سرعة تناقص B) $=$

$\frac{1}{c}$ (معدّل سرعة تكوّن C) $= \frac{1}{d}$ (معدّل سرعة تكوّن D)

مثال (3):

تتفاعل الأمونيا مع الأكسجين حسب المعادلة الموزونة الآتية:

$$4NH_{3(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 4NO_{(g)} + 6H_2O_{(g)}$$

فإذا كان معدّل سرعة تكوّن NO $= 2.4 \times 10^{-3}$ مول/لتر.ث، احسب:

1- معدّل استهلاك NH_3.

2- معدّل تكوّن H_2O.

3- معدّل سرعة التفاعل.

الحل:

من خلال معادلة التفاعل الموزون، نلاحظ أنّ:

1- $\frac{1}{4}$ (معدّل سرعة استهلاك NH_3) $= \frac{1}{4}$ (معدّل سرعة تكوّن NO)

$$-\frac{1}{4}\frac{\triangle[NH_3]}{\triangle z} = \frac{1}{4}\frac{\triangle[NO]}{\triangle z}$$

وعليه فإنّ معدّل سرعة استهلاك الأمونيا NH_3 = معدّل سرعة تكوّن NO $= 2.4 \times 10^{-3}$ مول/لتر.ث.

2- $$\frac{1}{6}\frac{\triangle[H_2O]}{\triangle z} = \frac{1}{4}\frac{\triangle[NO]}{\triangle z}$$

وعليه فإنّ $\frac{\triangle[H_2O]}{\triangle z} = \frac{6}{4}$ معدّل تكوّن NO $= \frac{6}{4} \times 2.4 \times 10^{-3} = 3.6 \times 10^{-3}$ مول/لتر.ث.

-3 **معدّل سرعة التفاعل =**

$\frac{1}{4}$ معدّل استهلاك NH_3 = $\frac{1}{5}$ معدّل استهلاك O_2 = $\frac{1}{4}$ معدّل تكوّن NO = $\frac{1}{6}$ معدّل تكوّن H_2O.

معدّل سرعة التفاعل =

$\frac{1}{4}$ معدّل اختفاء NH_3 = $\frac{1}{4}$ × 10^{-3} × 2.4 مول/لتر.ث = 6× 10^{-4} مول/لتر.ث.

أو معدّل سرعة التفاعل =

$\frac{1}{6}$ معدّل تكوّن H_2O = $\frac{1}{6}$ × 10^{-3} × 3.6 مول/لتر.ث = 6 × 10^{-4}مول/لتر.ث.

سؤال:

يتفاعل غاز الإيثيلين مع الأكسجين حسب المعادلة الموزونة الآتية:

$$C_2H_{4(g)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

فإذا كان معدّل سرعة تكوّن CO_2 يساوي 0.4 مول/لتر.ث، احسب:

-1 معدّل سرعة استهلاك O_2

-2 معدّل سرعة تكوّن H_2O

-3 معدّل سرعة التفاعل.

السرعة اللحظية (Instantaneous Rate of Reaction):

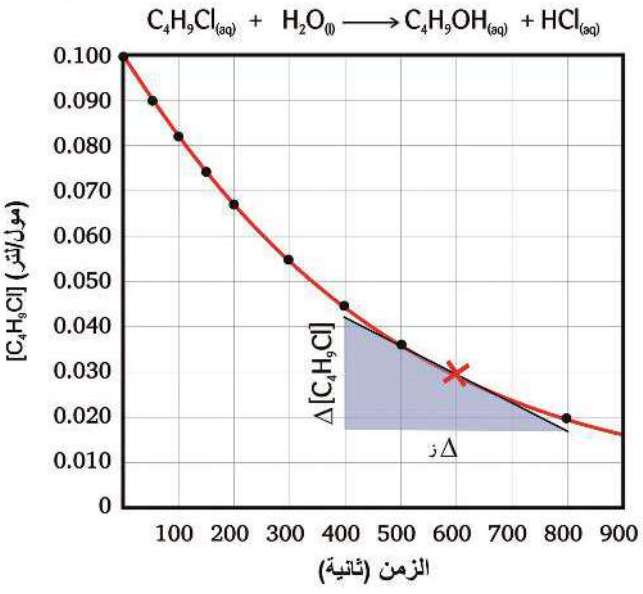
تعلمّت سابقاً حساب معدّل سرعة التفاعل الكيميائي خلال فترة زمنية معينة، ولكن لإيجاد سرعة التفاعل عند لحظة زمنية معينة، نحسب ميل المماس لمنحنى تركيز أحد مواد التفاعل مقابل الزمن عند تلك النقطة المحددة، وتعرف السرعة عندها بالسرعة اللحظية، ولتتعرّف إلى كيفية إيجادها من الرسم البياني، ادرس المثال الآتي:

مثال(4):

يمثّل الشكل المجاور منحنى تركيز المادة C_4H_9Cl مقابل الزمن:

1- ما معدّل سرعة التفاعل في الفترة من 0 - 300 ثانية؟

2- احسب السرعة اللحظية عند الزمن 600 ثانية.



الحل:

1- لحساب معدّل سرعة التفاعل، نجد أولاً معدّل سرعة استهلاك C_4H_9Cl من خلال المنحنى في الفترة الزمنية المطلوبة، حيث نحدّد التركيز المقابل لكلّ زمن على المنحنى:

فعند الزمن (0) ثانية، يقابله التركيز 0.1 مول/ لتر، وعند الزمن (300) ثانية يقابله التركيز 0.055 مول/لتر.

معدّل سرعة استهلاك $[C_4H_9Cl] = -\frac{\Delta[C_4H_9Cl]}{\Delta ز} = -\frac{0.055 - 0.100}{300 - 0} = 1.50 \times 10^{-4}$ مول/لتر.ث.

ومن معادلة التفاعل الموزونة، نلاحظ أنّ:

معدّل سرعة التفاعل = معدّل سرعة استهلاك $[C_4H_9Cl] = 1.50 \times 10^{-4}$ مول/لتر.ث.

2- لحساب السرعة اللحظية عند الزمن 600 ثانية، نجد ميل المماس لهذا المنحنى عند تلك النقطة، وذلك بأخذ أيّ نقطتين تقعان على مماس المنحنى، ولتكن النقطتان: (400، 0.042) (800، 0.018)، وبتطبيق العَلاقة، فإنّ:

السرعة اللحظية = ميل المماس $= -\frac{\Delta[C_4H_9Cl]}{\Delta ز} = -\frac{0.042 - 0.018}{400 - 800} = 6 \times 10^{-5}$ مول/لتر.ث.

سؤال:

احسب السرعة اللحظية في المثال السابق عند الزمن 200 ثانية، ثمّ قارنها مع السرعة اللحظية عند 600 ثانية.

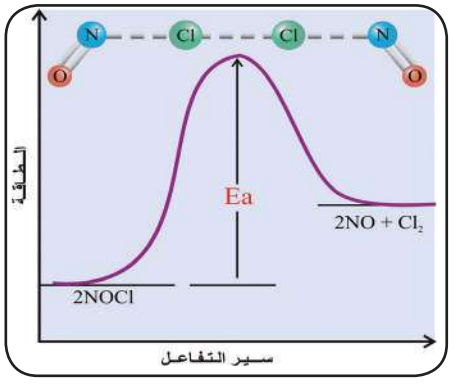
(2.1.5): نظريّة التصادم (Collision Theory):

تنصّ هذه النظرية على ضرورة حدوث تصادم بين دقائق المواد المتفاعلة بعضها مع بعض، كشرط أساسي لحدوث التفاعل. ولكن هل كل تصادم يؤدي إلى تكوين نواتج؟

هناك كثير من التصادمات تحدث بين المواد المتفاعلة، ولكنَّ جزءاً منها يكون فعالاً؛ أي يؤدي إلى تكوين النواتج المطلوبة. ولكي يكون التصادم فعّالاً، لا بدّ من توافر شرطين أساسيين، هما:

1- أن تَمتلك الدقائق المتصادمة الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لكسر الروابط في المواد المتفاعلة لحدوث التفاعل، وهي ما تُعرف بطاقة التنشيط Activation Energy (Ea)، كما هو موضّح في الرسم البياني للتفاعل الآتي:

$$2\ NOCl_{(g)} \longrightarrow 2\ NO_{(g)} + Cl_{2(g)}$$



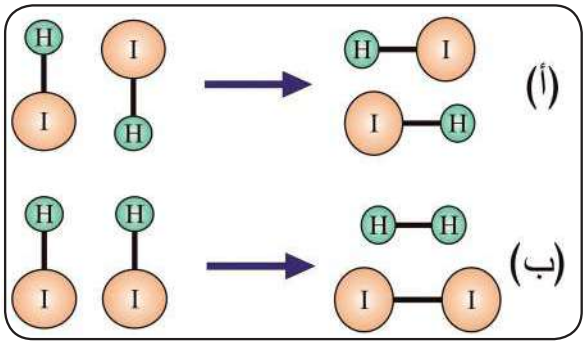
2- أن يَكون اتجاه التصادم مناسباً لإعطاء النواتج.

والمثال الآتي يُوضّح أهمية الاتجاه المناسب للتصادم لتكوين النواتج المطلوبة.

مثال (5):

يتفكك يوديد الهيدروجين HI إلى هيدروجين H_2 ويود I_2 حسب المعادلة الموزونة الآتية:

$$2HI \longrightarrow H_2 + I_2$$



وعلى فَرَض وجود احتمالين للتصادم بين الجزيئات المتفاعلة كما هو مبين في الشّكل المجاور، فأيُّ الاحتمالين يؤدي إلى تكوين النواتج المطلوبة، علماً أنّ الجزيئات المتصادمة تمتلك الحد الأدنى من طاقة التنشيط.

الحل:

في الشكل (أ)، نلاحظ أنّ التصادم بين الجزيئات المتفاعلة لا يعطي النواتج المطلوبة؛ لأنّ اتجاه التصادم غير مناسب، حيث تمّ تصادم H مع I و I مع H، فهو تصادمٌ غير فعّالٍ، على الرغم من امتلاكه الحد الأدنى من طاقة التنشيط. بينما في الشكل (ب) يعطي النواتج المطلوبة؛ لأنّ اتجاه التصادم مناسب، حيث تمّ تصادم H مع H و I مع I، فيكون التصادم فعّالاً؛ لكونه يمتلك اتجاه التصادم المناسب، والحد الأدنى من طاقة التنشيط.

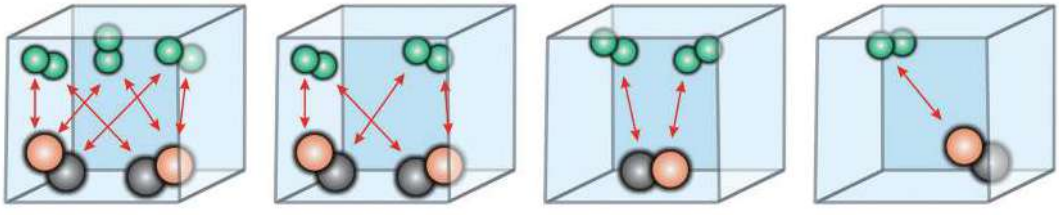
(3.1.5): العوامل المُؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي (Factors Affecting Reaction Rate):

درست سابقاً سرعة التفاعل، وكيفية حسابها، ولكن قد تتساءل: كيف يمكن التحكم بها؟ لمعرفة ذلك، لا بد من دراسة العوامل المؤثرة في سرعة التفاعلات الكيميائية التي من أهمها:

1- تركيز المواد المتفاعلة.
2- مساحة سطح المواد المتفاعلة.
3- درجة الحرارة.
4- الحفّازات (العوامل المساعدة).

أولاً: تركيز المواد المتفاعلة:

تمعّن الشكل (1) الآتي الذي يبين العلاقة بين عدد جزيئات Cl_2 و NO، وعدد التصادمات المحتملة بينها في نظام مغلق حسب التفاعل: $NO_{(g)} + \frac{1}{2} Cl_{2(g)} \longrightarrow O{=}N{-}Cl_{(g)}$



الشكل (1): تمثيل للتصادمات المحتملة بين جزيئات Cl_2 و NO

لعلك تُلاحظ من الشكل (1) السابق، أنّ هناك تناسباً طردياً بين عدد الجزيئات المتفاعلة وعدد التصادمات المحتملة بينها، وهذا يزيد من سرعة التفاعل الكيميائي، وللتعرّف إلى أثر تركيز المواد المتفاعلة على سرعة التفاعل عملياً، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط (2): أثر تركيز المواد المتفاعلة على سرعة التفاعل:

المواد والأدوات:

محلول ثيوكبريتات الصوديوم $Na_2S_2O_3$ بتركيز 0.5 مول/لتر، ومحلولان من حمض الهيدروكلوريك HCl بتركيز 0.1 مول/لتر، و1 مول/لتر، ودورقان مخروطيان سعة كلّ منهما 150 مل، وساعة إيقاف، ومخبار مدرّج سعته 150 مل.

خطوات العمل:

1- ضع في الدورق الأول 100 مل من محلول حمض الهيدروكلوريك بتركيز 0.1 مول/لتر.

2- ضع في الدورق الثاني 100 مل من محلول حمض الهيدروكلوريك بتركيز 1 مول/لتر.

3- ضع كلّ دورق على ورقة بيضاء مرسوم عليها إشارة ×.

4- أضف 20 مل من محلول ثيوكبريتات الصوديوم بتركيز 0.5 مول/لتر إلى الدورق الأول.

5- سجّل الوقت الذي سيستغرقه التفاعل من لحظة إضافة ثيوكبريتات الصوديوم إلى اللحظة التي يَصْعُبْ فيها رؤية إشارة × على الورقة.

6- كرّر الخطوتين (4 و5) بالنسبة للدورق الثاني.

الأسئلة:

1- في أيّ الحالتين كان اختفاء الإشارة × أسرع؟

2- في ضوء نظرية التصادم، ما أثر زيادة التركيز على سرعة التفاعل؟

ثانياً: مساحة سطح المواد المتفاعلة:

تحترق نشارة الخشب بسرعة أكبر من احتراق قطعة خشب لها الكتلة نفسها. صمّم تجربة تُوضّح فيها أثر زيادة مِساحة سطح المواد المتفاعلة على سرعة التفاعل.

ثالثاً: درجة الحرارة:

للتعرّف إلى أثر درجة الحرارة على سرعة التفاعل، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط (3): أثر درجة الحرارة على سرعة التفاعلات الكيميائية:

المواد والأدوات:

شريط مغنيسيوم، وماء بارد، وماء ساخن، وكأسان زجاجيان سعة كلّ منهما 200 مل، ومخبار مدرّج سعته 100 مل.

خطوات العمل:

1- ضَع 50 مل من الماء البارد في الكأس الأول، و50 مل من الماء الساخن في الكأس الثاني.

2- ضَع في الوقت نفسه (2 سم) من شريط المغنيسيوم إلى كلّ كأس.

أيهما أسرع، تفاعل شريط المغنيسيوم مع الماء البارد، أم مع الماء الساخن؟

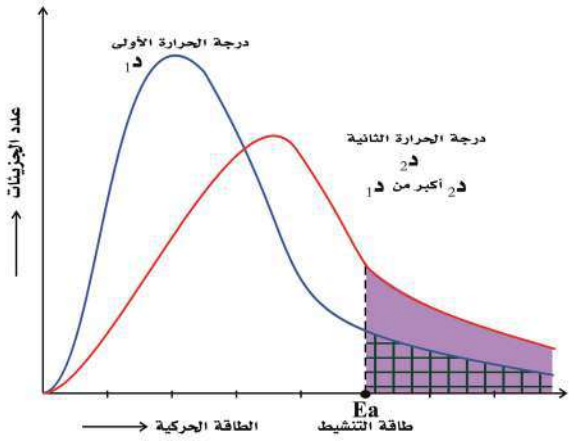
لعلك لاحظت من النشاط السابق، أنّ سرعة التفاعل تتأثر بتغير درجة الحرارة. فكيف يمكن تفسير أثر درجة الحرارة على سرعة التفاعلات الكيميائية، اعتماداً على نظرية التصادم؟

تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى رفع الطاقة الحركية لجزيئات المواد المتفاعلة، كما هو موضّح في الشكل (2) الآتي:

نلاحظ من الشكل (2) ما يأتي:

1- لا تتغيّر قيمة طاقة التنشيط للتفاعل نفسه، عند تغيّر درجة الحرارة.

2- لا تمتلك جميع الجزيئات الطاقة الحركية نفسها عند درجة الحرارة نفسها، فبعضها يمتلك طاقة حركية أعلى، وبعضها الآخر طاقة حركية أقلّ.



الشكل (2): توزيع الطاقة الحركية للجزيئات على درجتَي حرارة مختلفتين ($د_1$، $د_2$)

3- يزداد عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة التنشيط بزيادة درجة الحرارة، وهذا يؤدي إلى زيادة عدد التصادمات الفعالة؛ ما يزيد من سرعة التفاعل.

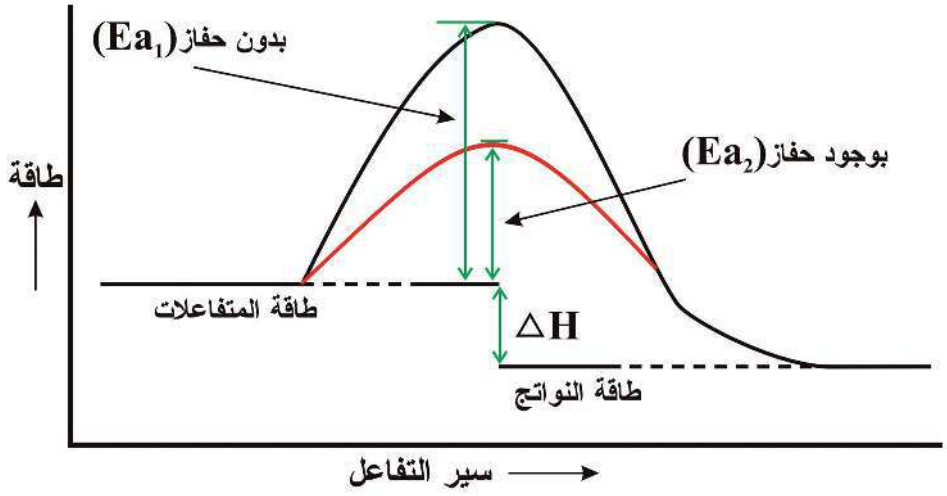
رابعاً: الحفّازات (العوامل المساعدة):

تعلمّت أنّ سرعة التفاعل تزداد بزيادة درجة الحرارة، لكنْ قد لا يكون رفع درجة الحرارة هي الطريقة الفضلى لزيادة سرعة بعض التفاعلات؛ لذا يلجأ الكيميائيون لإضافة مواد كيميائية تعمل على تسريع التفاعل الكيميائي تسمى الحفّازات، فمثلاً: نحتاج لزيادة سرعة تأكسد السكر إلى رفع درجة الحرارة، فكيف يتأكسد السكر في جسم الإنسان بسرعة مناسبة على درجة حرارة الجسم 37 ْس؟

الحفّاز (Catalyst): مادة كيميائية تُضاف إلى التفاعل الكيميائي، فتزيد من سرعته دون أن تُستهلك.

المثبطات (Inhibitors): مواد كيميائية تقلل من سرعة التفاعل الكيميائي، وقد تمنع حدوثه. وتُستخدم المثبطات كمواد حافظة في صناعة الأغذية، مثل مضادات الأكسدة التي تطيل فترة صلاحِيَة الأغذية.

يـتأكسد السـكر في جسـم الإنسـان بتحفيـز مـن أنزيمـات خاصـة بـه، ومـا الأنزيمـات إلا أمثلة على دور الحفّـازات في زيـادة سـرعة التفاعـلات الكيميائيـة؛ حيـث يُقـدم الحفّـاز مَسـاراً جديـداً للتفاعل بطاقة تنشيط أقل، كما هو مُوضّح في الشكل (3)، وبالتالي يزداد عدد الجُزئيات التي تمتلك طاقة التنشيط؛ ما يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل.



الشكل (3): أثر الحفّاز على طاقة التنشيط

وللتعرّف إلى أثر الحفّاز على زيادة سرعة التفاعل عمليّاً، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط (4): أثر العوامل المساعدة (الحفّازات) على سرعة التفاعل:

المواد والأدوات:

محلـول فـوق أكسـيد الهيدروجيـن H_2O_2 بتركيـز 6% ، ومسـحوق ثانـي أكسـيد المنغنيـز MnO_2، ودورقـان مخروطيـان 250 مـل، ومخبـار مـدرّج ، وملعقـة صغيـرة ، وميـزان حسّـاس، وورق ترشـيح، وقُمُـع زجاجـي، وكأس زجاجـي سـعته 250 مـل.

خُطوات العمل:

1- رقِّم الدورقين، وضَع في كل دورق 20 مل من محلول H_2O_2، باستخدام المخبار المدرّج.

2- أضف 2غم من مسحوق MnO_2 إلى الدورق الثاني.

3- اجمع مسحوق MnO_2 بعد انتهاء التفاعل في الدورق الثاني باستخدام ورقة الترشيح، وقِسْ كتلته. ماذا تستنتج؟

الأسئلة:

1- ما الدليل على تفكُّك H_2O_2؟

2- في أيّ الدورقين كان تفكُّك فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 أسرع؟ لماذا؟

قضية للبحث:

يُستخدم المحوّل الحفّار في كثير من السيارات الحديثة كأحد التطبيقات العمليّة على العوامل المساعدة. بيّن دورها في الحدّ من التلوث البيئي.

سؤال:

يبيّن الجدول الآتي ظروف التفاعل بين حمض الهيدروكلوريك HCl وكربونات الكالسيوم $CaCO_3$، في عدّة تجارب، ادرس الجدول جيداً، ثمّ أجب عن الأسئلة التي تليه:

التجربة	درجة الحرارة (°س)	طبيعة $CaCO_3$	تركيز HCl
أ	20	حبيبات كبيرة	مخفَّف
ب	20	مسحوق	مخفَّف
جـ	80	مسحوق	مركَّز
د	80	مسحوق	مخفَّف

1- اعتماداً على دراستك العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل، ما العامل الذي يتحكم في سرعة التفاعل في كلّ من:

- (التجربة (أ)، والتجربة (ب)).
- (التجربة (ب)، والتجربة (د)).
- (التجربة (جـ)، والتجربة (د)).

2- في أيّ التجارب تكون سرعة التفاعل أكبر ما يمكن، وفي أيّها أقلّ ما يمكن؟

أسئلة الفصل

السُّؤال الأوّل: اختر رمز الإجابة الصحيحة في كلّ ممّا يأتي:

1- ما مُعدّل سُرعة إنتاج $NO_2F_{(g)}$ في التفاعل الآتي:
$2NO_{2\,(g)} + F_{2\,(g)} \longrightarrow 2NO_2F_{(g)}$، إذا كان مُعدّل سُرعة استهلاك $F_2 = 0.2$ مول/ لتر.ث؟

أ) 0.1 ب) 0.2 جـ) 0.4 د) 0.6

2- ما المعادلة الكيميائية الموزونة التي يمكن التعبير عن سرعة التفاعل فيها بالعلاقة الآتية:

$$\text{سرعة التفاعل} = \left(\frac{[HI]\triangle}{\text{ز}\triangle} \frac{1}{2} = \frac{[H_2]\triangle}{\text{ز}\triangle} - = \frac{[I_2]\triangle}{\text{ز}\triangle} - \right)$$

أ) $H_2 + I_2 \longrightarrow 2HI$ ب) $H_2 + I_2 \longrightarrow HI$

جـ) $\frac{1}{2}H_2 + \frac{1}{2}I_2 \longrightarrow HI$ د) $2HI \longrightarrow H_2 + I_2$

3- يزداد معدّل السرعة عند رفع درجة الحرارة؛ بسبب:

أ) تقليل طاقة التنشيط. ب) زيادة عدد التصادمات.

جـ) تقليل عدد التصادمات. د) زيادة طاقة التنشيط.

4- يزيد العامل المساعد من معدّل السرعة، من خلال:

أ) تقليل طاقة التنشيط. ب) زيادة التركيز.

جـ) تقليل حرارة التفاعل. د) زيادة طاقة التنشيط.

السُّؤال الثّاني: عرّف ما يأتي:

معدّل سرعة التفاعل، والحفّازات، والتصادم الفعّال.

السُّؤال الثّالث: علِّل كلّاً من الآتية:

1- تَزداد سُرعة التفاعل بزيادة درجة الحرارة.

2- يَحترق مَسحوق الفحم في الهواء أسرع من احتراق قطع الفحم المساوية لها في الكتلة.

3- يزيد العامل المساعد من سرعة التفاعل الكيميائي.

السُّؤال الرّابع: إذا تغيّر تركيز (N_2O_5) من (2.33) إلى (2.08) مول/لتر خلال 184 دقيقة في التفاعل الآتي:

$$2N_2O_{5(g)} \longrightarrow 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

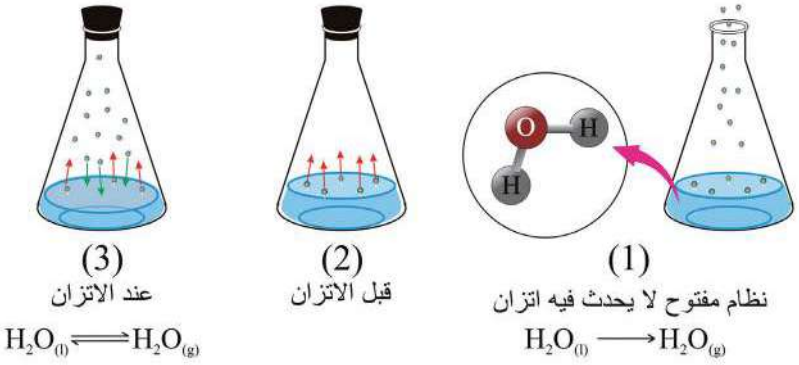
1- احسب معدّل استهلاك (N_2O_5).

2- احسب معدّل تكوّن (NO_2).

3- احسب معدّل سرعة التفاعل.

(1.2.5): مفهوم الاتزان الكيميائي:

لعلّك لاحظت بعض الظواهر التي يحدث فيها اتزان بين مكونات النظام، كالاتزان بين الكمّيّة المذابة والكمّيّة المُترسّبة في المحاليل المشبعة عند درجة حرارة معيّنة، وكذلك اتزان الماء السائل مع بخاره في نظام مغلق، كما هو موضّح في الشكل (1).



الشكل (1): اتزان الماء السائل مع بخاره

ولقد درست في المراحل السابقة أنّ التفاعلات الكيميائية تسير في اتجاه تكوين المواد الناتجة، وتنتهي باستهلاك إحدى المواد المتفاعلة، وخاصة عند حُدوثها في نظام مفتوح كتفاعلات الاحتراق، وتُمَثَّل هذه التفاعلات بمعادلات كيميائية، كما في المعادلة العامة الآتية:

مواد متفاعلة. ⟶ مواد ناتجة

ولكنْ هُناك عددٌ من التفاعلات التي لا تُستهلك فيها المواد المتفاعلة كلياً، بحيث يحتوي النظام على المواد المتفاعلة والمواد الناتجة معاً في حالة اتزان، كما تُوضّح المعادلة الآتية:

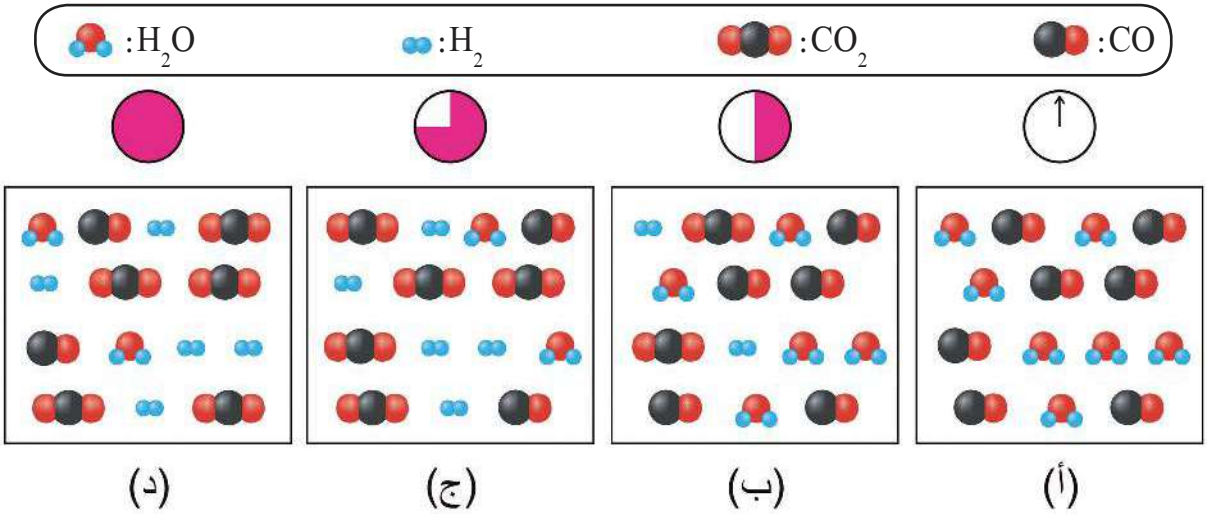
مواد متفاعلة ⇌ مواد ناتجة (تفاعل أمامي / تفاعل عكسي)

ولتتعرّف إلى مفهوم الاتزان الكيميائي، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط(1): مفهوم الاتزان الكيميائي:

تَمعّن الشكل الآتي الذي يُمَثِّل تفاعل بخار الماء مع غاز أول أكسيد الكربون في نظام مُغلق؛ لتكوين غازَي الهيدروجين وثاني أُكسيد الكربون، ثمّ أجب عن الأسئلة التي تليه:

$$H_2O_{(g)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + CO_{2(g)}$$



1- أكمل الجدول الآتي بكتابة عدد جُزئيات المواد المتفاعلة، والمواد الناتجة في كل من (أ، ب، ج، د).

عدد الجزيئات / المادة	H_2O	CO	H_2	CO_2
أ	7			
ب			2	
ج		2		
د				5

2- وضّح بالرسم البياني التغيُّر في عدد جزيئات إحدى المواد المتفاعلة، وإحدى المواد الناتجة مع مرور الزمن.

3- إذا علمّت أنّ الحالة التي يثبت فيها عدد جزيئات المواد المتفاعلة، والمواد الناتجة تُسمّى حالة اتزان، حدّد على الرسم البياني المنطقة التي تُمثّل هذه الحالة.

4- ما العَلاقة بين سرعة التفاعل الأمامي، وسرعة التفاعل العكسي عند الاتزان؟

لعلّك لاحظت - من خلال إجابتك عن أسئلة النشاط السابق - ثبات عدد جزيئات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عند حالة الاتزان؛ وذلك لتساوي سرعتَي التفاعلين الأمامي والعكسي، علماً

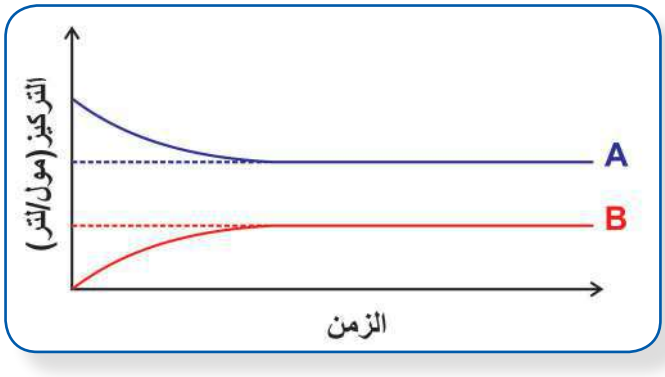
الاتزان الكيميائي: هو الحالة التي تتساوى فيها سرعة التفاعل الأمامي مع سرعة التفاعل العكسي، ويحصل في التفاعلات المنعكسة.

أنّ التفاعل لم يتوقف مع مرور الزمن، بل يستمر في الاتجاهين، وهذا ما يُعرف بالاتزان الكيميائي الذي يُعَدّ أحد أشكال الاتزان الديناميكي.

والمثال الآتي يُوضّح مفهوم الاتزان الكيميائي، والعَلاقة بين سرعتَي التفاعلين الأمامي والعكسي مع مرور الزمن.

مثال (1):

يُوضّح الشكل الآتي تغيُّر تراكيز مكونات تفاعل ما مع الزمن. ادرُس الشكل، ثمّ أجب عن الأسئلة التي تليه:



1- هل التفاعل منعكس أم غير منعكس؟

2- ما رمز المنحنى الذي يمثل تغيّر تركيز المواد المتفاعلة؟

3- ما رمز المنحنى الذي يمثل تغيّر تركيز المواد الناتجة؟

4- وضّح بالرسم البياني التغيّر الذي يطرأ على سرعة التفاعل الأمامي، وسرعة التفاعل العكسي حتى الوصول إلى حالة الاتزان.

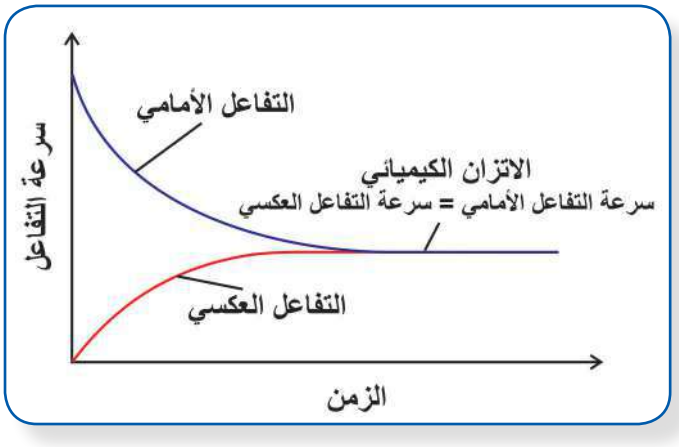
الحل:

1- يُمثِّل الشكل السابق تغيُّر التراكيز لتفاعل منعكس؛ لأنّ تراكيز المواد المتفاعلة لم تُستهلكْ بالكامل مع مرور الزمن.

2- A؛ لأنّ تركيز المواد المتفاعلة يقل مع الزمن.

3- B؛ لأنّ تركيز المواد الناتجة يزداد مع الزمن.

4- الرسم البياني الذي يُمثِّل التغيُّر الذي يطرأ على سرعتَي التفاعل الأمامي والعكسي هو:



(2.2.5): ثابت الاتزان (Equilibrium Constant):

لعلّك توصلّت إلى أنّ تراكيز المواد الناتجة والمتفاعلة تبقى ثابتة عند حالة الاتزان، وللتعرّف إلى العَلاقة الرياضيّة بين تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عند الاتزان، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط (2): العَلاقة الرياضيّة بين تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عند الاتزان:

ادرُس الجدول الآتي الذي يُبيّن تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة للتفاعل:

$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ على درجة حرارة معينة عند الاتزان، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

رقم التجربة	$[H_2]$	$[I_2]$	$[HI]$	العَلاقة (1): $\frac{[HI]}{[H_2]\times[I_2]}$	العَلاقة (2): $\frac{[HI]^2}{[H_2]\times[I_2]}$
1	0.0222	0.0222	0.156		
2	0.0350	0.0454	0.280		
3	0.0150	0.0135	0.100		

1- أكمل الجدول أعلاه بالتعويض في العلاقتين.

2- أيُّ العَلاقتين لها قيمة ثابتة في جميع التجارب؟

لعلّك توصلّت أنّ إحدى العَلاقتين بقيت قيمتها ثابتة في جميع التجارب عند درجة حرارة معينة، وتُعرف هذه العَلاقة بصيغة ثابت الاتزان، ويُرمز لها بالرمز (Kc). وبشكل عام، إذا عبّرنا عن التفاعل المُتّزن بالمعادلة الافتراضية الموزونة الآتية:

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$$

فإنّه يُمكن التعبير عن صيغة ثابت الاتزان Kc بدلالة التراكيز بالمولارية على النحو الآتي:

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

ثابت الاتزان (Kc): نسبة حاصل ضرب تراكيز المواد الناتجة إلى حاصل ضرب تراكيز المواد المتفاعلة، كلّ منهما مرفوع إلى قوة يساوي معاملها في المعادلة الموزونة.

والجدول (1) الآتي يُبيّن صيغة ثابت الاتزان (Kc) لعدد من التفاعلات المُتزنة:

الجدول(1): صيغة ثابت الاتزان لبعض التفاعلات المُتزنة

الرقم	معادلة التفاعل الموزونة	صيغة ثابت الاتزان Kc
1	$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$	$\frac{[HI]^2}{[H_2] \times [I_2]}$
2	$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$	$\frac{[H_3O^+] \times [CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$
3	$CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons CaCO_{3(s)}$	$\frac{1}{[CO_2]}$
4	$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$	$\frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3 \times [N_2]}$

بناءً على صيغة ثابت الاتزان Kc في الجدول السابق، أجب عن الأسئلة الآتية:

1- ما الحالة الفيزيائية للمواد التي ظهرت في صيغة ثابت الاتزان Kc؟

2- ما الحالة الفيزيائية للمواد التي لم تَظهر في صيغة ثابت الاتزان Kc؟ ولماذا؟

سؤال:

اكتب تعبير (صيغة) ثابت الاتزان K_C لكلّ من التفاعلات المُتزنة الآتية:

-1 $Cu_{(s)} + 2Ag^{+}_{(aq)} \rightleftharpoons Cu^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(s)}$

-2 $HF_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons F^{-}_{(aq)} + H_3O^{+}_{(aq)}$

-3 $2KClO_{3(s)} \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2\,KCl_{(s)} + 3O_{2(g)}$

ومن الجدير ذكره، أنّ لكل تفاعل متزن قيمة ثابت اتزان خاصة به عند درجة حرارة معيّنة، تُحسب من تراكيز مكونات التفاعل عند الاتزان فقط.

(3.2.5): العوامل المؤثرة في الاتزان الكيميائي (Factors Affecting Chemical Equilibrium):

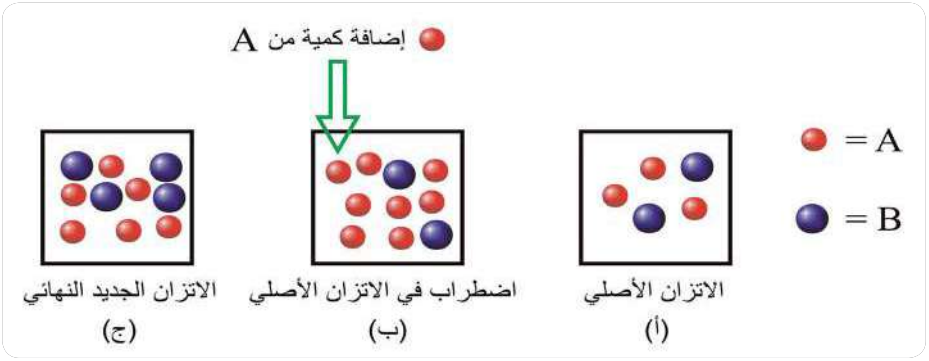
تُواجه بعض الصناعات الكيميائية مُشكلة تدني المردود المئوي للنواتج المطلوبة، وإنّ معرفة العوامل المختلفة المؤثرة في حالة الاتزان لها أهميّة بالغة في العمليات الصناعيّة المختلفة، لذا يلجأ المختصون إلى اختيار الظروف المناسبة للتحكم في كميّة النواتج، ولقد وضع العالم الفرنسي لوتشاتيلييه مبدأً يُوضِّح سلوك التفاعل المُتزن إذا تعرّض لمؤثر خارجي، وينص على أنّه «**إذا تعرّض نظام مُتزن إلى مؤثر خارجي كتغيُّر التركيز، أو درجة الحرارة، أو الضغط أحدث فيه اضطراباً، فإنّ النظام يُعدّل من حالته؛ لتقليل أثر ذلك المؤثر**».

أولاً: أثر تغيُّر التركيز على حالة الاتزان الكيميائي:

إذا تعرّض نظام مُتزن إلى تغيُّر في تركيز أحد مكوناته، فإنّ النظام يُعدّل من حالته للوصول إلى حالة اتزان جديدة؛ للتقليل من أثر التغيُّر في التركيز، وللتعرّف إلى ذلك، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط (3): أثر تغيُّر التركيز على حالة الاتزان الكيميائي:

تأمَّل الشكل الآتي الذي يُمَثّل أثر تغيُّر التركيز لتفاعل افتراضي ($A_{(g)} \rightleftharpoons B_{(g)}$)، ثمّ أجب عن الأسئلة التي تليه:



1- اكتب صيغة ثابت الاتزان Kc للتفاعل الافتراضي.

2- احسب قيمة ثابت الاتزان Kc في كل من أ، ج.

3- صِفْ كيف عدّل النظام حالته عند زيادة تركيز المادة A للوصول إلى حالة اتزان جديدة.

لعلك توصلّت من النشاط السابق إلى أنّ إضافة المادة A إلى النظام المتزن (أ) أدى إلى انحياز التفاعل نحو اليمين (زيادة تركيز المادة B) حتى وصل النظام إلى حالة اتزان جديدة لها قيمة ثابت الاتزان (Kc) نفسها.

مثال (2):

في إحدى التجارب، تمّ قياس تراكيز جميع مكونات التفاعل: $CO_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$ عند الاتزان، وعند درجة حرارة معيّنة. وبعد إضافة كتلة من CO_2 إلى وعاء التفاعل، قيست التراكيز بعد فترة مناسبة من الزمن عند درجة الحرارة نفسها، فَوُجد أنّ النظام وصل لحالة اتزان جديدة، وكانت النتائج كما في الجدول الآتي:

معادلة التفاعل المتزن:	$CO_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$			
التراكيز (مول/لتر) عند الاتزان قبل إضافة CO_2	0.025	0.100	0.061	0.075
التراكيز (مول/لتر) بعد إضافة CO_2، والوصول إلى حالة اتزان جديدة.	0.032	0.107	0.053	0.118

1- احسب قيمة ثابت الاتزان في الحالتين، ماذا تلاحظ؟

2- ما أثر إضافة CO_2 على كلّ من: تركيز النواتج، وتركيز H_2؟

3- ما أثر الآتية على اتجاه انحياز التفاعل:

أ- سحب CO من وعاء التفاعل؟ ب- إضافة $H_2O_{(g)}$ إلى وعاء التفاعل؟

الحل:

-1 Kc (قبل إضافة CO_2) $= \frac{[CO]\times[H_2O]}{[CO_2]\times[H_2]} = \frac{0.100\times 0.025}{0.075\times 0.061} = 0.546$

Kc (بعد إضافة CO_2) $= \frac{0.107\times 0.032}{0.118\times 0.053} = 0.547$

نلاحظ أنّ قيمة ثابت الاتزان في الحالتين بقيت ثابتة.

-2 إضافة CO_2 إلى وعاء التفاعل يؤدي إلى انحياز التفاعل نحو النواتج؛ ما يزيد من كمية CO و H_2O؛ أي زيادة تركيز النواتج، ونقصان تركيز H_2.

-3 أ- عند سحب CO من وعاء التفاعل ينحاز التفاعل نحو النواتج؛ لتعويض جزء من النقص الحاصل في تركيز CO؛ للوصول إلى حالة اتزان جديدة.

ب- إضافة $H_2O_{(g)}$ يؤدي إلى انحياز التفاعل نحو المتفاعلات؛ للوصول إلى حالة اتزان جديدة.

سؤال:

لديك التفاعل المُتزن الآتي: $CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$، وضّح تأثير العوامل الآتية على اتجاه انحياز التفاعل عند ثبوت درجة الحرارة:

-1 سحب CH_4 من وعاء التفاعل.

-2 خفض $[H_2]$.

-3 إضافة CO إلى وعاء التفاعل.

ثانياً: أثر تغيُّر درجة الحرارة على حالة الاتزان الكيميائي:

تعلّمت سابقاً أثر تغيُّر درجة الحرارة على سرعة التفاعل الكيميائي، فما أثر تغيُّرها على حالة الاتزان الكيميائي؟ وللتعرّف إلى ذلك، نفّذ النشاط الآتي الذي يُمثّل تفكُّك غاز N_2O_4 حسب المعادلة الموزونة الآتية:

$$N_2O_{4(g)} + \text{حرارة} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

عديم اللّون — بنيّ

نشاط (4): أثر تغيُّر درجة الحرارة على حالة الاتزان الكيميائي:

المواد والأدوات:

أنبوب يحتوي على خليط من غازَي N_2O_4 و NO_2 في حالة اتزان، وماء بارد بدرجة صفر ْس، وماء ساخن بدرجة 50 ْس، وكأسان زجاجيان.

خطوات العمل:

1- أحضر الأنبوب الذي يحوي خليطاً من الغازين عند درجة حرارة الغرفة، وسجّل لون الخليط داخل الأنبوب.

2- ضَع الأنبوب في كأس يحوي ماءً بارداً بدرجة صفر ْس، ماذا تُلاحظ؟

3- أخرج الأنبوب من الكأس، ثمّ أتركه لمدة 3 دقائق في درجة حرارة الغرفة، ماذا تُلاحظ؟

4- ضَع الأنبوب في كأس يحوي ماءً ساخناً بدرجة 50 ْس، ماذا تُلاحظ؟

لعلّك لاحظت تغيُّر لون خليط الغازين في الأنبوب تَبعاً لتغيُّر درجة الحرارة، وحسب مبدأ لوتشاتيلييه، فتغيُّر درجة حرارة التفاعل المُتزن يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل الأمامي أو العكسي حتى يصل لحالة اتزان جديدة، وفي هذا النشاط، فإنّ رفع درجة الحرارة يعمل على زيادة سرعة التفاعل الأمامي (تفكك N_2O_4)؛ لأنّه تفاعل ماصّ للحرارة، وهذا يزيد من كميّة NO_2 الناتجة، وتقليل كميّة N_2O_4.

وبالإضافة إلى أثر تغيُّر درجة الحرارة على حالة الاتزان، تُؤثر أيضاً على قيمة ثابت الاتزان، ولتوضيح ذلك، تأمّل المثال الآتي:

مثال (3):

يُبيّن الجدول المجاور أثر تغيُّر درجة الحرارة على تراكيز مواد التفاعل للتفاعل المُتزن الافتراضي:

حرارة + $A_{(g)} \rightleftharpoons 2B_{(g)}$

درجة الحرارة (ْس)	[A] مول/لتر	[B] مول/لتر
200	0.0125	0.843
300	0.171	0.764
400	0.250	0.724

1- ما قيمة ثابت الاتزان Kc عند كل درجة حرارة؟

2- استنتج العَلاقة بين التغيُّر في درجة الحرارة وقيمة ثابت الاتزان لهذا التفاعل.

الحل:

1- $Kc = \frac{[B]^2}{[A]}$

Kc عند 200 س° $= \frac{(0.843)^2}{(0.0125)} = 56.85$

Kc عند 300 س° $= \frac{(0.764)^2}{(0.171)} = 3.41$

Kc عند 400 س° $= \frac{(0.724)^2}{(0.250)} = 2.09$

2- نُلاحظ أنّه بزيادة درجة الحرارة تقل قيمة ثابت الاتزان؛ لأنّ التفاعل طارد للحرارة.

سؤال:

لديك التفاعل المُتزن الآتي:

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ $\Delta H = 91.54$ كيلو جول مُستخدماً مبدأ لوتشاتيلييه، ما أثر زيادة درجة الحرارة على كل من:

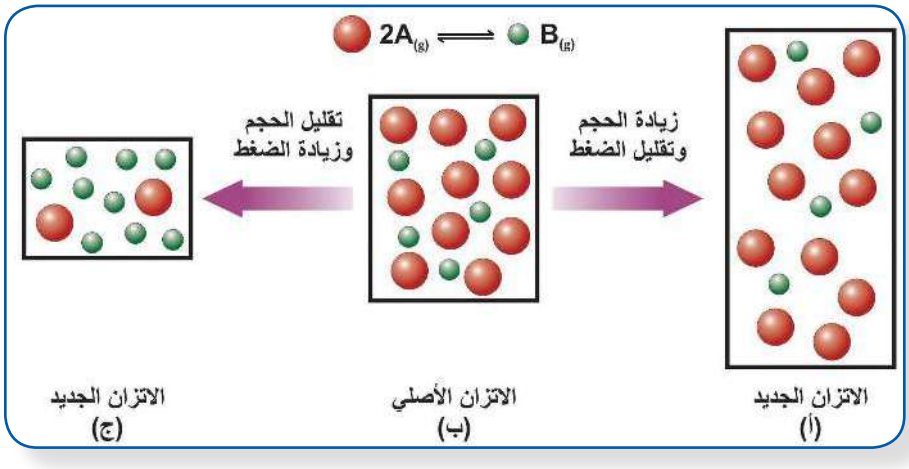
1- تراكيز مكونات التفاعل؟

2- قيمة ثابت الاتزان للتفاعل؟

ثالثاً: أثر تغيُّر الضغط على حالة الاتزان الكيميائي:

يُعَدُّ الضغط من العوامل المؤثرة على حالة الاتزان الكيميائي، وخاصةً في التفاعلات التي تحوي مواد غازية؛ ويُعزى ذلك إلى أثر الضغط على حجم الغاز المحصور، حيث يتناسب حجمه عكسياً مع الضغط الخارجي الواقع عليه، وبذلك يتناسب تركيز الغاز المحصور طردياً مع الضغط الخارجي الواقع عليه. وقد تعلمّت سابقاً أثر التّغيُر في تركيز أحد مكونات النظام على حالة الاتزان حسب قاعدة لوتشاتيليه.

ولتتعرف أثر الضغط على حالة الاتزان عند ثبات درجة الحرارة، ادرُس الشكل (2) الآتي، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:



الشكل (2): أثر تغيُّر الضغط الخارجي على حالة الاتزان

1- أكمل الجدول الآتي:

عدد جزيئات المادة	الحالة (أ)	الحالة (ب)	الحالة (ج)
A			2
B	4		

2- بيّن أثر زيادة الضغط على عدد جزيئات كل من A و B.

3- بيّن أثر نقصان الضغط على عدد جزيئات كل من A و B.

4- استنتج عَلاقة تُبيِّن أثر الضغط الخارجي على حالة الاتزان الكيميائي.

لعلّك توصلت ممّا سبق أنّه في حالة زيادة الضغط الخارجي الواقع على النظام الموجود في حالة اتزان كيميائي، فإنّ النظام يُعدل من حالته؛ للتقليل من أثر زيادة الضغط، بحيث يتجه نحو الطرف الذي يحتوي على العدد الأقل لمجموع مولات المواد في الحالة الغازية فقط، وأما في حالة نقصانه، فإنّ النظام يتجه نحو الطرف الذي يحتوي على العدد الأكبر لمجموع مولات المواد الغازية في المعادلة الموزونة.

سؤال:

ما أثر تغيُّر الضغط على حالة الاتزان الكيميائي، إذا تساوى عدد مولات المواد الغازية المتفاعلة والناتجة في المعادلة الموزونة؟

مثال (4):

يتفكك فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 عند درجة 800 ْس حسب المعادلة الموزونة الآتية:

$$H_2O_{2(g)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)} + 1/2\ O_{2(g)}$$

بيّن أثر زيادة الضغط الكلي عند ثبات درجة الحرارة على كل من:

أ- حالة الاتزان. ب- قيمة ثابت الاتزان.

الحل:

أ- يتبين من المعادلة الموزونة أنّ مجموع عدد مولات المواد الغازية المتفاعلة هو 1 مول، بينما مجموع عدد مولات المواد الغازية الناتجة 1.5 مول؛ لذا فإنّ زيادة الضغط الكلي يؤدي إلى انحياز التفاعل نحو المواد المتفاعلة، فيقل عدد مولات كل من O_2 و H_2O، ويزداد عدد مولات H_2O_2.

ب- بما أنّ درجة الحرارة بقيت ثابتة، فإنّ قيمة ثابت الاتزان **لا** تتغيّر.

سؤال:

لديك التفاعل المُتزن الآتي: $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3\ (g)} + 198\ KJ$، مُعتمداً على مبدأ لوتشاتيلييه، ما أثر كلٍّ من الآتية على عدد مولات SO_3 عند ثبات درجة الحرارة؟

1- إضافة جديدة من O_2.

2- تقليل تركيز SO_2 .

3- تقليل حجم النظام.

4- تقليل الضغط الكلي للنظام.

(4.2.5): حسابات الاتزان الكيميائي:

تُعَدُّ دراسة حالة الاتزان الكيميائي من الناحية الكمّيّة ذات أهمّيّة خاصة؛ لأنّها تُشكل الأساس الذي تُبنى عليه التطبيقات العمليّة للتفاعلات الكيميائية، وللتعرّف إلى الحسابات الكيميائية في حالة الاتزان، ادرُس الأمثلة الآتية:

مثال (5):

وعاء حجمه لتر واحد، يحتوي على 0.15 مول من غاز H_2، و 0.25 مول من غاز N_2، و0.1 مول من غاز NH_3 في حالة اتزان عند درجة حرارة معينة:

1- احسب قيمة ثابت الاتزان Kc للتفاعل المُتزن الآتي: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ عند درجة الحرارة نفسها.

2- احسب قيمة ثابت الاتزان Kc` للتفاعل العكسي عند درجة الحرارة نفسها.

الحل:

1- لحساب قيمة ثابت الاتزان Kc، يلزم حساب تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة عند الاتزان:

$[H_2] = \frac{\text{ن}}{\text{ح}} = \frac{0.15}{1} = 0.15$ مول/لتر.

$[N_2] = \frac{\text{ن}}{\text{ح}} = \frac{0.25}{1} = 0.25$ مول/لتر.

$[NH_3] = \frac{\text{ن}}{\text{ح}} = \frac{0.1}{1} = 0.1$ مول/لتر.

[X]: تركيز X بالمولارية.
ن: عدد المولات.
ح: الحجم.

وبتعويض التراكيز في صيغة ثابت الاتزان Kc، فإنّ:

$$Kc = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3 \times [N_2]} = \frac{(0.1)^2}{(0.15)^3 \times (0.25)} = 11.85$$

2- التفاعل العكسي هو: $2NH_{3(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$

$$Kc` = \frac{[H_2]^3 \times [N_2]}{[NH_3]^2} = \frac{(0.15)^3 \times (0.25)}{(0.1)^2} = 0.084$$

لاحظ أنّ $Kc` \times Kc = 1$

مثال (6):

يتفكك غاز NOCl عند درجة حرارة 35 °س حسب المعادلة الموزونة الآتية:

$$2NOCl_{(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + Cl_{2(g)}$$

فإذا وُضِع 1.0 مول من غاز NOCl في وعاء حجمه 2.0 لتر عند درجة حرارة 35 ْس، احسب تراكيز مواد التفاعل عند الاتزان، علماً أنّ قيمة ثابت الاتزان Kc تساوي 1.6×10^{-5}

الحل:

نحسب تركيز NOCl الابتدائي $[NOCl]_0$

$[NOCl]_0 = \frac{\text{ن}}{\text{ح}} = \frac{1}{2} = 0.5$ مول/ لتر

$$2NOCl_{(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + Cl_{2(g)}$$

التركيز الابتدائي	صفر	صفر	0.5
التغير في التركيز	+ س	+ 2س	- 2س
التركيز عند الاتزان	س	2س	0.5 - 2س ≈ 0.5

$$Kc = \frac{[NO]^2 \times [Cl_2]}{[NOCl]^2}$$

$$1.6 \times 10^{-5} = \frac{\text{س} \times (2\text{س})^2}{(0.5 - 2\text{س})^2}$$

وبما أنّ $\frac{[NOCl]_0}{Kc} = \frac{0.5}{1.6 \times 10^{-5}} = 31250$ وهي أكبر من 400؛ لذا نهمل مقدار النقص في التركيز للمتفاعلات، وتصبح المعادلة على النحو الآتي:

$$1.6 \times 10^{-5} = \frac{4 \times \text{س}^3}{(0.5)^2}$$

$\text{س}^3 = 1 \times 10^{-6}$ مول/لتر ومنه $\text{س} = \sqrt[3]{1 \times 10^{-6}} = 1 \times 10^{-2}$ مول/لتر، وعليه فإنّ التراكيز عند الاتزان هي:

$[Cl_2] = \text{س} = 0.01$ مول/لتر

$[NO] = 2\text{س} = 2 \times 0.01 = 0.02$ مول/لتر

$[NOCl] = 0.5 - 2\text{س} \approx 0.5$ مول/لتر

قاعدة عامة:

يمكن إهمال قيمة المتفكك من المتفاعل عند الاتزان في حالة كون:

$$\frac{[\text{المتفاعل}]_0}{Kc} > 400$$

مثال (7):

وُضِع 2 مول من غاز SO_3 في وعاء، سعته 10 لتر على درجة حرارة 127 ْس، حيث تفكّك

حسب المعادلة الموزونة الآتية حتى وصل النظام إلى حالة اتزان: $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$ ،
فإذا وُجد أنّ تركيز غاز SO_2 عند الاتزان يساوي 0.02 مول/لتر:

-1 احسب قيمة ثابت الاتزان Kc لهذا التفاعل. -2 احسب النسبة المئوية لتفكك غاز SO_3.

الحل:

-1 نحسب تركيز SO_3 الابتدائي: $[SO_3]_0 = \frac{\text{ن}}{\text{ح}} = \frac{2}{10} = 0.2$ مول/لتر.

$$2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

التركيز الابتدائي	صفر	صفر	0.2
التغير في التركيز	+ س	+ 2س	- 2س
التركيز عند الاتزان	س	2س	0.2 - 2س

$$Kc = \frac{[SO_2]^2 \times [O_2]}{[SO_3]^2}$$

بما أنّ $[SO_2]$ عند الاتزان = 0.02 مول/لتر، فإنّ:

2س = 0.02 $\Longleftarrow$ س = $\frac{0.02}{2}$ = 0.01 مول/لتر. إذن، تراكيز مواد التفاعل عند الاتزان:

$[SO_2]$ = 0.02 مول/لتر.

$[SO_3]$ = 0.2 - 2 س = 0.2 - 0.02 = 0.18 مول/لتر.

$[O_2]$ = س = 0.01 مول/لتر.

ومنه $Kc = \frac{(0.02)^2 \times 0.01}{(0.18)^2} = 1.23 \times 10^{-4}$

-2 النسبة المئوية لتفكك غاز SO_3 = (الكمية المتفككة ÷ الكمية الأصلية) × 100%

النسبة المئوية لتفكك غاز $SO_3 = \frac{0.02}{0.2} \times 100\% = 10\%$

سؤال:

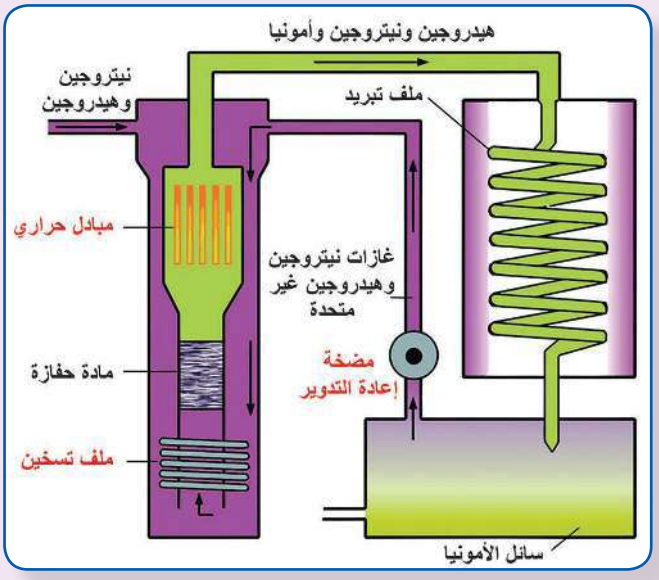
إذا علمّت أنّ قيمة ثابت الاتزان Kc للتفاعل المُتزن الآتي: $CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$
عند درجة حرارة 1200ك يساوي 4، احسب تركيز CH_4 عند الاتزان، علماً أنّ تركيز كل من مواد التفاعل CO ، H_2 ، $H_2O_{(g)}$ على الترتيب عند الاتزان هي: 0.29 ، 1.3 ، 0.85 مول/لتر.

الكيمياء والتكنولوجيا والمجتمع
تحضير النشادر(NH_3) صناعياً

تُعَـدُّ الأمونيـا مادة أولية مهمة في عـدة صناعات، كصناعة الأسـمدة، وصناعة المنظّفات المنزليـة. ويتم تحضيرها صناعيـاً باتحاد غازَي النيتروجين والهيدروجين التـي تُعرف بطريقة هابر-بـوش، وَفقاً للمعادلـة الموزونة الآتية:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

ولـم يكـن تفاعـل النيتروجيـن مـع الهيدروجيـن عمليّـة سـهلة، لكـن هابـر نجـح فـي تهيئـة الظـروف اللازمـة مخبريـاً لإحـداث التفاعـل، مُسـتخدماً ضغطـاً، ودرجـة حـرارة مناسـبين، وحفّـازاً هـو عنصـر الأوزميـوم، وطـوّر كارل بـوش جهـاز هابـر المخبـري إلـى الحجـم الصناعـي، حيـث قـام ببنـاء المعـدات القـادرة علـى تحمـل الضغـط الشـديد، واسـتخدم مسـحوق الحديـد المحتـوي علـى أكاسـيد البوتاسـيوم والكالسـيوم والألمنيـوم كحفّـاز؛ لتسـريع التفاعـل. ويتلخـص إنتـاج الأمونيـا بهـذه الطريقـة بفصـل النيتروجيـن مـن الهـواء بوسـاطة التقطيـر التجزيئـي، ويلـي ذلـك تفاعـل النيتروجيـن مـع الهيدروجيـن بنسـبة مولية (3:1) علـى التوالـي عنـد درجـة حـرارة (475 °س)، وتحـت ضغـط (300) ضغـط جـوي، بوجود بعض أكاسـيد المعادن، مثل أكسـيد الألمنيـوم، وتـزداد نسـبة الأمونيـا الناتجـة بزيـادة الضغـط، وانخفـاض درجـة الحـرارة.



السُّؤال الأوّل: اختر رمز الإجابة الصحيحة في كل ممّا يأتي:

1- أيُّ العبارات الآتية صحيحة فيما يتعلق بالاتزان الكيميائي؟

أ) يتوقف التفاعل الأمامي.

ب) تُستهلك المواد المتفاعلة تماماً.

جـ) تتساوى تراكيز المواد المتفاعلة مع تراكيز المواد الناتجة.

د) تتساوى سرعة التفاعل الأمامي مع سرعة التفاعل العكسي.

2- ما الظروف التي تعمل على زيادة كمية غاز الأمونيا NH_3 حسب المعادلة الموزونة الآتية:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} \qquad \triangle H = -91.4\ KJ$$

أ) زيادة الضغط، ودرجة الحرارة.

ب) زيادة الضغط، وخفض درجة الحرارة.

جـ) خفض الضغط، وخفض درجة الحرارة.

د) خفض الضغط، وزيادة درجة الحرارة.

3- ما العامل الذي يزيد من قيمة ثابت الاتزان للتفاعل المُتزن الافتراضي:

$$A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons AB_{(g)} + \text{طاقة}$$ ؟

أ) زيادة $[AB]$.

ب) زيادة الحجم.

جـ) زيادة الضغط.

د) زيادة درجة الحرارة.

4- ما الصيغة التي تعبّر عن ثابت الاتزان K_C للتفاعل:

$$CO_{(g)} + NiO_{(s)} \rightleftharpoons Ni_{(s)} + CO_{2(g)}$$ ؟

أ) $\dfrac{[Ni]\times[CO_2]}{[CO]\times[NiO]}$

ب) $\dfrac{[CO_2]}{[CO]}$

جـ) $\dfrac{[NiO]\times[CO]}{[CO_2]\times[Ni]}$

د) $\dfrac{[CO]}{[CO_2]}$

-5 إذا كانت قيمة ثابت الاتزان Kc للتفاعل المُتزن: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ تساوي 64 عند درجة حرارة معينة، فكم تصبح قيمته عندما ينقص حجم وعاء التفاعل إلى النصف عند درجة الحرارة نفسها؟

أ) 16 ب) 32 جـ) 64 د) 128

السُّؤال الثّاني: وضّح المقصود بالمفاهيم الآتية:

مبدأ لوتشاتلييه، والاتزان الديناميكي، وثابت الاتزان.

السُّؤال الثّالث: اكتب تعبير ثابت الاتزان Kc لكلّ ممّا يأتي:

-1 $H_{2(g)} + C_2N_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCN_{(g)}$

-2 $CN^-_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCN_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

-3 $2NaHCO_{3(s)} \rightleftharpoons Na_2CO_{3(s)} + H_2O_{(g)} + CO_{2(g)}$

السُّـؤال الرّابع: إذا علمّت أنّ Kc يساوي 9 للتفاعل المُتزن $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ عند درجة حرارة معيّنة، فإذا تم خلط مولات متساوية من H_2 و I_2 في وعاء مغلق، سعته 1 لتر، وعند الاتزان، وُجد أنّ عدد مولات HI تساوي 0.2 مول عند درجة الحرارة نفسها، احسب:

-1 تركيز H_2 ، و I_2 عند الاتزان.

-2 عدد مولات H_2 الابتدائية.

أسئلة الوحدة

السُّؤال الأوّل: اختر رمز الإجابة الصحيحة في كلّ ممّا يأتي:

1- ما سرعة تكوّن H_2O حسب التفاعل الموزون: $4NH_3 + 5O_2 \longrightarrow 4NO + 6H_2O$، إذا كانت سرعة استهلاك $NH_3 = 0.24$ مول/لتر.ث؟

أ) 0.16 ب) 0.3 جـ) 0.36 د) 0.4

2- أيّ العبارات الآتية صحيحة فيما يتعلق بالتفاعل الموزون: $2N_2O_{5(g)} \longrightarrow 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$ ؟

أ) سرعة تكوّن NO_2 = نصف سرعة استهلاك N_2O_5 .

ب) سرعة تكوّن NO_2 = سرعة استهلاك N_2O_5.

جـ) سرعة تكون O_2 = ضعف سرعة استهلاك N_2O_5.

د) سرعة تكون O_2 = نصف سرعة استهلاك N_2O_5.

3- إذا كانت قيمة K_C للتفاعل $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ تساوي 50، فإنّ قيمة K_C للتفاعل $2HI_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + I_{2(g)}$ عند درجة الحرارة نفسها تساوي:

أ) 0.02 ب) $\sqrt{50}$ جـ) 50 د) $(50)^2$

4- ما العامل الذي يعمل على تخفيض طاقة التنشيط للتفاعل الكيميائي؟

أ) التبريد. ب) زيادة تركيز المواد المتفاعلة.

جـ) التسخين. د) إضافة حفّاز.

5- ما قيمة Kc للتفاعل المُتزن الافتراضي $A_{(g)} \rightleftharpoons B_{(g)} + C_{(g)}$ ، إذا وُضِع 1 مول من المادة A في وعاء، سعته لتر واحد، وعند الاتزان وُجدَ أنّ الوعاء يحتوي على 0.2 مول/لتر من المادة B؟

أ) 5 ب) 0.5 جـ) 0.05 د) 0.005

6- أيّ العبارات صحيحة فيما يتعلق بتراكيز مواد التفاعل عند حالة الاتزان؟

أ) تراكيز المواد المتفاعلة تكون أكبر ما يمكن.

ب) تراكيز المواد الناتجة تكون أقل ما يمكن.

جـ) تراكيز المواد المتفاعلة، وتراكيز المواد الناتجة تكون أكبر ما يمكن.

د) تراكيز المواد المتفاعلة، وتراكيز المواد الناتجة تكون ثابتة.

السُّؤال الثّاني: فسّر كلّاً ممّا يأتي:

1- حرق السكر في جسم الإنسان يتم عند 37 ْس، بينما يحتاج حرقه في المختبر إلى درجة حرارة أعلى.

2- لا تؤدي جميع التصادمات بين دقائق المواد المتفاعلة إلى حدوث تفاعل.

3- تبقى تراكيز مكونات التفاعل ثابتة عند الاتزان.

السُّؤال الثّالث: ما أثر كلّ من الآتية على إنتاج الميثانول CH_3OH حسب النظام المُتزن الآتي:

حرارة + $CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_3OH_{(g)}$ ؟

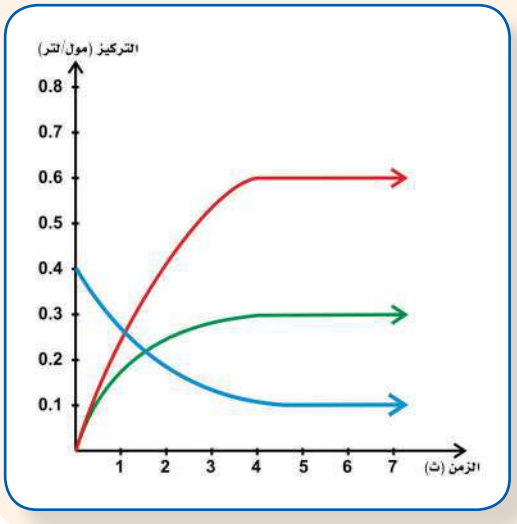
1- إضافة CO.

2- خفض درجة الحرارة.

3- تقليل حجم وعاء التفاعل.

السُّؤال الرّابع: يبيّن الشكل المجاور تغيّر التراكيز مع مرور الزمن لمواد التفاعل الافتراضي الآتي:

$A_{(g)} \rightleftharpoons 2B_{(g)} + C_{(g)}$



اعتماداً على الشكل، أجب عن الأسئلة الآتية:

1- حدّد على الشكل المنحنى الخاص بكلّ مادة من مواد التفاعل.

2- ما الزمن الذي وصل عنده التفاعل لحالة اتزان؟

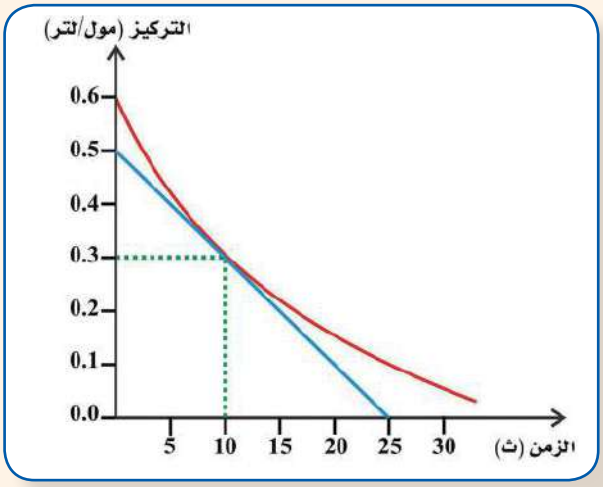
3- جِدْ قيمة ثابت الاتزان (Kc) للتفاعل الافتراضي السابق.

السُّؤال الخامس: في التفاعل المُتزن الآتي: $PCl_{5\ (g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2\ (g)}$، سُخّنت كمية من PCl_5 في وعاء سعته 12 لتر، ووجد أنه يحتوي عند الاتزان على $PCl_5 = 0.21$ مول، $PCl_3 = 0.32$ مول، $Cl_2 = 0.32$ مول، احسب النسبة المئوية لتفكك PCl_5 عند الاتزان.

السُّؤال السّادس: يبيّن الشكل أدناه تغيّر تركيز المادة A مع الزمن حسب المعادلة الموزونة الآتية: $A \longrightarrow 2C$

1- احسب السرعة اللحظية عند الثانية العاشرة.

2- احسب سرعة تكوّن C في الفترة بين (صفر) ث، و (10) ث.



السُّؤال السّابع: أقيّم ذاتي:

أقرأ كل عبارة من العبارات الآتية، ثم أضع إشارة (✓) في المكان المناسب:

الرقم	العبارة	دائماً	أحياناً	نادراً
1.	أستطيع أن أجري حسابات متعلقة بسرعة التفاعل والإتزان الكيميائي.			
2.	أستطيع توظيف التجارب العلمية لدراسة العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل، والإتزان الكيميائي.			
3.	أستطيع التنبؤ بأثر العوامل المختلفة على حالة الإتزان، وقيمة ثابت الإتزان.			

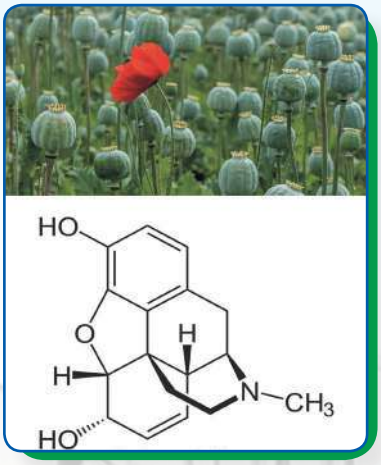
الكيمياء العضوية
(Organic Chemistry)

ما الصفات التي أودعها اللّه - سبحانه وتعالى - في المركّبات العضويّة حتى أصبحت كيمياء مركّباتها بهذا التنوّع في مجالات الحياة المختلفة؟

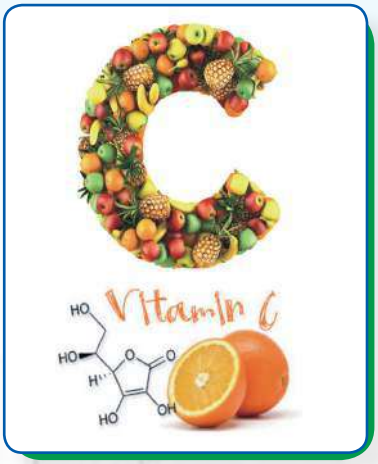
يتوقع من الطلبة بعد دراسة هذه الوحدة، والتفاعل مع أنشطتها أن يكونوا قادرين على تَوظيف المجموعات الوظيفية في تصنيف المركبات العضوية، ودراسة بعض خصائصها وتطبيقاتها المختلفة، من خلال تحقيق الآتي:

- تصنيف الهيدروكربونات الأليفاتيّة بمخططات.
- كتابة أسماء الهيدروكربونات الأليفاتيّة باستخدام نظام الأيوباك.
- تمييز المتشكّلات الهندسيّة في الألكينات بالرسومات.
- رسم الصيغة البنائية لجزيء البنزين وبعض مشتقاته.
- كتابة أسماء بعض مشتقات البنزين.
- كتابة الصيغة العامة لبعض المركبات العضوية.
- تصنيف المركبات العضوية، اعتماداً على مجموعاتها الوظيفية بالمخططات.
- كتابة أسماء بعض المركّبات العضوية، باستخدام نظام الأيوباك (IUPAC).
- تصميم نماذج لبعض صيغ المركّبات العضويّة.
- توظيف الصيغة البنائية للمركّب العضوي في تفسير خصائصه الفيزيائية.
- البحث في تطبيقات بعض المركّبات العضويّة في الحياة.

Aspirin
أسبرين



Morphine
مورفين



Vitamin C
فيتامين ج

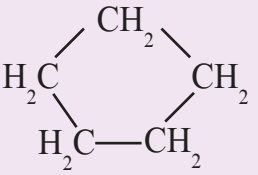
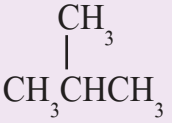
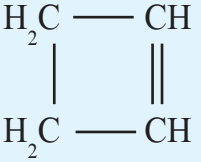
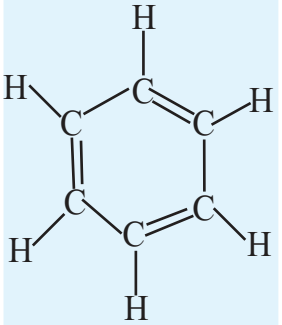
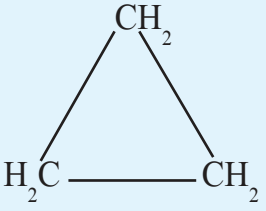
(1.1.6): الهيدروكربونات الأليفاتية (Aliphatic Hydrocarbons):

الألكانات، والألكينات، والألكاينات (Alkanes, & Alkenes, & Alkynes):

تعلّمت سابقاً أنّ الهيدروكربونات تتكوّن من عنصرَي الكربون والهيدروجين فقط، ولكنّها تختلف عن بعضها برتب الروابط التساهميّة بين ذرات الكربون في المركّب، ولأنّ عدد المركّبات الهيدروكربونيّة كبير، تمّ تصنيفها إلى عدة مجموعات؛ من أجل تسهيل دراستها، وللتعرّف إليها، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط (1): تصنيف الهيدروكربونات:

تأمّل صيغ الهيدروكربونات في الجدول الآتي، ثمّ أجب عن الأسئلة التي تليه:

$H_3C - CH_3$ (1)	$H_2C = CH_2$ (2)	$HC \equiv CH$ (3)
 (4)	 (5)	$CH_3CH_2CH_2CH_3$ (6)
 (7)	 (8)	 (9)

-1 صنّف المركّبات السابقة إلى هيدروكربونات مُشبعة وغير مُشبعة.

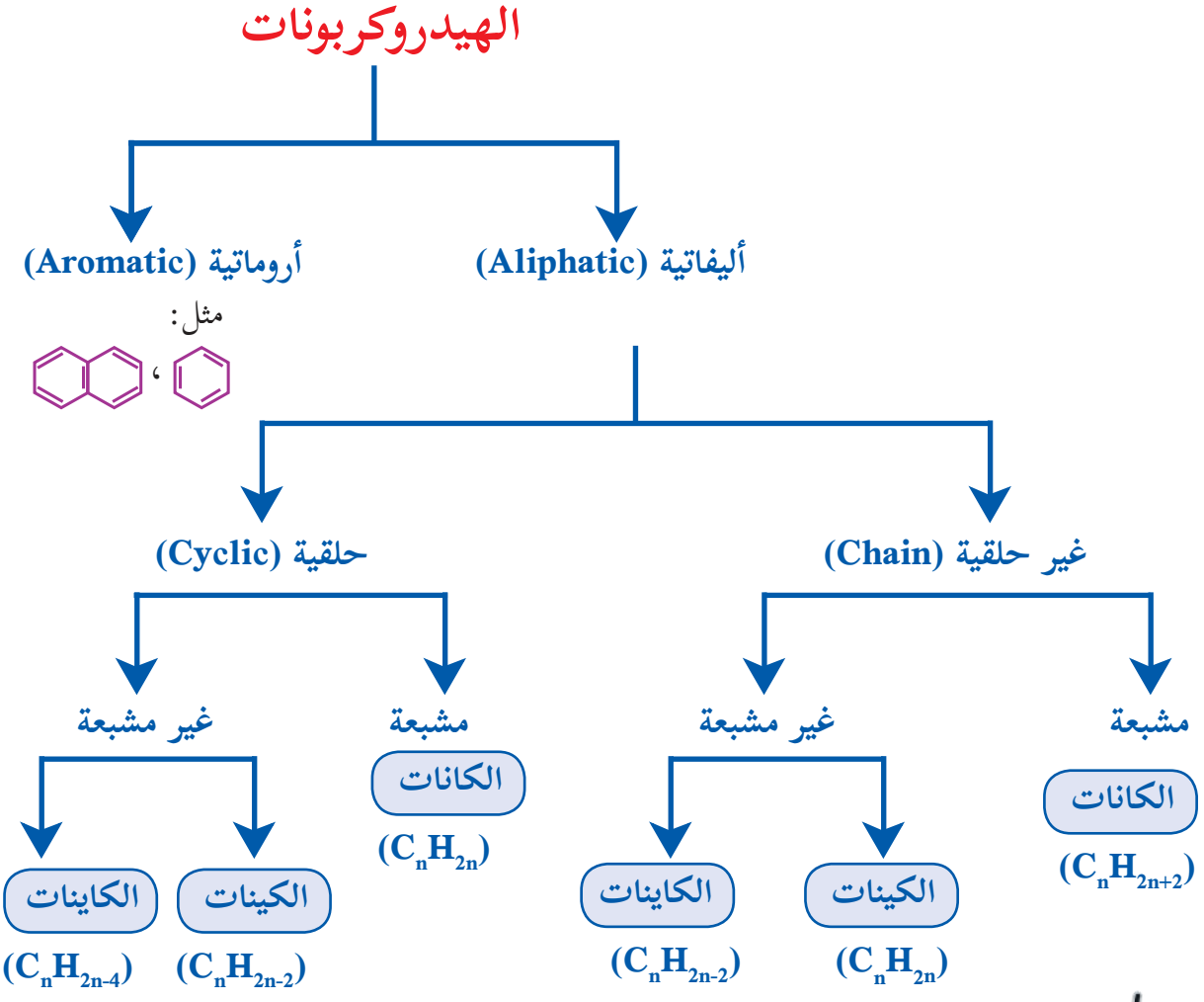
-2 حدّد رتبة الرابطة بين ذرات الكربون في المركّبين 2، 4.

-3 ما الصّيغة العامة التي تبيّن العلاقة بين عدد ذرات الكربون، وعدد ذرات الهيدروجين للمركبات 1،5،6؟

4- يُصنّف المركّبان (4) و (9) ضمن المركّبات الهيدروكربونية الحلقية المشبعة، اكتب الصّيغة العامة لهذا النوع من المركّبات.

5- أيّ من الصّيغ البنائيّة السابقة تمثل متشكّلات؟

لعلّك توصّلت بعد إجابتك عن أسئلة النشاط السابق، أنّ الهيدروكربونات المُشبعة وغير المُشبعة قد تكون سلسلة مستقيمة، أو متفرعة، أو حلقيّة، والمخطط الآتي يوضّح تصنيف المركّبات الهيدروكربونيّة:



نشاط تعزيزي:

لديكَ مركّب هيدروكربوني، صيغته الجزيئيّة C_4H_8، استخدم نماذج الذرات في بناء نماذج مختلفة لهذا المركّب.

(2.1.6): التّسمية النّظاميّة للهيدروكربونات الأليفاتيّة حسب نظام الأيوباك

(Nomenclature of Hydrocarbons According to IUPAC):

يلجأ الكيميائيون إلى تسمية المركّبات، من أجل تمييزها عن بعضها، ولقد استُخدمت أسماءٌ شائعةٌ ومقاطع خاصة لتسمية بعض المركّبات، والجدول (1) يُبيّن التسمية الشّائعة لبعض المركّبات الهيدروكربونية:

الجدول (1): الأسماء الشائعة لبعض المركّبات الهيدروكربونية

الرقم	الصيغة	الاسم
1	$H_2C = CH_2$	ايثيلين
2	$HC \equiv CH$	استيلين
3	$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$	أيزو بيوتان
4	$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}}}-CH_3$	نيوبنتان

ونظراً لكثرة الهيدروكربونات الطَّبيعيّة والمُصنّعة التي لا يمكن الإلمام بأسمائها الشائعة، فقد اقترح الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقيّة طريقةً منظّمةً لتسميتها، بحيث يكون لكلّ مركّب اسمٌ خاصٌّ يميزه عن غيره.

الأيوباك: هي كلمة تُستخدم اختصاراً للاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC –International Union of Pure and Applied Chemistry).

أولاً: تسمية الألكانات:

تسمية الألكانات غير الحلقية:

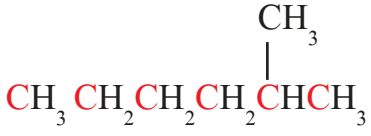
تعلّمت في الصف العاشر تسمية الألكانات غير الحلقيّة وغير المتفرّعة، بناءً على عدد ذرات الكربون المكوّنة لها، كما هو موضّح في الجدول (2) الآتي:

الجدول (2): الاسم النظامي لبعض الألكانات غير المتفرعة

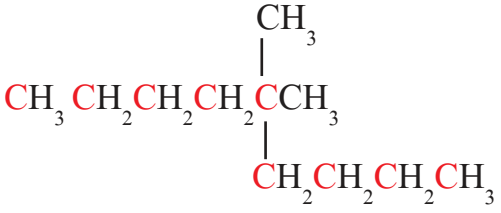
عدد ذرات الكربون	الصيغة الجزيئيّة	الصيغة البنائيّة	اسم الألكان
1	CH_4	CH_4	ميثان
2	C_2H_6	CH_3CH_3	إيثان
3	C_3H_8	$CH_3CH_2CH_3$	بروبان
4	C_4H_{10}	$CH_3CH_2CH_2CH_3$	بيوتان
5	C_5H_{12}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$	بنتان

أما في حالة الألكانات المتفرّعة، فيتم تسميتها حسب نظام الأيوباك، باتّباع القواعد الآتية:

-1 نبحث عن أطول سلسلة متواصلة من ذرات الكربون في الجزيء الواحد، وتُعدّ السّلسلة الرّئيسة للهيدروكربون الذي يُشتقّ منه الاسم، ولا يشترط أن تكون السلسلة مكتوبة على سطر أفقي، فمثلاً:



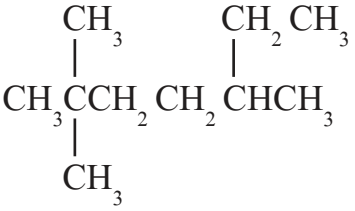
أطول سلسلة مُكوَّنة من ستّ ذرات كربون

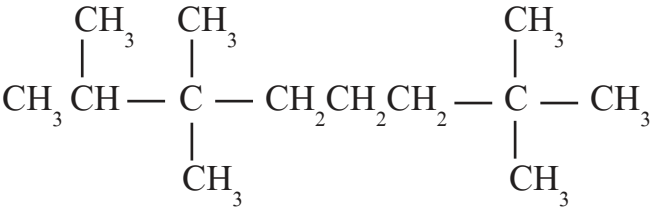


أطول سلسلة مُكوَّنة من تسع ذرات كربون

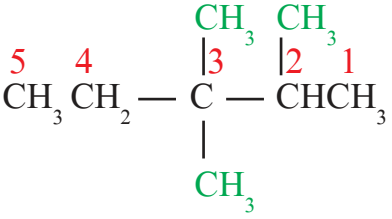
سؤال:

ما عدد ذرات الكربون المُكوِّنة لأطول سلسلة في كل من المركّبين الآتيين؟

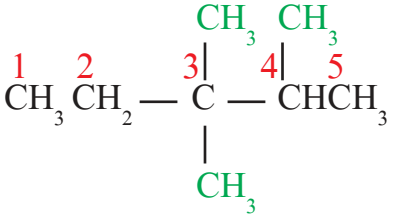




2- نُرقِّم ذرات الكربون في أطول سلسلة متواصلة من الطرف الذي يُعطي أقل مجموع من الأرقام الدالّة على أماكن التفرعات:



مجموع أرقام التفرعات 2+3+3 = 8



مجموع أرقام التفرعات 3+3+4 = 10

3- نُسمي المجموعات الهيدروكربونيّة المتفرّعة التي تُعرف بالمجموعات الألكيليّة (R)، وصيغتها العامة C_nH_{2n+1}، وذلك بأن نستبدل بالمقطع (ان) في الألكان المقطع (يل)، كما هو موضّح في الجدول (3) الآتي:

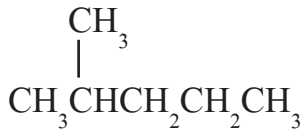
الجدول (3): الاسم النظامي لبعض المجموعات الألكيليّة

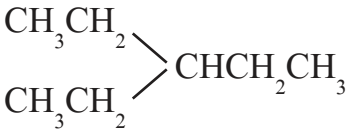
الألكان (R-H)	مجموعة الألكيل المشتقة (R–)	الاسم باللغة العربيّة	الاسم باللغة الإنجليزيّة
CH_4	CH_3-	ميثيل	Methyl
CH_3CH_3	CH_3CH_2-	إيثيل	Ethyl
$CH_3CH_2CH_3$	$CH_3CH_2CH_2-$	بروبيل	Propyl
$CH_3CH_2CH_3$	CH_3CHCH_3	أيزو بروبيل	Iso-propyl

4- نُسمي الألكان المتفرّع، بذكر رقم ذرة الكربون الموجود عليها التفرّع، ثمّ اسم المجموعة الألكيلية المتفرّعة، يليها اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة هيدروكربونيّة في الصّيغة، كما في الأمثلة الآتية:

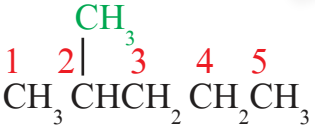
مثال (1):

ما الاسم النظامي للمركّبين الآتيين؟

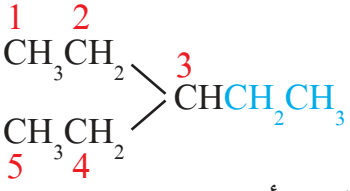




الحل:



تتكوّن أطول سلسلة من خمس ذرات كربون، ومجموعة الميثيل توجد على ذرة الكربون رقم 2، ولذلك فإنّ اسم المركّب: 2-ميثيل بنتان.

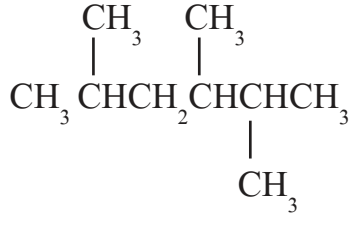


تتكوّن أطول سلسلة من خمس ذرات كربون ومجموعة الإيثيل توجد على ذرة الكربون رقم 3، ولذلك فإنّ اسم المركّب: 3-إيثيل بنتان.

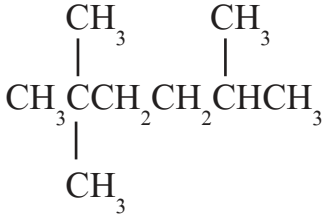
عند وجود أكثر من تفرّع متماثل على السّلسلة الهيدروكربونيّة الرّئيسة، تُستخدم المقاطع ثنائي، أو ثلاثي، أو رباعي، لتدلّ على عدد تكرار التفرعات المتماثلة قبل اسم الفرع.

مثال (2):

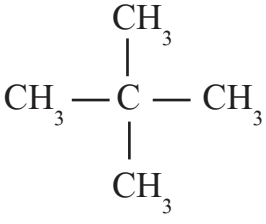
ما الاسم النظامي للمركّبات الآتية؟



(1)



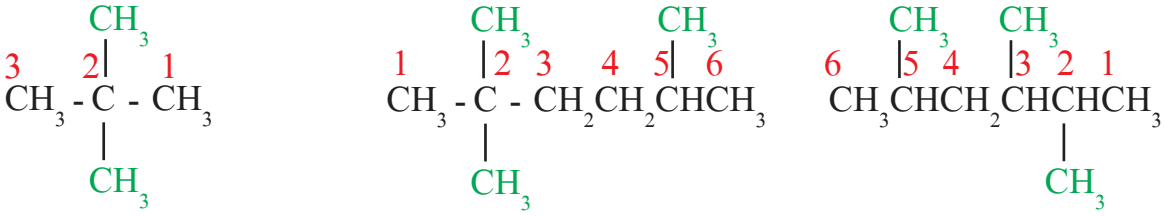
(2)



(3)

الحل:

نلاحظ أنّ أطول سلسلة في المركّب الأول (1) تحتوي على 6 ذرات كربون، فتكون السلسلة الرئيسة هي الهكسان، وأنّ مجموعات الميثيل المتفرّعة موجودة على ذرات الكربون ذات الأرقام 2، 3، 5، وبذلك يكون اسم المركّب 5،3،2-ثلاثي ميثيل هكسان، وباتباع الخطوات نفسها، نُسمّي المركّبين الآخرين:



5،3،2-ثلاثي ميثيل هكسان　　5،2،2-ثلاثي ميثيل هكسان　　2،2-ثنائي ميثيل بروبان

نضع خطّاً قصيراً؛ لفصل الأرقام عن الحروف، وفاصلة بين الأرقام المتتالية.

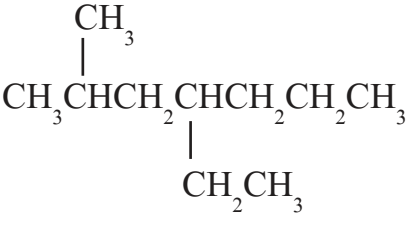
سؤال:

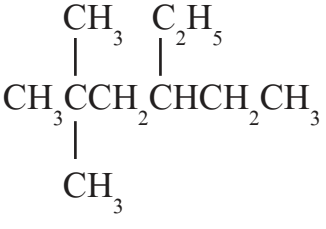
ارسم الصيغة البنائيّة للمركّب 3،3-ثنائي إيثيل بنتان.

عند وجود مجموعات ألكيليّة مختلفة على السّلسلة الرئيسة، فإنها تُسمّى طبقاً لترتيبها الهجائي باللّغة الإنجليزية.

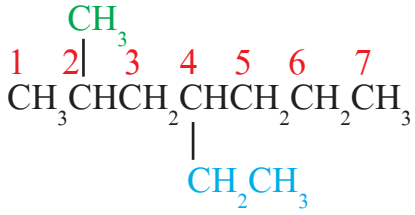
مثال (3):

ما الاسم النظامي للمركّبين الآتيين؟

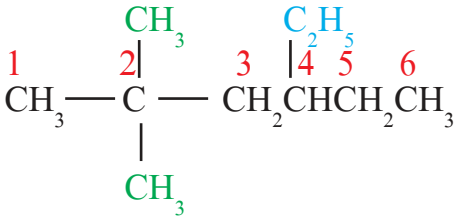




الحل:



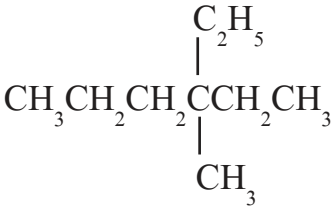
4-إيثيل-2-ميثيل هبتان



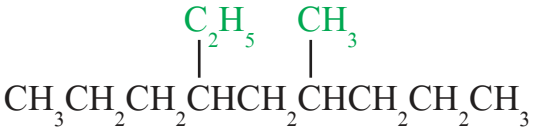
4-إيثيل-2،2-ثنائي ميثيل هكسان

سؤال:

سمِّ المركّب الآتي حسب نظام الأيوباك:

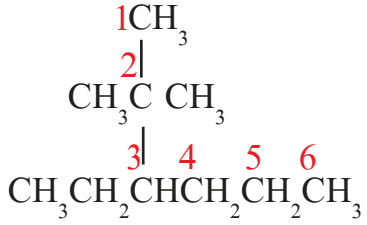


عند تساوي مجموع أرقام التفرعات من طرفَي السّلسلة، تُعطى أولوية الترقيم للترتيب الهجائي للمجموعات الألكيليّة، كما في المثال الآتي:

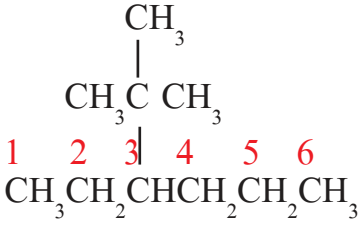


يُسمى المركّب 4-إيثيل-6-ميثيل نونان، وليس 6-إيثيل-4-ميثيل نونان.

عند تساوي فرص الترقيم لعدد ذرات الكربون نفسها في السّلسلة الرّئيسة، يتم اختيار السّلسلة التي يوجد بها أكبر عدد من التفرعات، كما هو موضّح في المثال الآتي:



ترقيم السّلسلة الأولى



ترقيم السّلسلة الثّانية

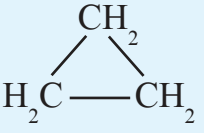
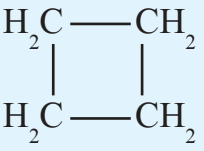
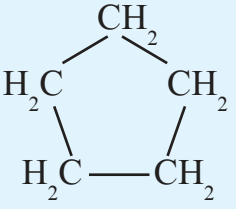
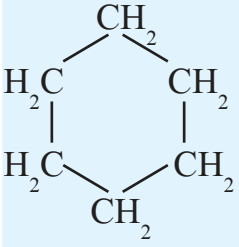
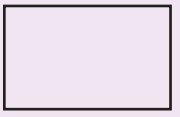
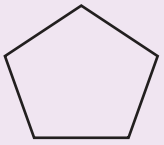
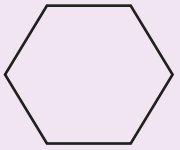
نُلاحظ أنّه يمكن تسمية سلسلتين في المركّب تحتويان على العدد نفسه من ذرات الكربون، ولكن يتم اختيار السلسلة التي يوجد بها أكبر عدد من التفرعات (السّلسلة الأولى)، وبذلك يكون الاسم الصحيح للمركّب: **3-إيثيل-2،2-ثنائي ميثيل هكسان.**

تسمية الألكانات الحلقية (Nomenclature of Cyclic Alkanes):

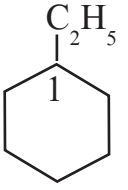
الألكانات الحلقيّة: هي هيدروكربونات مشبعة، صيغتها العامة C_nH_{2n}، تترتّب فيها ذرات الكربون على شكل حلقة أقلها ثلاث ذرات كربون، ويتم اتباع القواعد الآتية لتسمية الألكانات الحلقيّة:

1- نُسمّي الألكانات الحلقيّة غير المتفرعة بذكر المقطع سايكلو متبوعاً باسم الألكان، حسب عدد ذرات الكربون المكوِّنة للحلقة، كما هو موضّح في الجدول (4) الآتي:

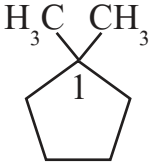
الجدول (4): الاسم النظامي لبعض الألكانات الحلقيّة

الصّيغة الجزيئيّة	C_3H_6	C_4H_8	C_5H_{10}	C_6H_{12}
الصّيغة البنائيّة				
الصّيغة الهيكلية				
الاسم النظامي	سايكلو بروبان	سايكلو بيوتان	سايكلو بنتان	سايكلو هكسان

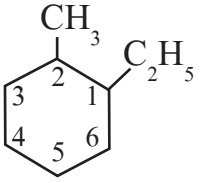
2- نُسمّي الألكانات الحلقيّة المتفرعة بقواعد تسمية الألكان غير الحلقي نفسها، بحيث يأخذ التفرّع رقم واحد دائماً، وفي حال وجود أكثر من تفرّع، نُرقِّم ذرات الكربون المُكوِّنة للحلقة، بحيث يكون مجموع أرقام التفرعات أقلّ ما يمكن، والأمثلة الآتية توضّح ذلك:



إيثيل سايكلو هكسان



1،1-ثنائي ميثيل سايكلو بنتان



1-إيثيل-2-ميثيل سايكلو هكسان

ثانياً: تسمية الألكينات:

تسمية الألكينات غير الحلقية:

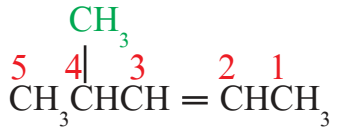
1- نُسمّي الألكينات المستقيمة وغير المتفرّعة التي تحتوي على رابطة ثنائيّة واحدة، وذلك بأن نستبدل بالمقطع (ان) في الألكان المقطع (ين) في الألكين المقابل، ويتم ترقيم أطول سلسلة تحتوي الرابطة الثنائيّة من الطرف الأقرب لها، كما هو موضّح في الجدول (5) الآتي:

الجدول (5): الاسم النظامي لبعض الألكينات المستقيمة

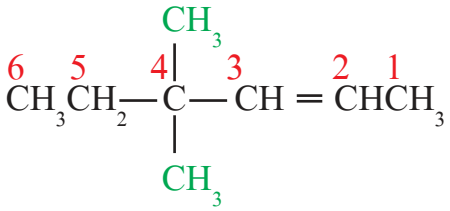
عدد ذرات الكربون	اسم الألكان	اسم الألكين المقابل	الصيغة الجزيئيّة	الصيغة البنائيّة
1	ميثان	-	-	-
2	إيثان	إيثين	C_2H_4	$CH_2=CH_2$
3	بروبان	بروبين	C_3H_6	$CH_3CH=CH_2$
4	بيوتان	1- بيوتين	C_4H_8	$CH_3CH_2CH=CH_2$
		2- بيوتين		$CH_3CH=CHCH_3$
5	بنتان	1- بنتين	C_5H_{10}	$CH_3CH_2CH_2CH=CH_2$
		2- بنتين		$CH_3CH_2CH=CHCH_3$

2- نُسمّي الألكينات المستقيمة والمتفرعة بقواعد تسمية الألكانات غير الحلقيّة نفسها، على أن تتضمّن السلسلة الرئيسة الرابطة الثنائية، بأقل رقم ممكن، كما هو موضّح في المثالين الآتيين:

يشار إلى موقع الرابطة الثنائية برقم أول ذرة كربون بدأت منها.

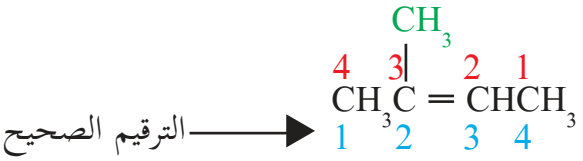


4-ميثيل-2-بنتين



4،4-ثنائي ميثيل-2-هكسين

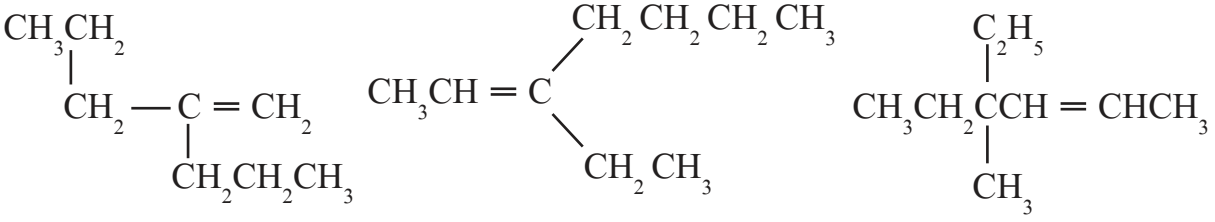
-3 إذا تساوى ترقيم الرابطة الثنائية من كلا طرفَي السّلسلة الرّئيسة، فإننا نُرقِّم من الطرف الأقرب إلى التفرع، كما هو موضّح في المثال الآتي:



2-ميثيل-2-بيوتين

سؤال:

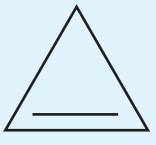
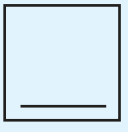
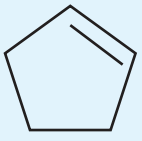
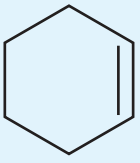
سمِّ الألكينات الآتية، حسب نظام الأيوباك:



تسمية الألكينات الحلقيّة:

الألكينات الحلقية: هي هيدروكربونات غير مشبعة، صيغتها العامة C_nH_{2n-2}، تترتب فيها ذرات الكربون على شكل حلقة أقلها ثلاث ذرات كربون، بحيث تحتوي رابطة ثنائية بين ذرّتَي كربون في الحلقة، وتُسمّى الحلقة المُكوِّنة للألكين بذكر كلمة سايكلو، ثمّ اسم الألكين، كما هو موضّح في الجدول (6) الآتي:

الجدول (6): الاسم النّظامي لبعض الألكينات الحلقية

الصّيغة الجزيئيّة	C_3H_4	C_4H_6	C_5H_8	C_6H_{10}
الصّيغة الهيكلية				
الاسم النظامي	سايكلو بروبين	سايكلو بيوتين	سايكلو بنتين	سايكلو هكسين

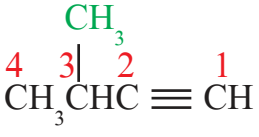
ثالثاً: تسمية الألكاينات غير الحلقية:

تُعَدّ الألكاينات هيدروكربونات غير مشبعة، تحوي رابطة ثلاثيّة بين ذرّتَي كربون متجاورتين، وصيغتها العامة C_nH_{2n-2}، ويشتق اسم الألكاين من اسم الألكان المقابل، وذلك بأن نستبدل بالمقطع (ان) في الألكان المقطع (اين) في الألكاين، كما هو موضّح في الجدول (7) الآتي:

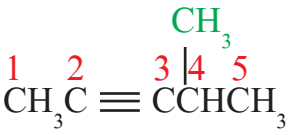
الجدول (7): الاسم النظامي لبعض الألكاينات غير الحلقية

عدد ذرات الكربون	اسم الألكان	اسم الألكاين المقابل	الصيغة الجزيئيّة	الصيغة البنائيّة
1	ميثان	-	-	-
2	إيثان	إيثاين	C_2H_2	$HC \equiv CH$
3	بروبان	بروباين	C_3H_4	$CH_3C \equiv CH$
4	بيوتان	1- بيوتاين	C_4H_6	$CH_3CH_2C \equiv CH$
5	بنتان	1- بنتاين	C_5H_8	$CH_3CH_2CH_2C \equiv CH$

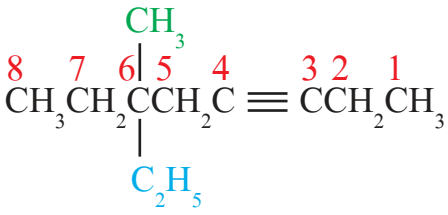
أما في حالة الألكاينات المتفرعة، فتُسمّى بقواعد تسمية الألكينات نفسها، كما في الأمثلة الآتية:



3-ميثيل-1-بيوتاين

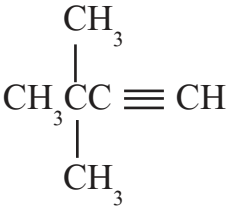


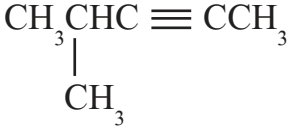
4-ميثيل-2-بنتاين

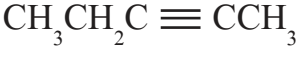


6-إيثيل-6-ميثيل-3-أوكتاين

سؤال: سمِّ الألكاينات الآتية، حسب نظام الأيوباك:







(3.1.6): التّشكّل الهندسي في الألكينات (Geometrical Isomers):

تعرّفت في الصف العاشر مفهوم التشكّل البنائي في الألكانات، فمثلاً: يمكن رسم البيوتان بشكلين، يمثّل الشكل الأول سلسلة مستقيمة من ذرّات الكربون، بينما يمثّل الآخر سلسلة متفرّعة عند ذرة الكربون رقم 2.

$CH_3CH_2CH_2CH_3$

ع-بيوتان

$CH_3CH(CH_3)CH_3$

2-ميثيل بروبان

ولا يقتصر وجود التشكّل البنائي في الألكانات، بل يوجد في الألكينات، كاختلاف موقع الرابطة الثنائيّة بين ذرّات الكربون، مثل 1-بنتين، و2-بنتين، وغيرها.

$CH_3CH_2CH_2CH=CH_2$

1-بنتين

$CH_3CH_2CH=CHCH_3$

2-بنتين

إضافة إلى وجود ظاهرة التشكل البنائي في الألكين، يوجد نوع آخر يُسمّى التشكّل الهندسي، يُعزى إلى عدم دوران المجموعات المرتبطة بذرّتَيْ كربون الرابطة الثنائية حول محورهما، بعكس الألكان الذي يكون الدوران فيه حرّا نسبياً، وللتعرّف إليه، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط (2): التّشكّل الهندسي في الألكينات:

تُمثّل الصّيغ البنائيّة الآتية ثلاث متشكّلات لألكين يحتوي على أربع ذرات كربون، تأمّل هذه الصيغ، ثمّ أجب عن الأسئلة التي تليها:

(أ) $CH_3CH_2CH=CH_2$

(ب) $CH_3CH=CHCH_3$

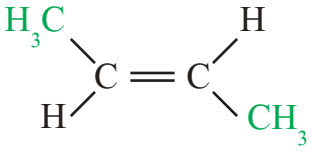
(ج) $CH_3C(CH_3)=CH_2$

1- سمِّ كلاً من المتشكّلات أ، ب، ج.

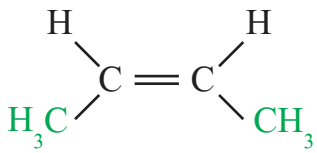
2- باستخدام نماذج الذرات، مثّل المتشكّلات السابقة.

3- أيّ المتشكّلات السابقة يمكن تمثيله بأكثر من طريقة؟

لعلّك توصلت بعد الإجابة عن أسئلة النشاط السابق، أنه يمكن تمثيل المتشكّل (ب) بطريقتين، بحيث تكون مجموعتا الميثيل بالاتجاه نفسه، أو بشكل متعاكس، كما يأتي:

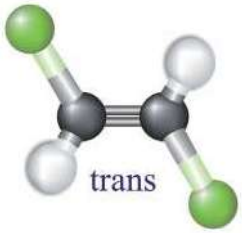


مجموعتا الميثيل باتجاه متعاكس

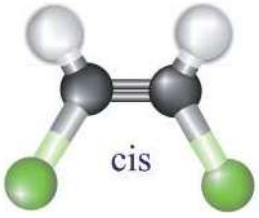


مجموعتا الميثيل بالاتجاه نفسه

ويُعرف هذا النوع من التّشكل بالتّشكل الهندسي، وهو نوع من التّرتيب الهندسي، ينشأ عندما تكون الذّرّتان أو المجموعتان المتصلتان بذرّتَي الكربون في الرابطة الثنائية مختلفتين، وغالباً ما تختلف المتشكلات الهندسيّة في صفاتها الفيزيائيّة، ونميّز بينها في التسمية، بإضافة الحرف (م)، وتعني: متجاور (الاتجاه نفسه cis)، والحرف (ض)، وتعني: مضاد (الجهة المقابلة trans)، والشكل (1) يوضح المتشكّلات الهندسيّة للمركّب 1،2-ثنائي كلوروإيثين، حيث تمثل الكرات الخضراء ذرات الكلور، والكرات الرماديّة ذرات الهيدروجين.



ض-1،2-ثنائي كلورو إيثين



م-1،2-ثنائي كلورو إيثين

الشكل (1): المتشكّلات الهندسيّة للمركّب 1،2-ثنائي كلورو إيثين

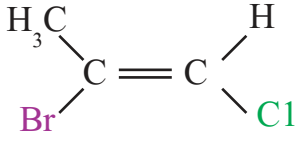
مثال(4):

ارسم المُتشكّلات الهندسيّة للمركّبين الآتيين:

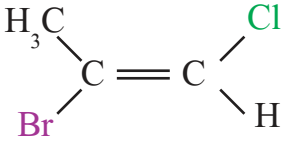
2-برومو-1-كلورو بروبين ، 3-هكسين

الحل:

يُمكن رسم المركّب الأول بطريقتين مختلفتين، ففي الطريقة الأولى، تكون ذرّتا الكلور والبروم في الاتجاه نفسه، بينما في الطريقة الثّانية تكون ذرّتا الكلور والبروم بعكس الاتجاه.

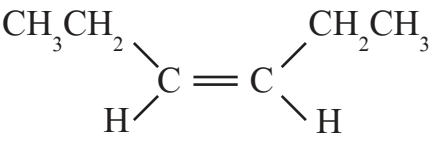


م-2-برومو-1-كلورو بروبين

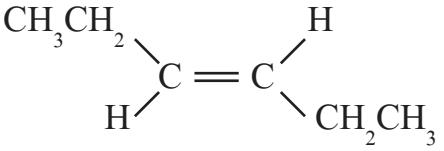


ض-2-برومو-1-كلورو بروبين

وكذلك يُمكن رسم شكلين هندسيين للمركّب 3-هكسين، بحيث تكون المجموعات المتشابهة في الشكل الأول بالاتجاه نفسه، وتُسمّى م-3-هكسين، وتكون مجموعات الشكل الآخر بعكس الاتجاه، وتُسمّى ض-3-هكسين، كما يأتي:



م-3-هكسين



ض-3-هكسين

فكّر: لماذا تكون الألكينات في وضع التّضادّ أكثر ثباتاً منها في وضع التّجاور؟

سؤال: أيّ الألكينات الآتية يمكن أن يكون فيه تشكّل هندسي؟

أ) 2-ميثيل-1-بنتين.　　ب) 2-بنتين.　　ج) 3-إيثيل-3-هكسين.

نشاط إثرائي:

ابحث في المصادر المتوافرة عن طرق التمييز بين الألكان والألكين عملياً.

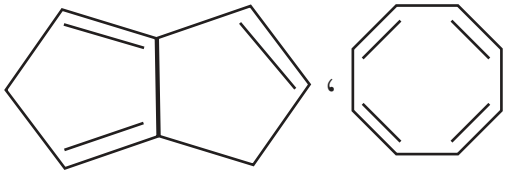
(4.1.6): الهيدروكربونات الأروماتية (Aromatic Hydrocarbons):

سُميَّت هذه المركّبات بالمركّبات العطريّة؛ نسبة إلى الكلمة الإغريقيّة Aroma، وتعني: الرائحة العطريّة، وبتقدّم علم الكيمياء، اتّضح أنّ جميع المركّبات الأروماتيّة تجمعها صفات معينة تميّزها عن غيرها، منها:

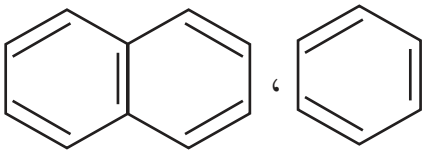
- جميع المركّبات الأروماتية حلقيّة غير مشبعة، تحتوي على روابط ثنائيّة متعاقبة.
- تتبّع قاعدة هكل (Huckel's Rule) التي تنصّ على أنّه « يكون المركّب أروماتياً، ويمتلك ثباتيّة خاصة إذا كان حلقياً ومستوياً، ويحتوي على سحابة من إلكترونات π (تظلل جميع ذرات الحلقة)، وعددها 4n+2 إلكتروناً، حيث n تساوي صفراً، أو عدداً صحيحاً » (n = 0، 1، 2، 3، ...).

تتكوّن الرابطة التساهمية الثنائية من الرابطة سيجما (σ) القوية، والرابطة باي (π) الضعيفة.

والأمثلة الآتية تُمثل بعض المركّبات الأروماتية، وبعض المركّبات غير الأروماتية:

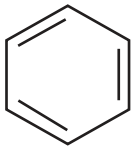
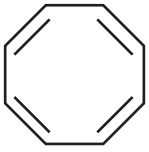


أمثلة على مركّبات غير أروماتية



أمثلة على مركّبات أروماتية

مثال(10):

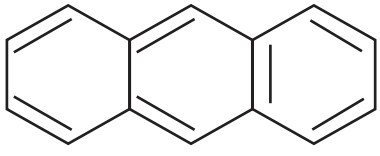
لماذا تُعَدّ حلقة البنزين  مركّباً أروماتياً، في حين لا يُعدّ المركّب الآتي  أروماتياً؟

الحل:

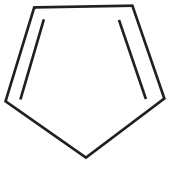
- يحتوي كلا المركّبين في تركيبه على حلقة غير مشبعة تحتوى على روابط ثنائية متعاقبة.
- عدد إلكترونات باي في البنزين تتفق مع قاعدة هكل، حيث إنّ عدد إلكترونات باي $6 = 2+4n$، ومنها n تساوي واحد (1)، بينما المركّب الثاني **لا** يحقق قاعدة هكل (n لا تساوي صفراً، أو عدداً صحيحاً)، فهو غير أروماتي، حيث إنّ عدد إلكترونات باي $8 = 2+4n$، ومنها $n = 6 \div 4 = 1.5$.

سؤال:

أيّ من المركّبين الآتيين يُمكن اعتباره أروماتياً؟ لماذا؟



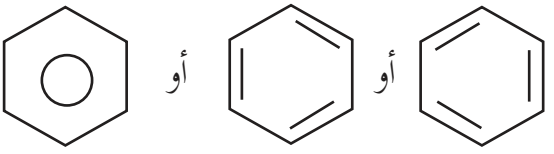
،



البنزين C_6H_6:

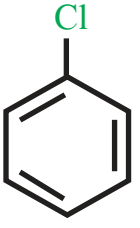
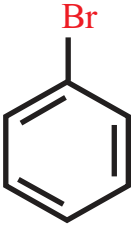
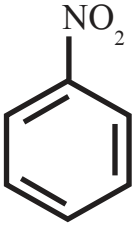
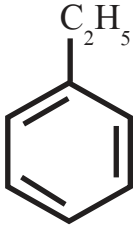
يُسمّى المركّب الأروماتي الذي صيغته الكيميائيّة C_6H_6 البنزين، وقد أثار تركيب جزيء البنزين كثيراً من الجدل بين علماء الكيمياء خلال القرن التاسع عشر، حيث تبيّن بالتحليل

الكيميائي أنّ جزيء البنزين يتكوّن من ستّ ذرات من الكربون، تتصل بها ستّ ذرات هيدروجين، وعلى الرغم من احتواء حلقة البنزين على روابط ثنائيّة، إلا أنها **لا** تدخل في تفاعلات الإضافة التي تميّز المركّبات الأليفاتية غير المشبعة (الألكينات والألكاينات)، ويكوّن البنزين مركّباً واحداً عند استبدال إحدى ذرّات الهيدروجين فيه بذرّة أخرى؛ ما يدل على أنّ جميع ذرّات الكربون في جزيء البنزين متماثلة، ونحن نتصور أنّ حلقة البنزين تحتوي على ستّ ذرّات كربون متصلة بالتناوب برابطة أحاديّة وثنائيّة، وأنّ الروابط تتذبذب في تركيبين مختلفين، ولكنهما متكافئان، باعتبارها أفضل الصّيغ التي تفسّر الخواصّ الكيميائيّة لجزيء البنزين، مع افتراض أنّ الروابط الثنائية الموجودة داخل الحلقة تغيّر مواضعها باستمرار؛ ويمكن اعتبارها أحد الأشكال المساهمة في تركيب جزيء البنزين، ولقد اتُّفق على أنّه يمكن التعبير عن البنزين بإحدى الصيّغ الآتية:

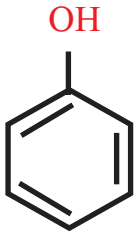
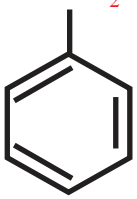
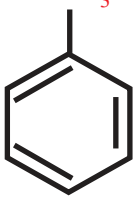
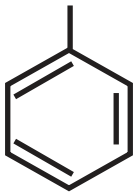


التسمية النّظاميّة لمشتقات البنزين:

يُعَدّ البنزين من أبسط المركّبات الأروماتيّة، وتُسمى مشتقات البنزين حسب نظام الأيوباك، حيث تُعدُّ حلقة البنزين المركّب الأساسي، وتتم تسمية مشتقاته بذكر اسم المجموعة الاستبداليّة، متبوعة بكلمة بنزين، كما في الأمثلة الآتية:

صيغة المركب:				
الاسم النظامي:	كلورو بنزين	برومو بنزين	نيترو بنزين	إيثيل بنزين

تُسمّى بعض مشتقات البنزين بأسماء خاصة، بالإضافة للاسم النظامي، كما في الأمثلة الآتية:

صيغة المركب:				
الاسم النظامي:	هيدروكسي بنزين	أمينو بنزين	ميثيل بنزين	كربوكسي بنزين
الاسم الخاص:	فينول	أنيلين	تولوين	حمض البنزويك

السُّؤال الأوّل: اختر رمز الإجابة الصحيحة في كلّ ممّا يأتي:

1- ما الصيغة الجزيئيّة للهيدروكربون الحلقي المشبع الذي يحتوي على أربع ذرات كربون؟

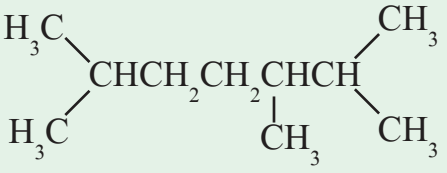
أ) C_4H_6 ب) C_4H_8 جـ) C_4H_{10} د) C_4H_4

2- أيّ من المركّبات الآتية **لا** يوجد بها تشكّل هندسي؟

أ) 1-بنتين. ب) 1-كلورو بروبين.

جـ) 2-بيوتين. د) 2،1-ثنائي كلورو إيثين.

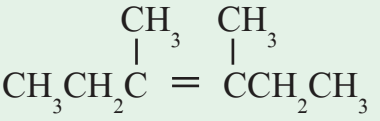
3- ما الاسم النظامي للمركّب الآتي؟

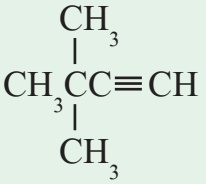


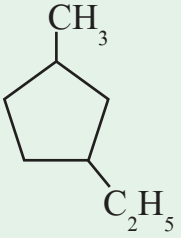
أ) 5،2،1،1-رباعي ميثيل هكسان. ب) 6،5،2-ثلاثي ميثيل هبتان.

جـ) 6،6،5،2-رباعي ميثيل هكسان. د) 6،3،2-ثلاثي ميثيل هبتان.

السُّؤال الثّاني: سمِّ المركّبات الآتية، حسب نظام الأيوباك:







السُّؤال الثّالث: ارسم الصيغة البنائيّة لكلٍّ من المركّبات الآتية:

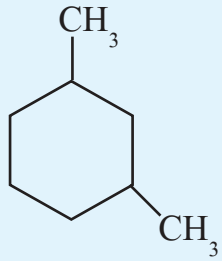
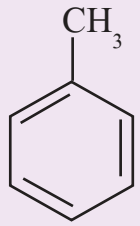
أ) 4-ميثيل-2-بنتين.

ب) 3،5-ثنائي ميثيل-1-هكساين.

جـ) هيدروكسي بنزين (فينول).

د) 1،1،3-ثلاثي ميثيل سايكلو بنتان.

السُّؤال الرّابع: عيّن الخطأ في اسم المركّبات الآتية، ثمّ اكتب الاسم النظامي الصحيح لكل منها:

الرقم	الاسم	الصيغة	الاسم النظامي
1	2-ميثيل-4-هكسين	$CH_3CHCH_2CH=CHCH_3$ (CH3 على CH)	
2	2،4-ثنائي ميثيل بنتان	$CH_3CHCH=CCH_3$ (CH3 على CH و CH3 على C)	
3	1،5-ثنائي ميثيل سايكلو هكسان		
4	ميثان بنزين		

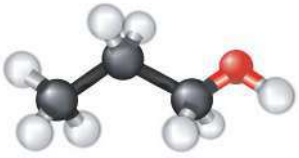
لقد درست الهيدروكربونات التي تتكوّن من عنصرَي الكربون والهيدروجين فقط، ولكن هناك مركّبات عضوية أخرى تحوي - بالإضافة لهذين العنصرين- بعض العناصر الأخرى، كالأكسجين، والنيتروجين، والكبريت، والهالوجينات، فكيف نُصنّف هذه المركّبات؟ وكيف نُسمّيها؟ وما العوامل التي تؤثر في صفاتها الفيزيائية؟

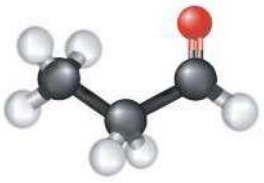
(1.2.6): تصنيف المركّبات العضوية (Classification of Organic Compounds):

نظراً لوجود عدد كبير من المركّبات العضوية، فقد تم تصنيفها إلى مجموعات؛ لتسهيل دراستها، والتعرُّف إلى خواصها الكيميائية والفيزيائيّة، ولتتعرّف طريقة تصنيف هذه المركّبات، نفِّذ النشاط الآتي:

نشاط (1): تصنيف المركّبات العضوية:

ادرُس الجدول الآتي، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

رقم المركّب		صيغته البنائيّة
1	$CH_3CH_2CH_3$	
2	$CH_3CH_2CH_2OH$	
3	$CH_3CH_2\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$	
4	$CH_3CH=CH_2$	
5	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3$	

6	$CH_3CH_2\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$	
7	$CH_3CH_2CH_2Cl$	

هيدروجين أكسجين كربون كلور

1- ما أرقام المركّبات التي **لا** تُصنّف من الهيدروكربونات؟

2- ما أرقام المركّبات التي تحتوي مجموعة ($-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$) فقط؟

3- ما أرقام المركّبات التي تحتوي على مجموعة (OH) فقط؟

4- ما أرقام المركّبات التي تحتوي على مجموعة (COOH) فقط؟

5- اقترح تصنيفاً مناسباً للمركّبات السابقة.

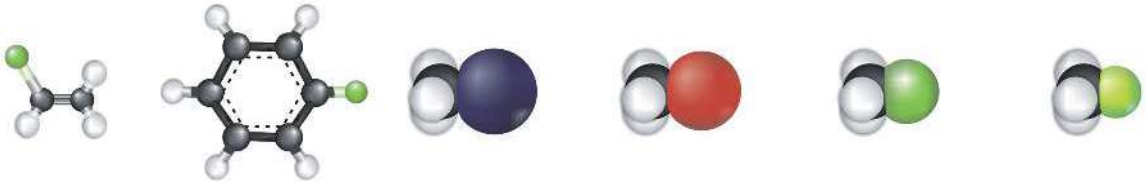
لعلّك توصلت من إجابتك لأسئلة النّشاط السابق أنَّ المركّبات العضوية قد تحتوي على ذرّات عناصر أخرى، كالأكسجين، والكلور، بالإضافة إلى عُنصرَي الكربون والهيدروجين. وقد تبيّن لك أنّ ذرة الأكسجين قد ترتبط بذرّة الكربون برابطة تساهمية أحادية أو ثنائية. وما يُميِّز هذه المركّبات بعضها عن بعض، ويُحدد صفاتها الكيميائيّة والفيزيائيّة، هو نوع العناصر المكوّنة لها، وكيفيّة ارتباطها، والتي تُسمّى بالمجموعة الوظيفية.

وبناءً على ذلك، تمّ تصنيف المركّبات العضويّة إلى عدة مجموعات، منها: **الهاليدات، والكحولات، والألدهيدات، والكيتونات، والحموض الكربوكسيلية**، وغيرها. وسنتعرّف في هذا الفصل إلى بعض المركّبات العضوية، وطريقة تسميتها، وخصائصها الفيزيائيّة، وبعض استخداماتها في مجالات الحياة المختلفة.

المجموعة الوظيفيّة: هي ذرّة أو مجموعة من الذّرّات توجد في المركّبات العضوية، وهي المسؤولة عن تحديد صفاتها الفيزيائية والكيميائية.

(2.2.6):الهاليدات (Halides) :

تُعرّف الهاليدات: بأنّها مركّبات عضويّة اسْتُبدلت فيها ذرّة هالوجين بإحدى ذرّات الهيدروجين، ويوجد بعض الهاليدات التي تحتوي على أكثر من ذرّة هالوجين، والشكل (1) الآتي يُبيِّن بعض الهاليدات العضوية:



الشكل (1): بعض الهاليدات العضوية

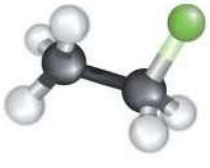
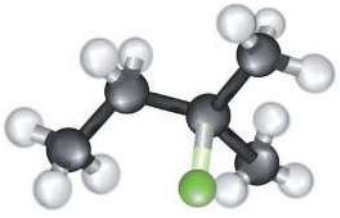
تصنيف هاليدات الألكيل (Classification of Alkyl Halides):

تُصنَّف هاليدات الألكيل حسب موقع ذرّة الهالوجين على السّلسلة الهيدروكربونية إلى عدة أنواع، ولتتعرف هذه الأنواع، نفِّذ النشاط الآتي:

هاليدات الألكيل: هي الكانات، اسْتُبدلت فيها ذرّة هالوجين بإحدى ذرّات الهيدوجين.

نشاط (2): تصنيف هاليدات الألكيل، حسب موقع ذرة الهالوجين على السّلسلة الهيدروكربونية :

تأمّل صيغ هاليدات الألكيل الآتية، ثمّ أجب عن الأسئلة التي تليها:

رقم هاليد الألكيل	1	2	3
	CH_3CH_2Cl	$CH_3CHClCH_3$	$CH_3CH_2\underset{\displaystyle Cl}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{\underset{\displaystyle |}{C}}}}CH_3$
الصيغة البنائية:			

1- رقِّم السلسلة الهيدروكربونية لكل هاليد، على اعتبار أنّ ذرّة الكلور فرع على السّلسلة الهيدروكربونية.

2- حدّد رقم ذرّة الكربون المُتّصلة بذرّة الكلور في المركّبات السابقة.

3- كم ذرّة كربون متصلة بذرّة الكربون المرتبطة بذرّة الكلور؟

4- اقترح تصنيفاً مناسباً لهاليدات الألكيل السابقة.

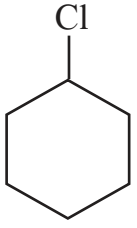
لعلَّك توصلت من النّشاط السّابق إلى أنّ ذرة الكربون المُتّصلة بذرّة الكلور قد ترتبط بذرّة كربون واحدة، أو ذرّتين، أو ثلاث، وبذلك تُصنَّف هاليدات الألكيل حسب موقع ذرّة الهالوجين على السّلسلة الهيدروكربونية إلى أولية 1° (RCH_2X)، أو ثانوية 2° (R_2CHX)، أو ثالثية 3° (R_3CX). (تمثل X: فلور، كلور، بروم، يود).

تسمية الهاليدات باستخدام نظام الأيوباك (IUPAC):

تُعَدّ الهاليدات مشتقات للهيدروكربونات، وبذلك تُسمّى باستخدام خطوات تسمية الهيدروكربونات، ويُضاف مقطع فلورو أو كلورو أو برومو أو أيودو قبل اسم الهيدروكربون، حسب ذرّة الهالوجين الموجود في السلسلة الهيدروكربونية. كما يُستخدم لفظ ثنائي، أو ثلاثي، وغيرها؛ للدلالة على عدد ذرّات الهالوجين المكررة في المركّب.

مثال (1):

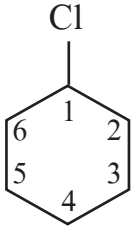
ما الاسم النّظامي لكل من الهاليدات الآتية؟



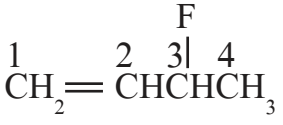
، $CH_2=CHCHCH_3$ (F)، $CH_2CH_2CH_2CH_2$ (Br, Cl)، $CH_3-C(Cl)(H)-CH_3$

الحل:

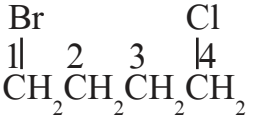
باستخدام قواعد تسمية الهاليدات، تكون أسماء المركّبات كما يأتي:



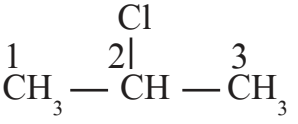
كلورو سايكلو هكسان



3-فلورو-1-بيوتين



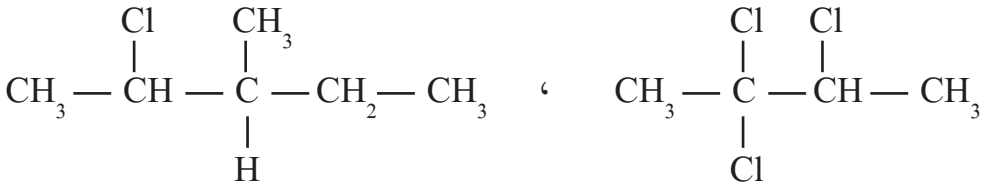
1-برومو-4-كلورو بيوتان



2-كلورو بروبان

سؤال:

اكتب الاسم النِّظامي للمركّبين الآتيين:



الخواص الفيزيائية للهاليدات (Physical Properties of Halides):

تعلّمت في وحدة الروابط الكيميائية أنَّ قطبيّة الجزيئات تتأثر بنوع الذرّات المكونة لها؛ ما يُؤثر في خصائصها الفيزيائية، كدرجة غليانها، وذائبيتها في المذيبات المُختلفة.

أ- درجة غليان الهاليدات (Boiling Points of Halides):

تعتمد درجات غليان الهاليدات على عدة عوامل، ولتتعرَّف إلى هذه العوامل، نفِّذ النشاط الآتي:

نشاط (3): العوامل المؤثرة في درجة غليان الهاليدات:

يُبيِّن الجدول الآتي درجة غليان بعض الهاليدات عند واحد ضغط جوي، ادرُس الجدول الآتي، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

الرقم	1	2	3	4	5	6	7	8
هاليد الألكيل	CH_3F	CH_3Cl	CH_3Br	CH_3I	C_2H_5Cl	C_3H_7Cl	CH_2Cl_2	$CHCl_3$
درجة غليانه (°س)	78-	24-	3	42	12	47	40	61

1- ما أثر نوع ذرّة الهالوجين على درجة غليان الهاليدات ذات الأرقام 1، 2، 3، 4؟

2- ما أثر عدد ذرّات الهالوجين على درجة غليان الهاليدات ذات الأرقام 2، 7، 8؟

3- ما أثر طول السلسلة الهيدروكربونية على درجة غليان الهاليدات ذات الأرقام 2، 5، 6؟

4- ما العوامل التي تؤثر في درجة غليان الهاليدات؟

ب- ذائبيّة الهاليدات (Solubility of Halides):

تعلّمت سابقاً أنّ ذائبية المواد تعتمد على قطبية المُذاب والمُذيب. ولتتعرف إلى ذائبية الهاليدات في الماء، نفِّذ النشاط الآتي:

نشاط (4): ذائبية الهاليدات في الماء:

ادرُس الهاليدات في الجدول الآتي، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

اسم المركّب	فلورو ميثان	كلورو ميثان	برومو ميثان	أيودو ميثان
صيغته الجزيئية	CH_3F	CH_3Cl	CH_3Br	CH_3I

1- ما نوع الترابط بين جزيئات كل نوع من أنواع الجزيئات السابقة؟

2- رتّب الجزيئات حسب قطبيتها.

3- أيّ من الجزيئات يكوّن ترابط هيدروجيني مع الماء؟

4- رتّب الجزيئات السابقة حسب ذائبيتها في الماء، بالاعتماد على قطبيتها.

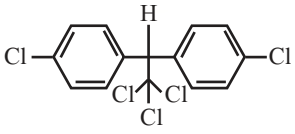
5- ماذا تتوقّع أن يحدث لذائبية المركّبات السّابقة في الماء إذا زاد طول السّلسلة الهيدروكربونية؟

تعلّمت سابقاً أنّ الشبيه يُذيب الشبيه، فمثلاً: تذوب بعض فلوريدات الألكيل، مثل الفلورو ميثان، والفلورو إيثان في الماء؛ بسبب الترابط الهيدروجيني بين جزيئات كلّ منها، وجزيئات الماء، ولكنّ ذائبية الفلوريدات في الماء تقل بزيادة طول السلسلة الهيدروكربونية، فمثلاً: مركّب 1- فلورو بروبان قليل الذائبية في الماء، بينما مركّب 1-فلورو بيوتان غير ذائب، أما هاليدات الألكيل التي تحتوي على ذرّة كلور، أو بروم، أو يود، فهي غير قادرة على تكوين ترابط هيدروجيني مع جزيئات الماء، وبالتالي أقل ذائبية من الفلوريدات، وتعتمد ذائبيتها على قطبية الرابطة (C-X).

وغالباً ما تذوب هاليدات الألكيل التي تتكون فيها السّلسلة الهيدروكربونية من أربع ذرّات كربون فأكثر، في عدد من المذيبات غير القطبية، كالهكسان، والبنزين، لذلك تُستخدم في استخلاص بعض المركّبات الكيميائية؛ بسبب عدم ذائبيتها في الماء، ولكثافتها العالية نسبياً؛ لاحتوائها على ذرّة الهالوجين.

سؤال:

رتِّب هاليدات الألكيل الآتية حسب ذائبيتها في الهكسان: (فلورو إيثان، 1-كلورو بيوتان، كلور وإيثان).



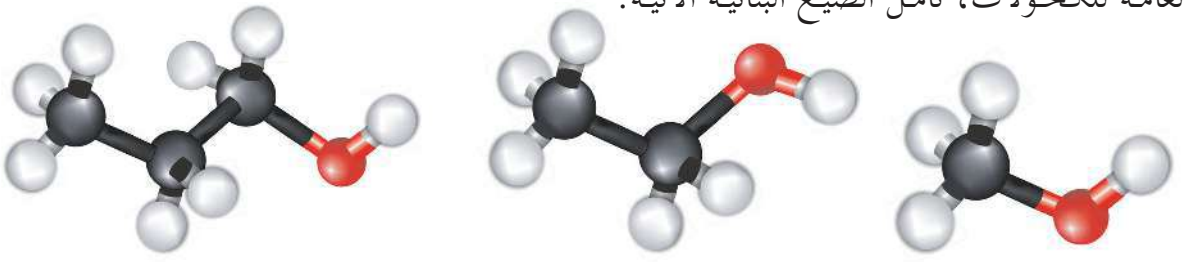
DDT

بعض تطبيقات الهاليدات (Applications of Halides):

تُستخدم الهاليدات في عدة تطبيقات، منها: مواد التّبريد في الثّلاجات، مثل مركّب ثلاثي كلورو فلورو ميثان CCl_3F (فريون 11)، وصناعة المبيدات الحشرية، مثل DDT، كما تُستخدم كمذيبات لبعض المركّبات العضوية، بالإضافة إلى استخدامها في الصِّناعات البلاستيكية، مثل صناعة البولي فينيل كلورايد Poly vinyl chloride (PVC).

(3.2.6): الكحولات (Alcohols):

عرف الإنسان الكحولات منذ زمن بعيد، ويُعدُّ الإيثانول من أوائل الكحولات التي تمّ تحضيرها من تخمّر السكريات، ويُستخدم الإيثانول حالياً كوقود ومعقّمٍ طبّي. ولتتعرف إلى الصّيغة العامة للكحولات، تأمل الصِّيغ البنائيّة الآتية:

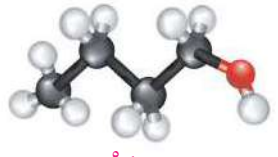


لعلك لاحظت من الصِّيغ البنائية السابقة أنّ الكحولات مركّبات عضوية، تحتوي على مجموعة هيدروكسيل OH متصلة بذرّة كربون مشبعة، وصيغتها العامة هي ROH، حيث تُمثّل R مجموعة الألكيل، وقد تكون هذه المجموعة سلسلة هيدروكربونية مفتوحة أو متفرعة أو حلقية، ويُستثنى من ذلك الفينول، الذي تكون فيه مجموعة الهيدروكسيل متصلة بحلقة بنزين.

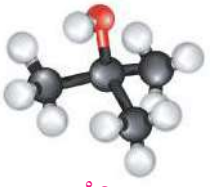
تصنيف الكحولات أُحادية الهيدروكسيل (Classification of Alcohols):

تعلمت سابقاً تصنيف هاليدات الألكيل حسب موقع ذرّة الهالوجين على السّلسلة الهيدروكربونية، وبالطَّريقة نفسها، تُصنَّف الكحولات أُحادية الهيدروكسيل حسب موقع مجموعة

الهيدروكسيل على السلسلة الهيدروكربونية إلى أولية 1° (RCH_2OH)، أو ثانوية 2° (R_2CHOH)، أو ثالثية 3° (R_3COH)، كما هو موضّح في الصِّيغ البنائية الآتية:


(1°)

(2°)


(3°)

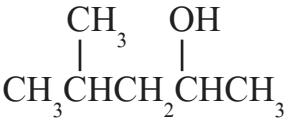
تسمية الكحولات باستخدام نظام الأيوباك (IUPAC):

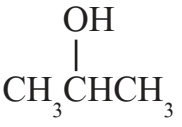
تُسمّى الكحولات باستخدام خطوات تسمية الألكانات، حيث تُعطى الأولوية في الترقيم إلى مجموعة الهيدروكسيل، ثمّ يُضاف المقطع (ـول) إلى اسم الألكان المقابل.

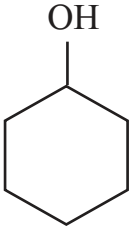
تحتوي بعض الكحولات على أكثر من مجموعة هيدروكسيل، فقد تحتوي على مجموعتين أو ثلاث مجموعات.

مثال (2):

ما الاسم النِّظامي لكل من المركبات الآتية؟

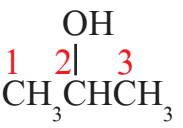




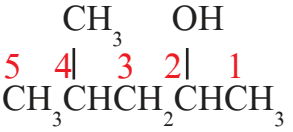


الحل:

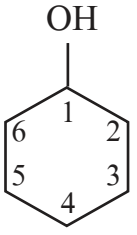
باستخدام قواعد تسمية الكحولات، تكون أسماء المركّبات كما يأتي:



2-بروبانول



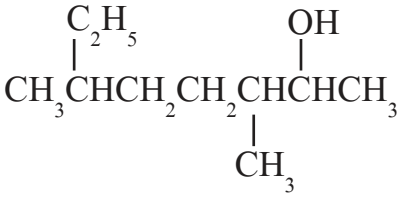
4-ميثيل-2-بنتانول

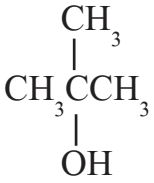


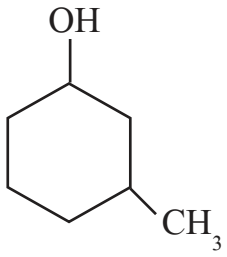
سايكلو هكسانول

سؤال:

اكتب الاسم النِّظامي للكحولات الآتية:







الخواص الفيزيائية للكحولات (Physical Properties of Alcohols):

أ- درجة غليان الكحولات (Boiling Point of Alcohols):

تمتاز الكحولات بارتفاع درجة غليانها مقارنة بالألكانات المقابلة لها، حيث تُؤثر مجموعة الهيدروكسيل في الصفات الفيزيائيّة للكحولات، ولتتعرف إلى العوامل التي تؤثر على درجة غليان الكحولات، نفِّذ النّشاط الآتي:

نشاط (5): العوامل المؤثرة في درجة غليان الكحولات:

ادرُس الجدول الآتي الذي يُبيِّن درجة غليان بعض الكحولات عند واحد ضغط جوي، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

الرقم	اسم الكحول	صيغته البنائيّة	درجة غليانه (ْس)
1	ميثانول	CH_3OH	64.9
2	إيثانول	CH_3CH_2OH	78.4
3	1- بروبانول	$CH_3CH_2CH_2OH$	97.4
4	1- بيوتانول	$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$	117.7

5	2-بيوتانول	$CH_3CHCH_2CH_3$ (OH على الكربون الثاني)	99.5
6	2-ميثيل-2-بروبانول	$(CH_3)_3COH$	82.2
7	1-بنتانول	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2OH$	138

1- رتّب الكحولات ذات الأرقام 1، 2، 3، 4، 7 حسب درجة الغليان.

2- ما أثر موقع مجموعة الهيدروكسيل على درجة غليان الكحولات ذات الأرقام 4 و5؟

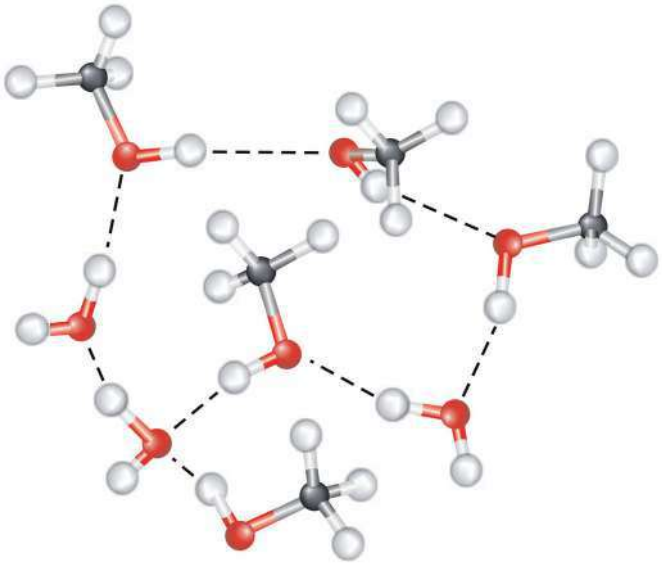
3- لماذا تختلف درجة غليان 1-بيوتانول عن درجة غليان 2-ميثيل-2-بروبانول، على الرغم من أن لهما الصيغة الجزيئية نفسها؟

لعلّك لاحظت من خلال تنفيذك النّشاط السابق أنّ درجة غليان الكحولات تعتمد على عدة عوامل، منها:

- **طول السّلسلة الهيدروكربونية:** تُؤدي الزيادة في طول السّلسلة الهيدروكربونية إلى ارتفاع درجة غليان الكحول؛ بسبب زيادة كتلته المولّية.
- **موقع مجموعة الهيدروكسيل على السّلسلة الهيدروكربونية:** تتأثر درجة غليان الكحول بموقع مجموعة الهيدروكسيل على السّلسلة الهيدروكربونية؛ لأنّ قدرة الكحول على التّرابط الهيدروجيني بين جزيئاتها تتأثر بموقع مجموعة الهيدروكسيل، فقدرة الكحولات على الترابط بين جزيئاتها تأخذ الترتيب الآتي: **الأولية** > **الثانوية** > **الثالثية**.
- **شكل جزيء الكحول:** كما مرّ معك سابقاً، تعتمد درجة غليان المركّبات العضوية، كالألكانات على شكل الجزيء، فمثلاً: درجة غليان البيوتان أعلى من درجة غليان 2-ميثيل بروبان؛ لأنّ مقدار الروابط الثانوية في الجزيئات غير المتفرعة أعلى منها في الجزيئات المتفرعة. وتنطبق هذه الحالة على درجة غليان الكحولات.

ب- ذائبية الكحولات (Solubility of Alcohols):

تذوب الكحولات بشكل عام في الماء؛ بسبب احتوائها على مجموعة الهيدروكسيل القطبية، التي تكوّن ترابطاً هيدروجينياً مع جزيئات الماء، كما هو موضح في الشكل (2).



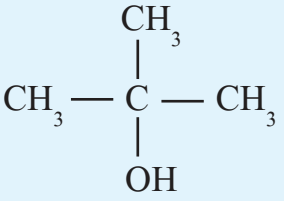
الشكل (2): الترابط الهيدروجيني بين جزيئات الميثانول وجزيئات الماء

ولتتعرّف إلى العوامل المؤثرة في ذائبية الكحولات في الماء، نفِّذ النشاط الآتي:

نشاط(6): العوامل المؤثرة في ذائبية الكحولات في الماء:

تأمّل الجدول الآتي الذي يبين ذائبية بعض الكحولات في الماء عند درجة حرارة 25 ْس.

الرقم	اسم الكحول	صيغته البنائيّة	الذائبية (غم/100 غم ماء)
1	ميثانول	CH_3OH	∞
2	إيثانول	CH_3CH_2OH	∞
3	1-بروبانول	$CH_3CH_2CH_2OH$	∞
4	1-بيوتانول	$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$	7.9

5	1-بنتانول	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2OH$	2.4
6	1-هكسانول	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2OH$	0.6
7	2-ميثيل-2-بروبانول		∞

استنتج العوامل المؤثرة في ذائبية الكحولات في الماء.

بعض تطبيقات الكحولات (Applications of Alcohols):

لقد تعلمت في وحدة المحاليل أنّ جلايكول الإيثلين يُستخدم كمادة مانعة للتجمد في مبرّد السّيارات، وتُستخدم الكحولات في عمليات التصنيع الكيميائي؛ لتحضير بعض المركّبات العضوية، كالألكينات، والألدهيدات، والحموض الكربوكسيلية، وهاليدات الألكيل، والجدول (1) الآتي يُبين بعض استخدامات مجموعة من الكحولات:

الجدول (1): بعض استخدامات مجموعة من الكحولات

الكحول	بعض الاستخدامات
الجليسرول	صناعة مواد التجميل.
الإيثانول	مُذيب لبعض المواد كالدِّهانات، ووقود، حيث يُضاف إلى الجازولين.
2-بروبانول	مُذيب لبعض المواد، كالدِّهانات.

(4.2.6): الألدهيدات والكيتونات (Aldehydes and Ketones):

هي مجموعة من المركّبات العضوية التي تحتوي على مجموعة الكربونيل ($-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$)، ولتتعرّف إلى هذه المركّبات، تمعَّن صيغ المركّبات الآتية، ثم أجب عن الأسئلة التي تليها:

$H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_2-CH_3$	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3$	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_2-CH_3$
بروبانال (ألدهيد)	بروبانون (كيتون)	إيثانال (ألدهيد)	بيوتانون (كيتون)

1- استنتج الصّيغة العامة لكل من الألدهيدات، والكيتونات.

2- ما المقطع المشترك بين أسماء الألدهيدات؟ وما المقطع المشترك بين أسماء الكيتونات.

يتبيّن لك من الصيغ السابقة أنّ الصّيغة العامة للألدهيدات هي $R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$ ، بينما الصّيغة العامة للكيتونات هي $R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-R'$ ويُمكن أن تكون R سلسلة هيدروكربونية مشبعة أو غير مشبعة، وقد تكون حلقة أليفاتية أو أروماتية.

قد تكون مجموعتا R و R` في الكيتون متماثلتين أو مختلفتين.

تسمية الألدهيدات والكيتونات باستخدام نظام الأيوباك (IUPAC):

تُسمّى الألدهيدات بخطوات تسمية الألكانات نفسها، ولعلَّك قد توصلت إلى أنّه يُضاف المقطع (ـال) إلى اسم الألكان المقابل، بينما تُسمّى الكيتونات بالطريقة نفسها، ولكن يضاف المقطع (ـون) إلى اسم الألكان المقابل، على أن يتم ترقيم السّلسلة الهيدروكربونية الرَّئيسة من الطَّرف الأقرب لمجموعة الكربونيل.

مثال (3):

اكتب الاسم النظامي للمركبين الآتيين:

$CH_3CH(CH_3)CH_2CH_2CCH_3$ ، $CH_3CH(CH_3)CH_2CH_2CH$

الحل:

باتباع قواعد التسمية النظامية للألدهيدات والكيتونات، يُسمّى المركّبان السابقان كالآتي:

$CH_3CH(CH_3)CH_2CH_2\overset{\overset{1}{O}}{\overset{\|}{C}}CH_3$

5-ميثيل-2-هكسانون

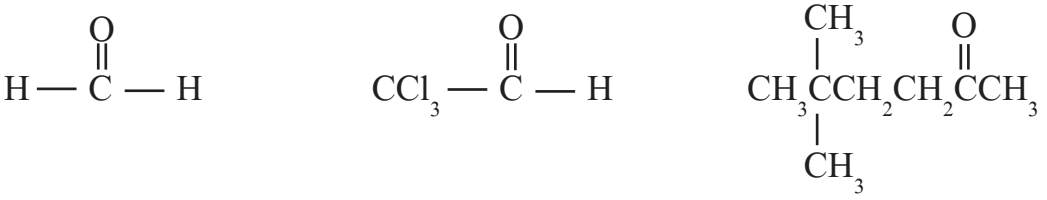
$CH_3CH(CH_3)CH_2CH_2\overset{\overset{1}{O}}{\overset{\|}{C}}H$

4-ميثيل بنتانال

تأخذ ذرّة الكربون في مجموعة الكربونيل في الألدهيد رقم واحد دائماً.

سؤال:

اكتب الاسم النِّظامي للمركّبات الآتية:



الخواصّ الفيزيائية للألدهيدات والكيتونات (Physical Properties of Aldeydes & Ketones):

أ- درجة غليان الألدهيدات والكيتونات (Boiling Point of Aldehydes and Ketones):

تُعَدّ درجات غليان الألدهيدات والكيتونات مرتفعة مقارنة بالهيدروكربونات المقابلة لها في الوزن الجزيئي؛ بسبب وجود مجموعة الكربونيل القطبية ($-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$)، ولكنّ درجات غليانها أقل من درجات غليان الكحولات المقابلة؛ لأنّها لا تستطيع تكوين روابط هيدروجينية فيما بينها. والجدول (2) الآتي يُبين درجات غليان بعض الألدهيدات والكيتونات:

الجدول (2): درجات غليان بعض الألدهيدات والكيتونات

الألدهيد	درجة غليانه (°س)	الكيتون	درجة غليانه (°س)
ميثانال	21-	بروبانون	56
إيثانال	21	بيوتانون	80
بروبانال	49	2-بنتانون	102
بيوتانال	76	2-هكسانون	126

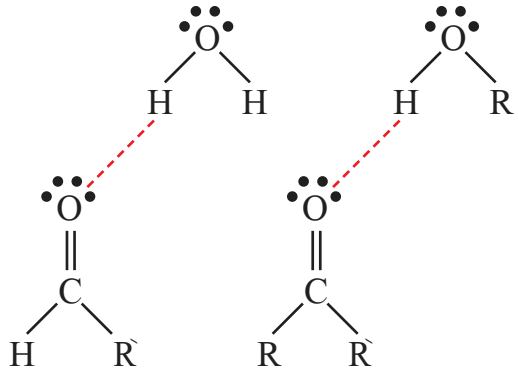
سؤال:

ناقش العوامل التي تؤثر في درجة غليان الألدهيدات والكيتونات.

ب- ذائبية الألدهيدات والكيتونات (Solubility of Aldehydes and Ketones):

تذوب الألدهيدات والكيتونات في الماء والكحول؛ بسبب تكوّن الرَّابط الهيدروجيني

بين ذرّة الهيدروجين في الماء أو الكحول، وذرّة الأكسجين في مجموعة الكربونيل، كما هو موضَّح في الشكل (3). **فمثلاً:** يذوب الميثانال والإيثانال والبروبانون بشكل كامل في الماء، إلّا أنّ ذائبية الألدهيدات والكيتونات في الماء تقل إذا كانت السّلاسل الهيدروكربونية المرتبطة بمجموعة الكربونيل كبيرة، **فمثلاً:** ذائبية البيوتانال تساوي 7.6 غم/ 100 غم ماء عند درجة حرارة 25 ْس.



الشكل(3): الترابط الهيدروجيني بين مجموعة الكربونيل ومجموعة الهيدروكسيل في الماء والكحول

سؤال:

قارن بين ذائبية البنتانال في الماء، وذائبيته في رابع كلوريد الكربون CCl_4.

بعض تطبيقات الألدهيدات والكيتونات (Applications of Aldehydes & Ketones):

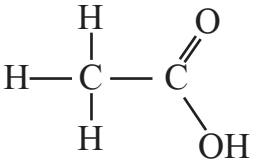
تُستخدم الألدهيدات والكيتونات في عدة مجالات، فمثلاً: يُستخدم الميثانال (الفورمالدهايد) في تحضير محلول الفورمالين الذي يُستخدم في حفظ الأنسجة من التحلّل، كما يُستخدم في تفاعلات البلمرة، كالميلامين، كما تُستخدم الألدهيدات في تصنيع المركّبات العضوية، ويُستخدم البروبانون (الأسيتون) كمذيب، وتُستخدم بعض الألدهيدات والكيتونات في صناعة العطور، فتعود رائحة الياسمين لأحد الكيتونات المُسمّى Jasmone، أما رائحة الليمون فتُعزى إلى الألدهيد المُسمّى Citral.

حفظ الأنسجة في الفورمالين

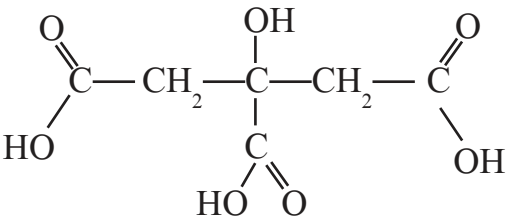
أطباق من الميلامين

(5.2.6): الحموض الكربوكسيلية (Carboxylic Acids):

يستخدم الناس كثيراً من المركّبات العضوية، كالخل، والليمون، التي تحتوي على مركّبات عضوية تُعرف بالحموض الكربوكسيلية، ولتتعرّف إلى الحموض الكربوكسيلية الموجودة في الخل والليمون، ادرس الصّيغة البنائيّة لكل منهما.

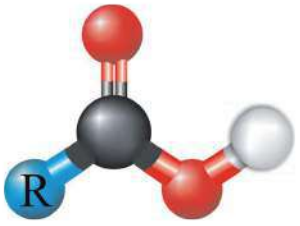


حمض الأستيك (يوجد في الخل)



حمض الستريك (يوجد في الليمون)

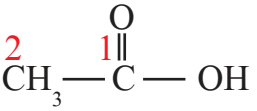
لعلَّك لاحظت أنّ الحموض الكربوكسيلية تحتوي على مجموعتَي الكربونيل ($-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$) والهيدروكسيل(HO) مرتبطتين معاً، وبذلك تكون صيغتها العامة هي RCOOH، وقد تكون (R) مجموعة ألكيل مشبعة أو غير مشبعة، وقد تكون حلقية أو أروماتية.



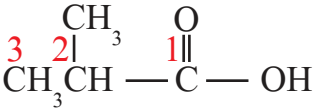
الصيغة العامة للحموض الكربوكسيلية

تسمية الحموض الكربوكسيلية باستخدام نظام الأيوباك (IUPAC):

تُسمى الحموض الكربوكسيلية باستخدام خطوات تسمية الألكانات، وذلك بإضافة المقطع (ويك) لاسم الألكان مسبوقاً بكلمة حمض، على أن تأخذ ذرّة الكربون في مجموعة الكربوكسيل رقم واحد دائماً، كالآتي:



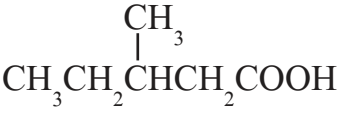
حمض إيثانويك

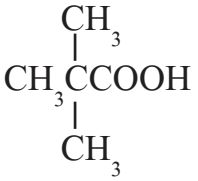


حمض2-ميثيل بروبانويك

سؤال:

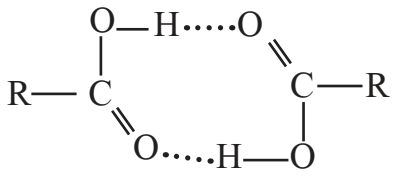
اكتب الاسم النِّظامي لكل من الحموض العضوية الآتية:





الخواصّ الفيزيائية للحموض الكربوكسيلية (Physical Properties of Carboxylic Acids):

تُعدّ درجات غليان الحموض الكربوكسيلية أعلى من الهيدروكربونات والمركّبات العضوية التي تحتوي على أكسجين، ولها عدد ذرّات الكربون نفسها، كالألكانات، والكحولات، والألدهيدات، والكيتونات؛ بسبب التَّرابط الهيدروجيني الذي يجعلها متواجدة على شكل ثُنائيّات جزيئية، كما هو مُبيّن في الشكل (4). ويُبيّن الجدول (3) الآتي درجات غليان بعض المركّبات العضوية:



الشكل (4): الثُّنائيّات الجزيئية للحموض الكربوكسيلية

الجدول (3): درجات غليان بعض المركّبات العضوية عند 1 ضغط جوي

المركّب	بيوتانون	2-بيوتانول	بيوتانال	حمض البروبانويك
الكتلة المولية (غم/مول)	72	74	72	74
درجة الغليان (ْس)	80	99.5	76	141

وكما هي الحال في المركّبات العضوية الأخرى، تزداد درجة غليان الحموض الكربوكسيلية بزيادة طول السلسلة الهيدروكربونية، كما هو موضّح في الجدول (4) الآتي. وإذا زاد عدد ذرّات الكربون عن ستّ ذرّات، فإنّ الحموض الكربوكسيلية تتفكّك عند محاولة تحديد درجة غليانها.

الجدول (4): درجات غليان بعض الحموض الكربوكسيلية عند 1 ضغط جوي

المركّب	حمض الميثانويك	حمض الإيثانويك	حمض البروبانويك	حمض البيوتانويك	حمض البنتانويك
درجة الغليان (ْس)	100	118	141	163	184

وتذوب الحموض الكربوكسيلية التي لا يزيد فيها عدد ذرّات الكربون عن أربع ذرّات بشكل كامل في الماء؛ بسبب قطبيتها العالية، ولكن ذائبية الحموض الكربوكسيلية في الماء تقل بزيادة الكتلة المولية للحمض الكربوكسيلي، إلى أن تُصبح شحيحة الذوبان في الماء.

بعض تطبيقات الحموض الكربوكسيلية (Applications of Carboxylic Acids):

للحموض الكربوكسيلية عدة استخدامات، منها:

1- تُستخدم بعض الحموض الكربوكسيلية في بعض الصناعات الدوائية، والغذائية، فمثلاً: يُستخدم حمض السّلسليك في صناعة الأسبرين، وحمض الإيثانويك (الأسيتيك) في صناعة المخللات.

2- تُستخدم بعض أملاح الحموض الكربوكسيلية في بعض الصناعات، كمواد حافظة في الصناعات الغذائيّة، ويُستخدم ملح حمض الستريك في صناعة المنظّفات.

الأسماء الشائعة لبعض المركّبات العضوية (Common Names of Organic Compounds):

يوجد كثير من المركّبات العضوية التي اشتُهِرت بأسمائها الشائعة، إضافة إلى اسمها النظامي، وما زالت هذه الأسماء متداولة حتى اللحظة، والجدول (5) الآتي يبيّن بعض هذه المركبات:

الجدول (5): الاسم الشائع والاسم النظامي لبعض المركّبات العضوية

الرقم	المركب العضوي	الاسم الشائع	الاسم النظامي
1	$H_2C = CH_2$	إيثيلين	إيثين
2	$HC \equiv CH$	أستيلين	إيثاين
3	CH_3Cl	كلوريد الميثيل	كلورو ميثان
4	CH_3OH	كحول الميثيل	ميثانول
5	C_2H_5OH	كحول الإيثيل	إيثانول
6	CH_3COCH_3	أسيتون	بروبانون
7	$H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$	فورمالدهيد	ميثانال
8	CH_3CHO	أسيتالدهيد	إيثانال
9	$HCOOH$	حمض الفورميك	حمض الميثانويك
10	CH_3COOH	حمض الأسيتيك	حمض الإيثانويك
11	$\overset{OH}{\overset{\|}{CH_2}}-\overset{OH}{\overset{\|}{CH_2}}$	إيثيلين جلايكول	1،2-إيثان دايول 1،2-ثنائي هيدروكسي إيثان
12	$\overset{OH}{\overset{\|}{CH_2}}-\overset{OH}{\overset{\|}{CH}}-\overset{OH}{\overset{\|}{CH_2}}$	جليسرول	1،2،3- بروبان ترايول 1،2،3-ثلاثي هيدروكسي بروبان

سؤال:

من خلال دراستك هذه الوحدة، كيف يُمكن فصل خليط من المركّبات العضوية، بالاعتماد على خصائصها الفيزيائية؟

المشاريع العلمية

بعد دراستك هذه الوحدة، يمكنك تنفيذ أحد المشاريع الآتية:

1- تصميم نماذج لبعض المركّبات العضوية مستخدماً خامات البيئة.

2- كتابة تقرير عن استخدام بعض المركّبات العضوية في مجالات الحياة المختلفة.

3- كتابة بحث عن دور المتشكّلات الهندسيّة في عملية الرؤيا والتواصل بين الحشرات.

الكيمياء والتكنولوجيا والمجتمع

استخدام البروبانون كمؤشر في فحص السُّكَّر

تُعَدّ السُّكَّريات، كالنّشا، والجلايكوجين مخزناً للطاقة في الكائنات الحية، ويُعدّ الجلوكوز النّاتج من تحلُّل هذين المركّبين وقوداً تستخدمه خلايا الكائنات الحية؛ لإنتاج الطاقة اللازمة للقيام بالعمليات الحيوية المختلفة. ويتم تنظيم كميّة السكر في الدم بوساطة هرمون الأنسولين الذي تفرزه بعض الخلايا الموجودة في البنكرياس، والتركيز الطّبيعي لسكر الجلوكوز في الدم يتراوح بين 70 إلى 120 ملغم/ 100سم^3.

وقد يُصاب الإنسان بمرض السُّكَّري؛ نتيجة حدوث خلل في إفراز هرمون الأنسولين؛ ما يؤدي إلى ارتفاع تركيز السُّكَّر في الدم، وإذا كانت كمية الأنسولين قليلة جداً، يتراكم سكر الجلوكوز في الدم، ويُرافق ذلك عدم قُدرة الخلايا الاستفادة منه كمصدر للطّاقة، وفي هذه الحالة، يبدأ الجسم باستخدام الدهون المُخزنّة كمصدر للطّاقة، وبذلك يظهر البروبانون (الأستيون) في البول؛ كونه أحد نواتج عملية حرق الدهون، ويُعدّ ظهوره بتركيز أعلى من 0.6 مليمول/لتر مؤشراً على ارتفاع نسبة السُّكَّر في الدم، والجدول الآتي يُبين تركيز البروبانون، والإجراء اللازم اتخاذه لحماية المريض:

التركيز (مليمول/لتر)	الأعراض
أقل من 0.6	الوضع الطبيعي.
0.6 إلى 1.5	يجب مراقبة نسبة السكر في الدم.
1.6 إلى 3.0	يجب على المريض مراجعة الطبيب.
أكبر من 3.0	تركيز السكر في الدم عالٍ، ويحوَّل المريض إلى المشفى.

ويرافق ظهور البروبانون في البول: شعور المريض بالتّعب، وكثرة التّبول، وفُقدانه وزنَه بشكل سريع. ويُنصح المريض عادةً بشرب الماء؛ لتنظيف جسمه من هذه المادة الضّارة، وكذلك بمراقبة تركيز هذه المادة في الجسم.

أسئلة الفصل

السُّؤال الأوّل: اختر رمز الإجابة الصّحيحة في كلّ ممّا يأتي:

1- أيّ من المجموعات العضويّة الآتية يحتوي على مجموعة كربونيل طرفية؟

أ) الهاليدات. ب) الألدهيدات. جـ) الحموض الكربوكسيلية. د) الكيتونات.

2- أيّ من العوامل الآتية تزيد من ذائبية الكحولات في المذيبات **غير** القطبية؟

أ) زيادة عدد مجموعات الهيدروكسيل. ب) زيادة عدد التفرعات على السّلسلة الرئيسة.

جـ) زيادة طول السّلسلة الهيدروكربونية. د) نقص طول السّلسلة الهيدروكربونية.

3- أيّ من المركّبات الآتية له أعلى درجة غليان؟

أ) بروبان. ب) 1-بروبانول. جـ) حمض البروبانويك. د) البروبانال.

4- أيّ من هاليدات الألكيل الآتية يُصنّف كهاليد ثالثي؟

أ) 3-كلورو بنتان. ب) 2-كلورو-2-ميثيل بيوتان.

جـ) 2-كلورو بنتان د) كلورو سايكلو بنتان.

السُّؤال الثّاني: علّل ما يأتي:

1- تُستخدم هاليدات الألكيل في عمليات استخلاص بعض المركّبات الكيميائية.

2- درجة غليان الحموض الكربوكسيلية أعلى من درجة غليان الكحولات المقاربة لها في الكتلة المولّية.

3- تقل ذائبية الألدهيدات والكيتونات في الماء بزيادة طول السلسلة الهيدركربونية.

السُّؤال الثّالث: ارسم الصّيغة البنائية لكلٍّ من المركّبات الآتية:

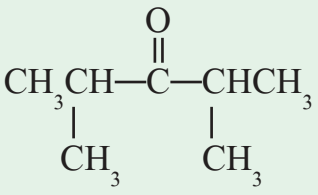
1- 2،3-ثنائي ميثيل هكسانال.

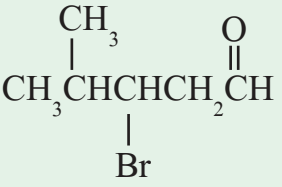
2- 3-ميثيل-2-بيوتانول.

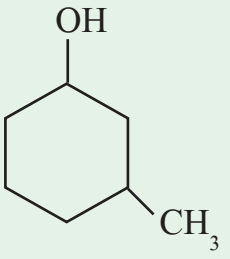
3- 2-كلورو-3-هبتانون.

4- حمض 4،5-ثنائي برومو بنتانويك.

السُّؤال الرّابع: اكتب الاسم النِّظامي للمركّبات العضوية الآتية:







السُّؤال الخامس: اكتب استخداماً واحداً لكلّ من المركّبات الآتية:

كلوريد الفينيل، 2-بروبانول، الأسيتون، الفورمالدهيد، حمض السلسليك.

أسئلة الوحدة

السُّؤال الأوّل: اختر رمز الاجابة الصّحيحة في كلّ ممّا يأتي:

1- ما الاسم النِّظامي للمركّب $(CH_3)_2CHCH_2CH_2CH_3$؟

أ) 2-ميثيل بنتان. ب) 4-ميثيل بنتان. جـ) 2،2-ثنائي ميثيل بيوتان. د) 2-إيثيل بنتان.

2- أيّ من المركّبات الآتية **لا** تحتوي على مجموعة الكربونيل؟

أ) الألدهيدات. ب) الكيتونات. جـ) الحموض الكربوكسيلية. د) الكحولات.

3- أيّ من المركّبات الآتية لها أعلى ذائبية في الماء؟

أ) $CH_3CH_2CH_2\overset{\overset{O}{\|}}{C}H$

ب) $CH_3-\overset{\overset{Cl}{|}}{\underset{\underset{H}{|}}{C}}-CH_3$

جـ) $CH_3CH_2CH_2CH_2C(=O)OH$

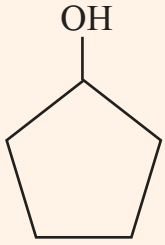
د) $H-\overset{\overset{H}{|}}{\underset{\underset{H}{|}}{C}}-\overset{\overset{H}{|}}{\underset{\underset{H}{|}}{C}}-\overset{\overset{H}{|}}{\underset{\underset{H}{|}}{C}}-OH$

4- أيّ من الكحولات الآتية يُصنّف كحولاً ثالثياً؟

أ) $CH_3COH(CH_3)_2$

ب) $CH_3CHCHCH_3$ (OH على الكربون الثاني، CH_3 على الثالث)

جـ) $CH_3CHCH_2CH_2OH$ (CH_3 على الكربون الثاني)

د) 

5- أيّ من الآتية تكوّن متشكّلات هندسية؟

أ) 2-بيوتين. ب) 2-بيوتاين. جـ) 2-بيوتانول. د) بيوتانال.

6- ما الاسم النِّظامي للمركّب $(CH_3)_3CCH=CH_2$؟

أ) 3،3،3-ثلاثي ميثيل بروبان. ب) 1،1،1-ثلاثي ميثيل-2-بروبين.

جـ) 3،3-ثنائي ميثيل-1-بيوتين. د) 2،2-ثنائي ميثل-3-بيوتين.

السُّؤال الثّاني: علّل ما يأتي:

1- ذائبية الفلورو ميثان في الماء أكبر من ذائبية الكلورو ميثان.

2- تقل ذائبية الحموض الكربوكسيلية في الماء بزيادة عدد ذرّات الكربون في السّلسلة المرتبطة بمجموعة الكربونيل.

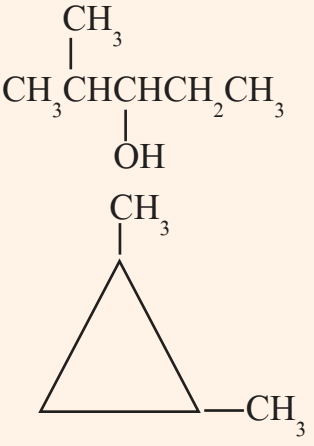
3- درجة غليان الألدهيدات أقل من درجة غليان الكحولات المُماثلة لها في عدد ذرّات الكربون.

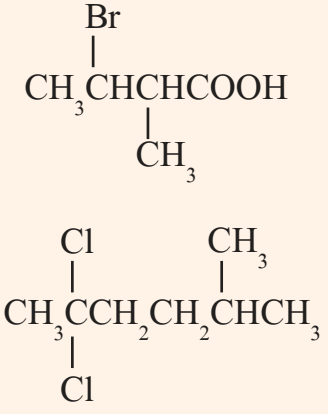
السُّؤال الثّالث: ارسم الصّيغة البنائية للمركّبات الآتية:

1- 2،3-ثنائي كلورو-4-ميثيل بنتان. 2- 4-إيثيل-2-هبتانول. 3- 3-بروموـ2-بيوتانون.

السُّؤال الرّابع: ارسم جميع الصّيغ البنائية للألدهيدات والكيتونات التي صيغتها الجزيئية $C_5H_{10}O$، ثمّ اكتب الاسم النظامي لكلّ منها.

السُّؤال الخامس: اكتب الاسم النظامي للمركّبات الآتية:





السُّؤال السّادس: أقيّم ذاتي:

أقرأ كل عبارة من العبارات الآتية، ثم أضع إشارة (✓) في المكان المناسب:

الرقم	العبارة	دائماً	أحياناً	نادراً
.1	أستطيع التمييز بين المجموعات الوظيفية المختلفة للمركبات العضوية.			
.2	أستطيع كتابة الأسماء النظامية للمركبات العضوية المختلفة.			
.3	بإمكاني تمييز المتشكلات الهندسية في الألكينات.			

التأكسد والاختزال
(Oxidation & Reduction)

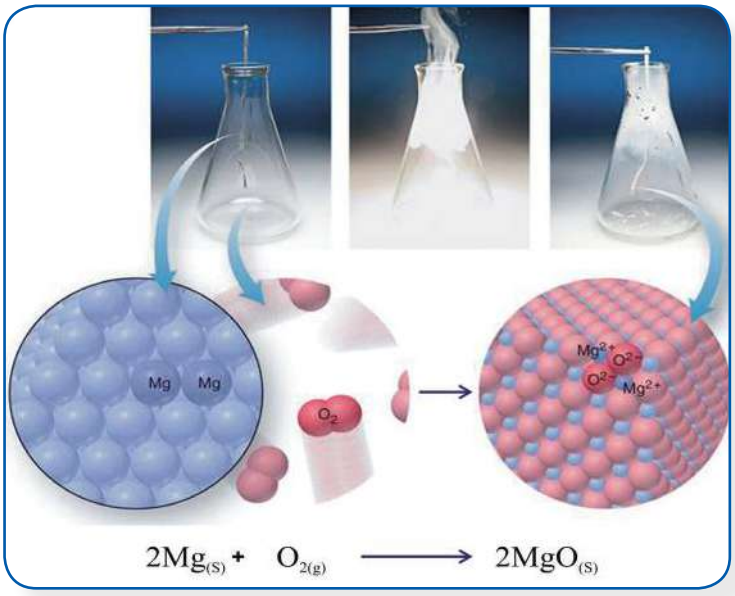
كيف تُشكّل تفاعلات التأكسد والاختزال دوراً بارزاً في حياتنا اليوميّة؟

يتوقع من الطلبة بعد دراسة هذه الوحدة، والتفاعل مع أنشطتها أن يكونوا قادرين على توظيف مفهوم التأكسد والاختزال في فهم ظواهر طبيعيّة، وتطبيقات حياتيّة، وتفسيرها، من خلال تحقيق الآتي:

- حساب عدد التأكسد لذرّات العناصر في مركّباتها المختلفة.
- تحديد العامل المؤكسد، والعامل المختزل في معادلات التأكسد والاختزال عملياً.
- استخدام سلسلة النشاط؛ للتنبؤ بحدوث التفاعلات الكيميائية.
- موازنة معادلات التأكسد والاختزال بطريقة نصف التفاعل (أيون - إلكترون) في الوسطين الحمضي والقاعدي.
- التعرُّف إلى بعض التطبيقات العمليّة لتفاعلات التأكسد والاختزال عملياً.
- تصميم نماذج حماية مهبطيّة تعتمد على مفهوم التأكسد والاختزال.

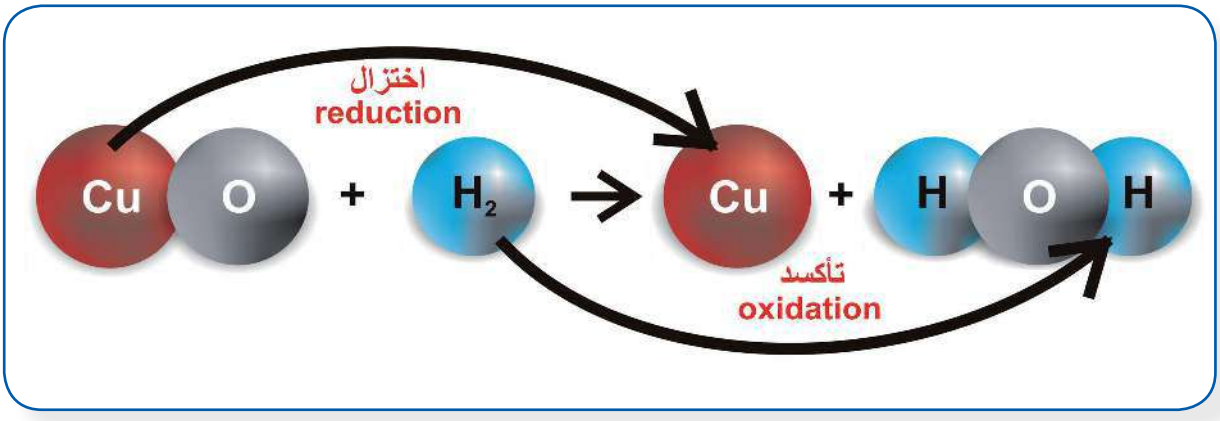
(1.7): مفهوم التأكسد والاختزال (Oxidation-Reduction Concept):

تطوّر مفهوم التأكسد والاختزال تَبعاً للتقدم العلمي، وتطوّر نظريات بناء المادة، ففي الوقت الذي تعامل فيه العلماء مع الذرّات كوحدة بناء أساسيّة للمادة (نموذج دالتون)، كانت وجهة النظر القديمة للتأكسد ترى أنّها عمليّة يتم فيها اتحاد عنصر أو مركّب مع الأكسجين، كتفاعل المغنيسيوم مع الأكسجين، كما يُبيِّن الشكل (1) الآتي:



الشكل(1): تفاعل تأكسد المغنيسيوم

أما عمليّة الاختزال، فيتم فيها نزع الأكسجين من مركّباته، كما يُبيِّن الشكل (2) الآتي:

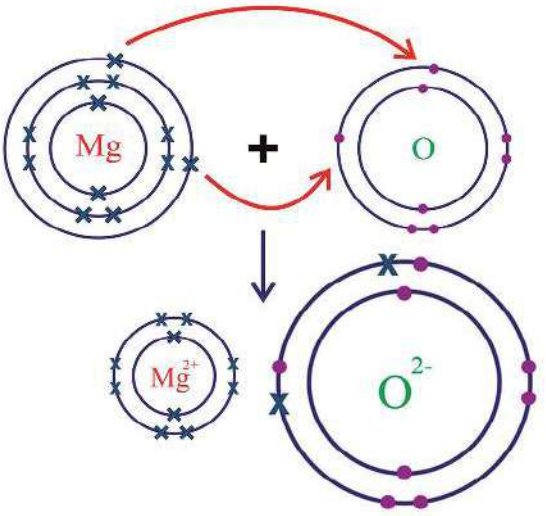


الشكل(2): تفاعل اختزال أكسيد النحاس

وباكتشاف مكونات الذرّة، تطوّر مفهوم التأكسد والاختزال. ولتوضيح ذلك، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط (1): تطوُّر مفهوم التأكسد والاختزال:

ادرس الشكل الآتي الذي يُمثِّل تفاعل المغنيسيوم مع الأكسجين، ثمّ أجب عن الأسئلة التي تليه:



1- ما التغيُّر الذي حصل على عدد إلكترونات ذرّة المغنيسيوم عند تفاعلها مع ذرّة الأكسجين؟

2- ما التغيُّر الذي حصل على عدد إلكترونات ذرّة الأكسجين عند تفاعلها مع ذرّة المغنيسيوم؟

3- ما العنصر الذي تأكسد في التفاعل؟

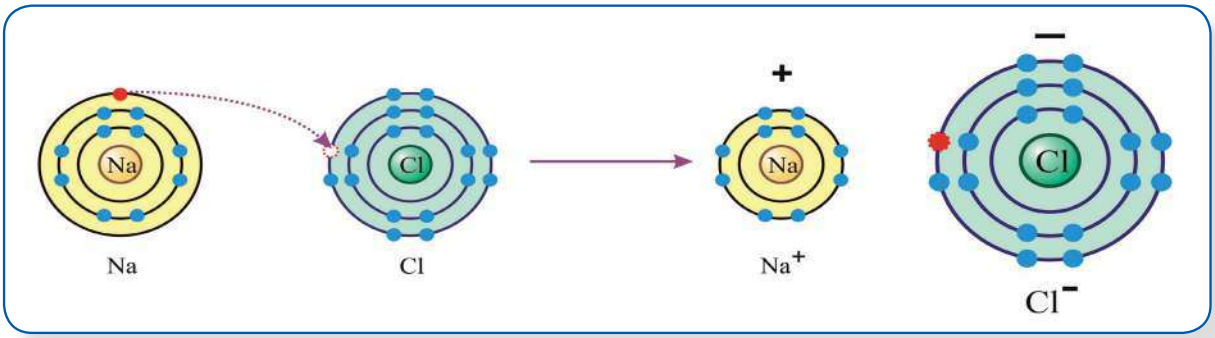
4- إذا كان التأكسد والاختزال عمليتين متلازمتين. فما العنصر الذي حدث له اختزال؟

5- اقترح تعريفاً للتأكسد والاختزال، بناءً على التغيُّر في عدد الإلكترونات.

لعلّ أقدم تفاعلات التأكسد والاختزال أجراها الإنسان قبل 7500 سنة في العصر البرونزي، حين استخلص عنصرَيْ النحاس والحديد من خاماتهما بوساطة الكربون، ثمّ كانت الخطوة المهمة في فهم تفاعلات التأكسد والاختزال عند اكتشاف عنصر الأكسجين، كما في تفاعل عنصر المغنيسيوم مع الأكسجين. واعتقد العلماء في ذلك الوقت أنّ هذه التفاعلات هي نوع خاصّ من أنواع التفاعلات الكيميائية، ومع تقدم العلم، أدرك العلماء أنّ تفاعلات التأكسد والاختزال عمليتان متلازمتان، يتم فيها انتقال الإلكترونات بين المواد المتفاعلة، **فالمادة التي تفقد إلكتروناً أو أكثر تتأكسد، والمادة التي تكسب إلكتروناً أو أكثر تُختزَل.**

سؤال:

ادرس الشكل الآتي الذي يُمثّل تفاعل الصوديوم مع الكلور، ثمّ أجب عن الأسئلة التي تليه:



1- ما المادة التي تأكسدت في التفاعل؟

2- ما المادة التي اخْتُزِلَت في التفاعل؟

3- اكتب معادلة تُبيِّن عمليّة التأكسد (نصف تفاعل تأكسد).

4- اكتب معادلة تُبيِّن عمليّة الاختزال (نصف تفاعل اختزال).

(2.7): أعداد التأكسد (Oxidation Numbers):

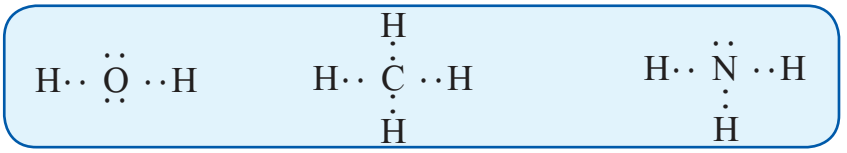
درست سابقاً الذّرّية والشحنة، وعلمّت أنّ أعداد التأكسد للأيونات في مركّباتها الأيونية تساوي شحنة الأيون مقداراً وإشارةً، فأيون الفلور عدد تأكسده 1-، وأيون البوتاسيوم عدد تأكسده 1+.

الذّرّية: هي عدد الإلكترونات التي تَفقدها، أو تَكسبها، أو تُشارك بها الذرّة عند اتحادها مع ذرّات أخرى لتكوين المركّبات، وتكون دائماً عدداً صحيحاً موجباً.

ولكن قد تتساءل عن كيفية حساب عدد التأكسد للذرّات في المركبات الجزيئية، كالميثان والأمونيا؟ للتعرّف إلى ذلك، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط (2): حساب أعداد التأكسد للذرّات في المركبات الجزيئية:

ادرس أشكال لويس الآتية، ثمّ أجب عن الأسئلة التي تليها:



1- ما الذرّة الأعلى كهروسالبية في كل جزيء؟

2- ما عدد إلكترونات التكافؤ لكلّ ذرّة في كل جزيء؟

3- على فرض أنّ إلكترونات الرابطة التساهمية تَتْبَع الذرّة الأعلى كهروسالبية، فكم يُصبح عدد إلكترونات المدار الأخير في كل ذرّة؟

4- أكمل الجدول الآتي حسب ما هو مطلوب:

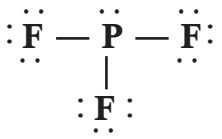
الذرّة	كربون	نيتروجين	أكسجين	هيدروجين
عدد إلكترونات التكافؤ	4			
عدد الإلكترونات في كل ذرّة على اعتبار إلكترونات الرابطة تَتْبَع الذرّة الأعلى كهروسالبية	8			
مقدار الشحنة الظاهريّة على كل ذرّة	4-			

سؤال:

ما عدد تأكسد كل ذرّة في الجزيئات السابقة، معتمداً على الشحنة الظاهريّة؟

لعلّك لاحظت -بعد تنفيذك النشاط السابق- أنّك حدّدت شحنات افتراضية للذرّات في المركّبات الجزيئية السابقة، وبناءً على ذلك، حددت أعداد التأكسد لها، وبذلك **يُعرّف عدد التأكسد بأنّه الشحنة الكهربائية الموجبة أو السالبة على الذرّة في المركّب، سواء كانت ناتجة من انتقال كلّي، أو إزاحة جزئية للإلكترونات.**

سؤال:



بالاعتماد على شكل لويس للجزيء PF_3 المجاور، حدّد عدد تأكسد ذرّة الفلور(F)، والفوسفور(P).

قواعد أعداد التأكسد (Rules of Oxidation Numbers):

غالباً ما يتم تَتَبُّع تفاعل كيميائي بالنظر إلى التغيُّر في أعداد تأكسد الذرّات في المواد المتفاعلة، ولقد تم وضع مجموعة من القواعد التي تُساعدنا في حساب أعداد تأكسد ذرّات العناصر، وهي كما يأتي:

1- عدد تأكسد ذرّة أي عنصر يساوي صفراً.

فمثلاً: عدد تأكسد ذرّة الأكسجين (O) في جزيء الأكسجين (O_2) يساوي صفراً، وعدد تأكسد ذرّة عنصر البوتاسيوم (K) يساوي صفراً، وعدد تأكسد ذرّة الكبريت (S) في جزيء (S_8) يساوي صفراً.

2- عدد تأكسد الأيون أحادي الذرّة يساوي شحنة الأيون مقداراً وإشارةً.

لاحظ -من الجدول- الفرق في وضع الإشارة في حالة الشحنة، وفي حالة عدد التأكسد.

الأيون أحادي الذرّة	S^{2-}	Ag^{1+}	Zn^{2+}	Cl^-	Fe^{3+}
عدد التأكسد	-2	+1	+2	-1	+3

3- عدد تأكسد الفلور في جميع مركّباته يساوي (-1) دائماً. ما السبب في ذلك؟

4- عدد تأكسد الفلزات القلوية في مركّباتها يساوي (+1)، فمثلاً عدد تأكسد Na في NaCl يساوي (+1).

5- عدد تأكسد الفلزات القلوية الترابية في مركّباتها يساوي (+2)، فمثلاً عدد تأكسد Mg في MgF_2 يساوي (+2).

6- عدد تأكسد الأكسجين في مركّباته يساوي (-2)، باستثناء حالات منها فوق الأكاسيد، مثل فوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2)، وفوق أكسيد الصوديوم (Na_2O_2) فيكون (-1).

7- عدد تأكسد الهيدروجين في مركّباته (+1) كما في جزيء HCl، باستثناء هيدريدات بعض الفلزات يكون (-1)، ومثال على ذلك هيدريد الصوديوم NaH.

8- المجموع الجبري لأعداد التأكسد لذرّات المركّب يساوي صفراً، فمثلاً مجموع أعداد تأكسد الكلور والبوتاسيوم في KCl يساوي صفراً.

9- المجموع الجبري لأعداد التأكسد للذرّات المكوّنة للأيون متعدد الذرّات (المجموعة الأيونية) يساوي شحنة الأيون مقداراً وإشارةً، فمثلاً: يكون المجموع الجبري لمجموع أعداد تأكسد الذرّات المكوّنة لأيون الأمونيوم NH_4^+ يساوي (+1).

مثال(1):

احسب عدد تأكسد الكروم (Cr) في دايكرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$.

الحل:

1- نُعيّن أعداد تأكسد الذرّات في المركب، حسب قواعد أعداد التأكسد:

$K_2Cr_2O_7$	O = -2	Cr = س	K = +1

2- بما أنّ المركب متعادل كهربائياً، فيكون مجموع أعداد التأكسد للذرّات المكوّنة له يساوي صفراً.

وبذلك يُمكن حساب عدد تأكسد الكروم في دايكرومات البوتاسيوم من المعادلة الآتية:

(7 × -2) + (2 × س) + (2 × +1) = صفر

(-14) + 2 س + (+2) = صفر

2س = +12

ومنه س = +6

مثال(2):

احسب عدد تأكسد الكبريت في أيون الثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$.

الحل:

1- نُعيّن أعداد التأكسد للذرّات في الأيون حسب قواعد أعداد التأكسد:

$S_2O_3^{2-}$	O = -2	S = س

-2 بما أنّ الأيون يحمل شحنة مقدارها (-2)، فيكون مجموع أعداد التأكسد للذرّات المكوّنة له تساوي (-2)، وبذلك يُمكن حساب عدد تأكسد الكبريت في أيون الثيوكبريتات من المعادلة الآتية:

$(3 \times -2) + (2 \times س) = -2$

ومنه $2س = -2 + (+6) = +4$

إذن $س = +2$

سؤال:

احسب عدد تأكسد ذرّة الكربون في كل من المركّبات الآتية:

CO_2 ، $C_6H_{12}O_6$ ، CHF_3

ويُستفاد من معرفة التغيُّر في أعداد تأكسد الذرّات في تحديد المواد التي تأكسدت والمواد التي اختزلت في التفاعلات، كما في المثال الآتي:

مثال(3):

يتفاعل المغنيسيوم مع غاز الكلور لتكوين كلوريد المغنيسيوم حسب المعادلة الموزونة الآتية:

$$Mg + Cl_2 \longrightarrow MgCl_2$$

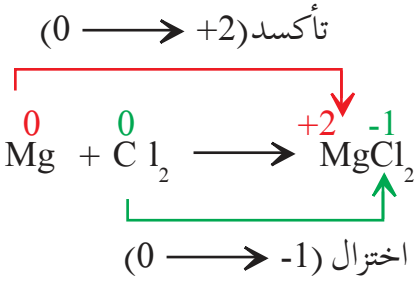
اعتماداً على التغيُّر في أعداد تأكسد الذرّات، أجب عما يأتي:

-1 حدّد المادة التي تأكسدت، والمادة التي اختزلت.

-2 اكتب نصف تفاعل التأكسد، ونصف تفاعل الاختزال.

الحل:

-1 نُحدّد أعداد التأكسد لكل الذرّات في المعادلة الآتية:



نُلاحظ من خلال التغيُّر في أعداد التأكسد -كما تُشير الأسهم في المعادلة- أنّ عدد تأكسد Mg قد ازداد من (صفر) إلى (2+)، وبذلك حدث للمغنيسيوم Mg تأكسد، بينما نقص عدد تأكسد Cl من (صفر) إلى (1-)، وبذلك حدث للكلور Cl_2 اختزال.

-2 تُكتب أنصاف التفاعلات كما يأتي:

نصف تفاعل التأكسد: $Mg \longrightarrow Mg^{2+} + 2e^-$

نصف تفاعل الاختزال: $Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^{1-}$

بناءً على ما سبق، يُمكن تلخيص تطوّر مفهوم التأكسد والاختزال كما في الجدول (1) الآتي:

الجدول(1): تطوّر مفهوم التأكسد والاختزال

الأساس المعتمد	مفهوم التأكسد	مفهوم الاختزال
التفاعل مع الأكسجين	زيادة في محتوى المادة من الأكسجين	نقصان في محتوى المادة من الأكسجين
انتقال الإلكترونات	فقد الإلكترونات	كسب الإلكترونات
عدد التأكسد	زيادة في عدد التأكسد	نقصان في عدد التأكسد

(3.7):العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة (Oxidizing and Reducing Agents):

تعلّمت أنّه يحدث في تفاعلات التأكسد والاختزال تغيُّر في أعداد تأكسد الذرّات في المواد المتفاعلة؛ إذ يتم انتقال الإلكترونات خلال هذه التفاعلات من مادة إلى أخرى، وبما أنّ التأكسد والاختزال عمليتان متلازمتان، **فالمادة التي تتأكسد، تُسبب اختزالاً لغيرها، وتُسمّى عاملاً مختزلاً، أمّا المادة التي يحدث لها اختزال، تسبب أكسدةً لغيرها، وتُسمّى عاملاً مؤكسداً**، كما يُوضّح المثال الآتي:

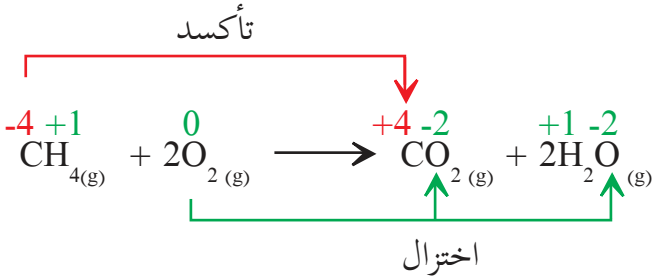
مثال(4):

اعتماداً على التغيُّر في أعداد تأكسد الذرّات، حدّد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الآتي:

$$CH_{4\,(g)} + 2O_{2\,(g)} \longrightarrow CO_{2\,(g)} + 2H_2O_{\,(g)}$$

الحل:

- نُحدّد أعداد التأكسد لكل الذرّات في المعادلة الآتية:



- نُحدّد الذرّات التي تغيّر عدد تأكسدها، كما تُشير الأسهم في المعادلة.
- نُلاحظ أنّ عدد تأكسد الأكسجين قد تغيّر من (صفر إلى 2-)، وبذلك حدث للأكسجين اختزال، فهو عامل مؤكسد، بينما تغيّر عدد تأكسد الكربون في الميثان من(4- إلى 4+)، وبذلك حدث للميثان تأكسد، فهو عامل مختزل.

تُعَدّ المادة المتفاعلة عاملاً مؤكسداً أو عاملاً مختزلاً، على الرغم من أنّ التغيّر في أعداد التأكسد قد يحدث لذرّات بعض العناصر فيها.

سؤال:

يتفاعل أيون الثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$، مع غاز Cl_2 الذي يُعَدّ أحد ملوّثات الهواء الجوي حسب المعادلة الموزونة الآتية:

$$4Cl_{2\,(g)} + S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} + 5H_2O_{(l)} \longrightarrow 8Cl^{1-}_{(aq)} + 2SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 10H^{1+}_{(aq)}$$

1- حدّد المادة التي تأكسدت، والمادة التي اختزلت.

2- حدّد العامل المؤكسد والعامل المختزل.

تعرّفنا في المثال السابق كيفية تحديد العامل المؤكسد والعامل المختزل نظرياً، وللتعرّف إلى ذلك عملياً، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط (3): العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة:

المواد والأدوات:

محلول بيرمنغنات البوتاسيوم $KMnO_4$ الذي تركيزه 0.01 مول/لتر (0.4 غم في 250 مل ماء مقطّر)، ومحلول كبريتيت الصوديوم الهيدروجينية $NaHSO_3$ الذي تركيزه 0.01 مول/لتر (0.26 غم في 250 مل ماء مقطّر)، ومحلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH الذي تركيزه 2 مول/لتر (4 غم في 50 مل من الماء المقطّر)، ومحلول حمض الكبريتيك H_2SO_4 الذي تركيزه 3 مول/لتر (8 مل من الحمض الذي تركيزه 98% بالكتلة في 42 مل من الماء المقطّر)، وأنابيب اختبار عدد 4، سعة 5 مل، وقطّارة مدرّجة عدد 4، وحامل أنابيب، وقضبان زجاجية؛ للتحريك.

خطوات العمل:

1- رقّم أنابيب الاختبار الأربعة، ثمّ ضَع بوساطة القطّارة المُدرّجة 1 مل من محلول بيرمنغنات البوتاسيوم $KMnO_4$ في كل أنبوب من الأنابيب الأربعة.

2- بوساطة القطّارة، أضف إلى الأنبوب الثاني 8 قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH.

3- بوساطة القطّارة، أضف إلى الأنبوب الرابع 6 قطرات من محلول حمض الكبريتيك H_2SO_4.

4- أضف 6 قطرات من محلول كبريتيت الصوديوم الهيدروجينية $NaHSO_3$ لكل من الأنابيب الثاني والثالث والرابع تدريجياً مع التحريك.

الأسئلة:

1- سجّلِ التغيُّر في اللّون الناتج في الأنابيب الثاني والثالث والرابع قبل إضافة $NaHSO_3$، وبعد إضافته.

2- ما الغرض من استخدام الأنبوب الأول في هذه التجربة؟

يقتصر دور هيدروكسيد الصوديوم، وحمض الكبريتيك على تغيير وسط التفاعل من متعادل إلى قاعدي وحمضي على الترتيب.

3- حدّد ناتج التفاعل المسبِّب لظهور اللّون في الأنابيب الثاني والثالث والرابع، إذا علمّت أنّ أكسيد المنغنيز (MnO_2) مادة صُلبة بُنّيّة اللون غير ذائبة، وأيون المنغنيز (Mn^{2+}) عديم اللّون، وأيون المنغنات (MnO_4^{2-}) لونه أخضر.

4- أكمل الجدول الآتي:

ناتج التفاعل المسبّب للّون	رقم الأنبوب	التغيّر في عدد تأكسد المنغنيز (Mn)	عدد الإلكترونات التي اكتسبها المنغنيز (Mn)
MnO_4^{2-}	الثاني	+7 إلى +6	1
	الثالث		
	الرابع		

5- هل يُعَدّ بيرمنغنات البوتاسيوم عاملاً مؤكسداً أم عاملاً مختزلاً في التفاعلات السابقة؟ وضِّح ذلك.

لعلك توصلّت من النشاط السابق أنّ نواتج تفاعلات التأكسد والاختزال تعتمد على طبيعة الوسط الذي تحدث فيه التفاعلات، والجدول (2) الآتي يبيّن بعض العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة الشائعة، وناتج الاختزال أو التأكسد الشائع لكل منها في تفاعلاتها:

الجدول (2): بعض العوامل المؤكسدة، وبعض العوامل المختزلة الشائعة

العامل المؤكسد أو المختزل		ناتج الاختزال أو التأكسد الشائع	التغير في عدد التأكسد للعنصر
عوامل مؤكسدة	أيون البيرمنغنات في وسط حمضي MnO_4^-	Mn^{2+}	Mn (+7 إلى +2)
	أيون البيرمنغنات في وسط قاعدي MnO_4^-	MnO_2	Mn (+7 إلى +4)
	أيون الكرومات في وسط حمضي CrO_4^{2-}	Cr^{3+}	Cr (+6 إلى +3)
عوامل مختزلة	أيون اليود I^-	I_2	I (-1 إلى صفر)
	أول أكسيد الكربون CO	CO_2	C (+2 إلى +4)
	حمض الأكزاليك $H_2C_2O_4$	CO_2	C (+3 إلى +4)

التأكسد والاختزال الذاتي (Disproportionation):

تسلك بعض المواد سلوك العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل نفسه؛ أي أنّ جزءاً من ذرّات العنصر نفسه في هذه المادة تتأكسد، والجزء الآخر من ذرات العنصر نفسه يُختزل، وتُسمّى هذه التفاعلات تفاعلات التأكسد والاختزال الذاتي، وللتعرّف إليها، تأمّل المثال الآتي:

مثال(5):

حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية:

$$Cl_{2\,(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + NaOCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

الحل:

اختزال (0 ⟶ -1)

$$\overset{0}{Cl}_{2\,(aq)} + 2\overset{+1\ -2\ +1}{NaOH}_{(aq)} \longrightarrow \overset{+1\ -1}{NaCl}_{(aq)} + \overset{+1\ -2\ +1}{NaOCl}_{(aq)} + 2\overset{+1\ -2}{H_2O}_{(l)}$$

تأكسد (0 ⟶ +1)

نُلاحظ من التغيُّر في أعداد التأكسد كما تُشير إليها الأسهم أنّ Cl_2 سلك سلوك العامل المختزل والعامل المؤكسد في الوقت نفسه، ويُعَدّ هذا التفاعل مثالاً على تفاعلات التأكسد والاختزال الذاتي.

سؤال:

يُعَدّ التفاعل الآتي: $2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$ من تفاعلات التأكسد والاختزال الذاتي، وضّح ذلك.

(4.7): سلسلة النشاط الكيميائي للعناصر:

تتدرج العناصر في خصائصها الكيميائيّة وقدرتها على التفاعل مع أيونات أو ذرّات عناصر أخرى حسب النشاط الكيميائي للعنصر، وللتعرّف إلى ذلك، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط (4): النشاط الكيميائي للعناصر:

المواد والأدوات:

مسحوق مغنيسيوم، ومسحوق خارصين، ومسحوق نحاس، ومحلول حمض الهيدروكلوريك المخفف الذي تركيزه 1 مول/لتر، وكؤوس زجاجية عدد 3، سعة 50 مل، ومخبار مدرّج، سعة 50 مل.

خطوات العمل:

1- رقّم الكؤوس الزجاجية، ثم ضَع في كل كأس 20 سم^3 من محلول حمض الهيدروكلوريك المخفّف.

2- ضَع في الكأس الأول 0.5 غم من مسحوق المغنيسيوم، وفي الثاني 0.5 غم من مسحوق الخارصين، وفي الثالث 0.5 غم من مسحوق النحاس.

3- سَجّلْ ملاحظاتك في الجدول الآتي بوضع إشارة (✓) إذا حدث تفاعل، ووضع إشارة (×) إذا لم يحدث تفاعل:

العنصر	التفاعل مع محلول حمض الهيدروكلوريك	الدليل على حدوث التفاعل
مغنيسيوم Mg		
خارصين Zn		
نحاس Cu		

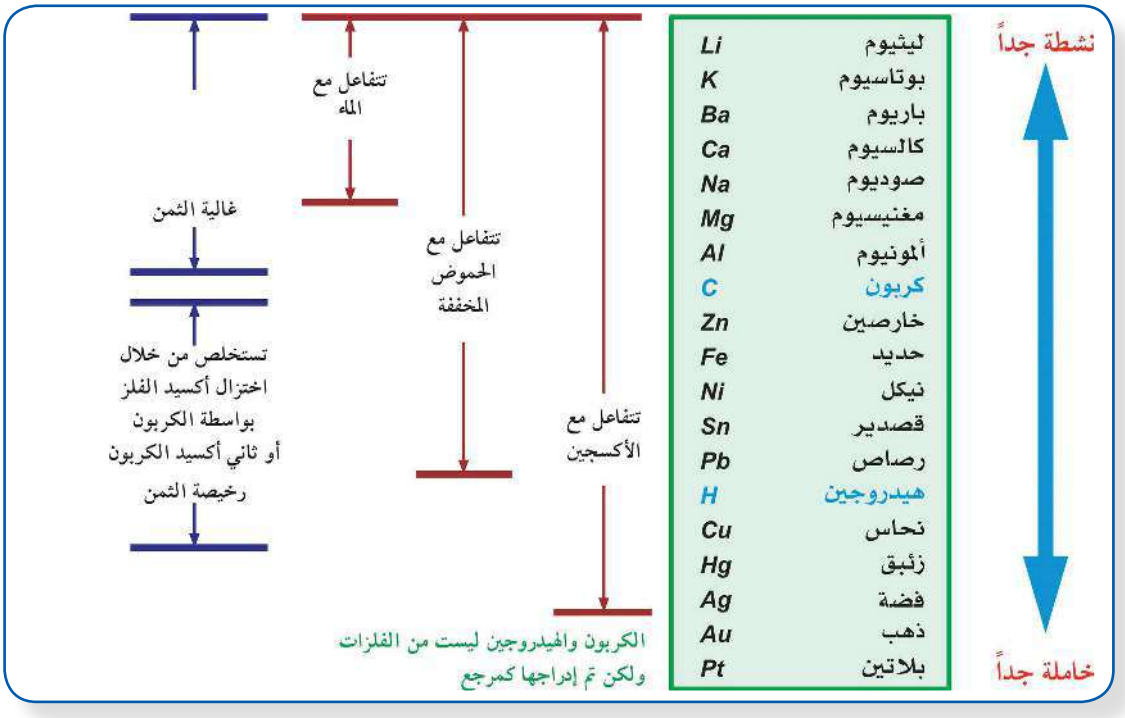
الأسئلة:

1- اكتب معادلة تُمثّل التفاعلات التي حدثت، واذكر نوع كل تفاعل.

2- حدّد العامل المؤكسد، والعامل المختزل في التفاعلات التي حدثت.

3- رتّب العناصر السابقة حسب نشاطها الكيميائي.

تبيَّن لك من النشاط السابق أنّ العناصر تتفاوت في نشاطها الكيميائي، ويُستخدم تفاعل الإحلال البسيط للمقارنة بين العناصر من حيث نشاطها الكيميائي. ولقد تم ترتيب العناصر في قائمة حسب قدرتها على اختزال أيون عنصر آخر في تفاعل الإحلال البسيط تُسمّى سلسلة نشاط العناصر، كما في الشكل (3) الآتي:



الشكل(3): ترتيب بعض العناصر حسب نشاطها الكيميائي

يختزل العنصر الأعلى في سلسلة النشاط أيون كل عنصر يليه ويحل محله، فمثلاً: عنصر الكالسيوم Ca يستطيع أنْ يَختزل أيون الصوديوم Na^+ ، ولا يستطيع أنْ يَختزل أيون الليثيوم Li^+.

مثال(6):

رتّب الفلزات الافتراضية (X،Y،Z) حسب نشاطها الكيميائي، بالاعتماد على المعادلتين الآتيتين:

المعادلة الأولى: $X_{(s)} + YSO_{4\,(aq)} \longrightarrow$ لا تفاعل

المعادلة الثانية: $Z_{(s)} + YSO_{4\,(aq)} \longrightarrow Y_{(s)} + ZSO_{4\,(aq)}$

الحل:

يدل عدم حدوث تفاعل في المعادلة الأولى أنّ الفلز X أقل نشاطاً من الفلز Y، بينما يدل حدوث التفاعل في المعادلة الثانية أنّ الفلز Z أكثر نشاطاً من الفلز Y، وعليه يكون ترتيب الفلزات الافتراضية كالآتي:

$$X < Y < Z$$

سؤال:

بناءً على المعادلات الآتية، رتّب العناصر Na ، Al ، Ca ، Mg حسب قوتها كعوامل مختزلة.

رقم المعادلة	المعادلة
1	$2\ Na_{(s)} + MgCl_{2\ (aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + Mg_{(s)}$
2	$Al_{(s)} + MgBr_{2\ (aq)} \longrightarrow$ لا تفاعل
3	$Ca_{(s)} + 2\ NaCl_{(aq)} \longrightarrow CaCl_{2\ (aq)} + 2\ Na_{(s)}$

(5.7): موازنة معادلات التأكسد والاختزال بطريقة نصف التفاعل (أيون – إلكترون) (Balancing Redox Reactions by Ion-electron method):

درستَ سابقاً المعادلة الكيميائية الموزونة وأهميتها في الحسابات الكيميائيّة، وتعلّمت طريقة موازنتها بالمحاولة والخطأ، ويُراعى عند موازنة المعادلات الكيميائيّة قانونا حفظ الكتلة والشحنة، ولكن هناك معادلات كبعض تفاعلات التأكسد والاختزال، يَصْعُبُ موازنتها بالطريقة السابقة، لذا تُستخدم طريقة نصف التفاعل (أيون-إلكترون)؛ لموازنة هذه المعادلات.

سؤال:

هل المعادلة الآتية موزونة؟ فسّر إجابتك.

$$Zn_{(s)} + Ag^{+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Ag_{(s)}$$

أولاً: موزانة تفاعلات التأكسد والاختزال في الوسط الحمضي:

يَتم موازنة معادلات التأكسد والاختزال في الوسط الحمضي بطريقة نصف التفاعل (أيون- إلكترون) حسب خطوات معيّنة، كما في المثال الآتي:

يُسمّى الوسط الذي يحتوي على أيونات الهيدروجين (H^+) بالوسط الحمضي، والوسط الذي يحتوي على أيونات الهيدروكسيد (OH^-) بالوسط القاعدي.

مثال(7):

زنْ معادلة التفاعل الآتية في الوسط الحمضي:

$$Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + Fe^{2+}{}_{(aq)} \longrightarrow Cr^{3+}{}_{(aq)} + Fe^{3+}{}_{(aq)}$$

الخطوة الأولى: نُحدّد أعداد التأكسد لجميع ذرّات العناصر في المعادلة، وذلك لمعرفة المواد التي تأكسدت، والمواد التي اختزلت.

$$\overset{+6\ -2}{Cr_2O_7^{2-}} + \overset{+2}{Fe^{2+}} \longrightarrow \overset{+3}{Cr^{3+}} + \overset{+3}{Fe^{3+}}$$

الخطوة الثانية: نَقسم المعادلة إلى نصفين: إحداها نصف تفاعل اختزال، والأخرى نصف تفاعل تأكسد.

نصف تفاعل الاختزال: $Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow Cr^{3+}$

نصف تفاعل التأكسد: $Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+}$

الخطوة الثالثة: نزن جميع ذرّات العناصر في كل نصف تفاعل بالمحاولة والخطأ، ما عدا ذرّات الأكسجين والهيدروجين.

نصف تفاعل الاختزال: $Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow 2Cr^{2+}$ (لاحظ أننا ضربنا Cr^{2+} في الناتج بالعدد 2؛ لموازنتها).

نصف تفاعل التأكسد: $Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+}$ (لاحظ أنّ Fe موزونة).

الخطوة الرابعة: نزن ذرّات الأكسجين، بإضافة عدد من جزيئات الماء إلى الطرف الذي يَنقصه ذرّات أُكسجين بمقدار جزيء ماء مقابل كل ذرّة أُكسجين ناقصة.

نصف تفاعل الاختزال: $Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$ (لاحظ أننا أضفنا 7 جزيئات H_2O؛ لموازنة ذرّات الأكسجين).

نصف تفاعل التأكسد: $Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+}$ (لا نضيف جزيئات H_2O؛ لعدم احتوائه على أكسجين).

الخطوة الخامسة: نَزن ذرّات الهيدروجين، بإضافة عدد من أيونات الهيدروجين(H^+) مقابل كل ذرّة هيدروجين ناقصة.

نصف تفاعل الاختزال: $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$ (لاحظ أننا أضفنا 14 أيون H^+ للمتفاعلات؛ لموازنة ذرّات الهيدروجين).

نصف تفاعل التأكسد: $Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+}$ (لا نضيف أيونات H^+ ؛ لعدم احتوائه على هيدروجين).

الخطوة السادسة: نَزن الشحنات الكهربائية، بإضافة عدد من الإلكترونات لأحد طرفَيِ المعادلة، بحيث يصبح المجموع الجبري للشحنات على طرفَيِ المعادلة متساوياً.

موازنة الشحنات في نصف تفاعل الاختزال:

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

$$((2-) \times 1) + ((1+) \times 14) \longrightarrow ((3+) \times 2) + (\text{صفر} \times 7)$$

$$12+ \longrightarrow 6+$$

لذا يجب إضافة 6 إلكترونات إلى الطرف الأيسر من المعادلة (المواد المتفاعلة).

نصف تفاعل الاختزال: $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$

موازنة الشحنات في نصف تفاعل التأكسد: $Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+}$

$$(2+) \times 1 \longrightarrow (3+) \times 1$$

$$2+ \longrightarrow 3+$$

لذا يجب إضافة إلكترون إلى الطرف الأيمن من المعادلة (المواد الناتجة).

نصف تفاعل التأكسد: $Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^-$

الخطوة السابعة: مساواة عدد الإلكترونات المفقودة بعدد الإلكترونات المكتسبة؛ وذلك بضرب نصف كل تفاعل بعدد مناسب.

بناءً على ما سبق، نضرب نصف الاختزال في (1)، ونصف تفاعل التأكسد في (6).

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

$$6Fe^{2+} \longrightarrow 6Fe^{3+} + 6e^-$$

الخطوة الثامنة: نجمع نصفَي التفاعل، ونختصر الإلكترونات والأيونات والجزيئات المتماثلة من الطرفين.

وبالجمع نحصل على المعادلة الموزونة الآتية:

$$Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + 6Fe^{2+}{}_{(aq)} + 14H^+{}_{(aq)} \longrightarrow 2\,Cr^{3+}{}_{(aq)} + 6Fe^{3+}{}_{(aq)} + 7H_2O_{(l)}$$

الخطوة التاسعة: نتحقق من صحة الموازنة بتطبيق قانونَيْ حفظ المادة والشحنة الكهربائية.

نُلاحظ أنّ عدد ذرّات كل نوع من العناصر متساوٍ على طرفَي المعادلة، وبذلك تَحقَّق قانون حفظ المادة، وللتحقق من تطبيقها لقانون حفظ الشحنة الكهربائية، نجمع الشحنات في طرفَي المعادلة كما يأتي:

$$Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + 6\,Fe^{2+}{}_{(aq)} + 14H^+{}_{(aq)} \longrightarrow 2\,Cr^{3+}{}_{(aq)} + 6Fe^{3+}{}_{(aq)} + 7H_2O_{(l)}$$

$$(2-)\times1 + (2+)\times6 + (1+)\times14 \longrightarrow (3+)\times2 + (3+)\times6 + \text{صفر}\times7$$

$$24+ \longrightarrow 24+$$

سؤال:

زنْ معادلة التفاعل الآتي بطريقة نصف التفاعل (أيون- إلكترون) في الوسط الحمضي:

$$MnO_4^-{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)} \longrightarrow Mn^{2+}{}_{(aq)} + Cl_2{}_{(g)}$$

ثانياً: موازنة معادلات التأكسد والاختزال في الوسط القاعدي:

تتم موازنة معادلات التأكسد والاختزال في الوسط القاعدي، كما هو مبيّن في المثال الآتي:

مثال(8):

زنْ معادلة التفاعل الآتي بطريقة نصف التفاعل (أيون- إلكترون) في الوسط القاعدي:

$$MnO_4^-{}_{(aq)} + Fe^{2+}{}_{(aq)} \longrightarrow MnO_{2(s)} + Fe^{3+}{}_{(aq)}$$

الخطوة الأولى: نَزن المعادلة في الوسط الحمضي، باتباع الخطوات السابقة، فنحصل على المعادلة الموزونة الآتية:

$$MnO_4^-{}_{(aq)} + 3Fe^{2+}{}_{(aq)} + 4H^+{}_{(aq)} \longrightarrow MnO_2{}_{(s)} + 3\,Fe^{3+}{}_{(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

الخطوة الثانية: نُضيف عدداً من أيونات الهيدروكسيد (OH^-) إلى طرفَيِ المعادلة مساوياً لعدد أيونات الهيدروجين(H^+).

$$MnO_4^- + 3Fe^{2+} + 4H^+ + 4OH^- \longrightarrow MnO_2 + 3\,Fe^{3+} + 2H_2O + 4OH^-$$

الخطوة الثالثة: نُعادل أيونات OH^- مع أيونات H^+؛ لتكوين جزيئات H_2O، فنحصل على المعادلة الآتية:

$$MnO_4^- + 3Fe^{2+} + 4H_2O \longrightarrow MnO_2 + 3\,Fe^{3+} + 2H_2O + 4OH^-$$

الخطوة الرابعة: نحذف عدداً من جزيئات الماء من طرفَيِ المعادلة مساوياً للعدد الأقل منها، وفي المعادلة السابقة، نحذف جزيئين من الماء من كلا الطرفين، فنحصل على المعادلة الموزونة الآتية:

$$MnO_4^-{}_{(aq)} + 3Fe^{2+}{}_{(aq)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow MnO_{2(s)} + 3\,Fe^{3+}{}_{(aq)} + 4OH^-{}_{(aq)}$$

الخطوة الخامسة: نتحقّق من صحة الموازنة بتطبيق قانونَيْ حفظ المادة والشحنة.

نُلاحظ أنّ عدد ذرّات كل نوع من العناصر متساوٍ على طرفَيِ المعادلة، وبذلك تحقّق قانون حفظ المادة،

وللتحقق من تطبيقها، قانون حفظ الشحنة الكهربائية، نجمع الشحنات في طرفَي المعادلة كما يأتي:

$$MnO_{4\,(aq)}^{-} + 3Fe^{2+}_{(aq)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow MnO_{2(s)} + 3\,Fe^{3+}_{(aq)} + 4OH^{-}_{(aq)}$$

$$(1-)\times 1 + (2+)\times 3 + (\text{صفر})\times 2 \longrightarrow (\text{صفر})\times 1 + (3+)\times 3 + (1-)\times 4$$

$$5+ \longrightarrow 5+$$

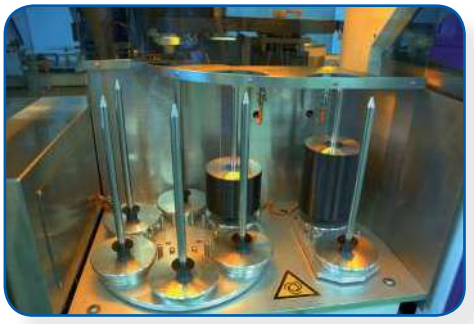
سؤال:

زنْ معادلة التفاعل الآتية بطريقة نصف التفاعل (أيون- إلكترون) في الوسط القاعدي:

$$ClO^{-}_{(aq)} + CrO_{2\,(aq)}^{-} \longrightarrow Cl^{-}_{(aq)} + CrO_{4\,(aq)}^{2-}$$

(6.7):التطبيقات العملية لتفاعلات التأكسد والاختزال (Applications of Redox Reactions):

تُعدّ تفاعلات التأكسد والاختزال جزءاً مهماً في كثير من الصناعات، كصناعة الأقراص المدمجة (CD)، وقصر الألوان، والصناعات الغذائيّة، وصناعة البطاريات، واستخلاص الفلزّات من خاماتها. أمّا في المجال الصحي، فإنّ المواد المضادة للأكسدة Antioxidants تُعدّ ضرورية لحماية الجسم من الأمراض، كالجلطات الدموية، وأمراض الشيخوخة، وغيرها. وتتواجد المواد المضادة للأكسدة في كثير من الأطعمة، منها: التوت البري، والحمضيات.



الأقراص المدمجة

التوت البري

ومن أهم التطبيقات الحياتيّة لهذه التفاعلات:

أولاً: قصر الألوان (Bleaching):

تُستخدم المواد القاصرة للألوان على نطاقٍ واسعٍ في صناعة الورق والمنسوجات، والتي تعمل على إزالة اللّون أو تخفيفه. وللتعرّف إلى عمليّة قصر الألوان، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط (5): قصر الألوان:

المواد والأدوات:

ماء مقطّر، ومحلول هيبوكلوريت الصوديوم NaOCl الذي تركيزه 5% بالكتلة، ومحلول فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 الذي تركيزه 6% بالكتلة، وكؤوس زجاجية سعة 250 مل عدد 6، وقطع قُماش ملوّنة، وبتلات أزهار ملوّنة، ومخبار مدرّج سعة 200 مل.

خطوات العمل:

1- حَضّر 3 كؤوس زجاجية سعة 250 سم^3، وضَع في الكأس الأول 100 سم^3 ماءً مقطّراً، وفي الثاني 100 سم^3 محلول هيبوكلوريت الصوديوم، وفي الثالث 100 سم^3 محلول فوق أكسيد الهيدروجين.

2- ضَع قطعة قُماش في كل كأس، وصِفِ التغيُّر الحاصل على لون القطعة في كل محلول.

3- كرّرِ التجربة، مستخدماً بتلات الأزهار الملوّنة بدلاً من قطع القُماش، وصِفِ التغيُّر الحاصل على لونها.

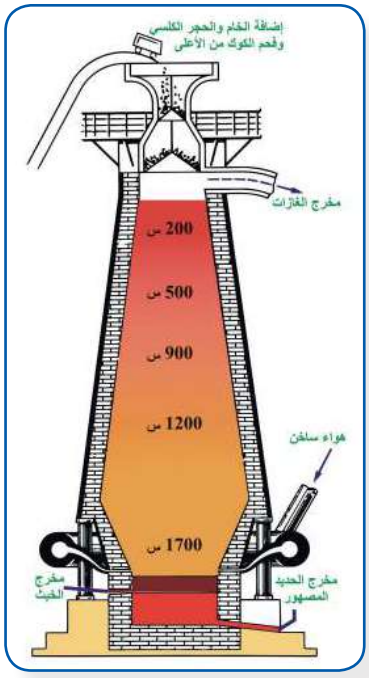
لعلك لاحظت من النشاط السابق أنّ لون قطع القُماش، وبتلات الأزهار قد زال، أو أصبح باهتاً في المحاليل. والجدول (3) الآتي يُبيّن بعض المواد القاصرة للألوان، وبعض مجالات استخداماتها:

الجدول(3): بعض المواد القاصرة للألوان، وبعض مجالات استخداماتها

اسم المادة	الصيغة الجزيئية	نوعها	بعض مجالات استخدامها
محلول فوق أكسيد الهيدروجين	H_2O_2	عامل مؤكسد	• قصر لون القطن، وخيوط البولي إستر، والحرير. • قصر لون الشعر، ولكن يُنصح بعدم الإفراط في استخدامه؛ لأنّه يُسبب تقصُّف الشعر، وتقرُّح جلدة الرأس. • إزالة قتامة اللوحات الزيتية القديمة، حيث تعمل على تحويل مادة PbS السوداء إلى $PbSO_4$ البيضاء، وَفقَ المعادلة الآتية: $PbS_{(s)} + 4H_2O_{2\,(aq)} \longrightarrow PbSO_{4\,(s)} + 4\,H_2O_{(l)}$
هيبوكلوريت الكالسيوم	$Ca(ClO)_2$	عامل مؤكسد	تبييض عجينة الورق.
فوق بورات الصوديوم	$Na_2B_4O_7$	عامل مؤكسد	إزالة البُقع الملوّنة عن الأقمشة البيضاء.
كبريتيت الصوديوم الهيدروجينية	$NaHSO_3$	عامل مختزل	قصر لون عجينة الخشب المطحون لصناعة الورق.
غاز ثاني أكسيد الكبريت	SO_2	عامل مختزل	• قصر لون السكر، ولون الطحين. • قصر لون الشحوم غير الصالحة للأكل؛ لاستخدامها في الصناعة.

ثانياً: استخلاص العناصر من خاماتها:

تُوجَد بعض العناصر في الطبيعة منفردة، كالذهب، والكبريت، في حين يتم استخلاص كثير من العناصر من خاماتها المتنوّعة بعدة طرق، منها:



رسم تخطيطي للفرن اللافح

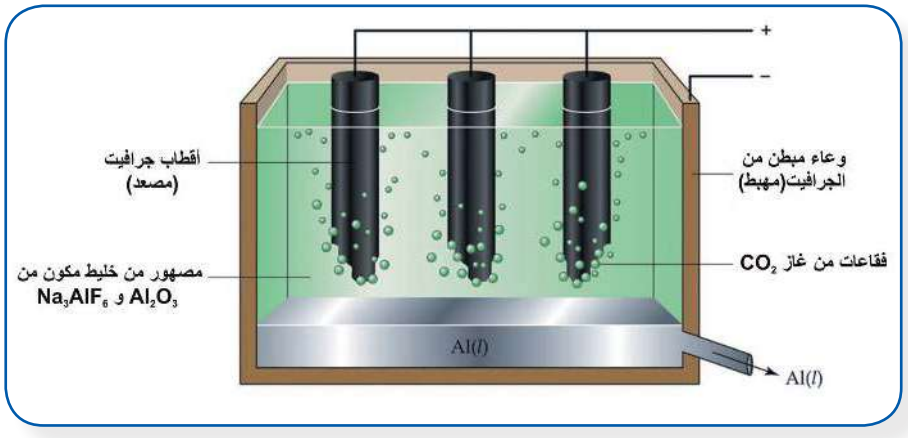
أ- الاختزال الكيميائي:

تتم عمليات استخلاص بعض الفلزات من خاماتها بوساطة عامل مختزل، كالكربون، والصوديوم، والألمنيوم، فمثلاً: يتم نزع الأكسجين من خام الهيماتيت (Fe_2O_3) بوساطة الكربون؛ للحصول على الحديد النقي داخل الفرن اللافح. والمعادلة الآتية تلخّص مجمل التفاعلات التي تحدث في الفرن اللافح:

$$2Fe_2O_3 + 3C \longrightarrow 4Fe + 3CO_2$$

ب- التحليل الكهربائي:

لقد تمكّن العالم هول من استخلاص الألمنيوم بالتحليل الكهربائي لمصهور أكسيد الألمنيوم، كما في الشكل (4)، حيث يتم اختزال أيونات الألمنيوم على المهبط، في حين يتصاعد غاز CO_2 على المصعد لتفاعل الأكسجين مع جزء من أقطاب الغرافيت.



الشكل(4): خلية تحليل كهربائي

ثالثاً: تفاعل الثيرمايت:

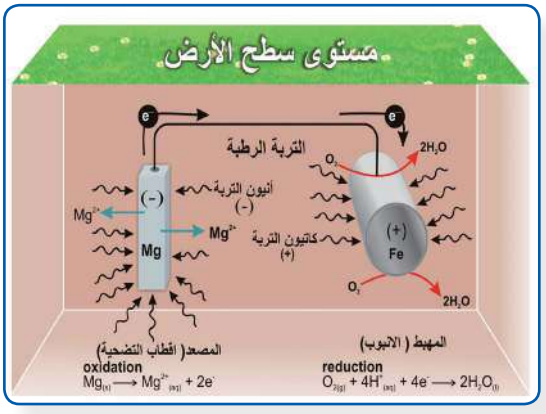
اكتشف العالم الألماني جولدشميت تفاعل الثيرمايت، وهو تفاعل مسحوق الألومنيوم مع أكسيد الحديد(III)، وعُرِفَ بهذا الاسم؛ لإنتاجه حرارة عالية تعمل على صهر الحديد الناتج من التفاعل الذي يُستخدم في لحام المعادن، كالسكك الحديدية. وتُقَدّر درجة الحرارة الناتجة من التفاعل بحوالي 2400 ْس.

$$2Al_{(s)} + Fe_2O_{3\,(s)} \xrightarrow{\text{طاقة}} Al_2O_{3\,(l)} + 2Fe_{(l)} + \text{طاقة عالية}$$

رابعاً: الحماية المهبطية (Cathodic Protection):

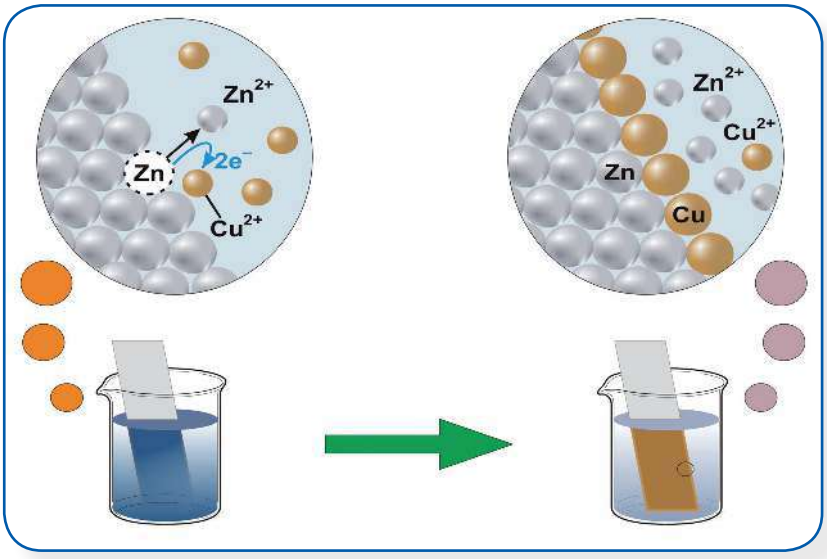
يُعدّ تآكل الحديد (الصدأ) إحدى المشاكل التي تعاني منها كثير من القطاعات المهمة، كقطاعات الصناعة، والنقل البحري، والمعدات، ومن الأسباب المباشرة للصدأ، تعرُّض الحديد للهواء الرطب لفترة من الزمن، حيث تتكوّن طبقة هشّة من الأكسيد بُنِّيّة اللّون؛ ما يسمح باستمرار التفاعل في الطبقات الداخلية. وتختلف سرعة تكوّن الصدأ تَبعاً للعوامل المؤثرة فيه، منها: نسبة الرطوبة، وحموضة الوسط، ووجود الأملاح، ودرجة الحرارة.

يتم حماية الحديد من الصدأ بعدة طرق، أبسطها الدهان الزيتي، إضافةً إلى جلفنة الحديد، حيث يتم تغليف الحديد بطبقة من الخارصين، ومن الوسائل الحديثة المستخدمة في حماية الحديد من الصدأ، ما تُعرف بالحماية المهبطيّة، كما في الشكل (5)، وتتلخص هذه الطريقة في استخدام أقطاب التضحية (Sacrificial Anodes) المتكونّة من معادن أنشط من الحديد، كالمغنيسيوم، أو الخارصين، حيث يعمل الحديد كمهبط لخلية جلفانية يكون فيها الخارصين، أو المغنيسيوم مصعداً. وتستخدم هذه الطريقة على نطاق عالمي؛ لحفظ الأنابيب المعدنية المدفونة في الأرض.



الشكل(5): الحماية المهبطية

سؤال: بعد دراستك هذه الوحدة، فسِّر الظاهرة الموضّحة في الشكل الآتي، التي تُمثل صفيحة من الخارصين مغموسة في محلول كبريتات النحاس المائية:



المشاريع العلمية:

بعد دراستك هذه الوحدة، يمكن تنفيذ أحد المشاريع الآتية:

1- تصميم تجربة، تبيّن فيها كيفية استخدام الحماية المهبطية؛ لحماية الحديد من الصدأ.

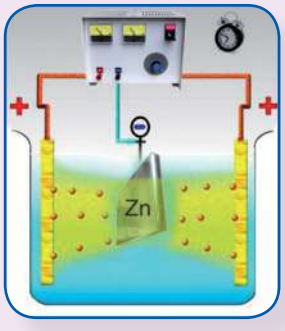
2- كتابة بحث عن تطبيقات التأكسد والاختزال في الاستخدامات المنزلية.

3- كتابة بحث عن دور تفاعلات التأكسد والاختزال في المجالات الصحيّة.

الكيمياء والتكنولوجيا والمجتمع

طلاء قبة الصخرة بالذهب

تُعدّ قبة الصخرة المشرَّفة إحدى أهم المعالم المعمارية الإسلامية في العالم؛ لمكانتها وقدسيتها الدينية، ولما تمثله من نموذج فني، تطوي بين زخارفها بصمات الحضارة الإسلامية في فتراتها المتتابعة، حيث بهرت برونقها وتناسقها كل من حاول دراستها من العلماء والباحثين الذين يرون فيها مزيجاً من جمال الهندسة المعمارية والذوق العربي، وقد بُني هذا المسجد زمن الخليفة عبد الملك بن مروان على شكل مضلَّع ثُمانيّ، له أربعة أبواب، وفوق المسجد توجد قبة يبلغ قُطرها من الداخل 20.3 متراً، وارتفاعها 20.48 متراً، وتتكون من قبة داخلية خشبية تحمل القبة المعدنية الخارجية المكوَّنة من ألواح الخارصين المطليّة بطبقة رقيقة من الذهب، حيث يلزم 24 كيلوغرام ذهب عيار 24؛ لطلاء قبة الصخرة بطبقة سُمكها 4 ميكرون (الميكرون = 10^{-6} متر).



وتتم عملية الطلاء بفكّ ألواح الخارصين وتنظيفها، ثم يتم تحضير محلول أيونات الذهب بإذابة كمية من الذهب النقي في الماء الملكي المكوّن من محلول HCl و HNO_3، ويضاف السيانيد للمحلول؛ لتكوين الأيونات، وبعد ذلك يتم بناء دارة كهربائية، كما هو موضّح في الشكل المجاور، حيث توضع ألواح الخارصين على القطب السالب، ويوضع الذهب الخالص على قطبين موجبين؛ لطلاء الألواح من الجهتين الأمامية والخلفية.

ومن الجدير ذكره أنّ المسجد الأقصى المبارك، وقبة الصخرة المشرفة تَحظى برعاية خاصّة من المملكة الأردنية الهاشمية في إطار عنايتهم الشاملة للمدينة المقدسة.

أسئلة الوحدة

السُّؤال الأوّل: اختر رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

1- أيُّ العبارات الآتية صحيحة فيما يتعلق بالتفاعل: $Zn_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$؟

أ) Zn اختزل، وCu^{2+} تأكسد.
ب) Zn تأكسد، وCu^{2+} اختزل.
جـ) Zn^{2+} تأكسد، وCu اختزل.
د) Zn^{2+} اختزل، وCu^{2+} تأكسد.

2- كيف تغيّر عدد تأكسد الهيدروجين في التفاعل الآتي:

$$Ca_{(s)} + 2\ HCl_{(aq)} \longrightarrow CaCl_{2\ (aq)} + H_{2\ (g)}$$

أ) من صفر إلى 1+
ب) من صفر إلى 1-
جـ) من 2+ إلى صفر.
د) من 1+ إلى صفر.

3- أيٌّ من الآتية يكون عدد تأكسد الكبريت فيها مساوياً لعدد تأكسد الكبريت في H_2SO_4؟

أ) S_8
ب) SF_6
جـ) H_2SO_3
د) S^{2-}

4- أيٌّ من التفاعلات الآتية **لا** يُعدُّ من تفاعلات التأكسد والاختزال؟

أ) $2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2MgO_{(s)}$

ب) $2KClO_{3(s)} + \text{حرارة} \longrightarrow 2KCl_{(s)} + 3O_{2(g)}$

جـ) $HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

د) $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)}$

5- أيُّ العبارات الآتية صحيحة فيما يتعلق بالفوسفور (P) إذا تغيّر عدد تأكسده من 3- إلى صفر؟

أ) فقد ثلاث إلكترونات، واختزل.
ب) فقد ثلاث إلكترونات، وتأكسد.
جـ) كسب ثلاث إلكترونات، واختزل.
د) كسب ثلاث إلكترونات، وتأكسد.

-6 ما العامل المؤكسد في التفاعل الآتي: $Sn^{2+}_{(aq)} + 2Fe^{3+}_{(aq)} \longrightarrow Sn^{4+}_{(aq)} + 2Fe^{2+}_{(aq)}$ ؟

أ) Fe^{2+} ب) Fe^{3+} جـ) Sn^{2+} د) Sn^{4+}

-7 ما قيمة n في التفاعل الآتي: $8H^{+}_{(aq)} + MnO_4^{-}{}_{(aq)} + n\,e^{-} \longrightarrow Mn^{2+}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}$ ؟

أ) 1 ب) 2 جـ) 5 د) 7

السُّؤال الثّاني: وضّح المقصود بكل من الآتية: عدد التأكسد، والعامل المختزل، والحماية المهبطية.

السُّؤال الثّالث: احسب عدد التأكسد لكل ذرة تحتها خط:

-1 $\underline{Na}_2O_2$ -2 $\underline{N}H_4^{+}$ -3 $\underline{Pb}(OH)_3^{-}$

السُّؤال الرّابع: تُستخدم طريقة كلاوس في مصافي البترول؛ لتنقية النفط، والغاز الطبيعي من مركّبات الكبريت، وأحد التفاعلات الذي يحدث في هذه الطريقة هو:

$$16H_2S_{(g)} + 8SO_{2(g)} \longrightarrow 3S_{8(s)} + 16H_2O_{(l)}$$

-1 حدّد المادة التي تأكسدت، والمادة التي اختزلت.

-2 حدّد العامل المؤكسد، والعامل المختزل.

السُّؤال الخامس: رتّب الفلزّات الافتراضية A، B، C، D، وَفقَ نشاطها الكيميائي (قوتها كعوامل مختزلة)، إذا علمت أنّ:

- A و C فقط يتفاعلان مع HCl الذي تركيزه 1.0 مول/لتر، وينطلق غاز H_2.
- عند وضع سلك من العنصر C في محلول أيونات بقية العناصر، تتكوّن العناصر A، B، D.
- يختزل الفلز D أيونات موجبة للعنصر B، وينتج العنصر B.

السُّؤال السّادس: زِنِ المعادلات الآتية بطريقة نصف التفاعل (أيون- إلكترون):

1- $Zn_{(s)} + ClO^-_{(aq)} \longrightarrow Zn(OH)_{2(s)} + Cl^-_{(aq)}$ (في الوسط الحمضي).

2- $Br_{2(l)} \longrightarrow BrO_3^-{}_{(aq)} + Br^-_{(aq)}$ (في الوسط القاعدي).

3- $Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + Fe^{2+}_{(aq)} + C_2O_4^{2-}{}_{(aq)} \longrightarrow Fe^{3+}_{(aq)} + Cr^{3+}_{(aq)} + CO_{2(g)}$ (في الوسط الحمضي).

4- $Fe(OH)_{2(s)} + Pb(OH)_3^-{}_{(aq)} \longrightarrow Fe(OH)_{3(s)} + Pb_{(s)}$ (في الوسط القاعدي).

السُّؤال السّابع: اذكر ثلاث مواد تُستخدم لقصر الألوان، وحدّد استخدامين لكل منها.

السُّؤال الثّامن: علّل ما يأتي:

1- يُستخدم فوق أكسيد الهيدروجين في إزالة قتامة اللّوحات الزيتيّة.

2- تسلك اللافلزّات عند تفاعلها مع الفلزّات كعوامل مؤكسدة.

3- عدد تأكسد الأكسجين في مركّب فلوريد الأكسجين F_2O هو 2+.

السُّؤال التّاسع: أقيّم ذاتي:

أقرأ كل عبارة من العبارات الآتية، ثم أضع إشارة (✓) في المكان المناسب:

الرقم	العبارة	دائماً	أحياناً	نادراً
.1	أستطيع تمييز تفاعلات التأكسد والاختزال عن غيرها من التفاعلات.			
.2	استطيع حساب عدد التأكسد لذرّات العناصر في مركباتها المختلفة.			
.3	بإمكاني موازنة معادلات التأكسد والاختزال بطريقة نصف التفاعل في الوسطين الحمضي والقاعدي بطريقة صحيحة .			
.4	أستطيع استخدام سلسلة النشاط؛ للتنبؤ بحدوث التفاعلات الكيميائية.			

المشروع

المشروع: شكل من أشكال منهج النشاط؛ يقوم الطلبة (أفراداً أو مجموعات) بسلسلة من ألوان النشاط التي يتمكنون خلالها من تحقيق أهداف ذات أهمية للقائمين بالمشروع.
ويمكن تعريفه على أنه: سلسلة من النشاط الذي يقوم به الفرد أو الجماعة لتحقيق أغراض واضحة ومحددة في محيط اجتماعي برغبة ودافعية.

ميزات المشروع:

1. قد يمتد زمن تنفيذ المشروع لمدة طويلة ولا يتم دفعة واحدة.
2. ينفّذه فرد أو جماعة.
3. يرمي إلى تحقيق أهداف ذات معنى للقائمين بالتنفيذ.
4. لا يقتصر على البيئة المدرسية وإنما يمتد إلى بيئة الطلبة لمنحهم فرصة التفاعل مع البيئة وفهمها.
5. يستجيب المشروع لميول الطلبة وحاجاتهم ويثير دافعيّتهم ورغبتهم بالعمل.

خطوات المشروع:

أولاً: اختيار المشروع: يشترط في اختيار المشروع ما يأتي:

1. أن يتماشى مع ميول الطلبة ويشبع حاجاتهم.
2. أن يوفّر فرصة للطلبة للمرور بخبرات متنوعة.
3. أن يرتبط بواقع حياة الطلبة ويكسر الفجوة بين المدرسة والمجتمع.
4. أن تكون المشروعات متنوعة ومترابطة وتكمل بعضها البعض ومتوازنة، لا تغلّب مجالاً على الآخر.
5. أن يتلاءم المشروع مع إمكانات المدرسة وقدرات الطلبة والفئة العمرية.
6. أن يُخطّط له مسبقاً.

ثانياً: وضع خطة المشروع:

يتم وضع الخطة تحت إشراف المعلم حيث يمكن له أن يتدخّل لتصويب أي خطأ يقع فيه الطلبة.

يقتضي وضع الخطة الآتية:

1. تحديد الأهداف بشكل واضح.
2. تحديد مستلزمات تنفيذ المشروع، وطرق الحصول عليها.
3. تحديد خطوات سير المشروع.
4. تحديد الأنشطة اللازمة لتنفيذ المشروع، (شريطة أن يشترك جميع أفراد المجموعة في المشروع من خلال المناقشة والحوار وإبداء الرأي، بإشراف وتوجيه المعلم).
5. تحديد دور كل فرد في المجموعة، ودور المجموعة بشكل كلّي.

ثالثاً: تنفيذ المشروع:

مرحلة تنفيذ المشروع فرصة لاكتساب الخبرات بالممارسة العملية، وتعدّ مرحلة ممتعة ومثيرة لما توفّره من الحرية، والتخلص من قيود الصف، وشعور الطالب بذاته وقدرته على الإنجاز حيث يكون إيجابياً متفاعلاً خلّاقاً مبدعاً، ليس المهم الوصول إلى النتائج بقدر ما يكتسبه الطلبة من خبرات ومعلومات ومهارات وعادات ذات فائدة تنعكس على حياتهم العامة.

دور المعلم:

1. متابعة الطلبة وتوجيههم دون تدخّل.
2. إتاحة الفرصة للطلبة للتعلّم بالأخطاء.
3. الابتعاد عن التوتّر مما يقع فيه الطلبة من أخطاء.
4. التدخّل الذكي كلما لزم الأمر.

دور الطلبة:

1. القيام بالعمل بأنفسهم.
2. تسجيل النتائج التي يتم التوصل إليها.
3. تدوين الملاحظات التي تحتاج إلى مناقشة عامة.
4. تدوين المشكلات الطارئة (غير المتوقعة سابقاً).

رابعاً: تقويم المشروع: يتضمن تقويم المشروع الآتي:

1. الأهداف التي وضع المشروع من أجلها، ما تم تحقيقه، المستوى الذي تحقّق لكل هدف، العوائق في تحقيق الأهداف إن وجدت وكيفية مواجهة تلك العوائق.
2. الخطة من حيث وقتها، التعديلات التي جرت على الخطة أثناء التنفيذ، التقيّد بالوقت المحّدد للتنفيذ، ومرونة الخطة.
3. الأنشطة التي قام بها الطلبة من حيث، تنوّعها، إقبال الطلبة عليها، توافر الإمكانات اللازمة، التقيد بالوقت المحدد.
4. تجاوب الطلبة مع المشروع من حيث، الإقبال على تنفيذه بدافعيّة، التعاون في عملية التنفيذ، الشعور بالارتياح، إسهام المشروع في تنمية اتجاهات جديدة لدى الطلبة.

يقوم المعلم بكتابة تقرير تقويمي شامل عن المشروع من حيث:

- أهداف المشروع وما تحقّق منها.
- الخطة وما طرأ عليها من تعديل.
- الأنشطة التي قام بها الطلبة.
- المشكلات التي واجهت الطلبة عند التنفيذ.
- المدة التى استغرقها تنفيذ المشروع.
- الاقتراحات اللازمة لتحسين المشروع.

المراجع

مراجع عربية مقترحة:

1- د. إبراهيم صادق الخطيب، ود. مصطفى تركي إعبيد، **الكيمياء العامة**، الطبعة الرابعة، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، (2011).

2- جيمس برادي، جيرارد هيومستون، **الكيمياء العامة- المبادئ والبِنية**، الجزء الثاني، ترجمة سليمان سعسع، ومأمون الحلبي، مركز الكتب الأردني، عمّان، (1992).

3- د. حسن أحمد شحاتة، ود. محمد فكري الهادي، **أساسيات الكيمياء الفيزيائية**، الطبعة الثالثة، مكتبة الدار العربية للكتاب، (2011).

4- وائل غالب محمد، ووليد محمد السعيطي، **أُسس الكيمياء العضوية**، الطبعة الأولى، دار الكتب الوطنية الليبية، (2008).

مراجع أجنبية مقترحة:

1. Francis A. Carey, Robert M. Guiliano, **Organic Chemistry**, 8th Edition, McGraw-Hill Companies, Inc, (2011).
2. Hanice Gorzynski, **Organic Chemsitry**, 4th Edition, McGraw-Hill Companies, Inc, (2014).
3. Karen C. Timberlake, **Chemistry: An introduction to general, organic, and biological chemistry**, 12th edition, Timberlake, Karen C (2015).
4. Martin S. Silberberg, **Principles of General Chemsitry**, 2nd edition, McGraw-Hill, (2010).
5. Neil D. Jespersen, James E. Brady, **Chemistry: The molecular Nature of Matter**, 6th edition, John Wiley & Sons, (2012).
6. Puala Y. Bruice, **Organic Chemistry**, 8th Edition, Pearson Education, Inc, (2016).
7. Raymond Chang, **General Chemistry**: the essential concepts, 5th edition, McGraw-Hill Companies, (2008).
8. Raymond Chang, Jason Overby, **General Chemsitry**, 6th edition, McGraw-Hill, (2010).
9. Steven D. Gmmon, **General Chemistry**, 9th edition, Houghton Mifflin Company, (2009).
10. Steven S. Zumdahl, Susan A. Zumdahl, **Chemistry**, 6th edition. Houghton Mifflin Company, (2003).
11. Theodore L. Brown, Eugene H. LeMay, Bruce E. Bursten, Catherine J. Murphy, Patrick M. Woodward, Mathew W. Stoltzfus, **Chemsity: The Central Science**, 13th edition. Pearson Education, Inc, (2015).

لجنة المناهج الوزارية:

د. صبري صيدم	أ. ثروت زيد	د. شهناز الفار
د. بصري صالح	أ. عزام أبو بكر	د. سمية النخّالة
م. فواز مجاهد	أ. علي مناصرة	م. جهاد دريدي

اللجنة الوطنية لوثيقة الكيمياء:

أ.د. عماد عودة	د. سعيد الكردي	أ. فراس ياسين	أ. مي أبو عصبة
أ. صالح الشلالفة	أ. حسن حمامرة	أ. إبراهيم رمضان	أ. فضيلة طينة

المشاركون في ورشات عمل الجزء الثاني من كتاب الكيمياء للصف الحادي عشر:

د. حجازي أبو علي	د. رائد معالي	أ. فراس ياسين	أ. عمار أبو عصبة
أ. صالح الشلالفة	أ. مي أبو عصبة	أ. فضيلة طينة	أ. حسن حمامرة
أ. جمال مسالمة	أ. إبراهيم رمضان	أ. ناصر عودة اللّه	أ. أحمد العموري
أ. محمود المصري	أ. نورة عمار	أ. ياسر أبو عليا	أ. رولا السمك
أ. رنا الهدمي	أ. خالد أبو ناصر	أ. سها الجبور	أ. بهاء الدين ضاهر
أ. بلال حنيحن	أ. رهام هماش	أ. هدى سويدان	أ. نعيمة بني عودة
أ. ياسر عمراني	أ. حكم أبو شملة	أ. أحمد أبو دقة	أ. محمود نمر
أ. ياسر عواودة	أ. إياد النبيه	أ. صلاح حمودة	أ. لينا عبادي

تَمَّ بِحَمْدِ اللّه