12

بسم الله الرحمن الرحيم

دولة فلسطين

وزارة التربية والتعليم

الكيمياء

الاقتصاد المنزلي

فريق التأليف:

أ. فراس ياسين **(منسقاً)**　　أ. مي أبو عصبة　　أ. منى بدير

قررت وزارة التربية والتعليم في دولة فلسطين

تدريس هذا الكتاب في مدارسها بدءاً من العام الدراسي 2018 / 2019م

الإشراف العام

رئيس لجنة المناهج — د. صبري صيدم

نائب رئيس لجنة المناهج — د. بصري صالح

رئيس مركز المناهج — أ. ثروت زيد

الدائـرة الفنية

الإشراف الفني — كمال فحماوي

التصميم — إنعام الخطيب

التحكيم العلمي — أ.د. حكمت هلال، د. فؤاد الريماوي

التحرير اللغـوي — أ. رائد شريدة

الرسومـــات — أ. سالم سالم

متابعة المحافظات الجنوبية — د. سمية النخالة

الطبعة الثانية

2021م/ 1442هـ

جميع حقوق الطبع محفوظة ©

دولـــة فلـسطين
وزارة التربية والتعليم
مركز المناهج

حي الماصيون، شارع المعاهد
ص. ب 719 - رام الله - فلسطين
pcdc.edu.ps | pcdc.mohe@gmail.com

moehe.gov.ps | mohe.pna.ps | mohe.ps
.com/MinistryOfEducationWzartAltrbytWaltlym
فاكس +970-2-2983250 هاتف +970-2-2983280

تقديم

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

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

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

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

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

وزارة التربية والتعليم

مركز المناهج الفلسطينية

آب / 2018م

مقدمة

تحرص وزارة التربية والتعليم الفلسطينية، على مواكبة التطورات العلمية، والمعرفية، والتكنولوجية المتسارعة في مختلف المجالات، ومن أجل النهوض بالعملية التعليمية التعلّمية عملت على تطوير المناهج التعليمية وتحديثها؛ ولذلك حرصنا خلال تأليف كتاب الكيمياء للصف الثاني عشر/ فرع الاقتصاد المنزلي على اعتماد الأنشطة التفاعلية، والعملية، والاستدلالية؛ لتنسجم ودور الكيمياء في الحياة، ولإتاحة الفرصة للطلبة للتفاعل مع المادة، وممارسة عمليات التعلم المختلفة كالملاحظة، والتصنيف، والقياس، والتجريب، والاستنتاج، وتفسير الظواهر والمشاهدات المختلفة.

ولقد راعينا عرض موضوعات الكتاب بطريقة متسلسلة ومترابطة أفقيّاً وعموديّاً، وبما يخدم طلبة هذا التخصص في حياتهم المهنية، ودراستهم المستقبلية، حيث اشتمل الكتاب على الوحدات الآتية:

الوحدة الأولى: (سرعة التفاعل والاتزان الكيميائي) التي تشتمل على فصلين: يتناول الفصل الأول سرعة التفاعل، والعوامل المؤثرة فيها، في حين يتناول الفصل الثاني الاتزان الكيميائي.

الوحدة الثانية: (الحموض والقواعد) التي تبيّن تطور مفهومي الحمض والقاعدة، والخصائص الحمضيّة أو القاعدية لمحاليل المركبات المختلفة، وتمييز الحموض والقواعد القوية والضعيفة والحسابات المرتبطة بهما.

الوحدة الثالثة: (الكيمياء العضوية) تركّز هذه الوحدة على الخواص الكيميائية لبعض المجموعات الوظيفية التي درسها الطلبة في الصف الحادي عشر، علاوة على بعض طرق تحضيرها والتمييز بينها.

الوحدة الرابعة: (الكيمياء في حياتنا): تأتي هذه الوحدة لتبيّن للطالب أنه يعيش في عالم كله كيمياء، فمأكله، وملبسه، ودواؤه، وكل محيطه من المواد، وأنزيماته وهرموناته ما هي إلا مواد، ومركبات، ومصنعات كيميائية.

وتنبع فلسفة الكتاب من أهمية إكساب الطلبة منهجيّة علميّة في التفكير، والعمل، وتنمية المهارات العقليّة العليا التي تعتمد على التّحليل والاستقصاء، من خلال إجراء الأنشطة والتجارب، وقراءة الصّور، وتحليل الجداول والرسومات البيانيّة، وإكسابهم مهارات حياتيّة، أبرزها: التفكير الناقد، وحل المشكلات، والاتّصال والتواصل، والوعي البيئي والذاتي، واتّخاذ القرار؛ وأيضاً إكسابهم مهارات تكنولوجيّة، باستخدام برامج وتطبيقاتٍ، كالبرامج التفاعليّة، ورموز (QR-codes).

ولقد ختمنا كل وحدة دراسية بمواضيع علمية ثقافية، تبيّن الجزء اليسير من الأهمية الحياتية لعلم الكيمياء تحت عنوان (الكيمياء والتكنولوجيا والمجتمع)، وانطلاقًا من رغبتنا الأكيدة في أن يكون هذا الكتاب على الصورة الفُضلى، فإننا نأمل من المشرفين التربويين، والمعلمين، والمجتمع المحلي تزويدنا بملحوظاتهم القيّمة؛ حتى يتسنى لنا تطوير هذا الكتاب وتحسينه.

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

والله ولي التوفيق

فريق التأليف

المحتويات

1 الوحدة الأولى: سرعة التفاعل والاتزان الكيميائي (Reaction Rate and Chemical Equilibrium)

■ الفصل الأول: سرعة التفاعل 4
(1.1.1): مفهوم معدّل سرعة التفاعل 5
(2.1.1): نظريّة التصادم 10
(3.1.1): العوامل المُؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي 12
أسئلة الفصل 17

■ الفصل الثاني: الاتزان الكيميائي 19
(1.2.1): مفهوم الاتزان الكيميائي 20
(2.2.1): ثابت الاتزان 23
(3.2.1): العوامل المؤثرة في الاتزان الكيميائي 25
(4.2.1): حسابات الاتزان الكيميائي 30
أسئلة الفصل 35
أسئلة الوحدة 37

2 الوحدة الثانية: الحموض والقواعد (Acids and Bases)

(1.2): الخواص العامة للحموض والقواعد 42
(2.2): تطوّر مفهومي الحمض والقاعدة 43
(3.2): التأين الذاتي للماء والرقم الهيدروجيني 47
(4.2): الحموض والقواعد الضعيفة 52
(5.2): الخواص الحمضية والقاعدية لمحاليل الأملاح 57
أسئلة الوحدة 60

3 الوحدة الثالثة: الكيمياء العضوية (Organic Chemistry)

(1.3): المركّبات العضوية 64
(2.3): هاليدات الألكيل 65
(3.3): الكحولات 68
(4.3): الألدهيدات والكيتونات 74
(5.3): الحموض الكربوكسيلية 77
أسئلة الوحدة 81

4 الوحدة الرابعة: الكيمياء في حياتنا (Chemistry in our life)

(1.4): الكيمياء والغذاء 86
(1.1.4): الغذاء والطاقة 87
(2.1.4): الغذاء والبناء 96
(3.1.4): الغذاء والوقاية 99
(4.1.4): المُضافات الغذائيّة 104
(2.4): الكيمياء والدواء 107
(1.2.4): مُطهّرات الأنسجة الحيّة 107
(2.2.4): مراهم الحروق 108
(3.2.4): المضادات الحيويّة 109
(4.2.4): المُسكّنات، وخافضات الحرارة 109
(5.2.4): محاليل طبية بديلة في صيدلية المنزل 110
(3.4): الكيمياء والألياف النسيجيّة والأصباغ 111
(1.3.4): تصنيف الألياف 111
(2.3.4): صبغ الألياف وتلوينها 116
أسئلة الوحدة 119

الوحدة الأولى 1

سرعة التفاعل والاتزان الكيميائي

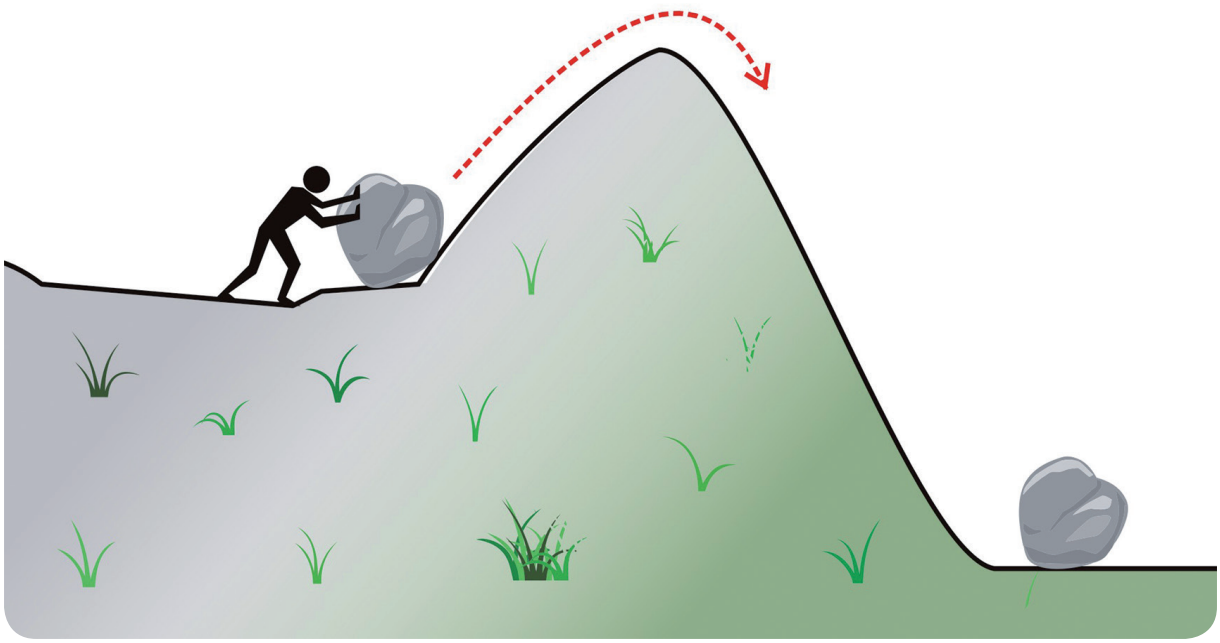
(Reaction Rate and Chemical Equilibrium)

تأمّلْ ثُم فكّرْ:

تضاف المواد الحافظة إلى المواد الغذائية المعلّبة، ويُنصح بضرورة استهلاك المعلّبات خلال فترة زمنية قصيرة من فتحها.

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

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



الفصل الأول

1 سرعة التفاعل (Reaction Rate)

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

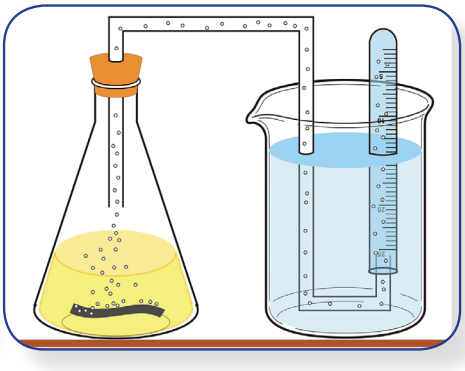
(1.1.1): مفهوم معدّل سرعة التفاعل:

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

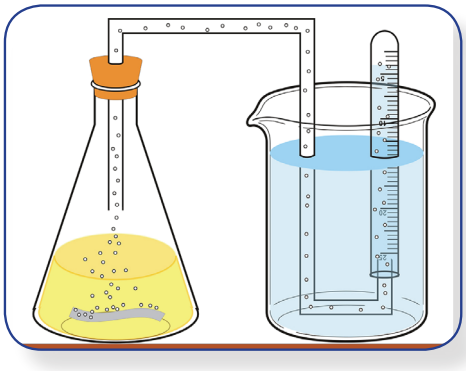
نشاط (1): مفهوم معدّل سرعة التفاعل:

يبيّن الجدول الآتي حجم غاز الهيدروجين H_2 الناتج من تفاعل شريط من المغنيسيوم Mg مع محلول حمض الهيدروكلوريك HCl بتركيز معيّن مع مرور الزمن. ادرس الجدول، ثمّ أجب عن الأسئلة التي تليه:

الزمن بالدقيقة	حجم الغاز الناتج (H_2) بـ ($سم^3$)
0	0
1	15
2	20
3	23
4	24



عند بدء التفاعل



بعد فترة من الزمن

الأسئلة:

1. اكتب معادلة كيميائية موزونة تمثّل التفاعل بين محلول حمض الهيدروكلوريك والمغنيسيوم.
2. ارسم بيانياً منحنى يمثّل حجم غاز الهيدروجين مقابل الزمن.
3. أكمل الجدول الآتي بناءً على البيانات المرصودة في النشاط.

الفترة الزمنية (دقيقة)	التغير في حجم الغاز الناتج Δ ح = ح$_2$ − ح$_1$	التغير في الحجم ÷ التغير في الزمن (ح$_2$ − ح$_1$) ÷ (ز$_2$ − ز$_1$)
صفر - 1		
2 - 1		
3 - 2		
4 - 3		

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

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

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

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

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

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

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

مثال (1):

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

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

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

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

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

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

3 - قارن بين الإجابتين، ماذا تستنتج؟

الحل:

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

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

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

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

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

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

مثال (2):

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

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

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

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

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

4 - ماذا تتوقّع أنْ يكون معدّل سرعة تكوّن C ؟

الحل:

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

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

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

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

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

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

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

تُكتب العَلاقة بين معدّل سرعات التفاعل للمواد المختلفة كما يأتي:

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

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

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

مثال (3):

تتفاعل الأمونيا مع الأكسجين حسب المعادلة الموزونة الآتية:

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

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

1. معدّل استهلاك NH_3.
2. معدّل تكوّن H_2O.
3. معدّل سرعة التفاعل.

الحل:

من خلال معادلة التفاعل الموزونة، نلاحظ أنّ:

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

$$\frac{1}{4}\frac{\Delta[NH_3]}{\Delta ز} = \frac{1}{4}\frac{\Delta[NO]}{\Delta ز}$$

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

2. $$\frac{1}{4}\frac{\Delta[NO]}{\Delta ز} = \frac{1}{6}\frac{\Delta[H_2O]}{\Delta ز}$$

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

③ **معدّل سرعة التفاعل =**

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

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

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

■ **سؤال:**

يتفاعل غاز الإيثيلين مع الأكسجين حسب المعادلة الموزونة الآتية:

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

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

1- معدّل سرعة استهلاك O_2 2 - معدّل سرعة تكوّن H_2O 3 - معدّل سرعة التفاعل.

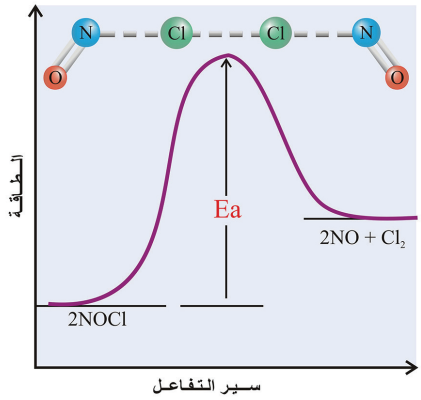
(2.1.1): نظريّة التصادم (Collision Theory):

ظهرت عدة نظريات حاولت تفسير آلية حدوث التفاعل الكيميائي، وتُعد نظرية التصادم من أهم تلك النظريات وأكثرها نجاحاً، والتي تنص على ضرورة حدوث تصادم بين دقائق المواد المتفاعلة بعضها مع بعض، كشرط أساسي لحدوث التفاعل. ولكن هل كل تصادم يؤدي إلى تكوين نواتج؟

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

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

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



2 - أن يَكون اتجاه التصادم مناسباً لإعطاء النواتج.

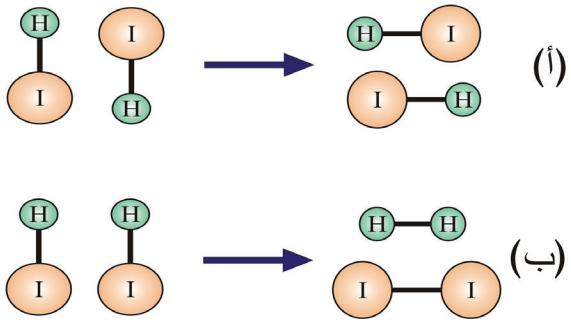
ولتتعرف أهمية الاتجاه المناسب للتصادم لتكوين النواتج المطلوبة، ادرس المثال الآتي:

مثال:

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

$$2HI \longrightarrow H_2 + I_2$$

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



الحل:

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

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

تحتاج كثير من التَطبيقات الحيَاتية، والصناعات الكيميائية إلى التَحكم بسرعة التفاعلات الكيميائية؛ لضمان وضبط جودة المنتجات وكمياتها، فما أهم العوامل التي تتحكم بسرعة التفاعلات الكيميائية؟

أولاً: تركيز المواد المتفاعلة:

قد يتبادر إلى ذهنك عدة فرضيات حول أثر تركيز المواد المتفاعلة على سرعة التفاعل، اكتبها.

ولإثبات صحة إحدى هذه الفرضيات نفِّذ النشاط الآتي:

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

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

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.

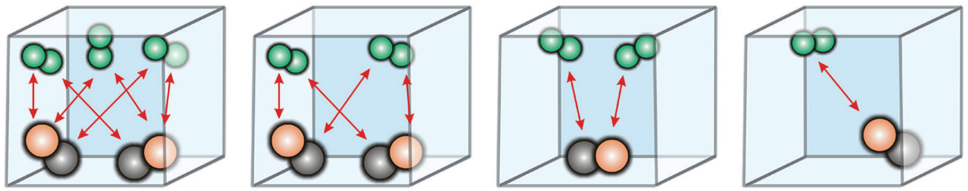
5 - سجّل الوقت الذي سيستغرقه التفاعل من لحظة إضافة ثيوكبريتات الصوديوم إلى اللحظة التي يَصْعُبْ فيها رؤية إشارة X على الورقة.

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

الأسئلة:

1. في أيّ الحالتين كان اختفاء الإشارة X أسرع؟
2. ما أثر التركيز على سرعة التفاعل؟

ولتفسير أثر تركيز المواد المتفاعلة على سرعة التفاعل الكيميائي، تأمل الشكل (1-1) الآتي، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:



الشكل (1-1): تمثيل لعدد التصادمات المحتملة بين الجزيئات

1 - ما عدد التصادمات المحتملة بين الجزيئات في كل شكل من الأشكال السَابقة؟

2 - ما العلاقة بين عدد الجزيئات المتفاعلة، وعدد التصادمات؟

3 - اعتماداً على نظرية التصادم، فسّر أثر تركيز المواد المتفاعلة على سرعة التفاعل.

لعلك تُلاحظ من الشكل(1-1) السابق، أنّ هناك تناسباً طردياً بين عدد الجزيئات المتفاعلة وعدد التصادمات المحتملة بينها، وهذا يزيد من سرعة التفاعل الكيميائي.

ثانياً: مساحة سطح المواد المتفاعلة: تحترق نشارة الخشب بسرعة أكبر من احتراق قطعة خشب لها الكتلة نفسها. صمّم تجربة تُوضّح فيها أثر مَساحة سطح المواد المتفاعلة على سُرعة التفاعل.

ثالثاً: درجة الحرارة: لعلك تساءلت يوماً عن سبب وضع تعليمات خاصة بتخزين معظم الأدوية، وكثير من المواد الغذائية في مدى معيّن من درجة الحرارة، ولتتَعرّف إلى ذلك، نفّذ النشاط الآتي:

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

المواد والأدوات: مسحوق مغنيسيوم، وماء بارد، وماء ساخن، وكأسان زجاجيان سعة كلّ منهما 200 مل، ومخبار مدرّج سعته 100 مل، وميزان حسّاس.

خطوات العمل:

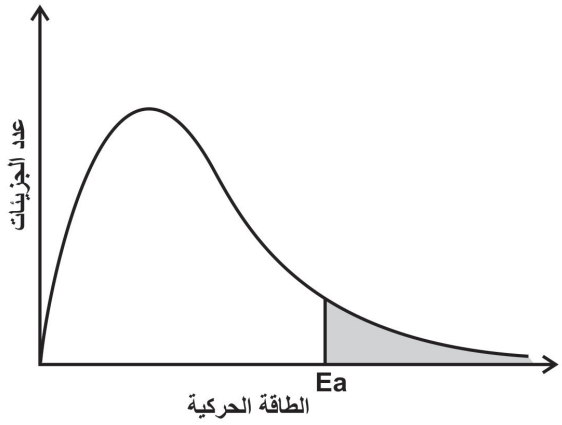
1 - ضَع 50 مل من الماء البارد في الكأس الأول، و50 مل من الماء الساخن في الكأس الثاني.

2 - ضع في الوقت نفسه 0.1 غم من مسحوق المغنيسيوم إلى كلّ كأس.

أيهما أسرع تفاعلاً، تفاعل مسحوق المغنيسيوم مع الماء البارد، أم مع الماء الساخن؟

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

تتشابه المواد المختلفة في توزيع الطاقة الحركية لدقائقها عند درجة حرارة معينة كما هو موضّح في الشكل (1-2) المجاور الذي يُسمّى توزيع ماكسويل - بولتزمان.



الشكل (1-2): توزيع ماكسويل – بولتزمان للطاقة الحركية

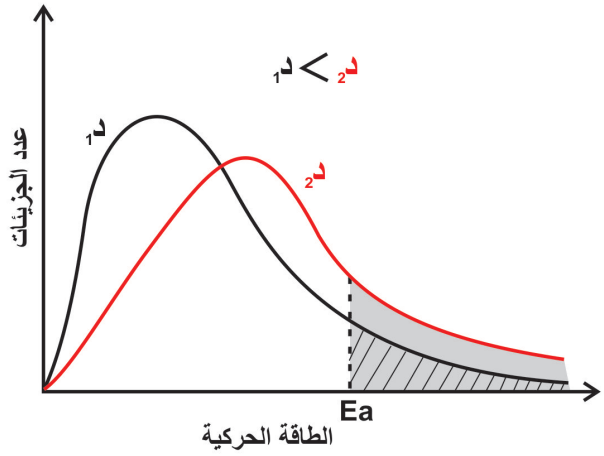
ومن خلال الشكل (1-2) نلاحظ أن جميع الجزيئات لا تمتلك الطاقة الحركية نفسها عند درجة الحرارة نفسها، فبعضها يمتلك طاقة حركية أعلى، وبعضها الآخر طاقة حركية أقل، وعند زيادة درجة الحرارة يتأثر توزيع الطاقة الحركية للجزيئات كما في الشكل (1-3) الآتي:

تأمل الشكل (1-3)، ثمَّ أجب عن الأسئلة الآتية:

1 - هل تتغيّر قيمة طاقة التنشيط للتفاعل نفسه، عند رفع درجة الحرارة؟

2 - ماذا يحدث لعدد الجزيئات التي تمتلك طاقة التنشيط عند زيادة درجة الحرارة؟

3 - اعتماداً على نظرية التصادم، فسِّر أثر درجة الحرارة على سرعة التفاعل.



الشكل (1-3): توزيع الطاقة الحركية للجزيئات على درجتَي حرارة مختلفتين (د$_2$ > د$_1$)

رابعاً: الحفّازات (العوامل المساعدة):

تعلمّت أنّ سرعة التفاعل تزداد بزيادة درجة الحرارة، لكنْ قد لا يكون رفع درجة الحرارة هي الطريقة الفُضلى لزيادة سرعة بعض التفاعلات؛ فمثلاً:

نحتاج لزيادة سرعة تأكسد السكر إلى رفع درجة الحرارة، فكيف يتأكسد السكر في جسم الإنسان بسرعة مناسبة على درجة حرارة الجسم 37 °س؟

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

يـتأكسد السـكر في جسـم الإنسـان بتحفيز من أنزيمات خاصـة بـه، ومـا الأنزيمـات إلا أمثلـة على دور الحفّازات في زيادة سرعة التفاعلات الكيميائية.

ولتتعـرّف إلـى أثـر الحفّـاز علـى زيـادة سـرعة التفاعـل عمليّـاً، نفِّـذ النشـاط الآتـي:

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

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

المواد والأدوات: محلول فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 بتركيز 6%، ومسحوق ثاني أكسيد المنغنيز MnO_2، ودورقان مخروطيان 250 مل، ومخبار مدرّج، وملعقة صغيرة، وميزان حسّاس، وورق ترشيح، وقُمع زجاجي، وكأس زجاجي سعته 250 مل.

خطوات العمل:

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

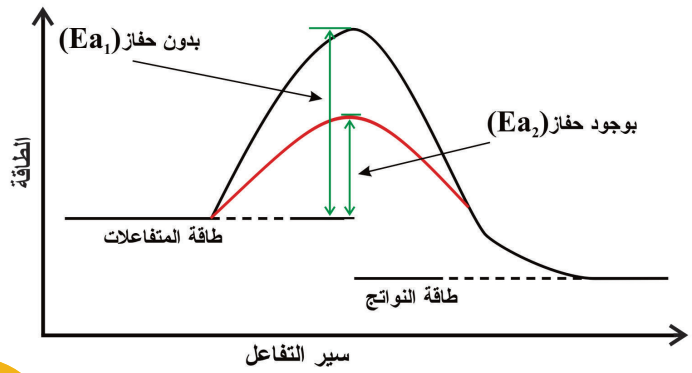
2 - أضف 2 غم من مسحوق MnO_2 إلى الدورق الثاني.

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

الأسئلة:

1. ما الدليل على تفكُّك H_2O_2؟
2. في أيّ الدورقين كان تفكُّك فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 أسرع؟ لماذا؟

يُقدم الحفّاز مساراً جديداً للتفاعل بطاقة تنشيط أقل كما هو موضّح في الشكل (1-4) الآتي، ما يؤدي إلى زيادة عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة التنشيط، فيزيد من عدد احتمالات التصادمات الفعّالة التي تؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل الكيميائي.



الشكل (1-4): أثر الحفاز على سرعة التفاعل

يُستخدم النيكل أو البلاتين كعامل مساعد في هدرجة الزيوت النباتية غير المشبعة، وتحويلها إلى دهون صلبة، أو سائلة سائغة الطعم.

مشروعي:

تَفرض الدول على الشركات المُنتجة للسيارات بضرورة إدخال إضافات إلى عوادم السيارات؛ للتقليل من أثر الملوّثات الناتجة عن احتراق الوقود في محركاتها، اكتب بحثاً عن تلك الإضافات، وبيّن دورها في الحد من التلوّث البيئي.

اختر الطريقة المناسبة لعرض نتائج بحثك، وارفقه بملف إنجازك.

بإمكانك الاطّلاع على محتوى الرمز والرابط الآتيين لتتعرّف إلى معايير تقييم أدائك:

https://goo.gl/hHNJMU

أسئلة الفصل

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

1 ما مُعدّل سُرعة إنتاج NO_2F في التفاعل الآتي: $2NO_2 + F_2 \longrightarrow 2NO_2F$، إذا كان مُعدّل سُرعة استهلاك $F_2 = 0.2$ مول/لتر.ث؟

أ) 0.1 ب) 0.2 جـ) 0.4 د) 0.6

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

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

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

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

3 ما سبب زيادة معدّل السرعة عند رفع درجة الحرارة؟

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

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

4 ما أثر العامل المساعد على التفاعل الكيميائي؟

أ) تقليل طاقة التنشيط للتفاعل. ب) زيادة تركيز المتفاعلات.

جـ) زيادة درجة حرارة النظام. د) زيادة طاقة التنشيط للتفاعل.

السُّؤال الثّاني: وضّح المقصود بالمفاهيم الآتية:

معدّل سرعة التفاعل، والحفّازات، والتصادم الفعّال.

السُّؤال الثّالث:

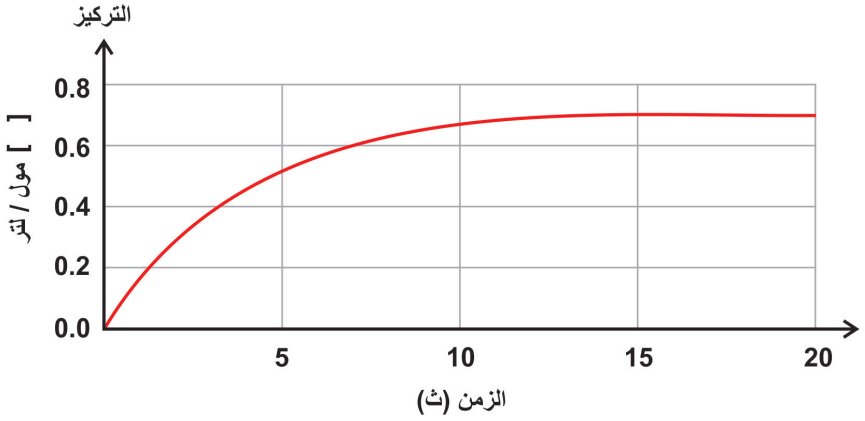
إذا تغيّر تركيز (N_2O_5) من 2.33 إلى 2.08 مول/لتر خلال 184 دقيقة في التفاعل الآتي:

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

1. احسب معدّل استهلاك (N_2O_5).
2. احسب معدّل تكوّن (NO_2).
3. احسب معدّل سرعة التفاعل.

السؤال الرابع:

يبيّن الشكل أدناه تغيُّر تركيز إحدى مواد تفاعل افتراضي مع الزمن:



1. هل يمثّل المنحنى مادة متفاعلة أم ناتجة؟ فسِّر إجابتك.
2. حدّد الزمن الذي توقّف عنده التفاعل.

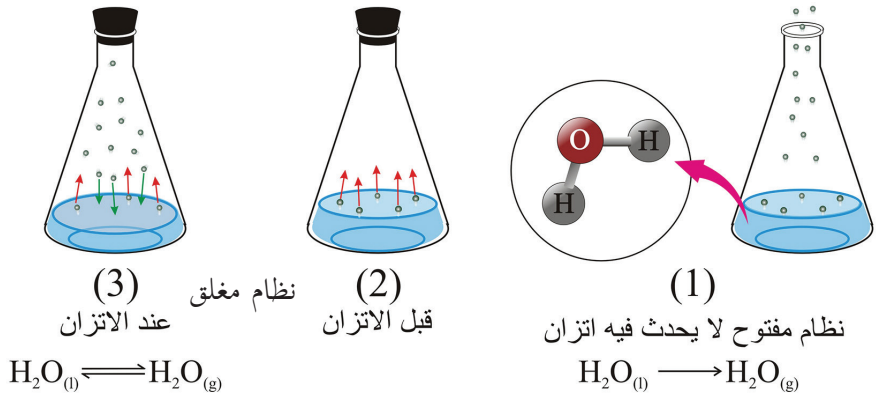
الفصل الثاني

2 الاتزان الكيميائي (Chemical Equilibrium)

ترتبط ديمومة الحياة على كوكبنا ارتباطاً وثيقاً باتزان دقيق بين مكوناته المختلفة، فدورة الماء والأكسجين ما هي إلا أمثلة على هذا الاتزان الذي له أشكال متعددة كالاتزان الحراري، والبيولوجي، فما مفهوم الاتزان؟ وهل يَحدُث في جميع التفاعلات الكيميائية، أم أنّ جميعها تسير في اتجاه تكوين المواد الناتجة؟ وهل يُمكن للمواد الناتجة أن تُعطيَ من جديد المواد المتفاعلة في التفاعل نفسه؟ هذه التساؤلات وغيرها ستتمكن من الإجابة عنها بعد دراستك هذا الفصل.

(1.2.1): مفهوم الاتزان الكيميائي:

لعلّك لاحظت بعض الظواهر التي يحدث فيها اتزان بين مكونات النظام، كالاتزان بين الكميّة المذابة والكميّة المُترسبة في المحاليل المشبعة عند درجة حرارة معيّنة، وكذلك اتزان الماء السائل مع بخاره في نظام مغلق، كما هو موضّح في الشكل (1-5) الآتي:



الشكل (1-5): اتزان الماء السائل مع بخاره في نظام مغلق

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

مواد ناتجة ⟵ مواد متفاعلة.

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

مواد ناتجة ⟵ (تفاعل أمامي / تفاعل عكسي) ⟶ مواد متفاعلة.

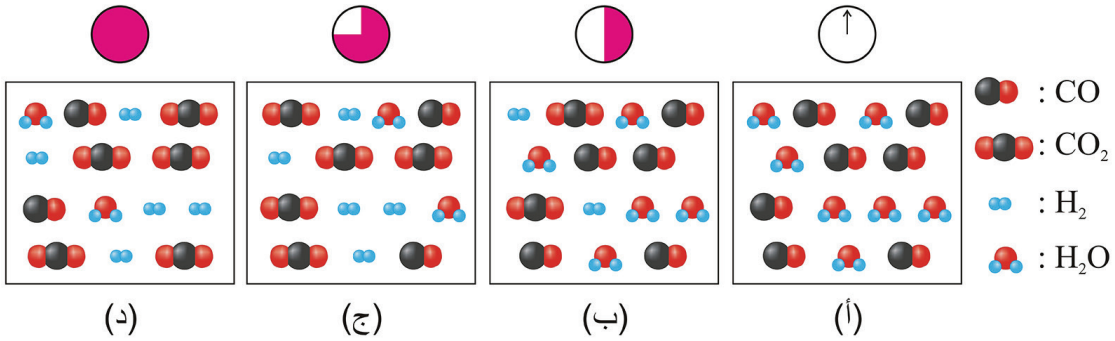
التفاعل الأمامي يؤدي إلى تكوين المواد الناتجة، أما التفاعل العكسي فيؤدي إلى تكوين المواد المتفاعلة.

ولتتعرّف إلى مفهوم الاتزان الكيميائي، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط (1): مفهوم الاتزان الكيميائي:

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

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



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

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

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

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

4 - ماذا تتوقع أن تكون العَلاقة بين سرعة التفاعل الأمامي، وسرعة التفاعل العكسي عند الاتزان؟

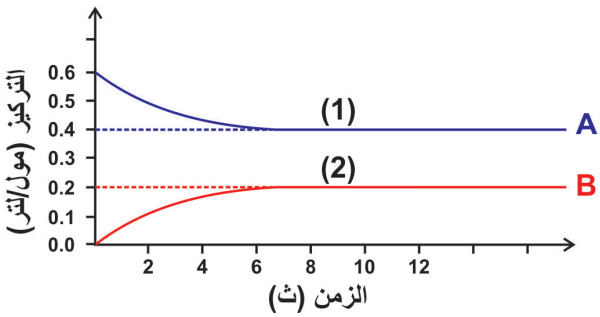
لعلّك لاحظت - من خلال إجابتك عن أسئلة النشاط السابق - ثبات عدد جزيئات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عند حالة الاتزان؛ وذلك لتساوي سُرعتَي التفاعلين الأمامي والعكسي، علماً أنّ التفاعل لم يتوقف مع مرور الزمن، بل يستمر في الاتجاهين، وهذا ما يُعرف **بالاتزان الكيميائي** الذي يُعَدّ أحد أشكال الاتزان الديناميكي.

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

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

مثال:

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



1 - عبِّر عن التفاعل بمعادلة كيميائية.

2 - ما رقم المنحنى الذي يمثّل تغيّر تركيز المواد المتفاعلة؟

3 - ما رقم المنحنى الذي يمثّل تغيّر تركيز المواد الناتجة؟

4 - ما تركيز المواد المتفاعلة، والمواد الناتجة عند حالة الاتزان؟

5 - ما الزمن الذي وصل عنده التفاعل إلى حالة الاتزان؟

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

الحل:

1 - يمثّل الشكل السابق تغيُّر التراكيز لتفاعل منعكس؛ لأنّ تراكيز المواد المتفاعلة لم تُستهلكْ بالكامل مع مرور الزمن، وعليه فإن معادلة التفاعل هي: $A \rightleftharpoons B$

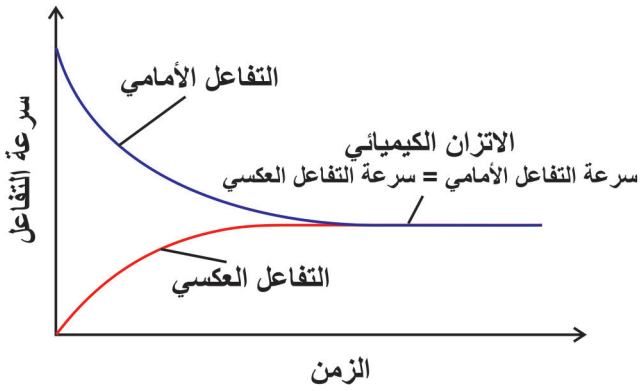
2 - رقم المنحنى الذي يمثّل تغيّر تركيز المواد المتفاعلة مع الزمن هو (1).

3 - رقم المنحنى الذي يمثّل تغيّر تركيز المواد الناتجة مع الزمن هو (2).

4 - من خلال الشكل، نلاحظ أن تركيز المواد المتفاعلة يثبت عند 0.4 مول/لتر، وتركيز المواد الناتجة يثبت عند 0.2 مول/لتر.

5 - يصل التفاعل إلى حالة اتزان بعد حوالي 6 ث من بداية التفاعل.

6 - الرسم البياني الذي يمثّل التغيُّر الذي يطرأ على سرعتَي التفاعل الأمامي والعكسي هو:



(2.2.1): ثابت الاتزان (Equilibrium Constant):

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

نشاط (2): العَلاقة الرياضيّة بين تراكيز مكونات التفاعل عند الاتزان:

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

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

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

1 - أكمل الجدول أعلاه بالتعويض في العلاقتين.

2 - أيُّ العَلاقتين لها قيمة ثابتة في جميع التجارب؟

لعلّك توصلّت إلى أنّ إحدى العَلاقتين بقيت قيمتها ثابتة في جميع التجارب عند درجة حرارة معينة، وتُعرف هذه العَلاقة **بصيغة ثابت الاتزان، ويُرمز لها بالرمز (K_c)**.

وبشكل عام، إذا عبّرنا عن التفاعل المُتّزن بالمعادلة الافتراضية الموزونة الآتية:

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

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

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

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

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

الجدول (1-1): صيغة ثابت الاتزان لبعض التفاعلات المُتزنة

الرقم	معادلة التفاعل الموزونة	صيغة ثابت الاتزان K_c
-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	$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$	$\frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3\times[N_2]}$

تأمل صيغة ثابت الاتزان K_C في الجدول السابق، ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

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

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

■ **سؤال:**

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

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

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

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

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

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

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

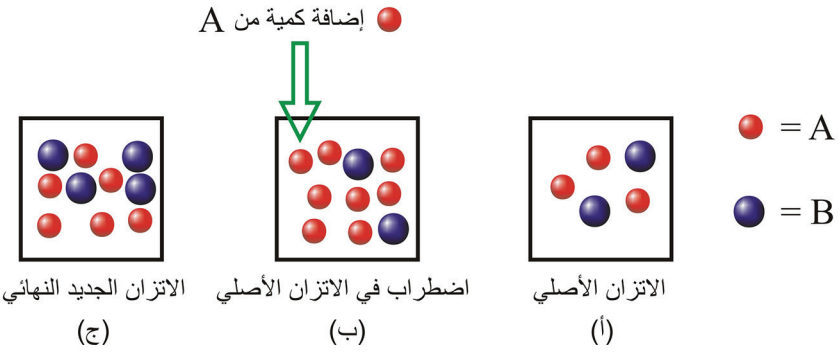
وستقتصر دراستنا في هذا البند على أثر تغيُّر التركيز، ودرجة الحرارة على حالة الاتزان الكيميائي.

أولاً: أثر تغيُّر التركيز على حالة الاتزان الكيميائي:

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

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

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



1 - اكتب صيغة ثابت الاتزان K_C للتفاعل الافتراضي.

2 - احسب قيمة ثابت الاتزان K_C في كل من أ، ج، على اعتبار أن النماذج المُمثَلة لمكونات التفاعل تُعبر عن التركيز المولاري لكل من هذه المكونات.

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

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

مثال:

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

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

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

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

3- ما أثر الآتية على اتجاه انحياز التفاعل؟

أ- سحب كمية من CO من وعاء التفاعل. ب- إضافة غاز H_2O إلى وعاء التفاعل.

الحل:

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

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

نلاحظ أنّ قيمة ثابت الاتزان في الحالتين بقيت ثابتة.

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

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

ب- إضافة غاز H_2O يؤدي إلى انحياز التفاعل نحو المتفاعلات؛ للتقليل من كميّة غاز H_2O المضاف للوصول إلى حالة اتزان جديدة.

■ **سؤال:**

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

1 - سحب كميّة من CH_4 من وعاء التفاعل.

2 - خفض $[H_2]$.

3 - إضافة كميّة من CO إلى وعاء التفاعل.

ثانياً: أثر تغيُّر درجة الحرارة على حالة الاتزان الكيميائي:

تُقسم التفاعلات الكيميائية من حيث الطاقة (الحرارة) المصاحبة لها إلى تفاعلاتٍ طاردةٍ للطاقة (الحرارة)، كما في تفاعلات الاحتراق، حيث تكون الطاقة ضمن المواد الناتجة **(طاقة + مواد ناتجة ⟶ مواد متفاعلة)**، وتفاعلاتٍ ماصة للطاقة كما في تفاعلات التحلل الحراري، حيث تكون الطاقة ضمن المواد المتفاعلة:

(مواد ناتجة ⟶ طاقة + مواد متفاعلة).

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

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

عديم اللّون — بنيّ

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

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

ملاحظة: يتم الحصول على خليط الغازين في النشاط من أنابيب جاهزة لدى بائعي المواد والتجهيزات المخبرية.

خطوات العمل:

1 - أحضر الأنبوب الذي يحوي خليطاً من الغازين عند درجة حرارة الغرفة، وسجّل لون الخليط داخل الأنبوب.
2 - ضَع الأنبوب في كأس يحوي ماءً بارداً بدرجة صفر°س، ماذا تُلاحظ؟
3 - أخرج الأنبوب من الكأس، ثم أتركه لمدة 3 دقائق في درجة حرارة الغرفة، ماذا تُلاحظ؟
4 - ضَع الأنبوب في كأس يحوي ماءً ساخناً بدرجة 50°س، ماذا تُلاحظ؟

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

وبالإضافة إلى أثر تغيُّر درجة الحرارة على حالة الاتزان، فهل تتأثر قيمة ثابت الاتزان بتغير درجة الحرارة؟
ولتوضيح ذلك، تأمّل المثال الآتي:

مثال:

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

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

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

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

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

الحل:

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

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

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

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

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

■ **سؤال:**

لديك التفاعل المُتزن الآتي: $2NH_{3(g)} + 91.54\ KJ \rightleftharpoons N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$

مُستخدماً مبدأ لوتشاتيلييه، ما أثر زيادة درجة الحرارة على كل من الآتية (علماً بأن حجم النظام ثابت):

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

(4.2.1): حسابات الاتزان الكيميائي (Chemical Equilibrium Calculations):

تُعَدُّ دراسة حالة الاتزان الكيميائي من الناحية الكميّة ذات أهميّة خاصة؛ لأنّها تُشكل 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 من غاز H_2، و0.25 مول من غاز N_2، و0.10 مول من غاز NH_3 في حالة اتزان عند درجة حرارة معينة:

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

2- احسب قيمة ثابت الاتزان K_C' للتفاعل العكسي عند درجة الحرارة نفسها.

3- جد حاصل ضرب K_C في K_C'، ماذا تستنتج؟

الحل:

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

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

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

$[NH_3] = \frac{\text{ن}}{\text{ح}} = \frac{0.10}{1} = 0.10$ مول/لتر.

[X]: تركيز X بالمولارية.

ن: عدد المولات.

ح: الحجم.

وبتعويض التراكيز في صيغة ثابت الاتزان K_C، فإنّ:

$$11.85 = \frac{(0.10)^2}{(0.15)^3 \times (0.25)} = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3 \times [N_2]} = K_C$$

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

$$0.084 = \frac{(0.15)^3 \times (0.25)}{(0.10)^2} = \frac{[H_2]^3 \times [N_2]}{[NH_3]^2} = K_C'$$

3 - $K_C' \times K_C = 0.084 \times 11.85 = 1$

نستنتج أن قيمة K_C' = مقلوب قيمة K_C ($K_C' = \frac{1}{K_C}$).

مثال (2):

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

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

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

الحل:

نحسب تركيز NOCl الابتدائي $[NOCl]_0$

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

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

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

$$\frac{(2س)^2 \times س}{(0.5 - 2س)^2} = 1.6 \times 10^{-5} \Leftarrow \frac{[NO]^2 \times [Cl_2]}{[NOCl]^2} = K_C$$

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

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

$س^3 = 1 \times 10^{-6}$ مول/لتر، ومنه

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

$[Cl_2] = س = 0.01$ مول/لتر.

$[NO] = 2س = 0.01 \times 2 = 0.02$ مول/لتر.

$[NOCl] = 0.5 - 2س \approx 0.5$ مول/لتر.

قاعدة عامة:

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

$$400 < \frac{[\text{المتفاعل}]_0}{K_C}$$

بإمكانك استخدام الآلة الحاسبة العلمية في تطبيقاتك الحسابية.

مثال (3):

وُضِع 2 مول من غاز SO_3 في وعاء، سعته 10 لتر على درجة حرارة 127 °س، حيث تفكّك حسب المعادلة الموزونة الآتية حتى وصل النظام إلى حالة اتزان: $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$ ، فإذا وُجد أنّ تركيز غاز SO_2 عند الاتزان يساوي 0.02 مول/لتر:

1 - احسب قيمة ثابت الاتزان K_C لهذا التفاعل.

2 - احسب النسبة المئوية لتفكك غاز SO_3.

الحل:

1 - نحسب تركيز SO_3 الابتدائي:

$$[SO_3]_0 = \frac{ن}{ح} = \frac{2}{10} = 0.2 \text{ مول/لتر.}$$

	$2SO_{3(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2SO_{2(g)}$	+	$O_{2(g)}$
التركيز الابتدائي	0.2		صفر		صفر
التغير في التركيز	- 2س		+2 س		+ س
التركيز عند الاتزان	0.2 - 2س		2س		س

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

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

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

$[SO_2]$ = 0.02 مول/لتر.

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

$[O_2]$ = س = 0.01 مول/لتر.

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

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

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

■ **سؤال:**

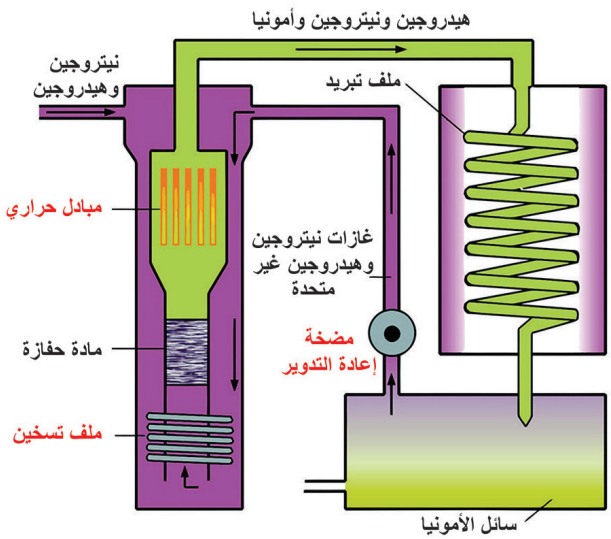
إذا علمّت أنّ قيمة ثابت الاتزان Kc للتفاعل المُتزن الآتي: $CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$ عند درجة حرارة 1200°ك يساوي 4، احسب تركيز CH_4 عند الاتزان، علماً أنّ تركيز كل من مواد التفاعل CO، H_2، $H_2O_{(g)}$ على الترتيب عند الاتزان هي: 0.29 ، 1.3 ، 0.85 مول/لتر.

الكيمياء والتكنولوجيا والمجتمع

تحضير النشادر (NH_3) صناعياً

تُعَدُّ الأمونيا مادة أولية مهمة في عدة صناعات، كصناعة الأسمدة، وصناعة المنظّفات المنزلية. ويتم تحضيرها صناعياً باتحاد غازَي النيتروجين والهيدروجين التي تُعرف بطريقة هابر- بوش، وَفقاً للمعادلة الموزونة الآتية:

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



ولم يكن تفاعل النيتروجين مع الهيدروجين عمليّة سهلة، لكن هابر نجح في تهيئة الظروف اللّازمة مخبرياً لإحداث التفاعل، مُستخدماً ضغطاً، ودرجة حرارة مناسبين، وحفّازاً هو عنصر الأوزميوم (Os)، وطوّر كارل بوش جهاز هابر المخبري إلى الحجم الصناعي، حيث قام ببناء المعدات القادرة على تحمل الضغط الشديد، واستخدم مسحوق الحديد المحتوي على أكاسيد البوتاسيوم والكالسيوم والألمنيوم كحفّاز؛ لتسريع التفاعل. ويتلخص إنتاج الأمونيا بهذه الطريقة بفصل النيتروجين من الهواء بوساطة التقطير التجزيئي، ويلي ذلك تفاعل النيتروجين مع الهيدروجين بنسبة مولية (3:1) على التوالي عند درجة حرارة (475 °س)، وتحت ضغط (300) ضغط جوي، بوجود بعض أكاسيد المعادن، مثل أكسيد الألمنيوم، وتزداد نسبة الأمونيا الناتجة بزيادة الضغط، وانخفاض درجة الحرارة.

أسئلة الفصل

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

1) أيُّ العبارات الآتية **صحيحة** فيما يتعلق بالاتزان الكيميائي؟

أ) يتوقف التفاعل الأمامي.

ب) تُستهلك المواد المتفاعلة تماماً.

جـ) تتساوى تراكيز المواد المتفاعلة مع تراكيز المواد الناتجة.

د) تتساوى سرعة التفاعل الأمامي مع سرعة التفاعل العكسي.

2) ما العامل الذي يزيد من قيمة ثابت الاتزان للتفاعل المُتزن الافتراضي:

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

أ) زيادة [AB]. ب) زيادة الحجم. جـ) زيادة الضغط. د) زيادة درجة الحرارة.

3) ما الصيغة التي تعبّر عن ثابت الاتزان K_C للتفاعل: $Ni_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + NiO_{(s)}$ ؟

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

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

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

أ) 16 ب) 32 جـ) 64 د) 128

السُّؤال الثّاني: وضّح المقصود بالمفاهيم الآتية:

مبدأ لوتشاتلييه، والاتزان الديناميكي، وثابت الاتزان.

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

1. $H_{2(g)} + C_2N_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCN_{(g)}$
2. $CN^-_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCN_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
3. $2NaHCO_{3(s)} + \text{حرارة} \rightleftharpoons Na_2CO_{3(s)} + H_2O_{(g)} + CO_{2(g)}$

السُّؤال الرّابع:

إذا علمّت أنّ Kc يساوي 9 للتفاعل الافتراضي المُتزن: $A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(g)}$ عند درجة حرارة معيّنة، فإذا تم خلط مولات متساوية من A وB في وعاء مغلق، سعته (1) لتر، وعند الاتزان، وُجد أنّ عدد مولات C تساوي 0.2 مول عند درجة الحرارة نفسها، احسب:

1. تركيز A، وB عند الاتزان.
2. عدد مولات A الابتدائية.

أسئلة الوحدة

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

1 ما معدّل سرعة تكوّن H_2O حسب التفاعل الموزون: $4NH_{3\,(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 4NO_{(g)} + 6H_2O_{(g)}$،
إذا كان معدّل سرعة استهلاك $NH_3 = 0.24$ مول/لتر. ث؟

أ) 0.16 ب) 0.3 ج) 0.36 د) 0.4

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

أ) معدّل سرعة تكوّن NO_2 = نصف معدّل سرعة استهلاك N_2O_5 .

ب) معدّل سرعة تكوّن NO_2 = معدّل سرعة استهلاك N_2O_5.

ج) معدّل سرعة تكوّن O_2 = ضِعف معدّل سرعة استهلاك N_2O_5.

د) معدّل سرعة تكوّن O_2 = نِصف معدّل سرعة استهلاك N_2O_5.

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

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

4 ما العامل الذي يعمل على خفض قيمة طاقة التنشيط للتفاعل الكيميائي؟

أ) التبريد. ب) زيادة تركيز المواد المتفاعلة. ج) التسخين. د) إضافة حفّاز.

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

أ) 5 ب) 0.5 ج) 0.05 د) 0.005

السؤال الثاني: فسّر كلّاً ممّا يأتي:

1. حرق السكر في جسم الإنسان يتم عند 37°س، بينما يحتاج حرقه في المختبر إلى درجة حرارة أعلى.
2. **لا** تؤدي جميع التصادمات بين دقائق المواد المتفاعلة إلى حدوث تفاعل.
3. تبقى تراكيز مكونات التفاعل ثابتة عند الاتزان على الرغم من استمرارية حدوث التفاعل.

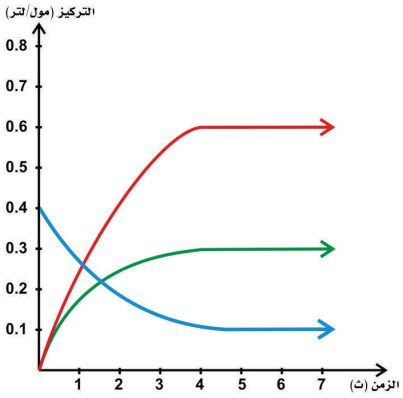
السؤال الثالث: ما أثر كلّ من الآتية على إنتاج الميثانول CH_3OH حسب النظام المُتزن الآتي:

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

1. إضافة غاز CO.
2. خفض درجة الحرارة.
3. تقليل كمية H_2.

السؤال الرابع: يبيّن الشكل المجاور تغيُّر التراكيز مع مرور الزمن لمواد التفاعل الافتراضي الآتي:

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



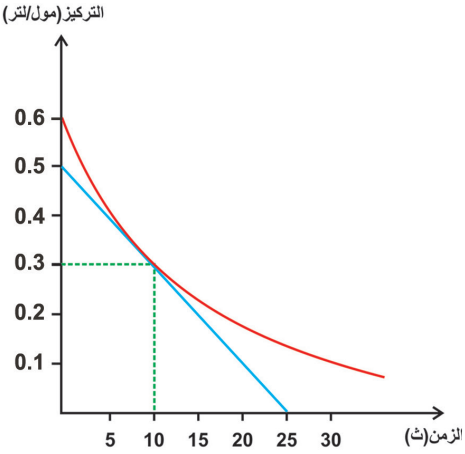
اعتماداً على الشكل المجاور، أجب عن الأسئلة الآتية:

1. حدّد على الشكل المنحنى الخاص بكلّ مادة من مواد التفاعل.
2. ما الزمن الذي وصل عنده التفاعل لحالة اتزان؟
3. جِدْ قيمة ثابت الاتزان (K_c) للتفاعل الافتراضي السابق.

السؤال الخامس:

يبيّن الشكل المجاور تغيّر تركيز المادة A مع الزمن حسب المعادلة الافتراضية الموزونة الآتية: $A \longrightarrow 2C$

احسب معدّل سرعة تكوّن C في الفترة بين (صفر)ث و (10)ث.



السؤال السادس:

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

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

1. اعتماداً على دراستك العوامل المؤثِّرة في سرعة التفاعل، ما العامل الذي يتحكم في سرعة التفاعل في كلّ من:
   - التجربة (أ)، والتجربة (ب).
   - التجربة (ب)، والتجربة (د).
   - التجربة (ج)، والتجربة (د).
2. في أيّ التجارب تكون سرعة التفاعل أكبر ما يمكن، وفي أيّها أقلّ ما يمكن؟

السؤال السابع: أقيّم ذاتي:

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

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

الوحدة الثّانية 2

الحموض والقواعد

(Acids and Bases)

تحتوي كثيرٌ من مأكولاتنا، ومشروباتنا على حموض وقواعد تُكسبها بعض الخصائص، فكيف يُمكنك التمييز بينها؟

يتوقع من الطلبة بعد دراسة هذه الوحدة، والتفاعل مع أنشطتها أن يكونوا قادرين على توظيف دراسة الحموض والقواعد في تطبيقات حياتية وعملية، وتفسير عدد من العمليات الحيوية والصناعية، من خلال تحقيق الآتي:

- توظيف مفهوم أرهينيوس، وبرونستد – لوري للتمييز بين الحموض والقواعد.
- المقارنة بين قوة الحموض والقواعد، اعتماداً على ثوابت تأيُّنها.
- حساب الرقم الهيدروجيني في المحاليل المائية للحموض والقواعد القوية والضعيفة.
- تحديد السلوك الحمضي أو القاعدي لمحاليل بعض الأملاح عملياً.
- دراسة معايير الجودة لأحد المنتجات الصناعية في فلسطين (الحليب ومشتقاته، المنظفات الصابونية، العصائر، ...) وكتابة تقرير علمي حول زيارة أحد المصانع المنتجة لها.

(1.2): الخواص العامة للحموض والقواعد:

تتميز الحموض والقواعد ببعض الخواص العامة التي تُميّزها عن غيرها من المركبات الأخرى، ولقد درست في سنوات سابقة بعضاً من هذه الخواص، ولتتذكر ذلك، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط (1): بعض الخواص العامة للحموض والقواعد:

المواد والأدوات: هيدروكسيدالصوديوم NaOH، ومحلول حمض الهيدروكلوريك HCl بتركيز 0.5 مول/لتر، ومحلول كاشف دوار الشمس، وقطعة مغنيسيوم، وقضبان جرافيت، وماء مقطر، وأسلاك توصيل، وكؤوس زجاجية، وأنبوب اختبار، ومصباح كهربائي، وبطارية 9 فولت أو محوّل كهربائي، ومخبار مدرّج، وقطّارة، وميزان إلكتروني حساس.

خطوات العمل:

1 - أذب 1 غم من هيدروكسيد الصوديوم في كأس زجاجي يحوي 50 مل ماء مقطّر.

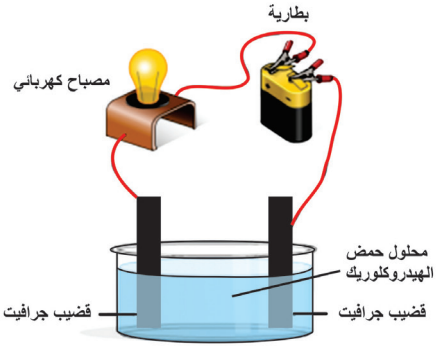
2 - ضع 20 مل من محلول حمض HCl في كأس زجاجي آخر.

3 - أضف (2-3) قطرات من كاشف دوار الشمس إلى كلا المحلولين، ولاحظ لون الكاشف في كل منهما.

4 - أحضر أنبوب اختبار، وضع فيه 5 مل من حمض HCl المخفف، ثم أضف إليه قطعة من المغنيسيوم Mg، ماذا تلاحظ؟ اكتب معادلة التفاعل الحاصل في الأنبوب.

5 - ضع قطبي الجرافيت في محلول HCl، وصِلهما بمكونات الدارة الكهربائية، كما في الشكل المجاور، ماذا تلاحظ؟ فسّر مشاهداتك.

6 - كرر الخطوة (5) في محلول NaOH، ماذا تلاحظ؟



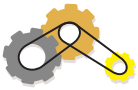
تمتاز الحموض بطعمها الحمضي، وقدرتها على التفاعل مع بعض الفلزات، مُطلقةً غاز الهيدروجين، ومحاليلها المائية توصل التيار الكهربائي، وتُغير لون الكواشف بشكل مغاير عن محاليل القواعد، أما القواعد فتمتاز بطعمها المر، وأيضاً قدرة محاليلها على توصيل التيار الكهربائي.

فكّر ما سبب توصيل محاليل الحموض، والقواعد للتيار الكهربائي؟

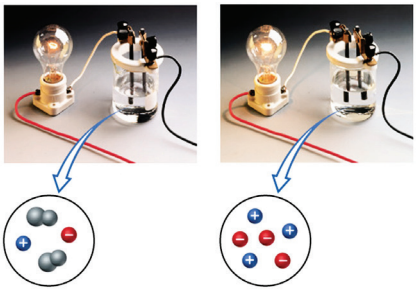
ولكنَّ السؤال: هل لجميع محاليل الحموض والقواعد المتساوية في التركيز، درجة التوصيل الكهربائي نفسها؟ لتجيب عن هذا السؤال، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط (2): درجة التوصيل الكهربائي لمحاليل بعض الحموض:

المواد والأدوات: محلول حمض الهيدروكلوريك HCl بتركيز (0.5) مول/لتر، ومحلول حمض الأسيتيك CH_3COOH بتركيز (0.5) مول/لتر، وأقطاب جرافيت عدد 4، وأسلاك توصيل معزولة، وكأسان زجاجيان سعة كلّ منهما (500) مل، ومصباحان كهربائيان، وبطاريتان (9) فولت، أو محوّلان كهربائيان.



خطوات العمل:



1 - ضع في الكأس الزجاجي الأول (200) مل من محلول حمض HCl، وضع في الكأس الزجاجي الثاني (200) مل من محلول حمض CH_3COOH.

2 - ركّب الدارة الكهربائية في كل كأس كما في الشكل المجاور.

3 - لاحظ إضاءة المصباح في كلا الدارتين، وفسّر مشاهدتك.

- **بإمكانك استخدام جهاز الملتيميتر (Multimeter) بدلاً من استخدام المصباح الكهربائي؛ للمقارنة بين المحلولين من حيث درجة التوصيل الكهربائي.**

■ **سؤال:**

أيّ المحلولين في النشاط أسرع تفاعلاً مع كمية ثابتة من المغنيسيوم؟ تحقق عملياً من إجابتك.

لعلك لاحظت بعد تنفيذك النشاط السابق أنّ الحموض المختلفة تتفاوت في درجة تفككها (تأيُّنها) في الماء، وهذا يؤثر على درجة توصيلها للتيار الكهربائي، ونشاطها الكيميائي، وينطبق هذا أيضاً على القواعد المختلفة.

(2.2): تطوّر مفهومي الحمض والقاعدة:

حظيت الحموض والقواعد بالدراسة والاهتمام منذ فترة طويلة، حيث شهد تاريخ الكيمياء تطوراً مستمراً لمفهوم الحمض والقاعدة، وتفسير سلوكها الكيميائي، ومن أهم هذه المفاهيم:

أولاً: مفهوم أرهينيوس (Arrhenius Concept):

وضع أرهينيوس عام 1887 م تصوراً حول طبيعة الحموض والقواعد ضمن النظرية الأيونية التي طوّرَها، وفسّر خلالها خصائص المحاليل الكهرلية، ومن بينها محاليل الحموض والقواعد، وقد عرّف كُلّاً منهما على النحو الآتي:

الحمض: المادة التي تذوب في الماء، فتزيد من تركيز أيونات الهيدروجين H^+ فيه.

القاعدة: المادة التي تذوب في الماء، فتزيد من تركيز أيونات الهيدركسيد OH^- فيه.

وحسب مفهوم أرهينيوس للحموض والقواعد، فإن المادة لا تكون حمضاً **إلّا إذا** احتوت على ذرّة أو ذرّات الهيدروجين (H)، أما القاعدة فيُشترط احتوائها على مجموعة الهيدروكسيل (OH)، ومن الأمثلة على ذلك: HCl، NaOH.

فعند ذوبان حمض الهيدروكلوريك في الماء، يتأيّن (يتفكك) إلى أيونات الهيدروجين الموجبة، وأيونات الكلوريد السالبة، كما في المعادلة الآتية:

$$HCl_{(aq)} \xrightarrow{H_2O} H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

أماعند ذوبان هيدروكسيد الصوديوم NaOH في الماء فإنها تتأين إلى أيونات الهيدروكسيد السالبة، وأيونات الصوديوم الموجبة، كما في المعادلة الآتية:

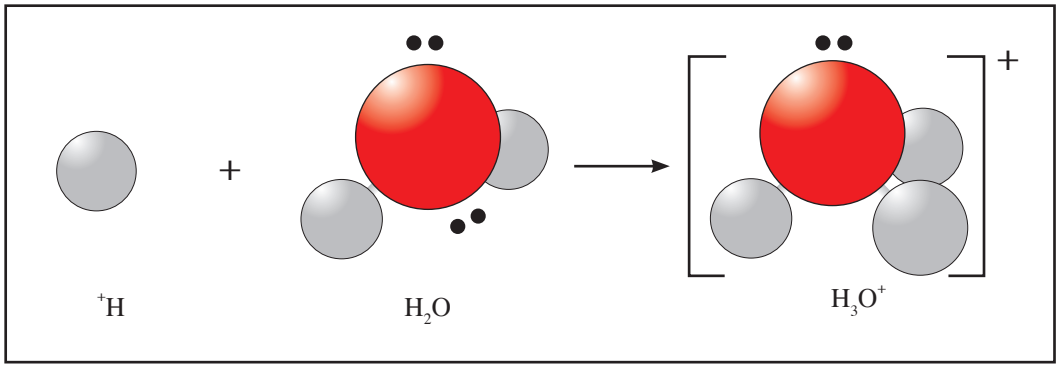
$$NaOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

■ **سؤال:**

اكتب معادلة كيميائية تُمثل تأيّن كل من الآتية في الماء:

أ- حمض البيركلوريك $HClO_4$. **ب- هيدروكسيد الباريوم $Ba(OH)_2$.**

عندما تتأيَّن الحموض في الماء فإنها تكوّن أيون الهيدروجين الموجب (H^+)، وهو أيونٌ صغيرُ الحجم، وكثافة شحنته الموجبة عالية جداً، فلا يتواجد حراً في الماء، وإنما يميل للارتباط بجزيء ماء واحد على الأقل، مكوناً أيون الهيدرونيوم H_3O^+، حيث يرتبط أيون الهيدروجين H^+ مع جزيء الماء H_2O بنوع خاص من الروابط التساهمية تُسمى **رابطة تناسقية** تُقدم فيها ذرّة الأكسجين في جزيء الماء زوج الإلكترونات المكون للرابطة بينهما، انظر الشكل (2-1) الآتي:



الشكل (2-1): تكوّن أيون الهيدرونيوم H_3O^{+}

فكّر

لماذا يُطلق على أيون الهيدروجين الموجب اسم بروتون؟

على الرغم من نجاح مفهوم أرهينيوس في تفسير عدد من خواص الحموض والقواعد، إلا أنه واجه عدداً من التحديات، منها:

1 - عدم قدرته على تفسير الخواص القاعدية للمحاليل المائية لبعض المركبات، كالأمونيا NH_3؛ لأنها لا تحتوي مجموعة الهيدروكسيل (OH) في تركيبها الكيميائي.

2 - اقتصار المفهوم على المحاليل المائية، وعدم قدرته على تفسير تفاعلات الحموض والقواعد في المحاليل غير المائية.

3 - عدم قدرته على تفسير السلوك الحمضي أو القاعدي لمحاليل بعض الأملاح، مثل KF، NH_4Cl.

ثانياً: مفهوم برونستد – لوري (Bronsted – Lowry Concept):

اقترح كل من السويدي يوهانز برونستد والإنجليزي توماس لوري مفهوماً أكثر تطوراً، وأكثر شمولية للحموض والقواعد عام 1923م، وحسب هذا المفهوم فإنَّ:

الحمض: هو المادة التي تمنح البروتون H^{+} لمادة أخرى عند تفاعلهما.

القاعدة: هي المادة التي تستقبل البروتون H^{+} من مادة أخرى عند تفاعلهما.

ولتتعرف مفهوم برونستد– لوري للحمض والقاعدة، تتبّع المثالين الآتيين:

مثال (1):

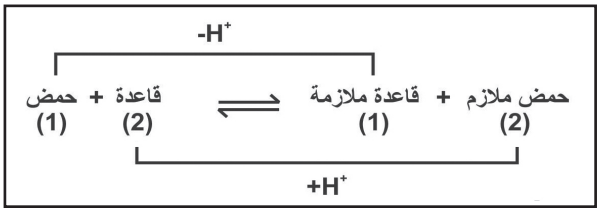
يمثل التفاعل الآتي تأين حمض الهيدروسيانيك في الماء، حدّد الحمض والقاعدة حسب مفهوم برونستد – لوري.

$$HCN_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$$

الحل:

يسلك HCN كحمض؛ لأنه يمنح البروتون إلى جزيء الماء، فيصبح CN^-، ويُعدّ جزيء الماء قاعدة في هذا التفاعل؛ لأنه يستقبل هذا البروتون فيصبح H_3O^+ ، وحيث إنّ التفاعل يتم بشكل عكسي، فإن أيون H_3O^+ يسلك كحمض؛ لأنه يمنح البروتون إلى أيون CN^-، ويعدّ أيون CN^- قاعدة؛ لأنه يستقبل ذلك البروتون.

يُشكّل كل من HCN و CN^- زوجاً متلازماً من الحمض والقاعدة، وكذلك يُشكّل H_2O و H_3O^+ زوجاً متلازماً آخر من القاعدة والحمض، وبشكل عام، فإن لكل حمض قاعدة ملازمة له، ولكل قاعدة حمض ملازم لها كما هو موضّح في التفاعل العامّ المجاور:



مثال (2):

يُوضّح التفاعل الآتي تأيّن الأمونيا في الماء:

$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

حدّد الأزواج المتلازمة من الحمض والقاعدة حسب مفهوم برونستد– لوري.

الحل:

$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

قاعدة (1) حمض (2) حمض ملازم (1) قاعدة ملازمة (2)

سؤال:

1 - ما صيغة الحمض الملازم لكل من القواعد: SO_3^{2-} ، Br^- ، HCO_3^- ، CH_3NH_2 ؟

2 - ما صيغة القاعدة الملازمة لكل من الحموض: $H_2C_2O_4$ ، HF ، CH_3COOH ، HCO_3^- ؟

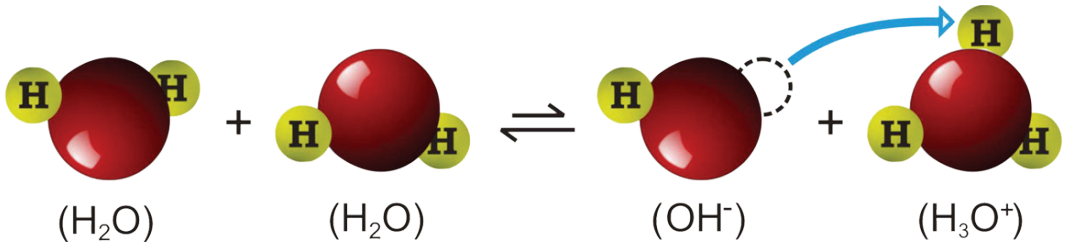
لعلك لاحظت أنّ HCO_3^- قد يمنح بروتوناً، فيسلك سلوك الحمض في بعض التفاعلات، وتكون قاعدته الملازمة CO_3^{2-} ، أو يستقبل بروتوناً في تفاعلات أخرى فيسلك سلوك القاعدة، ويكون حمضه الملازم H_2CO_3، ولذلك يمتلك HCO_3^- صفة أمفوتيرية.

فكّر لماذا يمتلك الماء صفة أمفوتيرية؟

(3.2): التأين الذاتي للماء والرقم الهيدروجيني (Auto ionization of water and pH):

أظهرت التجارب بأن الماء النقي (المقطّر) موصل ضعيف جداً للتيار الكهربائي؛ ما يدل على وجود عدد قليل جداً من الأيونات فيه، فما مصدر تلك الأيونات؟

تمنح بعض جزيئات الماء البروتونات التي تستقبلها جزيئات ماء أخرى، مكونة أيونات الهيدرونيوم H_3O^+ وأيونات الهيدروكسيد OH^-، وتسمى هذه الظاهرة **التأين الذاتي للماء**، كما هو مُوضّح في الشكل (2-2) الآتي:



الشكل (2-2): ظاهرة التأين الذاتي للماء

نلاحظ من الشكل (2-2) أن ظاهرة التأين الذاتي للماء تُمثّل حالة اتزان كيميائي، له ثابت اتزان خاص به يُرمز له بالرمز K_w، وقيمته تساوي 1×10^{-14} عند درجة حرارة 25 °س.

$$K_w = [OH^-][H_3O^+] = 1 \times 10^{-14}$$

■ **سؤال:**

بناءً على ما درسته في حسابات الاتزان الكيميائي، احسب تركيز أيونات H_3O^+ و OH^- في الماء المقطّر عند 25 °س. ماذا تعني لك القيمة؟

لكن كيف يتغير $[OH^-]$ و $[H_3O^+]$ عند إذابة حمض أو قاعدة في الماء؟ لتتعرف إلى ذلك تتبّع المثالين الآتيين:

مثال (1):

احسب تركيز أيونات كل من $[OH^-]$ و $[H_3O^+]$ في محلول حمض الهيدروكلوريك HCl تركيزه 0.5 مول/لتر عند 25 °س.

الحل:

يُعدّ حمض الهيدروكلوريك حمضاً قوياً، ويتأين كلّياً في الماء، كما في المعادلة الآتية:

$$HCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

التركيز قبل التأين	صفر	صفر	0.5 مول/لتر
التركيز بعد التأين	0.5 مول/لتر	0.5 مول/لتر	صفر

الحموض القويّة الشائعة
$HClO_4$
H_2SO_4
HI
HCl
HNO_3
HBr

بما أنّ تركيز أيونات $[H_3O^+]$ القادم من التأين الذاتي للماء $= 1 \times 10^{-7}$ مول/لتر، وهو مقدار ضئيل جداً يمكن إهماله، واعتبار أن تركيز أيونات $[H_3O^+]$ في المحلول يساوي التركيز القادم من الحمض القوي فقط.

وعليه فإن $[H_3O^+] = 0.5$ مول/لتر.

بما أن $K_w = [OH^-][H_3O^+] = 1 \times 10^{-14}$، فإن:

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{0.5} = 2 \times 10^{-14} \text{ مول/لتر.}$$

مثال (2):

احسب $[H_3O^+]$ و $[OH^-]$ في المحلول المائي الناتج من إذابة 0.1 مول من هيدروكسيد الباريوم $Ba(OH)_2$ في 500 مل من الماء عند 25 °س، علماً بأن هيدروكسيد الباريوم يتفكك كلياً في الماء.

الحل:

$$\text{التركيز} = \frac{\text{ن (مول)}}{\text{ح (لتر)}} = \frac{0.1}{0.5} = 0.2 \text{ مول/لتر}$$

1 لتر = 1000 مل

1مل = 1 سم^3

هيدروكسيد الباريوم من القواعد القوية التي تتأين كلياً في الماء حسب المعادلة الآتية:

$$Ba(OH)_{2(s)} \xrightarrow{H_2O} Ba^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$$

التركيز قبل التأين	صفر	صفر	0.2
التركيز بعد التأين	0.2	0.2 × 2	صفر

القواعد القويّة الشائعة
LiOH
NaOH
KOH
$Sr(OH)_2$
$Ba(OH)_2$

وعليه يكون تركيز أيونات OH^- = 0.4 مول/لتر.

تركيز أيونات $H_3O^+ = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{10^{-14} \times 1}{0.4} = 10^{-13} \times 0.25$ مول/لتر.

لعلك لاحظت أن حالة الاتزان تبقى موجودة بين $[OH^-]$ و $[H_3O^+]$ من جهة، وجزيئات الماء من جهة أخرى في المحاليل المائية سواءً أكانت حمضية، أم قاعدية، أم متعادلة، وكما لاحظت في الأمثلة السابقة، فإن إضافة الحمض إلى الماء يزيد من $[H_3O^+]$، وحتى يبقى K_w ثابتاً يقل $[OH^-]$ وفقاً لذلك، وبالمثل عند إضافة القاعدة يزداد $[OH^-]$، ويقل $[H_3O^+]$ تبعاً لذلك.

واعتماداً لما سبق، يمكن تصنيف المحاليل بدلالة تركيز $[OH^-]$ ، و$[H_3O^+]$ (عند 25 °س) على النحو الآتي:

- **محلول متعادل:** $[OH^-] = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-7}$ مول/لتر.
- **محلول حمضي:** $[H_3O^+] > 1 \times 10^{-7}$ ، $[OH^-] < 1 \times 10^{-7}$ مول/لتر.
- **محلول قاعدي:** $[H_3O^+] < 1 \times 10^{-7}$ ، $[OH^-] > 1 \times 10^{-7}$ مول/لتر.

سؤال:

فيما يأتي جدول يحوي أيونات H_3O^+ أو OH^- في محاليل بتراكيز معينة لمواد مختلفة (عند 25 °س). انقل الجدول، واملأ الفراغات فيه.

المحلول	$[H_3O^+]$	$[OH^-]$	طبيعة المحلول
NaCl	1×10^{-7}	.....	متعادل
Na_2CO_3	.....	4×10^{-3}	.....
H_2CO_3	3×10^{-6}	.....	.....
$Mg(OH)_2$	.....	5×10^{-2}	قاعدي

■ الرقم الهيدروجيني pH

يُدرج في بطاقة بيان بعض المنتجات كمستحضرات التجميل، والصابون، والمناديل المبلّلة رمز الـ pH. فما دلالة هذا الرمز؟

علمت أنه يمكن استخدام $[H_3O^+]$ و $[OH^-]$ لوصف طبيعة المحلول المائي، إن كان حمضياً، أو قاعدياً، أو متعادلاً، ولكون قيم هذه التراكيز صغيرة جداً تشمل أُسساً سالبة، اتُّفقَ على استخدام **الرقم الهيدروجيني pH**؛ للتعبير عن درجة حموضة المحلول، **ويُعرف الرقم الهيدروجيني بأنه سالب لوغاريتم (للأساس 10) تركيز أيونات الهيدرونيوم H_3O^+ في المحاليل المائية.**

مثال (1):

احسب الرقم الهيدروجيني pH في كل مما يأتي:

1 - الماء المقطّر عند 25 °س.

2 - محلول حمض النيتريك HNO_3 تركيزه 2×10^{-3} مول/لتر.

بإمكانك استخدام الآلة الحاسبة العلمية في تطبيقاتك الحسابية.

الحل:

1. عرفت سابقاً أن $[OH^-] = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-7}$ مول/لتر في الماء المقطّر.

$$pH = - \text{لو } [H_3O^+] = - \text{لو } (1 \times 10^{-7}) = 7$$

2. حمض النيتريك من الحموض القوية التي تتأين كلياً في الماء حسب التفاعل الآتي:

$$HNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

التركيز قبل التأين	صفر	صفر	2×10^{-3} مول/لتر
التركيز بعد التأين	2×10^{-3}	2×10^{-3}	صفر

$$pH = - \text{لو } [H_3O^+] = - \text{لو } (2 \times 10^{-3}) = 2.7$$

مثال (2):

إذا علمت أن الرقم الهيدروجيني pH لعينة من عصير التفاح = 4.6، جد تركيز أيونات H_3O^+ ؟

$$pH = - \text{لو } [H_3O^+]$$
$$[H_3O^+] = 10^{-pH}$$

الحل:

pH = - لو $[H_3O^+]$، وهذا يعني أن $[H_3O^+] = 10^{-pH}$

$[H_3O^+] = 10^{-4.6} = 2.5 \times 10^{-5}$ مول/لتر.

بإمكانك استخدام الآلة الحاسبة العلمية في تطبيقاتك الحسابية.

■ **سؤال:**

إذا كان تركيز أيونات الهيدروكسيد OH^- في فنجان قهوة يساوي 1×10^{-9} مول/لتر، جد قيمة pH لمحلول القهوة، وهل محلول القهوة حمضي أم قاعديّ التأثير؟

نشاط (3): الرقم الهيدروجيني لعدد من المواد:

يُظهر الشكل (2-3) الآتي الرقم الهيدروجيني لعدد من المواد المألوفة في بيئتك المحيطة، تأمل الشكل، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

الشكل (2-3): الرقم الهيدروجيني لعدد من المواد (ليس للحفظ)

1 - قدّر الرقم الهيدروجيني لكل من الصابون السائل والدم؟

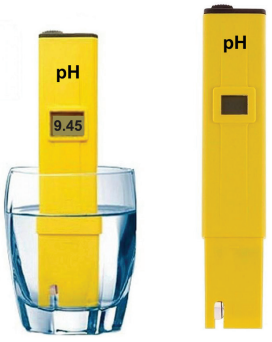
2 - قدّر الرقم الهيدروجيني لكل من عصير البندورة وعصارة المعدة؟ أيهما تركيز أيونات H_3O^+ فيه أعلى؟

3 - كيف يتغير الرقم الهيدروجيني مع زيادة تركيز أيونات H_3O^+؟

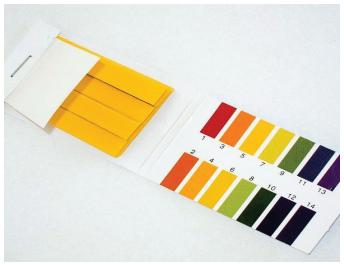
4 - كيف يتغير الرقم الهيدروجيني مع زيادة تركيز أيونات OH^-؟

5 - عيّنة لمحلول دواء، تركيز أيونات OH^- فيها يساوي 3×10^{-4}، حدّد طبيعة محلول الدواء إن كان حمضياً أم قاعدياً.

يُستخدم عادة جهاز مقياس الرقم الهيدروجيني (pH meter) لقياس الرقم الهيدروجيني pH، حيث يعطي قيماً دقيقة، ويمكن استخدام الكاشف العالمي (Universal indicator)، وهو خليط لمجموعة من الكواشف لتقدير قيمة الرقم الهيدروجيني.



مقياس الرقم الهيدروجيني pH


ألوان الكاشف العالمي

(4.2): الحموض والقواعد الضعيفة:

عرفت سابقاً أن الحموض القوية، والقواعد القوية تتأيّن في الماء كلّياً، وتمكّنت من حساب الرقم الهيدروجيني لمحاليلها، فكيف يمكن حساب الرقم الهيدروجيني لمحاليل الحموض والقواعد الضعيفة التي تتفكك جزئياً في الماء، وتشكّل اتزاناً مع أيوناتها؟

أولاً: محاليل الحموض الضعيفة:

يقل $[H_3O^+]$ في محاليل الحموض الضعيفة عن تركيز الحمض الأصلي قبل التأيّن؛ لأنها تتفكك (تتأيّن) جزئياً في الماء. فإذا رمزنا للحمض الضعيف بالرمزHA، فإن معادلة تفككه في الماء كما يأتي:

$$HA_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$$

وعليه تُكتب صيغة (تعبير) ثابت الاتزان للحمض الضعيف كما يأتي:

$$\frac{[A^-]\,[H_3O^+]}{[HA]} = K_a$$

وتعدّ قيمة K_a للحموض الضعيفة مقياساً لقوّة تأينها في المحاليل المائية، حيث تزداد قوة الحمض بازدياد قيمة K_a، ما يزيد من تركيز أيونات $[H_3O^+]$ في المحلول المائي. ويُبين الجدول (2-1) الآتي قيم ثابت التأين لبعض محاليل الحموض الضعيفة، ومعادلات تأينها في الماء عند 25 °س.

الجدول (2-1): قيم ثابت التأين لبعض الحموض الضعيفة عند 25 °س

اسم الحمض	الصيغة الكيميائية	معادلة التأين	K_a *
حمض الهيدروفلوريك	HF	$HF_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + F^-_{(aq)}$	6.8×10^{-4}
حمض النيتروز	HNO_2	$HNO_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + NO_2^-{}_{(aq)}$	5.6×10^{-4}
حمض الميثانويك	HCOOH	$HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + HCOO^-_{(aq)}$	1.8×10^{-4}
حمض البنزويك	C_6H_5COOH	$C_6H_5COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + C_6H_5COO^-_{(aq)}$	6.3×10^{-5}
حمض الإيثانويك	CH_3COOH	$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$	1.8×10^{-5}
حمض الهيبوكلوروز	HClO	$HClO_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + ClO^-_{(aq)}$	2.9×10^{-8}
حمض الهيدروسيانيك	HCN	$HCN_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$	4.2×10^{-10}

* (قيم K_a ليست للحفظ)

اعتماداً على الجدول (2-1) السابق، أجب عن الأسئلة الآتية:

1 - أيّ الحموض هو الأقوى؟ وأيُّها هو الأضعف؟

2 - اكتب الأزواج المتلازمة من الحمض والقاعدة في معادلة تأين حمض الهيبوكلوروز HClO في الماء.

3 - أيّ محاليل الحموض المدرجة في الجدول والمتساوية في التركيز يكون $[H_3O^+]$ فيه هو الأعلى؟

4 - أيّ محاليل الحموض المتساوية في التركيز رقمه الهيدروجيني pH هو الأعلى؟ فسّر إجابتك.

يتم حساب قيمة ثابت تأين الحمض الضعيف K_a بالتجربة العملية، بقياس قيمة pH لمحلول الحمض الضعيف معلوم التركيز، والمثالان الآتيان يوضّحان الحسابات المتعلقة بالحموض الضعيفة:

مثال (1):

احسب قيمة K_a لحمض H_2S، إذا وُجِدَ أنّ قيمة pH لمحلول منه تركيزه 0.1 مول/لتر تساوي 4.

الحل:

نكتب معادلة تفكك (تأين) الحمض H_2S في الماء.

$$H_2S_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + HS^-_{(aq)}$$

$pH = 4$ ، إذن $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-pH} = 1 \times 10^{-4}$ مول/لتر.

وبما أن $[H_3O^+] = [HS^-] = 1 \times 10^{-4}$ مول/لتر.

$$K_a = \frac{[H_3O^+][HS^-]}{[H_2S]} = \frac{(1 \times 10^{-4})^2}{0.01} = 1 \times 10^{-7}$$

مثال (2):

احسب قيمة pH لمحلول حمض HCN الذي تركيزه يساوي 0.5 مول/لتر، علماً بأنّ قيمة K_a للحمض تساوي 4.2×10^{-10}.

الحل:

يتأين حمض الهيدروسيانيك HCN في الماء حسب المعادلة الآتية:

$$HCN_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$$

التركيز الابتدائي	صفر	صفر	0.5 مول/لتر
التغير في التركيز	+س	+س	-س
التركيز عند الاتزان	س	س	0.5 - س ≈ 0.5

$\frac{[HCN]_0}{K_a} > 400$

من المعادلة $K_a = \frac{[H_3O^+][CN^-]}{[HCN]}$

$$4.2 \times 10^{-10} = \frac{س^2}{0.5}$$

$$س^2 = 4.2 \times 10^{-10} \times 0.5$$

$$[H_3O^+] = س = 1.45 \times 10^{-5} \text{ مول/لتر}$$

$$pH = -\text{لو}[H_3O^+] = -\text{لو}\, 1.45 \times 10^{-5} = 4.84$$

بإمكانك استخدام الآلة الحاسبة العلمية في تطبيقاتك الحسابية.

سؤال:

محلول مائي لحمض ضعيف HA، تركيزه 0.2 مول/لتر، ودرجة تأينه في الماء تساوي 4%، احسب قيمة الرقم الهيدروجيني pH للمحلول، ثم احسب قيمة K_a للحمض.

ثانياً: محاليل القواعد الضعيفة:

تتأين القواعد الضعيفة في الماء جزئياً كما في الحموض الضعيفة، ويمكن تمثيل تأين القاعدة الضعيفة B في الماء كما في المعادلة الآتية:

$$B_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons BH^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

قاعدة (1) حمض (2) حمض ملازم (1) قاعدة ملازمة (2)

ويُكتب ثابت التأين K_b للقاعدة الضعيفة B على النحو الآتي:

$$\frac{[BH^+][OH^-]}{[B]} = K_b$$

ويضم الجدول (2-2) الآتي عدداً من القواعد الضعيفة، وثابت التأين لكل منها عند درجة 25 °س.

الجدول (2-2): بعض القواعد الضعيفة، وقيم ثابت تأينها عند 25 °س

اسم القاعدة	الصيغة الكميائية	معادلة التأين	K_b *
ميثيل أمين	CH_3NH_2	$CH_3NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$	5×10^{-4}
الأمونيا	NH_3	$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$	1.8×10^{-5}
هيدرازين	N_2H_4	$N_2H_{4(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons N_2H_5^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$	1.3×10^{-6}
هيدروكسيل أمين	NH_2OH	$NH_2OH_{(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_3OH^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$	8.7×10^{-9}
بيريدين	C_5H_5N	$C_5H_5N_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_5H_5NH^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$	1.4×10^{-9}
أنيلين	$C_6H_5NH_2$	$C_6H_5NH_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_5NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$	3.8×10^{-10}

* (قيم K_b ليست للحفظ)

ولتتعرف الحسابات المتعلقة بمحاليل القواعد الضعيفة، ادرس المثالين الآتيين:

مثال (1):

احسب قيمة pH لمحلول البيريدين C_5H_5N، الذي تركيزه يساوي 0.01 مول/لتر، علماً بأنّ ثابت التأين K_b للبيريدين يساوي 1.4×10^{-9}.

الحل:

يتأيّن البريدين في الماء حسب المعادلة الآتية:

$$C_5H_5N_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_5H_5NH^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

التركيز الابتدائي	صفر	صفر	0.01 مول/لتر
التغير في التركيز	+س	+س	-س
التركيز عند الاتزان	س	س	0.01 - س ≈ 0.01

$$K_b = \frac{[C_5H_5NH^+][OH^-]}{[C_5H_5N]}$$

$$1.4 \times 10^{-9} = \frac{\text{س} \times \text{س}}{0.01 - \text{س}} = \frac{\text{س}^2}{0.01}$$

$$\text{س}^2 = 1.4 \times 10^{-9} \times 0.01 = 1.4 \times 10^{-11}.$$

$$\text{س} = \sqrt{1.4 \times 10^{-11}} = 3.74 \times 10^{-6} \text{ مول/لتر.}$$

$$[OH^-] = [C_5H_5NH^+] = 3.74 \times 10^{-6} \text{ مول/لتر.}$$

$$[H_3O^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{3.74 \times 10^{-6}} = 2.67 \times 10^{-9} \text{ مول/لتر.}$$

$$pH = - \text{لو} (2.67 \times 10^{-9}) = 8.57$$

بإمكانك استخدام الآلة الحاسبة العلمية في تطبيقاتك الحسابية.

مثال (2):

احسب قيمة ثابت التأين للقاعدة الضعيفة B التي تركيزها 0.01 مول/لتر، وقيمة الرقم الهيدروجيني pH لمحلولها = 10.

الحل:

$$B_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons BH^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

من خلال الرقم الهيدروجيني pH يمكن إيجاد تركيز $[H_3O^+]$ كما يأتي:

$$[H_3O^+] = 1 \times 10^{-pH} = 1 \times 10^{-10} \text{ مول/لتر.}$$

$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-10}} = 1 \times 10^{-4} \text{ مول/لتر.}$$

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{0.01} = \frac{(1 \times 10^{-4})^2}{[B]} = 1 \times 10^{-6}.$$

■ **سؤال:**

من خلال المثالين السابقين، أجب عما يأتي:

1 - أيّ القاعدتين أقوى، البيريدين أم القاعدة B ؟ فسّر إجابتك.

2 - ما العلاقة بين قيمة pH وقيمة K_b في محاليل القواعد الضعيفة متساوية التركيز؟

(5.2): الخواص الحمضية والقاعدية لمحاليل الأملاح:

درست في سنوات سابقة أنّ الأملاح تنتج من تفاعل يتم بين الحموض والقواعد، كما هو موضّح في التفاعلات الآتية:

$$KOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow KCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

$$NaOH_{(aq)} + HCN_{(aq)} \longrightarrow NaCN_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

$$NH_{3(g)} + HCl_{(g)} \longrightarrow NH_4Cl_{(s)}$$

وإذا أذبت ملح كلوريد الصوديوم النقي NaCl في الماء المقطّر، وفحصت درجة حموضة المحلول فستجده متعادلاً (pH = 7)، فهل يعني ذلك أنّ محاليل الأملاح جميعها متعادلة التأثير؟ للإجابة عن هذا السؤال، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط (4): الخواص الحمضية والقاعدية للأملاح:

المواد والادوات: ملح نترات الصوديوم $NaNO_3$، وإيثانوات الصوديوم CH_3COONa، وكلوريد الأمونيوم NH_4Cl، وماء مقطّر، ومقياس الرقم الهيدروجيني pH، وكؤوس زجاجية سعة 50 مل عدد 4، وميزان حساس، ومخبار مدرّج.

خطوات العمل:

1 - رقّم الكؤوس الزجاجية، وضع في كل منها (20) مل من الماء المقطّر، مستخدماً المخبار المدرّج.

2 - استخدم مقياس الرقم الهيدروجيني pH لتحديد الرقم الهيدروجيني للماء المقطّر المستخدم عند ظروف التجربة في الكأس رقم (1).

3 - أذب(1) غم من أحد الأملاح السابقة في الكأس رقم (2).

4 - استخدم مقياس الرقم الهيدروجيني pH لتحديد الرقم الهيدروجيني لمحلول الملح في الكأس رقم (2)، ثم قارن قيمته مع قيمة pH في كأس الماء المقطّر.

5 - كرر الخطوتين (3 و4) مع بقية الأملاح في الكؤوس الزجاجية المتبقية.

6 - أكمل الجدول الآتي:

الملح	المصدر الحمضي للملح	المصدر القاعدي للملح	pH	طبيعة المحلول
$NaNO_3$	HNO_3			
CH_3COONa		NaOH	أكبر من 7	
NH_4Cl				حمضي

لعلك توصلت من النشاط السابق إلى أنه يمكن تصنيف الأملاح حسب سلوكها الحمضي أو القاعدي إلى أملاح متعادلة، أو حمضية، أو قاعدية، فملح سيانيد الصوديوم NaCN يُعدّ ملحاً قاعدياً؛ لأنه ناتج من تفاعل القاعدة القوية NaOH، والحمض الضعيف HCN.

■ **سؤال:**

فسر السلوك القاعدي لمحلول كربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$ (باكنج باودر)، والسلوك الحمضي لمحلول كلوريد الأمونيوم (NH_4Cl)، بالاعتماد على مصدر الحمض والقاعدة المكوِّنين لكل منهما.

مشروعي:

قم بقياس قيمة pH لمجموعة من العينات الغذائية، والمنظفات المتوفرة في بيئتك (الحليب ومشتقاته، منظفات الأرضيات، والمنظفات الصابونية، والمخللات، والعصائر الصناعية،...) ثُم نظّم زيارة إلى أحد الشركات المنتجة لأحد هذه المنتجات، واجمع معلومات حول الإجراءات المتّبعة لضبط قيمة pH كمعيار لجودة منتجاتها.

اعرض نتائج بحثك بالطريقة المناسبة لك، وبإمكانك الاطّلاع على الرمز، والرابط المجاورين لتتعرف إلى معايير تقييم أدائك: https://goo.gl/hHNJMU

(للاطّلاع)

الكيمياء والتكنولوجيا والمجتمع

مضادات الحموضة

يُنتج الشخص البالغ يومياً ما يقرب من 2-3 لترات من العصارة المعويّة، وهي عصارة حمضية هاضمة، يتم إفرازها من الغشاء المخاطي المبطن للمعدة، وتحوي العصارة على تركيز عالٍ من حمض HCl، يصل الرقم الهيدروجيني فيه إلى 1.5، أو بتركيز يقرب من 0.03 مول/لتر. وهذا التركيز كافٍ لإذابة قطعة صغيرة من الخارصين Zn.

عند زيادة تركيز أيونات الهيدروجين H^+ في المعدة، فإنَّ عضلة المعدة تنكمش، ويحدث ألم أو تورم، يتبعه التهاب ونزف في جدار المعدة.

وأفضل الطرق المستخدمة في تخفيف تركيز أيونات H^+ في المعدة هو إضافة مضادات الحموضة، وهي قواعد ضعيفة لها قابلية التفاعل مع حمض HCl وتكوين ملح وماء؛ ما يقلل من الإحساس بالحموضة الزائدة، ومن أشهر مضادات الحموضة المستخدمة: هيدروكسيد الألمنيوم، وهيدروكسيد وكربونات الكالسيوم، وهيدروكسيد المغنيسيوم، وكربونات المغنيسيوم، وكربونات الصوديوم الهيدروجينية التي تعمل على تخفيف حموضة المعدة، والمحافظة على قيمة مناسبة من pH.

وأهم التفاعلات التي تحدث في المعدة بعد إضافة كربونات الصوديوم الهيدروجينية التفاعل الآتي:

$$NaHCO_{3(s)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

أسئلة الوحدة

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

1) أيُّ المحاليل المائية للمواد الآتية **لا** يعدُّ من حموض أرهينيوس أو قواعده؟

أ) HNO_3 ب) HF ج) NH_3 د) LiOH

2) أيُّ المواد الآتية يسلك كحمض وكقاعدة حسب مفهوم برونستد - لوري (يمتلك صفات أمفوتيرية)؟

أ) H_2SO_4 ب) HCO_3^- ج) CO_3^{2-} د) H_2S

3) أيُّ المحاليل الآتية المتساوية في التركيز هو الأقل قيمة pH؟

أ) HCl ب) NH_3 ج) HF د) NaCN

4) ما القاعدة الملازمة للحمض $HC_2O_4^-$ ؟

أ) $HC_2O_4^{2-}$ ب) $H_2C_2O_4$ ج) $C_2O_4^{2-}$ د) $H_2C_2O_4^-$

5) أيُّ الأملاح الآتية يكوّن محلولاً تأثيره متعادل عند إذابته في الماء؟

أ) KNO_3 ب) NaCN ج) CH_3COOK د) NH_4NO_3

6) ما قيمة pH للمحلول المائي الذي $[OH^-]$ فيه $= 1\times10^{-4}$ ؟

أ) 10 ب) 4 ج) 10^{-4} د) 10^{-10}

السؤال الثاني: ما المقصود بالمصطلحات الآتية؟

حمض أرهينيوس، وقاعدة برونستد - لوري، والتأين الذاتي للماء.

السؤال الثالث: احسب الرقم الهيدروجيني pH في كل من المحاليل المائية الآتية:

1) محلول من حمض $HClO_4$ القوي، تركيزه 0.05 مول/لتر.

2) محلول من حمض CH_3COOH تركيزه 0.05 مول/لتر، علماً بأنَّ ($K_a = 1.8\times10^{-5}$).

3) محلول من $C_6H_5NH_2$ تركيزه 0.05 مول/لتر، علماً بأنَّ ($K_b = 3.8\times10^{-10}$).

السؤال الرابع:

ما عدد مولات القاعدة القوية $Ba(OH)_2$ اللّازم إذابتها في الماء المقطَّر للحصول على محلول حجمه 4 لتر، والرقم الهيدروجيني له يساوي 12؟

السؤال الخامس:

اعتماداً على الجدول المجاور الذي يبيّن قيم ثابت التأين لمجموعة من الحموض الافتراضية الضعيفة المتساوية في التركيز:

الحمض	ثابت التأين K_a
HA	8.6×10^{-4}
HB	6×10^{-4}
HC	4×10^{-6}
HD	6×10^{-5}

1. أيُّ من محاليل هذه الحموض له أقل قيمة pH ؟
2. حدّد الزوجين المتلازمين من الحمض والقاعدة عند تفاعل حمض HD مع الماء.
3. احسب $[OH^-]$ في محلول HC، تركيزه 0.4 مول/لتر.

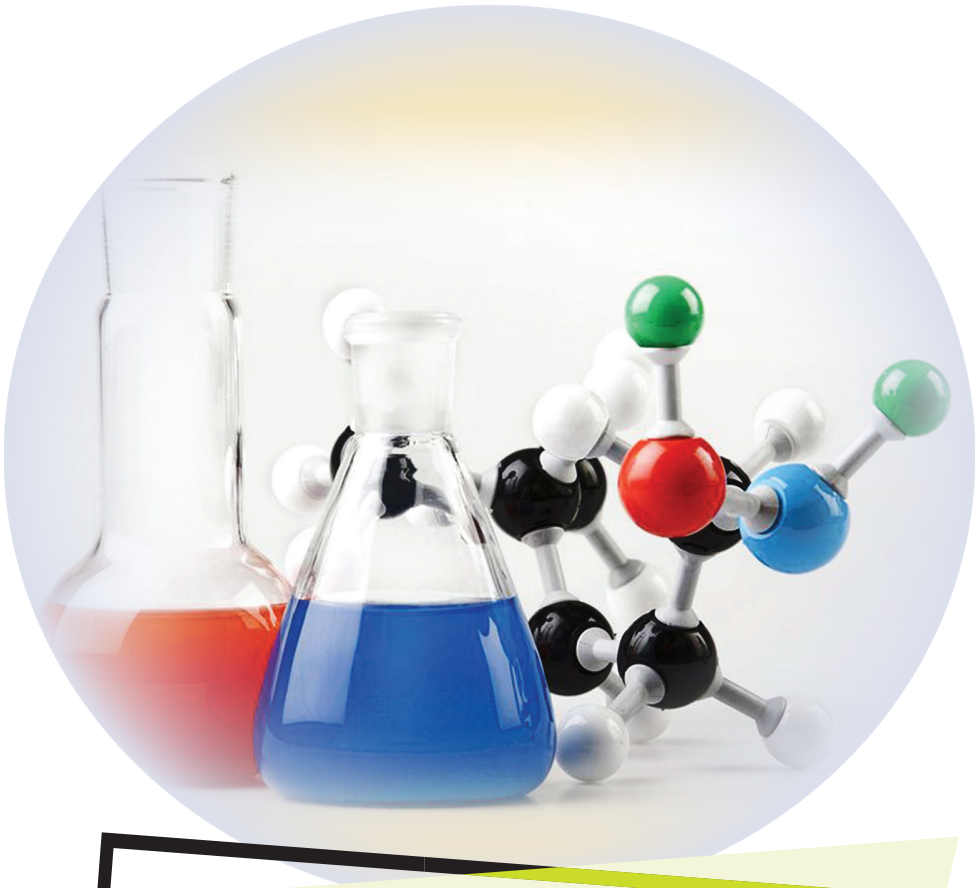
السؤال السادس: أقيّم ذاتي:

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

الرقم	العبارة	دائماً	أحياناً	نادراً
.1	أستطيع أن أقارن بين قوة الحموض والقواعد.			
.2	أستطيع أن أحسب الرقم الهيدروجيني pH لمحاليل مائية مختلفة.			
.3	أستطيع التمييز بين المواد المختلفة من حيث خواصها الحمضية، أو القاعدية.			

الوحدة الثالثة 3

الكيمياء العضوية
(Organic Chemistry)



هناك ملايين المركّبات العضوية المختلفة من حولنا، فما الخصائص الكيميائية التي ميّزت كل نوعٍ منها عن الآخر، وأكسبته أهمية بالغة في الصناعات المتنوعة؟

يتوقع من الطلبة بعد دراسة هذه الوحدة، والتفاعل مع أنشطتها أن يكونوا قادرين على توظيف دراسة التفاعلات الكيميائية في الكيمياء العضوية لتحضير بعض المركّبات العضوية، والتمييز بينها، من خلال تحقيق الآتي:

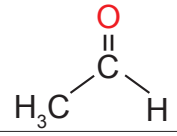
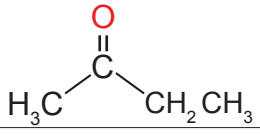
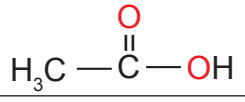
- كتابة معادلات كيميائية تمثِّل تفاعلات المركبات العضوية.
- كتابة معادلات كيميائية تمثِّل بعض طرق تحضير المركّبات العضوية.
- استنتاج نواتج تفاعلات بعض المركّبات العضوية علمياً.
- التمييز مخبرياً بين بعض المركّبات العضوية المختلفة.

(1.3): المركّبات العضوية (Organic Compounds):

اعتقد الكيميائيون حتى بدايات القرن التاسع عشر أن المركّبات العضوية تؤخذ من الأجسام الحية فقط، ولكن في عام 1829م تمكّن فريدريك فوهلر من تحضير اليوريا H_2NCONH_2 في المختبر، ومنذ ذلك الحين قام الكيميائيون بتحضير عدد من المركّبات العضوية، ودراسة خصائصها الكيميائية، والفيزيائية. وتعلمت سابقاً الهيدروكربونات، وطريقة تسميتها، وتطبيقاتها الحياتية، وتعرّفت إلى بعض المجموعات الوظيفية (Functional Groups) التي تؤثر في خصائص المركّب الفيزيائية والكيميائية، ولتتذكر هذه المجموعات، نفِّذ النشاط الآتي:

نشاط (1): أنواع المركّبات العضوية:

تمعّن صيغ المركّبات العضوية الظاهرة في الجدول، ثمّ أكمل الفراغ في خاناته، مستعيناً بكتاب الكيمياء للصف الحادي عشر:

المركّب العضوي	الصيغة العامة	المجموعة الوظيفية	الاسم النظامي (أيوباك)	مجموعة المركّب
CH_3Br	R-X	- X	برومو ميثان	الهاليدات
CH_3OH				
				
				
				

X: (Cl ،F ،Br ،I)

عرفت أن اختلاف المجموعات الوظيفية في المركّبات العضوية، يؤدي إلى اختلاف خصائصها الفيزيائية (كدرجة الغليان، والذائبية في الماء...)، فهل تختلف خصائصها الكيميائية تبعاً لذلك؟ وما نوع التفاعلات التي تحكمها؟

تحكم المركّبات العضوية تفاعلات كيميائية تُسهم في إنتاجها، والتمييز بينها، ومن أهم هذه التفاعلات: تفاعلات الاستبدال، والإضافة، والحذف، والتأكسد والاختزال، وستتعرف إلى هذه التفاعلات من خلال دراستك الخصائص الكيميائية لهذه المركّبات.

(2.3): هاليدات الألكيل (Alkyl Halides):

درست سابقاً أن الهاليدات مركّبات عضوية تحوي ذرّة هالوجين أو أكثر، مرتبطة بذرّة، أو بعدة ذرّات كربون في السلسة الهيدروكربونية، وأنها تُستخدم في صناعة المبيدات الحشرية، وفي صناعة بعض أواني الطبخ التي لا يلصق بها الطعام (مادة التفلون)، وفي مجال الطب في عمليات التخدير، وفي التنظيف الجاف، كما تُستخدم كغازات في أنابيب التبريد، وفي صناعة بعض المواد البلاستيكية.

صيغة هاليد الميثيل

CH_3-X

تُصنّف هاليدات الألكيل حسب عدد مجموعات الألكيل(R-) المتصلة بذرّة الكربون المرتبطة بشكل مباشر مع ذرّة الهالوجين (X) إلى: هاليدات الميثيل، وهاليدات ألكيل أولية، وثانوية، وثالثية.

■ **سؤال:**

ارسم الصيغة البنائية لكل مما يأتي:

1. هاليد ثالثي.
2. 2-برومو-4-كلورو هكسان.
3. 3،2-ثنائي فلورو-2-ميثيل بنتان.

وتُعدُّ هاليدات الألكيل حجر الأساس في الكيمياء العضوية التحضيرية؛ لسهولة تحويلها إلى مجموعات أخرى من المركّبات العضوية.

■ تحضير هاليدات الألكيل:

يمكن تحضير هاليدات الألكيل بعدة طرق، منها:

أ. هلجنة الألكانات:

يتفاعل الألكان مع الهالوجينات في وجود الضوء، فيتمّ استبدال ذرّة هالوجين مكان ذرّة هيدروجين، وينتج هاليد ألكيل حسب التفاعل العامّ الآتي:

$$R\text{-}H + X\text{-}X \xrightarrow{\text{ضوء شمس أو حرارة}} R\text{-}X + H\text{-}X$$

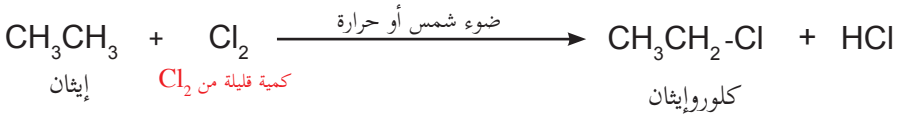
(كمية قليلة من الهالوجين)

حيث X : (Cl أو Br أو I)

مثال:

كيف يمكن تحضير كلورو إيثان من الإيثان؟

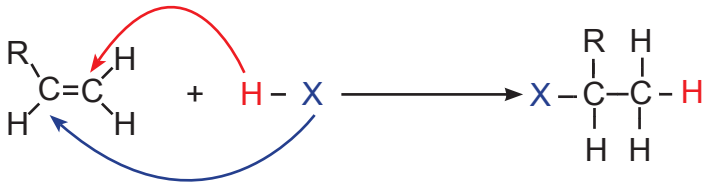
الحل:



قد تُعطي طريقة هلجنة الألكانات مزيجاً من هاليدات الألكيل، فقد تُسْتَبدَل جميع ذرات الهيدروجين في الألكان بذرات الهالوجين، إذا تعرّض الألكان لضوء الشمس، وكميّة وافرة من الهالوجين.

ب- إضافة هاليدات الهيدروجين (HX) إلى الألكينات:

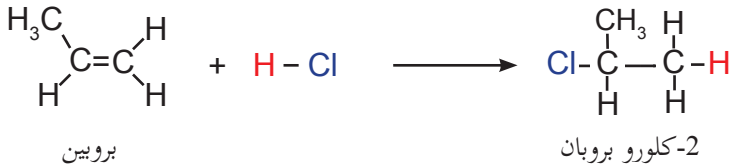
تتفاعل الألكينات مع هاليدات الهيدروجين، وينتج عن ذلك هاليدات الألكيل، ويتم هذا التفاعل وفق **قاعدة ماركوفنيكوف (Markovnikov)** التي تنص على أنه: عند إضافة هاليدات الهيدروجين (HX) إلى الألكين، فإن ذرّة الهيدروجين ترتبط بذرّة الكربون المشاركة في الرابطة الثنائية، والمرتبطة بأكبر عدد من ذرّات الهيدروجين، كما في المعادلة العامة الآتية:



مثال:

اكتب معادلة كيميائية تُمثّل تفاعل البروبين مع حمض الهيدروكلوريك HCl.

الحل:



ج- تفاعل هاليدات الهيدروجين مع الكحولات:

في هذا التفاعل يتمّ استبدال ذرّة الهالوجين مكان مجموعة الهيدروكسيل في الكحول، كما في المعادلة العامة الآتية:

حيث X: (Cl أو Br أو I).

مثال:

اكتب معادلة كيميائية تمثل تفاعل 2-ميثيل-2-بروبانول مع حمض الهيدروكلوريك HCl، وسَمِّ المركّب العضوي الناتج.

الحل:

2-ميثيل-2-بروبانول — 2-كلورو-2-ميثيل بروبان

■ **سؤال:**

أ- اكتب معادلة كيميائية تمثل تحضير برومو بروبان من البروبان.

ب- ما صيغة الهيدروكربون المُستخدم في تحضير 2-برومو-2-ميثيل بيوتان؟

■ **الخواص الكيميائية لهاليدات الألكيل:**

سنقتصر في هذا البند على دراسة بعض الخصائص الكيميائية لهاليدات الميثيل، وهاليدات الألكيل الأولية فقط، حيث تمتاز هاليدات الألكيل بوجود الرابطة $(\overset{+\delta}{C}-\overset{-\delta}{X})$ القطبية التي ترتبط فيها ذرّة الكربون مع ذرّة الهالوجين عالية الكهروسالبية نسبياً، وهذا بدوره يجعل من هاليدات الألكيل وخاصةً الأولية، وهاليدات الميثيل، تتفاعل مع المجموعات (الأيونات) الغنيّة بالإلكترونات، كتفاعلها مع هيدروكسيدات الفلزات القلوية، حيث ينتج عن هذا التفاعل الكحولات المقابلة إذا تم التفاعل في الوسط المائي، كما في المعادلة العامة الآتية:

$$R{-}X + MOH_{(aq)} \xrightarrow{H_2O} R{-}OH + MX$$

حيث X: (Cl، Br، I)، و M: (Li، Na، K،..).

مثال:

اكتب معادلة تفاعل كلورو ميثان مع محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي.

الحل:

$$\underset{\text{كلوروميثان}}{CH_3Cl} + NaOH_{(aq)} \xrightarrow{H_2O} \underset{\text{ميثانول}}{CH_3OH} + NaCl$$

أما إذا تم تسخين هاليد الألكيل في الوسط الكحولي، فيتم حذف (HX) من هاليد الألكيل، لينتج الألكين المقابل، كما هو موضّح في التفاعل الآتي:

$$CH_3CH_2Br + NaOH \xrightarrow[\Delta]{\text{مذيب كحولي}} CH_2 = CH_2 + NaBr + H_2O$$

بروموإيثان — إيثين

■ **سؤال:**

أ- أكمل معادلة التفاعل الآتي:

$$CH_3CH_2CH_2Br + KOH_{(aq)} \xrightarrow{H_2O}$$

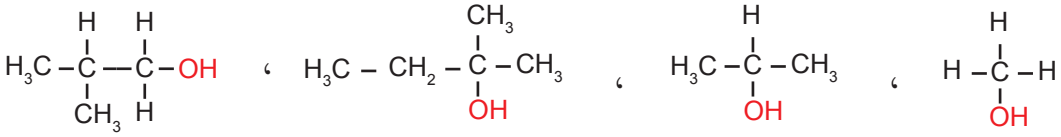
ب- كيف يمكن تحضير 1-بنتين من 1-برومو بنتان؟

(3.3): الكحولات (Alcohols):

تُعدّ الكحولات ذات أهمية بالغة في الكيمياء العضوية، ويُعزى ذلك إلى إمكانية تحويلها إلى مركّبات أخرى ذات أهمية اقتصادية عالية، ولتستذكر ما درسته سابقاً عن الكحولات، نفِّذ النشاط الآتي:

نشاط (2): الكحولات:

تمعّن صيغ الكحولات الآتية، ثُم أجب عن الأسئلة التي تليها:



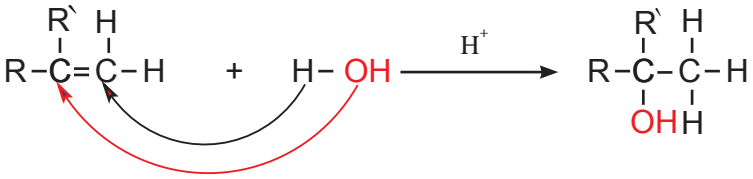
1 - سمِّ الكحولات السابقة حسب نظام الأيوباك.

2 - صنّف الكحولات السابقة إلى: أولية، وثانوية، وثالثية، وكحول ميثيلي.

■ **تحضير الكحولات:**

يمكن تحضير الكحولات بعدة طرق، منها:

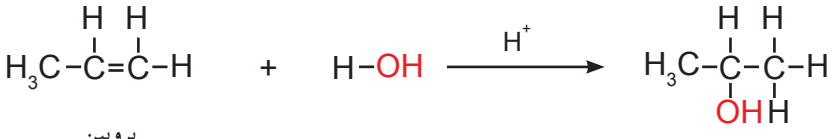
أ- إضافة الماء إلى الألكينات (Hydration) بوجود الحموض المعدنية كعوامل مساعدة، مثل H_2SO_4 وتتم الإضافة وفقاً لقاعدة ماركوفنيكوف:



مثال:

اكتب معادلة كيميائية تمثل تفاعل البروبين مع الماء في الوسط الحمضي، وسمِّ المركّب العضوي الناتج.

الحل:



بروبين

2-بروبانول

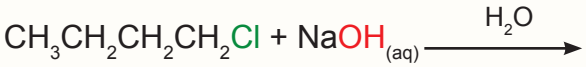
■ **سؤال:**

اكتب معادلة تحضير كحول ثالثي، يتكون من أربع ذرات كربون بإضافة الماء إلى الألكين المناسب بوجود حمض معدني كعامل مساعد.

ب- إضافة هيدروكسيدات الفلزات القلوية إلى هاليدات الألكيل الأوليّة، وهاليدات الميثيل في الوسط المائي، كما مر معك سابقاً.

■ **سؤال:**

اكتب نواتج التفاعل الآتي:



1-كلورو بيوتان

■ **الخواص الكيميائية للكحولات:**

تمتاز الكحولات بالصفات الأمفوتيرية؛ لأنها تحوي مجموعة الهيدروكسيل، فتسلك كحموض في الوسط القاعدي؛ نظراً لوجود ذرّة هيدروجين حمضية متصلة بذرّة الأكسجين، وتسلك كقاعدة في الوسط الحمضي؛ نظراً لاحتواء ذرّة الأكسجين على زوجين من الإلكترونات غير الرابطة، فتكون قادرة على استقبال بروتون من الحمض.

أ- تفاعل الكحولات كحموض:

تتميز الكحولات بخواصّ حمضية ضعيفة، ويُعزى ظهور هذه الخواصّ إلى ارتباط ذرّة الهيدروجين بذرّة الأكسجين برابطة قطبية تجعل زوج الإلكترونات المشترك في الرابطة ينحاز قليلاً نحو الأكسجين، ولذلك تتفاعل مع الفلزات النشطة مثل عُنصرَي: Na و K حيث ينتج ألكوكسيد الفلز، ويتصاعد غاز الهيدروجين، كما في التفاعل العام الآتي:

$$2\ R-OH + 2\ Na \longrightarrow \underset{\text{ألكوكسيد الفلز}}{2\ R-ONa} + H_{2(g)}$$

مثال:

اكتب معادلة كيميائية تمثل تفاعل الإيثانول مع عنصر الصوديوم.

الحل:

$$\underset{\text{إيثانول}}{2\ CH_3CH_2OH} + 2Na \longrightarrow \underset{\text{إيثوكسيد الصوديوم}}{2\ CH_3CH_2ONa} + H_{2(g)}$$

ويمكن استخدام هذا التفاعل للتمييز بين الكحولات والألكانات، ولتتعرف ذلك، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط (3): التمييز مخبرياً بين الإيثانول والهكسان:

المواد والادوات: قطعة صغيرة بحجم حبة العدس من الصوديوم، وإيثانول، وهكسان، وأنابيب اختبار عدد 2، وسدادة فلين عدد 2، وأعواد ثقاب.

خطوات العمل:

1 - ضع في أحد أنبوبي الاختبار 2 مل من الإيثانول.

2 - أضف إليه قطعة الصوديوم.

3 - أغلق الأنبوب بسدادة فلين، ماذا تلاحظ؟

4 - افتح الأنبوب، وقرّب من فوهته عود ثقاب مشتعلاً، ماذا تلاحظ؟

5 - أعد خطوات النشاط باستخدام الهكسان بدل الإيثانول، ماذا تلاحظ؟

احتياطات السلامة العامة:

- يتفاعل الصوديوم مع الماء بشدة، ولذلك يجب أخذ الحيطة والحذر عند التعامل مع الصوديوم وأثناء التسخين
- الإيثانول مادة قابلة للإشتعال ولذلك يجب أخذ الحذر عند إشعال أعواد الثقاب بالقرب منه.

اكتب معادلة التفاعل الحاصل. وما اسم المادة الناتجة من هذا التفاعل؟

ب- تفاعل الكحولات كقواعد:

1 - تتفاعل الكحولات مع الحموض الهالوجينية (HX)، وينتج عن ذلك هاليدات الألكيل كما مرّ معك سابقاً.

■ **سؤال:**

أكمل معادلة التفاعل الآتي:

$$CH_3CH_2OH + HCl \longrightarrow$$

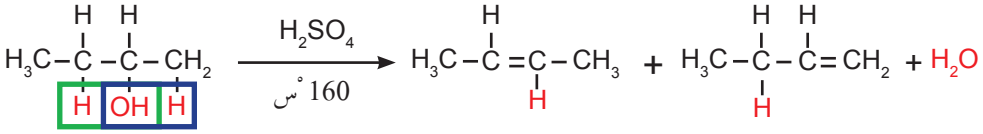
2 - تفاعل الكحولات مع حمض الكبريتيك المركّز H_2SO_4، أو حمض الفوسفوريك H_3PO_4.

يتم خلال هذا التفاعل حذف جزيء الماء (Dehydration)، وتكوين الألكين المقابل، حيث تجري عملية الحذف بتسخين الكحول مع الحمض، وفي الكحولات الثانوية، والثالثية، ينتج عن هذا التفاعل خليطٌ من الألكينات.

مثال:

اكتب معادلة كيميائية تمثّل تفاعل 2-بيوتانول مع حمض الكبريتيك المركّز عند 160 °س.

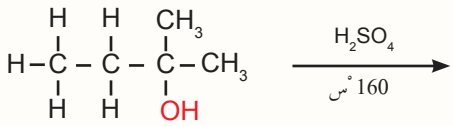
الحل:



2-بيوتانول 2-بيوتين 1-بيوتين

■ **سؤال:**

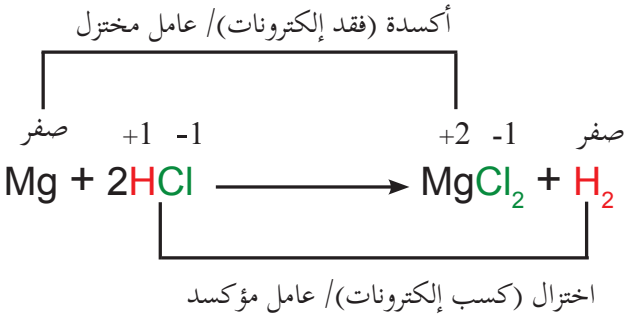
أكمل التفاعل الآتي، وسمِّ النواتج العضوية:



2-ميثيل-2-بيوتانول

ج- أكسدة الكحولات:

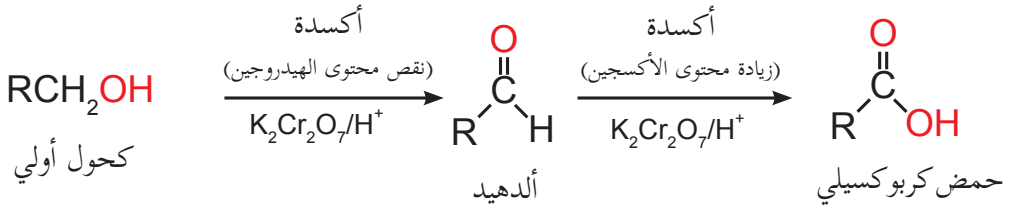
درست في الصف التاسع تفاعلات التأكسد والاختزال، وعلمت أن المادة التي تتأكسد يزداد عدد تأكسدها، وتُسمّى (العامل المختزل)؛ لأنها تسبب اختزالاً للمادة الأخرى المتفاعلة معها، والتي تُسمّى (العامل المؤكسد)، كما في التفاعل الآتي:



أما في المركّبات العضوية، فيُمكن تحديد الأكسدة والاختزال، من خلال مقارنة التغيّر في محتوى الأكسجين أو الهيدروجين للمركّب في التفاعل، فزيادة الأكسجين، أو نقصان الهيدروجين، يدل على التأكسد، في حين يدل نقصان الأكسجين، أو زيادة الهيدروجين على الاختزال.

1- أكسدة الكحولات باستخدام الدايكرومات أو البيرمنغنات في وسط حمضي:

تتأكسد الكحولات الأولية إلى الألدهيدات المقابلة باستخدام محلول دايكرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$، في وسط حمضي، وفي حالة بقاء الألدهيد في المحلول، فإنه يتأكسد بدوره إلى الحمض الكربوكسيلي المقابل، **ولا يمكن إيقاف التفاعل عند مرحلة تشكل الألدهيد، بل يستمر ليعطي الحمض الكربوكسيلي المقابل؛ ولذلك لا يمكن تحضير الألدهيدات بهذه الطريقة باستثناء الألدهيدات المتطايرة التي يكون عدد ذرّات الكربون فيها من 1-4، حيث تتبخر قبل تأكسدها.**



مثال:

اكتب معادلة كيميائية تُمثّل أكسدة 1-بروبانول، باستخدام دايكرومات البوتاسيوم في وسط حمضي.

الحل:

$$CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow{K_2Cr_2O_7/H^+} CH_3CH_2\overset{O}{\overset{\|}{C}}H$$

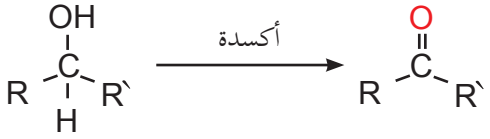
1-بروبانول — بروبانال

وفي حالة استخدام البيرمنغنات في وسط حمضي، فإن الكحول الأولي يتأكسد إلى الحمض الكربوكسيلي المقابل مباشرةً:

$$RCH_2OH \xrightarrow{KMnO_4/H^+} RCOOH$$

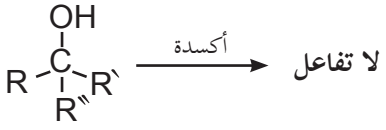
كحول أولي — حمض كربوكسيلي

أما الكحولات الثانوية فتتأكسد إلى الكيتونات المقابلة، حسب التفاعل العامّ الآتي:



كحول ثانوي — كيتون

وأما الكحولات الثالثية، فتقاوم تفاعلات الأكسدة المذكورة في الظروف العادية؛ ولذلك يمكن استخدام تفاعلات أكسدة الكحولات؛ لتمييز الكحولات الأوليّة والثانوية عن الثالثية؛ حيث يشير تغيّر لون محلول العامل المُؤكسِد على حدوث التفاعل.



كحول ثالثي

نشاط (4): أكسدة الكحولات باستخدام البيرمنغنات في وسط حمضي:

صمِّم نشاطاً عملياً، تُلاحظ من خلاله أثر إضافة محلول بيرمنغنات البوتاسيوم $KMnO_4$ إلى كحول أولي في الوسط الحمضي.

2 - الأكسدة بنزع الهيدروجين من الكحولات عند تمرير أبخرة الكحولات على مسحوق النحاس عند درجة حرارة (200 - 400°س)، وينتج عن ذلك الألدهيدات إذا كانت الكحولات أولية، بينما تنتج الكيتونات من أكسدة الكحولات الثانوية.

مثال:

اكتب معادلة كيميائية تمثّل أكسدة الإيثانول بتمرير بخاره على مسحوق النحاس عند درجة 300°س.

الحل:

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow[300^\circ س]{Cu} H_3C-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H + H_{2(g)}$$

إيثانول — إيثانال

سؤال:

ما صيغة المادة المتفاعلة، وما اسمها النظامي في التفاعل الآتي؟

$$\boxed{\quad} \xrightarrow[300^\circ س]{Cu} C_2H_5-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3 + H_{2(g)}$$

2-بيوتانون

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

تتميز الألدهيدات والكيتونات بوجود مجموعة الكربونيل الوظيفية ($-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$)، التي تكون على طرف السلسلة في الألدهيدات، وصيغتها العامة $R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$. أما الصيغة العامة للكيتونات فهي $R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R'$ حيث ترتبط مجموعة الكربونيل في الكيتونات بمجموعتي ألكيل متماثلتين، أو غير متماثلتين (R و R`).

يعدّ الميثانال $H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$ من أشهر الألدهيدات، ويُستخدم محلوله المائي المعروف بالفورمالين (40%) في حفظ الأنسجة الحيّة من التحلل؛ بسبب قدرته على منع نمو البكتريا وتكاثرها، ويُستخدم أيضاً في صناعات كثيرة، أهمها الميلامين، حيث يُكوِّن مبلمراً مع الفينول.

ومن أشهر الكيتونات البروبانون (الأسيتون)، وهو سائل عديم اللّون، يمتاز بطعم لاذع، ورائحة مميزة،

ويذوب في الماء بجميع النسب، ويستخدم في إزالة طلاء الأظافر؛ بسبب قدرته على إذابة الأصباغ الكيميائية المستخدمة في صناعة الطلاء، إضافة إلى سرعة تطايره؛ ما يُسهّل التخلص منه. ويُعدّ المادة الأولية في صناعة المبلمرات البلاستيكية وصناعة الورنيش.

■ تحضير الألدهيدات والكيتونات:

يمكن تحضير الألدهيدات بأكسدة الكحولات الأولية، بينما يمكن تحضير الكيتونات بأكسدة الكحولات الثانوية، كما مرّ معك سابقاً.

■ سؤال:

وضّح بمعادلات طريقة تحضير البروبانون (الأسيتون) من البروبين.

■ الخواص الكيميائية للألدهيدات والكيتونات:

تمتاز مجموعة الكربونيل في كل من الألدهيدات والكيتونات، بأنها مستقطبة جزئياً $>\overset{+\delta}{C}=\overset{-\delta}{O}$ ؛ وذلك بسبب الفرق في الكهروسالبية بين ذرّتي الكربون والأكسجين، وهذا يُفسّر سبب نشاط مركّباتها الكيميائي، واستجابتها لتفاعلات الإضافة، والتأكسد والاختزال، وستقتصر دراستنا في هذا البند لتفاعلات التأكسد والإختزال.

أ- تفاعلات الأكسدة:

تتأكسد الألدهيدات بسهولة إلى الحموض الكربوكسيلة المقابلة في الظروف العادية بمعظم العوامل المؤكسدة، حتى الضعيفة منها، في حين تقاوم الكيتونات بصورة عامة الأكسدة في الظروف العادية؛ لأنها لا تحتوي على ذرّة هيدروجين مرتبطة بمجموعة الكربونيل، ومن تفاعلات الأكسدة:

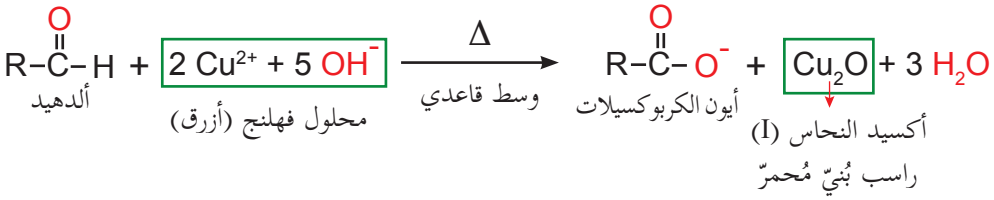
1- الأكسدة بوساطة محلول فهلنج (Fehling's solution):

يُستخدم هذا التفاعل في المختبرات الطبية؛ للكشف عن الجلوكوز، وتقدير كميته في البول؛ لأنّ جزيء الجلوكوز يحتوي على مجموعة ألدهيدية.

محلول فهلنج

يتكون محلول فهلنج A من (محلول كبريتات النحاس المائية $CuSO_4 . 5H_2O$)، ومحلول فهلنج B من (محلول ملح روشل «ترترات الصوديوم والبوتاسيوم المائية»، وهيدروكسيد الصوديوم).

إنّ العامل المؤكسد الفعّال في هذا المحلول هو أيون النحاس (II) الأزرق Cu^{2+}، ويترسّب على شكل مسحوق بُنيّ محمّر أكسيد النحاس (I) Cu_2O، في حين يتأكسد الألدهيد إلى أيون الكربوكسيلات المقابل.



ولتتعرف إلى كيفية الكشف عن مجموعة الألدهيد في سكر الجلوكوز بواسطة محلول فهلنج، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط (5): الكشف عن وجود مجموعة الألدهيد في سكر الجلوكوز بواسطة محلول فهلنج:

المواد والأدوات: جلوكوز، وماء مقطر، ومحلول فهلنج A، ومحلول فهلنج B، وأنبوب اختبار، وحامل أنابيب اختبار، وحمام مائي، أو لهب بنسن، وقطّارات متوسطة، ومخبار مدرج سعته 250 مل.

خطوات العمل:

1 - ضع (10) مل من الماء المقطّر في أنبوب الاختبار، ثُم أضف إليه كمية قليلة من سكر الجلوكوز، ورُجّه قليلاً للحصول على محلول سكري.

2 - أضفْ بوساطة قطارتين حجوماً متساوية من محلولي فهلنج إلى الأنبوب. (قطارة لكل محلول من محلولي فهلنج).

3 - ضع أنبوب الاختبار في حمام مائي ساخن، وسجّل ملاحظاتك.

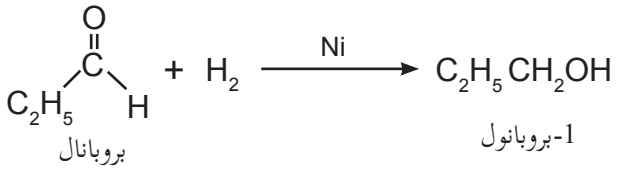
2 - الأكسدة بوساطة محلول تولِن (Tollen's Solution):

يحتوي محلول تولن على أيونات الفضة في وسط قاعدي من الأمونيا، والعامل المؤكسد في هذا المحلول هو أيون الفضة، وعند تسخين مزيج من محلول تولن وألدهيد يُختَزل أيون الفضة إلى معدن الفضة، ويترسب على جدران وعاء التفاعل مكوناً مرآة فضيّة، في حين يتأكسد الألدهيد إلى أيون الكربوكسيلات المقابل:

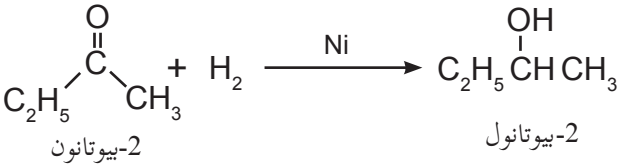
يُستخدم هذا التفاعل في صناعة المرايا، حيث يُستخدم الميثانال لترسيب طبقة الفضة على الزجاج، **ويُمكن التمييز بين الألدهيدات والكيتونات باستخدام محلول تولِن، أو محلول فهلنج؛ لأن الكيتونات لا تتفاعل معهما.**

ب. تفاعلات الاختزال:

يُمكن اختزال الألدهيدات، والكيتونات بتحويلها إلى الكحولات الأولية والثانوية على التوالي بالهدرجة الحفزية (H_2/Ni)، كما في المعادلتين الآتيتين:



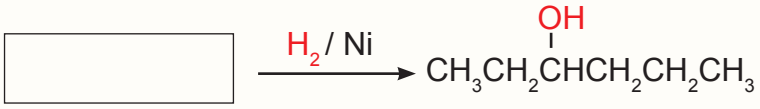
بروبانال — 1-بروبانول



2-بيوتانون — 2-بيوتانول

■ **سؤال:**

ما صيغة المادة المتفاعلة؟ وما الاسم النظامي لها في التفاعل الآتي:

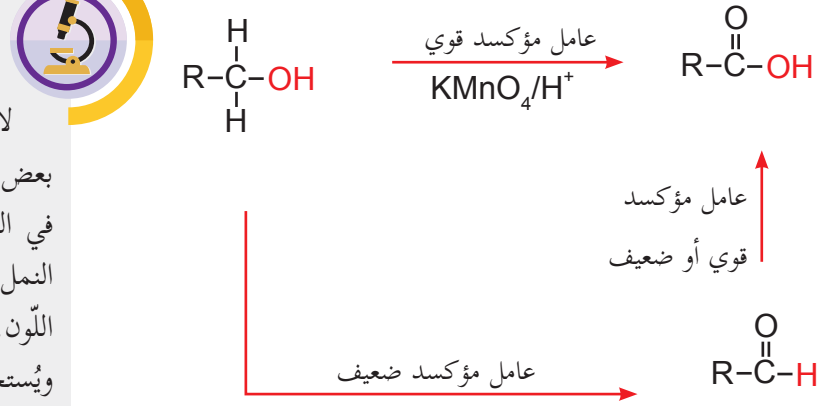


(5.3): الحموض الكربوكسيلية (Carboxylic Acids):

تتميز الحموض الكربوكسيلية بوجود مجموعة الكربوكسيل (−COOH)، التي تتكون من مجموعتَي الهيدروكسيل (−OH) والكربونيل (C=O)، والصيغة العامة لها هي RCOOH، ومن أشهر الحموض الكربوكسيلية حمض الإيثانويك، وهو سائل عديم اللون، رائحته نفّاذة، ويُحضر من أكسدة الإيثانول الناتج من عملية التخمّر (أو المُصنَّع بطرقٍ أخرى)، ويُستعمل في المأكولات، وحفظ اللحوم، والأسماك المعلّبة، وصناعة دباغة الجلود، وصناعة النسيج، وبعض المستحضرات الصيدلانية.

■ تحضير الحموض الكربوكسيلية:

تُحضّر الحموض الكربوكسيلية بطرقٍ عدّة، منها أكسدة الكحولات الأولية، والألدهيدات، كما مر معك سابقاً، كما هو موضح في المخطط الآتي:



يُسمّى حمض الميثانويك $H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$ حمض النمليك؛ لأنه يوجد في إفرازات غدد بعض أنواع النمل، وهو السبب في التهيّجات التي تحدثها لسعات النمل في الجلد، وهو سائل عديم اللّون، له رائحة نفّاذة، وطعم لاذع، ويُستخدم في صناعة النسيج.

■ سؤال:

بيِّن بمعادلات كيميائية تحضير حمض الإيثانويك، مبتدئاً بالمركّب كلورو إيثان، ومستخدماً أية مركّبات غير عضوية أخرى.

■ الخواص الكيميائية للحموض الكربوكسيلية:

أ- تفاعل الحموض الكربوكسيلية مع القواعد، والفلزات النشطة:

تتفاعل الحموض الكربوكسيلية (جميعها حموض ضعيفة) مع القواعد القوية، والضعيفة، والفلزّات النشطة مكونة أملاحها كالآتي:

1 - تفاعلها مع القواعد القوية:

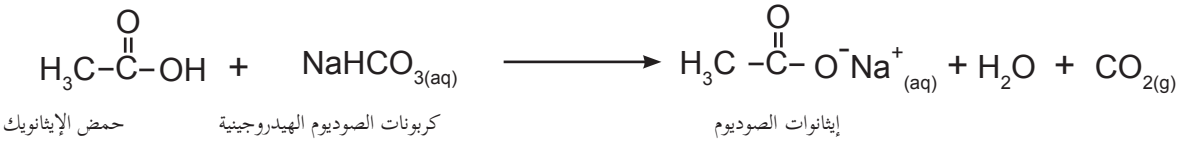
$$\underset{\text{حمض الإيثانويك}}{H_3C-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow \underset{\text{إيثانوات الصوديوم}}{H_3C-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O^-Na^+_{(aq)}} + H_2O$$

2 - تفاعلها مع الفلزات النشطة:

تتفاعل الحموض الكربوكسيلية مع الفلزات النشطة مثل الصوديوم، ويُعزى ذلك إلى وجود ذرّة H الحامضية في مجموعة الكربوكسيل، حيث يتصاعد غاز الهيدروجين كدلالة على حدوث التفاعل.

$$\underset{\text{حمض الإيثانويك}}{2\,H_3C-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH} + 2\,Na_{(s)} \longrightarrow \underset{\text{إيثانوات الصوديوم}}{2\,H_3C-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O^-Na^+_{(aq)}} + H_{2(g)}$$

3 - تفاعلها مع الأملاح القاعدية:



نشاط (6): تفاعل الحموض الكربوكسيلية مع الأملاح القاعدية:

المواد والأدوات: محلول حمض الإيثانويك (الأستيك) CH_3COOH، وكربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$، وصابون سائل، وكأس زجاجي سعته 250 مل.

خطوات العمل:

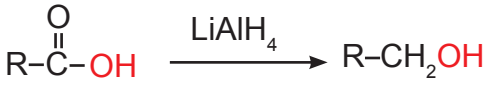
1 - أضفْ حوالي 100 مل من محلول حمض الأستيك إلى الكأس الزجاجي.

2 - أضفْ بضع قطرات من الصابون السائل إلى الكأس الزجاجي.

3 - أضفْ ملعقة صغيرة من كربونات الصوديوم الهيدروجينية إلى الكأس، وسجِّلْ ملاحظاتك.

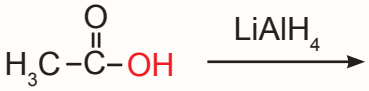
ب- اختزال الحموض الكربوكسيلية:

تُختزل الحموض الكربوكسيلية بسهولة إلى الكحولات الأولية المقابلة مباشرة، باستخدام هيدريد الليثيوم والألمنيوم ($LiAlH_4$) وهو عامل مختزل قوي:



سؤال:

اكتب الناتج العضوي في التفاعل الآتي:



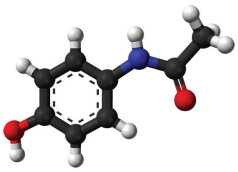
الكيمياء والتكنولوجيا والمجتمع

الأدوية ومستحضرات التجميل

تدخل المركّبات العضوية في تركيب عدد من المركّبات الدوائية، ومستحضرات التجميل، ومن الأمثلة على ذلك:

الباراسيتامول ($C_8H_9O_2N$):

يُعدّ الباراسيتامول المعروف في بعض الدول باسم الأسيتامينوفين من أشهر مسكنات الآلام التي تُصرف دون وصفة طبية؛ لسلامة استخدامه، وفعاليته، إذ لا يتسبب بأعراض جانبية سوى في حالات نادرة، كالطفح الجلدي، وانخفاض ضغط الدم، وخاصة إذا تم حقن المريض به وريدياً، أما إذا تناول الشخص جرعات تزيد عن الحد المسموح به (أكثر من 4 غم يومياً)، فقد يؤدي ذلك إلى تسمُّم الكبد أو الكُلى.



ويندرج هذا العقار ضمن مجموعة الأميدات ($RCONR_2$)، وهي إحدى المركّبات العضوية التي تنتج من تفاعل الأمونيا مع الحموض الكربوكسيلية. ويتوافر الباراسيتامول في الصيدليات والمراكز الصحية بأشكال متعددة، كالأقراص، والشراب، والمعلّقات، والتحاميل الشرجية، فضلاً عن تلك التي تُحقن في الوريد مباشرة.

ويستخدم الباراسيتامول لتخفيف حدّة الآم الأسنان، والظهر، والصداع، وخفض درجات الحرارة العالية، والحُمى المصاحبة لأنماط العدوى الفيروسية والبكتيرية.

مستحضرات تجميلية:

تنشغل كثير من الفتيات، والسيّدات بالبحث عن الجمال؛ ولذلك يملِنّ لاستخدام مستحضرات التجميل التي تتكوّن في معظمها من مركّبات عضوية، ومن هذه المستحضرات أحمر الشفاه الذي يتكوّن في معظمه من المواد الزيتيّة، والمواد الشمعيّة، والدهنيّة الضرورية لإكساب المستحضر القوام، والترطيب المناسب، وتضاف إلى المنتج بعض الصَّبغات، والملوّنات، والعطور التي تكسبه ألواناً زاهية، وروائح عطرية.

وبإمكانك الاطّلاع على الرابط أو الرمز الآتيين؛ للتعرف إلى بعض المركّبات العضوية التي تدخل في تركيب مستحضرات التجميل.

https://goo.gl/HqZth4

أسئلة الوحدة

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

1. ماذا ينتج عن أكسدة الميثانال في الظروف المناسبة؟

أ) ميثانول. ب) إيثان. ج) أسيتون. د) حمض الميثانويك.

2. ماذا ينتج عن أكسدة الكحولات الأولية باستخدام بيرمنغنات البوتاسيوم في الوسط الحمضي؟

أ) ألدهيد. ب) حمض كربوكسيلي. ج) كيتون. د) هاليد ألكيل.

3. ما المركّب الذي يختزل كاشف تولِن؟

أ) البروبانون. ب) الإيثانال. ج) الإيثانول. د) حمض الإيثانويك.

4. ماذا ينتج عن اختزال الكيتونات؟

أ) الكحولات الأولية. ب) الكحولات الثانوية. ج) الكحولات الثالثية. د) الألدهيدات.

5. ما المجموعة الوظيفية التي تميّز الألدهيد والكيتون؟

أ) $\diagup C=O\diagdown$ ب) $-NH_2$ ج) $-COOH$ د) $-OH$

6. ما المجموعة الوظيفية في الحموض الكربوكسيلية؟

أ) $-OH$ ب) $H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$ ج) $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$ د) $-COOH$

7. ما المادة التي تختزل الحموض الكربوكسيلية إلى الكحولات الأولية مباشرة؟

أ) H_2 ب) $LiAlH_4$ ج) MnO_4^- د) Cu

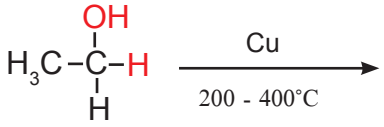
8. ما ناتج إضافة قاعدة قوية إلى هاليدات الألكيل في الوسط الكحولي؟

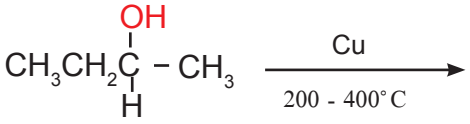
أ) ألكين. ب) كحول. ج) ألكان. د) ألدهايد.

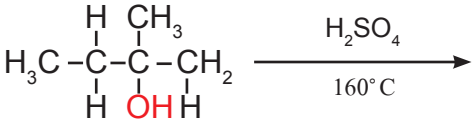
السؤال الثاني: عبّر بالمعادلات الكيميائية عن كلّ من التفاعلات الآتية، وسمّ المركّبات العضوية الناتجة:

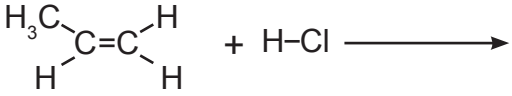
1. أكسدة 1-بروبانول باستخدام دايكرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ في وسط حمضي أكسدة تامة.
2. اختزال حمض الإيثانويك باستخدام هيدريد ليثيوم ألمنيوم $LiAlH_4$.
3. تفاعل كلورو إيثان مع هيدروكسيد الصوديوم NaOH في وسط مائي.

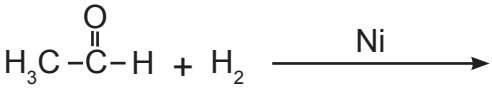
السؤال الثالث: أكمل المعادلات الآتية بكتابة الناتج العضوي المناسب، وسمّه:









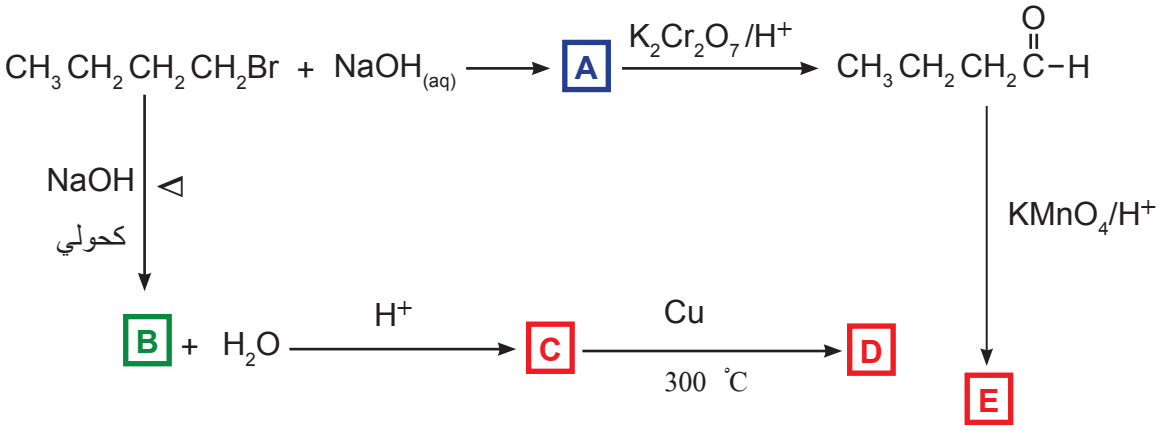


السؤال الرابع:

إذا توفر لديك في المختبر غاز الإيثين، وضّح بمعادلات طريقتين مختلفتين لتحضير برومو إيثان.

السؤال الخامس:

ادرس المخطط الآتي، واكتب صيغ وأسماء المركّبات العضوية المشار إليها بالحروف (A،B،C،D،E) الواردة في المخطط الآتي.



السؤال السادس: بيّن بمعادلات كيميائية كيف يمكنك التمييز بين كل مما يأتي:

1. ع-بروبان، و1-بروبانول.
2. 2-بروبانول، و2-ميثيل-2-بروبانول.
3. الإيثانال، والبروبانون (الأسيتون).
4. حمض الإيثانويك، والهكسان.

السؤال السابع: أقيّم ذاتي:

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

الرقم	العبارة	دائماً	أحياناً	نادراً
.1	أستطيع الربط بين المركب العضوي ومجموعته الوظيفية.			
.2	أستطيع أن أتنبأ بنواتج تفاعلات المركبات العضوية.			
.3	أستطيع أن أميّز بين المركبات العضوية المختلفة.			

الوحدة الرّابعة 4

الكيمياء في حياتنا

(Chemistry in our life)

تأمّلْ ثم فكّرْ:

حيثما تَلتَفِتْ تَرَ موادَّ، ومُصنّعات كيميائيّة، فكيف يمكن أن تتخيل عالمك دون كيمياء؟

يتوقع من الطلبة بعد دراسة هذه الوحدة، والتفاعل مع أنشطتها أن يكونوا قادرين على توظيف المعرفة الكيميائية المرتبطة بتركيب وخصائص الأغذية، وبعض المنتجات المختلفة في تبني مواقف معينة، من خلال تحقيق الآتي:

- التمييز بين المجموعات الغذائيّة الأساسية من حيث التركيب، والخواص، والدور الحيوي في جسم الإنسان.
- التمييز بين أنواع المواد المضافة للأغذية، وبيان أسباب إضافتها، وبعض آثارها الصحيّة المحتملة.
- توظيف المعرفة الغذائيّة في إعداد برنامج غذائي متوازن، والالتزام به.
- تبنّي موقف من المُضافات والعادات الغذائيّة السيئة.
- استخدام الصيغ البنائية لبعض الأدوية والمُطهرات المتوفّرة في صيدلية الإسعاف المنزليّة للتعرف إلى تركيبها الكيميائي وبعض خصائصها.
- تصنيف الألياف النسيجية عملياً.
- توظيف الأنشطة العملية والمعادلات الكيميائية للتعرف إلى بعض الصبغات النسيجية، وبعض خصائصها.
- توظيف المعرفة العلمية بالألياف في اختيار المنسوجات المناسبة في الحياة اليوميّة.

85

(1.4): الكيمياء والغذاء:

ينصح جميع الأطباء، وخُبراء التغذية والتجميل بأهمية اتّباع نظام غذائي صحي ومتوازن؛ لأن العناية بالبشرة والشعر والقوام تبدأ من غذاء الإنسان الصحي الذي ينعكس إيجاباً على مظهره الخارجي، وإن سوء التغذية، وعدم اتباع نظام غذائي صحي له خطورة على المدى البعيد، كالإسراع في ظهور علامات الشيخوخة المبكرة التي تتجلى في الصلع أو الشيب، وظهور التجاعيد، وترهُّل الجسم، وضعف الذاكرة والقدرات العقلية، والسُّمنة المفرطة أو النحافة، وتورُّم اللِّثة وتقيُّحها، وحبّ الشباب، وجفاف الجلد، وتساقط الشعر، فكيف يمكن اعتماد الغذاء كبديل عن مستحضرات التجميل والعناية بالبشرة؟ وما أنواع الأغذية الضرورية لجسم الإنسان؟ وكيف نختار الغذاء المناسب كمّاً ونوعاً؟

درست سابقاً اعتماد الإنسان على مصادر حيوانية ونباتية للحصول على حاجاته الغذائيّة التي تشمل المجموعات الغذائيّة المهمة في بناء جسم صحي وسليم، ولتستذكر هذه المجموعات الغذائيّة، ووظائفها الأساسية، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط (1): المجموعات الغذائيّة:

يوصي خبراء التغذية بوجبات طعام تستوفي يومياً كل المجموعات الغذائيّة التي تعتمد على الشكل المجاور، تأمّله، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

1 - ماذا يُمثّل الشكل السابق؟

2 - ما وظائف الغذاء في جسم الإنسان؟

3 - ما أهم المجموعات الغذائيّة التي تحقق الوظائف الرئيسة للغذاء؟

4 - لماذا رتّب خبراء التغذية مجموعات الغذاء بشكل هرمي في مستويات؟

5 - ما المستوى الذي يُشكّل الجزء المهم عند التخطيط لغذاء صحي وسليم؟ ولماذا برأيك؟

6 - ما المستوى الذي **لا** بد من التقليل من استهلاكه أثناء إعداد الوجبات الغذائيّة؟

7 - برأيك، ما المقصود بالحصة الغذائيّة؟ ولماذا يوجد مدى من الحصص الغذائيّة في كل مستوى؟

لعلك استنتجت حاجة جسم الإنسان للغذاء بوصفه مصدراً للطاقة، ومصدراً للبناء، وتجديد الخلايا، ومصدراً للوقاية من الأمراض، ويُراعى تناول الوجبات الغذائيّة بصورة منتظمة ومتوازنة، وتُعرّف الكمّيّة المسموح للفرد بتناولها من كل مجموعة غذائيّة في اليوم بحيث تضمن توازن وجباته، وعدم تعرّضه لأضرار صحيّة **بالحصة الغذائيّة المثاليّة.**

(1.1.4): الغذاء والطاقة:

تُعدّ الطاقة متطلّباً مهمّاً للقيام بالأنشطة، والوظائف الحيويّة المختلفة، ودون هذه الطاقة ينهار الجسم، ويصل إلى نهايته، ومصدر هذه الطاقة الغذاء الذي نأكله، والأكسجين الذي نستنشقه، وتختلف الأغذية في مقدار الطاقة التي تنتجها بناءً على ما تحتويه من المجموعات الغذائيّة الأساسية التي تُساهم بإمداد الجسم بالطاقة، وهي: الكربوهيدرات، والدهنيات، والبروتينات.

■ **سؤال:**

ما أشكال الطاقة التي يستخدمها الإنسان في نشاطاته المتنوعة؟

تُقاس كمّيّة الطاقة الكامنة في الأغذية المختلفة بوحدات **السعر الحراري (kilocalorie)، وهو كميّة الحرارة اللّازمة لرفع درجة حرارة (1) لتر من الماء النقي درجة مئوية واحدة.**

والجدول (4-1) الآتي، يُبيّن القيمة الحراريّة الناتجة من عملية التنفس الخلوي للمجموعات الغذائيّة الأساسية التي تَمُدّ الجسم بالطاقة.

الجدول (4-1): القيمة الحراريّة للمجموعات الغذائيّة الأساسية

نوع الغذاء	كربوهيدرات	دهون	بروتينات
القيمة الحراريّة بالسعر الحراريّ (kilocalorie)/غم	4.0	9.0	4.0

والمثال الآتي يوضّح كيفيّة احتساب قيمة السعرات الحراريّة للغذاء من خلال مكوناته.

القيمة الحراريّة: كميّة الحرارة الناتجة من حرق 1 غم من المادة حرقاً تاماً.

مثال:

أكلت عبير قطعة صغيرة من الحلوى تحتوي على 2 غم كربوهيدرات، و 3 غم دهون. فما الطاقة التي اكتسبتها عبير لدى أكلها قطعة الحلوى؟

الحل:

اعتماداً على الجدول (4-1) السابق، يتم احتساب السعرات الحراريّة لكل عنصر من العناصر الغذائيّة كالآتي:

- 2 غم كربوهيدرات تعطي $2 \times 4.0 = 8.0$ سعرات حراريّة.
- 3 غم دهون تعطي $3 \times 9.0 = 27.0$ سعراً حرارياً.

إذن: كميّة الطاقة التي اكتسبتها عبير من قطعة الحلوى يساوي مجموع السعرات الحراريّة في قطعة الحلوى $= 8.0 + 27.0 = 35.0$ سعراً حرارياً.

■ **سؤال:**

احسب السعرات الحراريّة في 300 غم حليب، يحتوي على 5% كربوهيدرات، و 3% دهن، و 4% بروتين.

تُعدُّ الأنشطة والأعمال المختلفة أحد العوامل التي تؤثّر على احتياجات الجسم اليومية من الطاقة التي تختلف في قيمتها، وفق نوع الأنشطة التي يقوم بها الفرد، ووفق الجنس، والعمر. وبإمكانك الاطّلاع إلى محتوى الرمز، أو الرابط الآتيين؛ لتتعرف إلى كميّة السعرات الحراريّة المصروفة لبعض الأنشطة، وكميّة السعرات الحراريّة التي تحتاجها فئات عمرية مختلفة من ذكر وأنثى، والسعرات الحراريّة التي تكسبها أطعمة مختلفة نتناولها بشكل يومي.

https://goo.gl/RsvW31

ولا بد أن يحرص الفرد على توازن الطاقة التي يكتسبها من خلال الغذاء، والطاقة التي يصرفها في القيام بوظائفه الحيويّة وأنشطته المختلفة للحصول على وزن مثالي، انظر الشكل (4-1) الآتي:

الشكل (4-1): ميزان الطاقة

حيث إنّ زيادة كميّة الطاقة المكتسبة عن كميّة الطاقة التي يحتاجها الجسم لوظائفه تؤدي إلى زيادة في الوزن، ويمكن استخدام مؤشّر كتلة الجسم (BMI) (Body Mass Index)؛ لتصنيف البالغين من حيث السُّمنة، أو النحافة إلى ستّ فئات، كما يوضّحها الجدول (4-2) الآتي، ويُحسب مؤشّر كتلة الجسم وفق العلاقة الآتية:

$$\text{مؤشّر كتلة الجسم (BMI)} = \frac{\text{كتلة الجسم (كغم)}}{\text{الطول (م)} \times \text{الطول (م)}}$$

الجدول (4-2): مؤشر كتلة الجسم

مؤشر كتلة الجسم (BMI)	التصنيف
أقل من 16.5	نحيف جداً (سوء تغذية)
18.5 - 16.5	وزن نحيف
25 - 18.5	وزن مثالي
30 - 25	وزن زائد
40 - 30	وزن سمين
أكثر من 40	سُمنة مفرطة

نشاط تعزيزي:

احسب مؤشّر كتلة الجسم لأفراد أسرتك، وأصدقائك، وصنّفهم حسب المعلومات الواردة في الجدول (4-2) السابق، ثُم اقترح سلوكات غذائيّة للتغلب على المشكلات المرتبطة بالوزن.

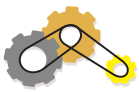
بعد دراستك بند الغذاء والطاقة، ومعرفتك المجموعات الغذائيّة التي تَمُدّ الجسم بالطاقة. ستتعرف إلى التركيب الكيميائي للكربوهيدرات، بوصفها المصدر الأول لإمداد الجسم بالطاقة.

■ الكربوهيدرات (Carbohydrates):

تُعَدُّ الكربوهيدرات من أكثر المركّبات الغذائيّة العضوية استهلاكاً بالنسبة للإنسان، وتُعدّ النباتات الخضراء المصدر الرئيس لإنتاجها، ومن أبرز الأمثلة عليها: سكّر المائدة. فممَّ تتكوّن الكربوهيدرات؟ وما أصل تسميتها؟ لتتعرّف إلى ذلك، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط (2): الكربوهيدرات:

المواد والادوات: سكّر المائدة (سكروز)، وأنبوب اختبار، وملعقة صغيرة، ولهب بنسن، وماسك خشبي.



خطوات العمل:

1 - ضع ملعقة صغيرة من سكّر المائدة في أنبوب الاختبار.

2 - سخّن الأنبوب على لهب بنسن لفترة من الزمن (2-4) دقائق، وسجّل ملاحظاتك.

الأسئلة:

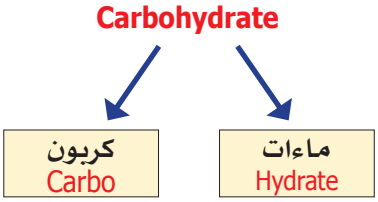
1 - ما التغيرات التي حدثت للسكّر أثناء عملية التسخين؟

2 - ما اسم المادة السّوداء المتكوّنة في قعر الأنبوب؟

3 - ما اسم السائل الناتج المتكاثف على الجزء العلوي من جدار الأنبوب؟

4 - معتمداً على إجاباتك السابقة، ما العناصر الداخلة في تركيب السكّر؟

5 - ما علاقة العناصر الداخلة في تركيب السُّكّر وتسمية الكربوهيدرات بهذا الاسم؟



يُطلق على الكربوهيدرات اسم ماءات (هيدرات) الكربون، وصيغتها العامة $C_n(H_2O)_m$، وتعتمد قيمة (m ، n) على أنواع الكربوهيدرات، حيث تُصنّف الكربوهيدرات إلى **كربوهيدرات بسيطة**، كالسُّكّريات الأحادية، والثنائيّة، **وكربوهيدرات معقّدة**، كالنشا، والسيليولوز، والغلايكوجين.

نشاط تعزيزي:

بإمكانك الاطّلاع على الرابط، أو الرمز الآتيين؛ للتعرّف إلى تجربة تفحّم السكّر.

https://goo.gl/sGkr8P

■ الكربوهيدرات البسيطة:

1 السُّكّريات الأحادية (Monosaccharides):

تُعدّ السُّكّريات الأحادية من أبسط أنواع السُّكّريات، ويحتوي الجزيء الواحد منها على (3 - 6) ذرّات كربون، ومن أشهرها سكّر الغلوكوز (سكّر العنب)، ولتتعرف إلى الصّيغة العامة لهذا النوع من السُّكّريات، تأمّل الصّيغ الجزيئية لبعض السُّكّريات الأحادية الآتية، ثُم أجب عن الأسئلة التي تليها:

$C_3H_6O_3$ ، $C_4H_8O_4$ ، $C_6H_{12}O_6$

1 - ما عدد ذرّات الكربون في كل منها؟

2 - اكتب صيغ هذه السُّكّريات بالاعتماد على الصّيغة العامة للكربوهيدرات $C_n(H_2O)_m$، وما العلاقة بين قيمتي m و n في الصيغة؟

3 - إذا علمت أنّ الرايبوز من السُّكّريات الأحادية الخماسية التي تحتوي على 5 ذرات كربون، وتدخل في تركيب الحموض النووية (DNA ، RNA)، اكتب الصّيغة الجزيئيّة لهذا السّكّر.

ويبين الشكل (4-2) الآتي بعض مصادر السُّكريات الأحادية التي تتكون من 6 ذرات كربون.

الغلوكوز

الفركتوز

الغلاكتوز

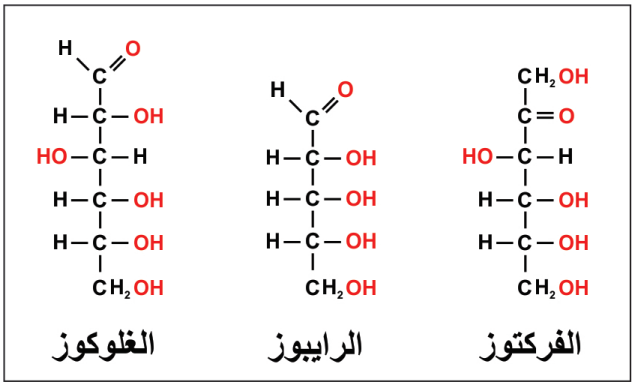
الشكل (4-2): بعض مصادر السُّكّريات الأحادية السداسية

ولتتعرّف التركيب الكيميائي للسُّكّريات الأحادية، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط (3): السُّكّريات الأحادية:

تأمّل الصّيغ البنائيّة لبعض السُّكّريات الأحادية الآتية، ثم أجب عن الأسئلة التي تليها:

*



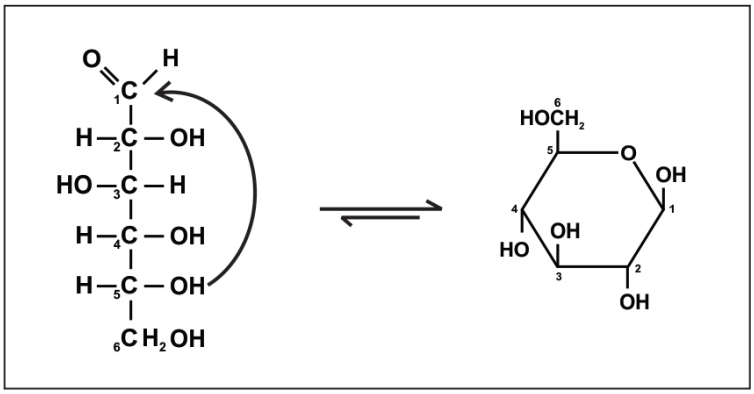
1 - ما عدد ذرّات الكربون في كل من صيغ السُّكريات السابقة؟

2 - ما نوع المجموعات الوظيفية في كل منها؟

3 - إذا علمت أن السُّكّريات الأحادية هي ألدهيدات، أوكيتونات متعددة الهيدروكسيل، فأيُّ السُّكّريات السابقة هي سّكّريات ألدهيدية، وأيُّها سّكّريات كيتونية؟

* الصّيغ البنائية ليست للحفظ.

تشير الدلائل التجريبية إلى أن للسُّكّريات الأحادية صيغتين بنائيتين، إحداها مفتوحة، والأخرى حلقية، وأن هاتين الصّيغتين في حالة اتزان؛ ويعود ذلك إلى قدرة ارتباط إحدى مجموعات الهيدروكسيل الكحولية بمجموعة الكربونيل الألدهيدية، أو الكيتونية في السلسلة. والشكل (3-4) الآتي يمثل حالة الاتزان بين البنائين المفتوح، والحلقي لسكّر الغلوكوز.

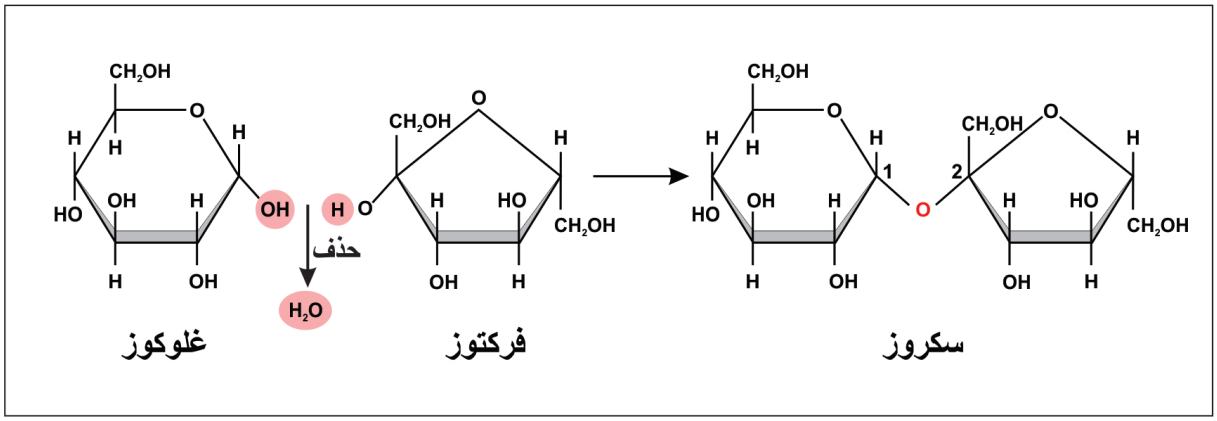


الشكل (3-4): البناء المفتوح والحلقي للغلوكوز (ليس للحفظ)

يساعد الشكل الحلقي على ارتباط جزيئات السّكّر الأحادي بعضها ببعض، ومع غيرها من جزيئات السُّكّريات الأحادية الأخرى؛ لتكوين سكّريات أكثر تعقيداً، وتمتاز السُّكّريات الأحادية، سواءً كانت ألدهيدية، أو كيتونية بقدرتها على التأكسد؛ لسهولة تحوُّل المجموعة الكيتونية إلى ألدهيدية، وهذا له دور حيوي في التفاعلات داخل الخلايا الحيّة لإنتاج الطاقة الضرورية للقيام بالوظائف الحيويّة المختلفة.

2 السُّكّريات الثنائيّة (Disaccharides):

يتكوّن جزيء السُّكّر الثنائي من اتحاد جزيئين من السُّكّريات الأحادية الحلقية، ويتم خلال ذلك حذف جزيء ماء، ويوضّح الشكل (4-4) الآتي تكَوّن جزيء السكروز من اتحاد جزيء الفركتوز، وجزيء الغلوكوز.



الشكل (4-4): تكَوّن جزيء السكروز (ليس للحفظ)

وتمتاز السُّكّريات الثنائيّة، بذائبيتها العالية في الماء، ومذاقها الحلو، ولونها الأبيض إذا كانت نقية، ويُعدُّ السكروز (سكر المائدة) أكثرها حلاوةً؛ بسبب دخول الفركتوز في تكوينه، والذي يمتاز بأنّه أكثر السُّكّريات الأحادية حلاوة، ويوضّح الجدول (4-3) الآتي أشهر السُّكّريات الثنائيّة، ووحدات السُّكّريات الأحاديّة المكوِّنة لها، وأهم مصادرها الطبيعيّة.

الجدول (4-3): أشهر السُّكّريات الثنائيّة، والوحدات المكوّنة لها، وأهم مصادرها الطبيعيّة

السكّر الثنائي	السكّريات الأحادية المكونة له	مصادره الطبيعية
السكروز (سكّر المائدة)	غلوكوز + فركتوز	قصب السكّر، الشمندر
المالتوز (سكّر الشعير)	غلوكوز + غلوكوز	الشعير
اللاكتوز (سكّر الحليب)	غلاكتوز + غلوكوز	الحليب

■ **سؤال:**

اكتب الصّيغة الجزيئيّة للسُّكّريات الثنائيّة الظاهرة في الجدول (4-3) السابق، وما الصّيغة العامة للسُّكّريات الثنائية؟

ولعلك تتساءل: هل تتأكسد السُّكّريات الثنائية كما هو الحال في السُّكّريات الأحادية؟ لتتعرف إلى ذلك، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط (4): أكسدة السُّكّريات الثنائيّة:

المواد والادوات: سكّر المائدة (السكروز)، وسكّر الغلوكوز، ومحلولا فهلنج، أو كاشف تولن، وحمض الهيدروكلوريك HCl ، وماء مقطّر، وأنبوبا اختبار، ولهب بنسن، وملعقة صغيرة، وقطّارات، وحمام مائي ساخن، ومخبار مدرّج.

خطوات العمل:

1 - ضع 5 مل من الماء المقطّر في أنبوب اختبار.

2 - أضف إلى أنبوب الاختبار كميّة قليلة من سكّر الغلوكوز (حوالي ربع ملعقة صغيرة)، ثُم رُجّ الأنبوب جيداً حتى يذوب السُّكّر.

3 - أضف بوساطة القطارات حجوماً متساوية من محلولي فهلنج، ثم ضع الأنبوب في حمام مائي ساخن، وسجّل ملاحظاتك.

4 - كرّر الخطوات (1 و2 و3) مستخدماً السكروز بدلاً من الغلوكوز في الأنبوب الثاني، وسجّل ملاحظاتك.

5 - أضف للأنبوب الثاني بِضع قطرات من محلول HCl، ثم ضعه في الحمام المائي الساخن، وسجّل ملاحظاتك.

الأسئلة:

1 - ما دلالة تأكسد السُّكّريات الأحادية، والثنائية في التجربة؟

2 - ما أهمية إضافة حمض HCl إلى الأنبوب الثاني؟

لعلك لاحظت من النشاط السابق أنّ السُّكّريات الثنائية تتأكسد؛ لأنها تتحلل في الوسط الحمضي إلى مكوناتها الأساسية من السُّكّريات الأحادية؛ ما يفسر سبب تأكسدها. **ومن الجدير ذكره أنّ الفواكه المتنوعة لا تحتوي على نوع واحد من السُّكّريات، وإنما خليط من السكروز، والفركتوز، والغلوكوز بنسب متفاوتة.**

■ الكربوهيدرات المعقدة (polysaccharides):

يُعدُّ النشا والغلايكوجين من أمثلة السُّكّريات المعقدة، وسنتعرّف فيما يأتي إلى تركيبها الكيميائي، وملائمته لوظيفتها في الكائنات الحيّة.

1 النشا (Starch):

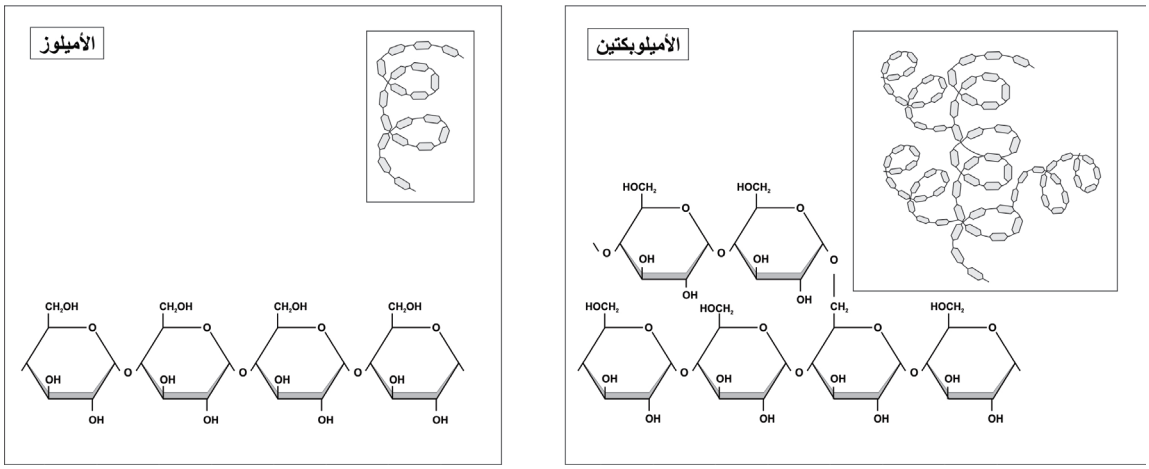
درست سابقاً أن النشا من البوليمرات الطبيعية التي تتكون من عدد كبير من وحدات سكّر الغلوكوز، وأنه يُخزن في خلايا النبات كغذاء احتياطي، وكمصدر للطاقة، ولتتعرف إلى مكونات النشا، نفِّذ النشاط الآتي:

نشاط (5): مكونات النشا:

أضف ملعقتين صغيرتين من النشا إلى كوب ماء ساخن مع التحريك، ثُمّ اتركه قليلاً، وسجّل ملاحظاتك عن ذوبان النشا.

تعلم أنّ النشا مادة بيضاء، مذاقها غير حلو، تذوب جزئياً في الماء؛ ما يدل على أنه يتكون من جزأين، أحدهما يذوب في الماء، ويُشكّل ما نسبته (10-20)% من كتلة النشا، ويُسمى **الأميلوز**، في حين أنّ الجزء الآخر لا يذوب في الماء الساخن، ويُشكّل ما نسبته (80-90)% من النشا، ويُسمى **الأميلوبكتين**.

ويختلف الأميلوبكتين عن الأميلوز في أنّ سلاسله متفرّعة، وتتكون من عدد كبير من وحدات الغلوكوز، ويوضّح الشكل (4-5) الآتي مقطعاً من سلاسل الأميلوز، والأميلوبكتين المكوّنين للنشا.



الشكل (4-5): مقطع من سلاسل الأميلوز، والأميلوبكتين المكوّنين للنشا (ليس للحفظ)

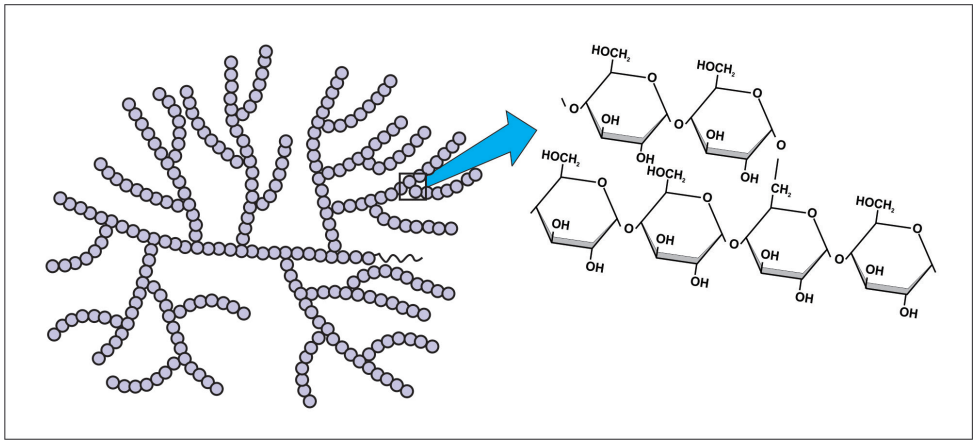
■ **سؤال:**

أيُّ السُّكّريات الثنائيّة التي تعرفت إليها سابقاً تشبه تركيب الأميلوز؟

2 الغلايكوجين:

إن تركيز سكر الغلوكوز في الخلايا الحيّة له قيمة محددة، وعندما يزداد تركيزه في خلايا النبات يُخزّن على شكل نشا، فكيف يُخزّن الفائض من سُكّر الغلوكوز في الخلايا الحيوانية؟

يُخزن الفائض من سُكّر الغلوكوز في الخلايا الحيوانيّة على شكل نشا حيواني يُسمى **الغلايكوجين**، ويشبه في تركيبه الكيميائي الأميلوبكتين، لكنّ سلاسِلَه أكثر طولاً وتفرُّعاً. فعند حدوث نقص في تركيز الغلوكوز في الدم، أو بذل الجسم مجهوداً، فإن الغلايكوجين يتحلل بسرعة إلى جزيئات الغلوكوز التي تستخدمها الخلايا لإنتاج الطاقة، والشكل (4-6) الآتي يبيّن مقطعاً لأحد سلاسل الغلايكوجين:



الشكل (4-6): مقطع من سلاسل الغلايكوجين **(ليس للحفظ)**

(2.1.4): الغذاء والبناء:

يُعَدُّ النمو من أبرز الخصائص المميّزة للكائنات الحيّة، وتحتاج عملية النمو إلى مواد تُساعدها في بناء الخلايا، وتعويض التالف منها، فما هذه المواد؟ وما تركيبها الكيميائي؟

■ **البروتينات (Proteins):**

تُشكّل البروتينات حوالي نصف كتلة الجسم الجاف، وتتميز بأدوارها المتنوعة في خلايا الكائنات الحيّة، حيث تعمل على بناء خلايا الجسم، وتعويض التالف منها، كما أنها تدخل في تركيب الهرمونات والأنزيمات، وتكوين الأجسام المضادة التي تحمي الجسم من الأمراض، بالإضافة لذلك تُعدُّ البروتينات مصدراً احتياطياً

الشكل (4-7): أهم مصادر البروتينات النباتية والحيوانية

للطاقة، يستعملها الجسم في حالة نفاذ الكربوهيدرات والدهون منه. ويوضّح الشكل (4-7) المجاور بعضاً من المصادر النباتيّة والحيوانيّة للبروتينات:

فكّر

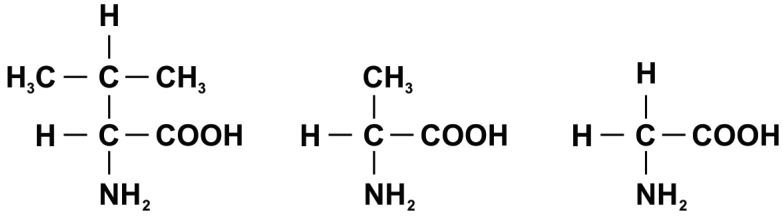
تَتعرض أجسادُ أسرانا البواسل إلى الهزال الشديد، عندما يلجؤون إلى الإضراب عن الطعام لفترات طويلة، احتجاجاً على ممارسات سلطات الاحتلال الإسرائيلي القمعيّة بحقهم داخل السجون.

لقد مرّ معك أن البروتينات بوليمرات طبيعيّة، وحداتها الحموض الأمينيّة، وتختلف أنواعها ووظائفُها وفقاً لأنواع، وأعداد، وطريقة، ترتيب الحموض الأمينيّة المكوّنة لها، وقد تتساءل: ما تركيب الحموض الأمينيّة؟ وما أهم خواصها؟ وكيف ترتبط بعضها مع بعض لإنتاج البروتينات؟ لتتعرّف إلى ذلك، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط (6): الحموض الأمينيّة:

تأمّل الصّيغ البنائيّة الآتية لبعض الحموض الأمينيّة، ثم أجب عن الأسئلة التي تليها:

*



glycine	alanine	Valine
الغلايسين	ألانين	الفالين

1 - ما العناصر الأساسيّة المكوِّنة للحموض الأمينيّة؟

2 - ما نوع المجموعات الوظيفيّة في كل منها؟

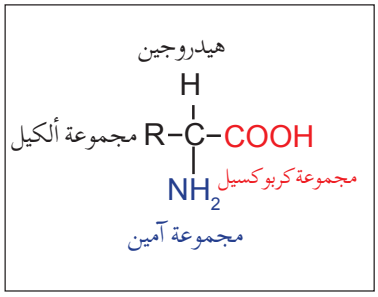
3 - حدّد الجزء المشترك في تركيب الحموض الأمينيّة السابقة.

4 - اكتب صيغة عامة تمثّل الحموض الأمينيّة السابقة.

5 - أيُّ المجموعات الوظيفيّة في صيغة الحموض الأمينية مانحة للبروتون، فتمتلك صفة حمضية، وأيُّها تستقبل بروتوناً، فتمتلك صفة قاعدية؟

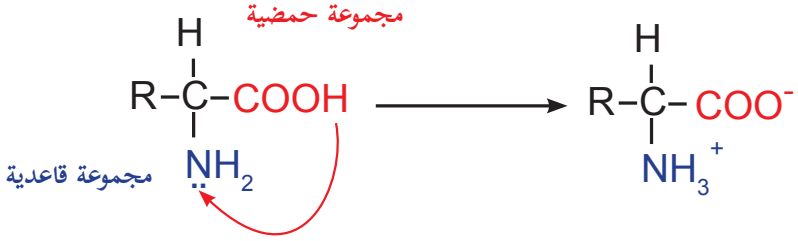
* الصّيغ البنائية ليست للحفظ.

لعلك توصلت من النشاط السابق أنَّ الحموض الأمينيّة تشترك في الصّيغة العامة المجاورة. وقد تحتوي بعض الحموض الأمينيّة المكوِّنة لبعض البروتينات عناصر أخرى غير العناصر الأساسيّة التي توصلت إليها كالكبريت والفسفور، كما أنّ المجموعة الطرفية (-R) قد تكون سلسلة كربونيّة مستقيمة أو متفرّعة، وقد تكون مشبعة، أو غير مشبعة، ويبلغ عدد الحموض الأمينيّة المكوّنة لمعظم بروتينات جسم الإنسان حوالي 20 حمضاً، منها ما هو أساسي لا يستطيع الجسم تكوينه، ومنها ما هو غير أساسي يستطيع الجسم تكوينه، ويُعَدُّ حمض الغلايسين من أبسط الحموض الأمينيّة تركيباً.



■ خواص الحموض الأمينيّة:

يُسهِّل وجود مجموعة الكربوكسيل الحمضية المانحة للبروتون، ووجود مجموعة الأمين القاعدية المستقبلة للبروتون، المتجاورتين على نفس ذرّة الكربون في الحمض الأميني انتقال البروتون (H^+) من مجموعة الكربوكسيل إلى مجموعة الأمين، فينتج حمض أميني متأيّن يشبه الأملاح غير العضوية يُسمّى **الأيون المزدوج**. تأمل الشكل (4-8) الآتي، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:



الشكل (4-8): تَشكُّل الأيون المزدوج في الحمض الأميني

1 - توجد الحموض الأمينيّة في حالتها النقيّة على شكل مركّبات متبلورة بيضاء وصُلبة. ما نوع قوى الترابط بين مكوّنات بلورة الحمض الأميني؟

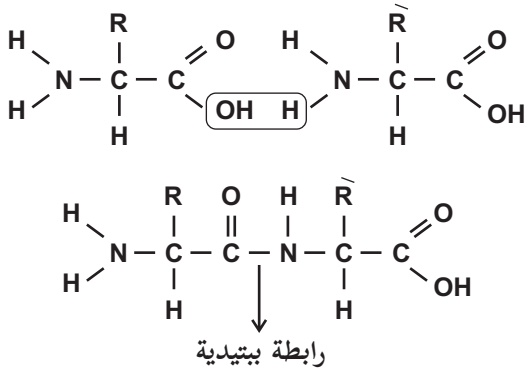
2 - هل تذوب الحموض الأمينيّة النقيّة في الماء، أم في المذيبات غير القطبيّة؟ فسّر إجابتك.

3 - قارن بين درجات انصهار الحموض الأمينيّة مع المركّبات العضوية التي تقاربها في الكتلة المولية، مفسراً إجابتك.

■ تكوين البروتينات:

ترتبط الحموض الأمينيّة بعضها مع بعض كمونومرات لتكوين البروتينات، وينشأ عن ارتباط حمضين أمينيّين رابطة ببتيدية، ويُطلق على الجزيء الناتج **ثنائي الببتيد**، وإذا ارتبط عدد كبير من الحموض الأمينيّة تنتج

سلسلة بروتين؛ أي بوليمر **عديد الببتيد**. ويُمثّل الشكل (4-9) المجاور كيفيّة ارتباط حمضين أمينين، تأمله جيداً وأجب عن الأسئلة الآتية:

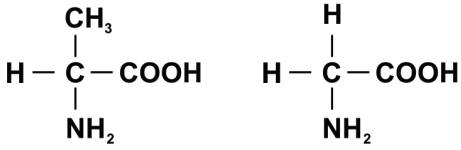


الشكل (4-9): ارتباط حمضين أمينيّين

1- ما المجموعة الوظيفيّة التي تنتج من ارتباط حمضين أمينيّين؟

2- ما نوع البلمرة الناتجة عند تكوين البروتينات؟

3- ارسم صيغة ثنائي الببتيد الناتج من ارتباط حمض ألانين مع حمض الغلايسين.



glycine
الغلايسين

alanine
ألانين

يختلف طول سلسلة البروتين وفق نوعه، فهرمون الأنسولين المُنظِّم لكميّة السكر في الدم يتكون من بلمرة 51 حمضاً أمينياً، بينما يتكون الهيموغلوبين المسؤول عن نقل الأكسجين في الجسم من 574 حمضاً أمينياً.

(3.1.4): الغذاء والوقاية:

تحتاج أجسام الكائنات الحيّة إلى مركّبات عضوية، وغير عضوية بكميّات ضئيلة، ضرورية لإتمام العمليات الحيويّة على أكمل وجه، والوقاية من الأمراض، كالفيتامينات، والأملاح المعدنية، فما أهم الفيتامينات والأملاح التي تحتاجها أجسامنا؟ وما دورها الحيوي؟

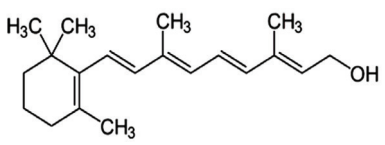
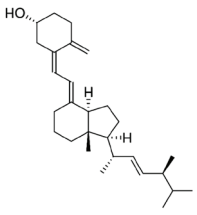
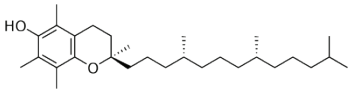
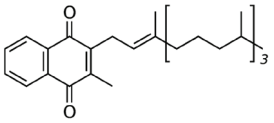
أولاً: الفيتامينات (Vitamins):

تُعَدُّ الفيتامينات مركّبات عضوية لا تجمعها صيغة كيميائيّة واحدة، يحتاج إليها جسم الكائن الحي بكميّات ضئيلة، وبصورة منتظمة، مهمتها جعل الجسم يؤدي وظائفه وينمو بشكل طبيعيّ، وتلزم لوقاية الجسم من الأمراض، ولا تَمُدُّ الجسم بالطاقة، وتعتمد قدرة الجسم في الاستفادة من الكربوهيدرات، والبروتينات، والدهنيات على توافر كميّات كافية من الفيتامينات.

وقد وُجد أنّ الجسم غير قادر على تكوين معظمها، لذا يتوجب الحصول عليها من خلال الغذاء، أو من مصادر أخرى، وتُقسم الفيتامينات بناءً على ذوبانها في المذيبات المختلفة إلى قسمين:

1- فيتامينات قابلة للذوبان في الدهون، والجدول (4-4) الآتي يوضّح أهم هذه الفيتامينات، وتركيبها الكيميائي، وأهم وظائفها، وأعراض نقصها، وأهم المصادر التي تتواجد فيها:

الجدول (4-4): فيتامينات قابلة للذوبان في الدهون، وتركيبها الكيميائي، وأهم وظائفها، وأعراض نقصها، وأهم مصادرها

الفيتامين	أهم الوظائف	أهم أعراض النقص	أهم المصادر
* فيتامين (A) 	ضروري لنمو الخلايا، ويؤدي دوراً رئيساً في الإبصار، وفي سلامة الجلد (فيتامين الجمال)، ومهم للحفاظ على سلامة الأغشية المخاطية في الأنف والعين.	جفاف سطحي للخلايا، والعمى الليلي.	الكبد، وصفار البيض، والجزر، والفليفلة الحلوة، والفواكه الملوَّنة خاصة الصفراء، كالمشمش والدّراق، والمانجا.
* فيتامين D 	يزيد من قدرة الجسم على امتصاص الكالسيوم، ويُساعد في تكوين العظام.	الكساح عند الأطفال، ولين العظام عند البالغين.	* التعرض لأشعة الشمس، والفطر، والبيض، والأسماك الزيتية، كالتونا.
* فيتامين E 	مضاد للأكسدة، ويمنع تأكسد الفيتامينات الأخرى والحموض الدهنية غير المشبعة، ويرطّب البشرة ويحميها من التجاعيد، ويقوي الشعر، وينشّط الإخصاب الجنسي.	ضعف العضلات، وظهور علامات الشيخوخة المبكرة.	الكبد، والبيض، وزيت الصويا، وزيت الذرة، وزيت الزيتون.
* فيتامين K 	يساعد في تكوين مركّبات تساعد على تجلط (تخثّر) الدم، والتئام الجروح.	النزف المتواصل للدم عند الجروح.	الخضراوات الورقية، والكبد، واللحوم الحمراء.

* **صيغ الفيتامينات ليست للحفظ.**

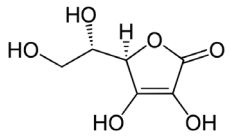
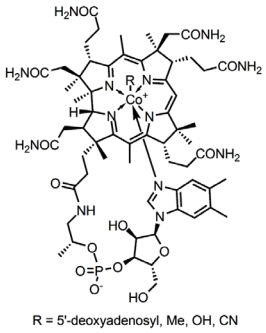
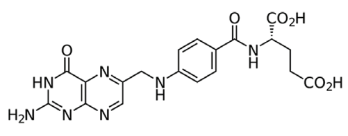
* **التعرض لأشعة الشمس يكون في أوقات محددة من اليوم، ولفترات زمنية قصيرة؛ لتجنب إصابة الشخص بضربات الشمس، أو التعرض لنسبة عالية من الإشعاعات الخطرة.**

■ **سؤال:**

اعتماداً على الصّيغ البنائيّة للفيتامينات في الجدول (4-4) السابق، فسّر سبب ذوبانها في الأنسجة الدهنيّة.

2- فيتامينات قابلة للذوبان في الماء، والجدول (4-5) الآتي يوضّح أهم هذه الفيتامينات، وتركيبها الكيميائي، وأهم وظائفها، وأعراض نقصها، وأهم المصادر التي تتواجد بها:

الجدول (4-5): فيتامينات قابلة للذوبان في الماء، وتركيبها الكيميائي، وأهم وظائفها، وأعراض نقصها، وأهم مصادرها

الفيتامين	أهم الوظائف	أهم أعراض النقص	أهم المصادر
* ج (C) حمض الأسكوربيك 	يُنشّط الشهية، ويُساعد على امتصاص الحديد، ويساعد في تصنيع الكولاجين اللازم لالتئام الجروح، كما أنه أحد مضادات الأكسدة.	مرض الإسقربوط (نزف اللّثة)، وبطء التئام الجروح.	الحمضيات، والفلفل الأخضر، والفراولة، والسبانخ، والبروكلي.
* (B12)  R = 5'-deoxyadenosyl, Me, OH, CN	يلزم لتكوين كريات الدم الحمراء، ويحافظ على صحة الجهاز العصبي.	ظهور أعراض مرض الأنيميا (فقر الدم)، وضعف الذاكرة، وسرعة النسيان، والشعور بالخدران في الأطراف.	الأغذية الحيوانية كالكبد، والأسماك، واللحوم الحمراء.
* حمض الفوليك (Folic acid) 	يساعد في بناء خلايا الدم الحمراء، وخاصة عند الأطفال، ويساعد في إنتاج المادة الوراثية الـ DNA والـ RNA.	التهاب في الفم والأمعاء، وأنيميا شديدة.	الكبدة، واللحوم الحمراء، والخضراوات الورقية.

* صيغ الفيتامينات ليست للحفظ.

■ **سؤال:**

تأمّل صيغ الفيتامينات في الجدول (4-5) السابق، وأعطِ تفسيراً لسبب ذوبانها في الماء.

قضية للبحث:

يتأثر التركيب الكيميائي للفيتامينات ببعض العوامل التي تؤدي إلى فقدان أهميتها الغذائيّة، اكتب بحثاً للعوامل المؤثرة في تركيب الفيتامينات وفعاليتها، واقترح سلوكات صحيّة للتقليل من تأثير هذه العوامل؛ للاستفادة من الفيتامينات، ومغذّياتها على أكمل وجه، واعرض نتائج بحثك بالطريقة المناسبة لك، وارفقه بملف إنجازك.

ثانياً: الأملاح المعدنية (Minerals):

تُعَدُّ الأملاح المعدنية من المواد الأساسية غير العضوية التي تُحافظ على توازن السوائل في الجسم، وتدخل في تكوين العظام والأسنان والدم، وتحافظ على نشاط الأعصاب، وقيام الغدد بوظائفها الحيويّة، لذا تُعَدُّ من أغذية الوقاية، وتحوي الأملاح المعدنية أيونات بعض العناصر التي لها خصائص فعّالة كيميائياً، ومهمة لقيام الخلايا بوظائفها على أكمل وجه.

ويوضّح الجدول (4-6) الآتي بعض أيونات العناصر المهمة في الأملاح المعدنية، ونسبتها في جسم الإنسان، وأهم وظائفها، وأعراض نقصها، وأهم المصادر الغذائيّة التي تتواجد فيها:

الجدول (4-6): بعض أيونات العناصر في الأملاح المعدنية، ونسبتها، وأهم وظائفها، وأعراض نقصها، وأهم مصادرها

أيون العنصر	النسبة المئوية الكتلية في جسم الإنسان	أهم وظائفه	أهم أعراض نقصه	أهم مصادره
Ca^{2+}	%2	تكوين العظام والأسنان، وضروري لتجلط الدم عند الجروح، وينظّم انتقال النبضات العصبيّة.	ليّن العظام عند الكبار (هشاشة العظام)، والكساح عند الأطفال، وتلف الأسنان، وتنميل الأطراف، وتكسّر الأظافر، والإصابة بالأكزيما.	الحليب ومشتقاته، والبقوليات، والخضروات الورقية، والحبوب الكاملة.

أيون العنصر	النسبة المئوية الكتلية في جسم الإنسان	أهم وظائفه	أهم أعراض نقصه	أهم مصادره
P في $(PO_4)^{3-}$	%1.2	تكوين العظام والأسنان، ويدخل في تركيب الحموض النووية DNA و RNA، ويدخل في تركيب مركّبات الطاقة ATP.	وهن وتعب في العضلات.	الأسماك الدهنيّة، والقشريات والجرجير، واللّحوم الحمراء، والبقوليات، والحبوب، والحليب ومشتقاته.
K^+	%0.35	يوازن معدل نبضات القلب وضغط الشّرايين، وينظّم حركة العضلات وتوزيع السوائل في الجسم مع عنصري الصوديوم والكلور، ويقي من الإصابة بالسكتات الدماغية، والتورم، وحب الشباب.	انخفاض ضغط الدم، واضطراب في معدل نبضات القلب، وجفاف البشرة وإصابتها بحب الشباب، وتشنجات عضلية. وتورم الجسم.	الخضراوات الورقية كالسبانخ والطماطم، والبطاطا، والفواكه كالبطيخ، والموز، والخوخ.
Na^+	%0.15	ضروري لتوازن السوائل في الجسم، والمحافظة على الضغط الإسموزي في الخلايا.	تشنج العضلات.	ملح الطعام، اللحوم.
Fe^{2+}	%0.004	يدخل في تركيب هيموجلوبين الدم، ويسهم في تكوين الأنزيمات المسؤولة عن أكسدة المواد الدهنية، والبروتينية، والكربوهيدراتية. ويعزز قدرة الجهاز المناعي على مقاومة الأمراض.	فقر الدم (أنيميا)، شحوب أو جفاف البشرة، وتورّم اللّسان، والتهابات في الفم، وضعف الشعر وتساقطه، وفقدان الشهية.	اللحوم الحمراء، والكبد، وصفار البيض، والبقوليات الجافة، والخضراوات الورقية، والفواكه المجففة.
Zn^{2+}	%0.002	منشط لبعض الأنزيمات، وضروري للنمو الجنسي عند الذكور.	بطء النمو، وتأخر البلوغ الجنسي عند الذكور.	المأكولات البحرية كالمحار وسرطان البحر، واللحوم الحمراء، وصفار البيض.
I^-	%0.00004	تنظيم عمل الغدّة الدرقيّة.	تضخم الغدّة الدرقيّة، وخشونة الجلد، وزيادة غير طبيعية بالوزن.	الأعشاب البحرية، وملح الطعام المدعم باليود.

■ **سؤال:**

احسب كتلة الكالسيوم في جسمك

ومن الجدير ذكره أنّ جسم الإنسان يحتوي بالإضافة إلى ما سبق على كميات ضئيلة جداً من أملاح لعناصر غالية الثمن، أو سامّة كالذهب، والفضة، والزرنيخ، والبزموث...الخ.

(4.1.4): المُضافات الغذائيّة (Food additives):

يُعدُّ الحصول على الغذاء من أولويات الإنسان منذ القدم وما زال، ولقد استخدم الإنسان طُرقاً، وأضاف موادّ متنوّعة؛ لحفظ أغذيته، وزيادة فترة صلاحِيّتها لأطول فترة ممكنة، كما أضاف موادّ أخرى لأغراض متنوّعة، ولتتعرف إلى مفهوم المُضافات الغذائيّة، والغرض منها، نفِّذ النشاط الآتي:

نشاط (7): المُضافات الغذائيّة:

تأمّل الصور الآتية، ثم أجب عن الأسئلة التي تليها:

1 - اذكر بعض الطرق المستخدمة في البيت لحفظ الأطعمة، وأعطِ مثالاً لكل منها.

2 - ما الغرض من استخدام هذه الطرق في حفظ الأطعمة؟

3 - ما المواد المضافة لصناعة المُربيّات والمُخللات؟ وكيف تحافظ هذه المواد على الأغذية المحفوظة فيها؟

4 - أصبحت مهمة إنتاج الغذاء، وتصنيعه، وحفظه ضرورة مُلحّة مع الزيادة المضطردة لعدد السكان؛ ما حرى بالشركات المصنعة للأغذية إلى التنافس فيما بينها عن طريق إضافة مواد متنوعة لمنتجاتها الغذائيّة، علاوة عن زيادة مدة صلاحية الأغذية المحفوظة، باعتقادك، ما الأسباب الأخرى التي تدفع الشركات الغذائيّة لإضافة مواد متنوعة إلى منتجاتها؟

5 - وضِّح - بلغتك الخاصة - مفهوم المُضافات الغذائيّة.

تنوعت طرق حفظ الإنسان لغذائه عبر التاريخ البشري، معتمداً على ما هو متوفر في بيئته المحيطة، فبدأ بتجفيف الأغذية من ثمار بعض النباتات، وجذورها، وأوراقها، وفي المناطق الباردة لجأ إلى حفظها داخل الكهوف الباردة، ثُم استعمل الملح؛ لحفظ اللحوم والأسماك، ومع تطور الحياة، ظهرت عملية التسخين في أوعية زجاجية مغلقة لحفظ الغذاء عدة أسابيع، وفي الحرب العالمية الأولى استخدمت الأغذية المُعلَّبة بشكل واسع لتغذية الجنود.

وفي العصر الحديث، بدأت الشركات المُصَنِّعة للمواد الغذائيّة باستخدام المُضافات المتنوعة إلى منتجاتها، ويُقصد **بالمواد المضافة للأغذية:** تلك المواد الطبيعية، أو الصناعية التي تُضاف إلى المواد الغذائيّة بكميّات مناسبة تحت ظروف خاصة، خلال عمليات التصنيع الغذائي لإعطاء صفة محددة أو تأثير مُعيّن، وهي ليست من المكونات الطبيعية للغذاء.

■ أنواع المُضافات الغذائيّة:

تُقسم المُضافات الغذائيّة إلى عدة مجموعات حسب الغرض الذي تضاف من أجله، ولقد اتفق المختصون في دول الاتحاد الأوروبي على توحيد المواد التي يُصرّح بإضافتها للمنتجات الغذائيّة؛ لسهولة التعرف إليها سواء أكانت هذه المواد المُضافة طبيعيّة أم مُصنّعة، وذلك بوضع حرف (E) ثم تتبعه أرقام معينة، فحرف (E) يدل على إجازة المادة المضافة من جميع دول الاتحاد الأوروبي بالتركيز المتفق عليه بحيث تكون آمنة صحياً للمستهلك، أما الرقم فيدل على نوع المادة المضافة والغرض من استخدامها. والجدول (4-7) الآتي يبيّن مجموعات المواد المضافة للأغذيّة، ومدى أرقامها:

الجدول (4-7): مجموعات المُضافات الغذائيّة، ومدى أرقامها

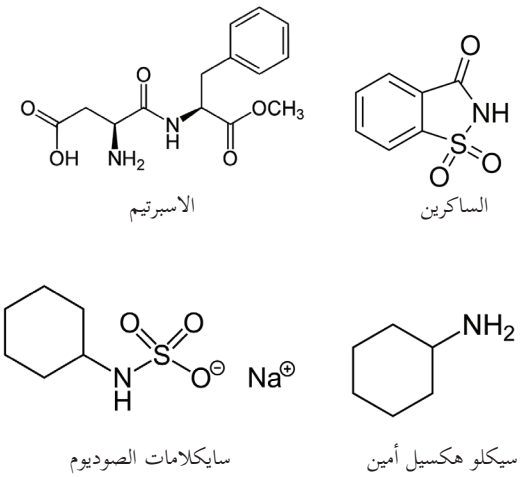
مجموعات المواد المضافة	رمزها، ومدى أرقامها
المواد الملونة	E(199-100)
المواد الحافظة	E(299-200)
مضادات الأكسدة	E(399-300)
المواد المستحلبة، والمثبتة	E(499-400)
المواد المانعة للتكتل، وأملاح المعادن	E(579-500)
محسّنات النكهة	E(639-620)
المُحلّيات الصناعيّة	E(1520-900)

نشاط تعزيزي:

أحضر عيّنات لمجموعة من المعلّبات والمواد الغذائيّة، والمشروبات المُصنّعة، واقرأ بطاقة البيان لهذه المنتجات، وصنِّف المُضافات الغذائيّة فيها حسب الجدول (4-7) السابق.

■ المُحلّيات الصناعيّة:

يُضاف إلى بعض الأغذية والمشروبات مركّبات تكسبها طعماً حلواً، دون أن تُضيف إليها طاقة (سعرات حراريّة)، وتُستخدم هذه المُحليات على نطاق واسع في أغذية مرضى السكري، أو لتخفيف الوزن، ومن أمثلتها: السكارين، والإسبرتيم، والشكل (4-10) المجاور يبيّن التركيب الكيميائي لبعض المحلّيات الصناعيّة.



الشكل (4-10): التركيب الكيميائي لبعض المحلّيات الصناعيّة

(ليست للحفظ)

■ سؤال:

ما طبيعة المُذيبات التي تذوب فيها المُحلّيات الصناعيّة؟ مفسراً إجابتك.

■ المُدعّمات الغذائيّة:

تُضاف مواد ذات فائدة غذائيّة للمنتج؛ لرفع قيمته الغذائيّة، مثل الفيتامينات، والأملاح المعدنيّة، وهذه المواد تُستخدم للوقاية، وليست بديلة عن الأطعمة الطبيعية، فمثلاً يلزم الجسم كميّة من اليود؛ للحفاظ على عمل الغدة الدرقية بصورة سليمة، ومنع تضخمها، وكإجراء احتياطي، أصبح من المألوف أن يُضاف يوديد البوتاسيوم إلى ملح الطعام بنسبة معيّنة، كما يُضاف فيتامين (A) إلى الحليب المجفف، وتُضاف أملاح الحديد والكالسيوم لأغذية الأطفال، ويُضاف الحمض الأميني لايسين، وفيتامين (B)، ومركّبات الحديد إلى الطحين الأبيض؛ لمعالجة النقص الناتج من استخدام القمح المقشور، أو إزالة النخالة.

إضافة لما سبق، تُضاف مواد تُستخدم لمنع التكتل، كالمواد التي تُضاف إلى الحليب المُجفف لإبقائه في صورة مسحوق، وتُضاف مواد مستحلبة تعمل على مزج الدهون مع الماء كما في المايونيز، ومواد تساعد على تكوين الرغوة، كما في الكريمات التي تُوضع على بعض أنواع الحلويات.

ولعلك تتساءل عن التأثيرات الصحيّة للمضافات الغذائيّة، حيث أثبتت التجارب العلمية الدقيقة بأنه ليس هناك أمان مطلق لأي مادة كيميائيّة مُضافة، ولإثبات أن المادة آمنة، يجب أن تخضع لأبحاث علميّة دقيقة، مع ضرورة مراجعة قوائم الأمان لتلك المُضافات باستمرار، فما هو معروف أنه آمن اليوم، قد لا يكون آمناً غداً.

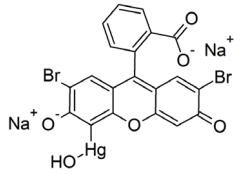
(2.4): الكيمياء والدواء:

ارتبط علم الكيمياء بالطب منذ عرف الإنسان قدرة بعض النباتات، والأعشاب الطبيعيّة على تخفيف بعض الآلام، واستطاع عدد من العلماء الكيميائيين تحضير كثير من الأدوية الفعّالة، وخاصة في منتصف القرن العشرين الذي شهد ظهور العديد من المُصنّعات الدوائية، وسنتعرّف في هذا البند إلى بعض الأدوية الخاصة التي يمكن أن تتوفر في المنزل.

(1.2.4): مُطهّرات الأنسجة الحيّة (Antiseptics):

مُطهرات الأنسجة الحيّة: هي مواد كيميائيّة خاصة، ذات تركيز محدود، تُوضع على الأنسجة الحيّة لتعقيمها؛ لمقاومة التهاب الجروح، ولإيقاف نمو الكائنات الدقيقة، أو منع نموها، دون إحداث تأثيرات ضارة على أنسجة الجسم، والجدول (4-8) الآتي يُبيّن بعض مُطهرات الأنسجة الشائعة:

الجدول (4-8): بعض مُطهرات الأنسجة الشائعة

اسم المُطهّر	المكونات (التركيب)
صبغة اليود I_2 في محلول KI	2 غم I_2، و2.4 غم من KI في 95.6 غم ماء مقطّر.
الإيثانول CH_3CH_2OH	70 غم إيثانول في30 غم ماء مقطّر.
* بوفيدون أيوداين $(C_6H_9NO)_n.XI$	يدخل في تكوينه (5-10)% من اليود.
* ميكروكروم (ميربرومين) 	2 غم من المادة في 98 مل ماء مقطّر.

* صيغ المركّبات ليست للحفظ.

(2.2.4): مراهم الحروق:

تنتج الحروق عند تعرُّض الجلد إلى حرارة عالية، أو مواد كيميائيّة خاصة، أو الاشعاع، فتسبب تلفاً في طبقات خلايا الجلد في المنطقة المصابة، ولتتعرّف إلى كيفية التعامل مع الحروق، أجب عن الأسئلة الآتية:

1 - اذكر بعض المواد الكيميائيّة التي يمكن أن تسبب حروقاً عند ملامستها الجلد.

2 - ما الخطوات الأولى التي نقوم بها لإسعاف الشخص المُصاب بالحروق؟

3 - هل تتوفر في صيدلية منزلك مراهم خاصة لعلاج الحروق؟ تفحّصها، ثم حاول أن تتعرّف إلى مكوناتها.

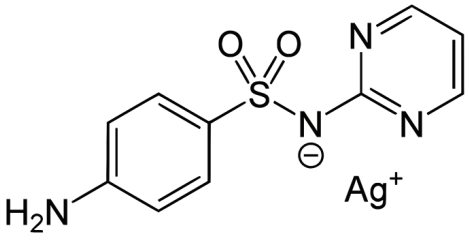
تُستخدم مراهم خاصة لعلاج الحروق، التي هي عبارة عن أدوية شبه صُلبة لزجة القوام، مُعدّة للاستعمال الخارجي على الجلد والأغشية المخاطية، وتحتوي موادّ فعّالة لعلاج الحروق، بالإضافة إلى بعض الدهون، وشمع العسل.

ومن أشهر مراهم الحروق الشائعة:

1 - مرهم أكسيد الخارصين ZnO الذي يحتوي على 20% من أكسيد الخارصين وزيت البرافين، ويُستعمل كمطهّر وواقٍ وقابض، بالإضافة لعلاجه الحروق.

2 - الكلامين: هو أكسيد الخارصين الملوّن بأكسيد الحديد (III) Fe_2O_3، له الاستعمالات نفسها لمرهم أكسيد الخارصين، إلا أنه يتميّز بأن له لون الجلد البشري.

3 - سلفاديازين الفضة (1%)، ومن أسمائه الشائعة التجارية ديرمازين، حيث يُستخدم في حالة الحروق العميقة.



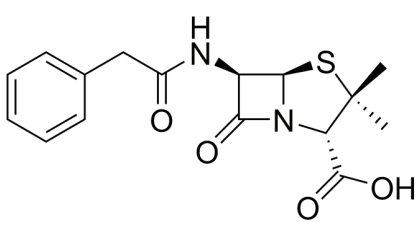
صيغة سلفاديازين الفضة **(ليست للحفظ)**

قضية للبحث:

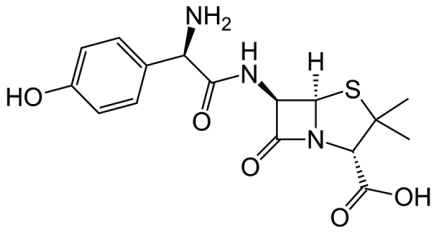
قم بزيارة أحد محلات العطارة، أو استعن بأحد المعروفين في مجال الطب البديل في منطقتك؛ للتعرّف إلى خلطات طبيعيّة لعلاج الحروق، واستفسر منهم عن سبب إضافة الدهون، وشمع العسل إلى مراهم الحروق، وأرفق نتائج بحثك بملف إنجازك.

(3.2.4): المضادات الحيويّة:

تُعدُّ عائلة البنسلين (البنسلينات) من أكثر مضادات البكتيريا استخداماً، حيث تقوم بمنع تكوين مواد ضرورية لبناء جدر خلايا البكتيريا، فيتوقف نموها وتكاثرها؛ ما يُثبط تأثيرها في أجسام الكائنات الحيّة، والشكل (11-4) الآتي يُبيّن التركيب الكيميائي لبعض البنسلينات المعروفة:



بنسلين G



أموكسيسيلين

الشكل (11-4): التركيب الكيميائي للأموكسيسيلين، وبنسلين G **(ليست للحفظ)**

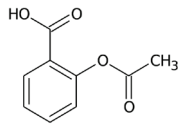
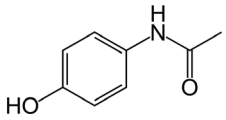
■ **سؤال:**

اذكر مجموعات وظيفيّة درستها موجودة في التركيب الكيميائي للبنسلينيات.

(4.2.4): المُسكّنات، وخافضات الحرارة:

تُعدّ المُسكّنات من أكثر الأدوية المُستخدمة في منازلنا؛ لتقليل الإحساس بالألم، دون أن تؤدي إلى فقدان الوعي أو الإحساسات الأخرى إذا أُخذت بطريقة صحيحة، كما تعمل على خفض درجة الحرارة المرتفعة دون أن تزيل مسبباتها، وتُعدّ المُسكّنات المستخدمة في صيدلية المنزل من مُسكّنات الألم الخفيف، أو المتوسط، كالصداع، والتهاب المفاصل، والجدول (4-9) الآتي يُبيّن نوعين من المُسكّنات المتداولة:

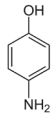
الجدول (4-9): بعض المُسكّنات الشائعة، وصيغها، وبعض أسماؤها التجارية

المُسكّن	الصّيغة البنائية	من الأسماء التجارية (للاطّلاع)
الأسبرين	* 	رميـن، أسـبرو، أسـريفو، ديسـبريل، أسـبرين، كارتيـا
باراسيتامول	* 	بنادول، ريفانين

* الصّيغ ليست للحفظ.

اعتماداً على الجدول (4-9) السابق، أجب عن الأسئلة الآتية:

1 - أيُّ المُسكّنات يحوي رابطة أسترية، وأيُّها يحتوي على رابطة أميدية؟

2 - إذا علمت أن البارسيتامول يُحضّر من مركبين أحدهما بارا-أمينوفينول  ، فما هو المركب الآخر؟

3 - يعمل الأسبرين على إضعاف قدرة الدم على التخثّر؛ فيُقلل الإصابة بالجلطة، لكن يشكو بعض المتعاطين للأسبرين من تهيّج في المعدة أحياناً، فما سبب ذلك؟ وما المجموعة الوظيفية التي تُكسب الأسبرين هذه الصفة؟

(5.2.4): محاليل طبية بديلة في صيدلية المنزل:

هناك كثير من المحاليل التي يمكن أن تُحضرها في منزلك، ولها استخدامات طبيّة آمنة، والجدول (4-10) الآتي يُبيّن بعضاً منها، وكيفيّة تحضيرها، وبعضاً من استعمالاتها:

الجدول (4-10): بعض المحاليل الطبيّة البديلة، وطريقة تحضيرها، وبعض استعمالاتها

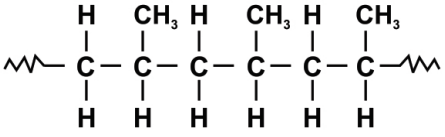
المحلول	طريقة تحضيره	بعض استعمالاته
محلول كلوريد الصوديوم NaCl	9 غم NaCl في لتر ماء مغلي ومبرّد.	تنظيف الجروح والحروق البسيطة.
محلول هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$	1.5 غم $Ca(OH)_2$ في لتر ماء مغلي ومُبرّد.	مضاد للحموضة.
محلول الأكوسال	0.5 ملعقة صغير من NaCl، وملعقتان كبيرتان من السُّكّر في لتر ماء مغلي ومبرّد.	معالجة الجفاف نتيجة الإسهال الشديد خاصة عند الأطفال.
محلول ملح النشادر	30 غم NH_4Cl في 100 غم ماء مقطّر.	منبّه في حالات الإغماء.

(3.4): الكيمياء والألياف النسيجيّة والأصباغ:

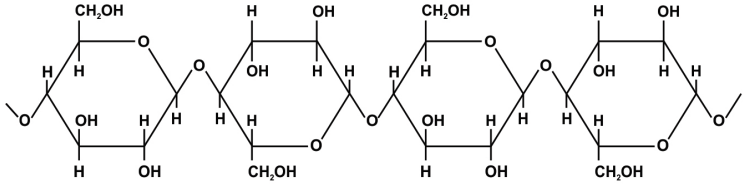
تُعدّ كيمياء الألياف النسيجيّة والأصباغ من الصناعات الكيميائيّة القديمة، وتعود نشأتها إلى الحضارات الأولى، وتطورت مع الزمن تطوّراً مطرداً بوصفها متطلّباً لحياة الإنسان، وذات صلة بالناحية الإنسانية والجمالية، لذا اهتم الإنسان بزراعة القطن للحصول على الألياف السليلوزية، وبتربية الماشية للحصول على الألياف الصوفية، وبدودة القز للحصول على الحرير، وعمل على صباغة منسوجاته بما عرفه من صبغات طبيعية، ومع تطور طرائق التحليل والاصطناع العضوي، استطاع الكيميائيون من الحصول على الأصبغة المتنوعة، والأنسجة التركيبة المختلفة، فممَّ تتكون الألياف النسيجية؟ وما الخصائص المرغوبة فيها؟ وما أشهر الأصباغ الطبيعية والصناعية؟

(1.3.4): تصنيف الألياف:

درست في الصف الحادي عشر مفهوم البلمرة، وتعرفت بعضاً من البوليمرات الطبيعيّة، والصناعيّة والتي تُعَدّ الألياف النسيجيّة من أبرز الأمثلة عليها، اعتماداً على ما درسته سابقاً، تمعَّن الصّيغتين الآتيتين، وأجب عما يليهما:



مقطع من بوليمر البولي البروبلين



مقطع من بوليمر السيليوز

1 - ما الوحدة البنائية (المونومر) في كل صيغة؟

2 - اكتب صيغة كل من البوليمرين السابقين بالطريقة المختصرة.

3 - صنّف البوليمرات التي تُمثلها الصّيغتان السابقتان إلى طبيعية أو صناعية.

4 - اذكر أمثلة على بوليمرات طبيعية، وأخرى صناعية درستها سابقاً.

5 - ما نوع البلمرة في كل صيغة (إضافة أم تكثيف)؟

تُقسم الألياف النسيجيّة حسب مصدرها إلى **ألياف طبيعية** كالقطن، والصوف، والحرير...، وإلى **ألياف صناعية**: كالفسكوز، والنايلون، والأكريلان...، وسنتطرّق في هذا البند إلى بعض هذه الألياف، وأهم خصائصها.

أولاً: الألياف الطبيعية:

تُعدُّ الألياف الطبيعية من أقدم الألياف التي استخدمها الإنسان في نسج ملابسه، وحاجاته المختلفة، ويُمكن تقسيم الألياف الطبيعية من حيث التركيب إلى قسمين: ألياف سيليولوزية، وألياف بروتينية.

■ الألياف السيليولوزية:

يُعدُّ القطن، والكتّان، والجوت، والقنّب من أهم هذه الألياف، وسنتطرق لدراسة القطن باعتباره أكثر هذه الألياف استخداماً في ألبستنا، والذي يتم الحصول عليه من خلال جمع الشعيرات المحيطة ببذرة القطن بوساطة محالج خاصة، ويُقصد **بحلج القطن** فصل أليافه عن بذوره باستخدام ماكينات خاصة تمهيداً لمعالجته؛ ليصبح ملائماً للاستخدام، انظر الشكل (4-12) الآتي:

الشكل (4-12): صورة لزهرة القطن، وطريقة حلجه

والجدول (4-11) الآتي يُبيّن أهم الخصائص العامة للقطن الخام، تأمّله، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

الجدول (4-11): الخصائص العامة للقطن الخام

الخاصية	الوصف
مكوناته	(86%) سيليولوز، (5%) بروتينات ومواد ملونة، (5.0%) زيت وشمع، (7.5%) ماء، (1%) أملاح معدنية.
لون الشعيرة	أبيض مائل إلى الصفرة.
اللّمعان	ليس له لمعان أو بريق.
المرونة والمطاطية	ضعيفة.
امتصاص الرطوبة	جيدة.
تأثره بالحرارة، ورائحة الاحتراق	يتحمل الحرارة، وعند احتراقه يتحول إلى اللّون البُني، وله رائحة السّكّر المحروق.
تقبّل الصّبغة	جيد

1 - ما المكوّن الرئيس للقطن؟

2 - أيُّ من مكونات القُطن تُساعد في غزله بسهوله؟

3 - يُعالَج القطن الطبيعي بمحلول هيبوكلوريت الصوديوم NaOCl، لماذا؟

4 - يُفضَّل ارتداء الملابس المحتوية على نسبة عالية من القطن، وخاصة الملابس الداخلية والصيفيّة، فسّر ذلك.

يُكسب السيليولوز القطن قوة مناسبة تُلاءم استخدامه في المنسوجات القطنية، فالشُّعيرة الواحدة منه تتحمل تقريباً 7غم قبل أن تنقطع، وتُغمر ألياف القطن في محلول الصودا الكاوية المركّزة (NaOH)؛ لجعلها أكثر نعومة ومتانة، ويرجع ضعف مرونة ومطاطية ألياف القطن إلى شكلها الأنبوبي الخالي من الالتواءات؛ ما يجعلها سهلة التجعد والانكماش، ويمكن التغلب على هذه الصفة بخلط الألياف القطنية ببعض الخيوط الصناعية.

■ الألياف البروتينية:

يُعدُّ الصوف والحرير من أهم هذه الألياف، إذ تتكون ألياف الصوف من بروتين يُعرف بالكيراتين، ودهن اللانولين، والجدول (4-12) الآتي يوضّح أهم الخصائص العامة للصوف الطبيعي، تأمله، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

الجدول (4-12): الخصائص العامة للصوف الطّبيعي

الخاصية	الوصف
لون الشعيرة	أبيض مصفر، ومنها الرمادي والبني وأحياناً الأسود.
اللّمعان	يختلف تبعاً لنوع الماشية وجنسها.
المرونة والمطاطية	من (25 % - 35 %) من طولها الأصلي.
امتصاص الرطوبة	تصل إلى (22 %) من وزنه.
توصيل الحرارة	ضعيف.
تأثير أشعة الشمس	يتأثر، وتضعف قوته، ويُصبح ملمسه خشناً.
تأثره بالماء الساخن	يتلبد الصوف، حيث يؤدي إلى انكماشه، وعدم عودته إلى الحالة الأصلية.
الاحتراق	لايحترق بسهولة، وتفوح منه رائحة الريش المحروق.
تقبّل الصّبغة	جيد.

1 - ما الصفة التي تبيّن أن ألياف الصوف قابل لاستعادة شكله، ولا يتجعد بسهولة؟

2 - فسّر سبب شعورنا بالدفء عند لبس الأقمشة الصوفية؟

3 - يُنصح بغسل الملابس الصوفية بالماء البارد دائماً، فسّر ذلك.

تمتاز شُعيرة الصوف بوجود طبقة خارجية على شكل حراشف أو قشور تُعطي للشُّعيرة القوة والمتانة، لكن عند تعرّض ألياف الصوف للحرارة العالية، أو للماء الساخن فإنّ هذه الألياف تلتصق، وتتشابك مع بعضها بعضاً؛ ما يُفقدها المسامية والنعومة، وتُسمى هذه الظاهرة **التلبد**، كما ينبعث من هذه الألياف رائحة كريهة، سببها تحلل هذه الألياف بالحرارة، معطية غاز H_2S.

■ **سؤال:**

ما العناصر الكيميائيّة التي تدخل في تركيب ألياف الصوف؟

أما ألياف الحرير فتتركّب من مادة بروتينية تُعرف باسم الفبروين التي لا تحتوي على الكبريت، وتُعطي عند تحللها (15) حمضاً أمينيّاً مختلفاً، وشُعيراته خفيفة ودقيقة جداً مقارنة بشعيرات القطن والصوف، وبإمكانك الاطّلاع على الرمز أو الرابط الآتيين؛ للتعرّف إلى كيفية الحصول على الحرير الطبيعي:

https://goo.gl/ibjZ4F

دودة القز المُنتجة للحرير

ثانياً: الألياف الصناعية:

مع التزايد السكاني الهائل، أصبحت الألياف الطبيعيّة غير قادرة على تلبية الحاجات المتزايدة من الصناعات النسيجية، لذا توجّه الكيميائيون المُختصون إلى إنتاج ألياف صناعية متعددة، لبعضها صفات وميزات خاصة تُناسب مجالات استخدامها.

فكّر **ما الأسباب الأخرى التي دعت الكيميائيين المختصين لإنتاج الألياف الصناعية؟**

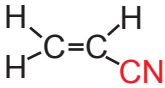
وتُقسّم الألياف الصّناعية إلى ألياف تحويليّة أساسها طبيعي، وأخرى تركيبيّة تعتمد على مشتقات البترول، ومن الأمثلة على ذلك:

■ الألياف المشتقة من سيليولوز الأخشاب:

استجابة للطلب المتزايد على الملابس القطنية، ونقص إنتاج القطن، ازداد البحث عن بدائل له، وقد توصّل المُختصون إلى استخدام الأخشاب لصناعة الخيوط؛ كونها تتألف من ألياف سليولوزية، وتم صناعة خيوط تضاهي في خواصها خواص الخيوط القطنية، كالطول، والمتانة، والملمس، وقابليتها للصبغ، ومن أشهر هذه الخيوط والألياف الحرير الصناعي، أو ما يُسمّى الرايون، أو رايون الفسكوز.

■ الألياف الصناعية الناتجة من مشتقات البترول:

ينتج هذا النوع من الخيوط من بلمرة بعض المواد البتروكيميائيّة، وقد درست في الصف الحادي عشر بعضاً منها، كالنايلون، والداكرون.



ويمكن إنتاج الصوف الصناعي من خلال بلمرة بعض مشتقات الإيثيلين مثل سيانو الإيثلين الذي يُستخدم لإنتاج الأكريليك، تأمّل الصّيغة البنائية لسيانو الإيثلين، ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

1 - وضّح بمعادلة كيميائيّة تبيّن فيها تفاعل بلمرة ثلاثة مونومرات من السيانو إيثلين.

2 - الأكريليك بوليمر صناعي يدخل في صناعة قُماش اللّباد الموَضّح في الصورة المجاورة، اكتب صيغة هذا البوليمر بالطريقة المُختصرة.

3 - ما نوع البلمرة التي ينتج عنها هذا البوليمر؟

ويوضّح الجدول (4-13) الآتي بعضاً من خصائص الألياف الصناعية التي درستها، تأمّله جيداً، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

الجدول (4-13): بعض خصائص الألياف الصناعية

الخاصّية	الأكريليك	الداكرون	النايلون
الاستطالة	% 16 - % 21	% 18 - % 22	% 25 - % 28
استعادة المرونة	% 1 - % 2	% 90 - % 100	% 100
قوّة التحمّل طن/م^2	حتى 400 طن	حتى 100 طن	حتى 80 طن
امتصاص الماء	% 2	% 0.5	% 8
تأثير الشمس	مقاوم	قليل التأثر	يضعف
تأثير الحرارة	نقطة تلاصق الألياف عند 235 ° س	نقطة تلاصق الألياف عند240 ° س	ينصهر عند 235 ° س

1 - ما المقصود بكل من: استطالة الألياف، ومرونتها، وقوة تحملها؟

2 - تحتوي ملابس السباحة على نسبة عالية من ألياف الداكرون، لماذا برأيك؟

3 - تُصنع شِباك صيد الأسماك الحديثة من ألياف يكثر فيها النايلون، فسّر ذلك.

نشاط تعزيزي:

تفحّص الملبوسات والمنسوجات المختلفة الموجودة في منزلك (ملابس، وستائر، وسجاد،...)، ثم نظّم جدولاً يوضّح نوع الألياف المصنوعة منها، ومصادرها (طبيعي، وصناعي)، والميزات التي تمتلكها هذه الألياف؛ لتجعلها مناسبة لاستعمالاتها.

يُمكن التعرّف إلى أنواع الألياف عن طريق الرائحة الناتجة من حرقها، ومخلفات الحرق (الهباء)، وهي طريقة تقليدية، قد لا تؤدي إلى نتيجة دقيقة إذا استُعملت بشكل منفرد، ولكنّها دقيقة في تحديد نوع الألياف إن كانت طبيعية من مصدر نباتي (سيليوزية)، أو حيواني (بروتينية)، أو صناعية (بترولية).

وبإمكانك الاطّلاع إلى محتوى الرمز، أو الرابط الآتيين؛ للتعرّف إلى أهم هذه الألياف، وسلوكها أثناء اختبار الاحتراق:

https://goo.gl/5wjZGW

(2.3.4): صبغ الألياف وتلوينها:

يُعدّ اللّون من أهم العوامل التي تمنح المنتجات النسيجية الجمال والجاذبية؛ ما يزيد من قبولها، والرغبة في شرائها واقتنائها، وينتج اللّون من إضافة مواد مُلوّنة تدعى **الصّبغات** إلى الألياف النسيجية، ويمكن الحصول على هذه الصبغات من مصادر طبيعية كأزهار بعض النباتات، أو أوراقها، أو جذورها، كما يُمكن إنتاجها صناعياً.

ويجب أن تتوفر في الصبغات التي تُستخدم لصبغ الألياف وأنسجة الملابس شروط، أهمها:

1 - **ألّا** تُؤدي إلى إتلاف الأنسجة، أو فقدها جزءاً من ميزاتها، كالمتانة أو المرونة.

2 - أن تكون قدرتها على صبغ الملابس كبيرة، بحيث لا تزيد الكميّة المناسبة منها على (1%) من وزن النسيج لإعطائها لوناً فاتحاً، و(8%) لإعطائها لوناً غامقاً.

3 - أن تكون رخيصة وغير مكلفة.

4 - أن تكون ثابتة؛ أي يكون ارتباط الصبغة بالألياف قوي، بحيث لا تتأثّر بالحرارة، والغسيل، والكيّ، وأشعة الشمس والحموض والقواعد المخففة وغيرها من المواد التي تستخدم في التنظيف الجاف.

وتُستخدم في الصبغات الصناعية مركّبات عضوية تحوي مجموعات وظيفية خاصة تعطيها لوناً مميّزاً، وتزيد من قوى الارتباط بين الصبغة وألياف النسيج، وتُسمّى **المجموعات المانحة للّون، والمعززة له**، ومنها: مجموعة الآزو (N=N)، ومجموعة النيترو($-NO_2$)، ومجموعة النيتروز (NO–)، ومجموعة الكربونيل (C=O)، والرابطة الثنائية (–C=C–)، أو (–C=N–)...، والجدول (4-14) الآتي يوضّح بعض أنواع الصبغات، ومجموعتها المانحة للّون، وبعض أمثلتها:

الجدول (4-14): بعض أنواع الصّبغات، ومجموعتها المانحة للّون، وبعض أمثلتها

نوع الصبغة	مجموعة الارتباط بالنسيج	أمثلة
القاعدية	$-NH_2$	أخضر الملاكيت
الحمضية	$-SO_3H$ ، – COOH	البرتقالي (II)
صبغات الأحواض	روابط تساهمية	الانثراكينون
الصبغات المباشرة	روابط هيدروجينية	أحمر الكونغو

وقد تتساءل، كيف يتم ارتباط الصبغة بألياف النسيج؟

من خلال الجدول (4-14) السابق، نلاحظ وجود مجموعة نشطة يتم بوساطتها تكوين روابط كيميائيّة، أو قوى تجاذب بين مكونات النسيج، فعند صباغة الصوف بصبغة قاعدية مثلاً، فإن مجموعة الأمين ($-NH_2$) الموجودة في الصبغة ترتبط بمجموعة الكربوكسيل (-COOH) الموجودة في الصوف، فتتكون رابطة أيونية كما في المعادلة التعبيرية الآتية:

$$WOOL-COOH + H_2N-Dye \longrightarrow WOOL-COO^-NH_3^+-Dye$$

ألياف الصوف — صبغة قاعدية — الصبغة المرتبطة بالصوف

فكّر

هل يمكن استعمال الصبغات الحمضية، أو القاعدية مع ألياف البولي بروبلين؟ لماذا؟

وأحياناً تتكوّن روابط تساهمية بين المجموعة النشطة في ألياف النسيج مثل مجموعة الهيدروكسيل (-OH) في القطن، والمجموعة النشطة في الصبغة كما في المعادلة التعبيرية الآتية:

$$Dye-CH=CH_2 + HO-Cell \longrightarrow Dye-CH_2CH_2-O-Cell$$

الصّبغة — ألياف سليولوزية (قطن) — الصّبغة المرتبطة بالألياف السليولوزية

وتتميّز الصّبغات المرتبطة بالروابط التساهمية المتكونة بثباتها تجاه عمليات الغسيل بالماء على عكس الصّبغات التي تكوّن الروابط الأيونية.

■ **سؤال:**

هل تتكون روابط هيدروجينية بين الصبغات القاعدية، وألياف السيليولوز؟ وضّح ذلك

وتتفاوت الألياف الطبيعية، والصناعية في مدى تقبلها للصباغة، فمثلاً تُعدُّ ألياف النايلون جيدة في تقبل الصباغة، في حين يصعب صباغة ألياف الداكرون بسهولة؛ لعدم انتفاخ أليافه وتفتحها، الأمر الذي يدعو إلى استخدام مواد مساعدة، ودرجات حرارة عالية لصباغته. ويلزم أحياناً استخدام مواد مُثبّتة للصبغات مثل حمض التانيك، وكرومات البوتاسيوم، وكبريتات النحاس، وغيرها... .

بعد دراستك هذه الوحدة، وتعرفك إلى بعضٍ من تطبيقات الكيمياء في حياتنا، لربما أصبح لديك فضول في التعرف إلى مزيد من علاقة الكيمياء بكل ما يدور حولنا، ولتُرضي فضولك، اطّلع على الرمز أو الرابط الآتيين اللّذين يوضّحان الجزء اليسير من علاقة الكيمياء بالحياة:

https://goo.gl/SoooVf

الكيمياء والتكنولوجيا والمجتمع

■ ألياف خاصة:

تُعَدّ بدلة رواد الفضاء ضرورية لرائد الفضاء، فهي توفر له جواً ملائماً يتميز بضغط جوي مناسب، وتزوده بالأكسجين الذي بنقصانه يفقد رائد الفضاء وعيه، وتعمل هذه البدلة - بالإضافة إلى ما سبق - على تصريف ثاني أكسيد الكربون، وتوفير درجة حرارة مناسبة، والحماية من الإشعاعات الكونية الخطرة، وتوفر لمرتديها حرية الحركة والتواصل، وتتكون ألياف هذه البدلات من مجموعة من البوليمرات الصناعية الخاصّة، كطبقة النايلون الداخلية، وطبقة بوليمر السباندیکس المرن القابل للارتداء، ويُستخدم بوليمر الداكرون، وألياف النيوبرين لتوفير الضغط الملائم، بالإضافة إلى مجموعة من الألياف المتنوعة كالجورتيكس، والكيفلار (ألياف شديدة المتانة)، والنوميكس، والألياف الزجاجية التي تُشكل المادة الأساسية للجزء العلوي من الجذع.

وهناك منسوجات أخرى تُصنع من ألياف خاصة، كملابس غرف العمليات الجراحية، ورجال الإطفاء، وعلماء البراكين، والملابس الواقية من الإشعاعات والمواد الكيميائيّة والبيولوجية، والملابس الواقية للرصاص، وغيرها كثير.

■ المُكمّلات الغذائيّة:

مما لاشك فيه أن تناول الغذاء السليم الغني بالخضراوات والفواكه يقوي الجسم، ويقيه من الأمراض، ولكن نظراً للحياة السريعة، والانشغال الدائم في العمل، ازداد الإقبال على تناول الأطعمة الجاهزة، والوجبات السريعة عالية السعرات الحراريّة، وذات القيمة الغذائيّة المنخفضة، ففقدَ الغذاء وظيفته الأساسية في إمداد الجسم بكل ما يحتاجه من العناصر الغذائيّة، والأملاح المعدنيّة، وهذا ما حدا بالإنسان إلى تناول مكملات غذائيّة عبارة عن مستحضرات يتم استخراجها من المواد الطبيعية، ولكن بصورة مركّزة، وتكون هذه المُكمّلات على هيئة أقراص، أو على شكل بودرة تذوب في المحاليل. ومن الأمثلة على هذه المكملات: أقراص فيتامين د، وأقراص B12، وأقراص فيتامين ج، وأقراص زيت السمك.

أسئلة الوحدة

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

1) أيُّ من الآتية يُعدّ مصدراً رئيساً يمدّ الجسم بالطاقة؟

أ) الكربوهيدرات. ب) البروتينات. ج) الفيتامينات. د) الأملاح المعدنيّة.

2) إلى أيّ المجموعات الدوائية ينتمي الإيثانول CH_3CH_2OH؟

أ) المُطهرات. ب) مراهم الحروق. ج) مُسكّنات الألم. د) المُضادات الحيوية.

3) ما نوع قوى الترابط بين مكوّنات بلورة الحمض الأميني؟

أ) تساهمية. ب) أيونية. ج) هيدروجينية. د) قوى لندن.

4) ما عدد ذرات الكربون في أبسط حمض أميني؟

أ) 1 ب) 2 ج) 3 د) 4

5) أيُّ الفيتامينات قد يؤدي نقصانه إلى خلل في قدرة العيون على الإبصار؟

أ) A ب) B ج) C د) D

6) مادة مضافة، تحمل الرمز (E1050)، إلى أيّ مجموعات المواد المُضافة للأغذية تنتمي هذه المادة؟

أ) ملوّنة. ب) حافظة. ج) منكّهة. د) مُحلّية.

7) أيُّ من أملاح العناصر الآتية يؤدي نقصانها ليناً في العظام؟

أ) I ب) K ج) Ca د) Fe

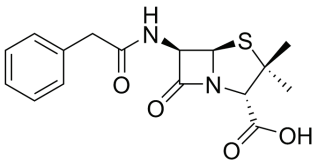
8) ما الصّيغة الجزيئيّة للسُّكّر الثنائي الناتج من اتحاد الغلوكوز والفركتوز؟

أ) $C_{11}H_{20}O_{10}$ ب) $C_{12}H_{24}O_{12}$ ج) $C_{11}H_{22}O_{11}$ د) $C_{12}H_{22}O_{11}$

9) ما نواتج التحلل المائي للنشا في وسط حمضي؟

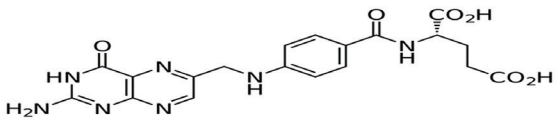
أ) فركتوز. ب) رايبوز. ج) غلوكوز. د) لاكتوز.

10 تُمثّل الصّيغة البنائية المجاورة صيغة المضاد الحيوي للبنسلين G،
أيٌّ من المجموعات الوظيفية الآتية **غير** موجودة في تركيبه؟



أ) مجموعة الكربوكسيل. ب) مجموعة الكربونيل.
ج) مجموعة الهاليد. د) مجموعة الأميد.

11 أيُّ العبارات الآتية **صحيحة** فيما يتعلّق بطبيعة الفيتامين الذي له الصّيغة الآتية؟



أ) يُخزّن في الأنسجة الدهنيّة.
ب) يحتاجه الجسم بكميّات كبيرة.
ج) يدخل في تركيب مركّبات الطاقة ATP.
د) يفقده الجسم بسهولة، ولذلك يحتاجه باستمرار.

12 أيٌّ من الآتية يُعدّ من الألياف البروتينية؟

أ) الحرير. ب) القنّب. ج) الكتان. د) القطن.

السؤال الثاني: ما المقصود بالمفاهيم والمصطلحات الآتية:

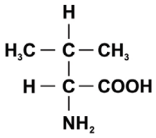
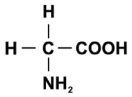
الحصة الغذائيّة المثالية، وعديد التسكر، والأكريلك، وحمض أميني أساسي، والأيون المزدوج، وحلج القُطن، وظاهرة التلبد.

السؤال الثالث: أعطِ مثالاً على كل مما يأتي:

1. مسكّن للآلام.
2. كربوهيدرات مُعقدة.
3. فيتامين يذوب في الأنسجة الدهنيّة.
4. ألياف صناعيّة.
5. مُحلّيات صناعيّة.

السؤال الرابع: فسّر العبارات الآتية:

1. يبهت لون المنسوجات الصوفية المصبوغة بصبغات قاعدية.
2. تكوّن راسب أحمر عند إضافة محلول فهلنج إلى محلول السكروز المضاف إليه قطرات من الحمض.
3. **لا** يُنصح الأشخاص المصابون بقرحة المعدة بتناول الأسبرين.
4. ضمور العضلات عند الأشخاص الذين يعانون المجاعة.
5. تَمتُّع الصوف الطبيعي بخاصية العزل الحراري.

السؤال الخامس: ارسم صيغة ثنائي الببتيد الناتج من ارتباط الفالين  مع الغلايسين  مشيراً إلى موقع الرابطة الببتيدية؟

السؤال السادس: ناقش العبارات الآتية:

1. يُفضِّل كثير من الناس الوجبات الغذائيّة، والمشروبات الطبيعية الخالية من المُضافات الغذائيّة.
2. يُنصح بتعريض الجسم، وخاصةً الأطفال إلى أشعة الشمس بين الحين والآخر، ولمدة زمنية معقولة، وفي فترات محددة.
3. تظهر أعراض نقص بعض الفيتامينات أسرع من غيرها من الفيتامينات.
4. ليست كل الصّبغات مناسبة لصبغ الألياف النسيجية.

السؤال السابع:

بناءً على ما درسته في بند الكيمياء والغذاء، شخّص الحالات المرضيّة الآتية، وبماذا تنصح المصابين بها؟

1. يشكو باسل من تضخّم في الغدة الدرقية، وزيادة في الوزن بشكل غير طبيعي.
2. تشكو رنا من تساقط مستمر للشعر، وشحوب البشرة وجفافها.
3. تشكو آية من نزف مستمر في اللِّثة، وصعوبة التئام جروحها.

السؤال الثامن:

تُبيّن الصورة المجاورة الأكياس الخاصة بحمل الرمال والحصى والإسمنت اللازم لعملية البناء:

1. ما مصدر الألياف التي تُصنع منها هذه الأكياس؟
2. ما الخصائص التي تتوقع توفرها في الألياف المستخدمة لصناعة هذه الأكياس؟

السؤال التاسع:

1. اكتب معادلة عامة تُعبّر عن كيفية ارتباط الصبغات الحمضية مع الأنسجة البروتينية.
2. احسب السعرات الحراريّة المكتسبة من أكل بيضة كتلتها 50 غم تحتوي على 12.5% من كتلتها بروتين، و 5% كربوهيدرات، و 11% دهون.

السؤال العاشر:

ليلى طالبة في الصف الثاني عشر، طولها 160 سم، وكتلتها 70 كغم، وتُكثر من تناول الوجبات الغذائيّة الغنية بالدهون والكربوهيدرات:

1. احسب مؤشّر الكتلة لليلى، واعتمد على الجدول (4-2)؛ لتصنّيف ليلي حسب مؤشّر الكتلة BMI.
2. إذا علمت أن ليلى تحتاج في اليوم 2200 سعر حراري لتقوم بأنشطتها الحيويّة المختلفة، اربط بين تصنيف ليلى حسب مؤشر الكتلة، وميزان الطاقة، وبماذا تنصح ليلى؟

السؤال الحادي عشر: أقيّم ذاتي:

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

الرقم	العبارة	دائماً	أحياناً	نادراً
1.	أستطيع إعداد برنامج غذائي صحي متوازن.			
2.	أستطيع التمييز بين أنواع الألياف النسيجية.			
3.	أستطيع تبني موقف فيما يتعلق بالمضافات والعادات الغذائية.			

المشروع

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

ميزات المشروع:

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

خطوات المشروع:

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

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

ثانياً: وضع خطة المشروع:

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

يقتضي وضع الخطة الآتية:

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

ثالثاً: تنفيذ المشروع:

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

دور المعلم:

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

دور الطلبة:

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

رابعاً: تقويم المشروع: يتضمن تقويم المشروع الآتي:

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

يقوم المعلم بكتابة تقرير تقويمي شامل عن المشروع من حيث:

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

المراجع

مراجع عربية مقترحة:

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

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

3- وائل غالب محمد، ووليد محمد السعيطي، **أُسس الكيمياء العضوية**، الطبعة الأولى، دار الكتب الوطنية الليبية، (2008).

مراجع أجنبية مقترحة:

1. Campbell, N.A &Reece J.B & others, **Campbell BIOLOGY**, Peason Education, UNC, Benjamin Cummings 10th Edition Puplishings USA, (2014).
2. Francis A. Carey, Robert M. Guiliano, **Organic Chemistry**, 8th Edition, McGraw-Hill Companies, Inc, (2011).
3. Hanice Gorzynski, **Organic Chemsitry**, 4th Edition, McGraw-Hill Companies, Inc, (2014).
4. Karen C. Timberlake, **Chemistry: An introduction to general, organic, and biological chemistry**, 12th edition, Timberlake, Karen C (2015).
5. Martin S. Silberberg, **Principles of General Chemsitry**, 2nd edition, McGraw-Hill, (2010).
6. Petrucci R., Harwood W., **General Chemistry**, 6th edition, Macmillan Company, (1989).
7. Rymond Chang, **General Chemistry: the essential concepts**, 5th edition, McGraw-Hill Companies, (2008).
8. Raymond Chang, Jason Overby, **General Chemsitry**, 6th edition, McGraw-Hill, (2010).
9. Smith, Janica, **Organic Chemistry**, 4th edition. McGraw-Hill, (2014).
10. Steven D. Gmmon, **General Chemistry**, 9th edition, Houghton Mifflin Company, (2009).
11. Theodore L. Brown, Eugene H. LeMay, Bruce E. Bursten, Catherine J. Murphy, Patrick M. Woodward, Mathew W. Stoltzfus, **Chemsity: The Central Science**, 13th edition. Pearson Education, Inc, (2015).

إجابات أسئلة مختارة من الوحدات

الوحدة الأولى:

الفصل الأول:

السؤال الثالث: ① 1.36×10^{-3} مول/لتر.دقيقة

② 2.72×10^{-3} مول/لتر.دقيقة

③ 6.8×10^{-4} مول/لتر.دقيقة

الفصل الثاني:

السؤال الرابع: ① 0.07 مول/لتر ② 0.17 مول

أسئلة الوحدة:

السؤال السادس:

① ■ التجربة (أ)، والتجربة (ب). طبيعة المتفاعلات (مساحة سطح المواد المتفاعلة).

■ التجربة (ب)، والتجربة (د). درجة الحرارة.

■ التجربة (ج)، والتجربة (د). تركيز المواد المتفاعلة.

② ■ سرعة التفاعل أكبر ما يمكن في التجربة (ج).

■ سرعة التفاعل أقل ما يمكن في التجربة (أ).

الوحدة الثانية:

السؤال الرابع: 0.02 مول

الوحدة الثالثة:

السؤال الأول:

الفقرة	1	2	3	4	5	6	7	8
رمز الإجابة الصحيحة	د	ب	ب	ب	أ	د	ب	أ

الوحدة الرابعة:

السؤال الأول:

الفقرة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
رمز الإجابة الصحيحة	أ	أ	ب	ب	أ	د	جـ	د	جـ	جـ	د	أ

الجدول الدوري للعناصر
Periodic Table

	IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIIIB	VIIIB	VIIIB	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
1	1 H 1.008																	2 He 4.002
2	3 Li 6.941	4 Be 9.012											5 B 10.811	6 C 12.01	7 N 14.006	8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.179
3	11 Na 22.989	12 Mg 24.305											13 Al 26.981	14 Si 28.085	15 P 30.973	16 S 32.066	17 Cl 35.452	18 Ar 39.948
4	19 K 39.098	20 Ca 40.08	21 Sc 44.959	22 Ti 47.88	23 V 50.941	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.845	27 Co 58.933	28 Ni 58.693	29 Cu 63.546	30 Zn 65.39	31 Ga 69.723	32 Ge 72.61	33 As 74.921	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.80
5	37 Rb 85.467	38 Sr 87.62	39 Y 88.905	40 Zr 91.22	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc 98	44 Ru 101.07	45 Rh 102.905	46 Pd 106.42	47 Ag 107.868	48 Cd 112.411	49 In 114.818	50 Sn 118.710	51 Sb 121.76	52 Te 127.6	53 I 126.904	54 Xe 131.29
6	55 Cs 132.905	56 Ba 137.33	57 La 138.905	72 Hf 178.49	73 Ta 180.947	74 W 183.85	75 Re 186.207	76 Os 190.23	77 Ir 192.217	78 Pt 195.078	79 Au 196.966	80 Hg 200.59	81 Tl 204.383	82 Pb 207.2	83 Bi 208.980	84 Po 209	85 At 210	86 Rn 222
7	87 Fr 233	88 Ra 226.021	89 Ac 227.027	104 Rf 261	105 Db 262	106 Sg 263	107 Bh 264	108 Hs 265	109 Mt 268	110 Ds 271	111 Rg 280	112 Cn 285	113 Nh 286	114 Fl 289	115 Mc 289	116 Lv 293	117 Ts 294	118 Og 294

Lanthanides	58 Ce 140.116	59 Pr 140.907	60 Nd 144.24	61 Pm 145	62 Sm 150.36	63 Eu 151.954	64 Gd 157.25	65 Tb 158.925	66 Dy 162.50	67 Ho 164.930	68 Er 167.26	69 Tm 168.934	70 Yb 173.04	71 Lu 174.967
Actinides	90 Th 232.038	91 Pa 231.035	92 U 238.028	93 Np 273	94 Pu 244	95 Am 243	96 Cm 247	97 Bk 247	98 Cf 251	99 Es 252	100 Fm 257	101 Md 258	102 No 259	103 Lr 262

عناصر المجموعات الرئيسية

- فلزات
  - الفلزات القلوية
  - الفلزات القلوية الترابية
  - فلزات أخرى
- لا فلزات
  - لا فلزات
  - هالوجينات
  - العناصر النبيلة
- أشباه فلزات
  - أشباه الفلزات

العناصر الإنتقالية (وجميعها فلزات)

- الفلزات الإنتقالية
- الفلزات الأرضية النادرة

عناصر أخرى

- عناصر صناعية

تصميم:
موفق طلال حماد
مركز المناهج

لجنة المناهج الوزارية:

د. صبري صيدم	أ. ثروت زيد	د. شهناز الفار
د. بصري صالح	أ. عزام أبو بكر	د. سمية النخّالة
م. فواز مجاهد	أ. عبد الحكيم أبو جاموس	م. جهاد دريدي

لجنة الخطوط العريضة لمبحث الكيمياء:

أ.د. عماد عودة	د. سعيد الكردي	أ. فراس ياسين	أ. مي أبو عصبة
أ. صالح الشلالفة	أ. حسن حمامرة	أ. إبراهيم رمضان	أ. فضيلة يوسف

تم بحمد الله