الكِيمِياء

كتاب الطالب

المستوى العاشر

CHEMISTRY

STUDENT BOOK

GRADE

10

الفصل الدراسي الثاني - الجزء الأول

SECOND SEMESTER - PART 1

2020 - 2019

(Trial version - نسخة تجريبية)

www.jnob-jo.com

www.jnob-jo.com

حضرة صاحب السّموّ الشيخ تميم بن حمد آل ثاني
أمير دولــة قطــر

النشيد الوطني

قَسَمًا بِمَنْ رَفَعَ السَّماءْ — قَسَمًا بِمَنْ نَشَرَ الضِّياءْ
قَطَرٌ سَتَبْقَى حُرَّةً — تَسْمُو بِرُوحِ الأَوْفِياءْ
سِيرُوا عَلَى نَهْجِ الأُلَى — وَعَلَى ضِيَاءِ الأَنْبِيَاءْ
قَطَرٌ بِقَلْبِي سِيرَةٌ — عِزٌّ وَأَمْجَادُ الإِبَاءْ
قَطَرُ الرِّجَالِ الأَوَّلِينَ — حُمَاتُنَا يَوْمَ النِّدَاءْ
وَحَمَائِمٌ يَوْمَ السَّلاَمِ — جَوَارِحٌ يَوْمَ الفِدَاءْ

www.jnob-jo.com

المراجعة والتدقيق العلمي والتربوي

كلية الآداب والعلوم - جامعة قطر

خبرات تربوية وأكاديمية من المدارس

الإعداد والإشراف العلمي والتربوي

فريق من الخبراء التربويين

إدارة المناهج الدراسية ومصادر التعلم

www.jnob-jo.com

مقدمة

الحمدُ لله ربِّ العالمين، والصلاةُ والسلامُ على أشرفِ الأنبياءِ والمرسلينَ، سيدِنا محمدٍ وعلى آلِه وصحبِه أجمعينَ، وبعْد..

أبناءَنا الطلبة:

تسعى دولةُ قَطر من خلالِ رؤيةِ 2030، واستنادًا إلى «الإطارِ العامّ للمنهجِ التعليميّ الوطنيّ لدولةِ قَطر»، إلى تطويرِ نظامِها التعليميّ، وإعدادِ مناهجَ وطنيةٍ ملتزمةٍ بمعاييرِ الجودةِ العالميَّة، بُغيةَ بناءِ الإنسانِ وإعدادِه إعدادًا سليمًا، وتسليحِه بالمعرفةِ والقِيَمِ والمهاراتِ والاتجاهاتِ الَّتي تؤَهِّلُهُ لمواكبةِ التَّطوُّراتِ العالميةِ في المجالاتِ كافَّة، حتَّى أصبحتْ دولةُ قَطَرَ تنافِسُ الدُّولَ المتَقدِّمةَ في مجالِ التَّعليمِ والمجالاتِ الأُخرَى.

ويُعَدُّ الكتابُ المدرَسيُّ مصْدَرًا رئيسًا من مصادرِ المعرفةِ، وأحَدَ الرَّكائزِ المهمَّةِ في العمليَّةِ التَّعليميَّةِ؛ جاءَ حصيلةً لمزيجٍ مُتَجانِسٍ مِنَ الخِبْراتِ المعرِفيَّةِ والثقافيَّةِ والاجتماعيَّةِ والفنِّيَّةِ، وُضِعَتْ مِنْ قِبَلِ خُبرَاءَ متخصِّصين، فالكِتابُ وسيلةٌ منظَّمةٌ من وسائلِ التَّعليمِ، وهو أداةٌ من أدَواتِ التَّوجيهِ التَّربويّ، والأساسُ الَّذي يستعينُ بِهِ المعلِّمُ في إعدادِ دُروسِه.

لقد تمَّ تأليفُ هذا الكتابِ الَّذي يستهدفُ طلَبةَ المستوى العاشِرِ في التَّعليمِ العام، ويتوافقُ مع قُدُراتِهم؛ بحيثُ تتَدرَّجُ المعلوماتُ فِيهِ من السَّهلِ إلى الصَّعبِ، ومن العامِّ إلى الخاصِّ، ويهدِفُ إلى رفعِ مستوى كفاءَةِ الطَّلَبةِ وخِبْراتِهم، وإثارةِ دافعيتِهم وتفاعُلِهم مع زملائِهم ومعلِّميهم؛ لاكتسابِ المعلوماتِ والمهاراتِ والكِفاياتِ، من خلالِ الأنشطةِ الصَّفِّيَّةِ واللاصفِّيَّة.

يحقِّقُ محتوَى الكتابِ تنميةَ مهاراتِ التفكيرِ والبحثِ العلميّ والاستقصاءِ بنوعَيهِ؛ الموجَّهِ والمفتوحِ، وحلِّ المشكِلات. ويتضمَّنُ كلُّ درسٍ أنشِطةً عمليَّةً متنوِّعةً، وأسئلةَ تقويمٍ تمهيديٍّ وتكوينيٍّ وختاميّ؛ حيثُ تجدُ في مقدِّمةِ كلِّ درسٍ أسئلةً تمهيديةً لتحديدِ معرفةِ الطلبةِ وخبراتِهم السَّابقة، وأسئلةً في نهايةِ كلِّ فَقرةٍ تحت عُنوانِ «اِخْتَبر نَفْسَكَ» تَقيسُ ما تمَّ تعلُّمُه، ثمَّ تقويمًا خاصًّا بكلِّ درسٍ، وفي نهايةِ كلِّ وَحدة. كما يَشتملُ الكتابُ على رسومٍ وأشكالٍ توضيحيَّةٍ تحقِّقُ مهارةَ قراءةِ الأشكالِ والرُّسومِ البيانيَّة.

يحتوي كتابُ الكِيمياءِ للصفِّ العاشرِ في فصلَيهِ على ست وَحَداتٍ دراسيةٍ تشمَلُ: «الدَّورِيَّةُ في خصائصِ العناصِر، ومفهومُ المول والحسابات الكيميائيَّة، والكيمياءُ الحركيَّةُ، الأحماض والقواعد، التغيُّراتُ في الطَّاقةِ، والكيمياءُ العُضْويَّة».

ونحنُ إذْ نضعُ بين يدَيكَ هذا الكتابَ، لَندعوكَ إلى التَّفاعلِ الإيجابيّ معَ محتواهُ وأنشطتِه المختلِفة؛ لتحقيقِ الهدفِ المنشودِ منْه.

ونسألُ اللهَ عزَّ وجلَّ لك التَّوفيقَ والسَّداد،،،

www.jnob-jo.com

الكيمياء

المستوى العاشر - الفصل الدراسي الأول

Chemistry

GRADE 10

بعض أقسام هذا الكتاب

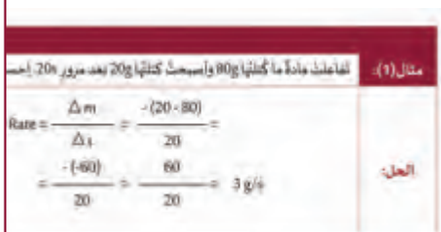
مفتاح الكفايات:

مفتاح كفايات الإطار العام للمنهج التعليمي الوطني لدولة قطر QNCF Key Competencies ، ويشير إلى مجموعة كفايات معرفية ومهارية ووجدانية يعمل منهج العلوم على تنميتها لدى الطلبة.

(CT)	التفكير الإبداعي والتفكير الناقد Creative and Critical Thinking
(L)	الكفاية اللغوية Literacy
(N)	الكفاية العددية Numeracy
(C)	التواصل Communication
(CP)	التعاون والمشاركة Cooperation and Participation
(IR)	الاستقصاء والبحث Inquiry and Research
(PS)	حل المشكلات Problem Solving

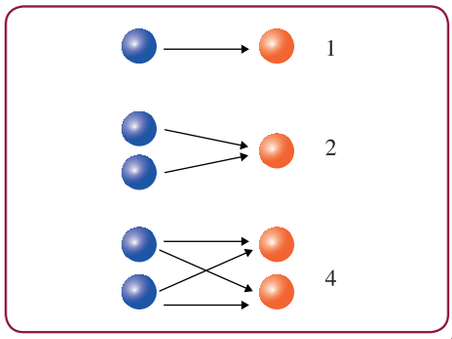
مثال :

توظيف العلاقات الكمية والقوانين العلمية لتنمية المهارات الحسابية



الأشكال التوضيحية:

معينات بصرية توضح المحتوى العلمي عن طريق صور ورسوم وأشكال بيانية، تنمي مهارة قراءة الأشكال وتحليل الرسوم البيانية وتمثيل العلاقات العلمية لدى الطلبة



www.jnob-jo.com

اختبر نفسك:

التحقق من مدى استيعاب الطلاب للأفكار أثناء الدرس

اختبر نفسك

اِحسبْ مُعدلَ سرعةِ تكون مادةٍ ناتجةٍ إذا علمتَ أنَّ تَركيزَها قد تَغيّرَ من 1×10^{-3} mol/L.s ليصلَ إلى 5×10^{-3} mol/L.s ، خلال 20 s.

الأنشطة:

مواقف تفاعلية لتنمية القدرة على التطبيق العملي للأفكار الجديدة، والتدرب على الأنشطة العملية

نشاط 1-3	التَّغيُّرُ في كتلةِ المُتفاعلاتِ والنَّواتجِ في وحدةِ الزمنِ
الهدف:	يستقصي أثرَ التَّغيُّرِ في كتلةِ المُتفاعلاتِ والنواتجِ في وحدةِ الزمنِ
	جدولُ بياناتٍ للتَّفاعلِ الافتراضي الآتي عند درجةِ حرارةٍ مُعينةٍ: $X_{(s)} + Y_{(g)} \rightarrow XY_{(s)}$

المصطلحات العلمية:

المُفرداتُ الرَّئيسةُ	
سُرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائي	Rate of Chemical Reaction
التَّصادُمُ الفعَّالُ	Effective Collision

الجداول التوضيحية:

الزمن t(s)	[CO] (mol/L)	الزمن t(s)	[CO] (mol/L)
40	3.0×10^{-2}	0	1.0×10^{-1}
60	1.7×10^{-2}	10	6.7×10^{-2}
80	0.7×10^{-2}	20	5.0×10^{-3}
100	0.2×10^{-2}	30	3.8×10^{-2}

www.jnob-jo.com

مراجعة الدرس:

مجموعة من الأفكار الرئيسة التي يتناولها الدرس

تقويم الدرس:

مجموعة من الأسئلة لقياس مدى استيعاب الطلبة للأفكار الواردة في الدرس، تشمل أسئلة الاختيار المتعدد والأسئلة ذات الإجابة القصيرة.

تقويم الوحدة:

مجموعة أسئلة مهارية متنوعة لقياس مدى تحقق مخرجات دروس الوحدة كاملة.

إثراء:

الرَّبْطُ مع الفيزياءِ

نموذجُ الحركةِ الجُزيئيةِ

درستَ سابقًا أنَّ نَموذجَ الحركةِ الجُزيئيةِ يَفترضُ أنَّ دقائقَ الموادِّ المُتفاعِلَةِ سواءً كانت جُزيئاتٍ،

معلومات إضافية تعزز المفاهيم والأفكار العلمية في الدرس

www.jnob-jo.com

العلم والعلماء:

تعزيز القيم من خلال تقدير

جهود ومساهمات العلماء في اكتشاف وتطور المعرفة العلمية

مخطط المادة:

UNIT 3

الوحدة الثالثة :

الكيمياءُ الحَرَكِيَّةُ
Chemical Kinetics

الـدرس الأول:

1-3 سُرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائي
Rate of Chemical Reaction

الدرس الثاني:

2-3 العواملُ المُؤثِّرةُ في سُرعةِ التَّفاعُلِ
Factors Affecting Reaction Rate

www.jnob-jo.com

الكِيمِياء Chemistry

علمُ الكيمياءِ هو علمُ دراسةِ خواصِّ الموادِّ والتفاعُلاتِ الكيميائيةِ وارتباطِها بالطاَّقة، وهو فرعٌ من فروعِ العلومِ الطبيعيةِ (الكيمياءِ، الفيزياءِ، الأحياء وعلومِ الأرض)، الذي يتعاملُ مع بِنيةِ المادَّة ومكوّناتِها وخصائصِها، وهو يهتمُّ بدراسةِ كل شيءٍ يحيط بنا؛ ومنها الموادِّ الَّتي تتكوَّنُ منها أجسامُنا، وما يحيط بنا من طبيعةِ الأرضِ والهواءِ والماءِ من حولِنا الَّتي تؤثّرُ فِينا وتتأثَّرُ بِنا، ويهتمُّ عِلمُ الكيمياءِ كذلكَ بدراسةِ التَّغيُّراتِ الَّتي تطْرأُ على المادَّةِ، وتؤدّي إلى إنتاجِ موادَّ جديدةٍ يستخدمُها الإنسانُ في الحياةِ اليوميَّة؛ مثلَ البَلاستيك، والأدويةِ الَّتي تدخُلُ في صناعتِها عناصرُ كيميائية.

يُطلَقُ على عِلمِ الكيمياءِ أيضًا اسمُ «العلمُ المركزيّ»؛ لأنَّه يجمعُ أكثرَ من نوعٍ من أنواع العلومِ؛ مثلَ الفيزياءِ، وعِلمِ الأحياءِ، وعِلمِ الفَلَكِ، والجيولوجيا؛ لذلك يُقال إنَّ الكيمياءَ هي الحياة.

وعلى عكسِ ما يعتقدُهُ بعضُ الناسِ مِنْ أنَّ عِلمَ الكيمياءِ يستهدفُ المهتمين بعلومِ الكيمياءِ والتفاعُلاتِ الكيميائيةِ فحسْب، بلْ إنَّ المعرفةَ بعلومِ الكيمياءِ المختلفةِ ممتِعةٌ ومبهِجةٌ وستساعدُك على فَهمِ البيئةِ من حَولِك، وعلَى حلِّ العديدِ من المشكِلات الَّتي تواجِهُك في حياتِك اليوميَّة.

ينقسِمُ عِلمُ الكيمياءِ بصفةٍ عامَّةٍ إلى عِدَّةِ فروعٍ رئيسةٍ، مِنها:

الكيمياءُ التَّحليليَّةُ: الَّتي تهتمَّ بتحليلِ عيّناتٍ من المادَّةِ لمعرفةِ التركيبِ الكيميائيّ لها وكيفيةِ بنائِها.

الكيمياءُ الحيَويَّةُ: الَّتي تهتمُّ بدراسةِ الموادِّ الكيميائيةِ الحياتيَّة، والتفاعُلاتِ الكيميائيَّةِ الَّتي تحدُثُ في الكائناتِ الحيَّة.

الكيمياءُ غيرُالعُضْويَّةُ: الَّتي تهتمُّ بدراسةِ خواصِّ المرَكَّباتِ غيرِ العُضويَّةِ وتفاعُلاتِها.

الكيمياءُ العُضْويَّةُ: الَّتي تهتمُّ بدراسةِ المركَّباتِ العُضويةِ، من حيثُ التَّركيبُ، والخواصُّ، والتفاعُلات.

الكيمياءُ الفيزيائِيَّةُ: الَّتي تهتمُّ بدراسةِ الطَّاقةِ في التفاعُلاتِ الكيميائيَّةِ، وحركيَّةِ التفاعُلات.

وقد أسْهمَ العُلماءُ المسلمونَ في تطويرِ عِلمِ الكيمياءِ؛ ومنهم جابرُ بنُ حيَّانَ، وابنُ سِينا، وأبو بكرٍ الرَّازي، ويُعَدُّ هؤلاءِ من أشهرِ العلماءِ المسلمينَ الَّذينَ تَركوا بصْمةً في هذا المجال.

وفي عصرِنا الحديثِ أصبحَ للتِّكنولوجيا أثرٌ كبيرٌ في الطريقةِ الَّتي يعملُ بها الكيميائيونَ ويتعلَّمونَ بِوَاسطتِها. ومُنذُ أنْ أصبحَ الحاسوبُ مُتاحًا فقد أصبحَ من السَّهلِ تعلُّمُ الكيمياءِ في مواضيعَ عِدَّةٍ؛ مثلَ: وزنِ المعادلاتِ الكيميائيَّةِ، والتَّعرُّفِ على الكثيرِ من التفاعُلاتِ باستخدامِ الفِيديو والمختبراتِ الافتراضيَّة.

www.jnob-jo.com

الفهرس

الوحدة الثالثة :

الكيمياءُ الحَرَكِيَّةُ
Chemical Kinetics

الدرس الأول: 14

3-1 سُرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائي
Rate of Chemical Reaction

الدرس الثاني: 36

3-2 العواملُ المُؤثِّرةُ في سُرعةِ التَّفاعُلِ
Factors Affecting Reaction Rate

الوحدة الرابعة :

الطاقةُ الحراريّةُ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ
Thermal Energy in Chemical Reactions

الدرس الأول: 64

4-1 التَّغيراتُ في الطاقةِ الحراريةِ المصاحبةِ للتفاعلاتِ الكيميائيةِ
Energy Changes for Chemical Reactions

الدرس الثاني: 81

4-2 تمثيل مُخطَّطاتُ الطاقةِ في التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ
Construction of Energy Profile Diagrams

www.jnob-jo.com

مفتاح كفايات الإطار العام للمنهج التعليمي الوطني لدولة قطر
QNCF Key Competencies

	(CT)	التفكير الإبداعي والتفكير الناقد Creative and Critical Thinking
	(L)	الكفاية اللغوية Literacy
	(N)	الكفاية العددية Numeracy
	(C)	التواصل Communication
	(CP)	التعاون والمشاركة Cooperation and Participation
	(IR)	الاستقصاء والبحث Inquiry and Research
	(PS)	حل المشكلات Problem Solving

www.jnob-jo.com

C1006

UNIT 3

الوِحدةُ الثالثةُ

الكيمياءُ الحَرَكِيَّةُ

Chemical Kinetics

محتويات الوحدة:

الـدرس الأول: 3-1 سُرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائي .
Rate of Chemical Reaction

الدرس الثاني: 3-2 العواملُ المُؤثِّرةُ في سُرعةِ التَّفاعُلِ
Factors Affecting the Reaction Rate

www.jnob-jo.com

الدَّرسُ الأوَّلُ 1-3

سُرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائي
Rate of Chemical Reaction

التَّجارِبُ والأنشِطة

(1-3) التَّغيُّرُ في كُتلةِ مادةٍ ناتجةٍ في وِحدةِ الزمنِ.

(2-3) التَّصادُماتُ المُحتَمَلَةُ .

مُخرَجاتُ التَّعلُّمِ

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- يُدركَ أنَّ سُرعةَ التَّفاعُلاتِ تختلفُ بشكلٍ كبيرٍ. ويَرسُمَ ويُحلِّلَ الرسومَ البيانيةَ ويَجمعَ البياناتِ من تجاربِ سُرعةِ التَّفاعُلِ.
- يَشرحَ تَفاعلَ ثُنائيّ الجُزيئاتِ بدلالةِ تَصادُماتِ الجُسيماتِ، ويُدركَ أنَّ إمكانيةَ التَّصادُمِ الفعَّالِ (التَّفاعُل) تَعتمدُ على الاتجاهِ الفراغيّ المناسبِ وطاقةِ الجُسيماتِ.

المُفرَداتُ الرَّئيسَةُ

سُرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائي	Rate of Chemical Reaction
التَّصادُمُ الفعَّالُ	Effective Collision
طاقةُ التنشيطِ	Activation Energy
نظريةُ التَّصادُمِ	Collision Theory

www.jnob-jo.com

مُقدِّمة

هل تَساءَلتَ يومًا عن الزمنِ الذي تَستغرقُهُ الفاكهةُ لكي تَنضُجَ، أو الزمنِ الذي تَستغرقُهُ قطعةٌ من التفّاحِ لكي يَتغيَّرَ لونُها إلى اللون البُنيّ؟ أو الزمنِ الذي تَستغرقُهُ قطعةٌ من الحديدِ لكي تَصدأَ؟ أو تَساءَلتَ عن سببِ الاحتراقِ السريعِ للفحمِ؟ وعن سببِ الاشتعالِ الأسرعِ للألعابِ الناريةِ؟ انظر الشكل (3-1) .

هذه التَّساؤُلاتُ وغيرُها دفعتِ العلماءَ إلى البحثِ حولَ اختلافِ سُرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ بعضِها عن بعضٍ، وكَيفيَّةِ التَّحكُّمِ فيها لزيادةِ سُرعتِها أو إبطائِها. ويُسمَّى هذا الفرعُ من الكيمياءِ الذي يَهتمُّ بدراسةِ سُرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ والعواملِ المُؤثِّرةِ فيها **بالكيمياءِ الحَرَكِيَّةِ**.

الشكل 3-1 تَفاوُتُ سُرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائية.

مَفهومُ سُرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ
Concept of Rate of Chemical Reaction

الشكل 3-2 تَكَوُّنُ راسبٍ أبيضَ من كلوريدِ الفضةِ AgCl.

تَتَفاعلُ الموادُّ الكيميائيّةُ مع بعضِها البعضِ، وتَحدثُ هذه التَّفاعُلاتُ خلالَ فترةٍ زمنيةٍ تَختلفُ باختلافِ خصائصِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ والموادِّ الناتجةِ وظُروفِ التَّفاعُلِ؛ لذلك تَتَفاوتُ هذه التَّفاعُلاتُ في السرعةِ التي تَتِمُّ بها، فبعضُها يَحدثُ بسرعةٍ كبيرةٍ جدًّا خلالَ فترةٍ زمنيةٍ قصيرةٍ تُقدَّرُ بالثواني أو أجزاءَ من الثانيةِ، فمثلًا التَّفاعُلاتُ التي تَحدثُ بين الأحماضِ والقواعدِ عُمومًا تكونُ سريعةً، ومن الأمثلةِ أيضًا خَلْطُ مَحلولَيْ نتراتِ الفضةِ وكلوريدِ البوتاسيومِ، فإنه يَظهرُ راسبٌ أبيضُ من كلوريدِ الفضةِ AgCl بسرعةٍ نتيجةَ التَّفاعُلِ بشكلٍ سريعٍ بينهما، انظر الشكل (3-2).

www.jnob-jo.com

وفي المُقابِلِ، فإنَّ بعضَ التَّفاعُلاتِ تَحتاجُ زمنًا أطولَ لِحدوثِها مثلَ صدأِ الحديدِ انظر الشكل 3-3، وقد يَحتاجُ بعضُها إلى زمنٍ طويلٍ جدًّا قد يَصلُ إلى آلافِ السنين، مثلَ تَكَوُّنِ الفحمِ الحجريِّ والبترولِ. فما المَقصودُ بسرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيِّ؟ ولماذا تَتَفاوتُ هذه التَّفاعُلاتُ في سرعةِ حُدوثِها؟ وما علاقةُ سرعةِ التَّفاعُلِ بظروفِ التَّفاعُلِ؟

الشكل 3-3 يَحتاجُ صَدأُ الحديدِ وقتًا طويلًا لكي يحدثَ.

عندما تَقطعُ سيارةٌ مسافةَ 100 Km في ساعةٍ واحدةٍ، يُقالُ إنَّ سُرعتَها 100 Km/h وتُقرأُ 100 كيلو مترٍ في الساعةِ، فالسرعةُ هي تَغَيُّرُ كميةٍ مُعينةٍ في وِحدةِ الزمنِ، مثلَ تَغَيُّرِ المسافةِ التي تَقطعُها سيارةٌ في وِحدةِ الزمنِ. وعند الحديثِ عن التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ، فيُمكنُ القولُ أنَّ **سرعةَ التَّفاعُلِ الكيميائي Rate of Chemical Reaction** تَختلفُ من تَفاعلٍ لآخرَ، وكذلك تَتَفاوتُ سُرعاتُ التَّفاعُلِ الكيميائي نفسِهِ باختلافِ الظروفِ المُؤثِّرةِ فيه مثلَ درجةِ الحرارةِ، أو التَّركيزِ وغيرِهِما؛ لذلك يَتِمُّ قِياسُ مُعدَّلِ هذه السرعاتِ، ويُمكنُ تَعريفُ **مُعدَّلِ سرعةِ التَّفاعلِ الكيميائي Rate of Chemical Reaction** بأنها مِقياسٌ لمقدارِ التَّغيُّرِ في كميةِ مادةٍ مُتفاعلَةٍ أو مادةٍ ناتجةٍ في وِحدةِ الزمنِ، وتُقاسُ بوِحدةِ مول/ لتر. ث (mol/L.s)؛ حيثُ يُمكنُ التَّعبيرُ عنها بالعلاقةِ الرياضيةِ الآتيةِ:

عِلْمٌ وعُلماءُ

أحمد زويل

استخدمَ البروفسورُ أحمدُ زويل طريقةً يُمكنُ وَصفُها بأنها أسرعُ كاميرا حتى الآن. تَتِمُّ باستخدامِ وَمَضاتٍ ليزريةٍ، يكونُ الزمنُ بين الوَمضاتِ مُنخفِضًا جداً بحيثُ يُمكنُنَا النزولُ لمستوياتٍ زمنيةٍ صغيرةٍ والتي تقاربُ سرعةَ بعض التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ، أي الفمتو ثانية Femtosecond. حيثُ الفمتو ثانية هو 10^{-15} من الثانية، أي ما يُقابلُ ثانيةً واحدةً لـ 32 مليونَ سنةٍ.

www.jnob-jo.com

$$\text{مُعدَّلُ سُرعةِ التَّفاعُلِ} = \frac{\text{التَّغَيُّرَ في كميةِ مادةٍ مُتفاعلَةٍ أو ناتجةٍ}}{\text{التَّغيُّرِ في الزمنِ}}$$

$$\text{Rate} = \frac{\Delta \text{ quantity}}{\Delta t}$$

ويُعبَّرُ عن كميةِ المادةِ المُتفاعِلَةِ أو الناتجةِ من خلالِ استخدامِ التَّغيُّرِ في التَّركيزِ أو التَّغيُّرِ في الكتلةِ أو التَّغيُّرِ في الحجمِ، ويُشارُ إلى هذا التَّغيُّرِ بالرمزِ دلتا (Δ)، فإذا قِيستِ السرعةِ بدلالةِ التَّغيُّرِ في كتلةِ المادةِ المُتفاعِلَةِ أو الناتجةِ مع الزمنِ، تُكتَبُ العلاقةُ الرياضيةُ كما يأتي:

$$\text{مُعدَّلُ سُرعةِ التَّفاعُلِ} = \frac{\text{التَّغيُّرَ في الكتلةِ}}{\text{التَّغيُّرِ في الزمنِ}}$$

$$\text{Rate} = \frac{\Delta m}{\Delta t}$$

وفي هذه الحالةِ يُعبّرُ عن وِحدةِ سُرعةِ التَّفاعُلِ بوِحدةِ الجرام/ثانية (g/s).

www.jnob-jo.com

نشاط 1-3 التَّغيُّرُ في كتلةِ المُتفاعِلاتِ والنَواتجِ في وِحدةِ الزمنِ

الهدف: يَستقصي أَثَرَ التَّغيُّرِ في كتلةِ المُتفاعِلاتِ والنواتجِ في وِحدةِ الزمنِ

المواد والأدوات:

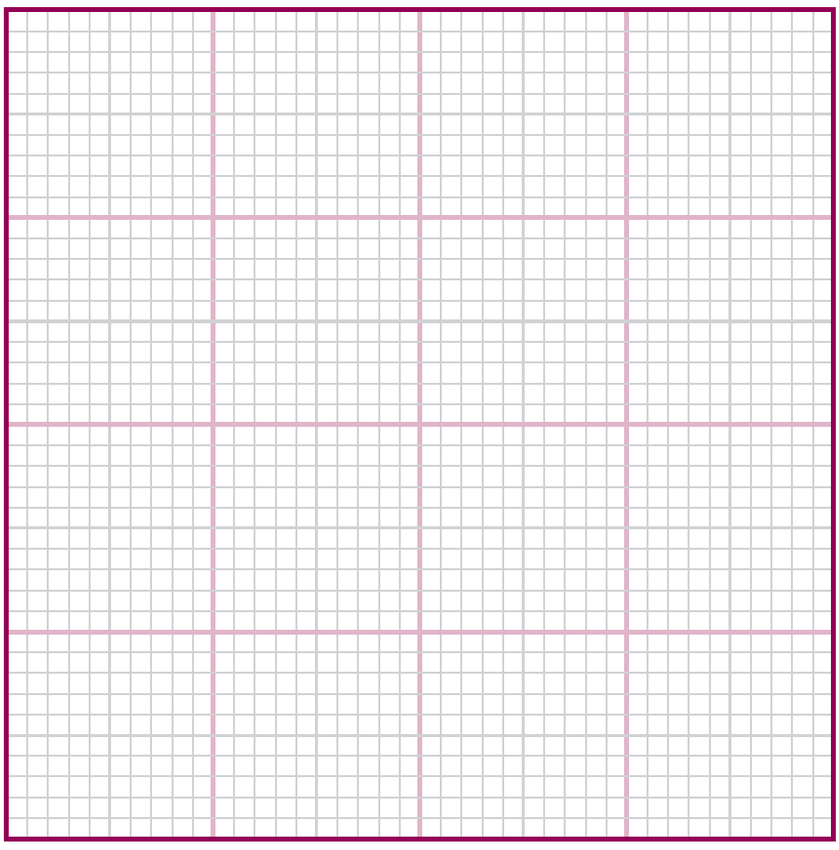
جدولُ بياناتٍ للتَّفاعُلِ الافتراضي الآتي عند درجةِ حرارةٍ مُعينةٍ:

$$X_{(s)} + Y_{(g)} \longrightarrow XY_{(s)}$$

التَّغيُّرُ في كتلةِ المادةِ الناتجةِ (XY) بالجرامِ	0.0	0.4	6.5	8.5	9.5	10.0	12.0
الزمنُ بالثانيةِ	0	5	10	15	20	25	30
التَّغيُّرُ في كتلةِ المادةِ المتفاعلةِ (X) بالجرامِ	13.0	11.0	8.0	5.9	4.2	3.0	1.8

خُطُواتُ العملِ:

أُرسمْ مُنحنًى بيانيًّا يُمثلُ البياناتِ المُوضَّحَةَ في الجدولِ السابقِ بحيثُ يكونُ اللونُ الأحمرُ للمادةِ الناتجةِ (XY)، واللونُ الأزرقُ للمادةِ المُتفاعِلَةِ (X).



www.jnob-jo.com

التحليلُ

1. كيف تَتَغَيَّرُ كُتلةُ المادةِ المُتَفاعِلَةِ خلالَ التَّفاعُلِ الكيميائيّ؟
2. كيف تَتَغَيَّرُ كُتلةُ المادةِ الناتجةِ خلالَ التَّفاعُلِ الكيميائيّ ؟
3. اِحسبْ سُرعةَ التَّفاعُلِ بدلالةِ تَغَيُّرِ كتلةِ المادةِ المُتَفاعِلَةِ (X) خلالَ الفترةِ الزمنيةِ من 15s إلى 20s.
4. اِحسبْ سُرعةَ التَّفاعُلِ بدلالةِ تَغَيُّرِ كتلةِ المادةِ الناتجةِ (XY) خلالَ الفترةِ الزمنيةِ من 20s إلى 30s.
5. التَّفكيرُ النَّاقدُ. كيف تَتَغَيَّرُ كتلةُ المادةِ (Y) خلالَ التَّفاعُلِ؟

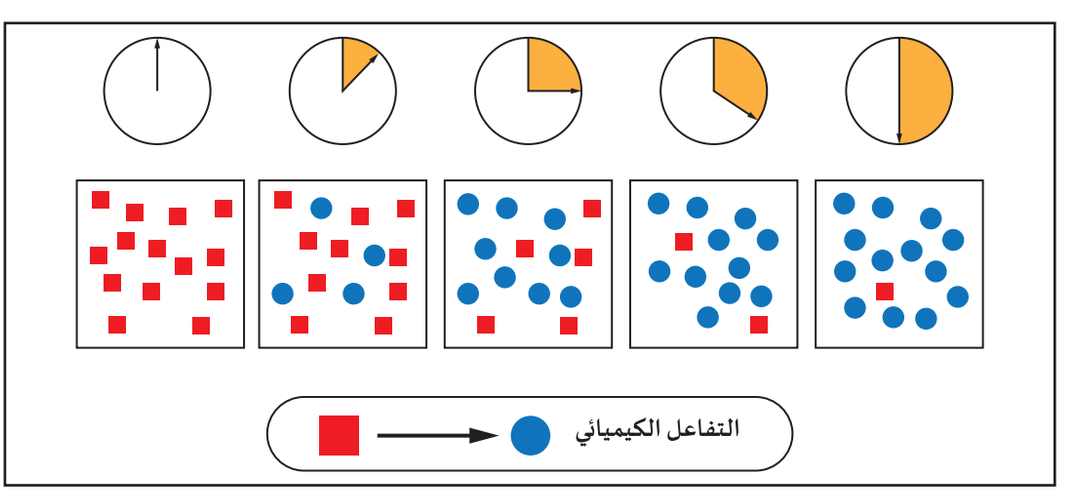
الاستنتاجُ

.....

ومثالُ ذلك: تَفَاعُلُ الماغنسيومِ مع مَحلولٍ مُخَفَّفٍ من حِمْضِ الكبريتيكِ وِفقَ المُعادَلَةِ الآتيةِ:

$$Mg_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow MgSO_{4(aq)} + H_{2(g)}$$

حيثُ يُمكنُ قِياسُ سُرعةِ التَّفاعُلِ من خلالِ تَحديدِ سُرعةِ استهلاكِ إحدى الموادِّ المُتفاعِلَةِ أو سرعةِ تَكوُّنِ إحدى الموادِّ الناتجةِ. وتُقاسُ السرعةُ في التَّفاعُلِ السابقِ من خلالِ قِياسِ كتلةِ الماغنسيومِ المُستهلَكَةِ أو حَجْمِ غازِ الهيدروجينِ الناتجِ في وِحدةِ الزمنِ؛ حيثُ تَقِلُّ كميةُ المادةِ المُتفاعِلَةِ بمرورِ الزمنِ؛ في حينَ تَزدادُ كميةُ المادةِ الناتجةِ، انظر الشكل (3-4). الذي يُوضِّحُ تَنَاقُصَ كميةِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ (مربعات حمراء)، بينما تَزدادُ كميةُ الموادِّ الناتجةِ (دوائر زرقاء).



الشكل 3-4 تَناقُصُ كميةِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ، وزيادةُ كميةِ الموادِّ الناتجةِ.

www.jnob-jo.com

وبمَعرفةِ مُعدَّلِ التَّغيُّرِ في هذه الكمياتِ خلالَ فترةٍ زمنيةٍ يُمكنُ حِسابُ مُعدَّلِ سُرعةِ التَّفاعُلِ من خلالِ القانونِ الآتي:

$$\text{مُعدَّلُ سُرعةِ التَّفاعُلِ} = \frac{\text{التَّغيُّرُ في كتلةِ الماغنسيومِ}}{\text{التَّغيُّرِ في الزمنِ}} \quad \text{أو} \quad \frac{\Delta m}{\Delta t}$$

$$\text{مُعدَّلُ سُرعةِ التَّفاعُلِ} = \frac{\text{التَّغيُّرُ في حجمِ الهيدروجين}}{\text{التَّغيُّرِ في الزمنِ}} \quad \text{أو} \quad \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

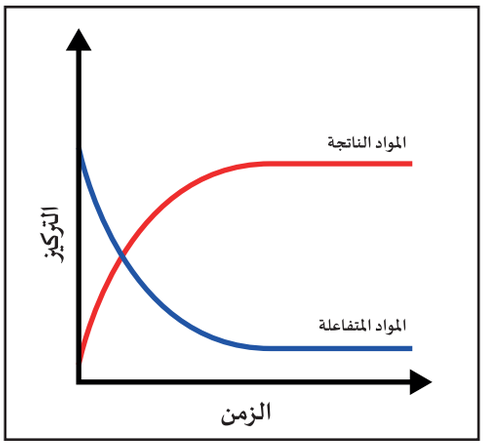
ويُمكنُ التَّعبيرُ بطريقةٍ أخرى عن مُعدَّلِ سُرعةِ التَّفاعُلِ من خلالِ التَّغيُّرِ في تَركيزِ إحدى الموادِّ المُتفاعِلَةِ أو الناتجةِ خلالَ فترةٍ زمنيةٍ مُحدَّدةٍ. حيثُ يُمكنُ حسابُ مَعدَّلِ سُرعةِ التَّفاعُلِ من خلالِ قياسِ تَركيزِ إحدى الموادِّ المُتفاعِلَةِ أو الناتجةِ خلالَ فترةٍ زمنيةٍ مُحدَّدةٍ، كما يأتي:

$$\text{مُعدَّلُ سُرعةِ التَّفاعُلِ} = \frac{\text{التَّغيُّرُ في تركيزِ مادةٍ مُتفاعلةٍ أو ناتجةٍ}}{\text{التَّغيُّرِ في الزمنِ}}$$

$$\text{Rate} = \frac{\Delta\,[\text{reactants or products}]}{\Delta t}$$

حيثُ يُشيرُ الرمزُ [ ] إلى تَركيزِ مادةٍ مُتفاعِلَةٍ أو ناتجةٍ. وفي هذه الحالةِ يُعبَّرُ عن وِحدةِ سُرعةِ التَّفاعُلِ بوِحدةِ مول/لتر. ث (mol/L.s).

ويُوضِّحُ الشكلُ (3-5) العلاقةَ بين تَراكيزِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ والموادِّ الناتجةِ خلالَ فترةٍ زمنيةٍ.



الشكل 3-5 العلاقةُ بين تَراكيزِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ والموادِّ الناتجةِ خلالَ الزمنِ.

www.jnob-jo.com

تُلاحظُ من الشكلِ أنَّ تَركيزَ الموادِّ المُتفاعِلَةِ يَقِلُّ بمرورِ الزمنِ، في حينَ يَزدادُ تَركيزُ الموادِّ الناتجةِ؛ وبهذا يُمكنُ حِسابُ مُعدَّلِ سرعةِ التَّفاعُلِ بدلالةِ التَّغيُّرِ في تَركيزِ إحدى الموادِّ المُتفاعِلَةِ أو الناتجةِ خلالَ فترةٍ زمنيةٍ.

ومثالُ ذلك دراسةُ التَّغيُّرِ في تَركيزِ غازِ أولِ أكسيدِ الكربون CO في أثناءِ تَفاعُلِهِ مع غازِ ثاني أكسيدِ النيتروجينِ NO_2 تجريبيًّا عند درجةِ حرارةٍ مُعيَّنةٍ؛ لإنتاجِ غازِ CO_2 وغازِ NO، كما هو مُوضَّحٌ في المُعادَلَةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:

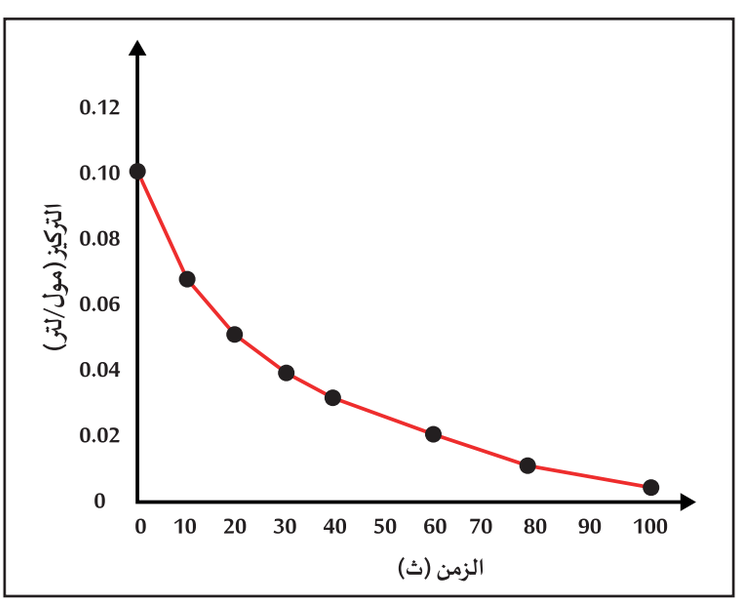
$$CO_{(g)} + NO_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + NO_{(g)}$$

حيثُ تَمَّ الحُصولُ على البياناتِ المُوضَّحَةِ في الجدولِ (3-1):

الزمن t(s)	[CO] (mol/L)	الزمن t(s)	[CO] (mol/L)
40	3.0×10^{-2}	0	1.0×10^{-1}
60	1.7×10^{-2}	10	6.7×10^{-2}
80	0.7×10^{-2}	20	5.0×10^{-2}
100	0.2×10^{-2}	30	3.8×10^{-2}

الجدول 3-1 تَراكيزُ الموادِّ المُتفاعِلَةِ خلالِ وِحدةِ الزمنِ.

لاحظْ من الجدولِ (3-1) إلى أنَّ تَركيزَ غازِ CO يَتناقَصُ مع مرورِ الزمنِ، ويُمكنُ تَمثيلُ البياناتِ الواردةِ فيه بيانيًّا كما في الشكل (3-6):



الشكل 3-6 رَسْمٌ بيانيٌّ يُوضِّحُ تَغيُّرَ تركيزِ غازِ CO مع مرورِ الزمنِ.

www.jnob-jo.com

وبهذا يُمكنُ حسابُ مُعدلِ سُرعةِ التَّفاعُلِ من خلالِ العَلاقةِ الرياضيةِ الآتيةِ:

$$\text{Rate} = -\frac{\Delta [CO]}{\Delta t}$$

أي أنَّ: مُعدَّلُ سُرعةِ التَّفاعُلِ $= -\dfrac{[\text{التركيز}2] - [\text{التركيز}1]}{\text{الزمن } 2 - \text{الزمن } 1}$

أو يُمكنُ كتابةُ العَلاقةِ بالطريقةِ الآتيةِ:

$$\text{Rate} = -\frac{[CO]\ t_2 - [CO]\ t_1}{t_2 - t_1}$$

لاحظْ من العَلاقةِ الرياضيةِ السابقةِ استخدامَ الإشارةِ السالبةِ (–) للدلالةِ على أنَّ تَركيزَ الموادِّ المُتفاعِلَةِ يَتَناقَصُ بمرورِ الزمنِ. في حينَ تُكتَبُ العلاقةُ الرياضيةُ لحسابِ مُعدلِ سرعةِ التَّفاعُلِ لإحدى الموادِّ الناتجةِ بدونِ الإشارةِ السالبةِ وذلك لأنَّ تَركيزَ الموادِّ الناتجةِ يَزدادُ بمرورِ الزمنِ، كما هو مُوضَّحٌ في العلاقةِ الرياضيةِ الآتيةِ:

$$\text{Rate} = \frac{\Delta [NO]}{\Delta t}$$

مثال(1):	تَفاعلتْ مادةٌ ما كُتلتُها 80g وأصبحتْ كتلتُها 20g بعد مرورِ 20s. اِحسبْ مُعدلَ سُرعةِ التَّفاعُلِ.
الحل:	$\text{Rate} = \dfrac{\Delta m}{\Delta t} = \dfrac{-(20 - 80)}{20} =$ $= \dfrac{-(-60)}{20} = \dfrac{60}{20} = 3\ g/s$

www.jnob-jo.com

مثال(2):

في المُعادَلَةِ الرمزيةِ الافتراضيةِ الآتيةِ:

$$A_{(g)} + B_{(g)} \longrightarrow C_{(g)} + D_{(g)}$$

إذا علمتَ أنَّ تَركيزَ A في بدايةِ التَّفاعُلِ 1×10^{-2} mol/L ، ثم أصبح تَركيزُهُ بعد مرورِ 10 ثوانٍ، 0.5×10^{-2} mol/L . احسب معدل سرعة التفاعل.

الحل:

$$\text{Rate} = -\frac{\Delta [A]}{\Delta t}$$

$$= -\frac{(0.5\times10^{-2}) - (1\times10^{-2})}{10} = -\frac{(-0.5\times10^{-2})}{10}$$

$$= 5\times10^{-4} \text{ mol/L.s}$$

تُلاحظُ من المُعادلَةِ الافتراضيةِ المَوزونةِ السابقةِ:

$$A_{(g)} + B_{(g)} \longrightarrow C_{(g)} + D_{(g)}$$

أنَّ عددَ مُولاتِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ يُساوي عددَ مُولاتِ الموادِّ الناتجةِ؛ وبناءً على ذلك فإنّ مُعدلَ سرعةِ التَّفاعُلِ بدلالةِ التَّغيُّرِ في تَركيزِ مادةٍ مُتفاعِلَةٍ أو مادةٍ ناتجةٍ يُساوي:

$$\text{Rate} = \frac{\Delta [C]}{\Delta t} = \frac{\Delta [D]}{\Delta t} = \frac{-\Delta [A]}{\Delta t} = \frac{-\Delta [B]}{\Delta t}$$

ولكنْ هل يَختلفُ مُعدلُ سرعةِ التَّفاعلِ باختلافِ عددِ مُولاتِ الموادِّ المُتفاعلةِ والناتجةِ في المُعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ؟ للإجابةِ عن هذا السؤالِ أُدرسِ المثالَ الآتيَ:

www.jnob-jo.com

مثال(3):

يَتَحَلَّلُ غازُ N_2O_4 عديمُ اللونِ بالحرارةِ مُكوِّنًا غازَ NO_2 ذا اللونِ البنيِّ المُحمَرِّ وِفقَ المُعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ الآتيةِ:

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

حيثُ جُمعتْ بياناتُ التَّفاعلِ السابقِ كما هو مُوضَّحٌ في الجدولِ الآتي، أُدرسْهُ جيدًا، ثم أجبْ عن الأسئلةِ التي تليه:

الزمن t(s)	$[N_2O_4]$ mol/L	$[NO_2]$ mol/L
0	0.10	0
20	0.07	0.06
40	0.05	0.10

1. اِحسبْ مُعدَّلَ سُرعةِ تَفَاعُلِ N_2O_4 في الفترةِ الزمنيةِ بين 40s – 20s؟
2. اِحسبْ مُعدَّلَ سُرعةِ تَفَاعُلِ NO_2 في الفترةِ الزمنيةِ بين 40s – 20s؟
3. ما العلاقةُ بين مُعدَّلِ سرعةِ تفاعل N_2O_4 ومُعدَّلِ سرعةِ تفاعل NO_2؟

الحل:

.1

$$\text{مُعدَّلُ سرعةِ تفاعل } N_2O_4 = -\frac{\Delta[N_2O_4]}{\Delta t}$$

$$= -\frac{(0.05 - 0.07)}{40 - 20} = 1\times10^{-3} \text{ mol/L.s}$$

.2

$$\text{مُعدَّلُ سرعةِ تفاعل } NO_2 = \frac{\Delta[NO_2]}{\Delta t}$$

$$= \frac{(0.10) - (0.06)}{40 - 20} = 2\times10^{-3} \text{ mol/L.s}$$

www.jnob-jo.com

الحل:

3. نُلاحظُ من المُعادلةِ الكيميائيةِ المَوزونةِ أنَّ عددَ مُولاتِ N_2O_4 يُساوي نصفَ عددِ مُولاتِ NO_2، وبالتالي فإنَّ مُعدَّلَ سرعةِ تفاعل N_2O_4 يُساوي 1/2 مُعدَّلَ سرعةِ تفاعل NO_2 ؛ لذلك تَمَّ الحصولُ على قيمتينِ مُختلفتينِ للسرعةِ، تُبيّنُ القيمةُ الأولى: مُعدَّلَ سرعةِ تفاعل المادةِ المُتفاعلةِ، والقيمةُ الثانيةُ: مُعدَّلَ سرعةِ تفاعل المادةِ الناتجةِ. فأيُّ القراءتينِ تُمثّلُ مُعدَّلَ سرعةِ التَّفاعلِ؟

لقد تَمَّ الاصطلاحُ على حسابِ مُعدلِ سرعةِ التَّفاعلِ بدلالةِ مول واحد من الموادِّ المُتفاعلةِ أو الموادِّ الناتجةِ؛ وبذلك يَكونُ مُعدلُ سرعةِ التَّفاعلِ بدلالةِ مولٍ واحدٍ من الموادِ المُتفاعِلةِ هي: 1×10^{-3} mol/L.s .

إثــراء

عندما يكونُ عددُ مولاتِ الموادِّ المُتفاعلةِ يَختلفُ عن عددِ مولاتِ الموادِّ الناتجةِ كما في المُعادلةِ العامةِ الآتيةِ:

$$aA \longrightarrow bB$$

فإنه يَتِمُّ التَّعبيرُ عن مُعدلِ سرعةِ التَّفاعلِ وعلاقتِها بمعدلِ سرعةِ تفاعل (استهلاكِ) المادةِ المُتفاعلةِ A أو معدل سرعة التفاعل (تكوّن) المادة الناتجة B من خلال العلاقةِ الرياضيةِ الآتيةِ:

$$\text{مُعدَّلُ سُرعةِ التَّفاعُلِ} = \frac{1}{a}\ (\text{مُعدَّلَ سُرعةِ استهلاك A}) = \frac{1}{b}\ (\text{مُعدَّلَ سُرعةِ تكوّن B})$$

حيثُ يُشيرُ الرمزُ (a) إلى عددِ مولاتِ الموادِّ المُتفاعلةِ ويُشيرُ الرمزُ (b) إلى عددِ مولاتِ الموادِّ الناتجةِ.

وكذلك يُمكنُ التَّعبيرُ عن معدلِ سرعةِ التَّفاعلِ بدلالةِ التَّغيُّرِ في التَّركيزِ مع الزمنِ، كما هو مُوضَّحٌ في العلاقةِ الرياضيةِ الآتيةِ:

$$\text{مُعدَّلُ سُرعةِ التَّفاعُلِ} = \frac{\Delta[A]-}{\Delta t}\ \frac{1}{a} = \frac{\Delta[B]}{\Delta t}\ \frac{1}{b}$$

www.jnob-jo.com

مثال(4):

اِحسبْ مُعدلَ سرعةِ التَّفاعلِ عند تَحَلُّلِ غازِ N_2O_5 إلى غازِ NO_2 وغازِ الأكسجين O_2 كما في المُعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ الآتيةِ:

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

الزمن t(s)	$[N_2O_5]$ mol/L	$[NO_2]$ mol/L
600	1×10^{-2}	1×10^{-3}
1100	0.9×10^{-2}	5×10^{-3}

الحل:

$$\text{Rate} = -\frac{\Delta [N_2O_5]}{\Delta t}$$

$$= -\frac{(0.9 \times 10^{-2}) - (1 \times 10^{-2})}{1100 - 600} = -\frac{(0.1 \times 10^{-2})}{500}$$

$$= 2 \times 10^{-6} \text{ mol/L.s}$$

اختبر نفسك

اِحسبْ مُعدلَ سرعةِ تكون مادةٍ ناتجةٍ إذا علمتَ أنَّ تَركيزَها قد تَغيّرَ من 1×10^{-3} mol/L.s ليصلَ إلى 5×10^{-3} mol/L.s ، خلال 20 s.

www.jnob-jo.com

نَظَرِيَّةُ التَّصادُمِ Collision Theory

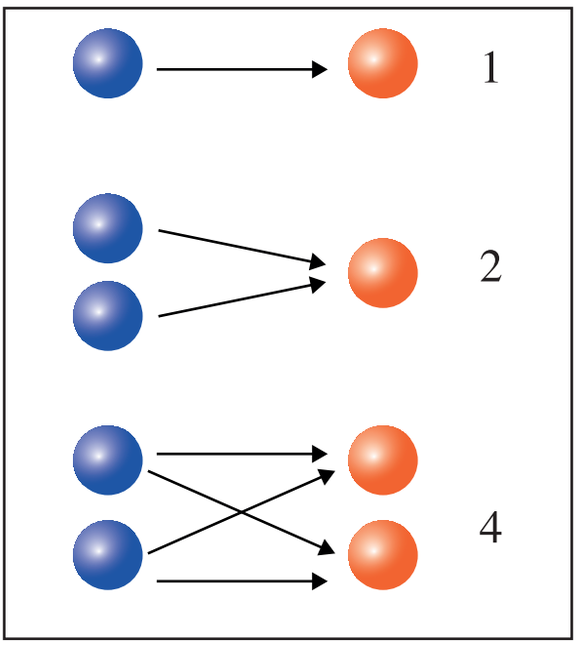
تَتَفاوَتُ سرعةُ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ تَبعًا لطريقةِ حُدوثِها والعواملِ التي تُؤثرُ فيها، فكما درستَ سابقًا هناك تَفاعلاتٌ سريعةُ الحدوثِ في حينَ هناك تَفاعلاتٌ تَحدثُ بشكلٍ بطيءٍ، ولِتفسيرِ كَيفيةِ حُدوثِ التَّفاعلِ الكيميائي، وَضَعَ العلماءُ نظريةً تُسمَّى **نظريةَ التَّصادُمِ Collision Theory** التي تَنُصُّ على أنَّ دقائقَ الموادِّ المُتفاعلةِ (الذرات، الأيونات، أو الجزيئات) في حركةٍ مُستمرةٍ، ويُمكنُ أنْ تَتفاعلَ وتُكوّن نواتجَ عندما يَصطدمُ بعضُها مع بعضٍ في الاتجاهِ الصحيحِ وعند تَوفّرِ طاقةٍ حركيةٍ كافيةٍ.

وقد وَضعَ العلماءُ هذا التعريفَ بناءً على افتراضاتٍ (تصورات) لنظريةِ التَّصادُمِ تُفسِّرُ التَّفاعلاتِ الكيميائيةِ، وهذه الافتراضاتُ هي:

- **الافتراضُ الأولُ: حتى يحدثَ تَفاعُلٌ كيميائيٌّ يجبُ أنْ تَتَصادمَ دقائقُ الموادِّ المُتفاعلةِ ببعضِها البعضِ.**
- **الافتراضُ الثاني: يجبُ أنْ يكونَ التَّصادُمَ بين دقائقِ الموادِّ المُتفاعلةِ فَعّالًا لكي يحدثَ التَّفاعلُ.**

1. الافتراضُ الأولُ:

حُدوثُ تَفاعلٍ كيميائيٍّ، يَتطلبُ تَصادمُ دقائقِ الموادِّ المُتفاعلةِ ببعضِها البعضِ؛ وهذا يعني عدمُ حدوثِ التَّفاعلِ بين الموادِّ دون حُدوثِ تَصادمٍ بين دقائقِ الموادِّ المُتفاعلةِ، وكلما زادَ عددُ الدقائقِ المُتفاعلةِ يَزدادُ عددُ التَّصادماتِ الكليةِ، وتزدادُ احتماليةُ حدوثِ التَّفاعلِ، انظر الشكل (3-7)، الذي يُوضّحُ زيادةَ عددِ التَّصادماتِ بزيادةِ عددِ الدقائقِ.



الشكل 3-7 العلاقةُ بين عددِ التَّصادماتِ المُحتمَلَةِ وعددِ الدقائقِ المُتفاعلَةِ.

www.jnob-jo.com

نشاط 2-3 التَّصادُماتُ المُحتمَلَةُ

الهدف:	يَستقصي التَّصادُماتِ المُحتمَلَةَ بين دقائقِ الموادِّ المُتفاعِلةِ ويَرسُمُ مُخططًا لها.
المواد والأدوات:	مجموعةٌ من الكُراتِ المُلونةِ بلونينِ مختلفينِ(مثلاً كرات حمراء وزرقاء)، ورقةٌ، قلمٌ.

خُطُواتُ العملِ:

إجرِ تَصادماتٍ بين الكراتِ ذاتِ الألوانِ المختلفةِ كما يأتي:

- المُحاولَةُ الأولى: كرةٌ حمراءُ مع كرةٍ زرقاءَ.
- المُحاولَةُ الثانيةُ: كرتانِ حمراوانِ مع كرتينِ زرقاوينِ.
- المُحاولَةُ الثالثةُ: 3 كراتٍ حمراواتٍ مع 3 كرات زرقاواتٍ.

التحليلُ

أكملِ الجدولَ الآتي بما يُناسبُهُ بعد إجراءِ النشاطِ.

رقم المُحاولَةِ	عددُ الكراتِ المُتصادمةِ		رَسْمُ مُخططِ التَّصادمات	عددُ التَّصادماتِ المُحتملةِ
	الحمراء	الزرقاء		
الأولى				
الثانية				
الثالثة				

ما العلاقةُ بين عددِ التَّصادُماتِ المُحتمَلَةِ وعددِ الكراتِ المُتصادِمَةِ؟

الاستنتاجُ

.....

استقصاء :

أجر تصادمات بين ثلاث كرات زرقاء وخمس كرات حمراء ثم جد عدد التصادمات المحتملة.

www.jnob-jo.com

اختبر نفسك

أُرسِمِ التَّصادُماتِ المُحتمَلَةَ عند تَفاعُلِ 4 ذراتٍ من عنصرِ (A)، مع 4 ذراتٍ من العنصر (B). وما عدد التصادمات؟

ولكنْ هل تُؤدي جميعُ التَّصادُماتِ بين الدقائقِ إلى حُدوثِ تَفاعلٍ؟ وَجَدَ العلماءُ أنه رغمَ حدوثِ تَصادُماتٍ بين الدقائقِ إلّا أنَّ عددًا قليلًا من هذه التَّصادُماتِ أدَّى لتكوين نَواتجَ؛ وهذا قاد العلماءُ إلى وَضْعِ افتراضٍ آخرَ، وهو:

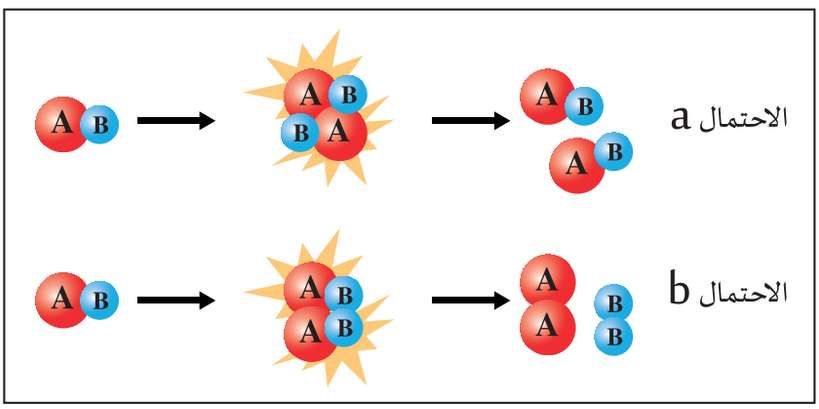
2. الافتراضُ الثاني:

يجبُ أنْ يكونَ التَّصادُمُ بين دقائقِ الموادِّ المُتفاعلةِ فعّالًا لكي يَحدثَ التَّفاعلُ.

ويُقصَدُ **بالتَّصادُمِ الفعّالِ Effective Collision** بأنه التَّصادمُ الذي يُؤدي لتكوينِ نواتجَ؛ وحتى يكونَ التَّصادُمُ فَعّالًا لابدَّ من تَوافُرِ شرطينِ، هما:

- **الشرطُ الأولُ**: أن تكونَ الجُزيئاتُ المُتصادِمةُ في الاتجاهِ المُناسبِ لحظةَ التَّصادُمِ.

حيثُ أنَّ الجُزيئاتِ التي تَصطدمُ وهي في وَضْعٍ غيرِ مُناسبٍ لن تَتَفاعلَ مع بعضِها البعضِ، انظر الشكل (3-8) الذي يُبيّنُ التَّصادُماتِ المُحتملَةَ بين جُزيئاتِ مادةٍ مُتفاعلةٍ AB.



الشكل 3-8 التَّصادُماتُ المُحتملَةُ بين جُزيئاتِ A وجُزيئاتِ B.

يُوضِّحُ الشكلُ (3-8) أنَّ الاحتمالَ (a) تَتَصادمُ فيه ذرةُ (A) من الجُزيءِ الأولِ، مع ذرةِ (B) من الجزيءِ الثاني؛ فيؤدي إلى إنتاجِ (AB)، وهو المادةُ المُتفاعلةُ نفسُها، أي تَرتيبُ الجُزيئاتِ المُتصادِمةِ غيرُ مناسبٍ، بينما في الاحتمالِ الثاني (b) فتَتَصادمُ فيه ذرةُ (A) من الجُزيءِ الأولِ مع ذرةِ (A) من الجُزيءِ الثاني، وتَتَصادمُ كذلك ذرةُ (B) مع ذرةِ (B) أخرى، فيؤدي إلى تَكوينِ (A_2، و B_2)، وهي النواتجُ المَطلوبةُ، كما يَتضِحُ من مُعادلةِ التَّفاعلِ، وهذا يُشيرُ إلى أنَّ الاحتمالَ (b) هو الوضعُ المُناسبُ لِحدوثِ التَّصادُمِ الفَعَّالِ الذي يُؤدي إلى تَكوينِ النَواتجِ.

www.jnob-jo.com

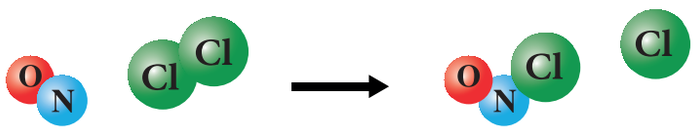
مثال (5):

يَتَفاعلُ جُزيءُ NO مع جُزيءِ Cl_2 لإنتاجِ جُزيءِ NOCl، وذرةِ Cl، كما في المُعادلةِ الآتيةِ:

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

وعلى افتراضِ وُجودِ احتمالينِ لِتصادمِ الجُزيئاتِ المُتفاعلةِ كما هو مُبيَّنٌ في الشكلِ أدناه، فأيُّ الاحتمالينِ يُعتبَرُ الاتجاهَ المُناسبَ للتَّصادمِ الفَعَّالِ؟

(a)



(b)

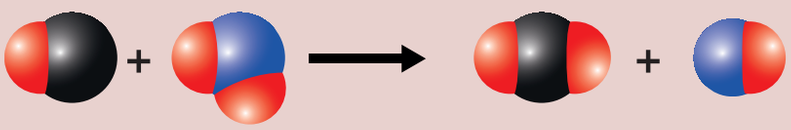
الحل:

الاحتمالُ (a) هو الاتجاهُ المُناسبُ للتَّصادُمِ الفَعّالِ؛ لأنَّ التَّصادمَ تَمَّ بين (N) في جُزيءِ (NO)، مع (Cl) في جُزيءِ (Cl_2)، وهذا يُعطي الناتجَ المطلوبَ.

بينما في الاحتمالِ (b) تَمَّ التَّصادُمُ بين (O) في جُزيءِ (NO)، مع (Cl) في جُزيءِ (Cl_2)، ولم يُعطِ الناتجَ المطلوبَ.

اختبر نفسك

أُدرسِ الشكلَ الآتيَ الذي يُمثلُ أحدَ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ، ثم أجبْ عن السؤالِ الذي يليه:



بيِّنْ، أيَّ الاحتمالينِ a أم b يكونُ التَّصادُمُ فيه في الاتجاهِ الفراغيّ المُناسبِ لِتكوينِ نواتجَ؟

b a

www.jnob-jo.com

- **الشرطُ الثاني:** أنْ تَمتلكَ الدقائقُ المُتفاعلةُ طاقةً حركيةً كافية لِتكسيرِ الروابطِ بين دقائقِ الموادِّ المُتفاعلةِ، وتكوينِ روابطَ جديدةٍ بين دقائقِ الموادِّ الناتجةِ، وتُسمّى هذه الطاقةُ **طاقةَ التَّنشيطِ** Activation Energy.

وبناءً على ذلك، فإنّ التَّصادُمَ الفعّالَ هو التَّصادُمُ الذي يَحدثُ بين الدقائقِ التي تَمتلكُ طاقةَ التنشيطِ ويكونُ اتجاهُ تصادُمِها مناسبًا، ويُمكنُ تَلخيصُ بُنودِ نظريةِ التَّصادُمِ كما يأتي:

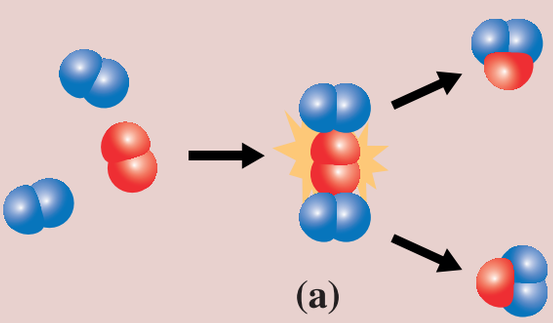
أولًا: يجبُ أنْ تَتَصادمَ دقائقُ الموادِّ المُتفاعلةِ (ذرات أو أيونات أو جزيئات) ببعضِها البعضِ.

ثانيًا: أنْ يكونَ التَّصادُمُ فعّالًا، ويشترط فيه:

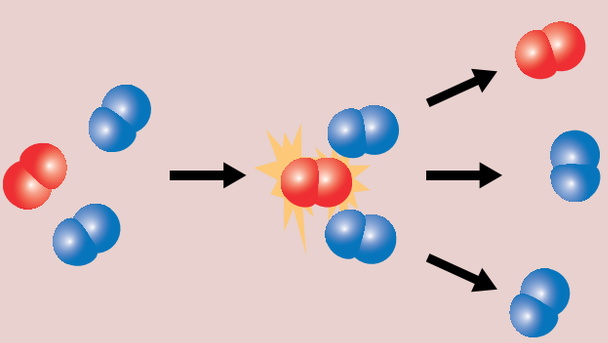
- أنْ تكونَ الجُزيئاتُ المُتصادمةُ في الاتجاهِ الفراغيّ المناسبِ لحظةَ التَّصادُمِ.
- أنْ تمتلكَ الدقائقُ المُتصادمةُ طاقةَ التَّنشيطِ المُناسبةِ لبدءِ التَّفاعلِ.

اختبر نفسك

في أيٍّ من الحالتينِ الآتيتينِ يُعدُّ فيها التَّصادُمُ فعّالًا؟ فسِّرْ إجابتَك.



(a)



(b)

www.jnob-jo.com

مُراجَعةُ الدَّرْسِ الأوَّل

الأفكار الرئيسة:

- يُعبّرُ عن سرعةِ التَّفاعلِ الكيميائي بِتغيُّرِ كميةِ (تركيز أو كتلة أو حجم) إحدى الموادِّ المُتفاعلةِ أو الموادِّ الناتجةِ خلالَ فترةٍ زمنيةٍ.

- مُعدَّلُ سُرعةِ التَّفاعُلِ = $\frac{\text{التَّغيُّرَ في كميةِ مادةٍ مُتفاعلةٍ أو ناتجةٍ}}{\text{التَّغيُّرِ في الزمنِ}}$

- يَتِمُّ التَّعبيرُ عن مُعدلِ سرعةِ التَّفاعلِ الكيميائي بدلالةِ التَّغيُّرِ في التركيزِ، كما يلي:

$$\text{مُعدَّلُ سُرعةِ التَّفاعُلِ} = \frac{[\text{التركيز2}] - [\text{التركيز1}]}{\text{الزمنِ 2} - \text{الزمنِ 1}}$$

وهكذا الحالُ بالنسبةِ للتَّغيُّرِ في الكتلةِ أو التَّغيُّرِ في الحجمِ.

- تُوضّحُ نظريةُ التَّصادُمِ أنه لِحدوثِ تَفاعلٍ كيميائيٍّ لا بُدَّ من تَصادُمِ دَقائقِ الموادِّ المُتفاعلةِ، وأنْ يكونَ التَّصادُمُ فعّالًا، وهذا يعني أنْ يكونَ اتجاهُ التَّصادُمِ مناسبًا، وأنْ تمتلكَ دقائقُ الموادِّ المُتفاعلةِ الطاقةَ الحركيَّةَ اللازمةَ لحدوثِ التَّفاعلِ (طاقة التنشيط).

www.jnob-jo.com

تقويم الدَّرْسِ الأوّل

أولًا: أسئلةُ الاختيارِ من مُتعددٍ: اخترْ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ فيما يأتي:

1. ما العبارةُ الصحيحةُ فيما يتعلقُ بتركيز المواد الناتجة أثناء التفاعل الكيميائي؟

a. تبقى ثابتةً مع مرورِ الزمنِ.

b. تَقِلُّ ثم تَزدادُ مع مرورِ الزمنِ.

c. تَتَناقصُ مع مرورِ الزمنِ.

d. تَزدادُ مع مرورِ الزمنِ.

- في تجربةٍ ما، تمّ الحصولُ على البياناتِ الواردةِ في الجدولِ أدناه للتَّفاعلِ الآتي عند درجةِ حرارةٍ مُعينةٍ، أُدرسُهُ جيّدًا ثم أجبْ عن الأسئلةِ (2 و 3) التي تليه: $A \longrightarrow B$

رقم التجربة	الزمن t(s)	[A] mol/L	[B] mol/L
1	10	0.1	0.02
2	20	0.06	0.04
3	30	.....	.....

2. ما مُعدلُ سُرعةِ تَفاعُلِ المادةِ (A) في الفترةِ الزمنيةِ (10 s – 20 s) بوِحدةِ mol/L.s ؟

a. 0.4

b. 0.04

c. 0.004

d. 0.0004

3. أيُّ التراكيزِ الآتيةِ يُعَدُّ صحيحًا للمادتينِ (A و B) في التجربةِ رقم 3 بوِحدةِ mol /L؟

a. [A] = 0.03 ، [B] = 0.07

b. [A] = 0.08 ، [B] = 0.01

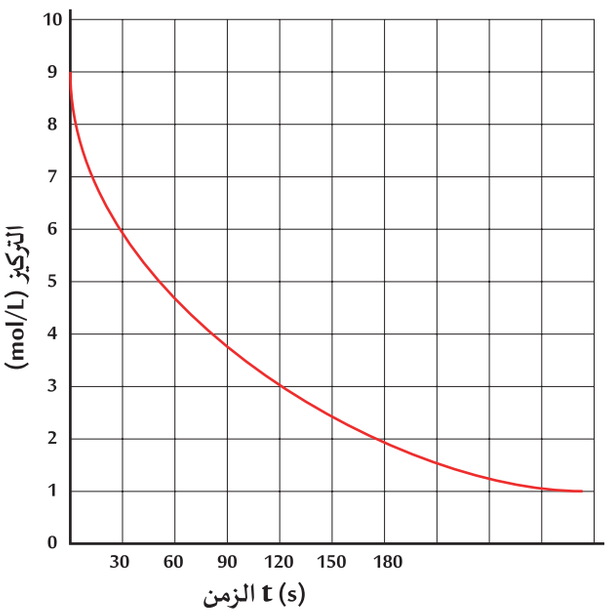
c. [A] = 0.04 ، [B] = 0.03

d. [A] = 0.09 ، [B] = 0.08

www.jnob-jo.com

تابع تقويم الدَّرْسِ الأول

4. لَديكَ المُنحنى الآتي الذي يُمثِّلُ مُنحنى سرعةِ تَفاعلٍ، أُدرسْهُ جيِّدًا ثم أجبْ عن السؤالِ الذي يليه:



ما مُعدلُ سرعةِ التَّفاعلِ بدلالةِ التَّغيُّرِ في تَركيزِ مادةٍ مُتفاعلةٍ في الفترة الزمنية من 30s - 120s ؟

a. 0.75

b. 0.075

c. 0.13

d. 0.033

ثانيًا: أسئلةُ الإجاباتِ القصيرةِ: أجبْ عن السؤالِ الآتي:

1. ما المقصودُ بكلٍّ من:

a. مُعدلِ سرعةِ التَّفاعلِ الكيميائي.

b. التَّصادُمِ الفَعّالِ.

2. هل يؤدي كلُّ تَصادُمٍ بين الدقائقِ المُتفاعلةِ إلى تكوينِ نواتجَ؟ فسِّر إجابتك.

3. في تفاعلٍ ما، تَغيَّرَ تَركيزُ إحدى الموادِّ المُتفاعلةِ من 0.82 mol /L إلى 0.68 mol /L في 10 s. اِحسبْ مُعدلَ سرعةِ التَّفاعلِ.

www.jnob-jo.com

4. في المُعادلةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:

$$H_{2(g)} + I_{2(s)} \longrightarrow 2HI_{(s)}$$

بيِّنْ بالرسمِ احتمالَ التَّصادُمِ الفعّالِ بين دقائقِ الهيدروجينِ واليُودِ.

www.jnob-jo.com

الدَّرسُ الثاني 2-3

العواملُ المُؤثِّرةُ في سُرعةِ التَّفاعُلِ
Factors Affecting Reaction Rate

التَّجارِبُ والأنشِطة

(3-3) أثرُ زيادةِ تَركيزِ الموادِّ المُتَفاعِلَةِ في سُرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ.

(4-3) أثرُ مساحةِ السطحِ للموادِّ المُتَفاعِلَةِ في سرعة التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ.

(5-3) أثرُ درجةِ الحرارةِ في سُرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ.

(6-3) أثرُ العواملِ الحفَّازةِ في سُرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ.

(7-3) الخُطوةُ المُحدَّدةُ لِسرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ.

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- يُحدِّدَ تأثيرَ العواملِ المُختلفةِ في سُرعةِ التَّفاعُلِ، مثل: التركيزُ، وحجمُ الجُسيماتِ، والعواملُ الحفّازةُ (العوامل المساعدة)، ويفسِّرُ التأثيرَ بدلالةِ نموذجِ الحركةِ الجُزيئيةِ.
- يُميِّزَ بين العواملِ الحفَّازةِ المُتجانسةِ وغيرِ المُتجانسةِ، ويُعطي أمثلةً على كلٍّ منهما.
- يُدركَ أنَّ العديدَ من التَّفاعُلاتِ تَحدُثُ على خُطُواتٍ مُتعدِّدةٍ وأنَّ الخُطوةَ الأبطأَ هي التي تُحدِّدُ سُرعةَ التَّفاعُلِ.

المُفرَداتُ الرَّئيسَةُ

العواملُ الحفّازة	Catalysts
العواملُ الحفَّازةُ المُتجانسةُ	Homogeneous Catalyst
العواملُ الحفَّازةُ غيرُ المُتجانسةِ	Heterogeneous Catalyst
الخُطوةُ المُحَدِّدَةُ لسرعةِ التَّفاعُلِ	Rate Determining Step

www.jnob-jo.com

مُقدِّمة

يحتاجُ الكيميائيونَ في بعضِ الأحيانِ إلى التَّحكُّمِ بسرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ، فكثيرٌ من التَّفاعُلاتِ لها تَطبيقاتٌ صِناعيَّةٌ مُهمةٌ يَلزمُ إجراؤُها في سُرعاتٍ عاليةٍ، بينما هناك تَفاعُلاتٌ ضارَّةٌ، مثلَ تَحَلُّلِ طبقةِ الأوزون، وصَدَأِ الحديدِ، يلزمُ ضَبْطُها وتَقليلُ سُرعةِ حُدوثِها، ومن المُشاهداتِ التي يُمكنُ مُلاحظتُها على تَفاوُتِ سرعةِ التَّفاعُلاتِ، أنَّ الأغصانَ الصغيرةَ تَحترقُ بسرعةٍ أكبرَ من احتراقِ قِطَعِ الخشبِ الكبيرةِ، وكذلك يَذوبُ السكَّرُ في الماءِ الساخنِ بسرعةٍ أكبرَ من ذَوبانِهِ في الماءِ الباردِ، وتَزدادُ سرعةُ اشتعالِ فَتيلِ الشَّمعةِ في جوٍّ من الأكسجينِ أكثرَ من الهواءِ الجويّ. ومن هذه المُشاهداتِ وغيرِها، فإنَّ هناكَ عدةَ عواملٍ تُؤثِّرُ في سرعةِ التَّفاعُلِ، فما العواملُ المُؤثِّرةُ في سرعةِ التَّفاعُلِ؟ وما طبيعةُ تأثيرِها؟ وكيف يُمكنُ تَفسيرُ أثرِهَا؟

العَوامِلُ المُؤثِّرةُ في سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ
Factors Affecting Rate of the Chemical Reaction

درستَ سابقًا أنَّ حدوثَ التَّفاعُلِ الكيميائيّ يَتطلَّبُ تَصادُمَ دقائقِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ ببعضِها البعضِ في الاتجاهِ المُناسبِ، وتَوَفُّرَ طاقةِ تَنشيطٍ كافيةٍ؛ وبهذا فإنَّ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةَ منها ما هو سريعٌ ومنها ما هو بَطيءٌ عند الظروفِ نفسِها، ورغمَ أنَّ لكلِّ تَفاعُلٍ كيميائيٍّ سرعةً خاصةً به إلا أنهُ يُمكنُ زيادةُ سرعتِهِ أو تَقليلُها عن طريقِ التَّحكُّمِ في الظروفِ التي يجري فيها التَّفاعُلُ والعواملُ المُؤثِّرةُ فيه.

ويَتأثَّرُ التَّفاعُلُ الكيميائيُّ بعددٍ من العواملِ، وهي:

1. تَركيزُ الموادِّ المُتفاعِلةِ.
2. حَجْمُ الدقائقِ (مساحة السطح) للموادِّ المُتفاعِلَةِ.
3. درجةُ حرارةِ التَّفاعُلِ.
4. العواملُ الحفّازةُ.

الرَّبْطُ مع الفيزياءِ
نموذجُ الحركةِ الجُزيئيةِ

درستَ سابقًا أنَّ نَموذجَ الحركةِ الجُزيئيةِ يَفترضُ أنَّ دقائقَ الموادِّ المُتفاعِلَةِ سواءً كانت جُزيئاتٍ، أو ذراتٍ، أو أيوناتٍ تَتحرَّكُ بسرعاتٍ مُختلفةٍ، اعتمادًا على كُتَلِهَا وطاقةِ حَركتِها؛ ونتيجةً لذلك تَتفاوتُ في سرعةِ وعَدَدِ تَصادُمَاتِها بالدقائقِ الأخرى. وتَبعًا لنموذجِ الحركةِ الجُزيئيةِ ونظريةِ التَّصادُمِ؛ فإنه يُمكنُ تفسيرُ تَغَيُّرِ سرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ.

www.jnob-jo.com

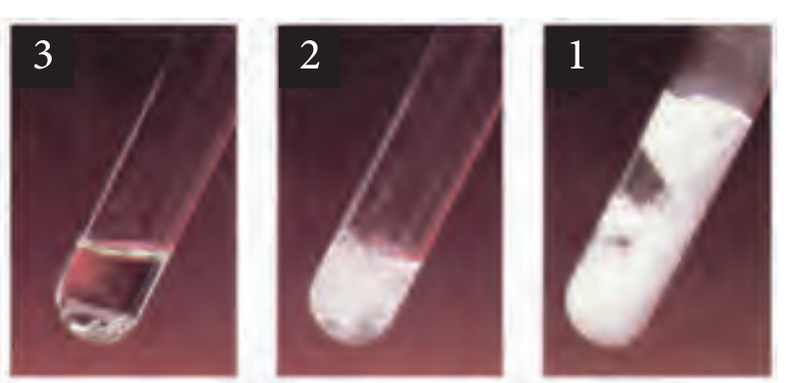
أولًا: تَركيزُ الموادِّ المُتفاعلةِ Concentration of Reactants

درستَ سابقًا نظريَّةَ التَّصادُمِ التي تَشترطُ حُدوثَ تَصادُمٍ فعّالٍ بين دقائقِ الموادِّ المُتفاعِلةِ لِحدوثِ التَّفاعُلِ، ولِتَتَعرَّفَ أثرَ زيادةِ تَركيزِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ في سُرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ، نفِّذِ النشاطَ (3-3).

نشاط 3-3	أثر زيادةِ تَركيزِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ في سرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ
الهدف:	يَستقصي أَثَرَزيادةِ تَركيزِالموادِّ المُتفاعِلَةِ في سرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ.
المواد والأدوات:	شريطُ ماغنسيوم، ثلاثةُ أنابيبِ اختبارٍ، حاملُ أنابيبِ اختبارٍ، 3 مَحاليلَ من HCl مختلفةِ التَّراكيزِ(1mol/L, 0.1mol/L, 0.01 mol/L)، ورقُ الصَّنفرةِ ، ساعةُ إيقافٍ.
إجراءاتُ الأمنِ والسلامةِ	اِحذرْلمَسَ الحِمضِ، ارتدِ مِعطفَ المُختبروالقَفَّازاتِ والنَّظاراتِ الو اقيةَ.

خُطُواتُ العملِ:

1. ضَعْ في أُنبوبِ الاختبارِ الأولِ 5 ml من مَحلولِ الحِمْضِ ذي التَّركيزِ 1mol/L.
2. ضَعْ في أُنبوبِ الاختبارِ الثاني 5 ml من مَحلولِ الحِمْضِ ذي التَّركيزِ 0.1mol/L.
3. ضَعْ في أُنبوبِ الاختبارِ الثالثِ 5 ml من مَحلولِ الحِمْضِ ذي التَّركيزِ 0.01mol/L.
4. قُصَّ 12 cm من شريطِ الماغنسيومِ، ثم نَظِّفْهُ باستخدامِ وَرَقِ الصَّنفرةِ. وقَطِّعْهُ إلى ثلاثِ قِطَعٍ مُتساويةٍ.



5. أَضِفْ قطعةً من الماغنسيومِ إلى كلِّ أُنبوبٍ من الأنابيبِ السابقةِ في الوقتِ نفسِهِ. واستخدمْ ساعةَ الإيقافِ للتَّعرُّفِ على زمنِ انتهاءِ التَّفاعُلِ في كلِّ أنبوبٍ، لاحظْ ما يحدثُ، ثم سجِّلِ البياناتِ في الجدولِ.
6. رَكِّبْ جهازَ جَمْعِ الغازاتِ كما هو مُبيَّنٌ في الشكل التالي. لِلتَّعرُّفِ على كميَّةِ الغازاتِ المُتصاعِدَةِ في كلِّ أُنبوبٍ.

www.jnob-jo.com

	الأنبوبُ الأولُ	الأنبوبُ الثاني	الأنبوبُ الثالثُ
زمنُ التَّفاعُلِ			
حجم غاز H_2 الناتج			

التحليلُ

1. كيف تَستدِلُّ على حُدوثِ التَّفاعُلِ ؟
2. في أيِّ الأنابيبِ كانت سرعةُ التَّفاعُلِ أكبرَ؟
3. في أيِّ الأنابيبِ السابقةِ كانت كميةُ الهيدروجينِ المُتصاعِدةُ أكبرَ ما يُمكنُ؟

الاستنتاجُ

.....

استقصاء

كيفَ يمكنُ الكشفَ عن غازِ الهيدروجينِ المتصاعدِ بتجربةٍ عمليةٍ.

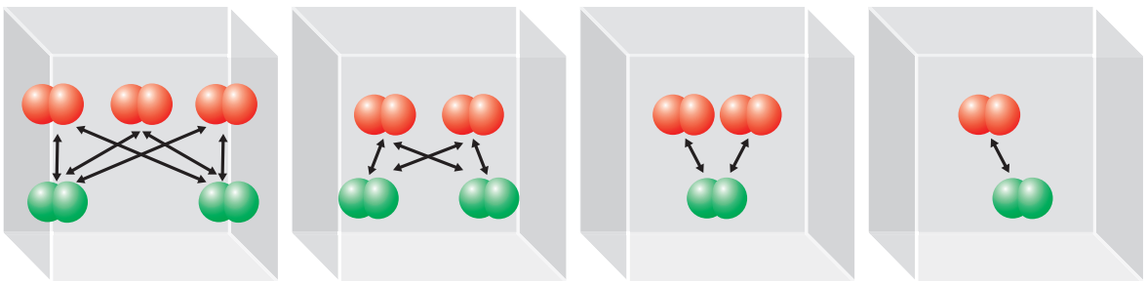
تُلاحظُ من النشاطِ السابقِ أنه عند تَفاعُلِ الماغنسيومِ مع مَحلولِ حِمْضِ الهيدروكلوريك يَتصاعَدُ غازُ الهيدروجين، كما في المُعادَلَةِ الكيميائيةِ المَوزونةِ الآتيةِ:

$$Mg_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow MgCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

وتُلاحظُ أيضًا أنَّ كميةَ غازِ الهيدروجينِ المُتصاعِدةَ من الأنبوبِ الأولِ الذي يحتوي على مَحلولِ الحِمضِ ذي التَّركيزِ 1mol/L، كانت أكبرَ مُقارنةً مع الكميةِ المُتصاعِدَةِ من الأنبوبينِ الآخرينِ؛ مما يدلُّ على أنه كلَّما زادَ تَركيزُ حِمْضِ HCl زادت سرعةُ التَّفاعُلِ. ويُمكنُ تفسيرُ ذلك أنه كلَّما ازدادَ تَركيزُ الموادِّ المُتفاعلةِ يعني ذلك زيادةَ عددِ الدقائقِ في حَجْمٍ مُعيَّنٍ؛ فتزدادُ عددُ التَّصادُماتِ الفعّالةِ، وبالتالي تَزدادُ سُرعةُ التَّفاعُلِ.

www.jnob-jo.com

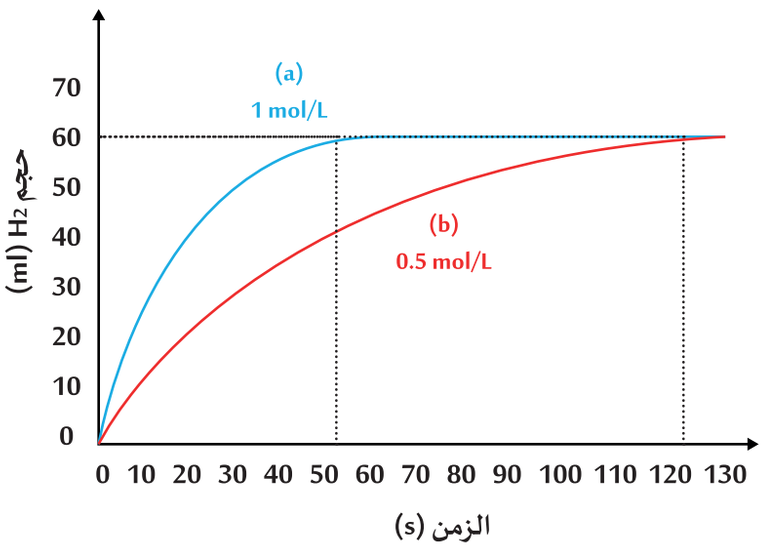
ويُوضِّحُ الشكلُ (3-9)، العلاقةَ بين عَدَدِ دقائقِ موادٍّ مُتفاعلةٍ، وعَدَدِ التَّصادُماتِ في تفاعلٍ افتراضي.



الشكل 3-9 زيادةُ عَدَدِ التَّصادُماتِ بزيادةِ تَركيزِ المُتفاعِلاتِ.

مثال(1):

في تَفاعُلٍ ما، أُستخدِمَ تَركيزانِ مُختلفانِ من حِمْضِ(HCl) 1 mol/L و 0.5 mol/L وجرى قِياسُ حَجْمِ غازِ الهيدروجين H_2 الناتجِ عن التَّفاعُلينِ في كلٍّ من الوِعاءينِ (b, a)، خلالَ فَتَراتٍ زمنيةٍ مُتساويةٍ، ورُسِمتِ العلاقةُ البيانيةُ بين حَجْمِ الهيدروجين الكليِّ مع الزمنِ، كما هو مُوضَّحٌ في الشكل، أُدرسْهُ جيِّدًا ثم أَجِبْ عن الأسئلةِ التي تليه:

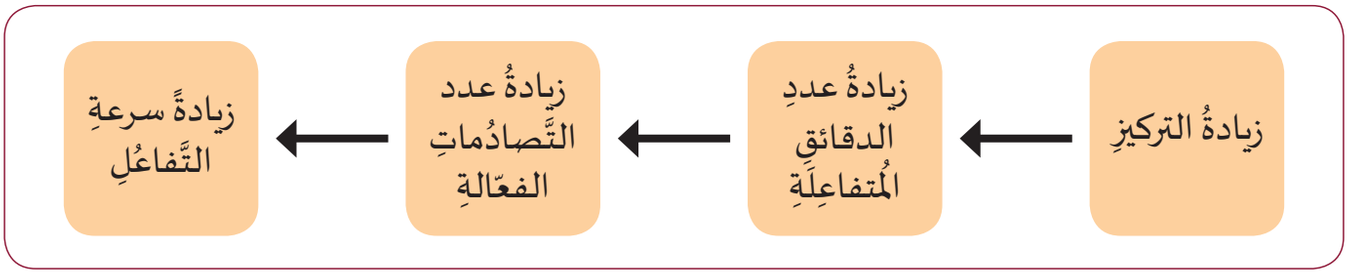


1. ما حَجْمُ غازِ الهيدروجين الناتجِ في كلٍّ من الوعاءينِ؟
2. اِحسبْ معدل سرعةِ التَّفاعُلِ من بدايتِهِ حتى نهايتِهِ في كلٍّ من الوعاءينِ (b, a).
3. أيُّ التَّفاعُلينِ (a) أم (b) أسرعُ؟ ولماذا؟
4. ما أَثَرُ تَركيزِ الحِمْضِ في سرعةِ التَّفاعُلِ؟

www.jnob-jo.com

الحل:	1. 60 ml 2. الوعاءُ a: $\frac{60}{54} \approx 1.11$ ml/s الوعاءُ b: $\frac{60}{122} \approx 0.49$ ml/s 3. التَّفاعُلُ (a) أسرعُ؛ لأنَّ زمنَ انتهاءِ التَّفاعُلِ في الوعاءِ (a) أقلُّ من زمنِ انتهاءِ التَّفاعُلِ في الوعاءِ (b). 4. كُلَّما زادَ تَركيزُ مَحلولِ الحِمْضِ زادت سرعةُ التَّفاعُلِ.

ويمثِّلُ المُخطَّطُ الآتي أثرَ زيادةِ تركيز المواد المتفاعلة في سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ.



ثانيًا: حَجْمُ دقائقِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ (مساحة السطح)
Reactants Particles Size (Surface Area)

تَشتعلُ نِشارةُ الأخشابِ بسرعةٍ أكبرَ من اشتعالِ قَطَعِ الخشبِ الكبيرةِ، وكذلك تَصدأُ بُرادةُ الحديدِ بسرعةٍ أكبرَ من صَدأِ مِسمارٍ من الحديدِ. ولِتَتعرَّفَ أَثَرَ حَجْمِ دقائقِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ في سرعةِ التَّفاعُلِ، نفِّذِ النشاطَ (4-3):

www.jnob-jo.com

نشاط 4-3	أَثَرُ حَجْمِ دقائقِ (مساحة السطح) الموادِّ المُتفاعِلَةِ في سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ
الهدف:	يَستقصي أَثَرَ حَجْمِ دقائقِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ في سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ.
المواد والأدوات:	قِطَعٌ من كربوناتِ الكالسيومِ $CaCO_3$، مَسحوقُ كربوناتِ الكالسيوم، مَحلولُ حِمْضِ الهيدروكلوريك (1M) HCl، كأسٌ زجاجيةٌ سِعةَ 200 ml ، دورق مخروطي، طَبَقٌ خزفيٌّ، ميزانٌ حَسَّاسٌ، ساعةُ إيقافٍ.
إجراءاتُ الأمنِ والسلامةِ	اِحذرْ لَمسَ الحِمْضِ، ارتدِ مِعطفَ المُختبرِ والقَفَّازاتِ والنَّظاراتِ الواقيةَ

خُطُواتُ العملِ:

1. زِنْ 5 g من قِطَعِ كربوناتِ الكالسيوم، ثم ضَعْهَا في كأسٍ زجاجيةٍ.
2. أَضِفْ 10 ml من مَحلولِ الحِمْضِ إلى الكأسِ، واستخدمْ ساعةَ الإيقافِ لمعرفةِ زمنِ انتهاءِ التَّفاعُلِ. ثم سَجِّلْهُ في الجدولِ.
3. كَرِّرِ الخُطوتينِ 1، 2 باستخدامِ مَسحوقِ كربوناتِ الكالسيومِ والدورق المخروطي، وسَجِّلْ زمنَ انتهاءَ التَّفاعُلِ في الجدولِ.

	الكأسُ الأولى (قِطَعُ كربوناتِ الكالسيوم)	الدورق المخروطي (مَسحوقُ كربوناتِ الكالسيوم)
زمنُ انتهاءِ التَّفاعُلِ		

www.jnob-jo.com

التحليلُ

في أيٍّ من الوعائين (الكأس أم الدورق المخروطي) كانت سُرعةُ التَّفاعُلِ فيه أكبرَ؟

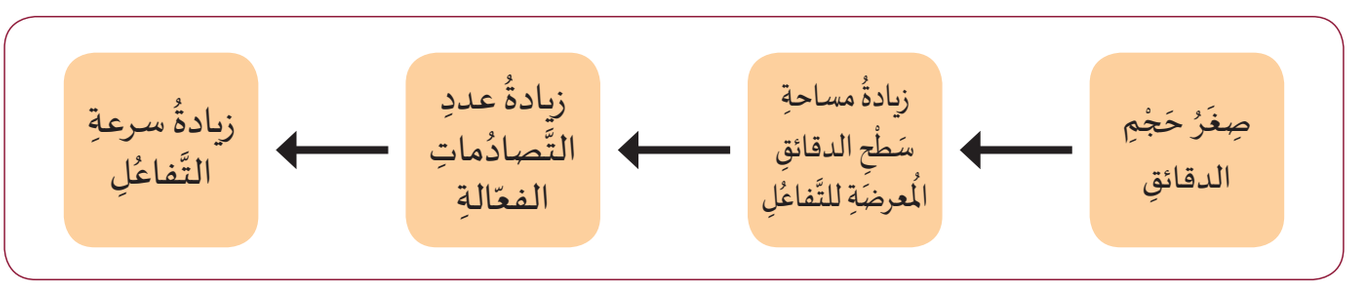
الاستنتاجُ

.....

تُلاحِظُ من النشاطِ السابقِ أنه عند إضافةِ مَحلولِ الحِمضِ إلى مسحوقِ كربوناتِ الكالسيومِ في الدورق المخروطي كانت سرعةُ التَّفاعُلِ أكبرَ منها في الكأسِ؛ وذلك لأنَّ حَجْمَ دقائقِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ في الدورق المخروطي كانت أصغرَ؛ وبالتالي فإنَّ مساحةَ سطحِ المادةِ المُعرّضةِ للتَّفاعُلِ مع الحِمضِ تكونُ أكبرَ من مساحةِ السطحِ المُعرّضِ للتَّفاعُلِ في حالةِ قِطَعِ الكربوناتِ. وهذا يُؤدي إلى زيادةِ عَدَدِ التَّصادُماتِ الفعّالةِ بين الدقائقِ؛ فتزدادُ سرعةُ التَّفاعُلِ.

ومن الطرائقِ التي يُمكنُ استخدامُها لزيادةِ مساحةِ سَطْحِ المادةِ المُتفاعِلَةِ الصُّلبةِ طَحْنُهَا وتَحويلُها إلى مسحوقٍ ناعمٍ.

ويُمثِّلُ المُخطَّطُ الآتي أثرَ حَجْمِ الدقائقِ المُتفاعِلَةِ في سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ.



اختبرنفسك

1. تَصدأُ بُرادةُ الحديدِ بسرعةٍ أكبرَ من صَدَأِ قِطَعِ الحديدِ التي لها الكُتلةُ نفسُها، وعند الظروفِ نفسِها. فسِّرْ ذلك.
2. **التفكيرُ الناقدُ.** يَنصحُ الأطباءُ بأهميةِ مَضْغِ الطعامِ جيّدًا قبل بَلْعِهِ. فسِّرْ ذلك.

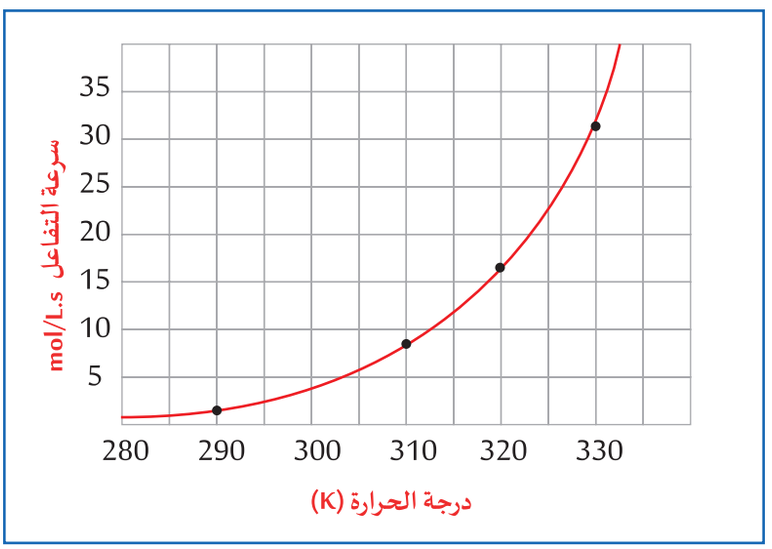
www.jnob-jo.com

ثالثًا: درجةُ الحرارةِ Temperature of reactants

عند وَضْعِ طبقينِ من اللبنِ الرائبِ، أحدُهُما في الثلاجةِ والآخرُ خارجَها عند درجاتِ حرارةٍ مُرتفعَةٍ، نُلاحظُ أنَّ اللبنَ الرائبَ الذي وُضِعَ خارجَ الثلاجةِ يَفسُدُ بسرعةٍ، بينما يبقى اللبنُ الرائبُ المَوجودُ داخلَ الثلاجةِ عِدَّةَ أيامٍ قبلَ أنْ يَفسُدَ، وكذلك لِطَهْيِ الطعامِ بشكلٍ أسرعَ، نحتاجُ إلى رَفْعِ درجةِ الحرارةِ. فما السببُ في ذلك؟

تُؤدي الزيادةُ في درجاتِ الحرارةِ إلى زيادةِ سرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ، فزيادةُ درجةِ حرارةِ المادةِ يَزيدُ من الطاقةِ الحركيةِ لدقائقِ المادةِ؛ فتزدادُ سرعةُ حركتِها؛ مما يزيدُ عَدَدُ التَّصادُماتِ الفعّالةِ؛ فيؤدي إلى زيادةِ سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ.

ويُوضِّحُ الشكلُ (3-10) العلاقةَ بين سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ، ودرجةِ الحرارةِ (K).

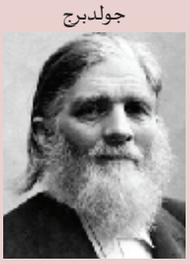


الشكل 3-10 أثرُ درجةِ الحرارةِ على سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ

ولِتتعرَّفَ أثرَ درجةِ الحرارةِ على سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ، نفِّذ النشاط (3-5).

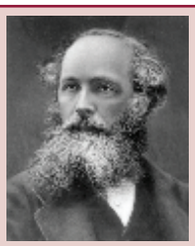
عِلْمٌ وعُلماءُ

جولدبرج


بيتر فاج

هناك علماءُ أسهموا في دراسةِ سرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ والعواملِ المُؤثِّرةِ فيها ومنهم العالمينِ النرويجيينِ (جولدبرج و فاج) حيثُ درسا العلاقةَ بين سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ وتَركيزِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ ، فوضعا قانونًا يُسمَّى قانونَ فِعْلِ الكتلةِ.

وكذلك العالمانِ (ماكسويل و بولتزمان) اللذان درسا العلاقةَ بين الطاقةِ الحركيةِ لجُزيئاتِ الغازِ عند درجاتِ حرارةٍ مختلفةٍ، فتوصلا إلى أنَّ متوسطَ الطاقةِ الحركيةِ للدقائقِ يَزدادُ بزيادةِ درجةِ الحرارةِ.


ماكسويل

بولتزمان

www.jnob-jo.com

نشاط 5-3	أثرُ درجةِ الحرارةِ في سرعةِ التَّفاعلاتِ الكيميائية
الهدف:	يستقصي أثرَ درجةِ الحرارةِ على سرعةِ التَّفاعلاتِ الكيميائيةِ.
المواد والأدوات:	ثلاثة أقراصٍ فوّارةٍ مُضادةٍ للحُموضةِ، ثلاث كؤوسٍ زجاجيةٍ، ماءٌ (بارد، دافئ، ساخن)، ساعةُ إيقافٍ، قلمُ تلوينٍ، شريطٌ لاصقٌ ورقيٌّ، ورقةُ رسمٍ بيانيٍّ
إجراءاتُ الأمنِ والسلامةِ	اِحذرْ لمَسَ الماءِ الساخنِ.

خُطُواتُ العملِ:

1. اكتبِ الكلماتِ الآتيةَ: (بارد، دافئ، ساخن)،على ثلاثِ قُصاصاتٍ منفصلةٍ، وألصقْها على كلِّ كأسٍ.
2. ضَعْ كمياتٍ متساويةً من الماءِ بحسبِ المُلصَقِ على كلِّ كأسٍ.
3. ضَعْ مقياسَ حرارةٍ في كلِّ كأسٍ لقياسِ درجةِ حرارةِ الماءِ، ثم سجِّلها في الجدولِ.
4. ضَعْ قرصَ فوّارٍ في الكأسِ الأولى، مع تَشغيلِ ساعةِ الإيقافِ وسجِّلْ زمنَ انتهاءِ التَّفاعُلِ. ولاحظْ ما يَحدثُ.
5. كرِّرِ الخُطواتِ السابقةَ للكأسينِ الأُخريينِ، وسَجِّلِ الملاحظاتِ في الجدولِ.

الكأسُ	درجةُ الحرارةِ °C	الزمنُ اللازمُ لإتمامِ التَّفاعلِ
بارد		
دافئ		
ساخن		

www.jnob-jo.com

التحليلُ

1. كيف تَستدلُّ على حُدوثِ التَّفاعُلِ ؟
2. أيُّ الكؤوسِ حدث فيها تَفاعلٌ بشكلٍ أسرعَ من غيرها؟ ماذا تستنتجُ؟
3. مثِّلِ القيمَ التي حصلتَ عليها في الجدولِ بيانيًّا، لتوضيحِ العلاقةِ بين درجةِ الحرارةِ والزمنِ اللازمِ لإتمامِ التَّفاعُلِ.

الاستنتاجُ

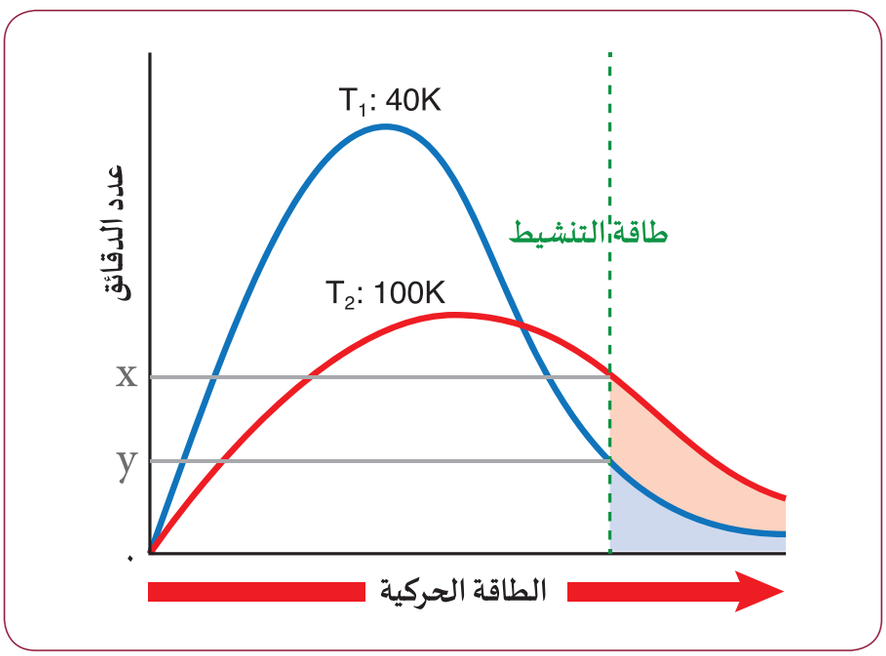
.....

الاستقصاءُ :

صَمِّمْ تَجربةً تُوضِّحُ فيها أثرَ درجةِ الحرارةِ في سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ باستخدامِ ماءٍ باردٍ جدًّا (ماء مثلج).

www.jnob-jo.com

لعلك تَوصَّلتَ من النشاطِ السابقِ إلى أنَّ سرعةَ التَّفاعُلِ تزدادُ بزيادةِ درجةِ حرارةِ الموادِّ المُتفاعلةِ، ويُمكنُ تفسيرُ ذلك بأن زيادةَ درجةِ الحرارةِ يزيدُ من متوسطِ الطاقةِ الحركيةِ للدقائقِ؛ حيثُ يظهرُ في الشكل (3-11) أنَّ عددَ الدقائقِ (X) التي تمتلكُ طاقةَ التنشيطِ عند درجةِ الحرارةِ المُرتفعةِ (T_2) أكبرُ من عددِ الدقائقِ (Y) التي تمتلكُ طاقةَ التنشيطِ عند درجةِ الحرارةِ المُنخفضةِ (T_1)، ويُمثِّلُ الخطُّ المُتقطِّعُ طاقةَ التنشيطِ للتَّفاعلِ، بينما تُمثِّلُ المنطقةُ المُظلَّلةُ تحت كلِّ مُنحنًى عددُ الاصطداماتِ التي لها طاقةٌ مساويةٌ أو أكبرُ من طاقةِ التنشيطِ، أي إنها تُمثِّلُ عددَ الدقائقِ التي تمتلكُ طاقةَ التنشيطِ، وكلما زاد عددُ الدقائقِ التي تمتلكُ طاقةَ التنشيطِ، زاد عددُ التَّصادُماتِ الفعّالةِ، وبهذا فإنَّ عددَ التَّصادُماتِ الفعّالةِ عند درجةِ الحرارةِ المُرتفعةِ (T_2) أكبرُ منها عند درجةِ الحرارةِ المُنخفضةِ (T_1)؛ مما يؤدي إلى زيادةِ سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائي.



الشكل 3-11 العلاقةُ بين عددِ الدقائقِ والطاقةِ الحركيةِ.

ويُمكنُ تلخيصُ ذلك بأنَّ زيادةَ درجةِ الحرارةِ تؤدي إلى زيادةِ الطاقةِ الحركيةِ للدقائقِ؛ وبالتالي زيادةِ عددِ الدقائقِ التي تمتلكُ طاقةَ التنشيطِ؛ فيزدادُ عددُ التَّصادُماتِ الفعّالةِ؛ فتزدادُ سرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائي.

ويُمثِّلُ المُخطَّطُ الآتي أثرَ درجةِ الحرارةِ في زيادةِ سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائي.

زيادة درجةِ الحرارةِ ← زيادةُ الطاقةِ الحركيةِ وسرعةُ الدقائقِ ← زيادةُ عددِ الدقائقِ التي تمتلكُ طاقةَ تنشيطٍ ← زيادةُ التَّصادُماتِ الفعّالةِ ← زيادةُ سرعةِ التَّفاعُلِ

www.jnob-jo.com

اختبر نفسك

1. فسِّر:
- زيادةُ سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ بزيادةِ درجةِ الحرارةِ.
- لماذا يُنصَحُ بحفظِ الدواءِ في درجةِ الحرارةِ التي أوصت بها الشركةُ المُصنِّعةُ.
2. **تفكيرٌ ناقدٌ**. بالرجوع إلى الشكل (3-11). هل تتأثرُ طاقةُ التنشيطِ بزيادةِ درجةِ الحرارةِ.

رابعًا: العواملُ الحفّازةُ (العواملُ المُساعِدةُ) Catalysts

درستَ سابقًا أنَّ سرعةَ التَّفاعُلِ الكيميائيّ تتأثرُ بعددٍ من العواملِ مثلَ زيادةِ درجةِ الحرارةِ وتركيزِ الموادِّ المُتفاعلَةِ، وحَجْمِ الدقائقِ، وكذلك تُوجَدُ موادُّ تُساعدُ في زيادةِ سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائي. فما هي الموادُّ التي تُساعدُ على زيادةِ سرعةِ التَّفاعُلِ ؟ وما دورُها؟ وما أنواعُها؟

يُطلَقُ على هذه الموادِّ العواملَ الحفّازةَ (المساعدة) Catalysts ومن أمثلتِها الإنزيماتُ التي تُنتجُها خلايا أجسامِ الكائناتِ الحيةِ التي تُساعدُ في زيادةِ سرعةِ حدوثِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ في أجسامِها، ولِلتَّعرُّفِ على دَوْرِ العواملِ الحفَّازةِ في تَسريعِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ، نفِّذِ النشاطَ (3-6).

معلومة

المُثبِّطاتُ Inhibitors

هي موادٌّ تعملُ على تقليلِ سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائي.

www.jnob-jo.com

نشاط 6-3	أثرُ العواملِ الحفَّازةِ في سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ
الهدف:	يَستقصي أثرَ العواملِ الحفَّازةِ في سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ.
المواد والأدوات:	مِخبارٌ مُدرَّجٌ سعة 100 ml ، دورق مخروطي ، محلولٌ فوق أكسيدِ الهيدروجين H_2O_2، يوديد البوتاسيوم KI، سائلُ تنظيفٍ، قَطَّارة، ميزانٌ حسَّاسٌ، ساقٌ زجاجيةٌ.
إجراءاتُ الأمنِ والسلامةِ	تَعاملْ مع فوق أكسيدِ الهيدروجين بحذرٍ، ارتدِ مِعطَفَ المُختبرِوالقَفَّازاتِ والنَّظاراتِ الواقيةَ.

خُطُواتُ العملِ:

1. ضَعْ 30 ml من فوق أكسيدِ الهيدروجين في كلٍّ من المخبار المدرج، والدورق المخروطي.
2. أَضِفْ إلى كلٍّ منهما 10 نِقاطٍ من سائلِ التنظيفِ، مع التّحريكِ. ولاحظْ فُقاعاتِ الغازِ المُتصاعدةَ.
3. زِنْ 1g من يوديد البوتاسيوم، ثم أضفْها إلى الدورق المخروطي (كما في الشكل). ولاحظْ ما يحدثُ.

التحليلُ

1. أيهما تَظهرُ فيه الفُقاعاتُ؟
2. ما أثرُ إضافةِ يوديدِ البوتاسيوم في سرعةِ التَّفاعُلِ ؟
3. ماذا يُمكنُ أنْ نُطلقَ على يوديدِ البوتاسيوم في هذا التَّفاعُلِ ؟

الاستنتاجُ

.....

الاستقصاءُ :

ماذا يحدث لسرعة تفاعل تفكك H_2O_2 عند اضافة مسحوق الجرافيت بدلاً من إضافة يوديد البوتاسيوم؟

www.jnob-jo.com

يَتحلَّلُ فوق أكسيدِ الهيدروجينِ بِبطءٍ عند درجةِ حرارةِ الغرفةِ، وعند إضافةِ يوديدِ البوتاسيوم إلى أحدِ المِخبارينِ تزدادُ سرعةُ التَّفاعُلِ ، ويُمكنُ التَّعبيرُ عن التَّفاعُلِ الكيميائيّ بالمُعادلَةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:

$$2H_2O_{2(aq)} \xrightarrow{KI} 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$$

ويُسمَّى KI في هذه الحالةِ، عاملًا حفّازًا، **والعواملُ الحفّازةُ Catalysts**، موادٌّ نقيةٌ تُضافُ إلى التَّفاعُلِ ؛ فتُقللُ من طاقةِ التنشيطِ اللازمةِ لحدوثِ التَّفاعُلِ ؛ فتزيدُ من سرعتِه، دون أنْ تُستهلكَ أثناءَ التَّفاعُلِ. وتُستعملُ العواملُ الحفَّازةُ على نطاقٍ واسعٍ في الصناعاتِ الكيميائيةِ لإنتاجِ كميةٍ أكبرَ من المُنتجاتِ بسرعةٍ كبيرةٍ؛ مما يُقَلِّلُ من الكُلفةِ الاقتصاديةِ.

تَنقسمُ العواملُ الحفّازةُ بحسبِ الحالةِ التي يَتواجدُ فيها العاملُ الحفّازُ والموادُّ المُتفاعلَةُ إلى قسمينِ رئيسينِ، هما:

1. العواملُ الحفّازةُ المُتجانسَةُ.
2. العواملُ الحفّازةُ غيرُ المُتجانسَةِ.

أولًا: العواملُ الحفّازةُ المُتجانسةُ Homogeneous Catalysts

تَكونُ الحالةُ الفيزيائيةُ للعواملِ الحفّازةِ في هذه الحالةِ نفسَ الحالةِ الفيزيائيةِ للموادِّ المُتفاعلَةِ، وعادةً ما تكونُ غازيةً أو سائلةً، ومثالُ ذلك: أكسدةُ غازِ ثاني أكسيدِ الكبريت SO_2 لِتحضيرِ غازِ ثالثِ أكسيدِ الكبريت SO_3؛ حيث يُستخدمُ غازُ أكسيدِ النيتريك NO بِوَصْفِهِ عاملًا حفّازًا، كما في المُعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ الآتيةِ:

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

وكذلك تَفَكُّكُ غازِ الأوزون O_3 مُكونًا غازَ الأكسجين O_2 ؛حيث يستخدمُ العاملُ الحفّازُ غازَ NO، كما هو مُوضَّحٌ في المُعادلَةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:

$$2O_{3(g)} \xrightarrow{NO_{(g)}} 3O_{2(g)}$$

www.jnob-jo.com

وهناك أمثلةٌ عديدةٌ على العواملِ الحفَّازةِ المُتجانسةِ منها: مَحاليلُ الأحماضِ أو القواعدِ المُستخدَمَةِ في تَفاعُلاتِ المَحاليلِ الكيميائيةِ المختلفةِ، وكذلك الأنزيماتُ في أجسامِ الكائناتِ الحيةِ، ومنها إنزيمُ السكريزِ الذي يُحفِّزُ على التَّحَلُّلِ المائيِّ لمحلولِ السكروز، كما هو مُوَضَّحٌ في المُعادلةِ اللفظيةِ الآتيةِ:

محلولُ السكروزِ $\xleftarrow{\text{إنزيم السكريز}}$ فركتوز + جلوكوز

ثانيًا: العواملُ الحفَّازةُ غيرُ المُتجانسةِ Heterogeneous Catalyst

تختلفُ الحالةُ الفيزيائيةُ للعواملِ الحفّازةِ عنها للموادِّ المُتفاعلةِ، ففي كثيرٍ من الحالاتِ يَكونُ العاملُ الحفّازُ غيرُ المُتجانسِ في الحالةِ الصلبةِ في حين تكونُ الحالةُ الفيزيائيةُ للموادِّ المُتفاعلةِ سائلةً أو مُذابةً في مَحاليلَ سائلةٍ أو غازيةٍ، ويُعدُّ العاملُ الحفّازُ غيرُ المُتجانسِ الأكثرَ استخدامًا في الصناعةِ، فمُركباتُ البلاتينِ أو البلاديومِ تُستخدَمُ بوصفِها حفّازاتٍ غيرَ مُتجانسةٍ في عادمِ السيارةِ من أجلِ تَسريعِ عمليةِ التَّخلُّصِ من الغازاتِ الضارَّةِ الناتجةِ عن احتراقِ الوَقودِ مثل: NO، CO، وكذلك استخدامُ الحديدِ الصلب Fe عند تَحضيرِ غازِ الأمونيا، كما في المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ الآتيةِ:

$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \xrightarrow{Fe_{(s)}} 2NH_{3(g)}$$

وكذلك من الأمثلةِ استخدامُ النيكلِ Ni في تَفاعلاتِ تَحويلِ الزيوتِ السائلةِ إلى دهونٍ صلبةٍ مثلَ السمنِ.

الخُطوةُ المُحددةُ لسرعةِ التَّفاعُلِ Rate Determining Step

تحتاجُ أغلبُ التفاعلاتِ الكيميائيةِ إلى عدةِ خُطواتٍ لحدوثِها، وتحدثُ هذه الخطواتُ بسرعاتٍ متفاوتةٍ، والخُطوةُ الأبطأُ في التفاعلِ الكيميائيّ هي التي تُحدِّدُ سرعةَ التَّفاعُلِ الكلي، وتُسمَّى هذه الخطوةُ **الخطوةَ المُحدِّدةَ لسرعةِ التَّفاعُلِ Rate Determining Step**. فمثلًا إذا كانت مجموعةٌ من السياراتِ تسيرُ خلفَ شاحنةٍ بطيئةِ الحركةِ فتُعتبرُ الشاحنةُ هي المُحدِّدةُ لسرعةِ السياراتِ، ولِلتعرُّفِ على الخُطوةِ المُحدِّدةِ لسرعةِ التفاعلِ، نفِّذِ النشاط (3-7).

www.jnob-jo.com

نشاط 3-7	الخُطوةُ المُحدِّدةُ لسرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ
الهدف:	يستقصي الخَطوةَ المُحدِّدةَ لسرعةِ التَّفاعُلِ.
المواد والأدوات:	قُمْعٌ زجاجيٌّ حَجْمُ وَسَطٍ عددُ (6)، قُمْعٌ زجاجيٌّ حَجْمُ صغيرٌعددُ (3)، كأسٌ زجاجيةٌ عددُ (3)، دورقٌ عددُ (3)، ماءٌ، صِبغةُ طعامٍ، حاملٌ مَعدنيٌّ عدُد3 مع المَشابك، ساعةُ إيقافٍ، ساقٌ زجاجيةٌ.
إجراءاتُ الأمنِ والسلامةِ	التَّعاملُ مع الأدواتِ الزجاجيةِ بحذرٍ.

خُطُواتُ العملِ:

1. رَكِّبِ الأدواتِ كما في الشكلِ المجاورِ، ثم ثَبِّتْها على الحاملِ المعدنيّ باستخدامِ المَشابكِ.
2. املأْ كلَّ كأسٍ بـ (300 ml) من الماء، ثم ضَعْ مِلعقةً صغيرةً من صِبغةِ الطعامِ في كلٍّ منها ثم حرِّكِ المحلولَ.
3. في التجربةِ الأولى، أُسكبِ الماءَ في القُمْعِ الزجاجيّ العُلويّ، ثم لاحظْ نُزولَ الماءِ بين كلِّ قُمْعٍ وآخرَ حتى نُزولِ الماءِ إلى الدورقِ.
4. كَرِّرِ الخُطوةَ 3 للتجربتينِ الثانيةِ والثالثةِ.

(1) (2) (3)

التحليلُ

1. حدِّدْ في كلِّ تجربةٍ القُمعَ الزجاجيَّ الذي أبطأَ حركةَ نُزولِ الماءِ إلى الدورقِ.
2. ما الذي حَدَّدَ حركةَ نزولِ الماءِ بين كلِّ قُمعٍ والذي يليهِ؟

الاستنتاجُ

.....

www.jnob-jo.com

تُلاحظُ من النشاطِ أنَّ مُعدلَ تَدَفُّقِ الماءِ من خلال القُمعِ الزجاجي يكونُ مَحدودًا، ويَعتمدُ ذلك على قُطْرِ مَخرجِ القُمعِ؛ بحيث يكونُ تَدَفُّقُ الماءِ من القُمعِ الصغيرِ أبطأَ من تَدفُّقِهِ من القُمعِ الكبيرِ، وأبطأُ هذه الخطواتِ هي التي تُحدِّدُ سرعةَ التَّدفُّقِ وهكذا الحالُ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ. فالخطوة البطيئة هي التي تحدد سرعة التفاعل الكيميائي.

ومثالُ ذلك، تحلل خامس أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O_5، كما في المعادلةِ الكيميائيةِ الآتية:

$$2N_2O_5 \longrightarrow 4NO_2 + O_2$$

فإنَّ هذا التَّفاعُلَ يَتِمُّ وِفقًا للخطواتِ الثلاثِ الآتيةِ:

$N_2O_5 \rightleftharpoons NO_2 + NO_3$ خطوةٌ سريعةٌ (Fast)

$NO_2 + NO_3 \longrightarrow NO_2 + O_2 + NO$ خطوةٌ بطيئةٌ (Slow)

$NO + N_2O_5 \longrightarrow 3NO_2$ خطوةٌ سريعةٌ (Fast)

ولا يُشترطُ أنْ تكونَ الخطوةُ الأولى في أيِّ تَفاعلٍ هي الخطوةَ الأبطأَ التي تُحدِّدُ سرعتَهُ، فأحيانًا قد تكونُ الخطوةُ الأبطأُ هي الخطوةَ الثانيةَ أو الثالثةَ؛ حيث تُحدَّدُ هذه الخطوةُ من خلال التجربةِ العمليةِ. لاحظْ أنَّ الخطوةَ الأبطأَ في هذا التَّفاعُلِ التي تُحدِّدُ سرعةَ التَّفاعُلِ هي الخطوةُ الثانيةُ.

اختبر نفسك

وُجِدَ عمليًا أنَّ NO_2 يَتفاعلُ مع F_2 لإنتاج NO_2F وفقَ خُطوتينِ تكونُ إحداهُما أسرعَ من الأخرى:

الأبطأ $NO_2 + F_2 \longrightarrow NO_2F_2$

الأسرع $NO_2F_2 + NO_2 \longrightarrow 2NO_2F$

1. أيٌّ من الخطوتينِ تُمثلُ الخطوةَ المُحدِّدَةَ لسرعةِ التَّفاعُلِ ؟
2. تحفيز. اكتبِ المُعادلةَ النهائيةَ للخطوتينِ السابقتينِ.

www.jnob-jo.com

مُراجَعةُ الدَّرْسِ الثاني

الأفكار الرئيسة:

- تَتَحرَّكُ دقائقُ الموادِّ المُتفاعلةِ بسرعاتٍ مختلفةٍ، اعتمادًا على كُتلِها وطاقةِ حَركتِها؛ ونتيجةً لذلك تتفاوتُ في سرعةِ وعددِ تَصادُماتِها بالدقائقِ الأخرى.
- تتأثرُ سرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائيّ بِعدةِ عواملَ، هي: التركيزُ، ودرجةُ الحرارةِ، وحجمُ الدقائقِ، والعواملُ الحفّازةُ.
- تزدادُ سرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائيّ عند زيادةِ تَركيزِ الموادِّ المُتفاعلةِ.
- تزدادُ سرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائيّ بزيادةِ درجةِ الحرارةِ.
- تؤدي زيادةُ درجةِ الحرارةِ إلى زيادةِ الطاقةِ الحركيةِ لدقائقِ الموادِّ المُتفاعلةِ، ومن ثَمَّ زيادةُ فُرَصِ اصطدامِها ببعضِها البعضِ، وزيادةُ سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ.
- تزدادُ سرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائيّ كلما قلَّ حَجْمُ الدقائقِ؛ فتزدادُ مساحةُ سطحِ الموادِّ المُتفاعلةِ المعرّضةِ للتَّفاعلِ.
- تزدادُ سرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائيّ بوجودِ العواملِ الحفّازةِ.
- تعملُ العواملُ الحفّازةُ على تَقليلِ طاقةِ التنشيطِ وبالتالي زيادةِ سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائي، ولا تُستهلَكُ أثناءَ التَّفاعُلِ.
- تنقسم العوامل الحفازة إلى نوعين : متجانسة وغير متجانسة.
- تكونُ الحالةُ الفيزيائيةُ للعواملِ الحفّازةِ المُتجانسةِ نفسَ الحالةِ الفيزيائيةِ للموادِّ المتفاعلةِ.
- تختلفُ الحالةُ الفيزيائيةُ للعواملِ الحفّازةِ غيرِ المتجانسةِ عنها للموادِّ المتفاعلةِ.
- تَتِمُّ أغلبُ التفاعلاتِ الكيميائيةِ في عدةِ خُطواتٍ، ويَتِمُّ تَحديدُ سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ بالخطوةِ الأبطأِ.
- يُمكنُ تَلخيصُ العواملِ المؤثرةِ في سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ من خلالِ المُخطَّطِ المَفاهيميّ الآتي:

www.jnob-jo.com

تقويم الدَّرْسِ الثاني

أولًا: أسئلةُ الاختيارِ من مُتعددٍ: اخترْ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ فيما يأتي:

1. أيٌّ من العباراتِ الآتيةِ غيرُ صحيح فيما يتعلقُ بسرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائي؟
   a. تُؤثرُ عليها عواملُ منها التركيزُ ومساحةُ السطح.
   b. يُمكنُ قياسُها من خلال التَّغَيُّرِ في تراكيزِ الموادِّ خلال وِحدَةِ الزمن.
   c. تزدادُ بوجودِ عاملٍ حفّازٍ مناسبٍ.
   d. تَقِلُّ كميةُ الموادِّ الناتجةِ المُتكونةِ خلال وِحدَةِ الزمن.

2. ما سببُ ازديادِ سرعةِ التَّفاعُلِ عند رَفْعِ درجةِ الحرارة؟
   a. زيادةُ طاقةِ الموادِّ الناتجةِ.
   b. تَنَاقُصُ الطاقةِ الحركيةِ للدقائق.
   c. زيادةُ عددِ التَّصادُماتِ الفعّالةِ.
   d. تَنَاقُصُ طاقةِ التَّنشيطِ.

3. ما تأثيرُ العاملِ الحفّازِ في التَّفاعُلِ؟
   a. زيادة سرعة التفاعل.
   b. رَفْعُ طاقةِ المواد المتفاعلة.
   c. خَفْضُ طاقةِ الموادِّ الناتجةِ.
   d. زيادةُ زمنِ التَّفاعُلِ.

4. كيف يتغيرُ تركيزُ المواد الناتجةِ مع الزمن؟
   a. تَقِلُّ.
   b. تَزدادُ.
   c. تبقى ثابتةً.
   d. تَقِلُّ ثم تَزدادُ.

www.jnob-jo.com

تابع تقويم الدَّرْسِ الثاني

ثانيًا: أسئلةُ الإجاباتِ القصيرةِ: أجبْ عن السؤالِ الآتي:

1. ما المقصودُ بكلٍّ من:
   - a- العاملُ الحفَّازُ.
   - b- العاملُ الحفَّازُ المُتجانِسُ.
   - c- العاملُ الحفَّازُ غيرُ المُتجانسِ.

2. فسِّر ما يلي:
   - a. في ضَوْءِ نظريةِ التَّصادُمِ، فسِّرْ سببَ احتراقِ الكربونِ في الأكسجين النقيّ بشكلٍ أسرعَ من احتراقِهِ في الهواء.
   - b. تَصدأُ بُرادةُ الحديدِ بسرعةٍ أكبرَ من صَدَأِ قِطعةِ حديدٍ لهما الكتلةُ نفسُها، عند تَعَرُّضِهما للظروفِ نفسِها.
   - c. تزدادُ سرعةُ التَّفاعُلِ بإضافةِ عاملٍ حفَّازٍ مناسبٍ.
   - d. تزدادُ سرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائيّ عند رَفْعِ درجةِ حرارةِ التَّفاعُلِ.

3. اذكرِ العواملَ المُؤثرةَ في سرعةِ التَّفاعُلِ.

4. لديكَ التفاعلانِ الكيميائيانِ الآتيانِ. ما نوع العامل الحفاز في كل منهما (متجانس / غير متجانس):

   a. $C_2H_{4(g)} \xrightarrow{Ni_{(s)}} C_2H_{6(g)}$

   b. $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \xrightarrow{NO_{(g)}} 2SO_{3(g)}$

5. أُضيفَ 10 g من عاملٍ حفَّازٍ إلى تَفاعُلٍ ما، ما كُتلةُ العاملِ الحفَّازِ بعد انتهاءِ التَّفاعُلِ ؟

6. وُجِدَ عمليًا أن N_2O_5 يمكن أن يَتحلَّلُ بالحرارةِ وِفْقَ خُطوتينِ تكونُ إحداهُما أسرعَ من الأخرى، أجبْ عن السؤالين الآتيين:

$N_2O_5 \longrightarrow 2NO_2 + O$ (Slow)

$N_2O_5 + O \longrightarrow 2NO_2 + O_2$ (Fast)

- a- أيٌّ من الخُطوتينِ تُحدِّدُ سرعةَ التَّفاعُلِ ؟
- b- تحفيز. اكتبِ المُعادلةَ النهائيةَ للخطوتينِ السابقتينِ.

www.jnob-jo.com

أسئلة الوحدة الثالثة

أولًا: أسئلة الاختيار من متعدد

اختر الإجابة الصحيحة

1. ما تأثير خفض درجة حرارة المتفاعلات في سرعة التفاعل؟
   a. تزداد سرعة التفاعل.
   b. لا تتأثر سرعة التفاعل.
   c. تقل سرعة التفاعل.
   d. تزداد عدد الدقائق المنشطة.

2. في أي من الحالات الآتية تتوقع أن يكون معدل سرعة التفاعل بين كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ وحمض النيتريك HNO_3 أكبر ما يمكن؟
   a. مسحوق $CaCO_3$ مع 2M من HNO_3 عند 40°C.
   b. مسحوق $CaCO_3$ مع 0.5M من HNO_3 عند 40°C.
   c. قطعة من $CaCO_3$ مع 2M من HNO_3 عند 20°C.
   d. قطعة $CaCO_3$ مع 0.5M من HNO_3 عند 40°C.

3. ماذا يحدث عند إضافة عامل حفّاز لتفاعل ما؟
   a. تزداد سرعة التفاعل.
   b. تزداد كتلة العامل الحفّاز.
   c. يزداد زمن التفاعل.
   d. تزداد طاقة التنشيط.

4. ماذا يسمى الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لبدء التفاعل؟
   a. طاقة المواد المتفاعلة.
   b. طاقة المواد الناتجة.
   c. طاقة التنشيط.
   d. طاقة حرارية.

5. ما الذي تشير إليه الإشارة السالبة في قانون معدل سرعة التفاعل؟
   a. يقل تركيز المواد الناتجة.
   b. يزداد تركيز المواد الناتجة.
   c. يزداد تركيز المواد المتفاعلة.
   d. يقل تركيز المواد المتفاعلة.

www.jnob-jo.com

تابع أسئلة الوحدة الثالثة

6. أي العبارات الآتية صحيح فيما يتعلق بنظرية التصادم؟
   a. يكفي أن يحدث تصادم بين دقائق المواد المتفاعلة.
   b. يمكن أن يحدث تفاعل حتى لو لم تمتلك الدقائق طاقة كافية.
   c. يحدث التفاعل بوجود طاقة كافية وتصادم في الاتجاه الصحيح.
   d. يكفي أن يكون التصادم في الاتجاه الصحيح.

7. ما العامل الذي يؤدي إلى نقصان سرعة التفاعل؟
   a. زيادة درجة حرارة التفاعل.
   b. إضافة عامل حفاز للتفاعل.
   c. زيادة حجم دقائق المواد المتفاعلة.
   d. إضافة كمية أخرى من المواد المتفاعلة.

8. ما التفاعل الأبطأ من التفاعلات الآتية:
   a. تفاعل مسحوق الخارصين مع 0.5 mol/L من الحمض.
   b. تفاعل قطع من الخارصين مع 0.5 mol/L من الحمض.
   c. تفاعل قطع من الخارصين مع 1 mol/L من الحمض.
   d. تفاعل مسحوق الخارصين مع 1 mol/L من الحمض.

9. أي من الآتي ليست من وحدات سرعة التفاعل الكيميائي؟
   a. m/s
   b. cm^3/s
   c. g/s
   d. mol/L.s

10. ما العامل الأكثر تأثيرًا الذي يزيد من احتمالات التصادمات الفعّالة؟
   a. زيادة درجة الحرارة.
   b. زيادة حجم دقائق المواد المتفاعلة.
   c. نقصان مساحة سطح المواد المتفاعلة.
   d. عدم إضافة عامل مساعد.

www.jnob-jo.com

تابع أسئلة الوحدة الثالثة

ثانيًا: أسئلة الإجابات القصيرة

1. ما المقصود بالمفاهيم الآتية:
   a- سرعة التفاعل الكيميائي
   b- العامل الحفّاز
   c- طاقة التنشيط
   d- نظرية التصادم

2. فسِّر ما يلي:
   a- كيف يؤدي إضافة العامل الحفّاز إلى زيادة سرعة التفاعل؟
   b- تتم عملية طهي الطعام في أواني الضغط بسرعة أكبر منها في الأواني العادية.

3. اذكر العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي.

4. يبين الجدول الآتي تراكيز مادة افتراضية (X) خلال فترات زمنية مختلفة، ادرسه جيّدًا ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:
   a- استنتج فيما إذا كانت المادة X من المواد المتفاعلة، أم من المواد الناتجة؟ فسِّر إجابتك.
   b- احسب معدل سرعة التفاعل خلال الفترة الزمنية (4 – 8).
   c- توقع. كم يصبح تركيز المادة X عند الزمن 12s: (أكبر من 1، أم أقل من 1). فسِّر إجابتك.

الزمن S	التركيز (mol/L-1)
0	4
4	2
8	1
12	؟

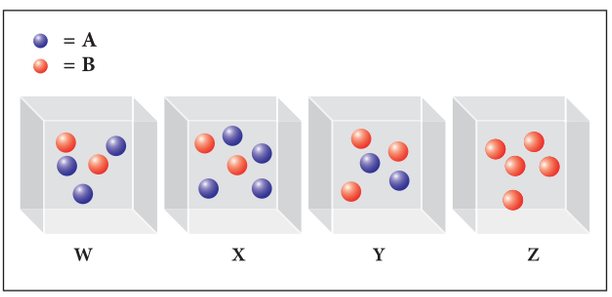
www.jnob-jo.com

تابع أسئلة الوحدة الثالثة

5. في التفاعل الافتراضي الآتي:

$$A_{(g)} + B_{(g)} \longrightarrow AB_{(g)}$$

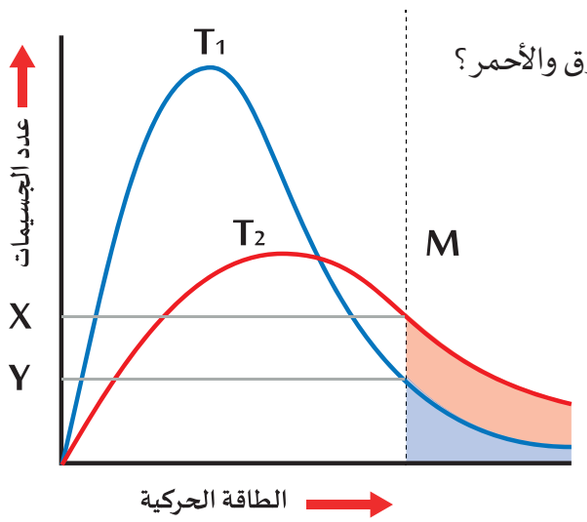
تمثل الأوعية الأربعة التالية التفاعل السابق حيث بدأ التفاعل بوجود كميات أولية مختلفة من A و B. على افتراض أن حجم الأوعية متساوي وعند نفس درجة الحرارة ، أجب عن الأسئلة التي تلي الشكل.



a- أي الأوعية يكون سرعة التفاعل فيها أكبر؟ فسِّر إجابتك.
b- أي الأوعية السابقة يتوقع عدم حدوث تفاعل فيها؟
c- ما التأثير المحتمل لزيادة درجة حرارة الوعاء W في سرعة التفاعل؟ لماذا؟

6. لديك المنحنى البياني الآتي الذي يمثل العلاقة بين عدد الدقائق والطاقة الحركية لها، ادرسه جيِّدًا ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

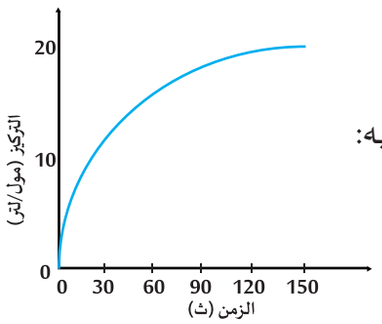
a- ما الذي تشير إليه كل من الرموز الآتية: M ، Y ، X؟
b- أيهما يكون متوسط الطاقة الحركية للدقائق له أعلى: (عند المنحنى المشار إليه بالرمز T1، أم T2)؟
c- هل تؤثر زيادة درجة الحرارة في طاقة التنشيط؟
d- ماذا تمثل المنطقة المظللة في المنحنى باللونين الازرق والأحمر؟



www.jnob-jo.com

تابع أسئلة الوحدة الثالثة

7. يمثل الرسم البياني العلاقة بين الزمن وتركيز مادة ناتجة عن



تفاعل كيميائي في الظروف القياسية. ادرسه جيّدًا ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

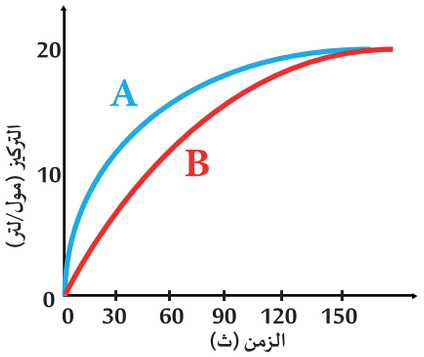
a- ما الزمن اللازم لإتمام التفاعل؟

b- اقترح الطرائق الثلاث التي تعمل على زيادة سرعة هذا التفاعل.

c- احسب متوسط سرعة التفاعل في الفترة الزمنية (0 - 150)؟

d- عند إضافة عامل حفّاز للتفاعل كتلته 2g، كم تكون كتلته عند نهاية التفاعل؟

8. يبين الشكل العلاقة بين تركيز مادة ناتجة وزمن التفاعل، أي من المنحنيين (A أم B) يبين سرعة التفاعل الأقل؟ فسِّر إجابتك.



9. في المعادلة الكيميائية التالية:

$$2AB \longrightarrow A_2 + B_2$$

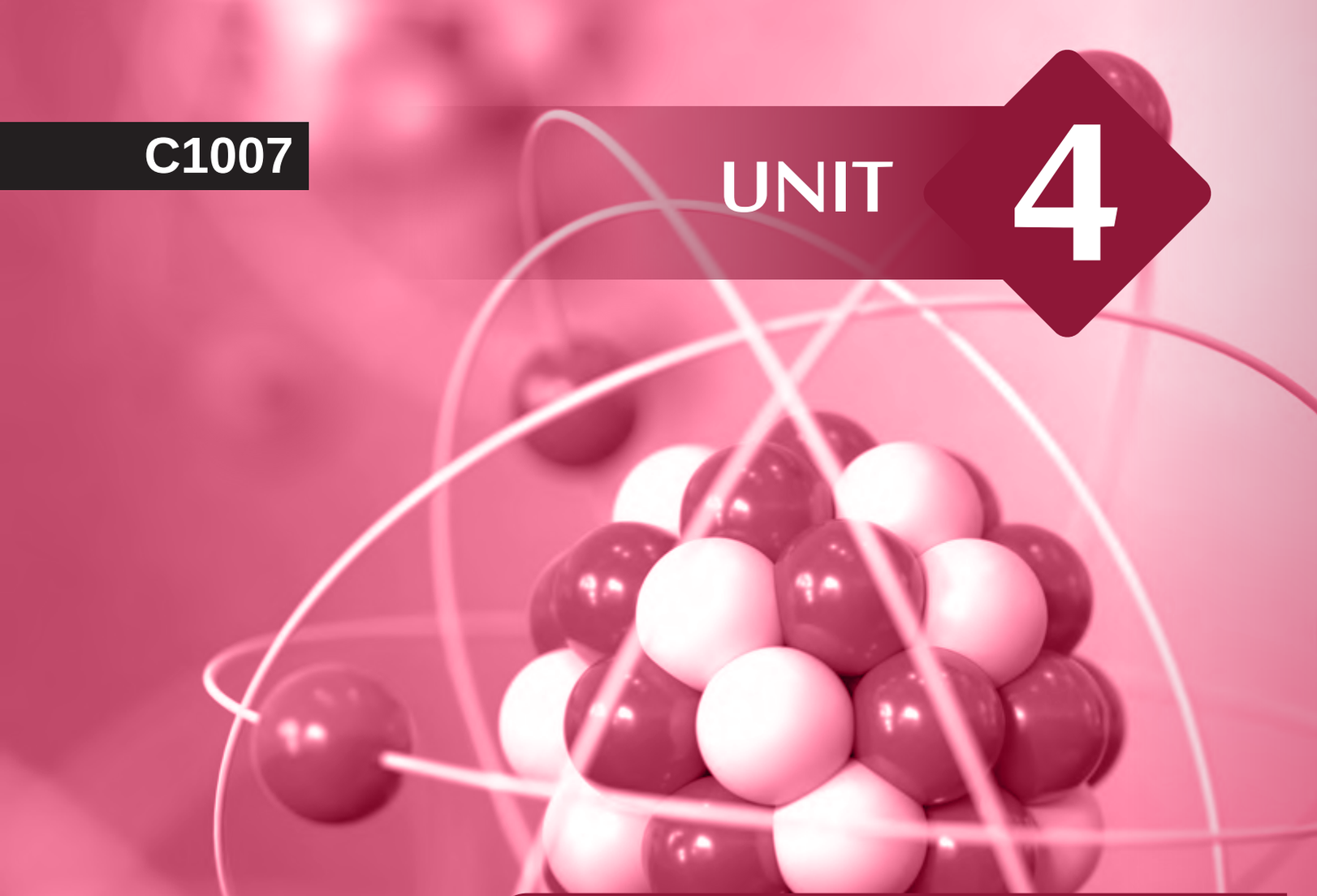
ارسم مخططًا يبين جميع الاحتمالات للتصادمات بين جزيئي المادة المتفاعلة AB.

www.jnob-jo.com

www.jnob-jo.com

C1007

UNIT 4



الوِحدةُ الرابعةُ

الطاقةُ الحراريّةُ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ

Thermal Energy in Chemical Reactions

محتويات الوحدة:

الـدرس الأول: 1-4 التَّغيراتُ في الطاقةِ الحراريةِ المصاحبةِ للتفاعلاتِ الكيميائيةِ.
Energy Changes for Chemical Reactions

الدرس الثاني: 2-4 تمثيل مُخطَّطاتُ الطاقةِ في التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ
Construction of Energy Profile Diagrams

www.jnob-jo.com

الدَّرسُ الأوَّلُ 1-4

التَّغيراتُ في الطاقةِ الحراريةِ المصاحبةِ للتفاعلاتِ الكيميائيةِ.

Energy Changes for Chemical Reactions

التَّجارِبُ والأنشِطة

(1-4) التَّفاعُلاتُ الكيميائيةُ الطاردةُ للحرارةِ.

(2-4) التَّفاعُلاتُ الكيميائيةُ الماصّةُ للحرارةِ .

مُخرَجاتُ التَّعلُّمِ

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- يُدركَ أن التفاعلاتِ الكيميائيةَ يُصاحبُها تَغيراتٌ في الطاقةِ، تكونُ بالعادةِ على شكلِ طاقةٍ حراريةٍ. وأن تغيراتِ الطاقةِ يمكنُ أن تكونَ طاردةً للحرارةِ أو ماصَّةً للحرارةِ.

المُفرَداتُ الرَّئيسَةُ

الطاقةُ	Energy
تَفاعلٌ طاردٌ للحرارةِ	Exothermic Reaction
تَفاعلٌ ماصٌّ للحرارةِ	Endothermic Reaction
المُحتوى الحراري (H)	Enthalpy
التَّغيرُ في المحتوى الحراري (ΔH)	Enthalpy Change

www.jnob-jo.com

مُقدِّمة

للطاقةِ أهميةٌ كبيرةٌ؛ حيثُ إنها تُستخدَمُ في أنشطةٍ مختلفةٍ في حياتِنا اليوميةِ مثل التدفئةِ وتوليدِ الكهرباءِ، تشغيلِ المصانعِ، والآلاتِ وكافةِ وسائطِ النقلِ المختلفةِ وغيرِها، فالطاقةُ تُزوِّدُ الإنسانَ بحاجتِهِ من الدفءِ في الشتاءِ، وكذلك عندما تقومُ بعملِ مجهودٍ بدنيٍّ فإن جسمَكَ يحتاجُ إلى طاقةٍ لمساعدتِك على القيامِ به، وتنبعُ هذه الطاقةُ من تَفاعلاتِ الاحتراقِ التي تحدثُ داخلَ خلايا الجسمِ؛ لذلك فإن كافةَ الأنشطةِ البدنيةِ والذهنيةِ التي تقومُ بها تحتاجُ إلى طاقةٍ. انظر الشكلَ (4-1). وهذه الطاقةُ مُستمَدَّةٌ من الطعامِ الذي تتناولُهُ. **فالطاقةُ Energy هي المَقدرةُ على إنجازِ شُغلٍ.**

الشكل 4-1 المجهودُ البدني أو الذهني يحتاجُ إلى طاقة.

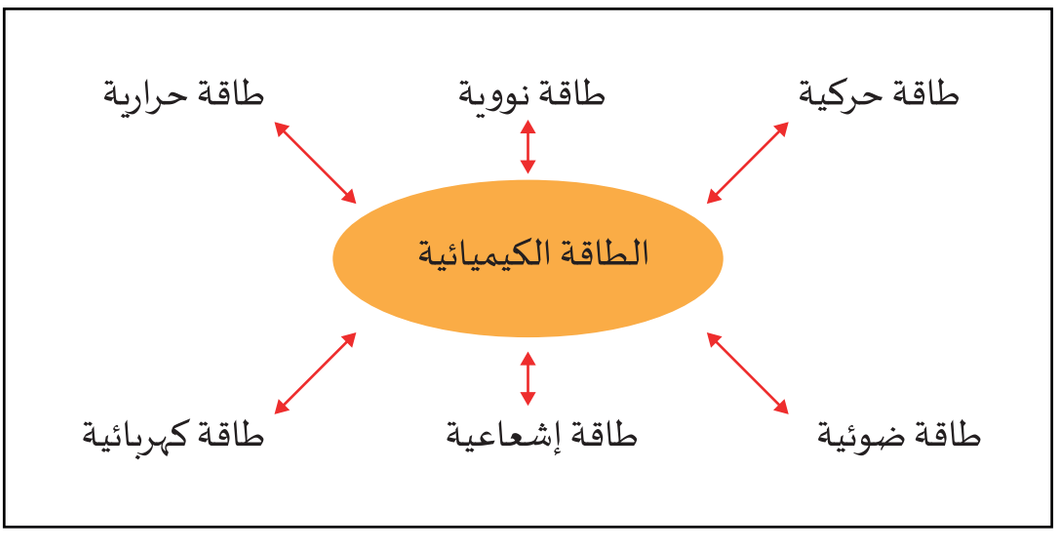
وقد درستَ أن الطاقةَ تَتواجدُ بشكلٍ عامٍّ على صورةِ **طاقةِ وَضْعٍ Potential Energy** تعتمدُ على مُوضعِ الجسمِ **وطاقةِ حركةٍ Kinetic Energy** تعتمدُ على حركةِ الجُسيماتِ، وأن الجُسيماتِ لها طاقةُ حركةٍ تَجعلُها في حركةٍ دائمةٍ، وتتناسبُ مع درجةِ الحرارةِ؛ حيث تزدادُ حركةُ الجُسيماتِ بازديادِ درجةِ الحرارةِ. ولكنْ ما دورُ الطاقةِ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ؟

الطاقةُ الكيميائيةُ Chemical Energy

يُصاحبُ التفاعلاتِ الكيميائيةِ تَغيراتٌ في الطاقةِ، فبعضُها تحتاجُ إلى طاقةٍ، وبعضُها يَنتجُ عنها طاقةٌ؛ حيث تُخزَّنُ الموادُّ المتفاعلةُ كميةً من الطاقةِ في الروابطِ تُسمَّى **طاقةَ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ Potential Energy Reactants**، وتُخزَّنُ الموادُ الناتجةُ كميةً من الطاقةِ في الروابطِ تُسمَّى **طاقةَ وَضْعِ الموادِّ الناتجةِ Products Kinetic Energy.**

www.jnob-jo.com

تَتضمنُ التفاعلاتُ الكيميائيةُ أشكالًا مختلفةً من الطاقةِ، فقد تكونُ حراريةً، أو ضوئيةً أو كهربائيةً، أو مَزيجًا منها. انظر الشكلَ (4-2).



الشكل 4-2 أشكالٌ من تَحولاتِ الطاقةِ الكيميائيةِ.

فاحتراقُ الفحمِ أو الغازِ الطبيعي مثلًا، يَنتجُ عنه كميةٌ كبيرةٌ من الطاقةِ الحراريةِ، وهناك تفاعلاتٌ كيميائيةٌ تُولّدُ طاقةً كهربائيةً كما في العمودِ البسيطِ، وبعضُ التفاعلاتِ تُوَلّدُ أيضًا طاقةً ضوئيةً إضافةً إلى طاقةٍ حراريةٍ مثل الألعابِ الناريةِ.

وفي التفاعلاتِ الكيميائيةِ، يُمكنُ أن تَتحولَ الطاقةُ من شكلٍ إلى آخرَ دونَ أن تُستحدثَ أو أن تَفنى، وهذا ما يُسمَّى **قانونَ حِفْظِ الطاقةِ Energy Conservation Law.**

ومن أبرزِ أشكالِ الطاقةِ الشائعةِ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ، الطاقةُ الحراريةُ. فما أنواعُ التفاعلاتِ الكيميائيةِ من حيثُ التغيرُ في الطاقةِ الحراريةِ؟

معلومة

تَتفردُ قطرُ غاز بمكانتِها بوصفِها شركةً عالميةً للطاقةِ؛ حيثُ تقومُ الشركةُ بتشغيلِ 14 خطًّا لإنتاجِ الغازِ الطبيعي المُسالِ؛ مما يجعلُ قطرَ غاز أكبرَ مُنتجٍ للغازِ الطبيعي المُسالِ والهيليوم في العالمِ. تأسستْ قطرُ غاز في عام 1984، وتقومُ بتطويرِ وإنتاجِ وتسويقِ الغاز الطبيعي ومشتقاته من أكبر حقل للغازِ الطبيعي الخامِ في العالمِ، بالإضافةِ إلى إنتاجِ الغازِ الطبيعي المُسالِ. واليوم تُواصلُ قطرُ غاز إرساءَ معاييرَ جديدةٍ في صناعةِ الغازِ الطبيعي المُسالِ من خلال قيامِها بإمدادِ العُملاءِ في جميعِ أنحاءِ العالمِ بالطاقةِ بشكلٍ آمنٍ وموثوقٍ.

www.jnob-jo.com

الطاقةُ الحراريةُ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ
Thermal Energy in Chemical Reactions

تَنقسمُ التفاعلاتُ الكيميائيةُ من حيثُ التغيراتُ في الطاقةِ الحراريةِ المُصاحِبَةِ للتفاعلِ إلى نوعين، هما:

a. تَفاعلاتٌ طاردةٌ للحرارةِ.
b. تَفاعلاتٌ ماصَّةٌ للحرارةِ.

أولًا: التفاعلاتُ الطاردةُ للحرارةِ Exothermic Reactions

هي التفاعلاتُ الكيميائيةُ التي يُصاحبُها انطلاقُ كميةٍ من الطاقةِ الحراريةِ أثناءَ التفاعلِ كناتجٍ من نواتجِ التفاعلِ. وهي كلمةٌ مشتقةٌ من الكلمتين اليونانيتين (Exo)، والتي تَعني خارجَ و(Thermo)، وتَعني حرارةً، فاحتراقُ الفحمِ أو الغازِ الطبيعي أو الخشبِ مثلًا يُعدُّ شكلًا من أشكالِ التفاعلاتِ الطاردةِ للحرارةِ، انظر الشكلَ (4-3) الذي يُمثلُ تفاعلًا طاردًا للحرارةِ. إذ تنبعثُ كميةٌ من الطاقةِ الناتجةِ عن الاحتراقِ على شكلِ إشعاعٍ حراريٍّ. ولِتتعرَّفَ على التفاعلاتِ الطاردةَ للحرارةِ، نفِّذِ النشاطَ (4-1).

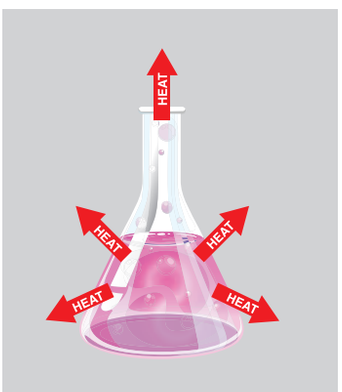
الشكل 4-3 احتراق الفحم ينتج طاقة حرارية.

www.jnob-jo.com

نشاط 4-1 التفاعلاتُ الكيميائيةُ الطاردةُ للحرارةِ

الهدف:	يَستقصي الطاقةَ الحراريةَ المُنبعثةَ من التفاعلاتِ الكيميائيةِ .
المواد والأدوات:	كأسٌ زجاجيةٌ سعةُ 50 ml، مخبارين مدرجين، مقياس حرارة، محلول حمض HCl، محلول NaOH (لهما التركيز نفسه).
الأمنِ والسلامةِ	تعاملْ بحذرٍ مع المحاليلِ الكيميائية. ارتدِ معطفَ المختبرِ والقفازاتِ والنظاراتِ الواقيةَ

خُطُواتُ العملِ:



1. ضَعْ 10 ml من محلولِ حمضِ HCl في مخبارٍ مُدرَّجٍ.
2. قِسْ درجةَ حرارةِ المحلولِ باستخدامِ مقياسِ الحرارةِ، وسجِّلْها.
3. ضَعْ 10 ml من محلول NaOH في مخبارٍ مُدرجٍ آخرَ.
4. قِسْ درجةَ حرارةِ المحلولِ باستخدامِ مقياسِ الحرارةِ، وسجِّلها.
5. أُسكبْ محتوياتِ الأنبوبين في كأسٍ زجاجيةٍ سعةَ 50 ml.
6. حرِّكِ المزيجَ بلطفٍ، وانتبهْ حتى لا ينكسرَ مقياسُ الحرارةِ.
7. قِسْ درجةَ حرارةِ المحلولِ باستخدامِ مقياسِ الحرارةِ (أو مستشعر الحرارة)، وسجِّلها.
8. المسْ جدارَ الكأسِ الزجاجيةِ، وسجِّل ملاحظتك.

درجة حرارة HCl °C	درجة حرارة NaOH °C	درجة حرارة المزيج °C

التحليلُ

1. قارنْ بين درجةِ حرارةِ كلٍّ من المخبارين مع درجةِ حرارةِ المزيجِ.
2. هل نتجَ عن هذا التفاعلِ حرارةٌ؟ أو احتاجَ إلى حرارةٍ لكي يتمَّ التفاعلُ؟
3. اكتبْ معادلةً موزونةً للتفاعلِ الكيميائي الحادث في النشاطِ.

.....

الاستنتاجُ

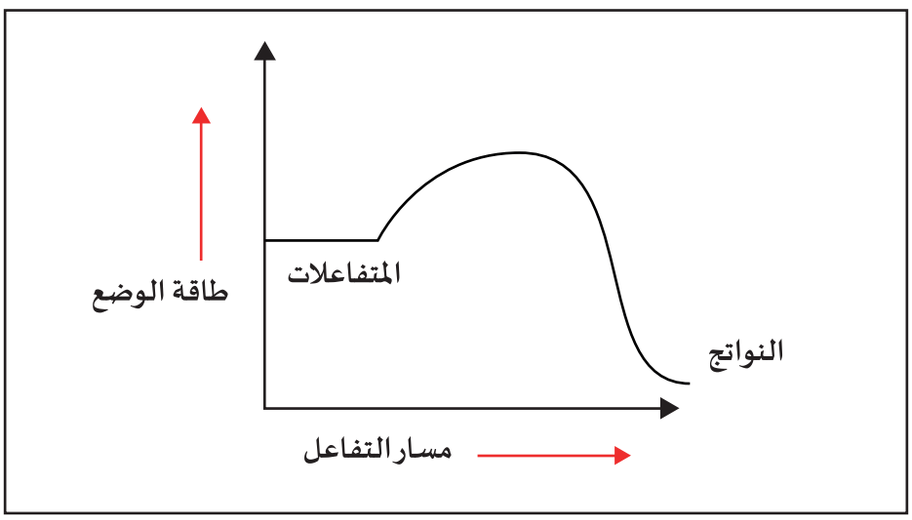
.....

استقصاء : بمساعدة معلمك، قم بإذابة قليل من هيدروكسيد الصوديوم الصلب $NaOH_{(s)}$ في الماء، واستنتج هل هذا التغير طارد أم ماص للحرارة .

www.jnob-jo.com

تُلاحظُ من النشاطِ ارتفاعَ درجةِ حرارةِ الكأسِ الزجاجيةِ بعد مَزْجِ محلولي HCl، وNaOH معًا، وهذا يدلُّ على أن التفاعلَ أنتجَ طاقةً حراريةً.

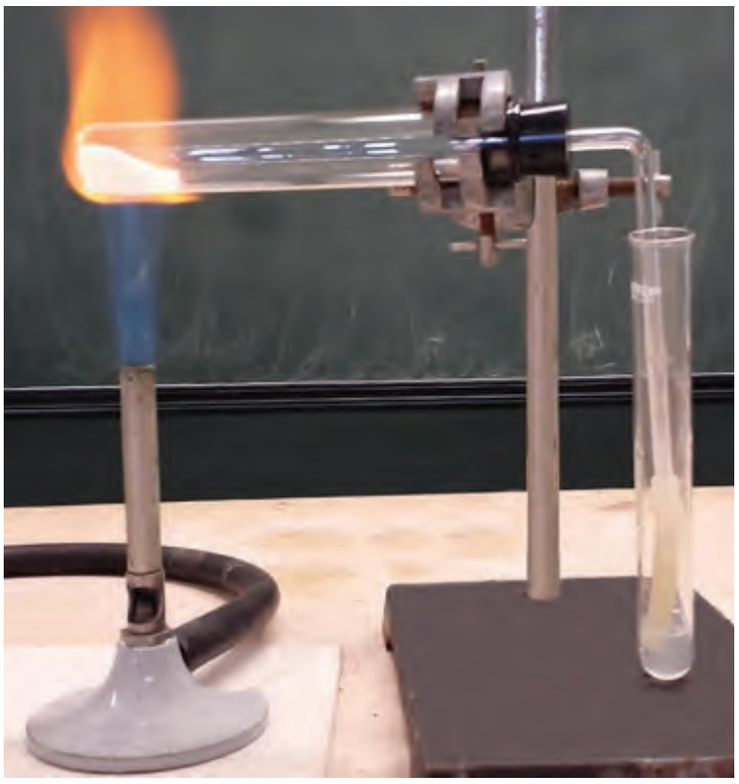
ويُمكنُ تمثيلُ التفاعلِ الطاردِ للحرارةِ كما هو مُوضَّحٌ في الشكل (4-4)، الذي يَظهرُ فيه أن **طاقةَ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ أكبرُ من طاقةِ وَضْعِ الموادِّ الناتجةِ.**



الشكل 4-4 مسارُ تفاعلٍ كيميائيٍّ طاردٍ للحرارة.

ثانيًا: التفاعلاتُ الماصَّةُ للحرارة Endothermic Reactions

هي التفاعلاتُ الكيميائيةُ التي يُصاحبُها امتصاصُ كميةٍ من الطاقةِ الحراريةِ أثناء التفاعلِ. وهو مصطلحٌ مشتقٌ أيضًا من الكلمتين اليونانيتين: (endo)، وتَعني داخلَ و(thermo) التي تعني حرارةً. فالنباتاتُ تمتصُّ طاقةَ أشعةِ الشمسِ بواسطةِ عمليةٍ ماصّةٍ للحرارة تُسمَّى عمليةَ البناءِ الضوئي. ومن التفاعلاتِ الأخرى الماصّةِ للحرارةِ التفاعلُ الكيميائي الذي تَتفكَّكُ فيه كربوناتُ الكالسيوم $CaCO_3$ إلى أكسيدِ الكالسيوم CaO وثاني أكسيد الكربون CO_2، انظر الشكل (4-5). ويحتاجُ هذا التفاعلُ إلى امتصاصِ طاقةٍ حراريةٍ كافيةٍ لتزويدِ التفاعلِ بالطاقةِ الكافيةِ لإتمامِه. ولِتتعرَّفَ التفاعلَ الماصَّ للحرارةِ، نفِّذ النشاطَ (4-2).



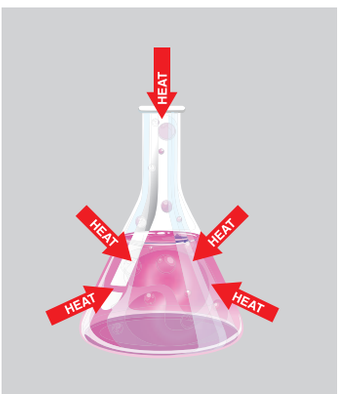
الشكل 4-5 تفاعلٌ ماصٌّ للحرارةِ

www.jnob-jo.com

نشاط 2-4	التفاعلاتُ الكيميائيةُ الماصَّةُ للحرارةِ
الهدف:	يَستقصي الطاقةَ الحراريةَ الممتصةَ من التفاعلاتِ الكيميائيةِ. .
المواد والأدوات:	كأسٌ زجاجيةٌ سعة 100 ml مقياس حرارة، محلول حمض الإيثانويك CH_3COOH، كربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$، ساق زجاجية.
الأمنِ والسلامةِ	تعاملْ بحذرٍ مع المحاليل الكيميائية. ارتدِ مِعطفَ المختبر والقفازاتِ والنظاراتِ الواقيةَ.

خُطُواتُ العملِ:

1. ضَعْ 20 ml من محلولِ حمضِ الإيثانويك CH_3COOH في الكأسِ الزجاجيةِ. ثم قِسْ درجةَ الحرارةِ باستخدامِ مقياسِ الحرارة، وسجِّلها.
2. زِن 4 g من $NaHCO_3$ ثم أضفْها إلى الكأس. ماذا تلاحظ؟
3. حرِّكِ المحلولَ باستخدامِ ساقٍ زجاجية، ثم قِس درجةَ الحرارةِ باستخدامِ مقياسِ الحرارةِ (أو مستشعرِ الحرارة)، وسجِّلها في الجدولِ أدناه.



التحليلُ

درجة حرارة CH_3COOH °C	درجة حرارة المزيج °C

1. قارنْ بين درجةِ حرارةِ كلٍّ من حمضِ الإيثانويك CH_3COOH في بدايةِ التفاعلِ، ودرجةِ حرارةِ المزيجِ.
2. هل نتجَ عن هذا التفاعلِ حرارةٌ؟ أو احتاجَ إلى حرارةٍ لكي يَتمَّ التفاعلُ؟
3. اكتب معادلة موزونة للتفاعل الكيميائي الحادث في النشاط.

.....

الاستنتاجُ

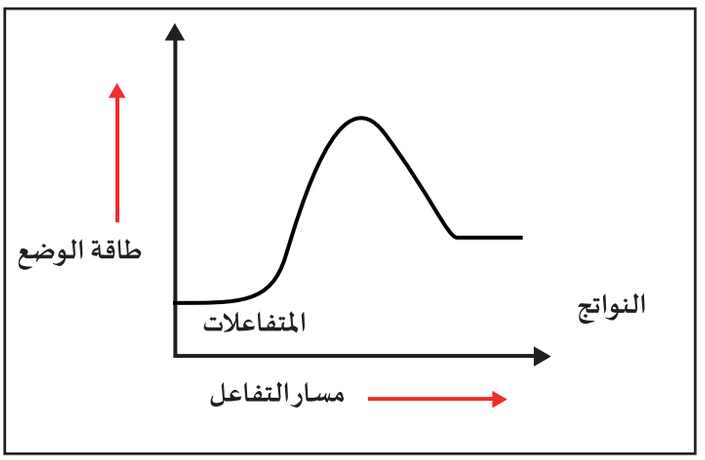
.....

استقصاء :

بمساعدة معلمك،اعد خطوات العمل السابقة باستخدم المواد الآتية : محلول نتريت الصوديوم $NaNO_2$ ، ومحلول كلوريد الأمونيوم NH_4Cl ، واستنتج هل التفاعل طارداً أم ماصاً للحرارة.

www.jnob-jo.com

تُلاحظُ من النشاطِ انخفاضَ درجةِ حرارةِ الكأسِ الزجاجيةِ بعد إضافةِ كربوناتِ الصوديومِ الهيدروجينية $NaHCO_3$ إلى محلولِ حِمضِ الإيثانويك CH_3COOH، وهذا يدلُّ على أن التفاعلَ يحتاجُ إلى طاقةٍ حراريةٍ لكي يحدثَ. ويُمكنُ تَمثيلُ التفاعلِ الماصِّ للحرارة كما في الشكل (4-6) الذي يَظهرُ فيه أن **طاقةَ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ أقلُّ من طاقةِ وَضْعِ الموادِّ الناتجة.**



الشكل 4-6 مسارُ تفاعلٍ كيميائيٍّ ماص للحرارة.

التغير في المُحتوى الحراري Enthalpy Change ΔH

يهتمُّ الكيميائيون بدراسةِ تَغيراتِ الطاقةِ المُصاحبَةِ للتفاعلاتِ الكيميائيةِ التي يُرافقُها تَغيراتٌ في الطاقةِ الحراريةِ خلال عمليةِ تَكسيرِ الروابطِ وتَكوينِها. ويُسمَّى مجموعُ هذه التغيراتِ **حرارةَ التفاعلِ Heat of reaction** التي يمكنُ تعريفُها على أنها كميةُ الحرارةِ المنطلقةِ أو الممتصَّةِ أثناءَ التفاعلاتِ الكيميائيةِ.

ويَعتمدُ انطلاقُ الطاقةِ الحراريةِ أو امتصاصُها على طبيعةِ الموادِّ المتفاعلةِ والموادِّ الناتجةِ، ويَعتمدُ أيضًا على كميةِ الطاقةِ المَخزونةِ في هذه الموادِّ، وهو ما يُعرفُ بالمحتوى الحراري للمادة؛ ويُعرّفُ **المحتوى الحراري Enthalpy** بأنه الطاقةُ المُختزَنَةُ في مولٍ واحدٍ من المادة، ويُرمزُ له بالرمزِ H. وتُقاسُ كميةُ الحرارةِ بوحدةِ الكيلو جول .

ويُعبّرُ عن الطاقةِ المصاحبةِ للتفاعلِ **بالتغيرِ في المحتوى الحراري Enthalpy Change** بين الموادِّ الناتجةِ والموادِّ المتفاعلةِ. ويُساوي الفرقَ بين طاقةِ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ وطاقةِ وَضْعِ الموادِّ الناتجةِ. ويرمزُ لها بالرمز ΔH. ويُمكنُ التعبيرُ عن التغيرِ في المحتوى الحراري بالعلاقةِ الرياضيةِ الآتيةِ:

التغير في المحتوى الحراري = المحتوى الحراري للمواد الناتجة - المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة.

$$\Delta H = H(products) - H(reactants)$$

www.jnob-jo.com

وعندما تكونُ قيمةُ ΔH سالبةً، فهذا يَعني أن التفاعلَ طاردٌ للحرارة، أما إذا كانت قيمةُ ΔH موجبةً، فهذا يَعني أن التفاعلَ ماصٌّ للحرارةِ.

مثال(1):	إذا علمتَ أن المحتوى الحراريَّ للموادِّ المتفاعلةِ في تفاعلٍ ما يُساوي 20 kJ، وأن المحتوى الحراريَّ للموادِّ الناتجةِ يُساوي 10 kJ. اِحسبِ التغيرَ في المحتوى الحراري ΔH للتفاعلِ. ثم حدِّدْ نوعَ التفاعلِ من حيثُ كونِه طاردًا أو ماصًّا للحرارةِ.
الحل:	$\Delta H = H(products) - H(reactants)$ $= 10 - 20$ $= -10\ kJ$ بما أن قيمةَ ΔH لهذا التفاعلِ سالبةٌ، فالتفاعلُ طاردٌ للحرارة.

مثال(2):	إذا علمتَ أن المحتوى الحراريَّ للموادِّ المتفاعلةِ في تفاعلٍ ما يُساوي 40 kJ، وأن المحتوى الحراريَّ للموادِّ الناتجةِ يُساوي 70 kJ. اِحسبِ التغيرَ في المحتوى الحراريِّ ΔH للتفاعلِ. ثم حدِّدْ نوعَ التفاعلِ من حيثُ كونِه طاردًا أو ماصًّا للحرارة.
الحل:	$\Delta H = H(products) - H(reactants)$ $= 70 - 40$ $= +30\ kJ$ بما أن قيمةَ ΔH لهذا التفاعلِ موجبةٌ، فالتفاعلُ ماصٌّ للحرارة.

اختبر نفسك

إذا علمتَ أن المحتوى الحراريَّ للموادِّ المتفاعلةِ في تفاعلٍ ما يُساوي 20 kJ، وأن المحتوى الحراريَّ للموادِّ الناتجةِ يُساوي 60 kJ. اِحسبِ التغيرَ في المحتوى الحراريِّ ΔH للتفاعلِ. ثم حدِّدْ نوعَ التفاعلِ من حيثُ كونِه طاردًا أو ماصًّا للحرارة.

www.jnob-jo.com

المعادلةُ الكيميائيةُ الحراريةُ Thermal Chemical Equation

يُمكنُ التعبيرُ عن التفاعلاتِ الكيميائيةِ سواءً أكانت طاردةً للحرارة أم ماصّةً للحرارةِ بمعادلةٍ كيميائيةٍ يَظهرُ فيها كميةُ الطاقةِ الحراريةِ المُصاحبةِ للتفاعلِ سواءً أكانت هذه الطاقةُ مفقودةً (منطلقة) أم مُمتصَّةً (مكتسبة). كما يأتي:

- **تُكتبُ المعادلةُ الكيميائيةُ للتفاعلاتِ الطاردةِ للحرارةِ بالصورةِ العامةِ الآتيةِ:**

مواد متفاعلة ⟶ مواد ناتجة + **طاقة حرارية**

حيثُ تُكتبُ كميةُ الطاقةِ المصاحبةِ لهذا النوعِ من التفاعلاتِ في جهةِ الموادِّ الناتجةِ من التفاعلِ؛ مما يدلُّ على أن التفاعلَ طاردٌ للحرارة، وتُسمَّى مثلُ هذه المعادلاتِ **بالمعادلاتِ الكيميائيةِ الحرارية Thermal Chemical Equation** ، كما هو مُوضَّحٌ في المثالِ الآتي الذي يُبينُ المعادلةَ الكيميائيةَ الحراريةَ لتفاعلِ غازِ الهيدروجين مع غازِ النيتروجين لإنتاجِ غازِ الأمونيا:

$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + \mathbf{91.8\ kJ}$$

وتكونُ الطاقةُ الحراريةُ للموادِّ المتفاعلةِ H(reactants) في التفاعلاتِ الطاردةِ للحرارةِ أكبرَ من الطاقةِ الحراريةِ للموادِّ الناتجةِ H(products) ؛لذلك عند طَرْحِ قِيمةِ H(reactants) من قيمةِ H(products) نحصلُ على قيمةٍ سالبةٍ؛ وبهذا فإن قيمةَ التغيرِ في المحتوى الحراريِّ ΔH للتفاعلاتِ الطاردةِ للحرارةِ قيمةٌ سالبةٌ دائمًا، ويُمكنُ التعبيرُ عن معادلةِ التفاعلِ السابقِ كما يأتي:

$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} \qquad \Delta H = \mathbf{-91.8\ kJ}$$

اختبر نفسك

مثّلِ التفاعلَ الآتيَ بمعادلةٍ كيميائيةٍ حراريةٍ موزونةٍ:

يحترقُ الكربونُ الصلبُ (C) بوجود غازِ الأكسجين (O_2) ، لينتجَ غازُ ثاني أكسيدِ الكربون (CO_2) وكميةٌ من الحرارةِ قدرُها 394 kJ.

.....

www.jnob-jo.com

- **تُكتبُ المعادلةُ الكيميائيةُ للتفاعلاتِ الماصَّةِ للحرارةِ بالصورةِ العامةِ الآتيةِ:**

مواد متفاعلة + **طاقة حرارية** ⟶ مواد ناتجة

حيثُ تُكتبُ كميةُ الطاقةِ المصاحبةِ لهذا النوعِ من التفاعلاتِ في جهةِ الموادِّ المتفاعلةِ؛ مما يدلُّ على أن التفاعلَ ماصٌّ للحرارة، ويُعبَّرُ عن ذلك بمعادلةٍ كيميائيةٍ حراريةٍ، كما في المثال الآتي الذي يُوضِّحُ تفاعلَ غازِ الأكسجين مع غازِ النيتروجين لإنتاجِ غازِ ثاني أكسيدِ النيتروجين:

$$N_{2(g)} + 2O_{2(g)} + \mathbf{66.4\ kJ} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

وتكونُ الطاقةُ الحراريةُ للموادِّ الناتجةِ H(products) في التفاعلاتِ الماصَّةِ للحرارةِ أكبرَ من الطاقةِ الحراريةِ للموادِّ المتفاعلةِ H(reactants) ؛ لذلك عند طَرْحِ قِيمةِ H(reactants) من قيمةِ H(products) نحصلُ على قيمةٍ مُوجَبةٍ؛ وبهذا فإن قيمةَ التغيرِ في المحتوى الحراريّ ΔH للتفاعلاتِ الماصَّةِ للحرارة يكون قيمةً موجبةً دائمًا، ويُمكنُ التعبيرُ عن معادلةِ التفاعلِ السابقِ كما يأتي:

$$N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)} \qquad \Delta H = \mathbf{+\ 66.4\ kJ}$$

اختبر نفسك

عبِّرْ عن التفاعلِ الآتي بمعادلةٍ كيميائيةٍ حراريةٍ موزونةٍ:
يَتفاعلُ غازُ الهيدروجين H_2 مع اليودِ I_2 في الحالةِ الغازيةِ، ويَمتصُّ التفاعلُ كميةً من الحرارةِ قدرُها 53 kJ، لينتجَ غازُ يوديد الهيدروجين HI.

.....

يوضحُ الجدولُ (4-1) أمثلةً على التفاعلاتِ الطاردةِ للحرارةِ والتفاعلاتِ الماصَّةِ للحرارةِ وقيمةَ ΔH لكلٍّ منها.

www.jnob-jo.com

التفاعل الكيميائي	ΔH (kJ)
$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$	-590.4
$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)}$	-566.0
$C_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$	-393.5
$4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_{3(s)}$	-3351
$N_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{(g)}$	+182.6
$N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{2(g)}$	+66.4
$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)}$	-483.6
$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)}$	-571.6
$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3(g)}$	-91.8
$H_{2(g)} + I_{2(g)} \longrightarrow 2HI_{(g)}$	+53.0
$NaCl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$	+3.88
$H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$	-55.8

الجدول (4-1) أمثلة على التفاعلاتِ الطاردةِ والتفاعلاتِ الماصّةِ للحرارة.

اختبر نفسك

أكملِ الجدولَ الآتيَ بما يناسبُه:

(H) للمواد المتفاعلة kJ	(H) للمواد الناتجة kJ	ΔH kJ	إشارة ΔH	نوع التفاعل (ماص/ طارد)
55	70	.....	.....	.....
.....	120	160	سالبة	.....
60	.....	50	سالبة	.....

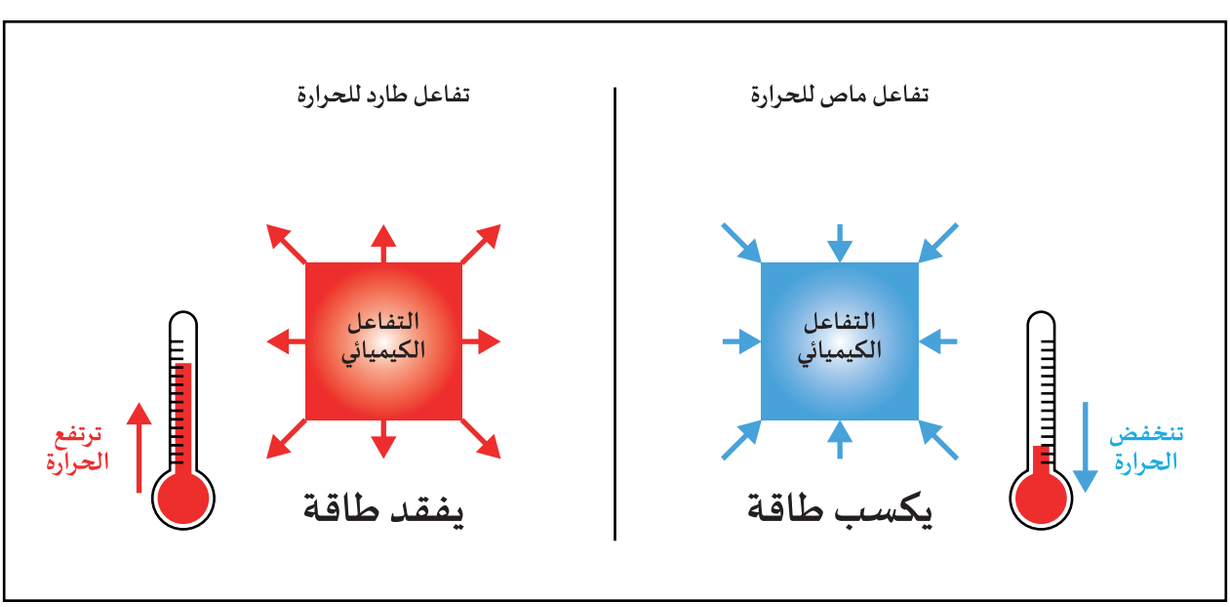
www.jnob-jo.com

يمكنُ تلخيصُ الفرقِ بين التفاعلاتِ الكيميائيةِ الطاردةِ للحرارةِ، والتفاعلاتِ الكيميائيةِ الماصَّةِ للحرارةِ في الجدول (4-2):

جدول 4-2 مقارنةٌ بين التفاعلاتِ الطاردةِ للحرارة، والتفاعلاتِ الماصَّةِ للحرارة.

التفاعلاتُ الطاردةُ للحرارة	التفاعلاتُ الماصَّةُ للحرارة
يُطلقُ حرارةً	يَمتصُّ حرارةً
إشارةُ ΔH سالبةٌ	إشارةُ ΔH موجبةٌ
طاقةُ وَضْعِ الموادِّ الناتجةِ أقلُّ من طاقةِ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ.	طاقةُ وَضْعِ الموادِّ الناتجةِ أكبرُ من طاقةِ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ
قيمةُ الطاقةِ الحراريةِ تُكتبُ مع النواتجِ في المعادلةِ الكيميائيةِ الحراريةِ.	قيمةُ الطاقةِ الحراريةِ تُكتبُ مع المتفاعلاتِ في المعادلةِ الكيميائيةِ الحراريةِ.

ويُمثلُ الشكلُ (4-7) انطلاقَ الحرارةِ في تفاعلٍ طاردٍ للحرارة، وكذلك امتصاصُ الحرارةِ في تفاعلٍ ماصٍّ للحرارة.



الشكل 4-7 انطلاقُ الحرارةِ وامتصاصُها في التفاعلاتِ

www.jnob-jo.com

مُراجَعةُ الدَّرْسِ الأول

الأفكار الرئيسة:

- التفاعلاتُ الطاردةُ للحرارةِ هي تفاعلاتٌ كيميائيةٌ يُصاحبُها انطلاقُ كميةٍ من الحرارةِ أثناءَ التفاعلِ كناتجٍ من نواتجِ التفاعلِ.
- التفاعلاتُ الماصّةِ للحرارةِ هي تفاعلاتٌ كيميائيةٌ يُصاحبُها امتصاصُ كميةٍ من الحرارةِ أثناءَ التفاعلِ.
- المحتوى الحراري (H) هو الطاقةُ المُختزَنةُ في مولٍ واحدٍ من المادة.
- التغيرُ في المحتوى الحراريّ ΔH، هو كميةُ الحرارةِ المنطلقةِ أو المُمتصَّةِ خلال التفاعلِ الكيميائي.
- إذا كانت قيمةُ ΔH للتفاعلِ موجبةً، فالتفاعلُ ماصٌّ للحرارة.
- إذا كانت قيمةُ ΔH للتفاعلِ سالبةً، فالتفاعلُ طاردٌ للحرارة.
- التغيرُ في المحتوى الحراريّ = المحتوى الحراري للموادِّ الناتجةِ – المحتوى الحراري للموادِّ المتفاعلةِ

$$\Delta H = H(products) - H(reactants)$$

- تُكتَبُ كميةُ الحرارةِ الممتصةِ في المعادلةِ الكيميائيةِ الحراريةِ مع الموادِّ المتفاعلةِ.
- تُكتَبُ كميةُ الحرارةِ المنطلقةِ في المعادلةِ الكيميائيةِ الحراريةِ مع الموادِّ الناتجةِ.

www.jnob-jo.com

تقويم الدَّرْسِ الأول

أولًا: أسئلةُ الاختيارِ من متعددٍ: اخترْ رمزَ الإجابةِ الصحيحة فيما يأتي:

1. أيٌّ من المعادلاتِ الآتيةِ تُعبرُ عن تفاعلٍ طاردٍ للحرارة؟

   a- A + حرارة ⟶ B

   b- A ⟶ B + حرارة

   c- A + B + حرارة ⟶ C+D

   d- AB $\xrightarrow{\text{حرارة}}$ A+B

2. ما قيمةُ التغيرِ في المحتوى الحراريّ ΔH بوحدةِ kJ، إذا علمتَ أن المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة يساوي 120 kJ والمحتوى الحراري للمواد الناتجة يساوي 140 kJ؟

   a. + 260

   b. - 260

   c. + 20

   d. - 20

3. أيُّ العباراتِ الآتيةِ صحيحةٌ؟

   a. في التفاعلاتِ الطاردةِ للحرارةِ تظهرُ الحرارةُ جهةَ الموادِّ المتفاعلةِ.

   b. في التفاعلاتِ الطاردةِ للحرارةِ تكونُ طاقةُ الموادِّ المتفاعلةِ أقلَّ من طاقةِ الموادِّ الناتجةِ.

   c. في التفاعلاتِ الماصَّةِ للحرارةِ تظهرُ الحرارةُ جهةَ الموادِّ الناتجةِ.

   d. في التفاعلاتِ الماصَّةِ للحرارةِ تكونُ طاقةُ الموادِّ المتفاعلةِ أقلَّ من طاقةِ الموادِّ الناتجةِ.

4. ما العبارةُ الصحيحةُ فيما يتعلقُ بالتفاعلِ الآتي؟

   $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)} + Heat$

   a. التفاعلُ ماصٌّ للحرارة.

   b. إشارةُ ΔH سالبةٌ.

   c. طاقةُ المتفاعلاتِ أقلُّ من طاقةِ النواتجِ.

   d. قيمةُ التغيرِ في المحتوى الحراريّ موجبةٌ.

www.jnob-jo.com

تابع تقويم الدَّرْسِ الأول

5. في تفاعلٍ ما، وُجد أن ΔH للتفاعلِ يُساوي kJ 60+، وأن طاقةَ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ يُساوي kJ 25، فكم تكونُ طاقةُ وَضْعِ الموادِّ الناتجةِ بوحدةِ kJ؟

a. 35

b. 65

c. 25

d. 85

ثانيًا: أسئلةُ الإجاباتِ القصيرة:

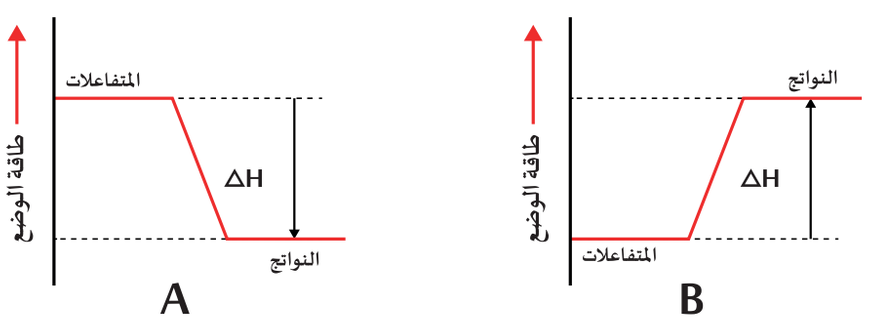
1. ما المقصودُ بالمصطلحاتِ الآتيةِ:

-a التغيرُ في المحتوى الحراريّ.

-b التفاعلُ الطاردُ للحرارة.

-c التفاعلُ الماصُّ للحرارة.

2. لديك الشكلان الآتيان اللذان يمثّلان التغيرَ في المحتوى الحراريّ لتفاعلين، أحدُهما تفاعلٌ ماصٌّ للحرارة، وآخرُ تفاعلٌ طاردٌ للحرارة، ادرسْه جيّدًا ثم أجبْ عن الأسئلةِ التي تليه:



-a أيُّ التفاعلين السابقين يمثلُ تفاعلًا طاردًا للحرارة؟

-b أي التفاعلين السابقين يمثلُ تفاعلًا ماصًّا للحرارة؟

-c قارنْ بين طاقةِ الوَضعِ للموادِّ المتفاعلةِ والموادِّ الناتجةِ في الشكل A.

-d قارنْ بين طاقةِ الوَضعِ للموادِّ المتفاعلةِ والموادِّ الناتجةِ في الشكل B.

-e ما إشارةُ ΔH للتفاعلِ A؟

-f ما إشارةُ ΔH للتفاعلِ B؟

www.jnob-jo.com

تابع تقويم الدَّرْسِ الأول

3. مثِّلِ التفاعلين الآتيين بمعادلاتٍ كيميائيةٍ حراريةٍ.

a- تَفكُّكُ مولٍ واحدٍ من كربونات الباريوم $BaCO_3$ الصلبةِ، منتجةً مولًا واحدًا من أكسيد الباريوم الصلب BaO ومولًا واحدًا من غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 وامتصاصَ طاقةٍ مقدارُها 267 kJ.

b- تفاعلُ مولٍ واحدٍ من غاز الهيدروجين H_2 مع مولٍ واحدٍ من غازِ الكلور Cl_2 لإنتاجِ 2 مولٍ من غاز كلوريد الهيدروجين HCl، وطاقةٍ مقدارُها 182 kJ.

4. قارنْ بين التفاعلِ الطاردِ للحرارة، والتفاعلِ الماصِّ للحرارة كما في الجدول الآتي:

المقارنة	التفاعلُ الطاردُ للحرارة	التفاعلُ الماصُّ للحرارة
إشارة ΔH		
العلاقةُ بين طاقةِ وَضْعِ الموادِّ الناتجةِ وطاقةِ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ.		
مكانُ كتابةِ قيمةِ الطاقةِ في المعادلةِ الكيميائيةِ الحراريةِ.		
الطاقةُ المصاحبةُ للتفاعلِ (مُمتَصَّة / مُنطلقة)		

5. صنِّفِ التفاعلاتِ الآتيةَ إلى تفاعلاتٍ ماصَّةٍ للحرارةِ وتفاعلاتٍ طاردةٍ للحرارةِ:

a- $C_{(s)}+O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $(\Delta H = -393.5\ kJ)$

b- $N_{2(g)}+O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{(g)}$ $(\Delta H = +180.5\ kJ)$

c- $2NaHCO_{3\,(s)} + Heat \longrightarrow Na_2CO_{3(s)} + H_2O_{(g)} + CO_{2(g)}$

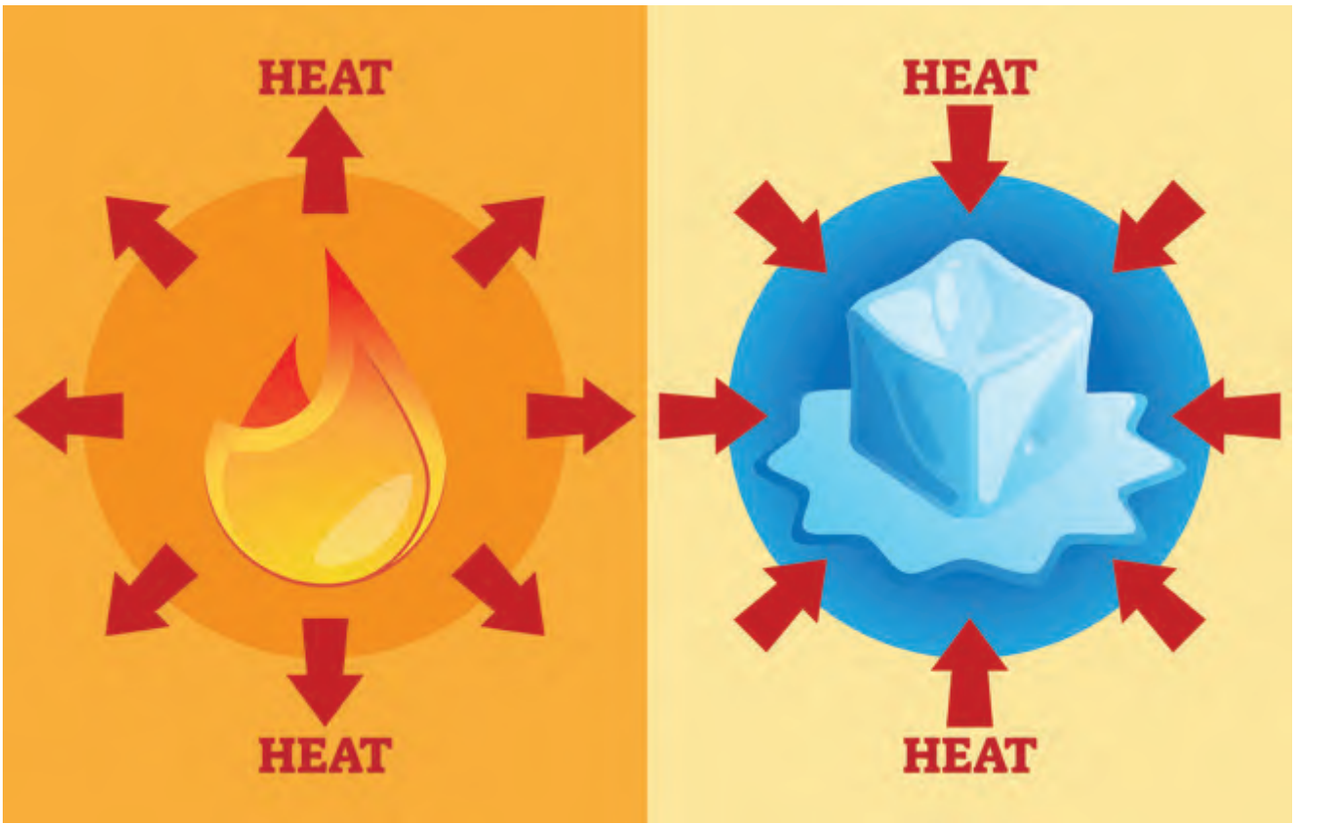
d- $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)} + Heat$

6. استقصاء : ابحث مع زملائك في كيفية عمل الكمادات التي يستخدمها الرياضيون.

www.jnob-jo.com

الدَّرسُ الثاني 2-4

تمثيل مُخططاتُ الطاقةِ في التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ
Construction of Energy Profile Diagrams



التَّجارِبُ والأنشِطة

(3-4) طاقةُ الرابطةِ.

مُخرَجاتُ التَّعلُّمِ

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- يُدركَ أن تكسيرَ الروابطِ يُصاحَبُ بامتصاصِ الحرارةِ، بينما يُصاحَبُ تَكوينُ الروابطِ بانطلاقِ حرارةٍ.
- يُمثلَ التفاعلاتِ الطاردةَ للحرارةِ والتفاعلاتِ الماصَّةَ للحرارةِ وطاقةَ التنشيطِ باستخدامِ مُخططِ الطاقةِ.
- يُوضِّحَ كيف يُمكنُ أن يُوفرَ العاملُ الحفّازُ مَسارًا بديلًا من الطاقةِ مع طاقةِ تنشيطٍ أقلَّ.

المُفرَداتُ الرَّئيسَةُ

طاقةُ التنشيطِ	Activation Energy
المُتراكبُ المُنشطُ	Activated Complex
طاقةُ الرابطةِ	Bond Energy

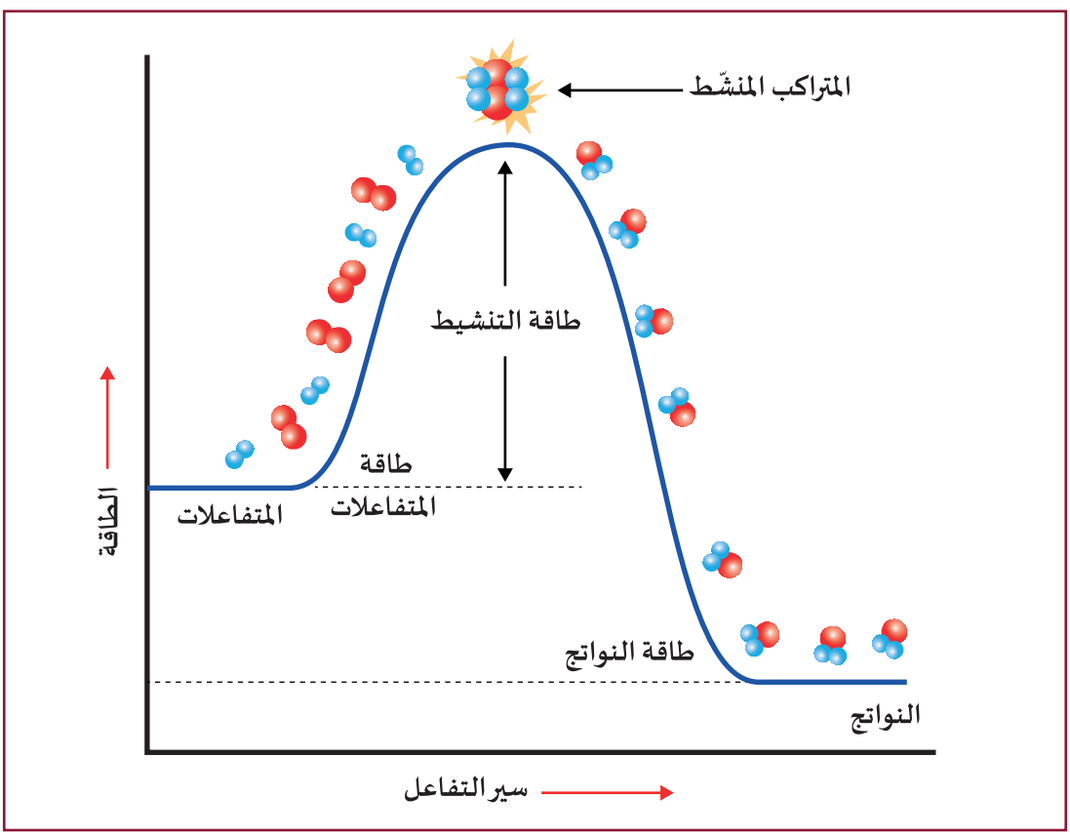
www.jnob-jo.com

مُقدِّمة

درستَ سابقًا أن التفاعلاتِ الكيميائيةَ يُصاحبُها تغيّراتٌ في الطاقةِ، فهناك تفاعلاتٌ طاردةٌ للطاقةِ الحرارية، وهناك تفاعلاتٌ ماصَّةٌ للطاقة الحرارية. فاحتراقُ الفحمِ مثلًا يُنتِجُ كميةً من الحرارةِ تعتمدُ على كميةِ المادةِ المُحترِقةِ، وتُكتبُ قيمةُ الطاقةِ الحراريةِ في المعادلةِ الكيميائيةِ في جهةِ الموادِّ الناتجةِ بِوَصفِها طاقةً مُنطلِقَةً أو في جهةِ الموادِّ المُتفاعلةِ بِوصْفِها طاقةً مُمتصَّةً.

طاقةُ التنشيطِ Activation Energy

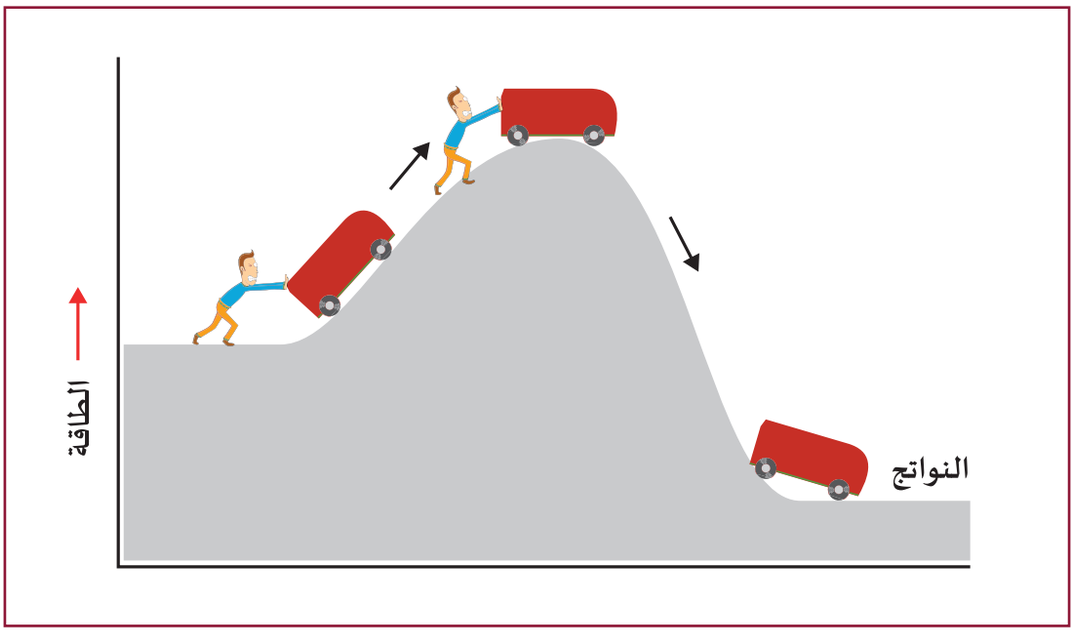
درستَ سابقًا أن التفاعلاتِ الكيميائيةَ تحدثُ عندما تَتصادمُ دقائقُ الموادِّ المتفاعلةِ، ويكونُ اتجاهُ تَصادُمِها مناسبًا، وكذلك تَمتلكُ الحدَّ الأدنى من الطاقةِ الحركيةِ اللازمةِ لتكسيرِ الروابطِ بين دقائقِ الموادِّ المتفاعلةِ والتي سُميتْ **طاقةَ التنشيطِ Activation Energy**. وهذه الطاقةُ تُضعِفُ الروابطَ بين ذراتِ الموادِّ المتفاعلةِ وتُؤدي إلى كَسرِها، وبالمقابلِ يبدأُ تَكوّنُ روابطَ جديدةً بين هذه الذراتِ؛ ونتيجةً لذلك يَتكوَّنُ **المُتراكبُ المُنشطُ Activated Complex** وهو بناءٌ وسيطٌ غيرُ مستقرٍ يَتكوَّنُ من تَجَمُّعِ الذراتِ جميعِها، له أعلى طاقةِ وَضْعٍ، يحدثُ خلالَه تَكسيرُ روابطَ وتكوينُ روابطَ جديدةً؛ مما يؤدي إلى تكوينِ موادَّ ناتجةً جديدةً، أو تعودُ الموادُّ المتفاعلةُ كما كانت مرةً أخرى. انظرِ الشكلَ (4-7).



الشكل 4-7 مَسارُ تفاعلٍ طاردٍ للطاقةِ الحراريةِ.

www.jnob-jo.com

تُلاحظُ من الشكلِ أن طاقةَ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ تزدادُ حتى تصلَ إلى أعلى قيمةٍ لها تُسمَّى طاقةَ وَضْعِ المُتراكبِ المُنشّطِ. ويُمكنُ تَمثيلُ فكرةِ الطاقةِ في التفاعلِ الكيميائي المُوضحِ في الشكل (4-8) من خلال شخصٍ يقومُ بدفعِ عربةٍ ثقيلةٍ إلى قمةِ التلِّ، فإذا كان التلُّ مرتفعًا، فسوف يحتاجُ الشخصُ إلى طاقةٍ كبيرةٍ لدفعِ العربةِ نحوَ القمةِ، وسيستغرقُ وقتًا طويلًا للوصولِ إلى قمةِ التلِّ، أما إذا كان التلُّ مُنخفضًا فسوف يحتاجُ الشخصُ إلى كميةٍ أقلَّ من الطاقةِ، ووقتٍ أسرعَ لدفعِ العربةِ إلى قمةِ التلِّ.



الشكل 4 - 8 تمثيل طاقة التنشيط.

وبتطبيقِ هذه الفكرةِ على التفاعلِ الكيميائي، نجدُ أنه عندما تكونُ قيمةُ طاقةِ التنشيطِ عاليةً، فإن ذلك يَعني أن عددًا قليلًا من التصادماتِ له طاقةٌ كافيةٌ لتكوينِ المتراكبِ المنشطِ، فتكونُ سرعةُ التفاعلِ بطيئةً، أما إذا كانت قيمةُ طاقةِ التنشيطِ مُنخفضةً، فهذا يَعني أن هناك عددًا كبيرًا من التصادماتِ لها طاقةٌ كافيةٌ لحدوثِ التفاعلِ، فيكونُ التفاعلُ أسرعَ.

إثراء

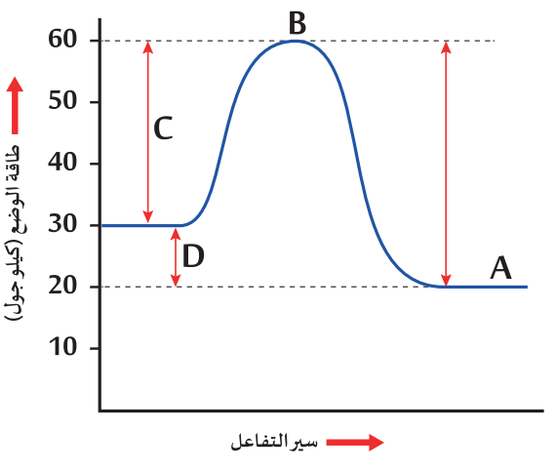
التفاعلُ الأماميُّ والتفاعلُ العكسيُّ

لاحظْ أن بعضَ التفاعلاتِ قد كُتبتْ بوَضْعِ سهمٍ ذي اتجاهٍ واحدٍ (⟶)، وبعضَها الآخرَ كُتبتْ بوَضْعِ سهمين متعاكسين (⇌)، فما الفرقُ بينهما؟ التفاعلاتُ التي تحدثُ في اتجاهٍ واحدٍ تنتهي بانتهاءِ التفاعلِ بين الموادِّ المتفاعلةِ، ولا يحدثُ تفاعلٌ بين الموادِّ الناتجةِ. بينما التفاعلاتُ التي تُكتَبُ بسهمٍ مُزدوجٍ فلا تنتهي بانتهاءِ التفاعلِ بين الموادِّ المتفاعلةِ، ولكنْ يُمكنُ للموادِّ الناتجةِ أن تتفاعلَ أيضًا مع بعضِها البعضِ لتكوينِ الموادِّ المتفاعلةِ مرة أخرى، وهذا النوعُ من التفاعلاتِ يُسمّى تفاعلاتٍ انعكاسيةً Reversible reactions، ويُسمّى التفاعلُ الذي يحدثُ بين الموادِّ المتفاعلةِ التفاعلَ الأماميَّ، بينما يُسمّى التفاعلُ الذي يحدثُ بين الموادِّ الناتجةِ التفاعلَ العكسيَّ.

www.jnob-jo.com

تدريب (1):

ادرسِ الشكلَ الآتيَ الذي يُمثلُ سيرَ تفاعل افتراضي، ثم أجبْ عن الأسئلةِ التي تليه:



1. إلامَ تُشيرُ كلٌّ من الرموزِ الآتية: A، B، C، D ؟
2. ما مقدارُ طاقةِ وَضْعِ المتراكبِ المنشطِ؟
3. ما مقدارُ طاقةِ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ؟
4. ما مقدارُ طاقةِ وَضْعِ الموادِّ الناتجةِ؟

الحل:

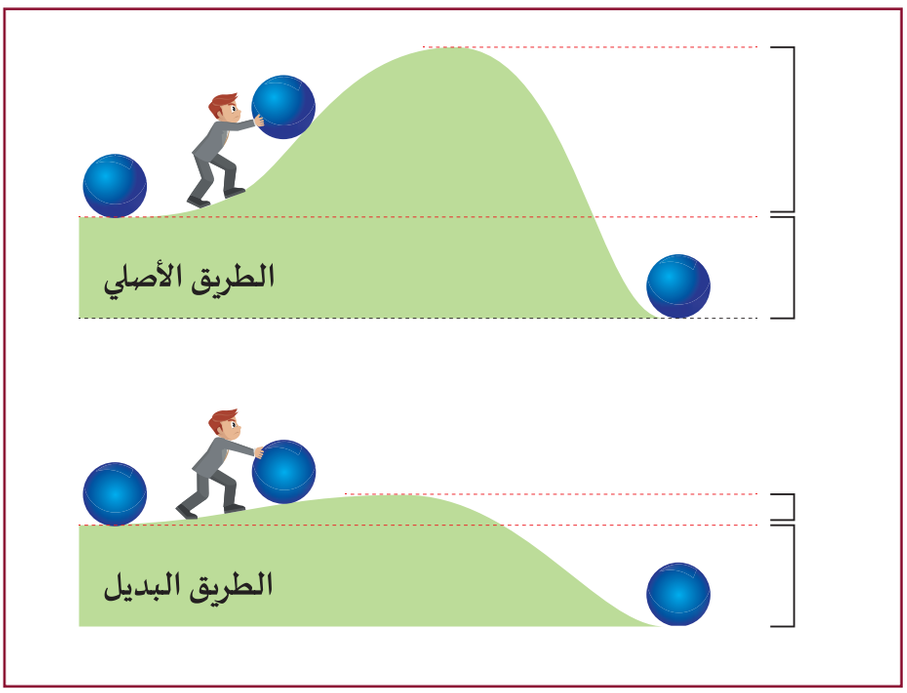
1. الرمز A: .....
   الرمز B: .....
   الرمز C: .....
   الرمز D: .....
2. طاقةُ وَضْعِ المتراكبِ المنشطِ: .....
3. طاقةُ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ: .....
4. طاقةُ وَضْعِ الموادِّ الناتجةِ: .....

أثرُ العاملِ الحفّازِ في طاقةِ التنشيطِ

Effects of Catalyst on Activation Energy

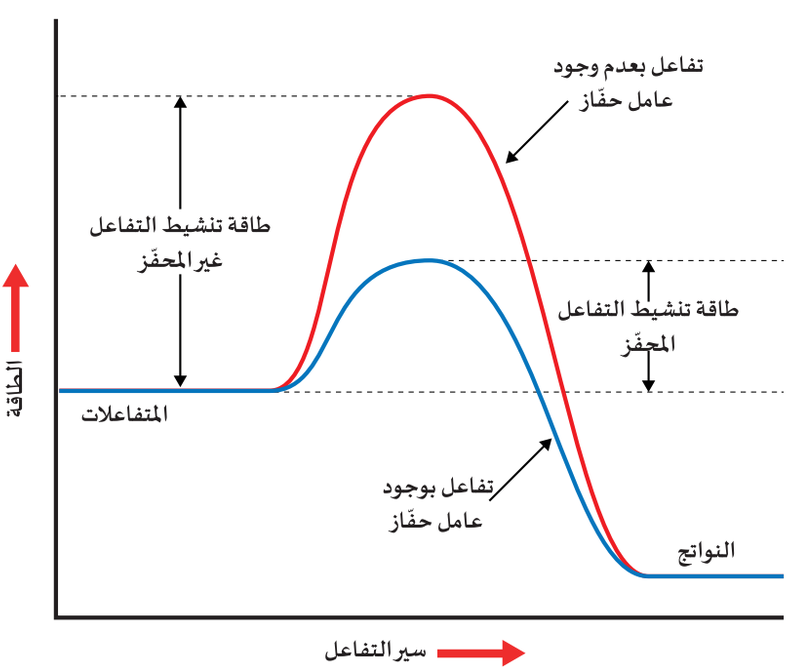
درستَ سابقًا أن العاملَ الحفّازَ يزيدُ من سرعةِ التفاعلِ الكيميائي، وقد أثبتتِ التجاربُ أن العاملَ الحفّازَ يُمهّدُ طريقًا بديلًا أكثرَ سُهولةً للتفاعلِ، كما هو مُوضَّحٌ في الشكلِ (4-9).

www.jnob-jo.com



الشكل 4-9 العاملُ الحفَّازُ يُمهدُ طريقًا بديلًا أكثرَ سهولةً.

حيثُ يُقلّلُ العاملُ الحفّازُ من طاقةِ التنشيطِ اللازمةِ للتفاعلِ، مقارنةً بتلك الطاقةِ المطلوبةِ في حالِ غيابِهِ، وكذلك يُقللُ من طاقةِ وَضعِ المتراكبِ المنشطِ، ويَقِلُّ زمنُ حدوثِ التفاعلِ، ولكنه لا يُؤثرُ في طاقةِ وَضعِ كلٍّ من الموادِّ المتفاعلةِ والموادِّ الناتجةِ، كما أنه لا يؤثرُ في التغيرِ في المحتوى الحراري ΔH. انظرِ الشكلَ (4-10) الذي يُوضِّحُ العلاقةَ بين الطاقةِ وسَيرِ التفاعلِ بوجودِ عاملٍ حفّازٍ، وبِعدمِ وجودِه.

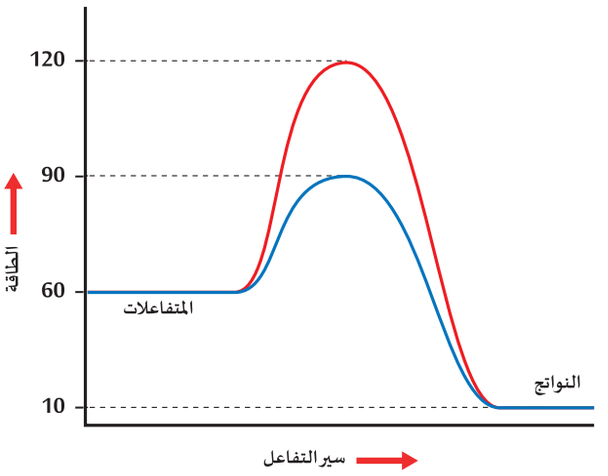


الشكل 4-10 العلاقةُ بين الطاقةِ وسَيرِ التفاعلِ بوجودِ عاملٍ حفّازٍ، وبعدمِ وجودِه.

www.jnob-jo.com

تدريب (2):

أُدرسِ الشكلَ الآتيَ الذي يُمثلُ سيرَ تفاعلٍ افتراضيٍّ، ثم أجبْ عن الأسئلةِ التي تليه:



1. ما مقدارُ طاقةِ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ؟
2. ما مقدارُ طاقةِ وَضْعِ الموادِّ الناتجةِ؟
3. ما مقدارُ طاقةِ وَضْعِ المتراكبِ المنشطِ بدونِ وجودِ العاملِ الحفّازِ؟
4. ما مقدارُ طاقةِ وَضْعِ المتراكبِ المنشطِ بوجودِ العاملِ الحفّازِ؟
5. ما مقدارُ التغيرِ في طاقةِ وَضْعِ المتراكبِ المنشطِ عند إضافةِ عاملٍ حفّازٍ؟
6. ما قيمةُ التغيرِ في المحتوى الحراريِّ ΔH للتفاعلِ؟
7. هل التفاعلُ ماصٌّ للطاقةِ الحراريةِ؟ أو طاردٌ لها؟

الحل:

1. .....
2. .....
3. .....
4. .....
5. .....
6. .....
7. .....

اختبر نفسك

ما أثرُ العاملِ الحفّازِ في كلٍّ من:

a. سرعةِ التفاعلِ.

b. طاقةِ التنشيطِ.

c. زمنِ التفاعلِ.

www.jnob-jo.com

طاقةُ الرابطةِ الكيميائيةِ Chemical Bond Energy

تَترابطُ الذراتُ بعضُها ببعضٍ بوساطةِ روابطَ كيميائيةٍ، وتُعرّفُ **الرابطةُ الكيميائيةُ Chemical Bond** بأنها قوةُ تَجاذُبٍ بين الدقائقِ (مثل الذرات أو الأيونات) لتكوينِ مُركباتٍ جديدةٍ، ويحدثُ في التفاعلِ الكيميائي تكسيرُ روابطَ كيميائيةٍ بين دقائقِ الموادِّ المتفاعلةِ، وتكوينِ روابطَ جديدةً بين دقائقِ الموادِّ الناتجةِ.

وكلما زادتْ قوةُ التجاذبِ كانت الرابطةُ أقوى. وتُخزّنُ الرابطةُ الكيميائيةُ كميةً من الطاقةِ تُسمَّى **طاقةَ الرابطةِ Bond Energy** وتُعرّفُ بأنها كميةُ الطاقةِ اللازمةِ لِكَسرِ الرابطةِ بين ذرتين بينهما رابطةٌ تَساهُميةٌ في جُزيءٍ في الحالةِ الغازيةِ، ووِحدةُ قِياسِها كيلو جول/مول وتُكتَبُ kJ/mol. وتُعَدُّ الطاقةُ مِقياسًا لقوةِ الرابطةِ الكيميائيةِ. فالرابطةُ الأقوى تمتلكُ الطاقةَ الأكبرَ وتحتاجُ إلى طاقةٍ أكبرَ لكسرِها. وتَعتمدُ كميةُ الطاقةِ المتصَّةِ على نوعِ الذراتِ، ونوعِ الروابطِ بينها وعددِها، فمثلًا في المعادلتين الآتيتن:

$$H\text{-}H_{(g)} + 436\ kJ/mol \longrightarrow H_{(g)} + H_{(g)}$$

$$N\text{-}N_{(g)} + 170\ kJ/mol \longrightarrow N_{(g)} + N_{(g)}$$

تُلاحظُ من المعادلتين السابقتين أن طاقةَ الرابطةِ H-H أعلى من طاقةِ الرابطةِ N-N، وهذا يَعني أنه يلزمُ كميةٌ أعلى من الطاقةِ لكسرِ الرابطةِ H-H مقارنةً بكميةِ الطاقةِ اللازمةِ لكسرِ الرابطةِ N-N.

ويُصاحِبُ عمليةَ تَكسيرِ الروابطِ وتَكوينِها انبعاثُ طاقةٍ أو امتصاصُها. فإذا كانت الطاقةُ اللازمةُ لكسرِ الروابطِ في الموادِّ المتفاعلةِ أقلَّ من الطاقةِ الناتجةِ عند تَكوينِها، يكونُ التفاعلُ طاردًا للطاقةِ على شكلِ حرارةٍ وتكونُ إشارةُ ΔH سالبةً؛ مما يؤدي إلى رفعِ درجةِ حرارةِ وعاءِ التفاعلِ.

أما إذا كانت الطاقةُ اللازمةُ لكسرِ الروابطِ في الموادِّ المتفاعلةِ أكبرَ من الطاقةِ المنطلقةِ عند تَكوينِها، يكونُ التفاعلُ ماصًّا للطاقةِ، وتكونُ إشارةُ ΔH موجبةً. ويؤدي ذلك إلى خفضِ (تبريد) درجةِ حرارةِ وعاءِ التفاعلِ.

وقد درستَ سابقًا أن طولَ الرابطةِ هو مقياسٌ للمسافةِ بين أنويةِ الذراتِ المشاركةِ في الرابطةِ. فالرابطةُ الثلاثيةُ أقصرُ من الرابطةِ الثنائيةِ ولكنَّ طاقتَها أكبرُ، وكذلك تكونُ الرابطةُ الثنائيةُ أقصرَ من الرابطةِ الأُحاديةِ، ولكنَّ طاقتَها أكبرُ منها، وهكذا. **فكلما كانتِ الرابطةُ أطولَ، تَقلُّ الطاقةُ اللازمةُ لكسرِها.**

ويُبينُ الجدولُ (4-3) العلاقةَ بين طولِ الرابطةِ بوحدةِ البيكومتر (Pm) وطاقتِها بوحدةِ (kJ/mol) لعددٍ من الروابطِ.

www.jnob-jo.com

الجدولُ (4-3) العلاقةَ بين طولِ الرابطةِ بوحدةِ (Pm) وطاقتِها بوحدةِ (kJ/mol) لعددٍ من الروابطِ.

نوع الرابطة	طول الرابطة	طاقة الرابطة	نوع الرابطة	طول الرابطة	طاقة الرابطة
H-H	74	436	H-C	109	413
C-N	147	308	H-N	101	391
N-N	145	170	H-O	96	366
O-O	148	145	H-F	92	568
F-F	142	158	H-Cl	127	432
Cl-Cl	199	243	H-Br	141	366
Br-Br	228	193	H-I	161	298
I-I	267	151	C=C	134	614
C-C	154	348	C ≡ C	120	839
C-O	143	360	O=O	121	498
C-S	182	272	N-N	145	170
C-F	135	488	N ≡ N	110	945
C-Br	194	288	C-Cl	177	330
			C-I	214	216

www.jnob-jo.com

نشاط 3-4	طاقةُ الرابطةِ
الهدف:	يَستنتجُ العلاقةَ بين طاقةِ الرابطةِ وقوتِها، وطولِها
المواد والأدوات:	جدولُ قِيَمِ طاقةِ الروابطِ وأطوالِها

خُطُواتُ العملِ:

- تعاونْ مع زملائِكَ في الإجابةِ عن الأسئلةِ الآتيةِ اعتمادًا على جدولِ قِيَمِ طاقاتِ الروابطِ

التحليلُ

1. بَيْنَ أيِّ ذرتينِ تُكونُ قوةُ التجاذبِ هي الأكبرَ؟
2. ما الرابطةُ التي تحتاجُ إلى مقدارِ طاقةٍ أعلى لِكسرِها؟
3. ما الرابطةُ التي تحتاجُ إلى مقدارِ طاقةٍ أقلَّ لِكسرِها ؟
4. ما مقدارُ الطاقةِ اللازمةِ لكسرِ الرابطةِ Cl-Cl في مولٍ واحدٍ من جزيئات Cl_2؟
5. بَيْنَ أيِّ ذرتين تكونُ الرابطةُ هي الأطولَ؟
6. أيُّ الرابطتين يَنتجُ عن تَكوُّنِها طاقةٌ أكبرَ: H-C أم H-F؟
7. أيٌّ من الرابطتين تحتاجُ إلى طاقةٍ أقلَّ لكسرِها: O-O أم O=O؟
8. ما كميةُ الطاقةِ اللازمةِ لكسرِ 8 روابطِ من Br – Br؟
9. ما الرابطةُ الأقوى؟
10. ما الرابطةُ الأضعفُ؟

الاستنتاجُ

ما العلاقةُ بين طاقةِ الرابطةِ وقوتِها، وطولِها؟

تُلاحظُ من النشاطِ أن هناك علاقةً عكسيةً بين طولِ الرابطةِ وطاقتِها؛ فكلما زاد طولُ الرابطةِ تَضعفُ قوتُها وتحتاجُ إلى طاقةٍ أقلَّ لكسرِها.

www.jnob-jo.com

حسابُ حرارةِ التفاعلِ بدلالةِ طاقةِ الرابطةِ
Calculating Enthalpy Change in terms of Bond Energy

تُفيدُ معرفةُ طاقاتِ الروابطِ في حسابِ قِيمةِ الطاقةِ المصاحبةِ للتفاعلاتِ الكيميائيةِ في الحالةِ الغازيةِ، وبالتالي معرفةُ متى يكونُ التفاعلُ الكيميائيُّ طاردًا للحرارةِ، أو ماصًّا لها. وتكونُ الطاقةُ المُمتصَّةُ لكسرِ الرابطةِ تُساوي الطاقةَ المُنطلقةَ (الناتجة) عند تَكوينِ الرابطةِ.

ويُمكنُ حسابُ حرارةِ التفاعلِ من خلالِ العلاقةِ الرياضيةِ الآتيةِ:

حرارةُ التفاعل = مجموعَ الطاقاتِ اللازمةِ لكسرِ الروابطِ - مجموعَ الطاقاتِ الناتجةِ عند تكوينِ النواتج

$$\Delta H = \Sigma \mathbf{BE}(\text{broken}) - \Sigma \mathbf{BE}(\text{formed})$$

حيث: Σ: مجموع **BE**: طاقة الرابطة

ولِلتعرُّفِ على كيفيةِ حسابِ طاقةِ حرارةِ التفاعلِ، أُدرسِ المثالين الآتيين:

مثال (1):

عند تَفاعُلِ غازِ الهيدروجين H_2 مع غازِ الكلور Cl_2 ينتجُ غازُ كلوريد الهيدروجين HCl وِفْقَ المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ الآتيةِ:

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)}$$

الحل:

بالرجوعِ إلى جدولِ قِيَمِ طاقاتِ الروابطِ، نجدُ أن الرابطةَ بين H–H تَكسَّرتْ وطاقتُها 436 kJ/mol، بينما تَكسَّرتِ الرابطةُ بين Cl–Cl وطاقتُها 243 kJ/mol، وتَكوَّنتْ رابطةٌ طاقتُها 432 kJ/mol بين H–Cl. ولِحسابِ حرارةِ التفاعلِ بدلالةِ طاقةِ الروابطِ:

$$\Delta H = \Sigma BE(\text{broken}) - \Sigma BE(\text{formed})$$

$$= (H\text{–}H + Cl\text{–}Cl) - (2\times H\text{–}Cl)$$

$$= (436 + 243) - (2\times 432)$$

$$= 679 - 864$$

$$= -185\ kJ$$

وبما أن إشارةَ قِيمةِ حرارةِ التفاعلِ سالبةٌ فهذا يَعني أن التفاعلَ طاردٌ للحرارةِ.

www.jnob-jo.com

مثال (2):	بالرجوعِ إلى جدولِ طاقاتِ الروابطِ، اِحسبْ حرارةَ التفاعلِ الآتي بدلالةِ طاقةِ الروابطِ: $2H_2O_{(g)} \longrightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$
الحل:	$\Delta H = \Sigma BE(\text{broken}) - \Sigma BE(\text{formed})$ $= (4\times H{-}O) - [\,(2\times H{-}H) + (O{=}O)\,]$ $= (4\times 366) - [(2\times 436) + (498)]$ $= 1464 - [\,(872 + 498)\,]$ $= +94\ kJ$ وبما أن إشارةَ قِيمةِ حرارةِ التفاعلِ موجبةٌ فهذا يَعني أن التفاعلَ ماصٌّ للحرارةِ.

اختبر نفسك

اِحسبْ حرارةَ التفاعلِ الآتي بدلالةِ طاقةِ الروابطِ، وحدِّدْ فيما إذا كان التفاعلُ طاردًا للحرارةِ أم ماصًّا لها:

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

www.jnob-jo.com

مُراجَعةُ الدَّرْسِ الثاني

الأفكار الرئيسة:

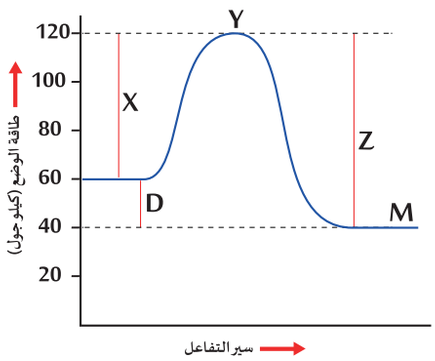
- تَعتمدُ كميةُ الطاقةِ المُمتصَّةِ أو المُنطلِقَةِ على كَسْرِ الروابطِ أو تَكوينِها وعلى نوعِ الذراتِ وتَرتيبِها ونوعِ الروابطِ وعددِها.
- المُتراكبُ المنشّطُ هو بناءٌ وسيطٌ غيرُ مستقرٍّ يَتكوَّنُ من تَجمُّعِ جميعِ الذراتِ، له أعلى طاقةِ وَضْعٍ، يحدثُ خلالَه تَكسيرُ روابطَ وتكوينُ روابطَ جديدةً؛ مما يؤدي إلى تكوينِ الموادِّ الناتجةِ، أو الموادِّ المتفاعلةِ مرةً أخرى.
- يُقلِّلُ العاملُ الحفّازُ من قيمةِ كلٍّ من: طاقةِ التنشيطِ اللازمةِ للتفاعلِ، ومن طاقةِ وَضْعِ المتراكبِ المنشطِ، وزمنِ حدوثِ التفاعلِ.
- لا يُؤثِرُ العاملُ الحفّازُ في كلٍّ من: طاقةِ وَضْعِ كلٍّ من الموادِّ المتفاعلةِ والموادِّ الناتجةِ، ولا يُؤثرُ في التغيرِ في المحتوي الحراري ΔH.
- الرابطةُ الكيميائيةُ هي قوةُ تَجاذبٍ بين الدقائقِ (مثل الذرات أو الأيونات).
- طاقةُ الرابطةِ هي كميةُ الطاقةِ اللازمةِ لكسرِ الرابطةِ بين ذرتين بينهما رابطةٌ تَساهُميةٌ في جُزيءٍ في الحالةِ الغازيةِ.
- إذا كانتِ الطاقةُ اللازمةُ لكسرِ الروابطِ في الموادِّ المتفاعلةِ أقلَّ من الطاقةِ المنطلقةِ عند تَكوينِها، يكونُ التفاعلُ طاردًا للطاقةِ وتكونُ إشارةُ ΔH سالبةً.
- إذا كانتِ الطاقةُ اللازمةُ لكسرِ الروابطِ في الموادِّ المتفاعلةِ أكبرَ من الطاقةِ المنطلقةِ عند تَكوينِها، يكونُ التفاعلُ ماصًّا للطاقةِ، وتكونُ إشارةُ ΔH موجبةً .

www.jnob-jo.com

تقويم الدَّرْسِ الثاني

أولًا: أسئلةُ الاختيارِ من مُتعددٍ: اختْرْ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ فيما يأتي:

في الرسمِ البيانيّ الآتي الذي يُوضِّحُ سيرَ تفاعلٍ افتراضيٍّ، أُدرسُهُ جيّدًا ثم أجبْ عن الأسئلةِ (1 -5) التي تليه:



1. ما الفرقُ بين قِيمةِ طاقةِ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ وطاقةِ وَضْعِ المتراكبِ المنشطِ؟

a. 20
b. 60
c. 80
d. 120

2. ما الفرقُ بين قِيمةِ طاقةِ وَضْعِ الموادِّ الناتجةِ وطاقةِ وَضْعِ المتراكبِ المنشطِ؟

a. 20
b. 60
c. 80
d. 120

3. ما قيمةُ طاقةِ الوَضْعِ للمادةِ الناتجةِ؟

a. 100
b. 80
c. 60
d. 40

4. ما الرمزُ الذي يُشيرُ إلى المتراكبِ المنشطِ؟

a. X
b. Y
c. Z
d. M

5. ما قيمةُ التغيرِ في المحتوى الحراري؟

a. 20
b. 40
c. 60
d. 120

www.jnob-jo.com

تابع تقويم الدَّرْسِ الثاني

ثانيًا: أسئلةُ الإجاباتِ القصيرةِ: أجبْ عن السؤالِ الآتي:

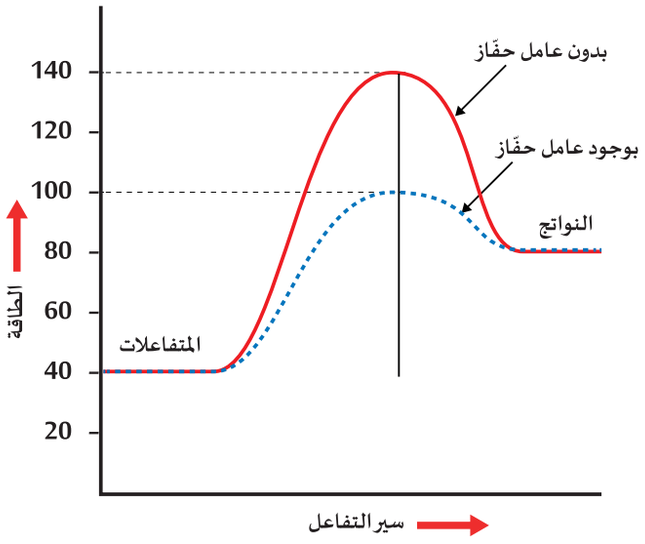
1. ما المقصودُ بطاقةِ الرابطةِ؟

2. ارسمْ مُخططًا لتفاعلٍ طاردٍ للطاقةِ الحرارية بوجودِ العاملِ الحفّازِ، مُبينًا عليه الموادَّ المتفاعلةَ، والموادَّ الناتجةَ، والمتراكب المنشط، والتغير في المحتوى الحراري ΔH.

3. مُستخدمًا الجدولَ (4-3) احسبْ حرارةَ التفاعلِ الآتي بدلالةِ طاقةِ الروابطِ، وحدِّدْ فيما إذا كان التفاعلُ طاردًا للحرارةِ أم ماصًّا لها:

$$CH_{4(g)} + 3Cl_{2(g)} \longrightarrow CHCl_{3(g)} + 3HCl_{(g)}$$

4. لديكَ المُنحنى الآتي الذي يُمثلُ سيرَ تفاعلٍ بوجودِ عاملٍ حفّازٍ، وبدونِ وُجودِ عاملٍ حفّازٍ. أُدرسْهُ جيّدًا ثم أجبْ عن الأسئلةِ التي تليه (بوحدة kJ):



a- ما مقدارُ طاقةِ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ؟

b- ما مقدارُ طاقةِ وَضْعِ الموادِّ الناتجةِ؟

c- ما مقدارُ طاقةِ وَضْعِ المتراكبِ المنشطِ بدون وجودِ العاملِ الحفّازِ؟

d- ما مقدارُ طاقةِ وَضْعِ المتراكبِ المنشطِ بوجودِ العاملِ الحفّازِ؟

e- ما قيمةُ التغيرِ في المحتوى الحراري ΔH للتفاعلِ؟

f- هل التفاعلُ ماصٌّ أم طارد للطاقةِ الحراريةِ؟

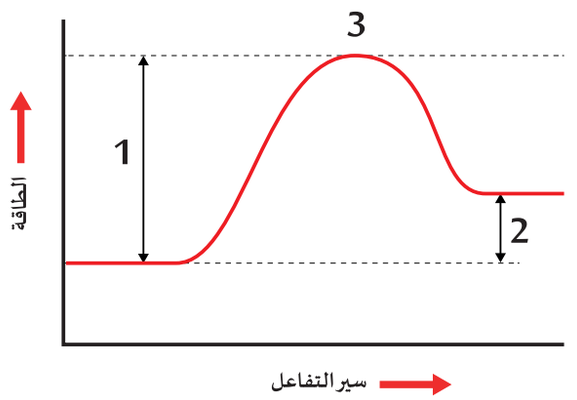
www.jnob-jo.com

أسئلة الوحدة الرابعة

أولًا: اختر الإجابة الصحيحة:

1. عندما يضاف عامل حفّاز إلى التفاعل الذي يمثله منحنى الطاقة التالي فأي الأرقام في الرسم ستتغير؟

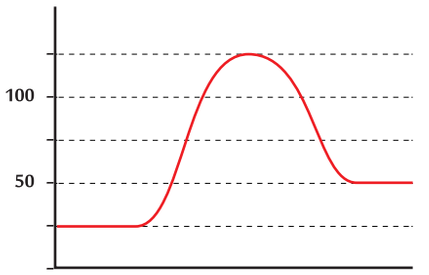
a. 1 ، 3
b. 1 ، 2
c. 1 ، 2 ، 3
d. 2 ، 3

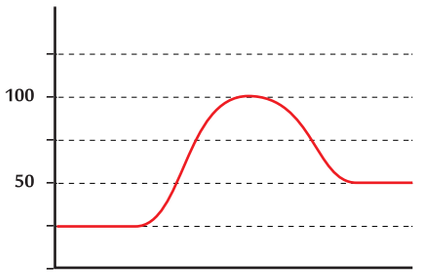


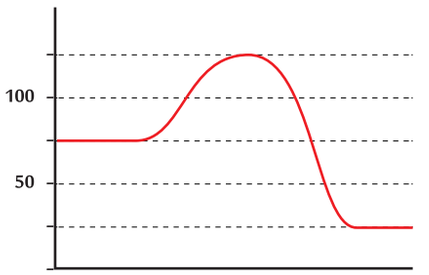
2. ماذا يحدث عندما تكون طاقة وضع المتفاعلات أكبر من طاقة وضع النواتج في تفاعل كيميائي؟

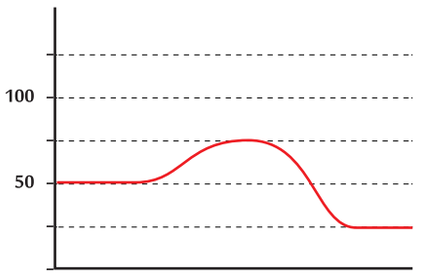
a. تقل سرعة التفاعل الكيميائي.
b. يكون التفاعل طارد للحرارة.
c. يكون التفاعل ماص للحرارة.
d. تزداد سرعة التفاعل الكيميائي.

3. ما الشكل البياني الذي يعبر عن التفاعل الأبطأ؟

a.


b.


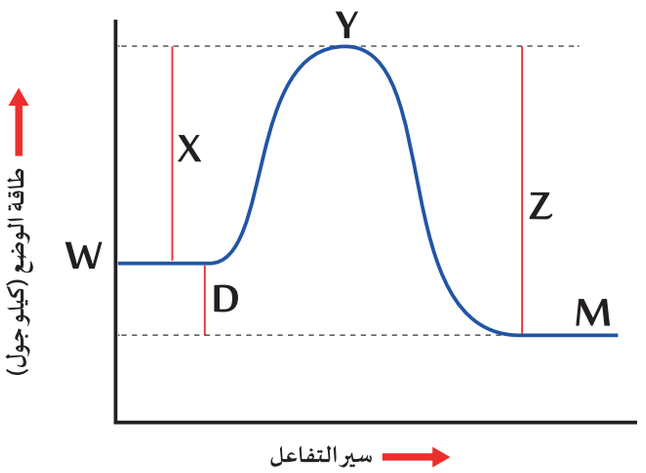
c.


d.


www.jnob-jo.com

تابع أسئلة الوحدة الرابعة

- في الرسم البياني الآتي الذي يوضح سير التفاعل، ادرسه جيّدًا ثم أجب عن الأسئلة (4-7) :



4 - ما الرمز الذي يدل على الفرق بين طاقة وضع المواد المتفاعلة و طاقة وضع المتراكب المنشط؟

a. X
b. Y
c. Z
d. M

5. ما الرمز الذي يدل على طاقة وضع المواد المتفاعلة؟

a. X
b. Y
c. W
d. M

6. ما الرمز الذي يدل على المواد الناتجة؟

a. X
b. Y
c. Z
d. M

7. ما الرمز الذي يشير إلى المتراكب المنشط؟

a. X
b. Y
c. Z
d. M

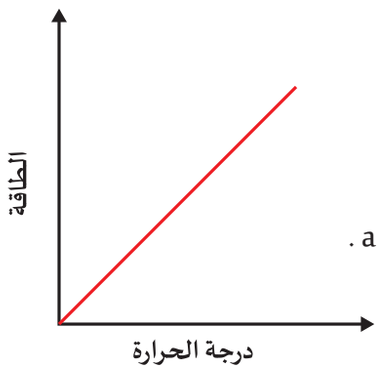
8. بالرجوع إلى جدول قيم طاقات الروابط، ما كمية الطاقة اللازمة لكسر 4 روابط من H – Br بوحدة kJ؟

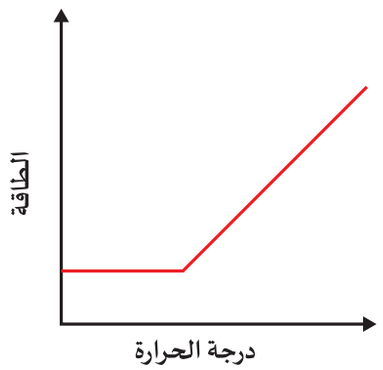
a. 91.5
b. 366
c. 1464
d. 1550

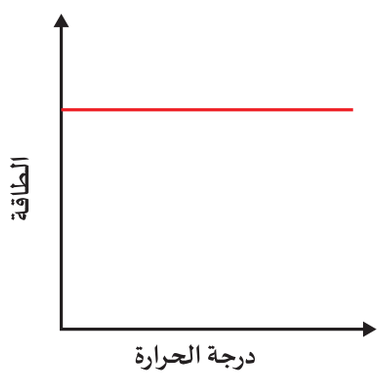
www.jnob-jo.com

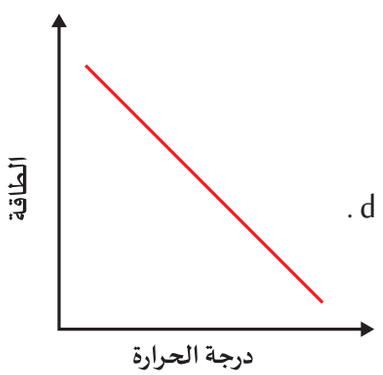
تابع أسئلة الوحدة الرابعة

9. أي المنحنيات الآتية يمثل العلاقة بين درجة الحرارة والطاقة الحركية لدقائق المادة المتفاعلة؟

a.


b.


c.


d.


10. ما العبارة الصحيحة من العبارات الآتية، إذا كانت طاقة التنشيط للتفاعل A (120 kJ / mol)، وللتفاعل B (270 kJ / mol)؟

a. سرعة A أقل من سرعة B.

b. سرعة A = سرعة B.

c. سرعة B ضعفي سرعة A.

d. سرعة A أكبر من سرعة B.

www.jnob-jo.com

تابع أسئلة الوحدة الرابعة

ثانيًا: أجب عن الأسئلة الآتية:

1. بالرجوع إلى جدول قيم طاقة الروابط. أجب عن الأسئلة الآتية فيما يتعلق بمعادلة التفاعل الآتية:

$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \longrightarrow 2HBr_{(g)}$$

a. احسب حرارة التفاعل بدلالة طاقة الروابط.

b. هل التفاعل طارد للحرارة أم ماص لها؟ فسِّر إجابتك.

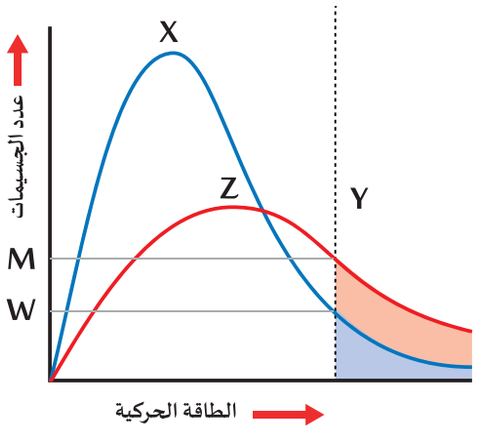
c. مثِّل سير هذا التفاعل بيانيًّا.

2. اكتب معادلة كيميائية حرارية موزونة توضح الآتي:

a. تفكك أكسيد الألمنيوم الصلب Al_2O_3 إلى عناصره، حيث يحتاج طاقة مقدارها 3350 kJ .

b. احتراق حمض الإيثانويك CH_3COOH بوجود الأكسجين، لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون والماء، وانبعاث طاقة حرارية مقدارها 871 kJ.

3. من خلال الشكل الآتي، أجب عن الأسئلة التالية:



I. إلام تشير الرموز الآتية؟

a. Y

b. M

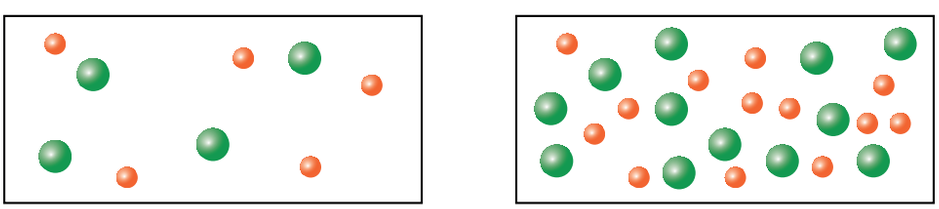
c. W

II. أي درجتي الحرارة (X أم Z) هي الأعلى؟

4. لديك الشكل الآتي الذي يمثل تفاعلين افتراضيين (A و B)، حيث تمثل الكرات الحمراء ذرات العنصر Y، وتمثل الكرات الخضراء ذرات العنصر X. ادرسهما جيِّدًا ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

a. أي التفاعلين أسرع (A أم B)؟ فسِّر إجابتك.

b. اقترح طريقتين يمكن من خلالهما زيادة سرعة التفاعل الأبطأ مع ثبوت عدد الدقائق المتفاعلة.



(B) (A)

www.jnob-jo.com

تابع أسئلة الوحدة الرابعة

5. ارسم مخططًا يبين جميع الاحتمالات للتصادمات التي ينتج عنها اتحاد (X)، مع (Y) في الحالتين الآتيتين:
   a. تصادم ذرتين من المادة المتفاعلة (X) وذرتين من المادة المتفاعلة (Y).
   b. تصادم ذرتين من المادة المتفاعلة (X) و4 ذرات من المادة المتفاعلة (Y).

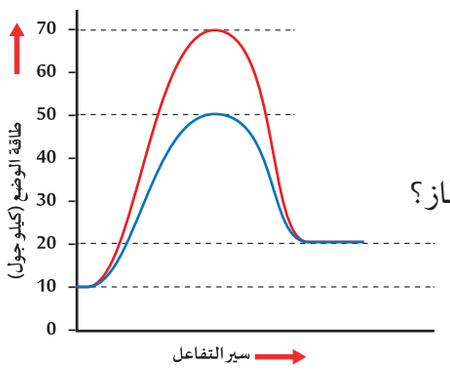
ذرتين من (X) مع ذرتين من (Y)	ذرتين من (X) مع أربع ذرات من (Y)

6. بالرجوع إلى جدول قيم الروابط الكيميائية، أكمل الجدول الآتي الذي يمثل تفاعل تفكك غاز فلوريد الهيدروجين HF وفق المعادلة الكيميائية الآتية:

$$2HF_{(g)} \longrightarrow H_{2(g)} + F_{2(g)}$$

	الروابط المتكونة		الروابط المتكسرة
نوع الرابطة			
عدد الروابط			
الطاقة المصاحبة لتكوّن الروابط أو تكسّرها			
المجموع			
نوع التفاعل (ماص أم طارد)			

7. لديك الشكل الآتي الذي يبين تفاعل تم إجراؤه بوجود عامل حفّاز مرة، وبدون عامل حفّاز مرة أخرى، ادرسه جيّدًا، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه (بوحدة kJ):



- a- ما قيمة طاقة وضع المواد المتفاعلة؟
- b- ما قيمة طاقة وضع المواد الناتجة؟
- c- ما قيمة طاقة وضع المتراكب المنشط من دون وجود عامل حفّاز؟
- d- ما قيمة طاقة وضع المتراكب المنشط بوجود عامل حفّاز؟

www.jnob-jo.com