



دولة فلسطين
وزارة التربية والتعليم

الكيمياء

العلمي والزراعي

الرزمة التعليمية

٢٠٢٤

جميع حقوق الطبع محفوظة ©

دولة فلسطين
وزارة التربية والتعليم



مركز المناهج

mohe.ps | mohe.pna.ps | moehe.gov.ps

f.com/MinistryOfEducationWzartAltrbytWattlym

هاتف +970 2 2983280 | فاكس +970 2 2983250

حي الماصيون، شارع المعاهد

ص. ب 719 - رام الله - فلسطين

pcdc.mohe@gmail.com | pcdc.edu.ps

الوحدة الأولى

.....	الروابط الكيميائية.....
2.....	1.1 الروابط الكيميائية وأنواعها.....
3.....	2.1 الروابط الأولية.....
9.....	3.1 الكهروسالبية وقطبية الرابطة.....
11.....	4.1 أشكال الجزيئات.....
15.....	أختبر نفسي.....

الوحدة الثانية

.....	الفصل الأول: المحاليل.....
19.....	1.2 أنواع المحاليل.....
20.....	2.2 الذائبية.....
21.....	3.2 طرق التعبير عن تركيز المحاليل.....
25.....	4.2 التخفيف.....
27.....	أختبر نفسي.....

.....	الفصل الثاني: الكيمياء الحرارية.....
29.....	5.2 مفاهيم أساسية في الكيمياء الحرارية.....
30.....	6.2 أنواع الأنظمة الحرارية.....
31.....	أختبر نفسي.....

الوحدة الثالثة

.....	الفصل الأول: سرعة التفاعل (Reaction Rate).....
33.....	(1.3): مفهوم معدل سرعة التفاعل.....
39.....	(2.3): نظرية التصادم (Collision Theory).....
40.....	(3.3): العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي (Factors Affecting Reaction Rate).....
44.....	أختبر نفسي.....

.....	الفصل الثاني: الاتزان الكيميائي (Chemical Equilibrium).....
45.....	(4.3): مفهوم الاتزان الكيميائي.....
48.....	(5.3): ثابت الاتزان (Equilibrium Constant).....
50.....	(6.3): العوامل المؤثرة في الاتزان الكيميائي (Factors Affecting Chemical Equilibrium).....
55.....	(7.3): حسابات الاتزان الكيميائي.....
57.....	أختبر نفسي.....

الوحدة الرابعة

.....	الهيدروكربونات (Hydrocarbons).....
61.....	(1.4): الهيدروكربونات الأليفاتية (Aliphatic Hydrocarbons).....
63.....	(2.4): التسمية النظامية للهيدروكربونات الأليفاتية حسب نظام الأيونيك.....

.....	المجموعات الوظيفية (Functional Groups).....
74.....	(3.4): تصنيف المركبات العضوية (Classification of Organic Compounds).....
76.....	(4.4): الهاليدات (Halides).....
78.....	(5.4): الكحولات (Alcohols).....
80.....	(6.4): الألدهيدات والكيونات (Aldehydes and Ketones).....
81.....	(7.4): الحموض الكربوكسيلية (Carboxylic Acids).....
83.....	أختبر نفسي.....

.....	التأكسد والاختزال (Oxidation-Reduction).....
85.....	(8.4): مفهوم التأكسد والاختزال (Oxidation-Reduction Concept).....
87.....	(9.4): أعداد التأكسد (Oxidation Numbers).....
93.....	أختبر نفسي.....

النتائج

يتوقع من الطلبة بعد دراسة هذه الرزمة التعليمية تحقيق الآتي:

- تمثيل الروابط التساهمية، باستخدام تركيب لويس.
- توظيف أشكال لويس، ونظرية تنافر أزواج إلكترونات التكافؤ؛ لتحديد أشكال الجزيئات الفراغية.
- تصميم أشكال فراغية لبعض الجزيئات، باستخدام نماذج الذرات، ومواد من البيئة.
- توظيف الرسم للتوصل إلى قُطبية الجزيء، اعتماداً على قطبية الرابطة، وشكل الجزيء.
- تصنيف أنواع المحاليل المختلفة بالمخططات والخرائط المفاهيمية.
- تصنيف المحاليل حسب درجة الإشباع عملياً.
- حساب تركيز المحاليل بطرق متنوعة.
- تحضير محاليل بتراكيز محددة.
- إجراء حسابات تتعلق بعملية التخفيف.
- البحث في تطبيقات المحاليل المختلفة.
- توظيف النماذج المحسوسة للتمييز بين أنواع الأنظمة الحرارية.
- حساب معدّل سرعة التفاعل، بالاعتماد على الجداول والرّسومات البيانية.
- توظيف نظرية التصادم لتفسير حدوث التفاعلات الكيميائية.
- استنتاج العوامل التي تعتمد عليها سرعة التفاعل الكيميائي عملياً.
- كتابة صيغة ثابت الاتزان لتفاعل كيميائي من معادلته الموزونة.
- التنبؤ بأثر تغيير ظروف التفاعل على حالة الاتزان الكيميائي، وقيمة ثابت الاتزان بالاعتماد على مبدأ لوتشاتلييه.
- إجراء بعض الحسابات على ثابت الاتزان الكيميائي.
- تصنيف الهيدروكربونات الأليفاتية بمخططات.
- كتابة أسماء الهيدروكربونات الأليفاتية باستخدام نظام الأيوباك.
- كتابة الصيغة العامة لبعض المركبات العضوية.
- تصنيف المركبات العضوية، اعتماداً على مجموعاتها الوظيفية بالمخططات.
- كتابة أسماء بعض المركبات العضوية، باستخدام نظام الأيوباك (IUPAC).
- حساب عدد التأكسد لذرات العناصر في مركباتها المختلفة.
- تحديد العامل المؤكسد، والعامل المختزل في معادلات التأكسد والاختزال.

(1.1): الروابط الكيميائية وأنواعها (Types of Chemical Bonds):

تتواجد الغازات النبيلة على شكل ذرات مستقلة؛ لأن تركيبها الإلكتروني مستقر، بينما ترتبط ذرات العناصر الأخرى بعضها مع بعض أو مع غيرها؛ بهدف الوصول إلى حالة أكثر استقراراً من تواجدها بشكل منفرد. فما علاقة التوزيع الإلكتروني باستقرار الذرة؟ وكيف تتكون الروابط؟ وما أنواعها؟ لتتمكن من الإجابة عن هذه التساؤلات، نَقِّدِ النِّشَاطِ الآتِي:

نشاط (1): التوزيع الإلكتروني، واستقرار الذرة:



لديك رموز العناصر الآتية: $_{11}\text{Na}$ ، $_8\text{O}$ ، $_{10}\text{Ne}$.

- 1- اكتب التوزيع الإلكتروني لذرة كل عنصر.
- 2- ارسم إلكترونات التكافؤ على شكل نقاط حول رمز كل عنصر.
- 3- أيّ من ذرات العناصر تركيبها الإلكتروني مستقر، وأيها غير مستقر؟
- 4- كيف يمكن أن تصل ذرات العناصر غير المستقرة إلى توزيع إلكتروني مستقر؟



إلكترونات التكافؤ:

هي إلكترونات المستوى الأخير.



قاعدة الثمانية (Octet Rule):

تسعى الذرة لملء مستواها الأخير بثمانية إلكترونات؛ من أجل الوصول إلى حالة الاستقرار.

لعلك لاحظت أنّ لإلكترونات التكافؤ دوراً مهماً في تحديد مدى استقرار الذرات، وأنّ الذرات تسعى للوصول إلى تركيب إلكتروني يشبه تركيب الغاز النبيل بتكوين روابط، عن طريق فقد الإلكترونات أو كسبها، أو المشاركة بها.

وتسمّى الروابط الكيميائية التي تنشأ بين الذرات أو الأيونات **الروابط الأولية**، بينما تسمّى الروابط التي تتكوّن بين ذرات الغازات النبيلة أو بين الجزيئات **الروابط الثانوية**، وهي قوى ربط ضعيفة، مقارنة بالروابط الأولية.

رمز لويس:

تسمّى الطريقة التي مُثِّلت بها إلكترونات التكافؤ حول رموز العناصر في النشاط السابق رمز لويس لذرات العناصر، حيث يمثّل رمز العنصر النواة والإلكترونات الداخلية للذرة، بينما تمثّل النقاط حول رمز العنصر إلكترونات التكافؤ، والجدول (1) يوضح رمز لويس لذرات بعض العناصر وأيوناتها.

الجدول (1): رمز لويس لذرات بعض العناصر وأيوناتها

العنصر	رمز لويس للعنصر	أيون العنصر	رمز لويس لأيون العنصر
${}_3\text{Li}$	$\text{Li}\cdot$	Li^+	Li^+
${}_7\text{N}$	$\cdot\ddot{\text{N}}\cdot$	N^{3-}	$[\text{:}\ddot{\text{N}}\text{:}]^{3-}$
${}_{12}\text{Mg}$	$\cdot\text{Mg}\cdot$	Mg^{2+}	Mg^{2+}
${}_9\text{F}$	$\text{:}\ddot{\text{F}}\cdot$	F^-	$[\text{:}\ddot{\text{F}}\text{:}]^{1-}$

سؤال؟ ارسم رمز لويس لكل من الآتية: ${}_{16}\text{S}^{2-}$ ، ${}_{13}\text{Al}^{3+}$ ، ${}_{19}\text{K}$ ، ${}_{15}\text{P}$

(2.1) : الروابط الأولية (Primary Bonds)

يعتمد نوع الرابطة الأولية على التوزيع الإلكتروني للذرات المرتبطة، حيث تُصنّف الروابط الأولية إلى ثلاثة أنواع، هي: الأيونية، والتساهمية، والفلزية.

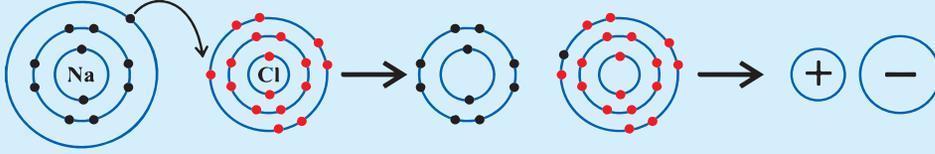
أولاً: الرابطة الأيونية (The Ionic Bond):

تُعدّ عملية انتقال الإلكترونات بين الذرات المكوّنة للرابطة المبدأ الأساسي في فهم الرابطة الأيونية، فكيف تتكوّن الرابطة الأيونية؟ وكيف تُمثّل بطريقة لويس؟ لمعرفة ذلك، نفضّل النشاط الآتي:

نشاط (2): تكوين كلوريد الصوديوم:



تأمل الشكل الآتي، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:



- 1- أيّ من الذرتين تفقد إلكترونات؟ وما الأيون المتكوّن؟
- 2- أيّ من الذرتين تكسب إلكترونات؟ وما الأيون المتكوّن؟
- 3- كيف يرتبط أيون الصوديوم مع أيون الكلور؟

تفقد بعضُ ذرّات العناصر الفلزية، كالصوديوم أثناء تفاعلاتها إلكترونات تكافئها، مكوّنة أيونات موجبة (Cations)، شحنتها مساوية لعدد الإلكترونات التي تفقدها، في حين تميل بعض ذرّات العناصر اللافلزية، كالكلور إلى كسب الإلكترونات، مكوّنة أيونات سالبة (Anions)، شحنتها مساوية لعدد الإلكترونات التي تكسبها، وبما أنّ الشحنات المختلفة تتجاذب، فإنّ أيون الصوديوم الموجب (Na^+) يتجاذب كهربائياً مع أيون الكلور السالب (Cl^-)، فيتكون المركّب الأيوني كلوريد الصوديوم NaCl . وتُعرّف الرابطة الأيونية: بأنّها رابطة كيميائية تنتج عن التجاذب الكهروستاتيكي بين أيونات موجبة وأيونات سالبة.

صيغ المركبات الأيونية:

يُعبر عن المركبات الأيونية بصيغ رمزية، تُبين أنواع الأيونات المكونة لها، وأعدادها بأبسط نسبة عددية، ويُراعى عند كتابة الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني أن يكون متعادلاً كهربائياً.

وتتكون الأيونات من ذرة واحدة فقط (أيونات العناصر)، كما في الجدول (2)، أو من ذرات متعددة تُسمى مجموعات أيونية، كما في الجدول (3).

الجدول (2): رموز أيونات بعض العناصر وأسمائها

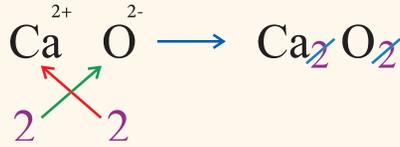
الأيون	الشحنة	الاسم
Li^+	1+	ليثيوم
Na^+	1+	صوديوم
K^+	1+	بوتاسيوم
Mg^{2+}	2+	مغنيسيوم
Ca^{2+}	2+	كالسيوم
Ba^{2+}	2+	باريوم
Al^{3+}	3+	ألومنيوم
F^-	1-	فلوريد
Cl^-	1-	كلوريد
Br^-	1-	بروميد
I^-	1-	أيوديد
H^-	1-	هيدريد
O^{2-}	2-	أكسيد
S^{2-}	2-	كبريتيد
P^{3-}	3-	فوسفيد
N^{3-}	3-	نيتريد

الجدول (3): رموز بعض المجموعات الأيونية وأسمائها

المجموعة	الشحنة	الاسم
NH_4^+	1+	أمونيوم
MnO_4^-	1-	بيرمنغنات
CN^-	1-	سيانيد
NO_3^-	1-	نترات
NO_2^-	1-	نترت
HCO_3^-	1-	كربونات هيدروجينية
CH_3COO^-	1-	إيثانات (أسيتات)
OH^-	1-	هيدروكسيد
ClO_3^-	1-	كلورات
SO_3^{2-}	2-	كبريتيت
SO_4^{2-}	2-	كبريتات
CrO_4^{2-}	2-	كرومات
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	2-	دايكرومات
$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	2-	أوكسالات
CO_3^{2-}	2-	كربونات
PO_4^{3-}	3-	فوسفات

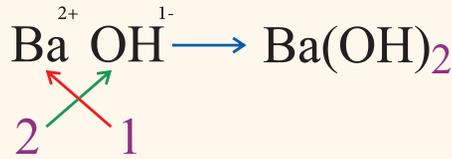
مثال: اكتب الصيغة الكيميائية للمركبين الأيونيين: أكسيد الكالسيوم، وهيدروكسيد الباريوم.
الحل:

- أكسيد الكالسيوم يتكون من: أيون الأكسجين O^{2-} ، وأيون الكالسيوم Ca^{2+} .
ولكتابة صيغة المركب الأيوني لأكسيد الكالسيوم بأبسط نسبة عددية، بحيث يكون متعادلاً كهربائياً،
نستخدم طريقة الضرب التبادلي للقيم العددية التي تمثل الشحنات بأبسط نسبة عددية.



وبالتالي، تكون صيغة أكسيد الكالسيوم هي: CaO

- الصيغة الكيميائية لهيدروكسيد الباريوم:



اكتب الصيغة الكيميائية للمركبات الأيونية الآتية:

سؤال



العناصر التي لها أكثر من شحنة (رقم تأكسد)، كما في الحديد، والكروم...
يشار إلى رقم تأكسدها برقم روماني بعد اسم العنصر،
فمثلاً أكسيد النحاس (I) صيغته Cu_2O .

الأرقام الرومانية

1	=	I
2	=	II
3	=	III
4	=	IV
5	=	V
6	=	VI
7	=	VII
8	=	VIII
9	=	IX
10	=	X

1- كبريتيد الصوديوم.

2- نترات الكروم (III).

3- بيرمنغنات البوتاسيوم.

4- كرومات الأمونيوم.

قضية للبحث: توجد المركبات الأيونية على شكل بلورات ذات أشكال هندسية متعددة، تعاون مع زملائك في إعداد تقرير؛ لتتعرف إلى بعض أشكال هذه البلورات، بالرجوع إلى المصادر المتوفرة.

ثانيًا: الرابطة التساهمية (التشاركية) (The Covalent Bond):

عرفت أنّ الرابطة الأيونية تنشأ من تجاذب أيونات الفلزات الموجبة بأيونات اللافلزات السالبة الناتجة عن فقد الإلكترونات أو كسبها. بين الذرتين في الجزيء الواحد تتم عن طريق مشاركة كل ذرة بعدد متساوٍ من الإلكترونات، وبناءً على عدد أزواج الإلكترونات المكوّنة للرابطة، تم تصنيف الرابطة التساهمية إلى أحادية، وثنائية، وثلاثية، ويمثّل عدد أزواج الإلكترونات المشتركة بين الذرتين رتبة الرابطة. فالرابطة التساهمية في جزيء H_2 رابطة أحادية، رتبته $= 1$ ؛ لأنها تتكون من زوج من الإلكترونات الرابطة التي يمكن تمثيلها بنقطتين (:)، أو بخط قصير (-).

شكل لويس لبناء الجزيئات:

تعلمت طريقة لويس في تمثيل رموز ذرات العناصر والمركبات الأيونية، فكيف يمكن تمثيل المركبات الجزيئية بطريقة لويس؟
للإجابة عن هذا التساؤل، تمعّن المثال الآتي:

مثال : ارسم شكل لويس للجزيء $CHCl_3$.

الحل:

$1 = 1 \times 1$ H $4 = 4 \times 1$ C $21 = 7 \times 3$ Cl <hr/> المجموع 26	1- نحسب مجموع إلكترونات التكافؤ لجميع ذرات العناصر المكوّنة للجزيء.
Cl H C Cl Cl	2- نحدد الذرة المركزية في الجزيء، وهي ذرة الكربون في هذه الحالة، ونوزع الذرات الأخرى (الطرفية) حولها. الذرة المركزية : هي الذرة التي تشكل أكبر عدد من الروابط التساهمية مع الذرات الطرفية.

$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \text{H} : \ddot{\text{C}} : \text{Cl} \\ \text{Cl} \end{array}$	<p>3- نربط الذرة المركزية بكل ذرة طرفية، بزوج من الإلكترونات، وبذلك نحتاج إلى $8 = 2 \times 4$ إلكترونات.</p>
<p>4- نحسب عدد الإلكترونات المتبقية، بطرح عدد الإلكترونات التي استخدمت في الروابط من المجموع الكلي لإلكترونات التكافؤ $= 26 - 8 = 18$ إلكترونًا.</p>	
$\begin{array}{c} :\ddot{\text{Cl}}: \\ \text{H} : \ddot{\text{C}} : \ddot{\text{Cl}}: \\ :\ddot{\text{Cl}}: \end{array}$	<p>5- نُوزع الإلكترونات المتبقية على الذرات الطرفية، بحيث يصل عدد الإلكترونات حول كل ذرة إلى ثمانية إلكترونات، ويُستثنى من ذلك ذرة الهيدروجين التي تكتفي بإلكترونين فقط.</p>
<p>6- نحسب ما تبقى من مجموع إلكترونات التكافؤ، ونضعها على الذرة المركزية على شكل أزواج من الإلكترونات غير الرابطة، وفي المركب الحالي لم يتبق أية إلكترونات.</p>	
<p>7- نتأكد أنّ كل ذرة في الجزيء مُحاطة بثمانية إلكترونات، تبعًا لقاعدة الثمانية، كما هو الحال في هذا الجزيء، وبذلك يكون الشكل المبيّن أعلاه هو المطلوب.</p>	
<p>8- إذا بقيت الذرة المركزية تحوي أقل من ثمانية إلكترونات، نُكوّن روابط إضافية بينها وبين ذرة أو أكثر من الذرات الطرفية القادرة على تكوين أكثر من رابطة أحادية؛ للوصول إلى قاعدة الثمانية ما أمكن. وقد تشدّ الذرة المركزية عن قاعدة الثمانية، كما في الجزيئات: PCl_5، BeCl_2.</p>	



أزواج الإلكترونات غير الرابطة:

هي أزواج إلكترونات التكافؤ التي لم تستخدمها الذرة في تكوين الروابط.

سؤال لديك الجزيئات الآتية: BH_3 ، NF_3 ، CO_2 ، HCN .

- 1- ارسم شكل لويس لكل منها.
- 2- ما رتبة الرابطة التساهمية بين الذرات في كل من CO_2 و HCN ؟
- 3- ما عدد أزواج الإلكترونات غير الرابطة حول الذرة المركزية في كل من: NF_3 و BH_3 ؟

(3.1): الكهروسالبيية، وقطبية الرابطة (Electronegativity and Polarity of Bond)

درست سابقاً أنّ الرابطة التساهمية تتكون بين ذرتين، تُساهم كل منهما بالعدد نفسه من الإلكترونات. فهل إلكترونات الرابطة التساهمية تنجذب نحو ثوّاتي الذرتين المكونتين لها في آن واحد بالمقدار نفسه، أم أنّ إحدى الذرتين لها مقدرة أكبر على جذب إلكترونات الرابطة من الذرة الأخرى؟ لقد وُجِدَ عملياً أنّ السحابة الإلكترونية للرابطة التساهمية قد تنزاح نحو ذرة أكثر من الأخرى، وتُعرّف القدرة النسبية لذرة ما في جُزئيء على جذب الإلكترونات المُشاركة في الرابطة نحوها بالكهروسالبيية، حيث أُعطي لعنصر الفلور (F) أعلى رقم للكهروسالبيية وهو (4)، وباقي العناصر أُعطيت أرقامًا؛ نسبة إلى عنصر الفلور، والشكل (1) يبين قيم الكهروسالبيية لبعض العناصر في الجدول الدوري.

IA		IIA												IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA
H 2.1														B 2.0	C 2.5	N 3.0	O 3.5	F 4.0
Li 1.0	Be 1.6													Al 1.5	Si 1.8	P 2.1	S 2.5	Cl 3.0
Na 0.9	Mg 1.2													Ga 1.6	Ge 1.8	As 2.0	Se 2.4	Br 2.8
														In 1.7	Sn 1.8	Sb 1.9	Te 2.1	I 2.5
K 0.8	Ca 1.0	Sc 1.3	Ti 1.5	V 1.6	Cr 1.6	Mn 1.5	Fe 1.8	Co 1.9	Ni 1.9	Cu 1.9	Zn 1.6							
Rb 0.8	Sr 1.0	Y 1.2	Zr 1.4	Nb 1.6	Mo 1.8	Tc 1.9	Ru 2.2	Rh 2.2	Pd 2.2	Ag 1.9	Cd 1.7							
Cs 0.7	Ba 0.9	La 1.0	Hf 1.3	Ta 1.5	W 1.7	Re 1.9	Os 2.2	Ir 2.2	Pt 2.2	Au 2.4	Hg 1.9			Tl 1.8	Pb 1.9	Bi 1.9	Po 2.0	At 2.1

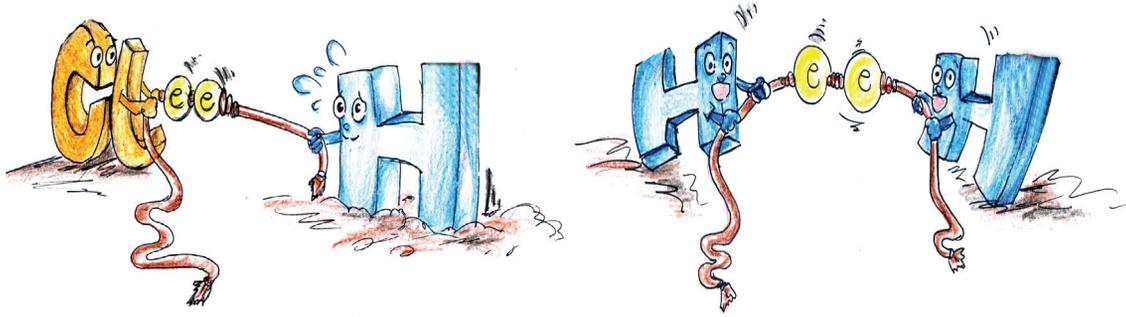
الشكل (1): القيم النسبية لكهروسالبيية بعض العناصر

وللتعرّف إلى أثر كهروسالبيية الذرات المكوّنة للرابطة التساهمية على توزيع إلكترونات الرابطة فيما بينها، نَفِّذِ النَّشَاطَ الآتي:

نشاط (3): قطبية الرابطة:

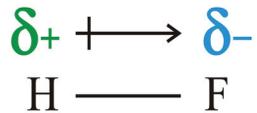
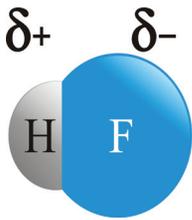


تأمل الشكل الآتي، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:



- 1- ما عدد الإلكترونات التي شاركت بها كل ذرة عند تكوين الرابطة؟
- 2- هل الإلكترونات مُوزعة بانتظام بين الذرتين في كلا الجزيئين؟
- 3- بالرجوع إلى جدول قيم الكهروسالبية، حدِّ الفرق في الكهروسالبية بين الذرتين المرتبطتين. ماذا تلاحظ؟

لعلك توصلت - من خلال النشاط السابق - إلى أن إلكترونَي الرابطة في جزيء الهيدروجين منجذبان نحو نوَّاتي الذرتين بالتساوي، وبالتالي تكون شحنة كل ذرة تساوي صفراً، وتوصف الرابطة في هذه الحالة بأنها رابطة غير قطبية، وعند اختلاف قيم الكهروسالبية للذرتين، كما في جزيء كلوريد الهيدروجين HCl، فإن إلكترونَي الرابطة ينجذبان أكثر نحو الذرة الأعلى كهروسالبية، فيظهر عليها شحنة جزئية سالبة (δ^-)، في حين يظهر على الذرة الأقل كهروسالبية شحنة جزئية موجبة (δ^+)، وتوصفُ الرابطة بأنها رابطة تساهمية قطبية، وينشأ حول الرابطة القطبية عزم يُسمَّى عزم الازدواج القطبي، وتمثّل القطبية بسهم فوق الرابطة يتجه رأسه نحو الذرة الأعلى كهروسالبية، ويدلُّ على اتجاه عزم الازدواج القطبي، وتزداد قطبية الرابطة بزيادة الفرق في الكهروسالبية بين الذرتين المرتبطتين، والشكل (2) يوضّح تمثيل الرابطة القطبية لجزيء HF.



الشكل (2): تمثيل الرابطة القطبية في جزيء H-F

سؤال لديك الروابط الآتية: (S-H ، C-O ، B-F ، Br-Br)، بالرجوع إلى جدول قيم الكهروسالبية، أجب عن الأسئلة الآتية:

- 1- أيّ الروابط السابقة قطبية، وأيها غير قطبية؟
- 2- عبّر عن قطبية الروابط بسهم.
- 3- أيّ الروابط أعلى قطبية؟

(4.1): أشكال الجزيئات (Molecular Geometry):

تعلّمت كيفية رسم شكل لويس لبعض الجزيئات، والذي يُبين عدد الروابط التساهمية، وعدد أزواج الإلكترونات غير الرابطة حول الذرات في الجزيء، إلا أنه لم يُقدم طريقة لرسم الشكل الفراغي المُتوقَّع للجزيء. فما الذي يحدد الشكل الفراغي للجزيء؟ وكيف يمكن توقُّعه؟ للإجابة عن هذه التساؤلات، نفضّ النشاط الآتي:

نشاط (4): الشكل الفراغي للجزيء:



باستخدام نماذج الذرات، توقّع الشكل الفراغي للجزيئات الآتية:

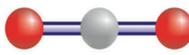
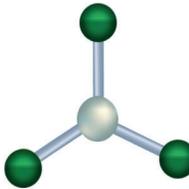
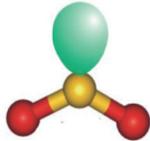
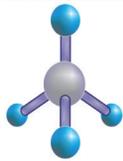
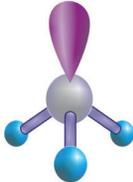
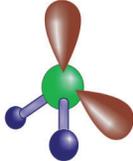
الشكل الفراغي المُتوقَّع	شكل لويس	الجزيء
		BeH ₂
		BH ₃
		CH ₄

من المعلوم لديك أنّ الشحنات المتشابهة تتنافر بعضها مع بعض، وبما أنّ الإلكترونات سالبة الشحنة، فإن أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة حول الذرة المركزية في الجزيء تتنافر، بحيث تكون المسافة بينها أبعد ما يمكن، والتنافر أقل ما يمكن، لينتج عن ذلك الشكل الأكثر ثباتاً للجزيء، وهذا ما نصّت عليه نظرية تنافر أزواج إلكترونات التكافؤ، والجدول (4) يوضّح أشكال الجزيئات حسب النظرية.

نظرية تنافر أزواج إلكترونات التكافؤ
(Valence-Shell Electron-Pair Repulsion (VSEPR) theory)

تتوزع أزواج الإلكترونات (الرابطة وغير الرابطة) في الفراغ حول الذرة المركزية للجزيء، بحيث يكون التنافر بينها أقل ما يمكن؛ لينتج الشكل الأكثر ثباتًا للجزيء.

الجدول (4): أشكال الجزيئات حسب نظرية (تنافر أزواج إلكترونات التكافؤ)

أمثلة	الزاوية المتوقعة	شكل الجزيء	شكل أزواج الإلكترونات	تمثيل الشكل بناء على التنافر بين أزواج الإلكترونات	الصيغة العامة	عدد المجموعات الإلكترونية حول الذرة المركزية
CO ₂ , BeF ₂	180°	خطي	خطي		MX ₂	2
SO ₃ , BF ₃	120°	مثلث مستوي	مثلث مستوي		MX ₃	3
O ₃ , SO ₂	120°	منحن	مثلث مستوي		MX ₂ E	3
CCl ₄ , CH ₄	109.5°	رباعي الأوجه	رباعي الأوجه		MX ₄	4
NF ₃ , NH ₃	109.5°	هرم ثلاثي القاعدة	رباعي الأوجه		MX ₃ E	4
OF ₂ , H ₂ O	109.5°	منحن	رباعي الأوجه		MX ₂ E ₂	4

في الجدول أعلاه، تُمثل (M) الذرة المركزية، وتُمثل (X) الذرة الطرفية، وتُمثل (E) زوج الإلكترونات غير الرابطة.

نشاط تعزيزي:

بإمكانك استخدام برنامج (PHET) التفاعلي المسار: Molecule Shapes → Real Molecules للتعرف إلى الشكل الفراغي لجزيئات متنوعة، بناءً على نظرية تنافر أزواج إلكترونات التكافؤ.

يشمل شكل أزواج الإلكترونات حول الذرة المركزية على جميع المجموعات الإلكترونية الرابطة وغير الرابطة، أما شكل الجزيء فيشمل فقط ترتيب الذرات حول الذرة المركزية، وتُعامل إلكترونات الرابطة الواحدة، سواء كانت أحادية أو ثنائية أو ثلاثية على أنها مجموعة واحدة من الإلكترونات، كما هو موضح في الجدول (5).

الجدول (5): عدد المجموعات الإلكترونية حول الذرة المركزية لبعض الجزيئات

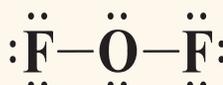
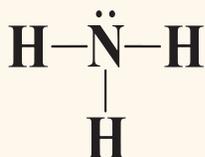
$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{Cl}}-\text{B}-\ddot{\text{Cl}}\text{:} \\ \\ \text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}-\ddot{\text{O}}\text{:} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\text{:}\ddot{\text{O}}=\text{C}=\ddot{\text{O}}\text{:}$	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{S} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array}$	شكل لويس لبعض الجزيئات
3	4	4	2	3	عدد المجموعات الإلكترونية حول الذرة المركزية

مثال: لديك الجزيئان الآتيان: NH_3 ، OF_2 .

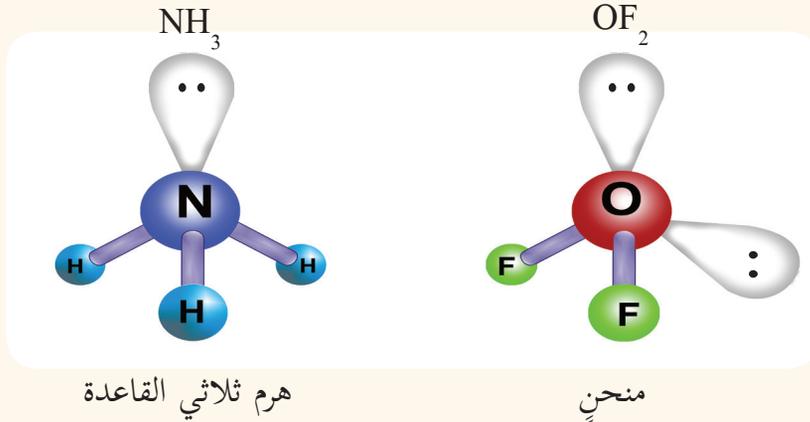
- 1- ارسم شكل لويس لكل منهما.
- 2- ما شكل أزواج الإلكترونات حول الذرة المركزية؟
- 3- ارسم الشكل الفراغي للجزيء، وسمّه.
- 4- ما مقدار الزاوية المتوقعة بين الروابط؟
- 5- إذا علمت أن الزاوية الحقيقية بين الروابط في جزيء OF_2 103.2° ، وفي جزيء NH_3 107.5° ، فسّر سبب اختلاف قيمة الزاوية الحقيقية عن المتوقعه في كل منهما؟

الحل:

1- شكل لويس لكل منهما هو:



- 2- يتضح من شكل لويس وجود أربع مجموعات إلكترونية حول الذرة المركزية في كلا الجزيئين، حيث يوجد في جزيء OF_2 مجموعتان من الإلكترونات الرابطة، ومجموعتان من الإلكترونات غير الرابطة، بينما يوجد في جزيء NH_3 ثلاث مجموعات إلكترونية رابطة، ومجموعة إلكترونية واحدة غير رابطة، وحسب نظرية تنافر أزواج إلكترونات التكافؤ، فإن شكل الأزواج الإلكترونية في كل منهما رباعي الأوجه.
- 3- الشكل الفراغي لكل جزيء، واسمه.



- 4- الزاوية المتوقعة بين الروابط في كلا الجزيئين 109.5° .
- 5- يرجع السبب في نقصان الزاوية الحقيقية عن القيمة المتوقعة إلى وجود أزواج إلكترونية غير رابطة حول الذرة المركزية التي تضغط على الأزواج الرابطة، فتقلل من الزاوية بينها؛ لأن مقدار التنافر بين أزواج الإلكترونات حول الذرة المركزية في الجزيء تأخذ الترتيب الآتي:
- زوج غير رابطة مع زوج رابطة < زوج غير رابطة مع زوج رابطة < زوج رابطة مع زوج رابطة.**

سؤال لديك كل من الجزيئات الآتية: O_3 ، HCN ، PH_3 .

- 1- ارسم شكل لويس لكل جزيء.
- 2- ما عدد أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة حول الذرة المركزية؟
- 3- ما عدد المجموعات الإلكترونية حول الذرة المركزية؟
- 4- ما اسم شكل أزواج الإلكترونات الناتج؟
- 5- ارسم شكل الجزيء في كل حالة، وسمّه.

أختبر نفسي

السؤال الأول: اختر رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

1 ما نوع الرابطة الناتجة عن اتحاد ذرتي عنصر، عدده الذري 17؟
 (أ) تساهمية. (ب) قوى لندن. (ج) أيونية. (د) فلزية.

2 ما شكل الجزيء الفراغي الناتج من وجود أربع مجموعات إلكترونية حول الذرة المركزية، إحداها زوج إلكترونيات غير رابط؟

(أ) هرم ثلاثي القاعدة. (ب) مثلث مستوي. (ج) منحني. (د) رباعي الأوجه.

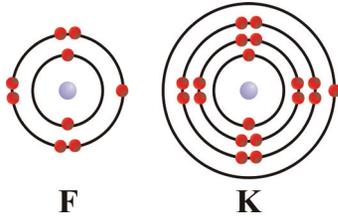
3 ما رتبة الرابطة بين ذرة الكربون وإحدى ذرتي الأكسجين في جزيء CO_2 ؟

(أ) 1 (ب) 2 (ج) 3 (د) 4

4 ما الرابطة الأكثر قطبية فيما يأتي؟

(أ) O-F (ب) N-F (ج) C-F (د) F-F

5 ما نوع الرابطة المتوقع تكوينها بين الذرتين في الشكل المجاور؟



(أ) تساهمية. (ب) أيونية.
 (ج) تناسقية. (د) فلزية.

6 ما الصيغة الكيميائية لمركب فوسفات الكالسيوم؟

(أ) $Ca_2(PO_4)_3$ (ب) $Ca_3(PO_4)_2$ (ج) Ca_3P_2 (د) Ca_3PO_4

السؤال الثاني: وضح المقصود بالمفاهيم الآتية:

الرابطة الأولية، والكهروسالبية.

السؤال الثالث: ارسم رمز لويس أو شكله لكل من الآتية: F_2 ، $NOCl$ ، H^- ، B

السؤال الرابع: أكمل الجدول الآتي الذي يحوي بعض المعلومات عن أربعة مركّبات افتراضية، علماً أنّ (H) تُمثل ذرّة الهيدروجين، وعلى اعتبار أنّ الذرّات في الجزيئات مختلفة في الكهروسالبية:

الزاوية المتوقّعة	شكل الجزيء	شكل أزواج الإلكترونات	عدد أزواج الإلكترونات غير الرابطة	المركّب الافتراضي
			لا يوجد	XH_2
		مثلث مستوٍ		MH_3
	هرم ثلاثي القاعدة			ZH_3

السؤال الخامس: علّل ما يأتي:

1 الزاوية بين الروابط في جزيء H_2S أقل من الزاوية في PF_3 ، على الرغم من تساوي عدد المجموعات الإلكترونية حول الذرّة المركزية في كل منها.

2 الرابطة H-F أكثر قطبية من الرابطة H-Cl.

السؤال السادس: لديك العنصران الافتراضيان (${}_{20}\text{X}$ ، ${}_{8}\text{Y}$):

1 ارسم رمز لويس لكل عنصر.

2 ما الصيغة الكيميائية للمركّب الناتج من اتحاد X مع Y؟

تقييم ذاتي الروابط الكيميائية

السؤال الاول: اختر رمز الاجابة الصحيحة فيما يلي:

(1) ما الصيغة الكيميائية لكرومات الأمونيوم؟

(أ) $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (ب) $(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4$ (ج) $(\text{NH}_3)_2\text{CrO}_4$ (د) $\text{NH}_4\text{Cr}_2\text{O}_7$

(2) ما شكل جزيء CO_2 ؟ ع. ذ. $\text{O}=8$ ، $\text{C}=6$

(أ) رباعي الأوجه. (ب) منحنى. (ج) خطي. (د) مثلث مستوي

(3) ما نوع الرابطة الناتجة عن اتحاد ذرتي العنصر X إذا علمت أن عدده الذري = 17؟

(أ) تساهمية أحادية (ب) تساهمية ثنائية (ج) قوى لندن (د) أيونية

السؤال الثاني:

(أ) ما المقصود بكل من: نظرية تنافر أزواج إلكترونات التكافؤ، الكهروسالبية؟

(ب) لديك الجزيئان HCN، والجزيء NH_3 قارن بينهما من حيث ما هو مطلوب في الجدول أدناه:

(ع.ذ: $1=\text{H}$ ، $6=\text{C}$ ، $7=\text{N}$)

اسم شكل أزواج الإلكترونات	الصيغة العامة للجزيء	عدد المجموعات الإلكترونية الرابطة حول الذرة المركزية	شكل لويس	وجه المقارنة الجزيء
				HCN
				NH_3

الجدول الدوري للعناصر Periodic Table

1 1 H 1.008	2 2 He 4.002																	
3 3 Li 6.941	4 4 Be 9.012											7 7 N 14.006	8 8 O 15.999	9 9 F 18.998	10 10 Ne 20.179			
11 11 Na 22.989	12 12 Mg 24.305											15 15 P 30.973	16 16 S 32.066	17 17 Cl 35.452	18 18 Ar 39.948			
19 19 K 39.098	20 20 Ca 40.08											33 33 As 74.921	34 34 Se 78.96	35 35 Br 79.904	36 36 Kr 83.80			
37 37 Rb 85.467	38 38 Sr 87.62											51 51 Sb 121.76	52 52 Te 127.6	53 53 I 126.904	54 54 Xe 131.29			
55 55 Cs 132.905	56 56 Ba 137.33											83 83 Bi 208.980	84 84 Po 209	85 85 At 210	86 86 Rn 222			
87 87 Fr 223	88 88 Ra 226.021											113 113 Nh 286	114 114 Fl 289	115 115 Mc 289	116 116 Lv 293	117 117 Ts 294	118 118 Og 294	
												Lanthanides						71 71 Lu 174.967
												Actinides						103 103 Lr 262
												عناصر أخرى						العناصر الضوئية
												عناصر صناعية						العناصر الغازية الترابية
												عناصر الإنتقالية (وجميعها فلزات)						فلزات أخرى
												عناصر الأرضية النادرة						لا فلزات
												عناصر الإنتقالية (وجميعها فلزات)						هالوجينات
												عناصر الإنتقالية (وجميعها فلزات)						العناصر النبيلة
												عناصر الإنتقالية (وجميعها فلزات)						أشباه فلزات
												عناصر الإنتقالية (وجميعها فلزات)						أشباه الفلزات
												عناصر الإنتقالية (وجميعها فلزات)						لا فلزات
												عناصر الإنتقالية (وجميعها فلزات)						هالوجينات
												عناصر الإنتقالية (وجميعها فلزات)						العناصر النبيلة

المحاليل

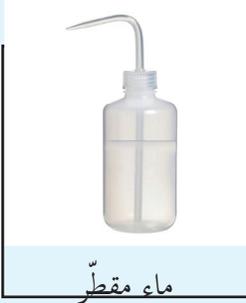
(1.2): أنواع المحاليل (Types of Solutions):

تعلمت في صفوف سابقة أنّ بعض المواد يمكن أن تكون نقيّة، كالذهب، والنحاس، وملح الطعام، ولكن معظمها مخاليط من مواد مختلفة، كالهواء، وماء البحر، والصخور، وإذا كان المخلوّط متجانس التركيب، عندئذٍ يسمى محلولاً. فكيف تُصنّف المحاليل؟ وما معايير تصنيفها؟ للإجابة عن هذه التساؤلات، نفضّل النشاط الآتي:

نشاط (1): تصنيف المواد:



تمعّن في صور المواد الآتية، ثمّ أجب عن الأسئلة التي تليها:



ماء مقطّر



ماء الشرب



حديد



رمل في الماء



نقود معدنية



سكر

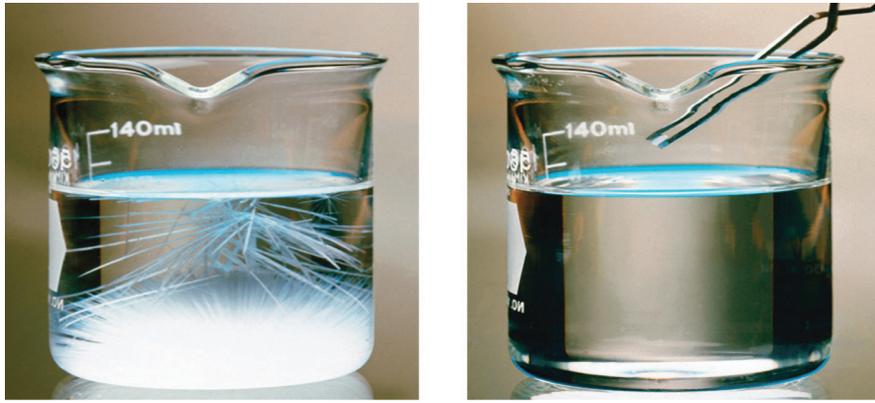
1- أي هذه المواد نقيّة، وأيها مخاليط؟

2- صنّف المخاليط إلى متجانسة وغير متجانسة.

لعلّك لاحظت من النشاط السابق أنّ بعض المواد عبارة عن خليط متجانس، يتكوّن من مذاب ومذيب تُسمّى محاليل حقيقية. وهناك محاليل مائيّة يكون الماء أحد مكوناتها، بينما توجد محاليل أخرى لا تحتوي على الماء، كالهواء الجوي الجاف، والفلوآذ، ووقود السيارات، هذا التنوع الهائل في تركيب المحاليل وأشكالها يجعل خيارات تصنيفها متعددة، منها الحالة الفيزيائية للمحلول، ونوع المذيب، والتركيز، وهناك معايير أخرى، مثل حجم دقائق المذاب، والطاقة المصاحبة لعملية الذوبان، وغيرها. وسوف يتم التركيز في هذه الوحدة على المحاليل المائية.

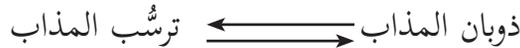
(2.2): الذائبية (Solubility):

تعرفت في صفوف سابقة إلى أنواع المحاليل من حيث الإشباع، فهناك المحلول غير المشبع الذي يستطيع إذابة كمية إضافية من المذاب، والمحلول المشبع الذي يحتوي على أكبر كمية من المادة المذابة عند درجة الحرارة نفسها، ويُرسب أية كمية إضافية من المذاب، أما المحلول فوق المشبع فهو يحتوي على كمية من المادة المذابة أكثر مما هو متوقع في حالة الإشباع، وهو حالة غير مستقرة، يمكن الإخلال بها بسهولة، مثل تحريك المحلول، أو إضافة كمية قليلة من بلورات المذاب، كما في الشكل (1).



الشكل (1): تبلور أسيتات الصوديوم من محلوله فوق المشبع

وتعرف الذائبية بأنها أكبر كمية من المذاب التي يمكن أن تذوب في 100 غم مذيب عند درجة حرارة معينة وضغط معين؛ للحصول على محلول مشبع. وعندما يصل المحلول إلى حد الإشباع يكون في حالة من الاتزان الديناميكي، وهو الحالة التي يكون معدل ذوبان المذاب مساويًا تمامًا لمعدل ترسبه:



ويمكن تحضير المحلول فوق المشبع بإذابة كمية زائدة عن حد الإشباع من المذاب في كتلة ثابتة من المذيب بواسطة التسخين، ويترك المحلول لتتخفض درجة حرارته في سكون دون تحريك.

وتتوقف ذائبية المواد في مذيب معين على عدة عوامل، منها: طبيعة المذاب والمذيب، ودرجة الحرارة، والضغط.

(3.2): طرق التعبير عن تركيز المحاليل

(Quantitative Ways of Expressing Concentration)

تحرص الشركات والمصانع الغذائية والدوائية، والمختبرات الطبيّة على استخدام المحاليل بتركيز محدّدة؛ وللتعرّف إلى مفهوم تركيز المحلول، تأمل الشكل (2) الذي يبيّن محاليل مائيّة مختلفة لبيرومنغنات البوتاسيوم $KMnO_4$ ، ثمّ أجب عن السُّؤال الذي يليه:



المحلول (3)



المحلول (2)



المحلول (1)

الشكل (2): محاليل مائية لبيرومنغنات البوتاسيوم

رتّب المحاليل المبيّنة في الشكل (2) حسب التركيز، وما المعيار الذي استندت إليه؟

تبيّن لك من خلال مناقشة السُّؤال السابق، أنّه يمكن تصنيف المحاليل من حيث التركيز بطريقة وصفيّة من خلال اللون، ولكن هل يمكن تحديد كميّة المذاب بدقة؟ يشير مصطلح التركيز إلى العلاقة الكميّة بين المذاب والمذيب في المحلول، وللتعرّف إلى هذه العلاقة، نفدّ النشاط الآتي:

نشاط (2): العلاقة الكميّة بين المذاب والمذيب:



المواد والأدوات:

سكر المائدة (السكروز) $C_{12}H_{22}O_{11}$ ، وماء مقطّر، ودورق حجمي سعة 100 مل، وقضيب زجاجي، وميزان حسّاس.

خطوات العمل:

- 1- زن الدورق الحجمي وهو فارغ وجاف، وسجّل كتلته (ك₁).
- 2- أضف 10 غم من السكر إلى الدورق الحجمي، وسجّل كتلته (ك₂).

- 1- أضف قليلاً من الماء إلى الدورق الحجمي مع التحريك بشكل دائري بعناية حتى تذوب كمية السكر.
- 2- أكمل حجم المحلول في الدورق الحجمي حتى العلامة 100 مل الموجودة على عنق الدورق الحجمي.
- 3- زن الدورق ومحتوياته (ك₃).



دورق حجمي

$$4- \text{جد كتلة الماء كما يأتي: كتلة الماء} = (ك_3) - (ك_1 + ك_2).$$

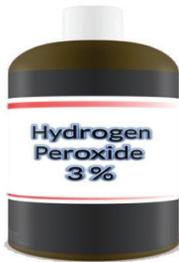
باستخدام النتائج التجريبية، جد ما يأتي:

- * عدد مولات المذاب (السكروز)، وعدد مولات المذيب (الماء).
- * النسبة بين كتلة المذاب إلى مجموع كتلة المذاب والمذيب.
- * النسبة بين كتلة المذاب إلى حجم المحلول.
- * النسبة بين عدد مولات المذاب إلى حجم المحلول.

لعلك توصلت من النشاط السابق أنه باستطاعتك التعبير عن تركيز المحلول بطرق مختلفة، منها النسبة المئوية للمذاب، والمولارية.

أولاً: النسبة المئوية للمذاب (Percent Concentration):

يمثل الشكل (3) محاليل متنوعة مكتوب عليها تراكيز بنسب مئوية مختلفة. ماذا تعني لك هذه النسب؟



الشكل (3): محاليل بتراكيز متنوعة

تعبّر هذه النسب المئوية عن نسبة المذاب إلى المذيب في المحلول، فإذا كانت كمية المذاب والمذيب بوحدة الكتلة، يسمى التركيز النسبة المئوية الكتلية (Mass Percent). ويمكن إيجادها من العلاقة الرياضية الآتية:

$$\text{النسبة المئوية الكتلية للمذاب} = (\text{كتلة المذاب} \div \text{كتلة المحلول}) \times 100\%$$

حيث إن كتلة المحلول = كتلة المذاب + كتلة المذيب

وعند التعبير عن تركيز محاليل السوائل في السوائل يفضل استخدام النسبة المئوية الحجمية للمذاب. ويمكن إيجادها من العلاقة الرياضية الآتية:

$$\text{النسبة المئوية الحجمية للمذاب} = (\text{حجم المذاب} \div \text{حجم المحلول}) \times 100\%$$



1 لتر = 1000 سم³
1000 مل =

مثال: فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 سائل لا لون له، يُستخدم محلوله مطهرًا، وفي قصر ألوان المواد الحساسة، كالشعر، والريش، والقطن، ويُستخدم أيضًا في تنظيف الصور الزيتية القديمة. فإذا تم تحضير محلول مائي من فوق أكسيد الهيدروجين، تركيزه 3% بالحجم. فما حجم فوق أكسيد الهيدروجين الموجود في 400 مل من هذا المحلول؟

الحل:

$$\text{النسبة المئوية الحجمية للمذاب} = (\text{حجم المذاب} \div \text{حجم المحلول}) \times 100\%$$

$$3\% = (\text{حجم } H_2O_2 \div 400) \times 100\%$$

إذن، حجم H_2O_2 الموجود في 400 مل من هذا المحلول = 12 مل.

وهناك طريقة أخرى للتعبير عن النسبة المئوية لتركيز المحاليل تتمثل بنسبة كتلة المذاب إلى حجم المحلول، ومثال ذلك: إذابة كلوريد الصوديوم الصُّلب في حجم معيّن من الماء.

مثال: يُستخدم محلول سكر الجلوكوز في المشافي بتركيز 5% (غم/سم³)، كم غرامًا من سكر الجلوكوز يلزم لتحضير 1.5 لتر من هذا المحلول؟

الحل:



$$\text{النسبة المئوية (كتلة/حجم)} = (\text{كتلة المذاب} \div \text{حجم المحلول}) \times 100\%$$

$$5\% = (\text{كتلة سكر الجلوكوز} \div 1500) \times 100\%$$

إذن، كتلة سكر الجلوكوز اللازمة = 75 غم.

المحتويات	mg./L	المكونات
بيكربونات	313.5	HCO ₃ ⁻
كالكسيوم	75.85	Ca ⁺⁺
كلوريد	50	Cl ⁻
صوديوم	25.3	Na ⁺
كبريتات	20.5	SO ₄ ⁼⁼
مغنيسيوم	28.7	Mg ⁺⁺
نترات	26.3	NO ₃ ⁻
بوتاسيوم	2.9	K ⁺
فلوريد	0.2	F ⁻
فوسفات	0.16	PO ₄ ⁼⁼⁼
حديد	0	Fe
نيتريت	0	NO ₂ ⁻
الأملاح الكلية الذائبة	390	TDS
الرقم الهيدروجيني	8.05	PH

الشكل (4): تركيز الأيونات في مياه الشرب

إذا كانت كمية المذاب في المحلول صغيرة جدًا، فيمكن التعبير عن تركيزه بنسبة جزء من مليون (ppm)، والتي تعبر عن كمية المذاب مثلاً بالمليغرام لكل لتر من المحلول. أو بنسبة جزء من بليون (ppb)، والتي تعبر عن كمية المذاب بالمليغرام/م³ من المحلول. وتُستخدم هذه الطريقة في القياسات الدقيقة، خاصةً في مصانع الأدوية، وتركيز المبيدات الحشرية والعشبية في الأنسجة الحية، وتركيز الأيونات المعدنية في الماء، والشكل (4) يوضح تركيز الأيونات في مياه الشرب. فعلى سبيل المثال، نلاحظ أن تركيز أيونات الفلوريد يساوي 0.2 ppm، وهذا يعني أن كل لتر من المحلول يحتوي على 0.2 ملغم.



سؤال يُعدُّ الجليسرين $C_3H_8O_3$ مادة كيميائية عديمة اللون والرائحة، ويمتاز بخواص طبيعية تجعل منه مادةً مهمةً في صناعة مواد التجميل. ما النسبة المئوية الكتلية والحجمية للجليسرين في محلول يحتوي على 10 سم³ جليسرين مذاب في 250 غم ماء، علمًا أنَّ كثافة الجليسرين تساوي 1.26 غم/سم³، وكثافة الماء تساوي 1 غم/سم³.

ثانيًا: المولارية (م) (Molarity(M):

تعلم أنَّ هناك كثيرًا من التفاعلات لا تتم إلا في وسط مائي، وحيث إنَّ المعادلة الكيميائية تحدث بنسب مولية ثابتة، لذا كان لابد من إيجاد تعبير للتركيز يرتبط بعدد المولات، فلجأ الكيميائيون إلى مصطلح التركيز المولاري (م)، والذي يساوي عدد مولات المذاب في لتر من المحلول.

المولارية (مول/لتر) = عدد مولات المادة المذابة ÷ حجم المحلول (لتر)

مثال: يُستخدم هيدروكسيد الصوديوم NaOH في صناعة الصابون، فعند تحضير محلول بإذابة 10 غم من هيدروكسيد الصوديوم في 630 مل من محلوله المائي. جد تركيز المحلول بالمولارية (م)، علمًا أنَّ الكتلة المولية لهيدروكسيد الصوديوم = 40 غم/مول.

الحل:

المولارية (مول/لتر) = عدد مولات المادة المذابة ÷ حجم المحلول (لتر)

عدد المولات = الكتلة ÷ الكتلة المولية

= 10 غم NaOH ÷ 40 غم/مول.

= 0.25 مول.

التركيز = 0.25 مول NaOH ÷ 0.63 لتر = 0.39 مول/لتر.



سؤال يُسمَّى المحلول المائي للفورمالدهيد (HCOH) بالفورمالين؛ إذ يُستخدم المحلول المخفف منه في حفظ العينات البيولوجية. احسب حجم محلول فورمالين تركيزه 0.1 مول/لتر يحتوي على 6 غم من فورمالدهايد.

سؤال محلول من حمض الكبريتيك H_2SO_4 حجمه 100 سم³ وتركيزه بالنسبة المئوية الكتلية يساوي 27 %، احسب مولارية ومولالية المحلول علمًا أنَّ كثافته تساوي 1.198 غم/سم³.

(4.2): التخفيف (Dilution):

يلجأ بائع العطور إلى إضافة مذيبيات آمنة مثل الزيوت أو الكحول الإيثيلي لعطوره المركزة، وفي منازلنا نخفف كثيرًا من العصائر بإضافة الماء إليها؛ بهدف الحصول على محاليل أقل تركيزًا، وذات استخدام عملي ومقبول. وللتعرف إلى مبدأ التخفيف، نُفِّذ النشاط الآتي:

نشاط (3): تخفيف المحلول:



المواد والأدوات:

سكر المائدة، وماء مقطر، وميزان حسّاس، ودورق حجمي سعة 100 مل، وقضيب زجاجي، ومخبر مدرّج سعة 100 مل، وكأس زجاجي سعة 400 مل.

خطوات العمل:

- 1- زن 10 غم سكر باستخدام ميزان حسّاس.
- 2- أضف 10 غم سكر إلى الدورق الحجمي سعة 100 مل، وأضف كمية من الماء المقطر، ثم حرّك المزيج جيدًا حتى يذوب السكر، واستمر بإضافة الماء المقطر مع التحريك حتى الإشارة المبيّنة على عنق الدورق.
- 3- اسكب المحلول الذي حضّرته في كأس، ثم باستخدام مخبر مدرّج، ضع 50 مل ماء مقطر إلى المحلول السابق.

الأسئلة:

- 1- ما العلاقة بين عدد مولات المذاب قبل إضافة الماء، وبعد إضافته؟
- 2- أي المحلولين أقل تركيزًا؟
- 3- قارن بين تركيز المحلول بالمولارية في الحالتين.
- 4- اشتقّ العلاقة بين تركيز المحلول المركز والمنخّف.

نستنتج من النشاط السابق أنّ عدد مولات المذاب يبقى ثابتًا في المحلول المركز والمنخّف، والاختلاف الوحيد بينهما هو زيادة كميّة المذيب في المحلول.



عند تخفيف المحاليل الحمضية المركزة، نضيف الحمض تدريجيًا إلى الماء، ويُحذَرُ من إضافة الماء إلى الحمض؛ لأنَّ الحرارة الناتجة عن الأذابة تكفي لغيان المحلول الحمضي الناتج، ما يؤدي إلى فورانه، وتناثره خارج الإناء المستخدم للتخفيف.

مثال: إذا كان لدينا محلول من هيدروكسيد الصوديوم NaOH، تركيزه 4 مول/لتر، أُخذت منه كمية حجمها 500 سم³، وأضيف إليها كمية من الماء حتى أصبح تركيزه الجديد 1 مول/لتر، احسب حجم الماء المضاف.

الحل:

عدد مولات المذاب قبل التخفيف = عدد مولات المذاب بعد التخفيف

$$ت_1 \times ح_1 = ت_2 \times ح_2$$

حيث $ت_1$: تركيز المحلول المركّز. $ت_2$: تركيز المحلول المخفّف.
 $ح_1$: حجم المحلول المركّز. $ح_2$: حجم المحلول المخفّف.
 $ح_2 =$ حجم الماء المضاف + حجم المحلول المركّز.

لاحظ تماثل الوحدات المستخدمة على جانبي المساواة.

$$4 \text{ مول/لتر} \times 500 \text{ سم}^3 = 1 \text{ مول/لتر} \times (500 + س) \text{ سم}^3$$

$$500 + س = 2000$$

$$س = 2000 - 500 = 1500 \text{ سم}^3 = 1.5 \text{ لتر}$$

سؤال معظم الأحماض المتوفرة في المختبرات الجامعية والمدرسية تكون مركّزة، فإذا علمت أنّ حمض الهيدروكلوريك HCl يوجد بتركيز 32% بالكتلة، وكثافته 1.18 غم/سم³، وأردنا تخفيف كمية من هذا المحلول للحصول على محلول حجمه 250 مل بتركيز 1 مول/لتر. بيّن بالخطوات الآلية الواجب اتباعها لمعرفة الحجم المطلوب أخذه من الحمض المركّز.

أختبر نفسي

السؤال الأول: اختر رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

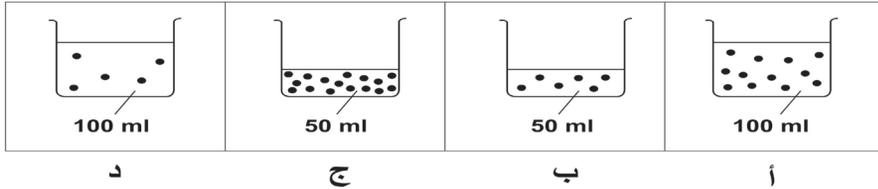
1 ما المحلول المشبع؟

- (أ) محلول يمكنه استيعاب كمية إضافية من المذاب عند الظروف نفسها.
 (ب) محلول يحتوي على كمية من المذاب أكثر مما يلزم للإشباع عند الظروف نفسها.
 (ج) مخلوط غير متجانس.
 (د) محلول في حالة اتزان ديناميكي، ولا يستطيع استيعاب كمية إضافية من المذاب عند الظروف نفسها.

2 أي من الوحدات الآتية تعبر عن ذائبة المواد الصلبة في الماء؟

- (أ) مول/100 غم ماء. (ب) مول/كغم ماء. (ج) غم/100 غم ماء. (د) غم/سم³ ماء.

3 أي المحاليل الآتية لها أعلى تركيز؟



4 ما حجم الماء اللازم إضافته إلى محلول حمض الهيدروكلوريك الذي حجمه 40 مل، وتركيزه 0.6 مول/لتر، ليصبح تركيزه 0.1 مول/لتر؟

- (أ) 60 مل. (ب) 160 مل. (ج) 200 مل. (د) 240 مل.

5 ما تركيز المحلول الناتج عن إضافة 1.5 لتر من الماء إلى محلول مائي، حجمه 0.5 لتر، وتركيزه 1 مول/لتر؟

- (أ) 0.25 مول/لتر (ب) 0.5 مول/لتر (ج) 1 مول/لتر (د) 1.5 مول/لتر

6 ما مولارية محلول مكوّن من إذابة 0.25 مول من $MgCl_2$ في 500 مل ماء؟

- (أ) 5×10^{-4} مول/لتر. (ب) 0.125 مول/لتر. (ج) 0.5 مول/لتر. (د) 2 مول/لتر.

7 أي من الآتية يبقى ثابتاً عند تخفيف المحلول؟

- (أ) عدد مولات المذاب. (ب) عدد مولات المذيب. (ج) كتلة المحلول. (د) حجم المحلول.

السؤال الثاني: وضح المقصود بكل من: المولارية، والذائبية.

السؤال الثالث: حُضِرَ محلول مائي بإذابة 10 مل من الكحول C_2H_5OH ، (كثافته = 0.789 غم/مل) في حجم مناسب من الماء، ليصبح حجم المحلول = 100 مل، وكثافته = 0.982 غم/مل. احسب تركيز المحلول بوحدة:

1- النسبة المئوية الكتلية للمذاب. 2- النسبة المئوية الحجمية للمذاب.

3- المولارية.

الكيمياء الحراريّة

(5.2): مفاهيم أساسية في الكيمياء الحراريّة

(Basic Concepts in Thermochemistry)

تطلّب دراسة علم الكيمياء الحراريّة التعرّف إلى عدد من المفاهيم الأساسيّة المرتبطة بتغيرات الطاقة المصاحبة، فعند دراسة أي ظاهرة في الكون، كالتفاعل الكيميائي، لا بدّ من تحديد الحيز موضوع الدراسة؛ بهدف ضبط المتغيرات، وقياس الكميات، وللتعرّف إلى بعض هذه المفاهيم، نفدّ النشاط الآتي:

نشاط (4): مفاهيم أساسية في الكيمياء الحراريّة:

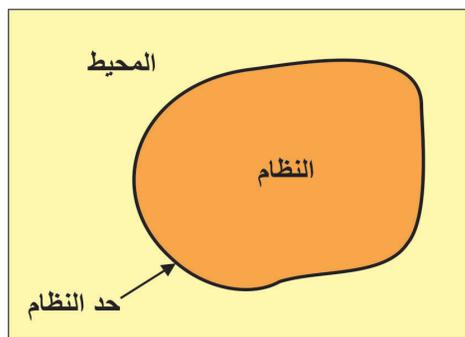
تأمّل الصورة الآتية التي تمثّل عمليّة إضافة محلول حمض الهيدروكلوريك HCl إلى محلول



هيدروكسيد الصوديوم NaOH في كأس زجاجي، ثمّ أجب عن الأسئلة الآتية:

- 1- حدّد الحيز الذي يجري فيه التفاعل.
- 2- ما الذي يفصل مواد التفاعل عن محيطها الخارجي؟
- 3- إذا كان التفاعل طاردًا للحرارة، حدد اتجاه انتقال الحرارة.

لعلّك لاحظت أنّ من الأمور المهمّة عند دراسة الظواهر المختلفة هي التمييز بين النظام (System) موضع الاهتمام، والمحيط (Surroundings)، فالنظام: يعني ذلك الجزء من الكون الذي تجري عليه الدراسة، وقد يكون نظامًا بسيطًا، مثل قطعة ثلج في كأس، أو معقدًا، مثل محتويات بحيرة ملوثة، وفي هذا النشاط يمثل النظام محلول حمض الهيدروكلوريك وهيدروكسيد الصوديوم، أما المحيط، فهو: ذلك الجزء من الكون الذي له علاقة بالنظام قيد الدراسة، وهو هنا



الشكل(5): النظام والمحيط وحد النظام

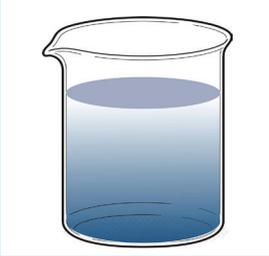
يمثل باقي الكون، ونعني بالعلاقة: حدوث تبادل بين النظام والمحيط في واحد أو أكثر من الأمور الأساسيّة للطاقة والمادة. والنظام من الناحية العمليّة متصل بالمحيط، ولكن يستحسن لغرض الدراسة أن تتخيّل حاجزًا يحيط بالنظام، فيغلّفه، ويسمّى هذا الحاجز حدّ النظام (System Boundary)، وهو هنا يمثل جدران الكأس الذي يحدث فيه التفاعل، والشكل (5) المجاور يوضّح النظام، والمحيط، وحدّ النظام.

(6.2): أنواع الأنظمة الحرارية

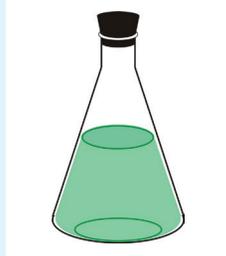
غالبًا ما يحدث تبادل للمادة أو الطاقة بين النظام والمحيط، وبناءً على ذلك، تمّ تصنيف الأنظمة الحرارية إلى ثلاثة أنواع، وللتعرّف إليها نفضّل النشاط الآتي:

نشاط (5): أنواع الأنظمة الحرارية:

- 1- اقترح تصنيفًا للأنظمة في الأشكال أدناه حسب تبادل المادة والطاقة بين النظام والمحيط؟
- 2- كيف يمكن تحويل النظام ب إلى النظام أ؟



(ج)



(ب)

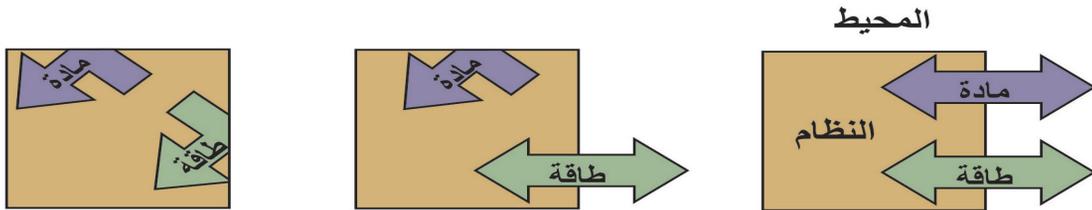


(أ)

لعلك توصلت بعد الإجابة عن أسئلة النشاط السابق أنّ هناك ثلاثة أنواع من الأنظمة حسب قابليتها لتبادل المادة والطاقة، وهي:

- 1- النظام المفتوح (Open System): النظام الذي يحدث فيه تبادل للمادة والطاقة بين النظام والمحيط.
- 2- النظام المغلق (Closed System): النظام الذي لا يسمح بتبادل المادة، ويسمح بتبادل الطاقة بين النظام والمحيط.
- 3- النظام المعزول (Isolated System): النظام الذي لا يحدث فيه تبادل للمادة والطاقة بين النظام والمحيط.

والشكل (6) الآتي يوضح تبادل المادة والطاقة في النظام المفتوح، والنظام المغلق، والنظام المعزول:



الشكل (6): تبادل المادة والطاقة في الأنظمة الحرارية

أختبر نفسي

السؤال الأول: صنّف الأنظمة الآتية إلى مفتوح، ومغلق، ومعزول:

1 | حساء طعام في قارورة تيرموس مغلقة.

2 | الطالب في غرفة نومه.

3 | الهواء في كرة التنس.

السؤال الثاني: لديك ميزان حرارة في داخله سائل، وعلى اعتبار أنّ هذا السائل هو النظام الذي تريد دراسته، وأنّ جدار الميزان هو الحد الذي يفصل بينه وبين المحيط.

1 | هل هذا النظام مفتوح أم مغلق؟

2 | كيف يتم تحويله إلى نظام معزول؟



تقييم ذاتي المحاليل والكيمياء الحرارية

السؤال الاول: اختر رمز الاجابة الصحيحة فيما يلي:

(1) أيّ الآتية يبقى ثابتاً عند تخفيف محلول مائي؟

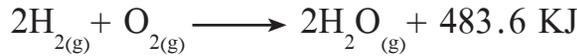
(أ) عدد مولات المذيب (ب) عدد مولات المذاب

(ج) كتلة المحلول (د) تركيز المحلول

(2) ما تركيز المحلول الناتج عن إضافة 1.5 لتر من الماء النقي إلى محلول كلوريد الصوديوم تركيزه (0.5) مول/لتر، وحجمه 0.5 لتر؟

(أ) 0.17 مول/لتر (ب) 0.5 مول/لتر (ج) 0.125 مول/لتر (د) 0.25 مول/لتر

(3) أي العبارات الآتية صحيحة فيما يخص التفاعل؟



(أ) إشارة ΔH موجبة والتفاعل ماص للطاقة. (ب) إشارة ΔH سالبة والتفاعل ماص للطاقة.

(ج) إشارة ΔH سالبة والتفاعل طارد للطاقة. (د) إشارة ΔH موجبة والتفاعل طارد للطاقة.

(4) ما النظام الذي لا يسمح بتبادل المادة ويسمح بتبادل الطاقة بين النظام والمحيط؟

(أ) النظام المغلق (ب) النظام المفتوح (ج) النظام المعزول (د) النظام المثالي

السؤال الثاني:

(أ) ما المقصود بكل من: الذاتية، والنظام؟

(ب) علل: تتأثر مولارية المحاليل بدرجة الحرارة؟

السؤال الثالث:

تم إذابة 22 غم HCl (ك.م المذاب = 36.5 HCl غم/مول) في كمية من الماء لتكوين محلول تركيزه بالنسبة المئوية

الكتلية يساوي 37% ، وكثافة المحلول تساوي 1.19 غم/مل. احسب ما يلي:

(1) النسبة المئوية (كتلة/حجم) بوحدة غم/مل. (2) المولارية.

سرعة التفاعل والاتزان الكيميائي

(Reaction Rate and Chemical Equilibrium)



(1.3): مفهوم معدّل سرعة التفاعل:

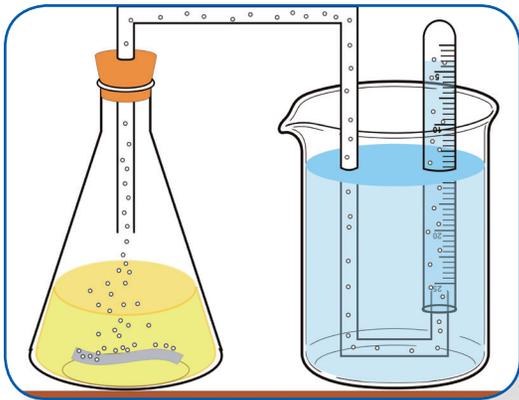
يُعبّر عن سرعة المتسابقين الرياضيين بالمسافة المقطوعة في وحدة الزمن، وسرعة احتراق الوقود بمعدّل استهلاكه في وحدة الزمن. فالسرعة هي مقياس لتغيّر كمية معينة في وحدة الزمن، ولتتعرف إلى مفهوم معدّل سرعة التفاعل، نفضّ النشاط الآتي:



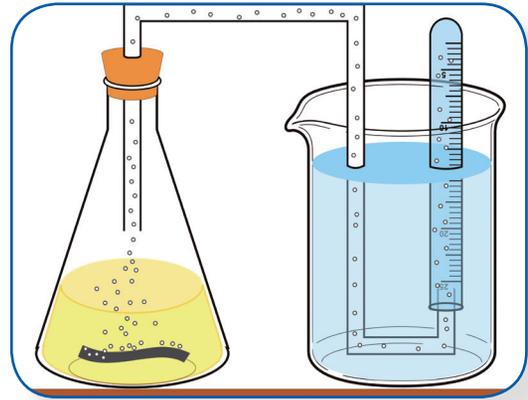
نشاط (1): مفهوم معدّل سرعة التفاعل:

يبين الجدول التالي حجم غاز الهيدروجين H_2 الناتج من تفاعل شريط من المغنيسيوم Mg مع محلول حمض الهيدروكلوريك HCl بتركيز معين مع مرور الزمن. ادرس الجدول، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه.

الزمن بالدقيقة	حجم الغاز الناتج ب (سم ³)
0	0
1	15
2	20
3	23
4	24



بعد فترة من الزمن



عند بدء التفاعل

- 1- اكتب معادلة كيميائية موزونة تمثل التفاعل بين محلول حمض الهيدروكلوريك والمغنيسيوم.
- 2- ارسم بيانياً منحنياً يمثل حجم غاز الهيدروجين مقابل الزمن.
- 3- أكمل الجدول الآتي بناءً على البيانات التي جمعتها من النشاط.

الفترة الزمنية (دقيقة)	التغير في حجم الغاز الناتج $\Delta \text{ح} = \text{ح}_2 - \text{ح}_1$	التغير في الحجم ÷ التغير في الزمن $(\text{ح}_2 - \text{ح}_1) \div (\text{ز}_2 - \text{ز}_1)$
1 - 0		
1 - 2		
2 - 3		
3 - 4		

- 4- إذا علمت أنّ نسبة التغير في حجم الغاز الناتج إلى الزمن الذي حدث فيه التغير، تعبّر عن معدّل سرعة تكوّن الغاز الناتج من التفاعل، فصّف كيف تتغير سرعة تكوّن الغاز الناتج مع مرور الزمن.

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

وعادة ما يتم التعامل مع التغير في التركيز المولاري عند حساب معدل سرعة التفاعل الكيميائي. فإذا كان لدينا التفاعل الافتراضي الآتي: $A \longrightarrow B$ ، فإنه يمكن التعبير عن معدل

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



سرعة التفاعل بالعلاقة الرياضية الآتية: معدل سرعة التفاعل بدلالة المتفاعلات = $-\frac{\Delta[A]}{\Delta z}$

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

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

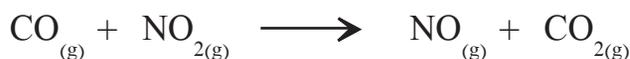


أو معدل سرعة التفاعل بدلالة النواتج = $\frac{\Delta[B]}{\Delta z}$



== مثال (1): ==

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



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

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

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

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

3- قارن بين الإجابتين، ماذا تستنتج؟



مُعَدَّل سرعة استهلاك أحد المتفاعلات = - (التغيّر في التركيز) ÷ التغيّر في الزمن

$$-1 \quad \text{مُعَدَّل سرعة استهلاك } \text{NO}_2 \text{ في الفترة بين (صفر) ثانية، و(10) ثوانٍ} = \frac{[\text{NO}_2] \Delta}{\Delta (z)} =$$

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

$$-2 \quad \text{مُعَدَّل سرعة استهلاك } \text{NO}_2 \text{ في الفترة بين (20) ثانية، و(30) ثانية} =$$

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

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



مثال (2):

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

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

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

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

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

-4 ماذا تتوقّع أن يكون مُعَدَّل سرعة تكوّن C ؟

$$1- \text{معدل سرعة استهلاك A} = \frac{[A]\Delta}{z\Delta} = \frac{1.000 - 0.800}{0 - 20} = 0.010 \text{ مول/لتر.ث.}$$

$$2- \text{معدل سرعة تكوّن B} = \frac{[B]\Delta}{z\Delta} = \frac{0.000 - 0.400}{0 - 20} = 0.020 \text{ مول/لتر.ث.}$$

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

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

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

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

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

تكتب العلاقة بين معدل سرعات التفاعل للمواد المختلفة كما يأتي:

$$\text{معدل سرعة التفاعل} = \frac{[A]\Delta}{z\Delta} \frac{1}{a} = \frac{[B]\Delta}{z\Delta} \frac{1}{b} = \frac{[C]\Delta}{z\Delta} \frac{1}{c} = \frac{[D]\Delta}{z\Delta} \frac{1}{d}$$

$$\text{معدل سرعة التفاعل} = \frac{1}{a} (\text{معدل سرعة تناقص A}) = \frac{1}{b} (\text{معدل سرعة تناقص B})$$

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



= مثال :

تتفاعل الأمونيا مع الأكسجين حسب المعادلة الموزونة الآتية:



فإذا كان معدّل سرعة تكوّن NO = 2.4×10^{-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:

$$\frac{1}{4} (\text{معدّل سرعة استهلاك } \text{NH}_3) = \frac{1}{4} (\text{معدّل سرعة تكوّن NO}) \quad -1$$

$$\frac{[\text{NO}] \Delta}{z \Delta} \frac{1}{4} = \frac{[\text{NH}_3] \Delta}{z \Delta} \frac{1}{4}$$

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

$$\frac{[\text{NO}] \Delta}{z \Delta} \frac{1}{4} = \frac{[\text{H}_2\text{O}] \Delta}{z \Delta} \frac{1}{6} \quad -2$$

وعليه فإنّ $\frac{[\text{H}_2\text{O}] \Delta}{z \Delta} \frac{1}{6} = \frac{6}{4} = \frac{[\text{H}_2\text{O}] \Delta}{z \Delta} \frac{1}{6} = \text{معدّل تكوّن NO} = 2.4 \times 10^{-3} \times \frac{6}{4} = 3.6 \times 10^{-3}$ مول/لتر.ث.

-3) معدّل سرعة التفاعل =

$$\frac{1}{4} \text{معدّل استهلاك } \text{NH}_3 = \frac{1}{5} \text{معدّل استهلاك } \text{O}_2 = \frac{1}{4} \text{معدّل تكوّن NO} = \frac{1}{6} \text{معدّل تكوّن } \text{H}_2\text{O}$$

معدّل سرعة التفاعل =

$$\frac{1}{4} \text{معدّل اختفاء } \text{NH}_3 = \frac{1}{4} \times 2.4 \times 10^{-3} \text{ مول/لتر.ث} = 6 \times 10^{-4} \text{ مول/لتر.ث}$$

أو معدّل سرعة التفاعل =

$$\frac{1}{6} \text{معدّل تكوّن } \text{H}_2\text{O} = \frac{1}{6} \times 3.6 \times 10^{-3} \text{ مول/لتر.ث} = 6 \times 10^{-4} \text{ مول/لتر.ث}$$

سؤال: ?

إذا تغيّر تركيز (N₂O₅) من (2.33) إلى (2.08) مول/لتر خلال 184 دقيقة في التفاعل الآتي:

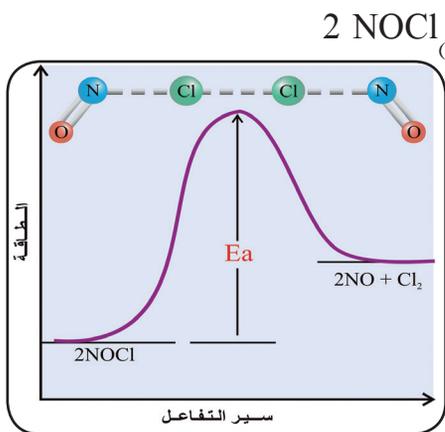


- 1- احسب معدّل استهلاك (N₂O₅).
- 2- احسب معدّل تكوّن (NO₂).
- 3- احسب معدّل سرعة التفاعل.

2.3): نظرية 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، ولكنّ جزءاً منها يكون فعالاً؛ أي يؤدي إلى تكوين النواتج المطلوبة. ولكي يكون التصادم فعالاً، لا بدّ من توافر شرطين أساسيين، هما:

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

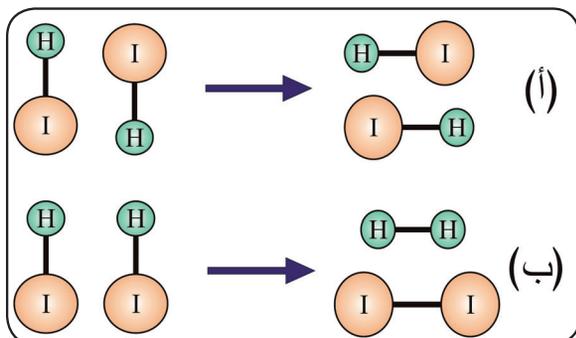


- 2- أن يكون اتجاه التصادم مناسباً لإعطاء النواتج. والمثال الآتي يوضح أهمية الاتجاه المناسب للتصادم لتكوين النواتج المطلوبة.



مثال:

يتفكك يوديد الهيدروجين HI إلى هيدروجين H₂ ويود I₂ حسب المعادلة الموزونة الآتية:



وعلى فَرَض وجود احتمالين للتصادم بين الجزيئات المتفاعلة كما هو مبين في الشكل المجاور، فأَيُّ 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.

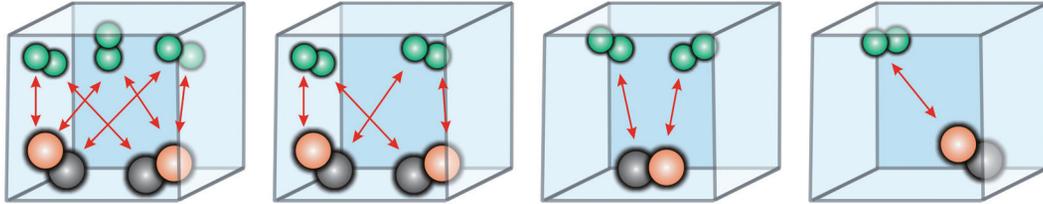
3.3: العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي (Factors Affecting Reaction Rate):

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:

تممّن الشكل (1) الآتي الذي يبين العلاقة بين عدد جزيئات Cl_2 و NO ، وعدد التصادمات



لعلك تلاحظ 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، نفذ النشاط الآتي:



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

المواد والأدوات:



محلول ثيوكبريتات الصوديوم $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ بتركيز 0.5 مول/لتر، ومحلولان من حمض الهيدروكلوريك HCl بتركيز 0.1 مول/لتر، و 1 مول/لتر، ودورقان مخروطيان سعة كلّ منهما 150 مل، وساعة إيقاف، ومخبر 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 X.
- 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

يَصْعُبُ فيها رؤية إشارة X على الورقة.

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

الأسئلة:

1- في أيّ الحالتين كان اختفاء الإشارة X أسرع؟

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

ثانياً: مساحة سطح المواد المتفاعلة:

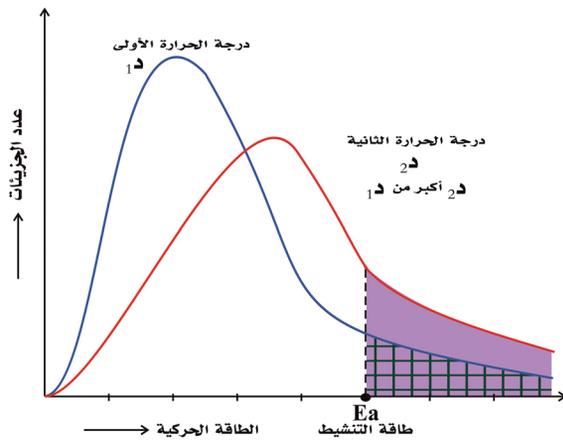
تحترق نشارة الخشب بسرعة أكبر من احتراق قطعة خشب لها الكتلة نفسها. صمّم تجربة توضح فيها أثر زيادة مساحة سطح المواد المتفاعلة على سرعة التفاعل.

ثالثاً: درجة الحرارة:

ترداد سرعة التفاعل بزيادة درجة الحرارة. فكيف يمكن تفسير أثر درجة الحرارة على سرعة التفاعلات الكيميائية، اعتماداً على نظرية التصادم؟

تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى رفع الطاقة الحركية للجزيئات المتفاعلة، كما هو موضح

في الشكل (2) الآتي:



نلاحظ من الشكل (2) ما يأتي:

1- لا تتغير قيمة طاقة التنشيط للتفاعل نفسه،

عند تغيير درجة الحرارة.

2- لا تمتلك جميع الجزيئات الطاقة الحركية

نفسها عند درجة الحرارة نفسها، فبعضها

يملك طاقة حركية أعلى، وبعضها الآخر

طاقة حركية أقل.

الشكل (2): توزيع الطاقة الحركية للجزيئات على

درجتَي حرارة مختلفتين (د₁، د₂)

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):



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

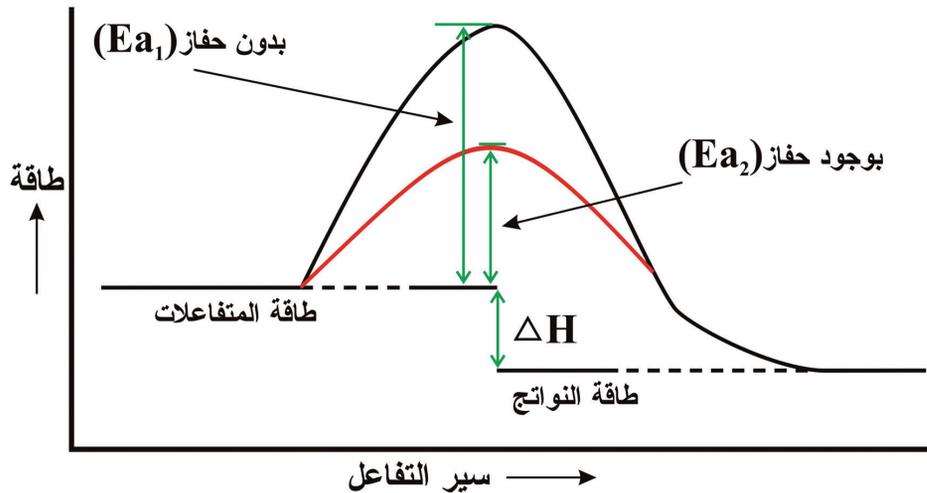


تعلمت أن سرعة التفاعل تزداد بزيادة درجة الحرارة، لكن قد لا يكون رفع درجة الحرارة هي الطريقة الفضلى لزيادة سرعة بعض التفاعلات؛ لذا يلجأ الكيميائيون لإضافة مواد كيميائية تعمل على تسريع التفاعل الكيميائي تسمى الحفّازات، فمثلاً: نحتاج لزيادة سرعة تأكسد السكر إلى رفع درجة الحرارة، فكيف يتأكسد السكر في جسم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

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



يتأكسد السكر في جسم الإنسان بتحفيز من أنزيمات خاصة به، وما الأنزيمات إلا أمثلة على دور الحفّازات في زيادة سرعة التفاعلات الكيميائية؛ حيث يُقدم الحفّاز مساراً جديداً للتفاعل بطاقة تنشيط أقل، كما هو موضح في الشكل (3)، وبالتالي يزداد عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة التنشيط؛ ما يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل.



الشكل (3): أثر الحفّاز على طاقة التنشيط



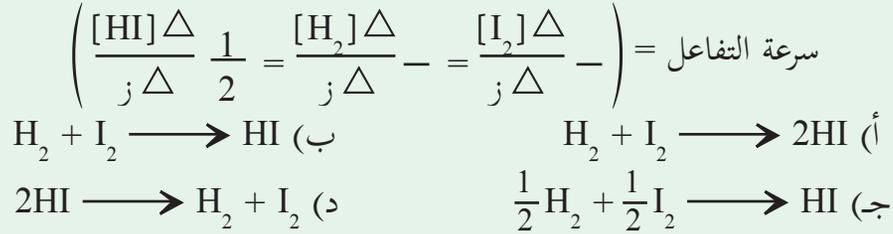
أختبر نفسي

السؤال الأول: اختر رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

1- ما مُعدّل سرعة إنتاج $\text{NO}_2\text{F}_{(g)}$ في التفاعل الآتي:
 $2\text{NO}_{2(g)} + \text{F}_{2(g)} \longrightarrow 2\text{NO}_2\text{F}_{(g)}$ ، إذا كان مُعدّل سرعة استهلاك $\text{F}_2 = 0.2$ مول/ لتر.ث؟

أ) 0.1 ب) 0.2 ج) 0.4 د) 0.6

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



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

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

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

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

أ) تقليل طاقة التنشيط. ب) زيادة التركيز.

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

السؤال الثاني: عرّف ما يأتي:

مُعدّل سرعة التفاعل، والحفّازات، والتصادم الفعّال.

السؤال الثالث: علّل كلّاً من الآتية:

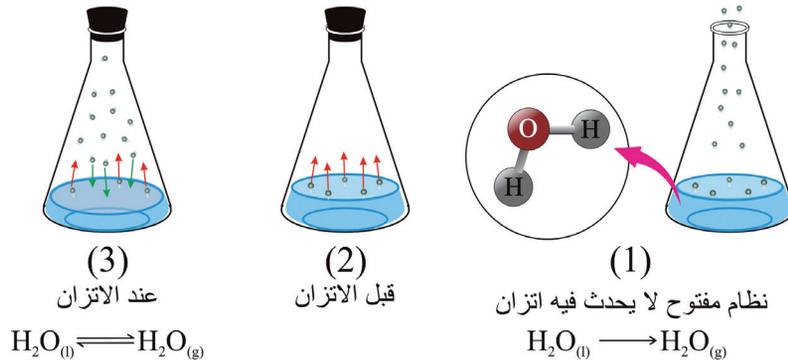
- 1- تزداد سرعة التفاعل بزيادة درجة الحرارة.
- 2- يحترق مسحوق الفحم في الهواء أسرع من احتراق قطع الفحم المساوية لها في الكتلة.
- 3- يزيد العامل المساعد من سرعة التفاعل الكيميائي.

الاتزان الكيميائي (Chemical Equilibrium)



(4.3) مفهوم الاتزان الكيميائي:

لعلك لاحظت بعض الظواهر التي يحدث فيها اتزان بين مكونات النظام، كالاتزان بين الكميّة المذابة والكميّة المترسّبة في المحاليل المشبعة عند درجة حرارة معيّنة، وكذلك اتزان الماء السائل مع بخاره في نظام مغلق، كما هو موضّح في الشكل (4).



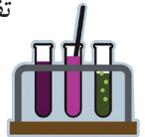
الشكل(4): اتزان الماء السائل مع بخاره

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

مواد ناتجة \longrightarrow مواد متفاعلة.

ولكنّ هناك 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:

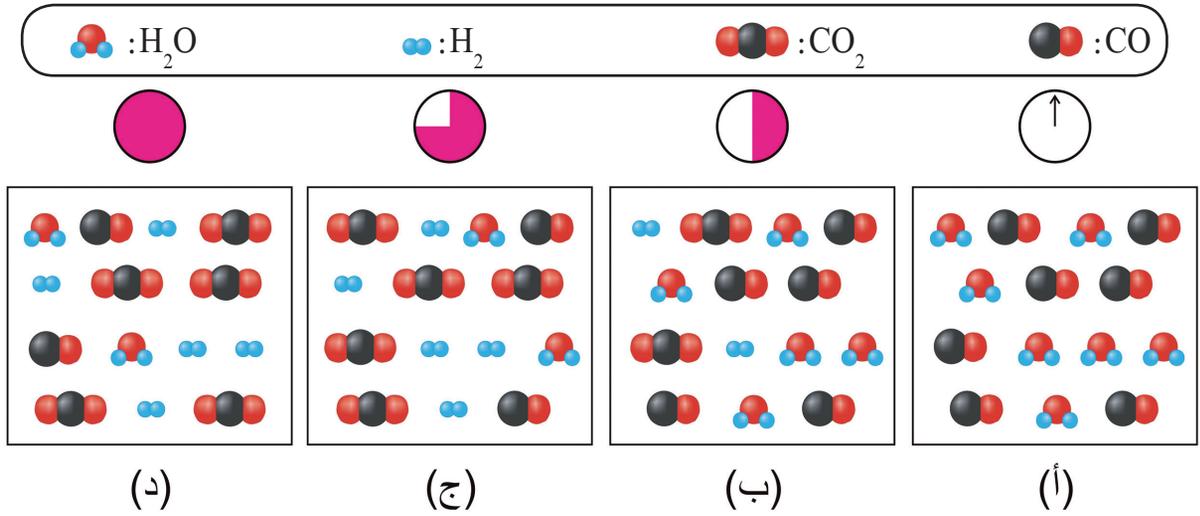
مواد ناتجة $\xrightleftharpoons[\text{تفاعل عكسي}]{\text{تفاعل أمامي}}$ مواد متفاعلة، ولتعرّف إلى مفهوم الاتزان الكيميائي، نقدّ النشاط الآتي:



نشاط(3): مفهوم الاتزان الكيميائي:

تمعّن الشكل الآتي الذي يُمثّل تفاعل بخار الماء مع غاز أول أكسيد الكربون في نظام مُغلق؛ لتكوين غازي الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون، ثمّ أجب عن الأسئلة التي تليه:





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

المادة	عدد الجزيئات	H ₂ O	CO	H ₂	CO ₂
أ	7				
ب				2	
ج			2		
د					5

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

3- إذا علمت أن الحالة التي يثبت فيها عدد جزيئات المواد المتفاعلة، والمواد الناتجة تُسمى حالة اتزان، حدّد على الرسم البياني المنطقة التي تُمثل هذه الحالة.

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

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



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

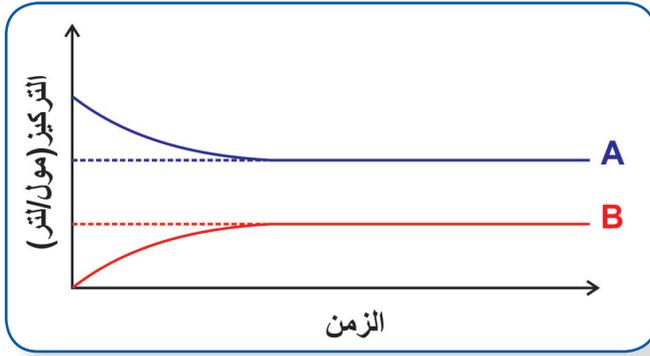
أنّ التفاعل لم يتوقف مع مرور الزمن، بل يستمر في الاتجاهين، وهذا ما يُعرف بالاتزان الكيميائي الذي يُعدّ أحد أشكال الاتزان الديناميكي.

والمثال الآتي يوضّح مفهوم الاتزان الكيميائي، والعلاقة بين سرعتي التفاعلين الأمامي والعكسي مع مرور الزمن.



== مثال: ==

يُوضّح الشكل الآتي تغيّر تراكيز مكونات تفاعل ما مع الزمن. ادُرّس 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؟

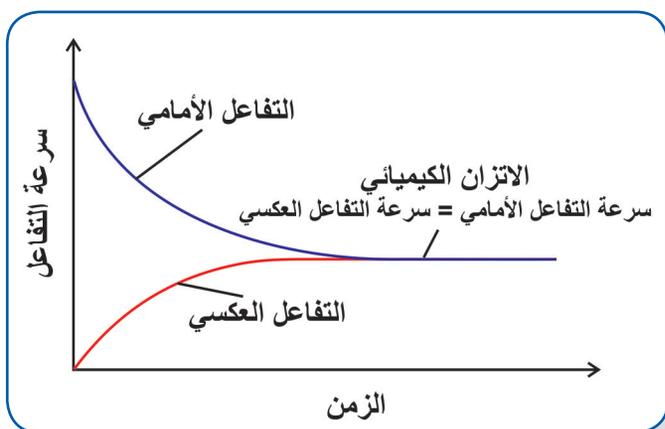
4- وضح بالرسم البياني التغيّر الذي يطرأ على سرعة التفاعل الأمامي، وسرعة التفاعل العكسي حتى الوصول إلى حالة الاتزان.

== الحل: ==

1- يُمثّل الشكل السابق تغيّر التراكيز لتفاعل منعكس؛ لأنّ تراكيز المواد المتفاعلة لم تُستهلك بالكامل مع مرور الزمن.

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

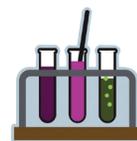
3- B؛ لأنّ تركيز المواد الناتجة يزداد مع الزمن.



4- الرسم البياني الذي يُمثّل التغيّر الذي يطرأ على سرعتي التفاعل الأمامي والعكسي هو:

5.3: ثابت الاتزان (Equilibrium Constant):

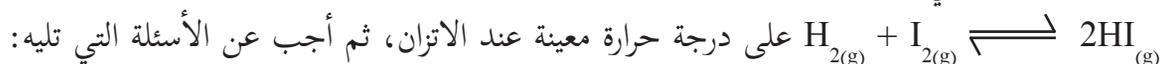
لعلك توصلت إلى أنّ تراكيز المواد الناتجة والمتفاعلة تبقى ثابتة عند حالة الاتزان، وللتعرّف إلى العلاقة الرياضيّة بين تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عند الاتزان، نفّذ النشاط الآتي:



نشاط (4): العلاقة الرياضيّة بين تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عند

الاتزان:

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



رقم التجربة	[H ₂]	[I ₂]	[HI]	العلاقة (1): $\frac{[\text{HI}]}{[\text{H}_2] \times [\text{I}_2]}$	العلاقة (2): $\frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2] \times [\text{I}_2]}$
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- أيّ العلاقتين لها قيمة ثابتة في جميع التجارب؟

لعلك توصلت أن إحدى العلاقتين بقيت قيمتها ثابتة في جميع التجارب عند درجة حرارة معينة، وتُعرف هذه العلاقة بصيغة ثابت الاتزان، ويُرمز لها بالرمز (Kc). وبشكل عام، إذا عبّرنا عن التفاعل المُتزن بالمعادلة الافتراضية الموزونة الآتية:



فإنه 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 يُبين صيغة ثابت الاتزان (Kc) لعدد من التفاعلات المُتزنة:

الجدول(1): صيغة ثابت الاتزان لبعض التفاعلات المُتزنة

رقم	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	$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$	$\frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3 \times [N_2]}$

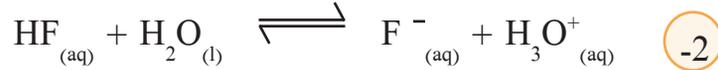
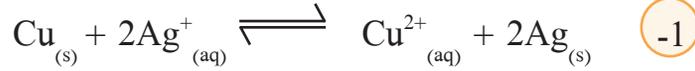
بناءً على صيغة ثابت الاتزان Kc في الجدول السابق، أجب عن الأسئلة الآتية:

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

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

سؤال:

اكتب تعبير (صيغة) ثابت الاتزان K_c لكل من التفاعلات المُتزنة الآتية:



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

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

تواجه بعض الصناعات الكيميائية مشكلة تدني المردود المئوي للنواتج المطلوبة، وإن معرفة العوامل المختلفة المؤثرة في حالة الاتزان لها أهمية بالغة في العمليات الصناعية المختلفة، لذا يلجأ المختصون إلى اختيار الظروف المناسبة للتحكم في كمية النواتج، ولقد وضع العالم الفرنسي لوتشاتيليه مبدأً يوضح سلوك التفاعل المُتزن إذا تعرّض لمؤثر خارجي، وينص على أنه «إذا تعرّض نظام مُتزن إلى مؤثر خارجي كتغيّر التركيز، أو درجة الحرارة، أو الضغط أحدث فيه اضطراباً، فإنّ النظام يُعدّل من حالته؛ لتقليل أثر ذلك المؤثر».

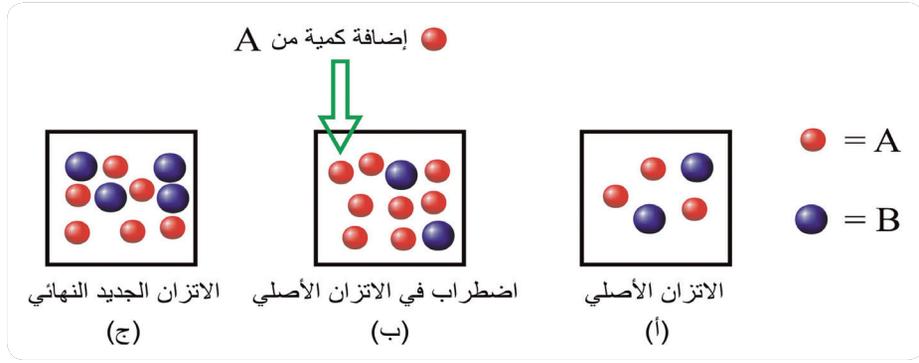
أولاً: أثر تغيّر التركيز على حالة الاتزان الكيميائي:

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

نشاط (5): أثر تغيّر التركيز على حالة الاتزان الكيميائي:

تأمّل الشكل الآتي الذي يُمثّل أثر تغيّر التركيز لتفاعل افتراضي ($\text{A}_{(g)} \rightleftharpoons \text{B}_{(g)}$)، ثم

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 توصلت 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 :

في إحدى التجارب، تمّ قياس تراكيز جميع مكونات التفاعل: $\text{CO}_{2(g)} + \text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)}$ 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، فوجد أنّ النظام وصل لحالة اتزان جديدة، وكانت النتائج كما في الجدول الآتي:

$\text{CO}_{2(g)} + \text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)}$				معادلة التفاعل المتزن:
0.075	0.061	0.100	0.025	التراكيز (مول/لتر) عند الاتزان قبل إضافة CO_2
0.118	0.053	0.107	0.032	التراكيز (مول/لتر) بعد إضافة CO_2 ، والوصول إلى حالة اتزان جديدة.

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 $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ إلى وعاء التفاعل؟

الحل:

$$0.546 = \frac{0.100 \times 0.025}{0.075 \times 0.061} = \frac{[\text{CO}] \times [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}_2] \times [\text{H}_2]} = \text{Kc (قبل إضافة CO}_2) \quad -1$$

$$0.547 = \frac{0.107 \times 0.032}{0.118 \times 0.053} = \text{Kc (بعد إضافة CO}_2)$$

نلاحظ أن قيمة ثابت الاتزان في الحالتين بقيت ثابتة.

-2 إضافة CO₂ إلى وعاء التفاعل يؤدي إلى انحياز التفاعل نحو النواتج؛ ما يزيد من كمية CO و H₂O؛ أي زيادة تركيز النواتج، ونقصان تركيز H₂.

-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 H₂O_(g) يؤدي إلى انحياز التفاعل نحو المتفاعلات؛ للوصول إلى حالة اتزان جديدة.

سؤال:

لديك التفاعل المُتزن الآتي: $\text{CO}_{(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CH}_{4(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)}$ ، وضح تأثير العوامل الآتية على اتجاه انحياز التفاعل عند ثبوت درجة الحرارة:

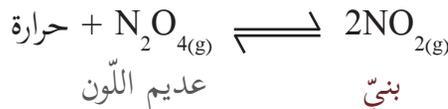
-1 سحب CH₄ من وعاء التفاعل.

-2 خفض [H₂].

-3 إضافة CO إلى وعاء التفاعل.

ثانياً: أثر تغيير درجة الحرارة على حالة الاتزان الكيميائي:

تعلمت سابقاً أثر تغيير درجة الحرارة على سرعة التفاعل الكيميائي، فما أثر تغييرها على حالة الاتزان الكيميائي؟ وللتعرف إلى ذلك، نفذ النشاط الآتي الذي يُمثل تفكك غاز N₂O₄ حسب المعادلة الموزونة الآتية:





نشاط (6): أثر تغيير درجة الحرارة على حالة الاتزان الكيميائي:

المواد والأدوات:



أنبوب يحتوي على خليط من غازي 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 تلاحظ؟
- 3- أخرج الأنبوب من الكأس، ثمّ أتركه لمدة 3 دقائق في درجة حرارة الغرفة، ماذا تلاحظ؟
- 4- ضَع الأنبوب في كأس يحوي ماءً ساخناً بدرجة 50^س، ماذا تلاحظ؟

لعلك لاحظت تغيير لون خليط الغازين في الأنبوب تبعاً لتغيير درجة الحرارة، وحسب مبدأ لوتشاتيليه، فتغيير درجة حرارة التفاعل المتزن 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)؛ لأنه تفاعل ماصّ للحرارة، وهذا يزيد من كمية NO_2 الناتجة، وتقليل كمية N_2O_4 .

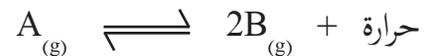
وبالإضافة إلى أثر تغيير درجة الحرارة على حالة الاتزان، تُؤثر أيضاً على قيمة ثابت الاتزان، ولتوضيح ذلك، تأمل المثال الآتي:



مثال :

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

يبيّن الجدول المجاور أثر تغيير درجة الحرارة على تراكيز مواد التفاعل للتفاعل المتزن الافتراضي:



- 1 ما قيمة ثابت الاتزان Kc عند كل درجة حرارة؟
- 2 استنتج العلاقة بين التغير في درجة الحرارة وقيمة ثابت الاتزان لهذا التفاعل.

الحل:

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

-1

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

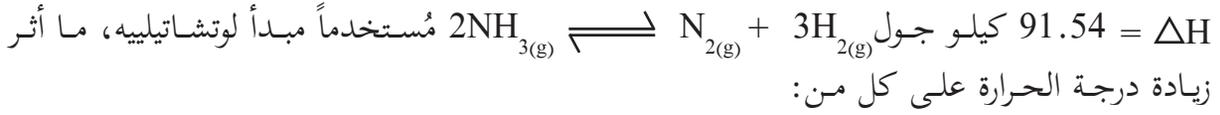
Kc عند 300 °س = $\frac{(0.764)^2}{(0.171)}$ = 3.41

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

-2 نلاحظ أنه بزيادة درجة الحرارة تقل قيمة ثابت الاتزان؛ لأنّ التفاعل طارد للحرارة.

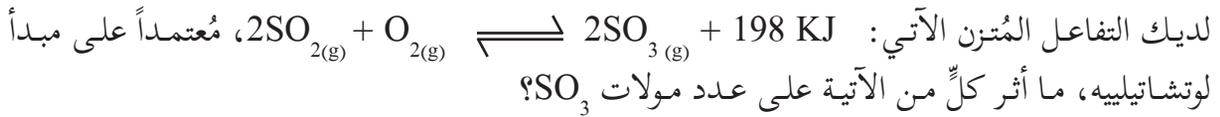
سؤال:

لديك التفاعل المُتزن الآتي:



- 1 تراكيز مكونات التفاعل؟
- 2 قيمة ثابت الاتزان للتفاعل؟

سؤال:



-1 إضافة جديدة من O₂ عند ثبات درجة الحرارة.

-2 تقليل تركيز SO₂ عند ثبات درجة الحرارة.

-3 زيادة درجة الحرارة.

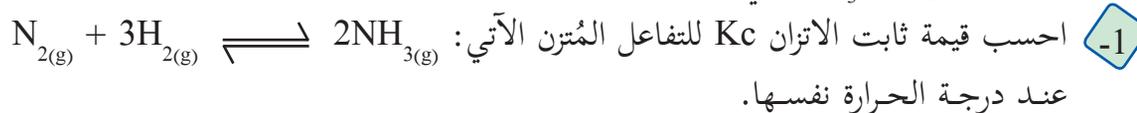
(7.3): حسابات الاتزان الكيميائي:

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



مثال (1):

وعاء حجمه لتر واحد، يحتوي على 0.15 مول/لتر من غاز H_2 ، و 0.25 مول/لتر من غاز N_2 ، و 0.1 مول/لتر من غاز NH_3 في حالة اتزان عند درجة حرارة معينة:



الحل:

-1 نعويض التراكيز في صيغة ثابت الاتزان K_c ، فإن:

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

-2 التفاعل العكسي هو: $2NH_{3(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$ لاحظ أنّ $1 = K_c' \times K_c$

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



مثال (2):

يتفكك غاز $NOCl$ عند درجة حرارة $35^\circ C$ حسب المعادلة الموزونة الآتية:

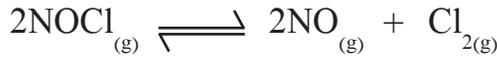


فإذا وُضِعَ 1.0 مول من غاز $NOCl$ في وعاء حجمه 2.0 لتر عند درجة حرارة $35^\circ C$ ، احسب تراكيز مواد التفاعل عند الاتزان، علماً أنّ قيمة ثابت الاتزان K_c تساوي 1.6×10^{-5}



نحسب تركيز NOCl الابتدائي $[NOCl]_0$

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



0.5	صفر	صفر	التركيز الابتدائي
- 2س	+ 2س	+ س	التغير في التركيز
$0.5 \approx 2س - 0.5$	2س	س	التركيز عند الاتزان

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

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

وبما أن $K_c = \frac{[NOCl]_0}{[NO]^2 \times [Cl_2]} = \frac{0.5}{1.6 \times 10^{-5}} = 31250$ وهي أكبر من 400؛ لذا نهمل مقدار النقص في التركيز للمتفاعلات، وتصبح المعادلة على النحو الآتي:

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

$$س^3 = \frac{1.6 \times 10^{-5} \times (0.5)^2}{4} = 1 \times 10^{-6} \text{ مول / لتر ومنه } س = \sqrt[3]{1 \times 10^{-6}} = 1 \times 10^{-2} \text{ مول / لتر، وعليه فإن التراكيز عند الاتزان هي:}$$

$$[Cl_2] = س = 0.01 \text{ مول / لتر}$$

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

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

قاعدة عامة:



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

$$400 < \frac{[المتفاعل]_0}{K_c}$$



أختبر نفسي

السؤال الأول: اختر رمز الإجابة الصحيحة في كل ممّا يأتي:

- 1- أيّ العبارات الآتية صحيحة فيما يتعلق بالاتزان الكيميائي؟
(أ) يتوقف التفاعل الأمامي.
(ب) تُستهلك المواد المتفاعلة تماماً.
(ج) 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:



- (أ) سحب غاز N_2 من وعاء التفاعل.
(ب) خفض درجة الحرارة النظام.
(ج) زيادة درجة الحرارة النظام.
(د) تقليل كمية غاز H_2 في النظام.
- 3- ما العامل الذي يزيد من قيمة ثابت الاتزان للتفاعل المُتزن الافتراضي:



- (أ) زيادة $[\text{AB}]$.
(ب) زيادة الحجم.
(ج) زيادة الضغط.
(د) زيادة درجة الحرارة.

4- ما الصيغة التي تعبر عن ثابت الاتزان K_c للتفاعل:



(أ) $\frac{[\text{Ni}] \times [\text{CO}_2]}{[\text{CO}] \times [\text{NiO}]}$ (ب) $\frac{[\text{CO}_2]}{[\text{CO}]}$

(ج) $\frac{[\text{NiO}] \times [\text{CO}]}{[\text{CO}_2] \times [\text{Ni}]}$ (د) $\frac{[\text{CO}]}{[\text{CO}_2]}$

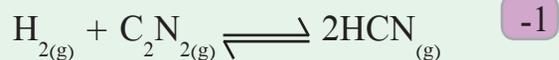
5- إذا كانت قيمة ثابت الاتزان Kc للتفاعل المُتزن: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ تساوي 64 عند درجة حرارة معينة، فكم تصبح قيمته عندما ينقص حجم وعاء التفاعل إلى النصف عند درجة الحرارة نفسها؟

أ) 16 ب) 32 ج) 64 د) 128

السؤال الثاني: وضح المقصود بالمفاهيم الآتية:

مبدأ لوتشاتلييه، والاتزان الديناميكي، وثابت الاتزان.

السؤال الثالث: اكتب تعبير ثابت الاتزان Kc لكلِّ ممَّا يأتي:



السؤال الرابع: إذا علمت أن Kc يساوي 9 للتفاعل المُتزن $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$

عند درجة حرارة معينة، فإذا تم خلط مولات متساوية من H_2 و I_2 في وعاء مغلق، سعته 1 لتر، وعند الاتزان، وُجد أن عدد مولات HI تساوي 0.2 مول عند درجة الحرارة نفسها، احسب:

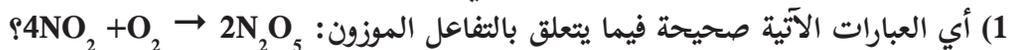
-1 تركيز H_2 ، و I_2 عند الاتزان.

-2 عدد مولات H_2 الابتدائية.

تقييم ذاتي

سرعة التفاعل الكيميائي والاتزان الكيميائي

السؤال الأول: اختر الإجابة الصحيحة فيما يلي:



(أ) سرعة تكوّن NO_2 تساوي ربع سرعة تكوّن O_2

(ب) سرعة تكوّن NO_2 تساوي نصف سرعة استهلاك N_2O_5

(ج) سرعة تكوّن O_2 تساوي ربع سرعة تكوّن NO_2

(د) سرعة تكوّن O_2 تساوي نصف سرعة تكوّن N_2O_5

(2) ما العامل الذي يعمل على تخفيض طاقة التنشيط للتفاعل الكيميائي؟

(أ) التبريد (ب) إضافة الحفاز (ج) التسخين (د) زيادة تركيز المواد المتفاعلة

(3) ما العامل الذي يعمل على زيادة سرعة للتفاعل الكيميائي؟

(أ) التسخين (ب) خفض تركيز المواد المتفاعلة (ج) التبريد (د) نقصان مساحة السطح

(4) إذا علمت أن قيمة ثابت الاتزان للتفاعل الآتي $= 1.6 \times 10^{-5}$ عند 35°C



درجة الحرارة فإن قيمة K_c

(أ) تبقى كما هي (ب) تنقص إلى النصف (ج) تتضاعف مرتين (د) تتضاعف 4 مرات

(5) للتفاعل $2A \rightarrow 3B$ فإن $\frac{[B]}{[A]} = \frac{[B]}{[A]}$ فما قيمة المقدار أ؟

(أ) $\frac{2}{3} +$ (ب) $\frac{2}{3} -$ (ج) $+1$ (د) $\frac{3}{2} +$

(6) إذا كانت قيمة K_c لتفكك غاز N_2O_4 إلى غاز NO_2 عند درجة حرارة 7°C وضغط 1 جوي

تساوي 0.165 ، ما قيمة K_c لتكون غاز N_2O_4 عند نفس الظروف؟

(أ) 6.06 (ب) 0.165 (ج) 0.083 (د) 0.33

7) في النظام المتزن الافتراضي $D_{(g)} + C_{(g)} \rightleftharpoons B_{(g)} + A_{(g)}$ + طاقة ، ما العامل الذي يزيد من قيمة ثابت الاتزان؟

أ) زيادة [A] ب) خفض درجة الحرارة ج) سحب كمية من المادة C د) زيادة درجة الحرارة.
السؤال الثاني:

أ) في التفاعل $4NO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2N_2O_{5(g)}$ إذا تغيّر تركيز N_2O_5 من (2.33) إلى (2.08) مول/لتر خلال 184 دقيقة. احسب ما يلي:

1 - معدل سرعة استهلاك N_2O_5

2 - معدل سرعة تكوّن O_2

3 - معدل سرعة التفاعل.

ب) لديك الاتزان الآتي: $2CO(g) + 2O_2(g) \rightleftharpoons 2CO_2(g) + 566 KJ$ ما أثر كل من الآتية على تركيز غاز CO؟ (تزداد أم تقل أم تبقى ثابتة)

1. إضافة كمية من غاز CO_2 2. رفع درجة حرارة النظام 3. سحب كمية من غاز CO

ج) خليط من غازي (N_2 ، H_2) تفاعلا في وعاء مغلق عند درجة حرارة معينة وفق المعادلة الآتية:

$2NH_{3(g)} \rightleftharpoons 3H_{2(g)} + N_{2(g)}$ وعند الاتزان كان $[H_2] = 5$ مول/لتر ، $[N_2] = 8$ مول/لتر ، $[NH_3] = 4$ مول/لتر

جد: 1. $[N_2]$ ، $[H_2]$ عند بدء التفاعل 2. Kc للتفاعل

السؤال الثالث:

أ) ما المقصود بكل من؟

1 - التصادم الفعّال 2 - الاتزان الديناميكي

ب) علل:

1 - يحترق مسحوق الفحم في الهواء أسرع من احتراق قطع الفحم المساوية لها في الكتلة.

2 - تبقى تراكيز مكونات التفاعل ثابتة عند الاتزان.

ج) وضح بالرسم التغيّر الذي يطرأ على تراكيز مكونات التفاعل $A_{(g)} \rightleftharpoons B_{(g)} + 2C_{(g)}$ مع الزمن حتى الوصول إلى حالة الاتزان.

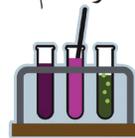
الهيدروكربونات (Hydrocarbons)



(1.4): الهيدروكربونات الأليفاتية (Aliphatic Hydrocarbons):

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

تعلمت سابقاً أنّ الهيدروكربونات تتكوّن من عنصري الكربون والهيدروجين فقط، ولكنها 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:

$\text{HC} \equiv \text{CH}$ <p>(3)</p>	$\text{H}_2\text{C} = \text{CH}_2$ <p>(2)</p>	$\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_3$ <p>(1)</p>
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ <p>(6)</p>	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{CHCH}_3 \end{array}$ <p>(5)</p>	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array}$ <p>(4)</p>
$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \end{array}$ <p>(9)</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} = \text{C} - \text{H} \\ // \quad \backslash \\ \text{H} - \text{C} \quad \text{C} - \text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ <p>(8)</p>	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH} \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH} \end{array}$ <p>(7)</p>

1- صنّف المركّبات السابقة إلى هيدروكربونات مُشعبة وغير مُشعبة.

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

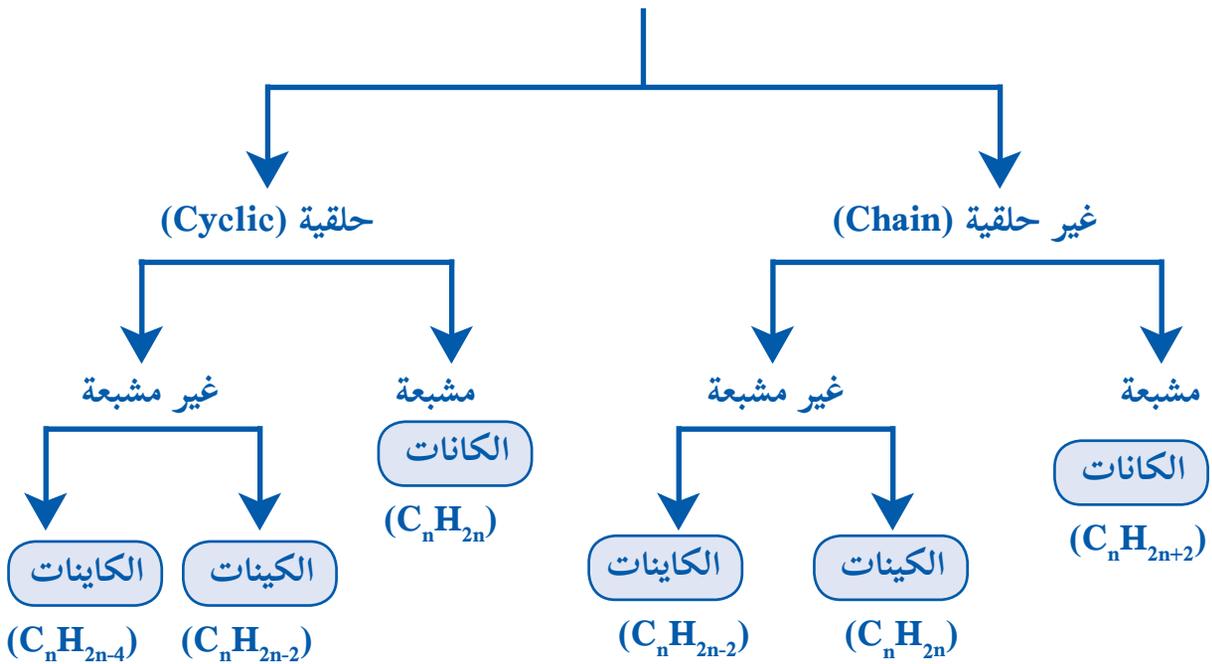
3- ما الصّيغة العامة التي تبيّن العلاقة بين عدد ذرات الكربون، وعدد ذرات الهيدروجين للمركّبات 1، 5، 6؟

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

5- أيّ من الصيغ البنائية السابقة تمثل متشكّلات؟

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

الهيدروكربونات الأليفاتية



نشاط تعريزي:

لديك مركّب هيدروكربوني، صيغته الجزيئية C_4H_8 ، استخدم نماذج الذرات في بناء نماذج مختلفة لهذا المركّب.

2.4): التسمية النظامية للهيدروكربونات الأليفاتية حسب نظام الأيوباك

(Nomenclature of Hydrocarbons According to IUPAC)

يلجأ الكيميائيون إلى تسمية المركبات، من أجل تمييزها عن بعضها، ولقد استخدمت أسماء شائعة ومقاطع خاصة لتسمية بعض المركبات، والجدول (1) يبين التسمية الشائعة لبعض المركبات الهيدروكربونية:

الجدول (1): الأسماء الشائعة لبعض المركبات الهيدروكربونية

الاسم	الصيغة	الرقم
إيثيلين	$H_2C = CH_2$	1
استيلين	$HC \equiv CH$	2
أيزو بيوتان	$\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ CH_3 - CH - CH_3 \end{array}$	3
نيوبنتان	$\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ CH_3 - C - CH_3 \\ \\ CH_3 \end{array}$	4

ونظراً لكثرة الهيدروكربونات الطبيعية والمصنعة التي لا يمكن الإلمام بأسمائها الشائعة، فقد اقترح الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية طريقة منظمة لتسميتها، بحيث يكون لكل مركب اسم خاص 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:

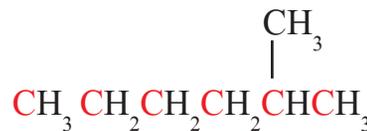
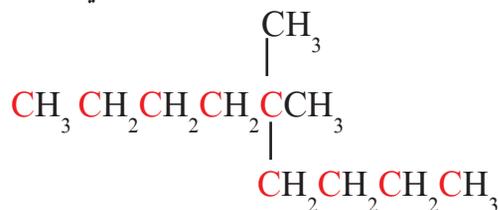
تعلمت في الصف العاشر تسمية الألكانات غير الحلقية وغير المتفرعة، بناءً على عدد ذرات الكربون المكوّنة لها، كما هو موضّح في الجدول (2) الآتي:

الجدول (2): الاسم النظامي لبعض الألكانات غير المتفرعة

اسم الألكان	الصيغة البنائية	الصيغة الجزيئية	عدد ذرات الكربون
ميثان	CH ₄	CH ₄	1
إيثان	CH ₃ CH ₃	C ₂ H ₆	2
بروبان	CH ₃ CH ₂ CH ₃	C ₃ H ₈	3
بيوتان	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	C ₄ H ₁₀	4
بنتان	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	C ₅ H ₁₂	5

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

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

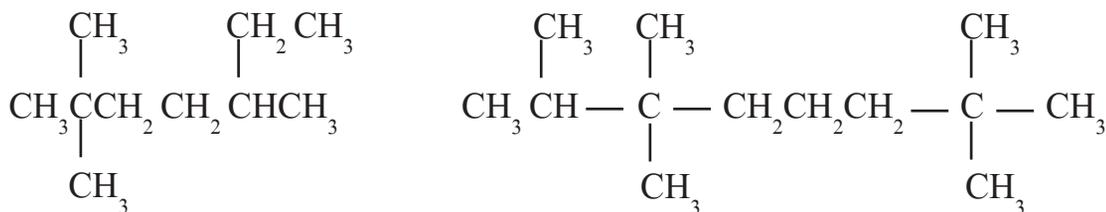


أطول سلسلة مُكوّنة من تسع ذرات كربون

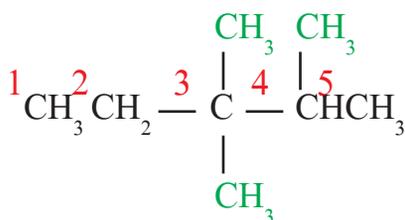
أطول سلسلة مُكوّنة من ستّ ذرات كربون

سؤال: ?

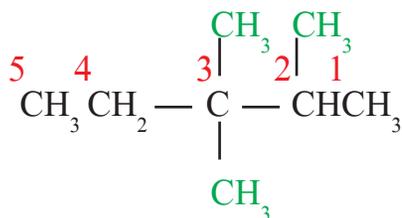
ما عدد ذرات الكربون المُكوِّنة لأطول سلسلة في كل من المركَّبين الآتيين؟



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



مجموع أرقام التفرعات $10 = 4+3+3$



مجموع أرقام التفرعات $8 = 3+3+2$

3- نُسمي المجموعات الهيدروكربونيَّة المتفرَّعة التي تُعرف بالمجموعات الألكيليَّة (R)، وصيغتها العامة $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$ ، وذلك بأن نستبدل بالمقطع (ان) في الألكان المقطع (يل)، كما هو موضَّح في الجدول (3) الآتي:

الجدول (3): الاسم النظامي لبعض المجموعات الألكيليَّة

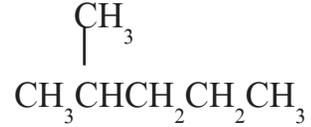
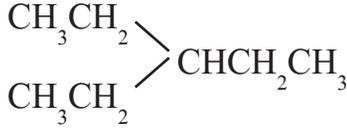
الاسم باللغة الإنجليزيَّة	الاسم باللغة العربيَّة	مجموعة الألكيل المشتقة (R-)	الألكان (R-H)
Methyl	ميثيل	CH_3-	CH_4
Ethyl	إيثيل	CH_3CH_2-	CH_3CH_3
Propyl	بروبيل	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$
Iso-propyl	أيزو بروبييل	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)-$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$

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

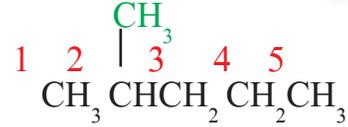
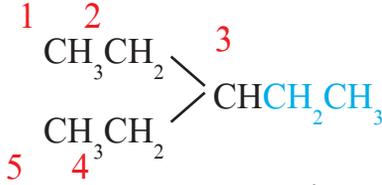


== مثال ==

ما الاسم النظامي للمركّبين الآتيين؟



الحل:



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

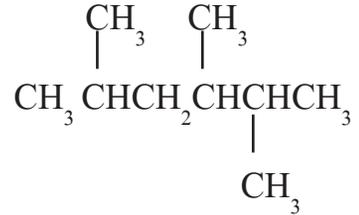
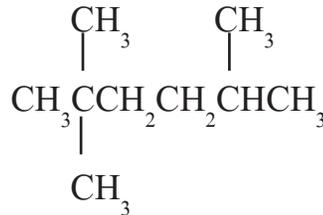
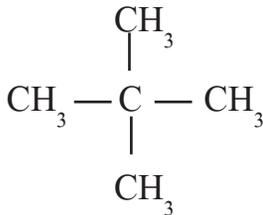
تتكوّن أطول سلسلة من خمس ذرات كربون، ومجموعة الميثيل توجد على ذرة الكربون رقم 2، ولذلك فإنّ اسم المركّب: 2-ميثيل بنتان.

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



== مثال ==

ما الاسم النظامي للمركّبات الآتية؟



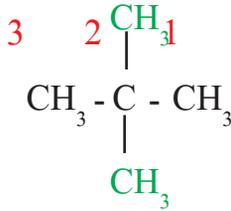
(3)

(2)

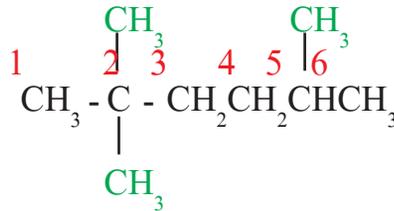
(1)

الحل:

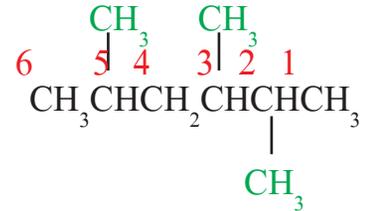
نلاحظ أن أطول سلسلة في المركب الأول (1) تحتوي على 6 ذرات كربون، فتكون السلسلة الرئيسة هي الهكسان، وأن مجموعات الميثيل المتفرعة موجودة على ذرات الكربون ذات الأرقام 2، 3، 5، وبذلك يكون اسم المركب 2،3،5-ثلاثي ميثيل هكسان، وبتابع الخطوات نفسها، نسمي المركبين الآخرين:



2،2-ثنائي ميثيل بروبان



2،2،5-ثلاثي ميثيل هكسان



2،3،5-ثلاثي ميثيل هكسان

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

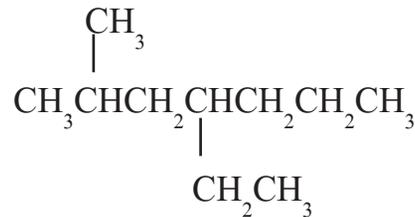
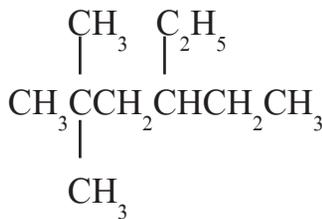


عند وجود مجموعات ألكيلية مختلفة على السلسلة الرئيسة، فإنها تسمى طبقاً لترتيبها الهجائي باللغة الإنجليزية.

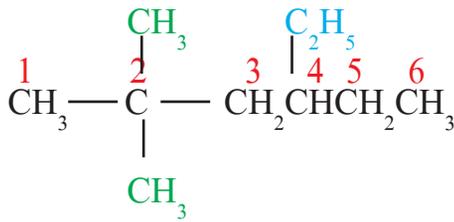


مثال:

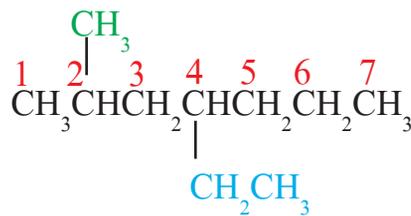
ما الاسم النظامي للمركبين الآتيين؟



الحل:

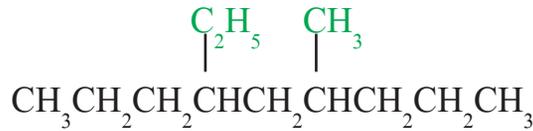


4-إيثيل-2،2-ثنائي ميثيل هكسان



4-إيثيل-2-ميثيل هبتان

عند تساوي مجموع أرقام التفرعات من طرفي السلسلة، تُعطى أولوية الترقيم للترتيب الهجائي للمجموعات الألكيلية، كما في المثال الآتي:



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

■ تسمية الألكانات الحلقية (Nomenclature of Cyclic Alkanes):

الألكانات الحلقية: هي هيدروكربونات مشبعة، صيغتها العامة C_nH_{2n} ، تترتب فيها ذرات الكربون على شكل حلقة أقلها ثلاث ذرات كربون، وتُسمى الألكانات الحلقية غير المتفرعة بذكر المقطع سايكلو متبوعاً باسم الألكان، حسب عدد ذرات الكربون المكوّنة للحلقة، كما هو موضح في الجدول (4) الآتي:

الجدول (4): الاسم النظامي لبعض الألكانات الحلقية

C_6H_{12}	C_5H_{10}	C_4H_8	C_3H_6	الصيغة الجزيئية
				الصيغة البنائية
				الصيغة الهيكلية
سايكلو هكسان	سايكلو بنتان	سايكلو بيوتان	سايكلو بروبان	الاسم النظامي

ثانياً: تسمية الألكينات:



تسمية الألكينات غير الحلقية:

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

الجدول (5): الاسم النظامي لبعض الألكينات المستقيمة

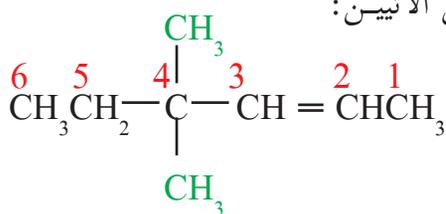
عدد ذرات الكربون	اسم الألكان	اسم الألكين المقابل	الصيغة الجزيئية	الصيغة البنائية
1	ميثان	-	-	-
2	إيثان	إيثين	C ₂ H ₄	CH ₂ =CH ₂
3	بروبان	بروبين	C ₃ H ₆	CH ₃ CH=CH ₂
4	بيوتان	-1 بيوتين	C ₄ H ₈	CH ₃ CH ₂ CH=CH ₂
		-2 بيوتين		CH ₃ CH=CHCH ₃
5	بنتان	-1 بنتين	C ₅ H ₁₀	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH=CH ₂
		-2 بنتين		CH ₃ CH ₂ CH=CHCH ₃

2- تُسمَّى الألكينات المستقيمة والمتفرّعة

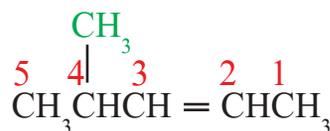
بقواعد تسمية الألكانات غير الحلقية نفسها،

على أن تتضمّن السلسلة الرئيسة الرابطة الثنائية،

بأقل رقم ممكن، كما هو موضّح في المثالين الآتيين:



4،4-ثنائي ميثيل-2-هكسين

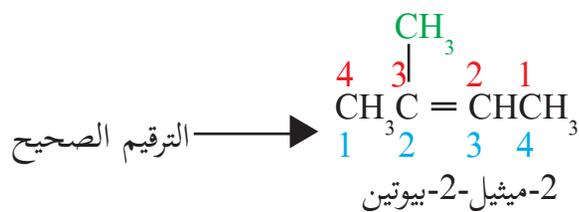


4-ميثيل-2-بنتين

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

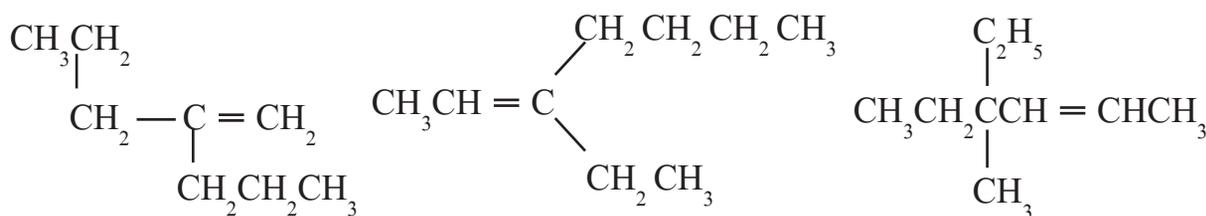


3- إذا تساوى ترقيم الرابطة الثنائية من كلا طرفي السلسلة الرئيسية، فإننا نرقم من الطرف الأقرب إلى التفرع، كما هو موضّح في المثال الآتي:



سؤال ?

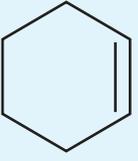
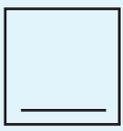
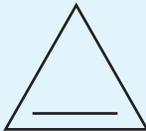
سمّ الألكينات الآتية، حسب نظام الأيوباك:



تسمية الألكينات الحلقية:

الألكينات الحلقية: هي هيدروكربونات غير مشبعة، صيغتها العامة $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ ، تترتب فيها ذرات الكربون على شكل حلقة أقلها ثلاث ذرات كربون، بحيث تحتوي رابطة ثنائية بين ذرتي كربون في الحلقة، وتسمى الحلقة المكوّنة للألكين بذكر كلمة سايكلو، ثم اسم الألكين، كما هو موضّح في الجدول (6) الآتي:

الجدول (6): الاسم النظامي لبعض الألكينات الحلقية

C_6H_{10}	C_5H_8	C_4H_6	C_3H_4	الصيغة الجزيئية
				الصيغة الهيكلية
سايكلو هكسين	سايكلو بنتين	سايكلو بيوتين	سايكلو بروبين	الاسم النظامي

السؤال الثالث: ارسم الصيغة البنائية لكل من المركبات الآتية:

أ) 4-ميثيل-2-بنتين.

ب) 4،2-ثنائي ميثيل هكسان.

ج) 3،3-ثنائي إيثيل بنتان.

د) سايكلو بيوتين.

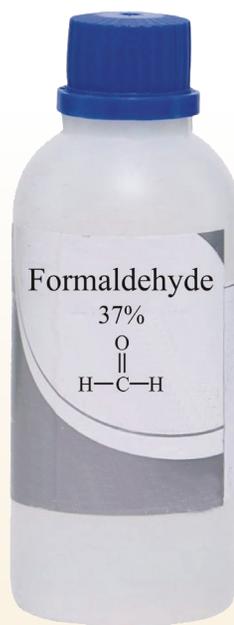
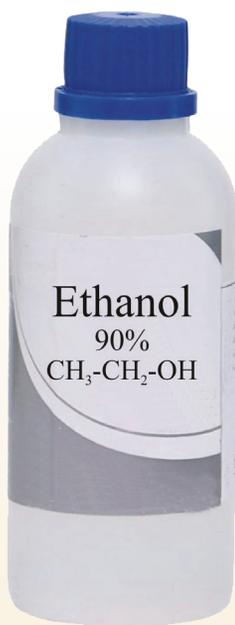
السؤال الرابع: عيّن الخطأ في اسم المركبات الآتية، ثم اكتب الاسم النظامي الصحيح لكل منها:

الاسم النظامي	الصيغة	الاسم	الرقم
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CH} = \text{CHCH}_3 \end{array}$	2-ميثيل-4-هكسين	1
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_3\text{CHCH} = \text{CCH}_3 \end{array}$	4،2-ثنائي ميثيل بنتان	2
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2 - إيثيل - 3 - ميثيل هكسان	3

المجموعات الوظيفية (Functional Groups)

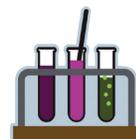


لقد درست الهيدروكربونات التي تتكوّن من عنصري الكربون والهيدروجين فقط، ولكن هناك مركّبات عضوية أخرى تحوي - بالإضافة لهذين العنصرين- بعض العناصر الأخرى، كالأكسجين، والنتروجين، والكبريت، والهالوجينات، فكيف نُصنّف هذه المركّبات؟ وكيف نُسمّيها؟



(3.4): تصنيف المركبات العضوية (Classification of Organic Compounds)

نظراً لوجود عدد كبير من المركبات العضوية، فقد تم تصنيفها إلى مجموعات؛ لتسهيل دراستها، والتعرف إلى خواصها الكيميائية والفيزيائية، ولتتعرف طريقة تصنيف هذه المركبات، نفذ النشاط الآتي:



نشاط (2): تصنيف المركبات العضوية:

ادرس الجدول الآتي، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

رقم المركب	صيغته البنائية
1	 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$
2	 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
3	 $\text{CH}_3\text{CH}_2\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{OH}$
4	 $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$
5	 $\text{CH}_3 - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{CH}_3$

	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{C} - \text{H} \end{array}$	6
	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$	7

كلور كربون أكسجين هيدروجين

1- ما أرقام المركبات التي لا تُصنّف من الهيدروكربونات؟

2- ما أرقام المركبات التي تحتوي مجموعة ($\text{C}=\text{O}$) فقط؟

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

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

5- اقترح تصنيفاً مناسباً للمركبات السابقة.

لعلك توصلت من إجابتك لأسئلة النشاط السابق أنّ المركبات العضوية قد تحتوي على ذرات عناصر أخرى، كالأكسجين، والكلور، بالإضافة إلى عنصري الكربون والهيدروجين. وقد تبين لك أنّ ذرة الأكسجين قد ترتبط بذرة الكربون برابطة تساهمية أحادية أو ثنائية. وما يميّز هذه المركبات بعضها عن بعض، ويُحدد صفاتها الكيميائية والفيزيائية، هو نوع العناصر المكوّنة لها، وكيفية ارتباطها، والتي تُسمّى بالمجموعة الوظيفية.

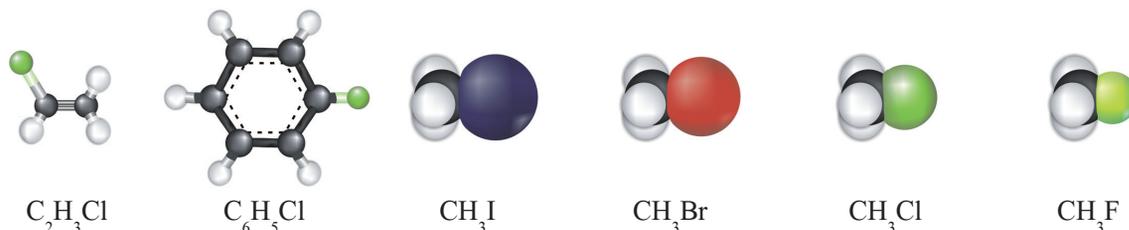
المجموعة الوظيفية: هي ذرة أو مجموعة من الذرات توجد في المركبات العضوية، وهي المسؤولة عن تحديد صفاتها الفيزيائية والكيميائية.



وبناءً على ذلك، تمّ تصنيف المركبات العضوية إلى عدة مجموعات، منها: الهاليدات، والكحولات، والألدهيدات، والكيتونات، والحموض الكربوكسيلية، وغيرها. وسنتعرّف في هذا الفصل إلى بعض المركبات العضوية، وطريقة تسميتها.

4.4: الهاليدات (Halides)

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



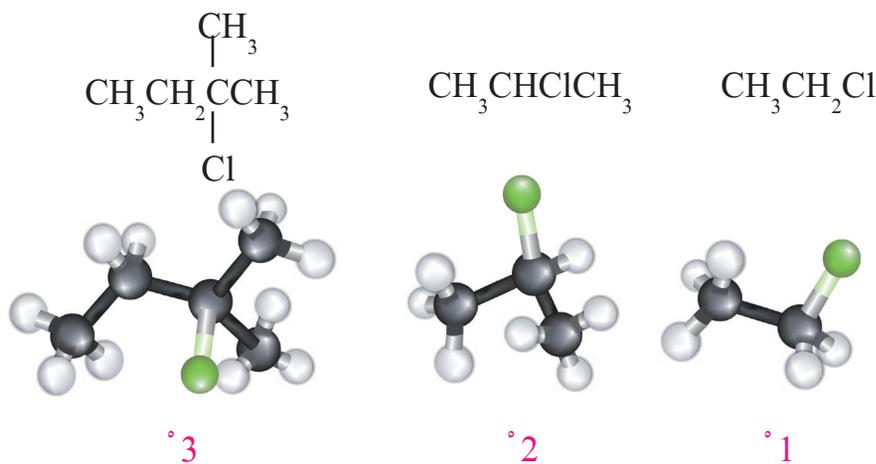
الشكل (1): بعض الهاليدات العضوية

تصنيف هاليدات الألكيل (Classification of Alkyl Halides):

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



تُصنّف هاليدات الألكيل حسب موقع ذرّة الهالوجين على السلسلة الهيدروكربونية إلى كما هو موضح في الصيغ البنائية الآتية:



وبذلك تُصنّف هاليدات الألكيل حسب موقع ذرّة الهالوجين على السلسلة الهيدروكربونية إلى أولية 1 (RCH_2X)، أو ثانوية 2 (R_2CHX)، أو ثالثية 3 (R_3CX). (تمثل X: فلور، كلور، بروج، يود).

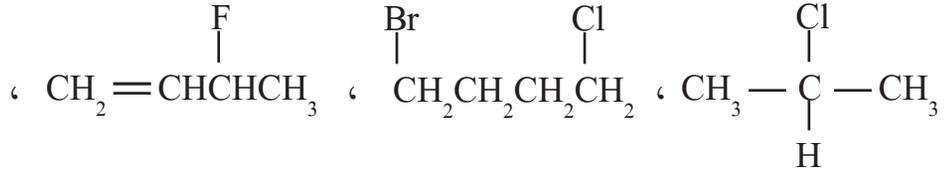
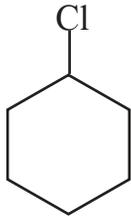
■ تسمية الهاليدات باستخدام نظام الأيوباك (IUPAC):

تُعدّ 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.

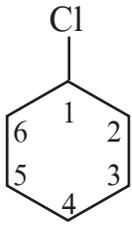


== مثال :

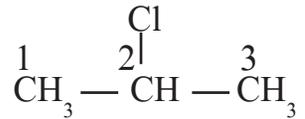
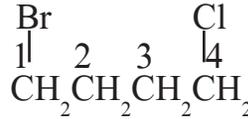
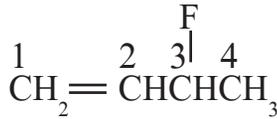
ما الاسم النظامي لكل من الهاليدات الآتية؟



الحل:



باستخدام قواعد تسمية الهاليدات، تكون أسماء المركّبات كما يأتي:



كلورو سايكلو هكسان

3-فلورو-1-بيوتين

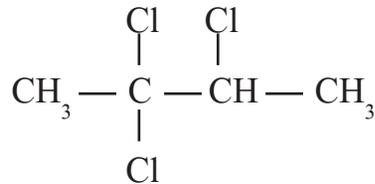
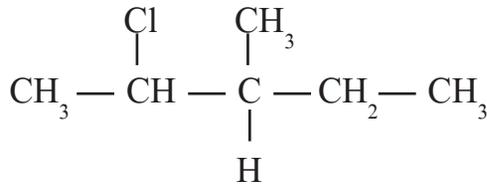
1-برومو-4-كلورو بيوتان

2-كلورو بروبان

سؤال:

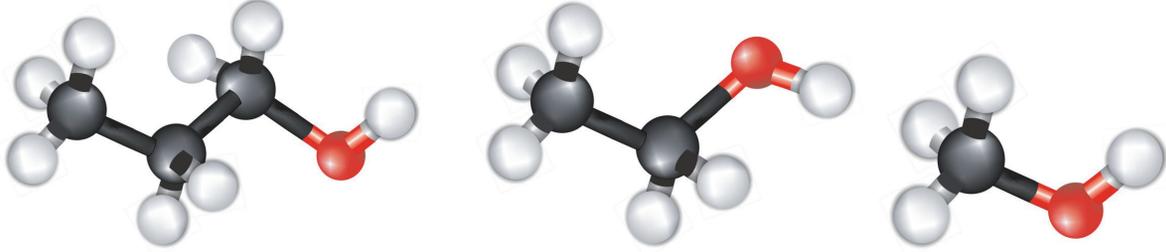


اكتب الاسم النظامي للمركّبين الآتيين:



5.4: الكحولات (Alcohols):

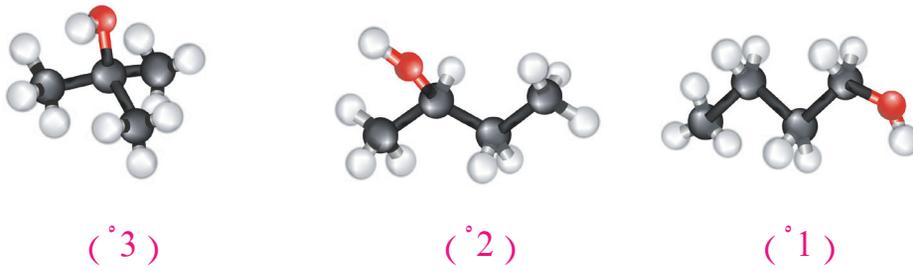
عرف الإنسان الكحولات منذ زمن بعيد، ويُعدُّ الإيثانول من أوائل الكحولات التي تمَّ تحضيرها من تخمُّر السكريات، ويُستخدم الإيثانول حالياً كوقود ومعقِّمٍ طبيّ. ولتتعرف إلى الصّيغة العامة للكحولات، تأمل الصّيغ البنائية الآتية:



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

■ تصنيف الكحولات أحادية الهيدروكسيل (Classification of Alcohols):

تعلمت سابقاً تصنيف هاليدات الألكيل حسب موقع ذرّة الهالوجين على السلسلة الهيدروكربونية، وبالطريقة نفسها، تُصنّف الكحولات أحادية الهيدروكسيل حسب موقع مجموعة الهيدروكسيل على السلسلة الهيدروكربونية إلى أولية 1 (RCH_2OH)، أو ثانوية 2 (R_2CHOH)، أو ثالثة 3 (R_3COH)، كما هو موضّح في الصّيغ البنائية الآتية:



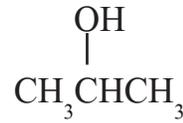
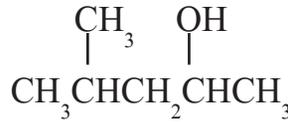
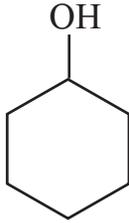
■ تسمية الكحولات باستخدام نظام الأيوباك (IUPAC):

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



مثال:

ما الاسم النظامي لكل من المركبات الآتية؟



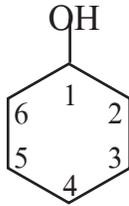
الحل:



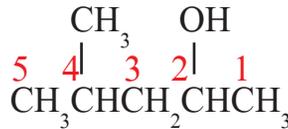
تحتوي بعض الكحولات على أكثر من مجموعة هيدروكسيل، فقد تحتوي على مجموعتين أو ثلاث مجموعات.



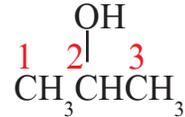
باستخدام قواعد تسمية الكحولات، تكون أسماء المركبات كما يأتي:



سايكلو هكسانول



4-ميثيل-2-بنتانول

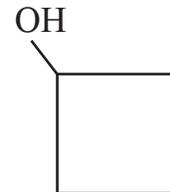
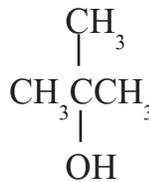
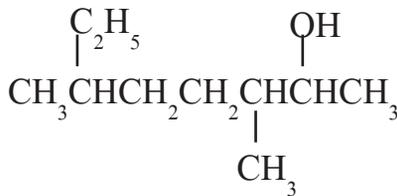


2-بروبانول

سؤال:

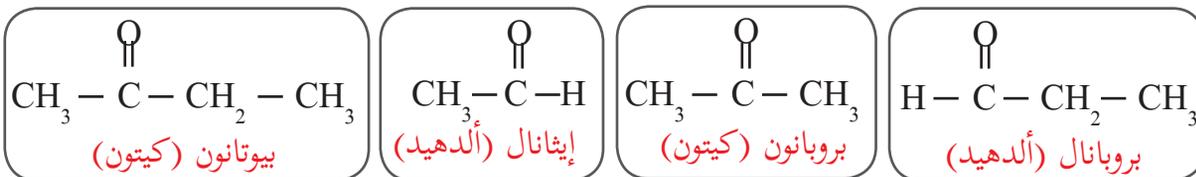


اكتب الاسم النظامي للكحولات الآتية:



6.4: الألدهيدات والكيثونات (Aldehydes and Ketones):

هي مجموعة من المركبات العضوية التي تحتوي على مجموعة الكربونيل (—C(=O)—)، ولتعرّف إلى هذه المركبات، تمعّن صيغ المركبات الآتية، ثم أجب عن الأسئلة التي تليها:



1- استنتج الصيغة العامة لكل من الألدهيدات، والكيثونات.

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

يتبيّن لك من الصيغ السابقة أنّ الصيغة العامة للألدهيدات هي R—C(=O)—H ، بينما الصيغة

العامة للكيثونات هي R—C(=O)—R' ويمكن أن تكون R سلسلة هيدروكربونية مشبعة أو غير مشبعة، وقد تكون حلقة أليفاتية أو أروماتية. قد تكون مجموعتا R و R' في الكيثون متماثلتين أو مختلفتين.

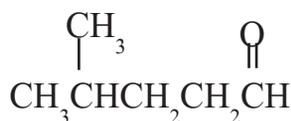
تسمية الألدهيدات والكيثونات باستخدام نظام الأيوباك (IUPAC):

تُسمّى الألدهيدات بخطوات تسمية الألكانات نفسها، ولعلّك قد توصلت إلى أنّه يُضاف المقطع (ال) إلى اسم الألكان المقابل، بينما تُسمّى الكيثونات بالطريقة نفسها، ولكن يُضاف المقطع (ون) إلى اسم الألكان المقابل، على أن يتم ترقيم السلسلة الهيدروكربونية الرئيسة من الطرف الأقرب لمجموعة الكربونيل.

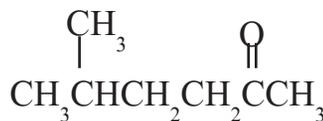


== مثال :

اكتب الاسم النظامي للمركبين الآتيين:



,

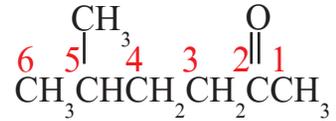


باتباع قواعد التسمية النظامية للألدهيدات والكيونات، يُسمى المركبان السابقان كالآتي:

تأخذ ذرة الكربون في مجموعة الكربونيل في الألدريد رقم واحد دائماً.



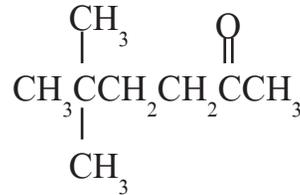
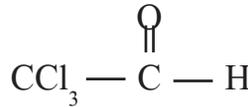
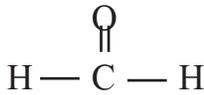
4-ميثيل بنتانال



5-ميثيل-2-هكسانون

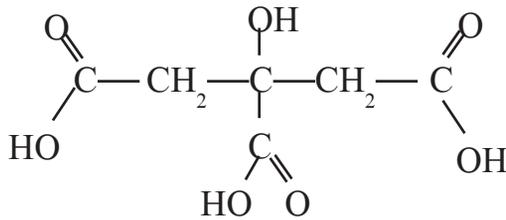
سؤال: 

اكتب الاسم النظامي للمركبات الآتية:

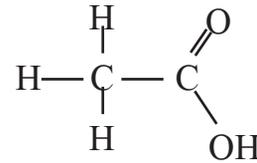


(7.4): الحموض الكربوكسيلية (Carboxylic Acids):

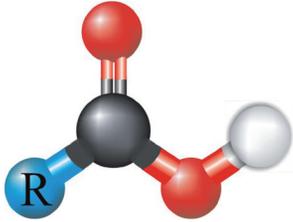
يستخدم الناس كثيراً من المركبات العضوية، كالخل، والليمون، التي تحتوي على مركبات عضوية تُعرف بالحموض الكربوكسيلية، ولتعرّف إلى الحموض الكربوكسيلية الموجودة في الخل والليمون، ادرس الصيغة البنائية لكل منهما.



حمض الستريك (يوجد في الليمون)



حمض الأستيك (يوجد في الخل)



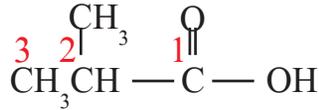
الصيغة العامة للحموض الكربوكسيلية

لعلك لاحظت أنّ الحموض الكربوكسيلية تحتوي على

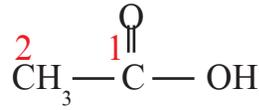
مجموعتي الكربونيل (—C(=O)—) والهيدروكسيل (HO) مرتبطين معاً، وبذلك تكون صيغتها العامة هي RCOOH ، وقد تكون (R) مجموعة ألكيل مشبعة أو غير مشبعة، وقد تكون حلقيّة أو أروماتية.

■ تسمية الحموض الكربوكسيلية باستخدام نظام الأيوباك (IUPAC):

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



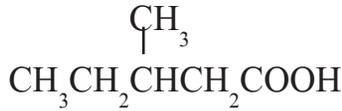
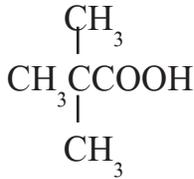
حمض 2-ميثيل بروبانويك



حمض إيثانويك

سؤال:

اكتب الاسم النظامي لكل من الحموض العضوية الآتية:





أختبر نفسي

السؤال الأول: اختر رمز الإجابة الصحيحة في كلِّ ممَّا يأتي:

- 1- أيّ من المجموعات العضويّة الآتية يحتوي على مجموعة كربونيل طرفية؟
أ) الهاليدات. ب) الألدهيدات. ج) الحموض الكربوكسيلية. د) الكيتونات.
- 2- ما العائلة العضوية التي صيغتها العامة RCOOH ؟
أ) كحول. ب) ألدهيد. ج) حمض الكربوكسيلي. د) كيتون.
- 3- أيّ من المركّبات الآتية يُعد من الكيتونات؟
أ) بروبانون. ب) بروبانول. ج) حمض البروبانويك. د) البروبانال.
- 4- أيّ من هاليدات الألكيل الآتية يُصنّف كهاليد ثالثي؟
أ) 3-كلورو بنتان. ب) 2-كلورو-2-ميثيل بيوتان. ج) 2-كلورو بنتان. د) كلورو سايكلو بنتان.
- 5- ما الاسم النّظامي للمركّب $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ ؟
أ) 2-ميثيل بنتان. ب) 4-ميثيل بنتان. ج) 2،2-ثنائي ميثيل بيوتان. د) 2-إيثيل بنتان.
- 6- أيّ من المركّبات الآتية لا تحتوي على مجموعة الكربونيل؟
أ) الألدهيدات. ب) الكيتونات. ج) الحموض الكربوكسيلية. د) الكحولات.
- 7- ما المركب الذي ينتمي للكحولات؟
أ) CH_3OCH_3 . ب) $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$. ج) CH_3COH . د) CH_3COOH

8- ما الاسم النظامي للمركب $(CH_3)_3CCH = CH_2$ ؟

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

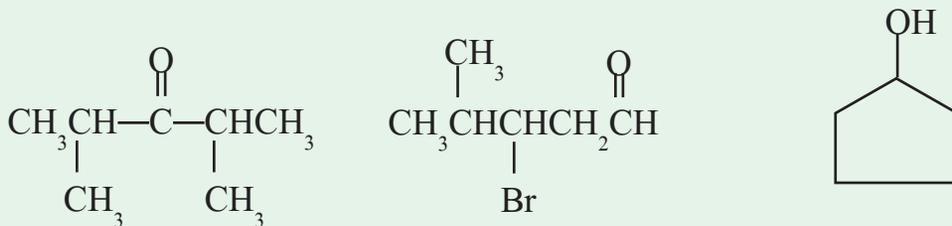
ج) 3،3-ثنائي ميثيل-1-بيوتين. د) 2،2-ثنائي ميثيل-3-بيوتين.

السؤال الثاني: ارسم الصيغة البنائية لكل من المركبات الآتية:

1- 3،2-ثنائي ميثيل هكسانال. 2- 3-ميثيل-2-بيوتانول.

3- 2-كلورو-3-هبتانول. 4- حمض 4،5-ثنائي برومو بنتانويك.

السؤال الثالث: اكتب الاسم النظامي للمركبات العضوية الآتية:



السؤال الرابع: ارسم جميع الصيغ البنائية للألدهيدات والكيونات التي صيغتها

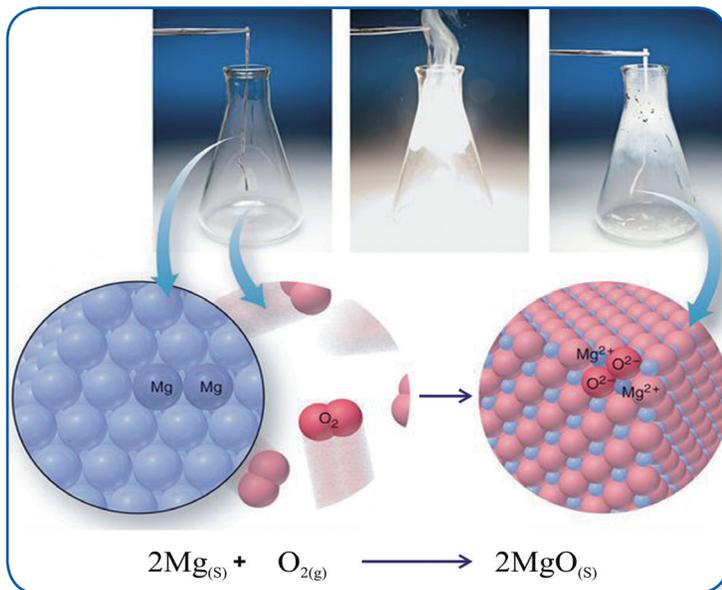
الجزيئية $C_5H_{10}O$ ، ثم اكتب الاسم النظامي لكل منها.

التأكسد والاختزال (Oxidation & Reduction)



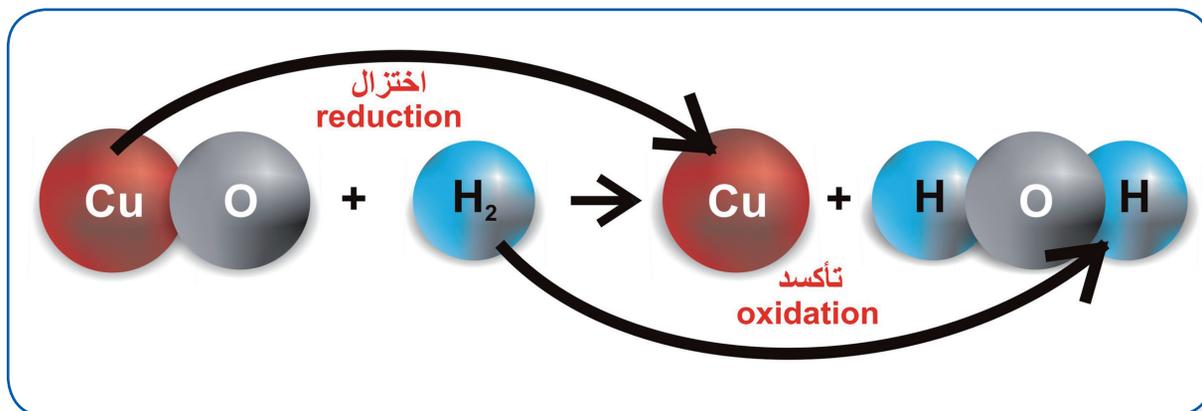
(8.4): مفهوم التأكسد والاختزال (Oxidation-Reduction Concept)

تطوّر مفهوم التأكسد والاختزال تبعاً للتقدم العلمي، وتطوّر نظريات بناء المادة، ففي الوقت الذي تعامل فيه العلماء مع الذرات كوحدة بناء أساسية للمادة (نموذج دالتون)، كانت وجهة النظر القديمة للتأكسد ترى أنها عملية يتم فيها اتحاد عنصر أو مركّب مع الأكسجين، كتفاعل المغنيسيوم مع الأكسجين، كما يُبيّن الشكل (2) الآتي:



الشكل (2): تفاعل تأكسد المغنيسيوم

أما عملية الاختزال، فيتم فيها نزع الأكسجين من مركّباته، كما يُبيّن الشكل (3) الآتي:



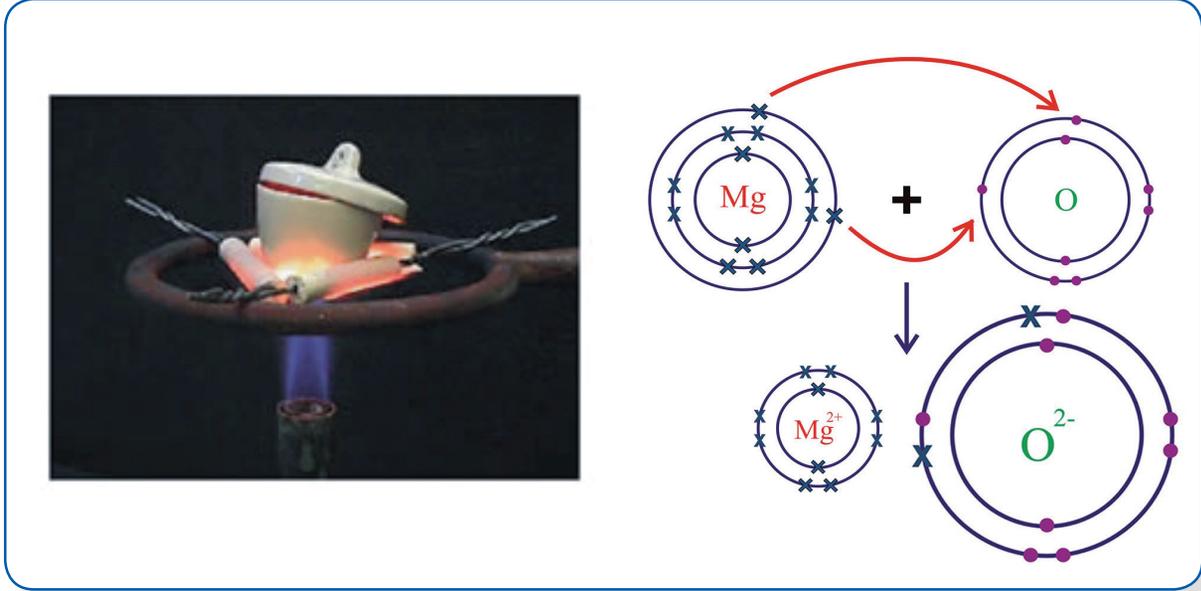
الشكل (3): تفاعل اختزال أكسيد النحاس

وباكتشاف مكونات الذرة، تطوّر مفهوم التأكسد والاختزال. ولتوضيح ذلك، نفضّ النشاط الآتي:



نشاط (3): تطوّر مفهوم التأكسد والاختزال:

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

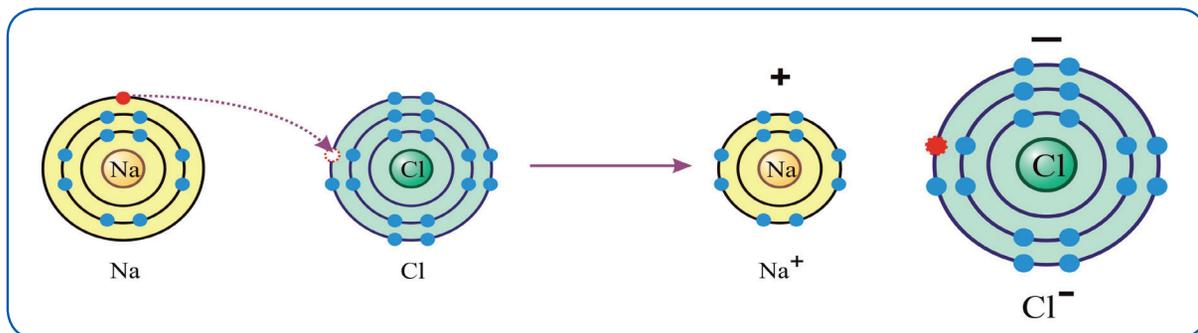


- 1- ما التغيّر الذي حصل على عدد إلكترونات ذرّة المغنيسيوم عند تفاعلها مع ذرّة الأكسجين؟
- 2- ما التغيّر الذي حصل على عدد إلكترونات ذرّة الأكسجين عند تفاعلها مع ذرّة المغنيسيوم؟
- 3- ما العنصر الذي تأكسد في التفاعل؟
- 4- إذا كان التأكسد والاختزال عمليتين متلازمتين. فما العنصر الذي حدث له اختزال؟
- 5- اقترح تعريفاً للتأكسد والاختزال، بناءً على التغيّر في عدد الإلكترونات.

لعلّ أقدم تفاعلات التأكسد والاختزال أجراها الإنسان قبل 7500 سنة في العصر البرونزي، حين استخلص عنصرَي 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 إلكترونات أو أكثر تتأكسد، والمادة التي تكسب إلكترونات أو أكثر تُختزل.

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 اختزلت في التفاعل؟
- 3- اكتب معادلة تُبيّن عمليّة التأكسد (نصف تفاعل تأكسد).
- 4- اكتب معادلة تُبيّن عمليّة الاختزال (نصف تفاعل اختزال).

9.4: أعداد التأكسد (Oxidation Numbers):

الذريّة: هي عدد الإلكترونات التي تفقدها، أو تكسبها، أو تُشارك بها الذرّة عند اتحادها مع ذرّات أخرى لتكوين المركّبات، وتكون دائماً عدداً صحيحاً موجّباً.

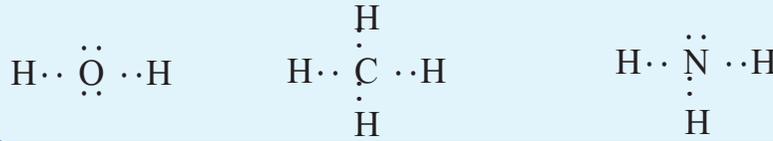


درست سابقاً الذريّة والشحنة، وعلمت أنّ أعداد التأكسد للأيونات في مركّباتها الأيونية تساوي شحنة الأيون مقداراً وإشارةً، فأيون الفلور عدد تأكسده -1، وأيون البوتاسيوم عدد تأكسده +1.

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



نشاط (4): حساب أعداد التأكسد للذرات في المركبات الجزيئية:
 ادرس أشكال لويس الآتية، ثم أجب عن الأسئلة التي تليها:

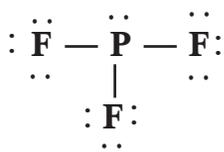


- 1- ما الذرة الأعلى كهروسالبية في كل جزيء؟
- 2- ما عدد إلكترونات التكافؤ لكل ذرة في كل جزيء؟
- 3- على فرض أن إلكترونات الرابطة التساهمية تتبع الذرة الأعلى كهروسالبية، فكم يصبح عدد إلكترونات المدار الأخير في كل ذرة؟
- 4- أكمل الجدول الآتي حسب ما هو مطلوب:

الذرة	كربون	نيتروجين	أكسجين	هيدروجين
عدد إلكترونات التكافؤ	4			
عدد الإلكترونات في كل ذرة على اعتبار إلكترونات الرابطة تتبع الذرة الأعلى كهروسالبية	8			
مقدار الشحنة الظاهرية على كل ذرة	-4			

سؤال: ما عدد تأكسد كل ذرة في الجزيئات السابقة، معتمداً على الشحنة الظاهرية؟
 لعلك لاحظت -بعد تنفيذك للنشاط السابق- أنك حدّدت شحنات افتراضية للذرات في المركبات الجزيئية السابقة، وبناءً على ذلك، حددت أعداد التأكسد لها، وبذلك يُعرّف عدد التأكسد بأنه الشحنة الكهربائية الموجبة أو السالبة على الذرة في المركب، سواء كانت ناتجة من انتقال كلي، أو إزاحة جزئية للإلكترونات.

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



■ قواعد أعداد التأكسد (Rules of Oxidation Numbers):

غالباً ما يتم تتبع تفاعل كيميائي بالنظر إلى التغير في أعداد تأكسد الذرات في المواد المتفاعلة، ولقد تم وضع مجموعة من القواعد التي تُساعدنا في حساب أعداد تأكسد ذرات العناصر، وهي كما يأتي:

1- عدد تأكسد ذرة أي عنصر يساوي صفراً.

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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



== مثال:

احسب عدد تأكسد الكروم (Cr) في داكرومات البوتاسيوم $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

== الحل:

1- نعيّن أعداد تأكسد الذرات في المركب، حسب قواعد أعداد التأكسد:

$+1 = \text{K}$	$\text{Cr} = \text{س}$	$-2 = \text{O}$	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
-----------------	------------------------	-----------------	-----------------------------------

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

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

$$0 = (2 \times +1) + (2 \times \text{س}) + (7 \times -2)$$

$$0 = (2) + 2\text{س} + (-14)$$

$$12 = 2\text{س}$$

$$\text{س} = 6$$



== مثال:

احسب عدد تأكسد الكبريت في أيون الثيوكبريتات $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$.

== الحل:

1- نعيّن أعداد التأكسد للذرات في الأيون حسب قواعد أعداد التأكسد:

$\text{S} = \text{س}$	$-2 = \text{O}$	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$
-----------------------	-----------------	-----------------------------

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

$$-2 = (س \times 2) + (-2 \times 3)$$

ومنه $2س = (+6) + -2 = +4$
إذن $س = +2$

سؤال: احسب عدد تأكسد ذرة الكربون في كل من المركبات الآتية:

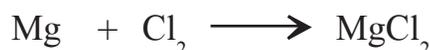


ويُستفاد من معرفة التغيّر في أعداد تأكسد الذرات في تحديد المواد التي تأكسدت والمواد التي اختزلت في التفاعلات، كما في المثال الآتي:



مثال:

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



اعتماداً على التغيّر في أعداد تأكسد الذرات، أجب عما يأتي:

1- حدّد المادة التي تأكسدت، والمادة التي اختزلت.

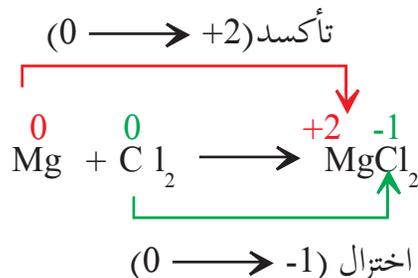
2- اكتب نصف تفاعل التأكسد، ونصف تفاعل الاختزال.

3- حدّد العامل المؤكسد والعامل المختزل.

فالمادة التي تتأكسد، تُسبب اختزالاً لغيرها، وتُسمّى عاملاً مختزلاً، أمّا المادة التي يحدث لها اختزال، تسبب أكسدةً لغيرها، وتُسمّى عاملاً مؤكسداً

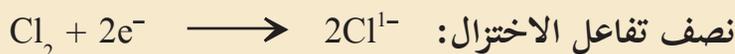
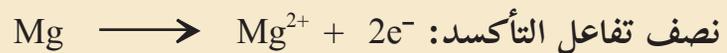
الحل:

1- نُحدّد أعداد التأكسد لكل الذرات في المعادلة الآتية:



نلاحظ من خلال التغيّر في أعداد التأكسد - كما تُشير الأسهم في المعادلة- أنّ عدد تأكسد Mg قد ازداد من (صفر) إلى (+2)، وبذلك حدث للمغنيسيوم Mg تأكسد فهو عامل مختزل، بينما نقص عدد تأكسد Cl من (صفر) إلى (-1)، وبذلك حدث للكlor Cl₂ اختزال فهو عامل مؤكسد.

2- تُكتب أنصاف التفاعلات كما يأتي:



بناءً على ما سبق، يُمكن تلخيص تطوّر مفهوم التأكسد والاختزال كما في الجدول (7) الآتي:

الجدول (7): تطوّر مفهوم التأكسد والاختزال

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

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



سؤال:



يتفاعل أيون الثيوكبريتات S₂O₃²⁻ مع غاز Cl₂ الذي يُعَدّ أحد ملوِّثات الهواء الجوي حسب المعادلة الموزونة الآتية:



1- حدّد المادة التي تأكسدت، والمادة التي اختزلت.

2- حدّد العامل المؤكسد والعامل المختزل.

-1

-2

أختبر نفسي

السؤال الأول: 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، و Cu^{2+} تأكسد. (ب) Zn تأكسد، و Cu^{2+} اختزل.
(ج) Zn^{2+} تأكسد، و Cu اختزل. (د) Zn^{2+} اختزل، و Cu^{2+} تأكسد.

2- كيف تغيّر عدد تأكسد الهيدروجين في التفاعل الآتي:

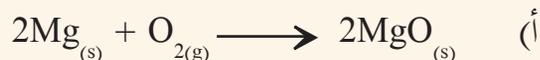


- (أ) من صفر إلى +1 (ب) من صفر إلى -1
(ج) من +2 إلى صفر. (د) من +1 إلى صفر.

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

- (أ) S_8 (ب) SF_6 (ج) H_2SO_3 (د) S^{2-}

4- أيُّ من التفاعلات الآتية لا يُعدُّ من تفاعلات التأكسد والاختزال؟

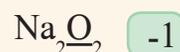
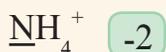
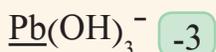


5- أيُّ العبارات الآتية صحيحة فيما يتعلق بالفوسفور (P) إذا تغيّر عدد تأكسده من -3 إلى صفر؟

- (أ) فقد ثلاث إلكترونات، واختزل. (ب) فقد ثلاث إلكترونات، وتأكسد.
(ج) كسب ثلاث إلكترونات، واختزل. (د) كسب ثلاث إلكترونات، وتأكسد.

السؤال الثاني: وضح المقصود بكل من الآتية: عدد التأكسد، والعامل المختزل. 

السؤال الثالث: احسب عدد التأكسد لكل ذرة تحتها خط: 



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



-1 حدّد المادة التي تأكسدت، والمادة التي اختزلت.

-2 حدّد العامل المؤكسد، والعامل المختزل.

السؤال الخامس: علّل ما يأتي: 

-1 تسلك اللافلزّات عند تفاعلها مع الفلزّات كعوامل مؤكسدة.

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

تقييم ذاتي الكيمياء العضوية والتأكسد والاختزال

السؤال الاول: اختر رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

- 1- ما الاسم النظامي للمركب $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ ؟
 أ) 2-ايثيل بنتان ب) 2-ميثيل بنتان ج) 2، 2-ثنائي ميثيل بنتان د) 2،2-ثنائي ميثيل بيوتان
- 2- ما الصيغة الجزيئية للمركب 3، 4-ثنائي ميثيل -1-هبتين؟
 أ) C_8H_{18} ب) C_9H_{20} ج) C_7H_{16} د) C_9H_{18}
- 3- أي من المركبات الآتية لا تحتوي على مجموعة الكربونيل؟
 أ) الكيتونات ب) الحموض الكربوكسيلية ج) الالدهيد د) هاليدات الالكيل
- 4- ما هاليد الالكيل الثالثي من بين الآتية؟
 أ) 2-بروموبروبان ب) 2-برومو-2-ميثيل بروبان ج) 3-بروموبنتان د) 1، 2-ثنائي برومو-3-ميثيل بيوتان
- 5- ما العامل المؤكسد في التفاعل الآتي: $\text{Al(s)} + \text{Cr}_2\text{O}_3(\text{s}) \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}) + \text{Cr(s)}$ ؟
 أ) Al ب) Cr_2O_3 ج) Al_2O_3 د) Cr
- 6- أي التغيرات الآتية تعد مثلاً على التأكسد؟
 أ) $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{+2}$ ب) $\text{S} \rightarrow \text{S}^{-2}$ ج) $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2$ د) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2} \rightarrow 2\text{Cr}^{+2}$
- 7- أي العبارات الآتية صحيحة فيما يتعلق بالفوسفور إذا تغير من (-3) إلى (صفر)؟
 أ) فقد ثلاث إلكترونات ، واختزل. ب) فقد ثلاث إلكترونات، وتأكسد.
 ج) كسب ثلاث إلكترونات، واختزل. د) كسب ثلاث إلكترونات، وتأكسد.
- 8- ما عدد تأكسد الكربون في المركب $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ؟
 أ) +4 ب) -4 ج) +2 د) صفر

السؤال الثاني:

أ) علل:

رقم تأكسد الفلور في مركباته دائماً -1

ب) ما المقصود بكل من؟

1. المجموعة الوظيفية. 2. العامل المختزل.

السؤال الثالث:

أكمل الجدول الآتي الذي يخص المركبات العضوية التي درستها

اسم المجموعة الوظيفية	اسم العائلة التي ينتمي إليها المركب	الاسم حسب نظام الأيوباك	الصيغة البنائية
			$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{CH}_2-\text{C}-\text{CH}=\text{C}-\text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_2\text{CH}_3 \end{array}$
			$\begin{array}{c} \text{Br} \\ \\ \text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CHCH}_3 \\ \\ \text{CH}_2\text{CH}_3 \end{array}$
			$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2\text{OH}$
			$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{CH}_3\text{CHCH}_2-\text{C}-\text{OH} \end{array}$
			$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{CH}_3\text{CCH}_2\text{CH}_2\text{CCH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$