12

دولـــة فـلـسـطـين
وزارة التربية والتعليم

الكيمـــــــــياء

الاقتصاد المنزلي

الفترة الأولى

جميع حقوق الطبع محفوظة ©

دولـــة فلسطين
وزارة التربية والتعليم

مركز المناهج

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

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

المحتويات

سرعة التفاعل (Reaction Rate)

(1.1): مفهوم معدّل سرعة التفاعل 2

(2.1): نظريّة التصادم (Collision Theory) 8

(3.1): العوامل المُؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي (Factors Affecting Reaction Rate) 9

أختبر نفسي **13**

الاتزان الكيميائي (Chemical Equilibrium)

(4.1): مفهوم الاتزان الكيميائي **14**

(5.1): ثابت الاتزان (Equilibrium Constant) 17

(6.1): العوامل المؤثرة في الاتزان الكيميائي (Factors Affecting Chemical Equilibrium) 19

(7.1): حسابات الاتزان الكيميائي 24

أختبر نفسي 26

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

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

سرعة التفاعل والاتزان الكيميائي

(Reaction Rate and Chemical Equilibrium)

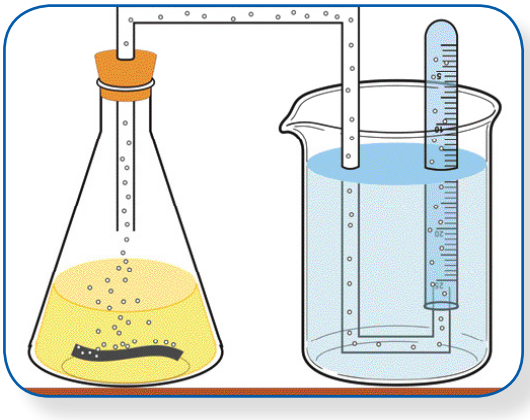
(1.1): مفهوم معدّل سرعة التفاعل:

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

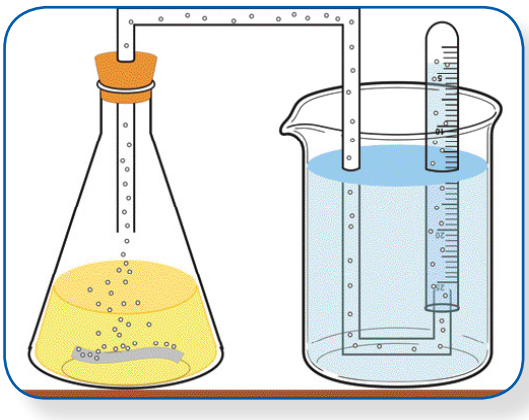
نشاط (1): مفهوم معدّل سرعة التفاعل:

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

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



عند بدء التفاعل



بعد فترة من الزمن

الأسئلة:

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

2- ارسم بيانياً منحنى يمثّل حجم غاز الهيدروجين الناتج مقابل الزمن.

3- أكمل الجدول الآتي بناءً على البيانات المرصودة في النشاط.

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

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

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

وعادة ما يتم التعامل مع التغيّر في التركيز المولاري عند حساب معدّل سرعة التفاعل الكيميائي. فإذا كان لدينا التفاعل الافتراضي الآتي: $A \longrightarrow B$ ، فإنّه يمكن التعبير عن معدّل سرعة التفاعل بالعلاقة الرياضيّة الآتية:

معدّل سرعة التفاعل بدلالة المتفاعلات $= -\frac{\Delta[A]}{\Delta ز}$

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

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

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

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

مثال (1):

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

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

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

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

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

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

3- قارن بين الإجابتين، ماذا تستنتج؟

الحل:

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

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

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

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

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

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

مثال (2):

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

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

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

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

4- ماذا تتوقّع أنْ يكون معدّل سرعة تكوّن C ؟

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

الحل:

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

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

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

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

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

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

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

تُكتب العَلاقة بين معدّل سرعات التفاعل للمواد المختلفة كما يأتي:

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

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

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

مثال:

تتفاعل الأمونيا مع الأكسجين حسب المعادلة الموزونة الآتية:

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

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

1- معدّل استهلاك NH_3.

2- معدّل تكوّن H_2O.

3- معدّل سرعة التفاعل.

الحل:

من خلال معادلة التفاعل الموزون، نلاحظ أنّ:

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

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

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

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

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

3- **معدّل سرعة التفاعل =**

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

معدّل سرعة التفاعل =

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

أو معدّل سرعة التفاعل =

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

سؤال:

يتفاعل غاز الإيثيلين مع الأكسجين حسب المعادلة الموزونة الآتية:

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

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

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

(2.1): نظريّة التصادم (Collision Theory):

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

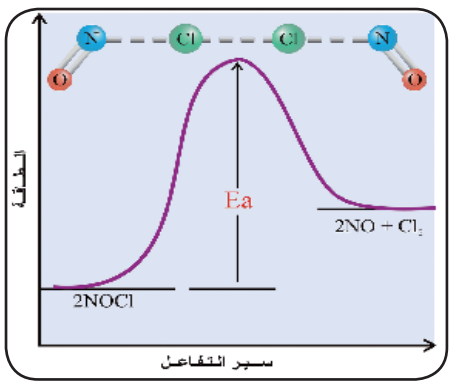
هناك كثير من التصادمات تحدث بين المواد المتفاعلة، ولكنَّ جزءاً منها يكون **فعالاً**؛ أي يؤدي إلى تكوين النواتج المطلوبة. **ولكي يكون التصادم فعّالاً، لا بدّ من توافر شرطين أساسيين، هما:**

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

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

-2 أن يَكون اتجاه التصادم مناسباً لإعطاء النواتج.

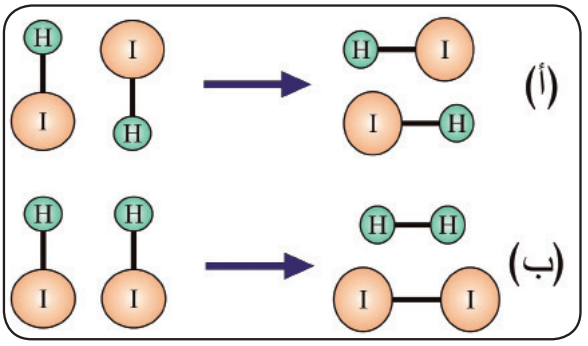
والمثال الآتي يُوضّح أهمية الاتجاه المناسب للتصادم لتكوين النواتج المطلوبة.



مثال:

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

$$2HI \longrightarrow H_2 + I_2$$



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

الحل:

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

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

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

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

أولاً: تركيز المواد المتفاعلة:

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

ولإثبات صحة إحدى هذه الفرضيات نفِّذ النشاط الآتي:

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

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

خطوات العمل:

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

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

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

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

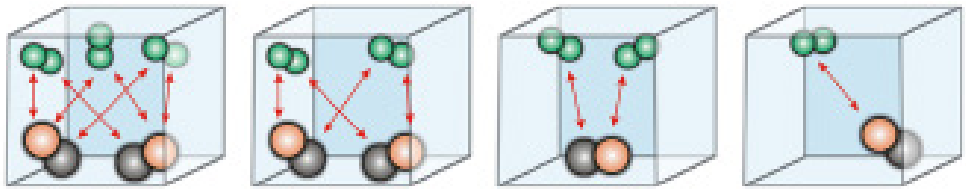
5 - سجّل الوقت الذي سيستغرقه التفاعل من لحظة إضافة ثيوكبريتات الصوديوم إلى اللحظة التي يَصْعُبْ فيها رؤية إشارة X على الورقة.

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

الأسئلة:

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

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



الشكل (1): تمثيل لعدد التصادمات المحتملة بين الجزيئات

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

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

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

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

ثانياً: مساحة سطح المواد المتفاعلة:

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

ثالثاً: درجة الحرارة:

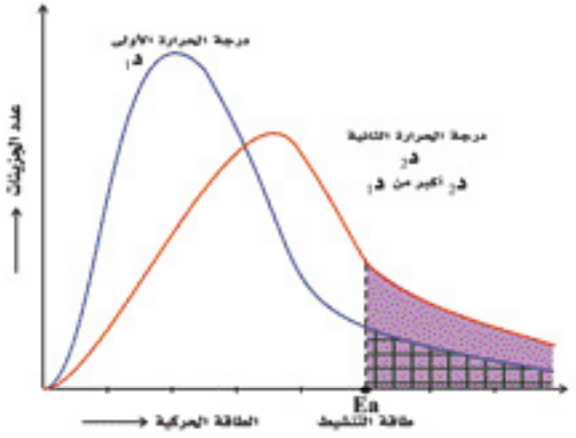
تزداد سرعة التفاعل بزيادة درجة الحرارة. فكيف يمكن تفسير أثر درجة الحرارة على سرعة التفاعلات الكيميائية، اعتماداً على نظرية التصادم؟

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

نلاحظ من الشكل (2) ما يأتي:

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

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



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

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

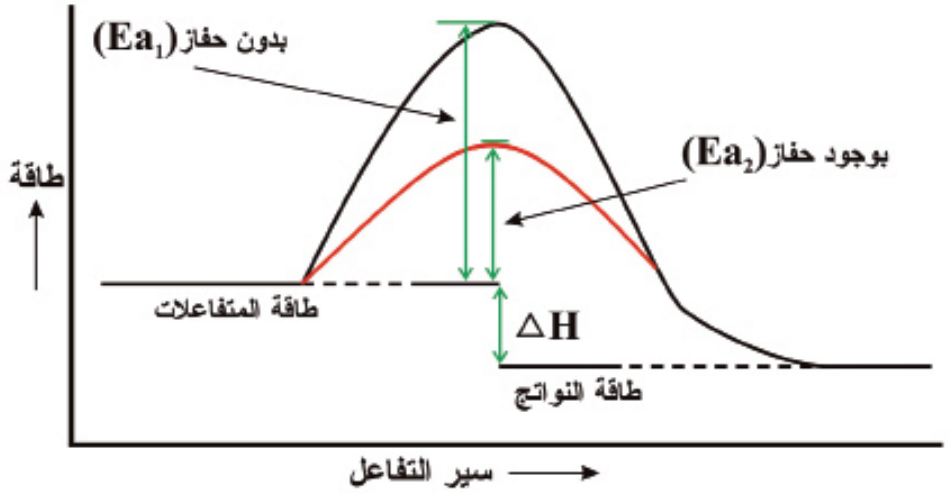
رابعاً: الحفّازات (العوامل المساعدة):

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

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

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

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



الشكل (3): أثر الحفّاز على طاقة التنشيط

أختبر نفسي

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

1- ما مُعدّل سُرعة إنتاج $NO_2F_{(g)}$ في التفاعل الآتي:

$2NO_{2\,(g)} + F_{2\,(g)} \longrightarrow 2NO_2F_{(g)}$، إذا كان مُعدّل سُرعة استهلاك $F_2 = 0.2$ مول/ لتر.ث؟

أ) 0.1 ب) 0.2 جـ) 0.4 د) 0.6

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

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

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

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

3- ما سبب زيادة معدّل السرعة عند رفع درجة الحرارة؟

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

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

4- ما أثر العامل المساعد على التفاعل الكيميائي؟

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

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

السُّؤال الثّاني: وضّح المقصود بالمفاهيم الآتية:

معدّل سرعة التفاعل، والحفّازات، والتصادم الفعّال.

السُّؤال الثّالث:

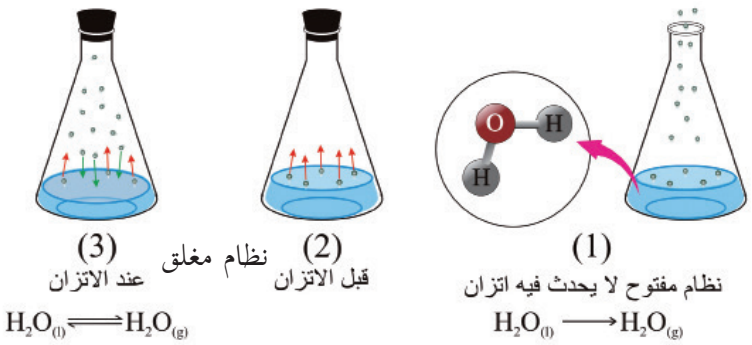
إذا تغيّر تركيز (N_2O_5) من 2.33 إلى 2.08 مول/لتر خلال 184 دقيقة في التفاعل الآتي:

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

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

(4.1): مفهوم الاتزان الكيميائي:

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



الشكل(4): اتزان الماء السائل مع بخاره في نظام مغلق

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

مواد متفاعلة ⟶ مواد ناتجة.

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

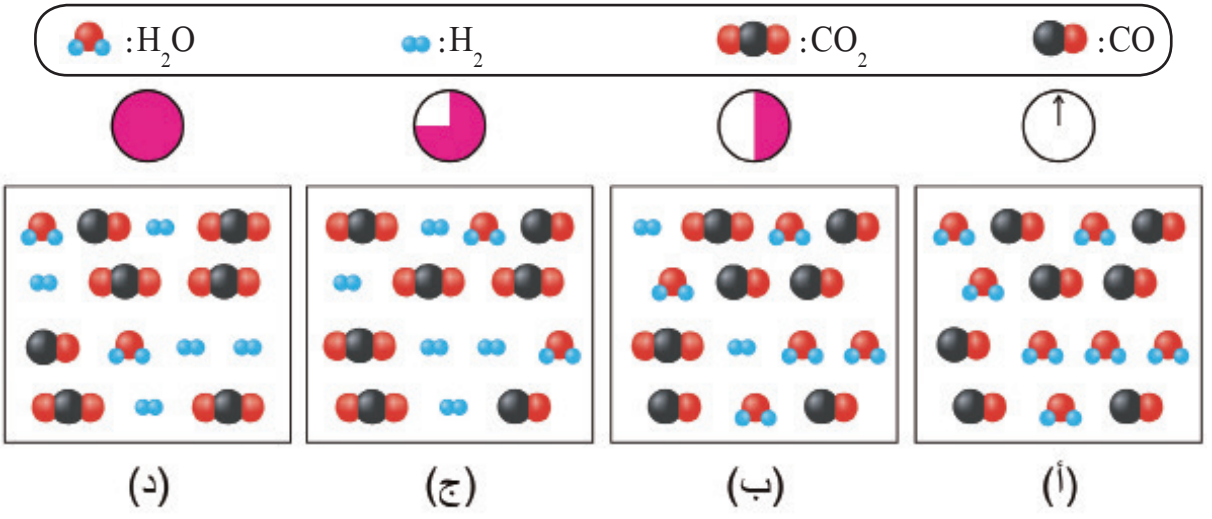
مواد متفاعلة $\underset{\text{تفاعل عكسي}}{\overset{\text{تفاعل أمامي}}{\rightleftharpoons}}$ مواد ناتجة

ولتتعرّف إلى مفهوم الاتزان الكيميائي، نفّذ النشاط الآتي:

نشاط(3): مفهوم الاتزان الكيميائي:

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

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



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

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

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

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

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

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

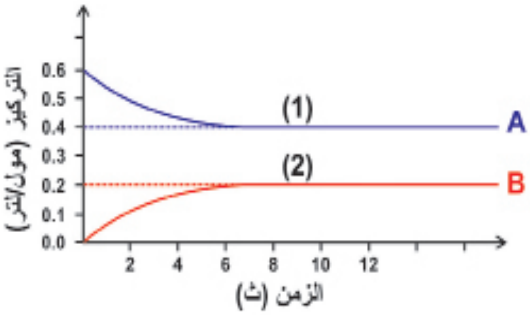
الاتزان الكيميائي: هو الحالة التي تتساوى فيها سرعة التفاعل الأمامي مع سرعة التفاعل العكسي، ويحصل في التفاعلات المنعكسة.

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

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

مثال:

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



1- عبِّر عن التفاعل بمعادلة كيميائية.

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

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

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

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

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

الحل:

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

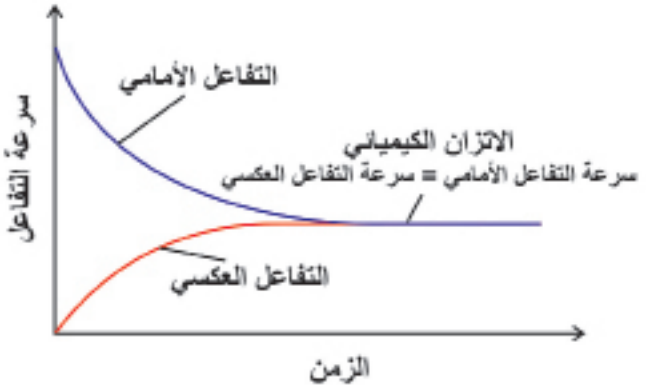
2 - رقم المنحنى الذي يمثّل تغيّر تركيز المواد المتفاعلة مع الزمن هو (1).

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

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

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

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



(5.1): ثابت الاتزان (Equilibrium Constant):

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

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

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

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

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

1- أكمل الجدول أعلاه بالتعويض في العلاقتين.

2- أيُّ العَلاقتين لها قيمة ثابتة في جميع التجارب؟

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

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

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

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

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

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

الجدول(1): صيغة ثابت الاتزان لبعض التفاعلات المُتزنة

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

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

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

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

سؤال:

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

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

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

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

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

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

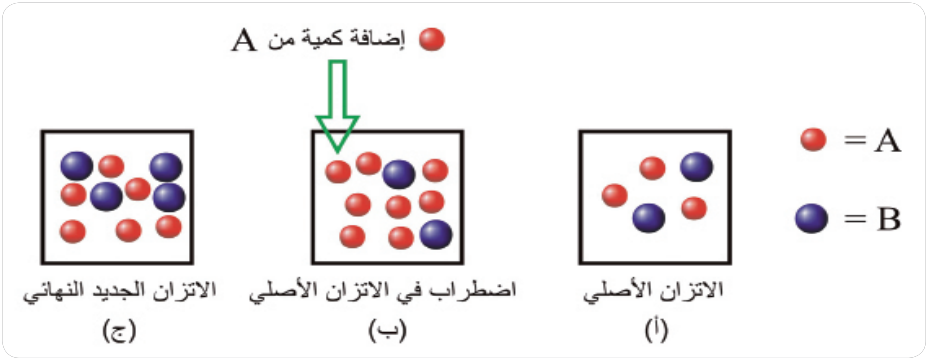
تُواجه بعض الصناعات الكيميائية مُشكلة تدني المردود المئوي للنواتج المطلوبة، وإنّ معرفة العوامل المختلفة المؤثرة في حالة الاتزان لها أهميّة بالغة في العمليات الصناعيّة المختلفة، لذا يلجأ المختصون إلى اختيار الظروف المناسبة للتحكم في كميّة النواتج، ولقد وضع العالم الفرنسي لوتشاتيلييه مبدأً يُوضِّح سلوك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

أولاً: أثر تغيُّر التركيز على حالة الاتزان الكيميائي:

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

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

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



1- اكتب صيغة ثابت الاتزان Kc للتفاعل الافتراضي.

2- احسب قيمة ثابت الاتزان Kc في كل من أ، ج ، على إعتبار أن النماذج الممثلة لمكونات التفاعل تعبر عن التركيز المولاري لكل من هذه المكونات.

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

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

مثال :

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

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

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

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

3- ما أثر الآتية على اتجاه انحياز التفاعل:

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

الحل:

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

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

نلاحظ أنّ قيمة ثابت الاتزان في الحالتين بقيت ثابتة.

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

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

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

سؤال:

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

-1 سحب كمية من CH_4 من وعاء التفاعل.

-2 خفض $[H_2]$.

-3 إضافة كمية من غاز CO إلى وعاء التفاعل.

ثانياً: أثر تغيُّر درجة الحرارة على حالة الاتزان الكيميائي:

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

(مواد ناتجة ⟵ طاقة + مواد متفاعلة).

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

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

عديم اللّون — بنيّ

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

المواد والأدوات:

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

خطوات العمل:

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

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

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

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

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

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

مثال :

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

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

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

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

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

الحل:

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

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

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

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

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

سؤال:

لديك التفاعل المُتزن الآتي:

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

1- تراكيز مكونات التفاعل؟

2- قيمة ثابت الاتزان للتفاعل؟

سؤال:

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

1- إضافة جديدة من O_2 عند ثبات درجة الحرارة.

2- تقليل تركيز SO_2 عند ثبات درجة الحرارة.

3- زيادة درجة الحرارة.

(7.1): حسابات الاتزان الكيميائي:

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

مثال (1):

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

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

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

الحل:

1- بتعويض التراكيز في صيغة ثابت الاتزان Kc، فإنّ:

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

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

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

لاحظ أنّ $Kc \times Kc` = 1$

مثال (2):

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

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

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

الحل:

نحسب تركيز NOCl الابتدائي $[NOCl]_0$

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

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

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

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

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

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

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

قاعدة عامة:

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

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

بإمكانك استخدام الآلة الحاسبة العلمية في تطبيقاتك الحسابية.

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

$[Cl_2] = \text{س} = 0.01$ مول/لتر

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

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

أختبر نفسي

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

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

أ) يتوقف التفاعل الأمامي.

ب) تُستهلك المواد المتفاعلة تماماً.

جـ) تتساوى تراكيز المواد المتفاعلة مع تراكيز المواد الناتجة.

د) تتساوى سرعة التفاعل الأمامي مع سرعة التفاعل العكسي.

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

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

أ) سحب غاز N_2 من وعاء التفاعل.

ب) خفض درجة حرارة النظام.

جـ) زيادة درجة حرارة النظام.

د) تقليل كمية غاز H_2 في النظام.

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

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

أ) زيادة $[AB]$.

ب) زيادة الحجم.

جـ) زيادة $[A]$.

د) زيادة درجة الحرارة.

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

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

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

ب) $\dfrac{[CO_2]}{[CO]}$

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

د) $\dfrac{[CO]}{[CO_2]}$

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

أ) 16 ب) 32 جـ) 64 د) 128

السُّؤال الثّاني: وضّح المقصود بالمفاهيم الآتية:

مبدأ لوتشاتلييه، والاتزان الديناميكي، وثابت الاتزان.

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

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

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

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

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

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

السُّؤال السّابع: أقيّم ذاتي:

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

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

اختبار الفترة الأولى

سرعة التفاعل الكيميائي والاتزان الكيميائي

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

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

أ) 0.16 ب) 0.3 ج) 0.36 د) 0.4

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

أ) معدّل سرعة تكوّن NO_2 = نصف معدّل سرعة استهلاك N_2O_5 .
ب) معدّل سرعة تكوّن NO_2 = معدّل سرعة استهلاك N_2O_5.
ج) معدّل سرعة تكوّن O_2 = ضِعف معدّل سرعة استهلاك N_2O_5.
د) معدّل سرعة تكوّن O_2 = نِصف معدّل سرعة استهلاك N_2O_5.

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

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

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

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

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

أ) 5 ب) 0.5 ج) 0.05 د) 0.005

السؤال الثاني: فسّر كلّاً ممّا يأتي:

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

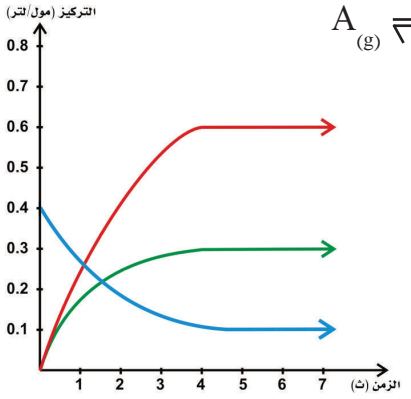
السؤال الثالث: ما أثر كلّ من الآتية على إنتاج الميثانول CH_3OH حسب النظام المُتزن الآتي:

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

1. إضافة غاز CO
2. خفض درجة الحرارة.

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

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



اعتماداً على الشكل المجاور، أجب عن الأسئلة الآتية:

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

السؤال الخامس:

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

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

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

انتهت الأسئلة