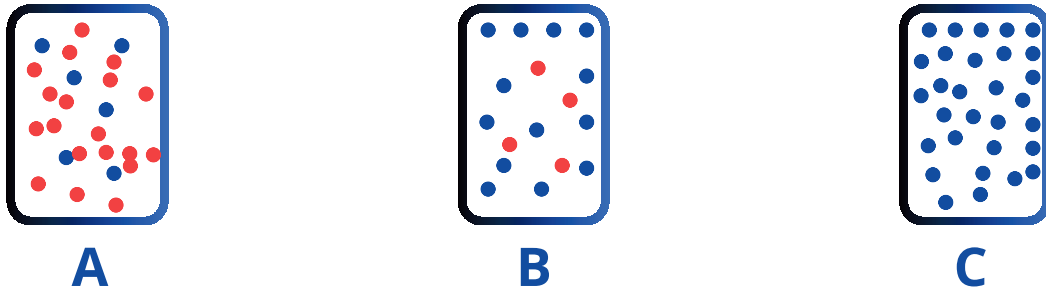


مفهوم سرعة التفاعل

◀ **التفاعل** : عملية تتحوّل فيها مواد متفاعلة إلى مواد جديدة (نواتج) تختلف في خواصها، وذلك بسبب كسر روابط كيميائية وتكوين روابط جديدة بين الذرات.

◀ **سرعة التفاعل** : مقياس لمقدار التغير في كمية مادة متفاعلة أو كمية مادة ناتجة في فترة زمنية محددة.

◀ **العلاقة** : إن العلاقة بين سرعة التفاعل وتركيز المواد المتفاعلة علاقة طردية .

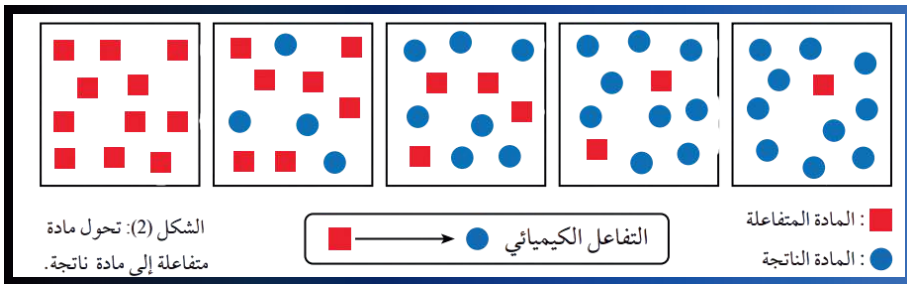


◀ مع سير التفاعل (مرور الزمن)

(1) يزداد تركيز المواد الناتجة

(2) يقل تركيز المواد المتفاعلة

(3) تقل سرعة التفاعل



وحدة الكيمياء الحركية

الدرس الأول

- ◆ ملاحظة (1) : عند الزمن صفر ... يكون تركيز المواد المتفاعلة اكبر ما يمكن وبالتالي سرعة التفاعل اكبر ما يمكن .
- ◆ ملاحظة (2) : عند الزمن صفر ... يكون تركيز المواد الناتجة صفر .
- ◆ ملاحظة (3) : تسمى سرعة التفاعل عند الزمن صفر **بالسرعة الابتدائية** (وتكون اعلى ما يمكن)
- ◆ ملاحظة (4) : كل ما كان الزمن قليل ... تركيز النواتج قليل ... تركيز المتفاعلات عالية ... سرعة التفاعل عالية .
- ◆ ملاحظة (5) : كل ما كان الزمن اكبر ... تركيز النواتج اكبر ... تركيز المتفاعلات اقل ... سرعة التفاعل اقل .

سؤال : عند أي زمن يكون تركيز المواد المتفاعلة اكبر ؟

أ) 3s ب) 5s ج) 2s د) 10s

سؤال : عند أي زمن يكون تركيز المواد المتفاعلة اقل ؟

أ) 3s ب) 5s ج) 2s د) 10s

سؤال : عند أي زمن يكون تركيز النواتج اكبر ؟

أ) 3s ب) 5s ج) 2s د) 10s

سؤال : عند أي زمن يكون تركيز المواد الناتجة اقل ؟

أ) 3s ب) 5s ج) 2s د) 10s

سؤال : عند أي زمن يكون سرعة التفاعل اقل ؟

أ) 3s ب) 5s ج) 2s د) 10s

سؤال : عند أي زمن يكون سرعة التفاعل اكبر ؟

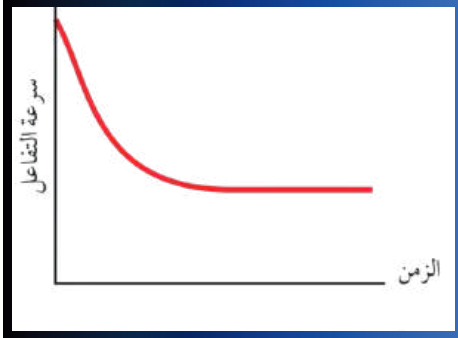
أ) 3s ب) 5s ج) 2s د) 10s

- ◆ ملاحظة (6) : مشان الله هالمعلومة خطيرة وعدتها كذا مره ... مع مرور الزمن يزداد تركيز المواد الناتجة ، ويقل تركيز المواد المتفاعلة.

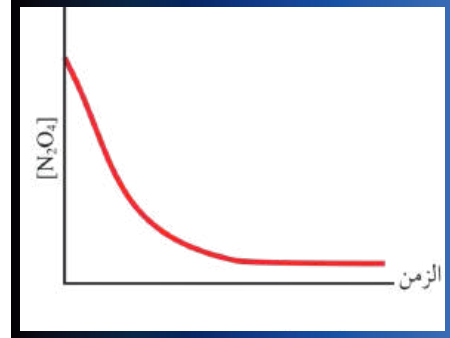
وحدة الكيمياء الحركية / الدرس الأول



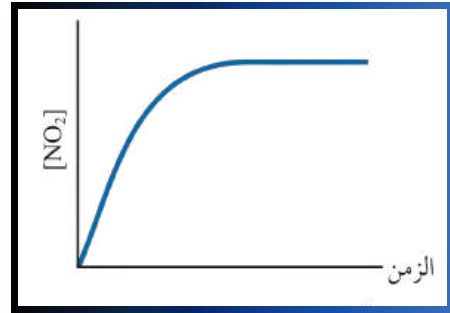
رسمات بيانية مهمة يجب تمييزها.



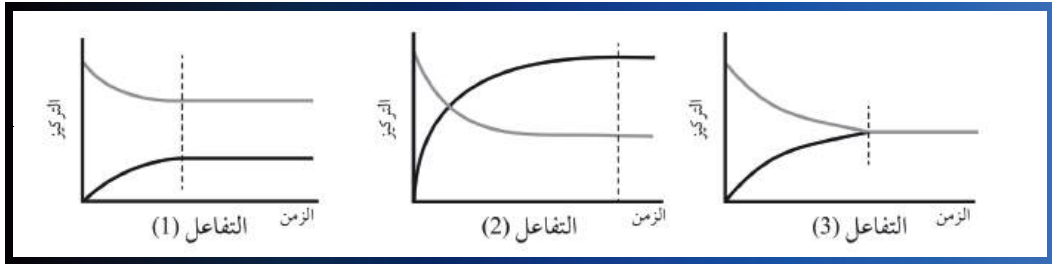
(2)



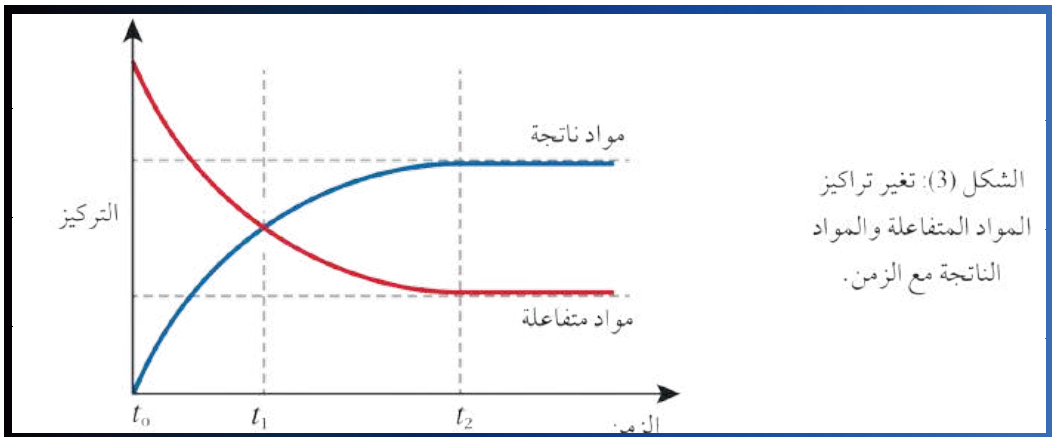
(1)



(3)



(4)



(5)

وحدة الكيمياء الحركية

الدرس الأول

? سؤال : ادرس الجدول المجاور ثم اجب عن الاسئلة التي تليه ..

t(s)	تركيز A
0	1.00
5	0.75
10	0.50

(1) هل المادة A متفاعلة أم ناتجة ؟

(2) ماذا يحدث لتركيز المادة A مع مرور الزمن ؟

(3) ماذا تتوقع ان يكون تركيز الـ A عند الزمن 3 ؟

? سؤال : ادرس الجدول المجاور ثم اجب عن الاسئلة التي تليه ..

t(s)	تركيز B
4	0.2
7	0.35
12	0.60

(1) هل المادة B متفاعلة أم ناتجة ؟

(2) ماذا يحدث لتركيز المادة B مع مرور الزمن ؟

(3) ماذا تتوقع ان يكون تركيز الـ B عند الزمن 0 ؟

? سؤال : ادرس الجدول المجاور ثم اجب عن الاسئلة التي تليه ..

t(s)	تركيز C
??	0.06
25	0.01
10	0.02

(1) هل المادة C متفاعلة أم ناتجة ؟

(2) ماذا يحدث لتركيز المادة C مع مرور الزمن ؟

(3) ماذا تتوقع ان يكون الزمن عندما يكون تركيز C يساوي 0.06 ؟

(أ) 3s (ب) 30s (ج) 12s (د) 10s

سؤال : ادرس الجدول المجاور ثم اجب عن الاسئلة التي تليه ..

t(s)	تركيز A
0	0.00
X	0.75
11	0.65

(1) هل المادة A مادة متفاعلة أم ناتجة ؟

(2) ماذا يحدث لتركيز المادة A مع مرور الزمن ؟

(3) ماذا تتوقع ان يكون الزمن عندما يكون تركيز A يساوي 0.75 ؟

(أ) 3s (ب) 8s (ج) 20s (د) 10s

سؤال : ادرس الجدول المجاور ثم اجب عن الاسئلة التي تليه ..

t(s)	تركيز B
4	0.30
15	Y
12	0.55

(1) هل المادة B مادة متفاعلة أم ناتجة ؟

(2) ماذا يحدث لتركيز المادة B مع مرور الزمن ؟

(3) ماذا تتوقع ان يكون تركيز B عند الزمن 15 ؟

(أ) 0.50 (ب) 0.65 (ج) 0.45 (د) 0.00

سؤال : ادرس الجدول المجاور ثم اجب عن الاسئلة التي تليه ..

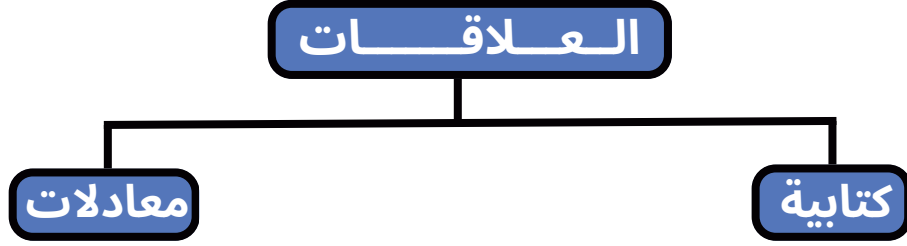
t(s)	تركيز C
X	0.06
25	0.02
10	0.03
30	Y

(1) هل المادة C مادة متفاعلة أم ناتجة ؟

(2) ماذا يحدث لتركيز المادة C مع مرور الزمن ؟

(3) ما قيمة كل من X و Y على الترتيب ؟

(أ) 3s ، 0.07M (ب) 3s ، 0.01M
(ج) 35s ، 0.07M (د) 35s ، 0.01M



أولاً : العلاقات الكتابية

سؤال : ادرس المعادلة التالية $A \rightarrow 2B$ ، ثم اجب على الجدول من خلال العلاقات الكتابية فقط

العلاقة بين	بشكل عام	الأول موضع للقانون	الثاني موضع للقانون
^{الأول} A - R			
^{الأول} B - R			
^{الأول} B - A			

سؤال : ادرس المعادلة التالية $2X \rightarrow 3Y + Z$ ، اجب عن الجدول من خلال العلاقات الكتابية

العلاقة بين	بشكل عام	الأول موضع للقانون	الثاني موضع للقانون
X - R			
Y - R			
Z - R			
X - Z			
Y - Z			
Y - X			

وحدة الكيمياء الحركية

الدرس الأول

سؤال : ادرس المعادلة التالية $3X \longrightarrow 2Y + Z$ ، فان سرعة انتاج الـ Y تساوي :

- (أ) نصف سرعة إنتاج Z
(ب) ضعف سرعة استهلاك X
(ج) ثلثي سرعة استهلاك X
(د) ثلاثة أنصاف سرعة إنتاج Z

سؤال : ادرس المعادلة التالية $4NH_3 (g) + 5O_2 (g) \longrightarrow 4NO (g) + 6H_2O (g)$ ، فان سرعة إنتاج غاز أول أكسيد النيتروجين (NO) تساوي :

- (أ) نصف سرعة استهلاك غاز الأمونيا NH_3 (ب) خمسة أرباع سرعة استهلاك غاز الأكسجين O_2
(ج) ثلثي سرعة استهلاك بخار الماء H_2O (د) أربعة أخماس سرعة استهلاك غاز الأكسجين O_2

سؤال : ادرس المعادلة التالية $2KClO_3 (s) \longrightarrow 2KCl (s) + 3O_2 (g)$ فان سرعة إنتاج غاز الأكسجين O_2 تساوي

- (أ) ضعفي سرعة استهلاك $KClO_3$ (ب) ثلاثة أنصاف سرعة استهلاك $KClO_3$
(ج) نصف سرعة إنتاج KCl (د) ثلث سرعة استهلاك $KClO_3$

سؤال : ادرس المعادلة التالية : $2N_2O_5 (g) \rightarrow 4NO_2 (g) + O_2 (g)$ جميع الخيارات صحيحة ما عدا :

- (أ) سرعة استهلاك N_2O_5 تساوي نصف سرعة إنتاج NO_2
(ب) سرعة إنتاج O_2 تساوي ربع سرعة إنتاج NO_2
(ج) سرعة إنتاج NO_2 تساوي ضعف سرعة استهلاك N_2O_5
(د) سرعة استهلاك N_2O_5 تساوي ضعف سرعة إنتاج O_2

سؤال : ادرس المعادلة التالية : $3A \rightarrow 2B + C$ فان سرعة التفاعل لا تساوي :

- (أ) ثلث سرعة استهلاك A
(ب) نصف سرعة إنتاج B
(ج) سرعة إنتاج C
(د) ضعفي سرعة إنتاج B

ثانياً : العلاقات من خلال المعادلات (مهم)

شرح مع المعلم

سؤال : ادرس المعادلة التالية : $2B \rightarrow 5A$ ثم حل الجدول من خلال المعادلات فقط .

العلاقة بين	بشكل عام	الأول موضع للقانون	الثاني موضع للقانون
A-R			
B-R			
B-A			

سؤال : ادرس المعادلة التالية $4S + D \rightarrow 2X$ ثم اجب عن الجدول من خلال المعادلات

العلاقة بين	بشكل عام	الأول موضع للقانون	الثاني موضع للقانون
X-R			
X-S			
S-D			
X-D			

وحدة الكيمياء الحركية

الدرس الأول

سؤال : ادرس المعادلة التالية : $2A \longrightarrow 2B + C$ فان سرعة التفاعل R تساوي

- (أ) $\frac{-2 \Delta[A]}{\Delta t}$ (ب) $\frac{1 \Delta[A]}{2 \Delta t}$ (ج) $\frac{1 \Delta[B]}{2 \Delta t}$ (د) $\frac{-\Delta[C]}{\Delta t}$

سؤال : ادرس المعادلة التالية : $B + 3Z \longrightarrow 5C$ فان سرعة استهلاك الـ C تساوي :

- (أ) $5R$ (ب) $\frac{1 \Delta[B]}{5 \Delta t}$ (ج) $\frac{3 \Delta[Z]}{5 \Delta t}$ (د) ثلث سرعة انتاج Z

سؤال : ادرس المعادلة التالية : $2SO_2 (g) + O_2 (g) \rightarrow 2SO_3 (g)$ فان سرعة انتاج الـ SO_3 لا تساوي :

- (أ) $2R$ (ب) $-\frac{1 \Delta[O_2]}{2 \Delta t}$ (ج) $\frac{\Delta[SO_2]}{\Delta t}$ (د) سرعة استهلاك SO_2

ثالثاً : اسئلة عامة على الموضوع بافكار وزارية جدا جدا مهمة

سؤال : ادرس التفاعل التالي $A + 2B \rightarrow 3C$ إذا علمت أن سرعة استهلاك B تساوي $5 \times 10^{-2} \text{ M s}^{-1}$ احسب:

- (1) سرعة اختفاء الـ A
- (2) سرعة انتاج الـ C
- (3) سرعة التفاعل R
- (4) العلاقة بين C وبين B

سؤال : ادرس التفاعل التالي $2\text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$ إذا كانت سرعة ظهور NO_2 تساوي 0.2 M s^{-1} احسب

- (1) سرعة استهلاك N_2O_5
- (2) سرعة تكوين O_2
- (3) سرعة التفاعل R

سؤال : ادرس المعادلة التالية $6\text{AB}_2 \rightarrow 2\text{A}_3 + 4\text{B}_3$ إذا علمت أن سرعة استهلاك AB_2 تساوي $1.2 \times 10^{-2} \text{ M s}^{-1}$ ، فإن سرعة إنتاج A_3 تساوي:

- (أ) 0.006 (ب) 0.004 (ج) 0.008 (د) 0.012

سؤال : في التفاعل التالي $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ ، إذا كانت سرعة تكوين NH_3 تساوي 0.06 M s^{-1} خلال 15s ، احسب مقدار التغير في تركيز H_2 في نفس الفترة الزمنية.

- (أ) 0.90 (ب) 1.35 (ج) 2.70 (د) 3.60

فكرة جميلة ومهمة جدا ؟

ادرس المعادلة التالية:



1- ما عدد مولات B اللازمة لانتاج 3 مولات من AB_3

2- ما عدد مولات A اللازمة لانتاج 4 مولات AB_3

فكرة جميلة ومهمة جدا ؟



إذا علمت ان تركيز المادة A في بداية التفاعل هو 0.6M وبعد مرور 20s اصبح تركيز المادة A يساوي 0.2M احسب خلال هذه الفترة الزمنية:

1. سرعة استهلاك المادة A
2. سرعة اختفاء المادة B
3. سرعة تكوين المادة C
4. سرعة التفاعل R

فكرة جميلة ومهمة جدا ؟



إذا كان تركيز المادة B في بداية التفاعل $3.6 \times 10^{-3} M$ وبعد مرور 30s أصبح تركيزها يساوي 3×10^{-3} احسب خلال هذه الفترة الزمنية:

1. سرعة استهلاك B
2. سرعة انتاج Z
3. سرعة التفاعل R

فكرة جميلة ومهمة جدا ؟

ادرس الجدول المجاور لتركيز المادة A مع الزمن ، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

15	11	t(s)
0.4	0.8	[A]

1. هل المادة A مادة متفاعلة أم ناتجة

2. احسب سرعة التفاعل في الفترة الزمنية 15s – 11s

فكرة جميلة ومهمة جدا ؟

[A]	t(s)
1.8	0
1.2	2
0.8	4
0.6	6

ادرس الجدول المجاور لتركيز المادة A

$$2A + B \longrightarrow 3C + 5D$$

1. احسب سرعة استهلاك A في الفترة الزمنية 2s - 0s
2. احسب سرعة استهلاك B في الفترة الزمنية 2s - 0s (نفس الفترة الزمنية)
3. احسب سرعة تكوين C في الفترة الزمنية 6s - 4s
4. احسب سرعة ظهور D في الفترة الزمنية 4s - 2s

ادرس المعادلة $A \longrightarrow 3B$ ، وأدرس الجدول المجاور ثم اجب عن الاسئلة التي تليه ؟

الزمن t(s)	0	10	20	30
تركيز [A]	0.080	0.050	0.032	X
تركيز [B]	0.000	0.090	0.144	Y

(1) احسب سرعة استهلاك A في الفترة 0s-20s .

(2) احسب سرعة استهلاك B في الفترة 10s-20s .

(3) ماذا تتوقع أن يكون قيمة كل من (Y , X) على الترتيب :

(أ) (0.144 , 0.032) (ب) (0.180 , 0.020)

(ج) (0.180 , 0.018) (د) (0.144 , 0.020)

سؤال كتاب ?

أعبر عن العلاقة بين سرعة استهلاك المواد المتفاعلة وسرعة تكوين المواد الناتجة بدلالة تغير تركيز كل منها في مدة زمنية محددة؛ وفق المعادلة الموزونة الآتية:



سؤال كتاب ?

يتفاعل غاز ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 مع غاز الفلور F_2 لتكوين غاز فلوريد النترييل NO_2F ؛ وفق المعادلة الموزونة الآتية:



1. أكتب العلاقة التي تعبر عن سرعة استهلاك F_2 .
2. أكتب العلاقة التي تعبر عن سرعة تكوين NO_2F .
3. أعبر عن العلاقة بين سرعة تكوين NO_2F وسرعة استهلاك F_2 .

سؤال كتاب ?

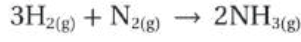
يتحلل غاز هيدريد الفسفور PH_3 ، وفق معادلة التفاعل الآتية:



أحسب سرعة تكوين غاز الفسفور P_4 ، علماً أن سرعة تكوين غاز الهيدروجين تساوي 0.06 M/s

سؤال كتاب ?

✓ **أتحقق:** يتفاعل غاز الهيدروجين H_2 مع غاز النيتروجين N_2 وفق ظروف معينة لإنتاج الأمونيا NH_3 ، ويُعبّر عن ذلك بالمعادلة:



أحسب سرعة استهلاك غاز الهيدروجين، علمًا أن سرعة إنتاج الأمونيا 0.16 M/s

سؤال كتاب: أتحقق: احسب سرعة إنتاج غاز الأكسجين خلال المدة الزمنية (3000 - 4800) ?

Time (s)	0	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400
$[O_2] \times 10^{-3} \text{ M}$	0	2.1	3.6	4.8	5.7	6.3	6.8	7.2	7.5	7.7

سؤال كتاب ?

[E] M	الزمن s
0.006	5
0.002	9

- يبين الجدول الآتي تركيز المادة E مقابل الزمن.
1. أتوقع: هل المادة E متفاعلة أم ناتجة؟ أفسر ذلك.
 2. أحسب سرعة التفاعل.

سؤال كتاب ?

أحسب سرعة استهلاك CO في المعادلة: $\text{CO}_{(g)} + \text{NO}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{NO}_{(g)}$
 علمًا أن تركيز CO في بداية التفاعل $1.8 \times 10^{-3} \text{ M}$ ، ثم أصبح تركيزه $1.2 \times 10^{-3} \text{ M}$ ، بعد زمن 20 s

سؤال كتاب ?

يتفكك غاز N_2O_4 بالحرارة مكونًا غاز NO_2 وفق المعادلة الموزونة الآتية:



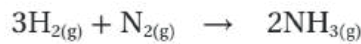
سجلت بيانات تغير تراكيز المادة المتفاعلة والمادة الناتجة خلال مدة زمنية كما يأتي:

الزمن S	0	10	20
$[\text{N}_2\text{O}_4] \text{ M}$	0.10	0.02	0.01
$[\text{NO}_2] \text{ M}$	0.00	0.16	0.18

1. أحسب سرعة استهلاك N_2O_4 في المدة الزمنية s (10 - 20).
2. أحسب سرعة تكون NO_2 في المدة الزمنية s (10 - 20).

سؤال كتاب ?

✓ **أنحَقِّق:** يتفاعل غاز الهيدروجين H_2 مع غاز النيتروجين N_2 ؛ لإنتاج غاز الأمونيا NH_3 ، وفق المعادلة الآتية:



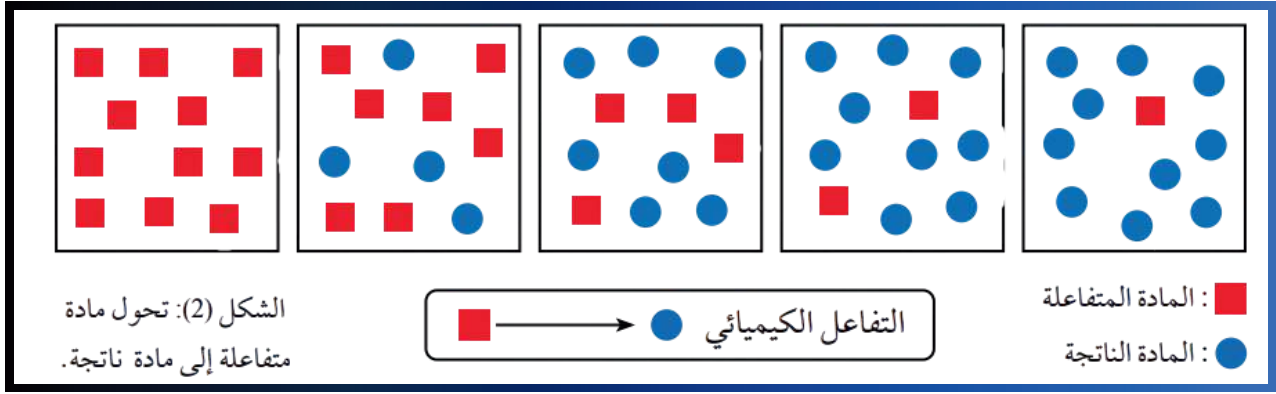
أحسب سرعة تكون الأمونيا NH_3 ، علمًا أن تركيز الأمونيا تغير من 0.2 M إلى 0.6 M خلال فترة زمنية 15 s.

معلومات نظرية موجودة في الكتاب (تم وضعها في الدوسية لغايات الشمولية)

- ◆▶ يهتم فرع الكيمياء الحركية بدراسة التغير في سرعة التفاعلات الكيميائية والعوامل المؤثرة فيها.
- ◆▶ توصف التفاعلات الكيميائية بأنها سريعة أو بطيئة؛ تبعًا للزمن المستغرق في حدوثها، الذي يعتمد على خصائص المواد المتفاعلة وظروف التفاعل.
- ◆▶ يمكن وصف حركة الأجسام عن طريق سرعتها، فمثلًا: عند النظر إلى مؤشر عداد السرعة في السيارة، إذا كان يشير إلى 80 km/h، فإن هذه السرعة تسمى **السرعة اللحظية**.
- ◆▶ يمكن حساب سرعة جسم متحرك بقسمة المسافة التي يقطعها على الزمن الذي استغرقه في قطع تلك المسافة، وتسمى هذه **السرعة المتوسطة**.
- ◆▶ **التفاعل الكيميائي** : فإنه يمكن قياس زمن اختفاء إحدى المواد المتفاعلة أو ظهور إحدى المواد الناتجة، وبمعرفة كمية هذه المادة يمكن حساب سرعة تفاعلها.
- ◆▶ تتفاوت التفاعلات الكيميائية في سرعات حدوثها من تفاعل لآخر، وكذلك في التفاعل نفسه أثناء حدوثه، تبعًا لعوامل، منها: **التركيز، ودرجة الحرارة، ومساحة السطح المعرض للتفاعل، وغيرها** (سنتعرف عليها بالدرس الثالث)
- ◆▶ بعض التفاعلات تحدث بسرعة كبيرة خلال مدة زمنية قصيرة، مثل: تفاعلات محاليل الحموض والقواعد، وتفاعلات الاحتراق.
- ◆▶ في حين تحتاج بعض التفاعلات إلى زمن أطول لحدوثها، مثل: صدأ الحديد.
- ◆▶ قد يحتاج بعضها إلى ملايين السنين، مثل تكون الفحم الحجري والنفط.

وحدة الكيمياء الحركية

الدرس الأول

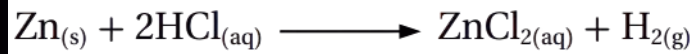


تتغير كميات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في التفاعلات الكيميائية بمرور الزمن، ويوضح الشكل (في الأعلى) تحول مادة متفاعلة إلى مادة ناتجة بمرور الزمن.

ألاحظ أن كمية المادة الناتجة تزداد، في حين تقل كمية المادة المتفاعلة.

يُعبّر عن كمية المادة المتفاعلة أو الناتجة بدلالة التغير في الكتلة أو الحجم أو التركيز المولاري؛ وذلك لمعرفة سرعة التفاعل.

فمثلاً: عندما يتفاعل فلز الخارصين Zn مع محلول حمض الهيدروكلوريك HCl وفق المعادلة الموزونة الآتية:



فإنه يمكن حساب سرعة التفاعل الكيميائي —مثلاً— بدلالة التغير في كتلة الخارصين المستهلكة، أو بدلالة التغير في حجم غاز الهيدروجين الناتج.

لكن غالباً ما يجري حساب سرعة التفاعل بدلالة التغير في التركيز المولاري لمادة متفاعلة أو مادة ناتجة.

وبذلك يمكن تعريف سرعة التفاعل الكيميائي (Rate of Chemical Reaction) (R) بأنها التغير في كمية مادة متفاعلة أو مادة ناتجة خلال مدة زمنية محددة، ويُعبّر عنها بالمعادلة الرياضية الآتية

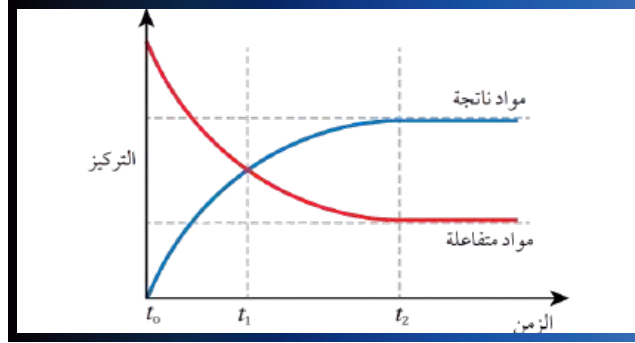
$$\text{سرعة التفاعل الكيميائي} = \frac{\text{التغير في كمية مادة متفاعلة أو مادة ناتجة}}{\text{التغير في الزمن}}$$

$$R = \frac{\Delta(\text{Amount of reactant or product})}{\Delta t}$$

حيث يشير الرمز (Δ) إلى التغير.

حساب سرعة التفاعل

تُحسب سرعة التفاعل الكيميائي من التجربة العملية بدلالة نقصان تركيز إحدى المواد المتفاعلة، أو زيادة تركيز إحدى المواد الناتجة خلال مدة زمنية محددة.



ولتوضيح ذلك، انظر الشكل (في الأعلى)، الذي يوضح نقصان تركيز مادة متفاعلة وزيادة تركيز مادة ناتجة بمرور الزمن.

فمثلاً: في التفاعل الكيميائي العام الآتي: $aA + bB \rightarrow cC + dD$

تمثل الرموز a, b, c, d عدد مولات (معاملات) المواد المتفاعلة والناتجة في المعادلة الموزونة، حيث يمكن حساب سرعة التفاعل بمعرفة سرعة استهلاك (اختفاء) إحدى المواد المتفاعلة مثل A أو B .

$$R = - \frac{\Delta[\text{مادة متفاعلة}]}{\Delta t}$$

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

$$R = - \frac{[A]_2 - [A]_1}{t_2 - t_1}$$

$[A]_2$ تركيز المادة المتفاعلة A عند الزمن t_2
 $[A]_1$ تركيز المادة المتفاعلة عند الزمن t_1

فمثلاً: يُعبّر عن سرعة استهلاك A كما يأتي:

وحيث إن المادة المتفاعلة تُستهلك بمرور الزمن! فإن مقدار تركيزها $[A]_1$ أقل من تركيزها $[A]_2$ ، مما يجعل ناتج العملية الحسابية قيمة سالبة، حيث يشير الناتج إلى مقدار التغير في التركيز وتشير الإشارة السالبة إلى تناقص التركيز، وبما أن سرعة التفاعل لا تكون سالبة، تُكتب الإشارة السالبة في القانون! حتى يكون ناتج سرعة التفاعل قيمة موجبة.

ويُعبّر عن وحدة سرعة التفاعل بـ: (M/s) أو $(M \cdot s^{-1})$.

وحدة الكيمياء الحركية

الدرس الأول

◆ كذلك يمكن حساب سرعة تكوين (إنتاج) مادة ناتجة مثل C أو D، فمثلاً: يُعبّر عن سرعة تكوين المادة C كما يأتي:

$$R = \frac{\Delta[\text{مادة ناتجة}]}{\Delta t}$$
$$R = \frac{\Delta[C]}{\Delta t}$$
$$R = \frac{[C]_2 - [C]_1}{t_2 - t_1}$$

◆ تكون قيمة $\Delta[C]$ موجبة، لأن تركيز المادة الناتجة يزداد بمرور الزمن، فيكون تركيزها $[C]_2$ أكبر من تركيزها $[C]_1$.

◆ عند مقارنة سرعة استهلاك المادة A مع سرعة تكوين المادة C؛ فإنه يمكن إيجاد علاقة بين سرعة استهلاك A وسرعة تكوين C اعتماداً على معاملاتها في المعادلة الموزونة كما يأتي:

$$\frac{\text{سرعة استهلاك A}}{\text{عدد مولات A}} = \frac{\text{سرعة تكوين C}}{\text{عدد مولات C}}$$

◆ فمثلاً: يتضح من المعادلة $A \rightarrow 3C$ أن تكوين 3mol من المادة C يتطلب استهلاك 1mol من المادة A،

◆ لذا: تكون سرعة تكوين المادة C ثلاثة أضعاف سرعة استهلاك A، أو سرعة استهلاك المادة A تساوي ثلث سرعة تكوين المادة C، ويُعبّر عن هذه العلاقة كما يأتي:

$$\frac{1}{3} \text{ سرعة تكوين C} = \text{سرعة استهلاك A}$$
$$-\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{1}{3} \frac{\Delta[C]}{\Delta t}$$

◆ اعتماداً على المعادلة الموزونة الآتية: $aA + bB \rightarrow cC + dD$ يمكن التعبير عن العلاقة بين سرعة استهلاك المواد المتفاعلة وسرعة تكوين المواد الناتجة بدلالة التغير في التراكيز في مدة زمنية محددة كما يأتي:

$$-\frac{1}{a} \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{1}{b} \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{1}{c} \frac{\Delta[C]}{\Delta t} = \frac{1}{d} \frac{\Delta[D]}{\Delta t}$$

الرّبط بالفيزياء



جسد اكتشاف أحمد زويل، الحائز على جائزة نوبل في الكيمياء عام 1999، ثورة في فهم التفاعلات الكيميائية، فقد تمكّن من تطوير تقنية ليزرية متطورة تتيح «تصوير» حركة الذرات داخل الجزيئات أثناء التفاعلات، وذلك على مقياس زمني بالغ القصر، هو الفيمتوثانية (10^{-15} من الثانية).

تعتمد هذه التقنية على استخدام نبضات ليزر فائقة القصر تسمح للمجرب بتتبع مسار التفاعل خطوة بخطوة، ورصد التغيرات التي تطرأ على الجزيء خلال أجزاء متناهية الصغر من الثانية.

وهو ما كشف عن تفاصيل دقيقة حول كيفية تكسر الروابط الكيميائية وتكوين روابط جديدة. وقد مكّنت هذه التقنية العلماء من رؤية التفاعلات الكيميائية وكأنها فيلم يُعرض ببطء شديد. وقد كان لأبحاث زويل تأثير كبير على مجالات متنوعة، من الكيمياء والطب.



حساب سرعة التفاعل من الرسم

◆ يوجد 4 أمور يجب تعلم حسابها من الرسم

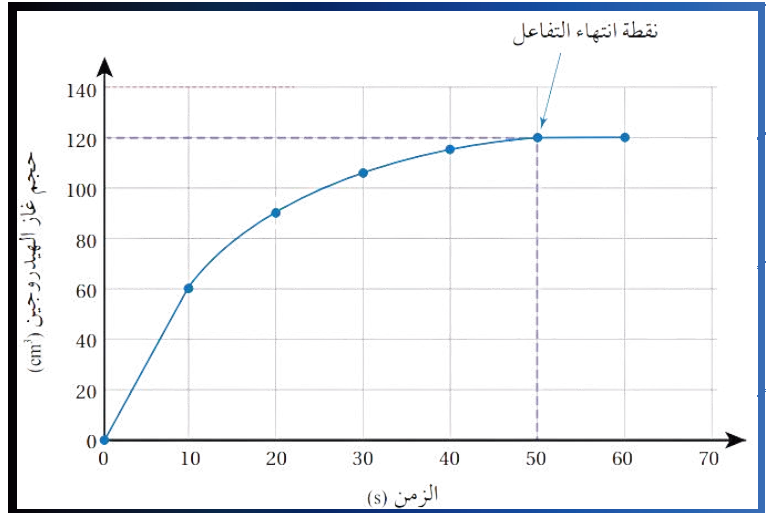
(1) حساب السرعة المتوسطة

(2) حساب السرعة الابتدائية

(3) حساب السرعة اللحظية

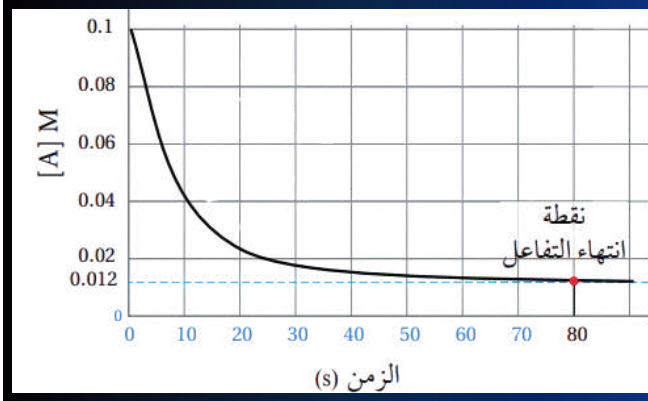
(4) حساب في فترة زمنية محددة

أولاً : حساب السرعة المتوسطة من الرسم



شرح مع المعلم

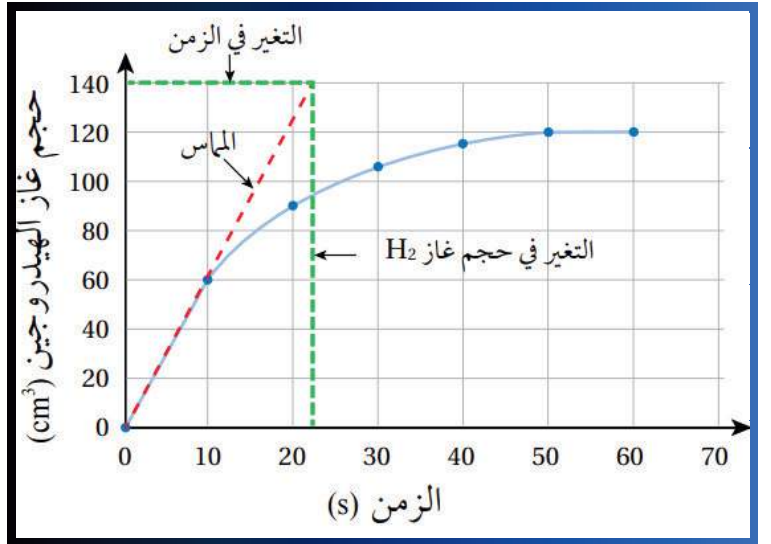
سؤال كتاب ?



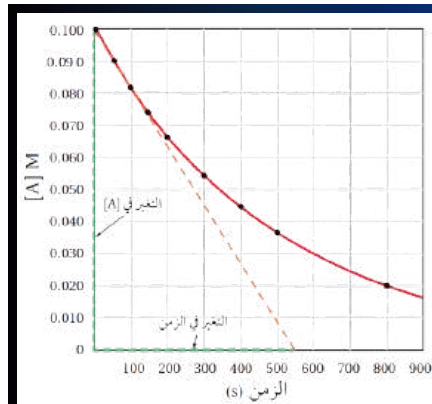
يُمثل الشكل الآتي منحنى سرعة التفاعل لتغير تركيز مادة متفاعلة A مقابل الزمن:
أحسب السرعة المتوسطة S لتفاعل A.

ثانيًا: حساب السرعة الابتدائية من الرسم

شرح مع المعلم



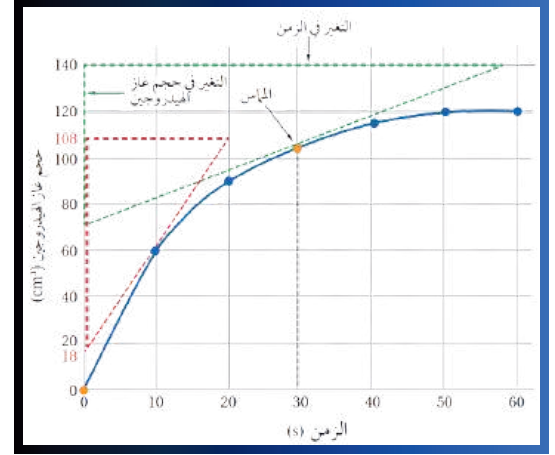
سؤال كتاب ?



أحسب السرعة الابتدائية لاستهلاك A.

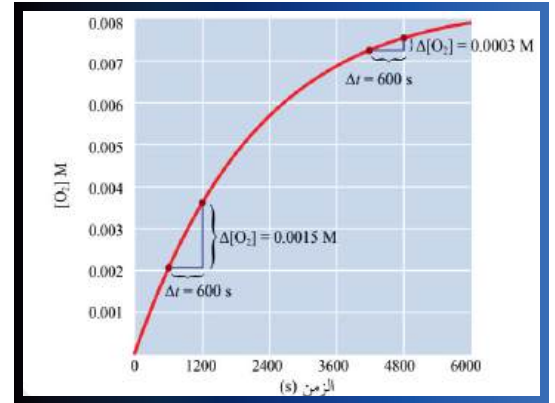
ثالثًا : حساب حساب السرعة اللحظية من الرسم

شرح مع المعلم



رابعًا : حساب حساب السرعة اللحظية من الرسم

شرح مع المعلم



تعريفات الدرس

- سرعة التفاعل الكيميائي **Rate of Chemical Reaction**: مقياس لمقدار التغير في كمية مادة متفاعلة أو كمية مادة ناتجة في فترة زمنية محددة.
- سرعة التفاعل المتوسطة **Mean Rate (S)**: التغير الكلي لكمية المادة المتفاعلة أو الناتجة خلال الزمن المستغرق في ذلك.
- السرعة الابتدائية **Initial Rate**: سرعة التفاعل عند الزمن صفر؛ بدلالة التراكيز الابتدائية للمادة المتفاعلة.
- سرعة التفاعل اللحظية **Instantaneous Rate**: سرعة التفاعل عند أي لحظة زمنية.

مراجعة الدرس

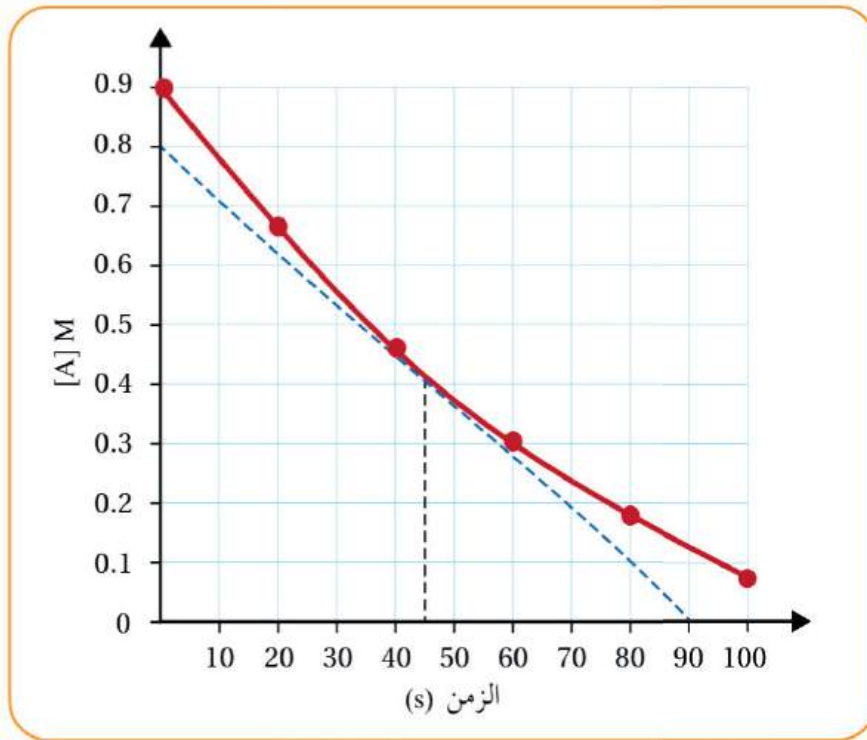
- الفكرة الرئيسة: أوضّح كيفية حساب سرعة التفاعل المتوسطة والسرعة الابتدائية من الرسم البياني.
- أوضّح المقصود بكل من: سرعة التفاعل الكيميائي، السرعة اللحظية للتفاعل.
- يُبيّن الجدول أدناه بيانات التغيّر في تركيز كلّ من المادّة A والمادّة B مع الزمن، عند درجة حرارة معيّنة:

[A] M	1.1	1.02	0.96	0.92	0.90	0.89	0.89
[B] M	0.0	0.16	0.28	0.36	0.40	0.42	0.42
t(s)	0	5	10	15	20	25	30

أجب عن الأسئلة الآتية:

- أكتب معادلة التفاعل.
- أحسب سرعة تكوّن المادّة الناتجة في الفترة الزمنية s(15–20).

- أحسب باستخدام الرسم البياني السرعة اللحظية عند الزمن 45 s.



5. أختار رمز الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

1. في التفاعل الآتي: $F_2 + 2NO_2 \rightarrow 2NO_2F$ إذا كانت سرعة استهلاك F_2 تساوي 0.2 M/s ، فإن سرعة إنتاج NO_2F بوحدة (M/s) تساوي:

- أ . 0.1 ب . 0.2 ج . 0.4 د . 0.6

2. يتفكك غاز N_2O_4 بالحرارة مُكوِّنًا غاز NO_2 وفق المعادلة الكيميائية: $N_2O_4(g) \rightarrow 2NO_2(g)$ إذا علمت أن:
- يزداد $[NO_2]$ حتى يصل إلى 0.18 M خلال 20 s
- التركيز الابتدائي لـ N_2O_4 يساوي 0.1 M
فإن التركيز المولاري لـ N_2O_4 بعد 20 s يساوي:

- أ . 0.02 ب . 0.01 ج . 0.1 د . 0.2

3. في التفاعل الكيميائي الموزون الآتي: $4NH_3(g) + 5O_2(g) \rightarrow 6H_2O(g) + 4NO(g)$

فإن العلاقة الصحيحة بين سرعة استهلاك إحدى المواد المتفاعلة وسرعة تكوين إحدى المواد الناتجة بدلالة التغير في التركيز خلال مدة زمنية محددة، هي:

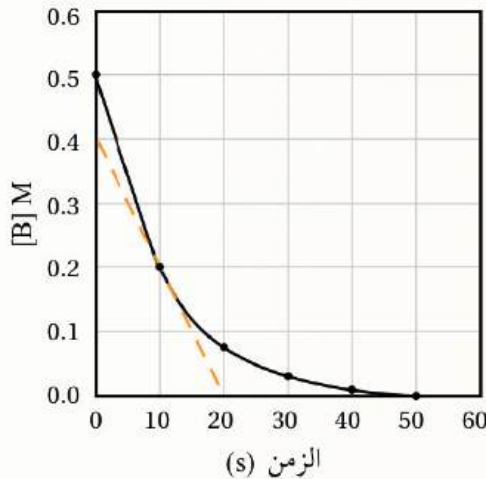
أ . $-\frac{1}{3} \frac{\Delta[NH_3]}{\Delta t} = \frac{1}{4} \frac{\Delta[NO]}{\Delta t}$ ب . $\frac{1}{4} \frac{\Delta[NO]}{\Delta t} = \frac{\Delta[NH_3]}{\Delta t}$

ج . $-\frac{1}{6} \frac{\Delta[H_2O]}{\Delta t} = \frac{1}{4} \frac{\Delta[NH_3]}{\Delta t}$ د . $-\frac{1}{5} \frac{\Delta[O_2]}{\Delta t} = \frac{1}{6} \frac{\Delta[H_2O]}{\Delta t}$

4. في تفاعل ما، إذا كانت العلاقة بين سرعة تفاعل المادتين A و B: $-\frac{1}{3} \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{1}{2} \frac{\Delta[B]}{\Delta t}$ فإن المعادلة الصحيحة للتفاعل الافتراضي، هي:

- أ . $3A \rightarrow 2B$ ب . $2A \rightarrow 3B$ ج . $2B \rightarrow 3A$ د . $3B \rightarrow 2A$

5. يمثل الشكل المجاور منحنى سرعة التفاعل لتغير تركيز مادة متفاعلة B مع الزمن. إن السرعة اللحظية عند الزمن 10 s لتفاعل B بوحدة (M/s) تساوي:



أ . 0.04

ب . 0.05

ج . 0.02

د . 0.01

اسئلة كتاب الانشطة

[Y] M	1.0	0.8	0.66	0.56	0.5
T/s	0	10	20	30	40

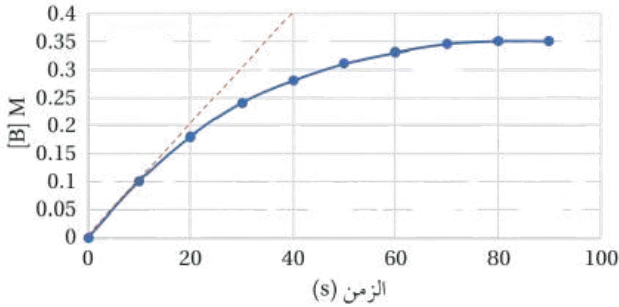
10. أختار رمز الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:
 * يبيّن الجدول الآتي تغيّر التركيز مع الزمن للمادة Y في التفاعل الافتراضي الآتي: $3X + 2Y \rightarrow Z$ ، عند درجة حرارة معينة. أدرسه، ثم أجب عن الفقرتين (1، 2):

1. سرعة استهلاك المادة X في الفترة الزمنية من (20 – 30)s بوحدة $M.s^{-1}$ تساوي:

- أ . 0.01 ب . 0.005 ج . 0.015 د . 0.0067

2. إذا كانت سرعة استهلاك المادة Y خلال الفترة الزمنية من (40 – 50)s تساوي $4 \times 10^{-3} M.s^{-1}$ فإن التغيّر في تركيز Y بوحدة M في نفس الفترة الزمنية يساوي:

- أ . 0.04 ب . 0.004 ج . 0.12 د . 0.012



* يمثّل الرسم البياني الآتي تغيّر التركيز مع الزمن للمادة B في التفاعل $2A \rightarrow B$. أدرسه، ثم أجب عن الفقرتين (3، 4):

3. السرعة الابتدائية لتفاعل إنتاج B بوحدة $M.s^{-1}$ تساوي:

- أ . 0.00 ب . 0.10 ج . 0.01 د . 0.005

4. السرعة المتوسطة لاستهلاك A بوحدة $M.s^{-1}$ تساوي:

- أ . 0.0022 ب . 0.0044 ج . 0.0039 د . 0.0088

5. إذا كانت سرعة تكوّن المادة C ثلاثة أضعاف سرعة استهلاك المادة A، فإن معادلة التفاعل:

- أ . $A \rightarrow 3C$ ب . $3A \rightarrow C$ ج . $C \rightarrow 3A$ د . $3C \rightarrow A$

وحدة الكيمياء الحركية

الدرس الأول

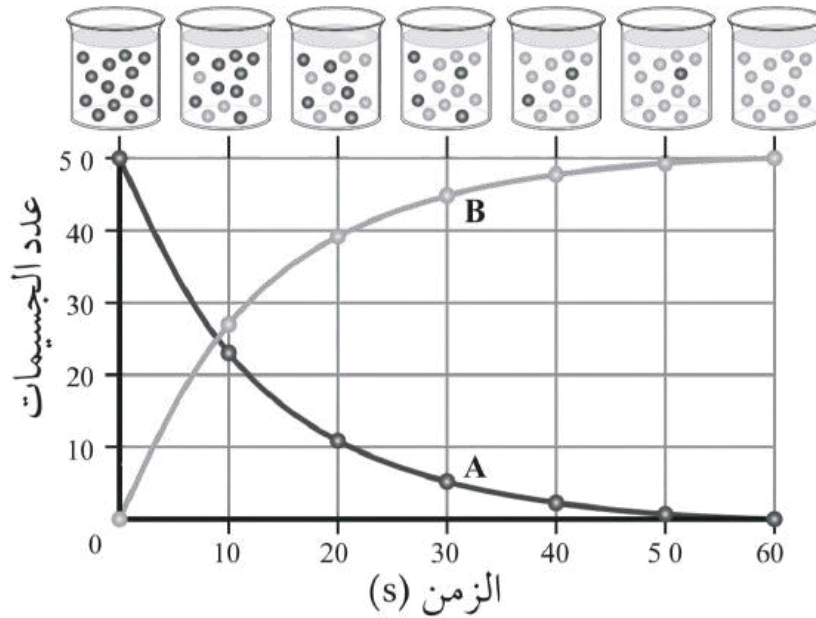
رقم التجربة	[A] M	[B] M	السرعة الابتدائية M/s
1	0.2	0.2	0.2
2	0.4	0.2	0.8
3	0.1	؟؟؟؟	0.1

10. جُمعت البيانات الآتية المتعلقة بالتفاعل الافتراضي
(A + B → AB)، إذا وجد أن وحدة k هي $M^{-2}.s^{-1}$

فإن تركيز المادة B في التجربة (3) بوحدة M هو:

- أ . 0.4
ب . 0.04
ج . 0.25
د . 0.2

20. يمثل الشكل المجاور التغير في عدد الجسيمات لمادتين افتراضيتين (A و B) في تفاعل ما، إذا علمت أن حجم وعاء التفاعل 1 L، فإن معادلة التفاعل هي:



د . B → A

ج . A → B

ب . 2B → A

أ . A → 2B

[NO ₂]M	0.00	0.12	X
[N ₂ O ₄]M	0.1	0.04	0.02
الزمن (s)	0	20	40

7. في التفاعل الآتي: $N_2O_4 \rightarrow 2NO_2$ سُجّلت بيانات تغير تركيز كل من

المادة المتفاعلة والمادة الناتجة في وحدة الزمن، عند درجة حرارة معينة كما

في الجدول المجاور. أدرسه، ثم أجب عما يأتي:

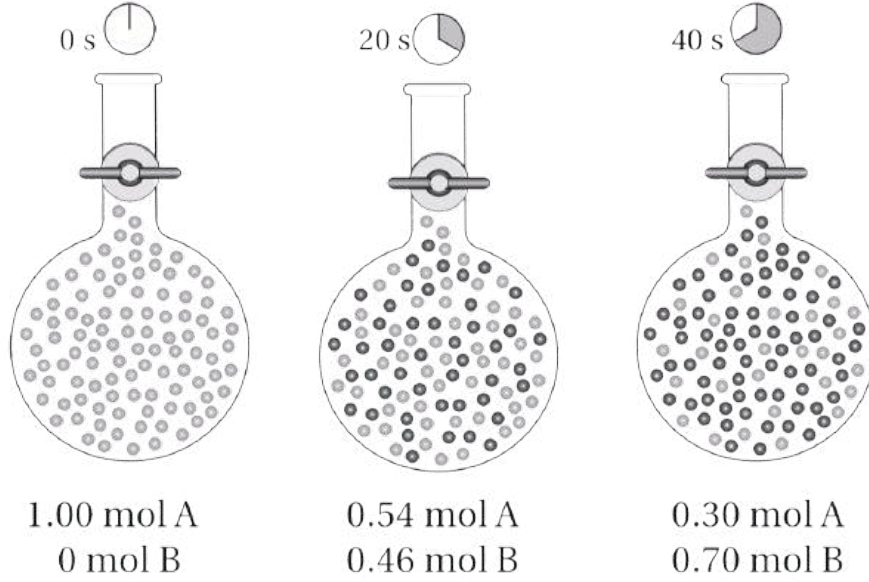
أ . أحسب سرعة استهلاك N₂O₄ في الفترة الزمنية (20-40)s بوحدة $M.s^{-1}$.

ب . ما قيمة X بوحدة (M)؟

وحدة الكيمياء الحركية

الدرس الأول

27. يتغيّر عدد مولات مادتين افتراضيتين (A و B) مع الزمن خلال التفاعل في وعاء حجمه 1 L حسب الظروف المبينة في الشكل الآتي. أيّ العبارات الآتية صحيحة؟



- أ . سرعة إنتاج A أقل من سرعة استهلاك B .
ب . سرعة إنتاج A أكبر من سرعة استهلاك B .
ج . سرعة استهلاك A = سرعة إنتاج B .
د . سرعة استهلاك A أكبر من سرعة إنتاج B .

قوانين سرعة التفاعل

- ◆ درست سابقاً كيفية حساب سرعة التفاعل الكيميائي! بمعرفة التغير في كمية إحدى المواد المتفاعلة المستهلكة، أو كمية إحدى المواد الناتجة خلال زمن معين.
- ◆ ويمكن أن تعتمد سرعة التفاعل على تركيز أكثر من مادة واحدة متفاعلة، وهذه المواد المتفاعلة لا يمكن تحديد أثر تغير تركيزها في سرعة التفاعل من معادلة التفاعل الموزونة! إنما من التجارب العملية.
- ◆ أنظر الشكل (في الأسفل) الذي يبين تفاعلاً كيميائياً بين برمنغنات البوتاسيوم $KMnO_4$ وفوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 . مثلاً: في التفاعل الآتي:
$$A + B \rightarrow C + D$$
- ◆ تتناسب سرعة التفاعل طردياً مع تراكيز المواد المتفاعلة مرفوعة لقوى معينة عند درجة حرارة ثابتة، كما يأتي:
- ◆ ولتحويل علاقة التناسب إلى علاقة مساواة، يتم إدخال ثابت التناسب الذي يسمى ثابت سرعة التفاعل (k)، لنحصل على القانون العام لسرعة التفاعل كالاتي:
$$R = k [A]^x [B]^y$$
- ◆ يتم التوصل إلى قانون السرعة لتفاعل ما عن طريق التجربة العملية، ومنها تُحدّد قيم كلٍ من (y و x).



وحدة الكيمياء الحركية

الدرس الثاني

❖ يصف قانون سرعة التفاعل العلاقة بين سرعة التفاعل R وتركيز المواد المتفاعلة عند درجة حرارة ثابتة:

❖ ويُعبّر عن قانون سرعة التفاعل بحاصل ضرب ثابت سرعة التفاعل k في تراكيز المواد المتفاعلة مرفوعة لقوة تُسمّى رتبة التفاعل لكل مادة متفاعلة، ويعتمد ثابت سرعة التفاعل k على درجة الحرارة، ولكل تفاعل ثابت سرعة k محدد تختلف قيمته عن الآخر.

$$R = k [A]^x [B]^y$$

❖ يُطلق على الرمز (x) رتبة التفاعل للمادة المتفاعلة A، أما الرمز (y) فهو رتبة التفاعل للمادة المتفاعلة B.

❖ وتُعرّف رتبة التفاعل Reaction Order للمادة المتفاعلة بأنها الأس المرفوع تركيزها إليه في قانون سرعة التفاعل، وتبين أثر تغير تركيز المادة المتفاعلة في سرعة التفاعل.

❖ وتُحدّد الرتبة من التجربة العملية لا من معادلة التفاعل الموزونة، وقد تكون قيمة الرتبة صفرًا، 1، 2، ...

❖ فعندما تكون قيمة الرتبة x أو y صفرًا، فهذا يعني أن التفاعل من الرتبة الصفرية للمادة المتفاعلة A أو B.

❖ إذا كانت قيمة رتبة x أو y تساوي 1، فإن التفاعل يكون من الرتبة الأولى لتلك المادة المتفاعلة.

❖ في حين إذا كانت قيمة رتبة x أو y تساوي 2، فإن التفاعل يكون من الرتبة الثانية لتلك المادة، وهكذا.

❖ ويُطلق على مجموع رتب المواد المتفاعلة x + y في قانون سرعة التفاعل الكلية للتفاعل Overall Reaction Order.

❖ وفي التفاعلات المنعكسة تُدرس سرعة التفاعل تحت ظروف تسمح بإهمال التفاعل العكسي، أي لحظة خلط المواد المتفاعلة وقبل أن تبدأ المواد الناتجة بالتفاعل العكسي.

الفرق بين وحدة سرعة التفاعل وبين وحدة ثابت سرعة التفاعل (K)

وحدة الكيمياء الحركية

الدرس الثاني

للتفاعل الآتي : $A_2B \rightarrow 2A + B$ وجد أن سرعة التفاعل $R = 0.04 [A_2B]^2$ افرض أن سرعة الزمن ثانية.

- 1) ما رتبة التفاعل بالنسبة للمادة A_2B ؟
- 2) ما قيمة ثابت سرعة التفاعل وما وحدته؟
- 3) ما قيمة سرعة التفاعل عندما $[A_2B] = 0.5$ ؟
- 4) متى تكون سرعة التفاعل تساوي 0.0036 ؟

للتفاعل: $A_2 + 3B \rightarrow A_2B_3$ وجد أن سرعة التفاعل $R = 0.05 [B]^2 [A_2]$

- 1) ما رتبة التفاعل بالنسبة للمادة A_2 ؟
- 2) ما رتبة التفاعل بالنسبة للمادة B ؟
- 3) ما رتبة التفاعل الكلية؟
- 4) ما قيمة ثابت سرعة التفاعل وما وحدته؟
- 5) ما قيمة سرعة التفاعل عندما $[A_2] = 0.2$ و $[B] = 0.1$ ؟

للتفاعل $2A_2 + 3B \rightarrow A_4B_3$ وجد أن سرعة التفاعل $R = 0.7 [A_2]$

- 1) ما رتبة التفاعل بالنسبة للمادة A_2 ؟
- 2) ما رتبة التفاعل بالنسبة للمادة B ؟
- 3) ما رتبة التفاعل الكلية؟
- 4) ما قيمة ثابت سرعة التفاعل وما وحدته؟
- 5) ما قيمة سرعة التفاعل عندما $[A_2] = 0.5$ و $[B] = 0.9$ ؟



وحدة الكيمياء الحركية

الدرس الثاني

إذا كانت سرعة التفاعل $R = 0.85 [A]^3 [B]^x$ فما قيمة x ؟ إذا علمت أن وحدة k هي $M^{-1} \cdot s^{-1}$ ؟

للتفاعل $2A + 3G + D \rightarrow AD + G_2A$ وجد أن سرعة التفاعل $R = 0.5 [A]^3 [D]$ ؟

- 1) ما رتبة التفاعل بالنسبة للمادة A ؟
- 2) ما رتبة التفاعل بالنسبة للمادة D ؟
- 3) ما رتبة التفاعل بالنسبة للمادة G ؟
- 4) ما رتبة التفاعل الكلية؟
- 5) ما قيمة ثابت سرعة التفاعل وما وحدته؟
- 6) ما قيمة سرعة التفاعل عندما $0.2 = [A]$ و $0.7 = [G] = [D]$ ؟

سؤال كتاب

يتفاعل غاز أول أكسيد النيتروجين NO مع غاز الهيدروجين H_2 ؛ وفق معادلة التفاعل الآتية:



جرى التوصل عن طريق التجربة عند درجة حرارة معينة إلى أن قانون السرعة لهذا التفاعل هو:

$$R = k [NO]^2 [H_2]^1$$

1. ما رتبة التفاعل للمادة المتفاعلة NO ؟

2. ما رتبة التفاعل للمادة المتفاعلة H_2 ؟

3. ما الرتبة الكلية للتفاعل؟

سؤال كتاب

يتحلل خامس أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O_5 عند درجة حرارة معينة وفق معادلة التفاعل الآتية:



إذا كان قانون السرعة لهذا التفاعل $R = k [N_2O_5]^1$ ، وقيمة ثابت سرعة التفاعل k تساوي $5.9 \times 10^{-4} s^{-1}$ وتركيز

N_2O_5 يساوي $8.4 \times 10^{-3} M$ ، فأحسب سرعة التفاعل.

تحديد رتبة التفاعل

تساعد معرفة رتب المواد المتفاعلة في توقع أثر تغير تركيز المادة المتفاعلة في سرعة التفاعل الكيميائي.

مقدار تضاعف التركيز	مقدار تضاعف سرعة التفاعل R	رتبة التفاعل
2	لم تتغير	0
3	لم تتغير	0
2	$2 = 2^1$	1
3	$3 = 3^1$	1
2	$4 = 2^2$	2
3	$9 = 3^2$	2

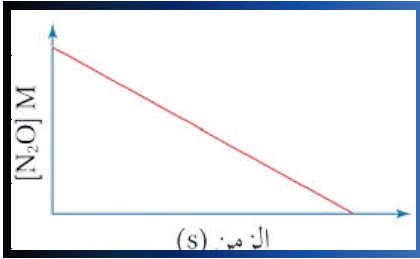
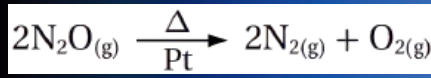
ويمكن تحديد رتبة التفاعل بالنسبة لمادة متفاعلة بطريقة ...
1) الرسم البياني
2) أو بطريقة السرعة الابتدائية.

أولاً : طريقة الرسم البياني

1) الرسم البياني للرتبة الصفرية (0)

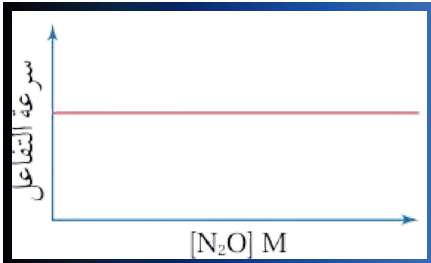
عندما يكون تركيز مادة متفاعلة مرفوعاً للأس صفر، فإن قيمته تساوي (1)؛ وهذا يعني أن تغير تركيز المادة لا يؤثر في سرعة التفاعل.

فمثلاً: عند قياس سرعة تحلل أحادي أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O وفق المعادلة الآتية:



ووجد أن سرعة التفاعل لا تعتمد على تركيز N_2O الموجود بداية التفاعل، وبهذا نرسم العلاقة بين تركيز المادة المتفاعلة مقابل الزمن، فنحصل على الرسم المبين في (الشكل على اليسار)

ألاحظ أن تركيز المادة المتفاعلة يتناقص بمقدار ثابت بمرور الزمن؛ ومن ثم تكون العلاقة بين التركيز والزمن علاقة خط مستقيم متناقص ميله مقدار ثابت.



يبين الشكل البياني (على اليسار) علاقة خط مستقيم بين سرعة التفاعل مقابل التركيز، ويشير ذلك إلى أن سرعة التفاعل لا تتأثر بتركيز المادة المتفاعلة N_2O .
وبهذا يكون قانون السرعة لهذا التفاعل: $R = K$

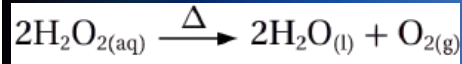
وذلك لأن $[N_2O]^0 = 1$ ؛ فلا يكتب تركيز N_2O في قانون السرعة.
ونمط الرسم لهذا التفاعل هو فقط للتفاعلات الرتبة الصفرية كافة؛ ومن ثم يمكن التنبؤ عن طريق الرسم مباشرة بالرتبة الصفرية.

وحدة الكيمياء الحركية / الدرس الثاني

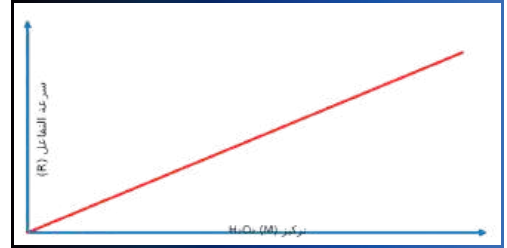
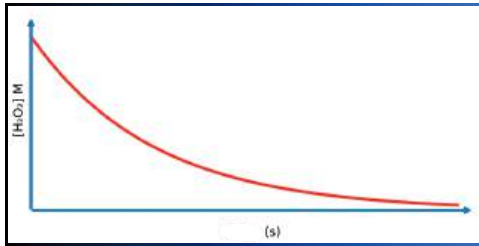
(2) الرسم البياني للرتبة الأولى (1)

◆ عندما يكون تركيز مادة متفاعلة مرفوعاً للأس (1)، فإن سرعة التفاعل تتناسب طردياً مع تركيز المادة المتفاعلة، مما يعني أن تغير تركيز المادة يؤدي إلى التغير نفسه في سرعة التفاعل.

◆ فمثلاً: نقصان تركيز المادة المتفاعلة إلى النصف يؤدي إلى نقصان سرعة التفاعل إلى النصف، وكذلك مضاعفة تركيزها يؤدي إلى مضاعفة سرعة التفاعل بالمقدار نفسه، ومثال ذلك تحلل فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 وفق المعادلة الآتية:



◆ حيث وجد عملياً أن مضاعفة تركيز H_2O_2 تؤدي إلى مضاعفة سرعة التفاعل؛ لذلك يعد هذا التفاعل من الرتبة الأولى بالنسبة للمادة المتفاعلة فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 ، ويُعبر عن سرعته بالقانون: $R = k[H_2O_2]^1$.



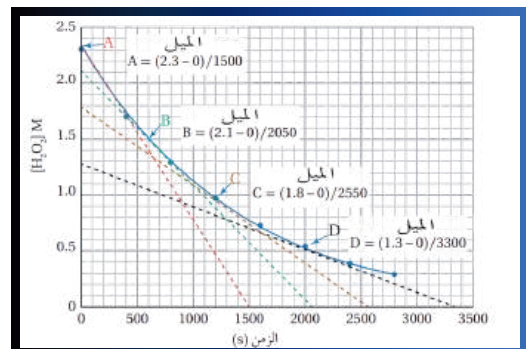
◆ ويمكن التحقق أن التفاعل من الرتبة الأولى يتبع تغير تركيز H_2O_2 بمرور الزمن ... حيث يبين الشكل (في الأسفل) ميل المماس عند تراكيز محددة من H_2O_2 في زمن محدد ودرجة حرارة ثابتة.

◆ ويعد شكل هذا المنحنى مؤشراً عاماً للتفاعلات الرتبة الأولى كافة. يتضح من الشكل أن الخطوط الممثلة للنقطة A.B.C.D تمثل المماس عند تراكيز محددة، وبحساب ميل المماس يمكن حساب سرعة هذا التفاعل عند تلك التراكيز من العلاقة الآتية:

$$R = - \frac{\Delta[H_2O_2]}{\Delta t}$$

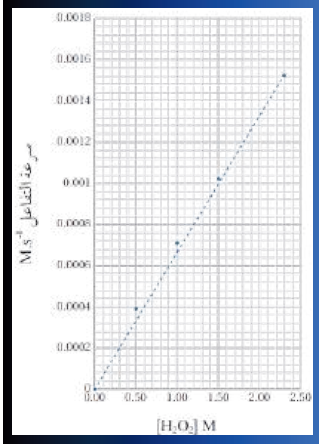
◆ ويبين الجدول (في الأسفل) المجاور قيم سرعة تفاعل H_2O_2 المحسوبة عند تراكيز محددة منه.

$[H_2O_2]$ M	$(R) \times 10^{-3} M.s^{-1}$
0	0
0.5	0.394
1.0	0.706
1.5	1.024
2.3	1.533



وحدة الكيمياء الحركية

الدرس الثاني

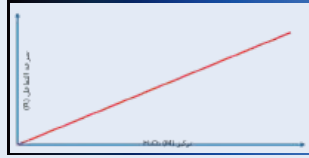
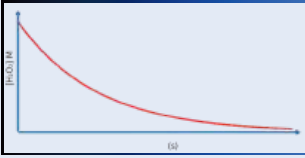


وبذلك يمكن رسم شكل بياني يوضح سرعة التفاعل مقابل التركيز، كما هو مبين في الشكل (على اليسار)، إذ يظهر الشكل علاقة خط مستقيم متزايد.

وهذا النمط ينطبق على هذا التفاعل وعلى تفاعلات الرتبة الأولى كافة؛ أي أنه إذا كانت العلاقة خطاً مستقيماً متزايداً بين تركيز المادة المتفاعلة وسرعة التفاعل؛ يعني ذلك أن التفاعل من الرتبة الأولى.

خلاصة كل ما سبق

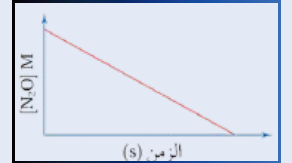
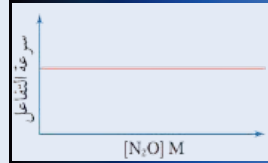
الرتبة الأولى



تركيز المادة المتفاعلة يتناقص على شكل منحنى

سرعة التفاعل تتأثر بتركيز المادة المتفاعلة (خط مستقيم متزايد)

الرتبة الصفرية



تركيز المادة المتفاعلة يتناقص بمقدار ثابت (خط مستقيم متناقص)

سرعة التفاعل لا تتأثر بتركيز المادة المتفاعلة (خط مستقيم)

ثانياً : طريقة السرعة الابتدائية

◆ تستعمل هذه الطريقة في تحديد رتبة التفاعل عن طريق مقارنة السرعات الابتدائية للتفاعل بتغير تركيز المواد المتفاعلة؛ إذ تُقاس سرعة التفاعل الابتدائية في اللحظة التي تُخلط فيها المواد المتفاعلة ذات التراكيز المعلومة. فمثلاً: في التفاعل العام:



◆ بافتراض إجراء ثلاث تجارب بتراكيز ابتدائية مختلفة لكلٍ من المادتين المتفاعلتين A و B، وسرعات ابتدائية عند درجة حرارة ثابتة كما يأتي:

التجربة	[A]M	[B]M	السرعة الابتدائية $M.s^{-1}$
1	0.1	0.1	1×10^{-4}
2	0.2	0.1	2×10^{-4}
3	0.1	0.2	4×10^{-4}

◆ فإن قانون سرعة التفاعل العام هو: $R = k[A]^x[B]^y$.

◆ ولتحديد قيمة الرتبة x للمادة A، أقرن بين تركيز المادة A وسرعة التفاعل في التجريبتين (1) و(2) عند ثبات تركيز المادة B.

◆ ألاحظ أن تركيز المادة A في التجربة رقم (2) هو ضعف تركيزها في التجربة رقم (1)، وألاحظ أيضاً أن سرعة التفاعل في التجربة رقم (2) كانت ضعفها في التجربة رقم (1).

◆ أي أن نسبة الزيادة في تركيز المادة هي نسبة الزيادة نفسها في سرعة التفاعل، وبذلك فإن التفاعل أحادي الرتبة للمادة A؛ أي أن قيمة x تساوي 1.

◆ أطبق الطريقة نفسها لتحديد قيمة رتبة y للمادة B، فأقرن تركيز المادة B مع سرعة التفاعل في التجريبتين (1,3) عند ثبات تركيز المادة A.

◆ ألاحظ أن تركيز المادة B في التجربة رقم (3) هو ضعف تركيزها في التجربة رقم (1)، وألاحظ أيضاً أن سرعة التفاعل في التجربة رقم (3) تزداد أربع مرات عنها في التجربة رقم (1)؛ أي أن نسبة الزيادة في سرعة التفاعل تساوي مربع نسبة الزيادة في تركيز المادة، وبذلك فإن التفاعل ثنائي الرتبة للمادة B؛ أي أن قيمة y تساوي 2.

◆ وبهذا أتوصل إلى قانون السرعة لهذا التفاعل $R = k[A]^1[B]^2$ ، ويمكن كتابته: $R = k[A][B]^2$

وحدة الكيمياء الحركية

الدرس الثاني

سؤال : التفاعل: $A_2B_3 \rightarrow A_2B + B_2$ تم جمع المعلومات الواردة بالجدول، ادرسها جيداً ثم اجب عن الاسئلة:

التجربة	[A ₂ B ₃] M	السرعة الابتدائية MS ⁻¹
1	0.01	0.002
2	0.03	0.018
3	0.06	0.072

- ما رتبة المادة A₂B₃؟
- اكتب قانون سرعة التفاعل R
- ما قيمة ثابت سرعة التفاعل k، وما وحدته؟
- احسب سرعة التفاعل عندما $0.5 M = [A_2B_3]$

سؤال : للتفاعل: $A_2 + 3B \rightarrow A_2B_3$ ، تم جمع البيانات الواردة بالجدول، ادرسها جيداً ثم اجب عن الأسئلة التالية:

التجربة	[B] M	[A ₂]M	السرعة الابتدائية MS ⁻¹
1	0.06	0.01	0.00003
2	0.06	0.05	0.00075
3	0.24	0.05	0.003

- ما رتبة المادة A₂؟
- ما رتبة المادة B؟
- اكتب قانون سرعة التفاعل (R)
- ما قيمة ثابت سرعة التفاعل k، وما وحدة؟
- عندما يكون $0.1 M = [A_2]$ و $0.2 M = [B]$ ، احسب سرعة التفاعل (R)

وحدة الكيمياء الحركية

الدرس الثاني

سؤال : للتفاعل $A + 2B \rightarrow AB_2$ ، تم جمع البيانات الواردة بالجدول، ادرسها جيداً ثم اجب عن الأسئلة التي تليه:

التجربة	[B] M	[A]M	السرعة الابتدائية MS ⁻¹
1	0.2	0.1	0.06
2	0.4	0.1	0.12
3	0.8	0.3	0.24
4	0.2	0.8	E
5	0.6	0.5	D

- اكتب قانون سرعة التفاعل R
- ما قيمة K، وما وحدته؟
- ما قيمة كل من D و E؟

سؤال : للتفاعل (نواتج) $BrO_3^- + 5Br^- + 6H^+ \rightarrow$ ، تم تسجيل البيانات الواردة بالجدول المجاور عملياً من خلال التجربة.

التجربة	[H ⁺] M	[Br ⁻] M	[BrO ₃ ⁻] M	السرعة الابتدائية MS ⁻¹
1	0.1	0.1	0.1	8×10^{-4}
2	0.1	0.1	0.2	1.6×10^{-3}
3	0.1	0.2	0.2	3.2×10^{-3}
4	0.2	0.1	0.1	3.2×10^{-3}

- اكتب قانون سرعة التفاعل R.
- احسب قيمة ثابت السرعة K وما وحدته؟
- ما رتبة التفاعل الكلية؟
- ماذا يحدث لسرعة التفاعل R إذا تضاعف [H⁺] 3 مرات؟

سؤال كتاب ?

يتفاعل ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 مع حمض الهيدروكلوريك HCl ، وفق معادلة التفاعل الآتية:



أُجريت ثلاث تجارب بتراكيز مختلفة عند درجة حرارة ثابتة؛ وقيست السرعة الابتدائية لكل تجربة، وسُجلت النتائج؛ فكانت كما يظهر في الجدول الآتي:

رقم التجربة	$[\text{NO}_2] \text{ M}$	$[\text{HCl}] \text{ M}$	السرعة الابتدائية M.s^{-1}
1	0.3	0.3	1.4×10^{-3}
2	0.6	0.3	2.8×10^{-3}
3	0.3	0.6	2.8×10^{-3}

1. أكتب قانون سرعة التفاعل العام.
2. أستنتج رتبة المادة المتفاعلة NO_2 .
3. أستنتج رتبة المادة المتفاعلة HCl .
4. أستنتج قانون السرعة لهذا التفاعل.
5. أحسب قيمة ثابت سرعة التفاعل k ، وأحدد وحدته.

سؤال كتاب ?

يتفاعل غاز أول أكسيد النيتروجين NO مع غاز الأوكسجين O_2 مكونًا غاز ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 ، وفق المعادلة الآتية:



وبقياس سرعة التفاعل عند تراكيز ابتدائية مختلفة من NO و O_2 ودرجة حرارة معينة، سُجلت النتائج كما يظهر في الجدول الآتي:

رقم التجربة	$[\text{NO}] \text{ M}$	$[\text{O}_2] \text{ M}$	السرعة الابتدائية M.s^{-1}
1	1×10^{-1}	2×10^{-1}	7×10^{-2}
2	2×10^{-1}	2×10^{-1}	2.8×10^{-1}
3	1×10^{-1}	4×10^{-1}	1.4×10^{-1}

1. أستنتج رتبة المادة المتفاعلة NO .
2. أستنتج رتبة المادة المتفاعلة O_2 .
3. أستنتج قانون سرعة التفاعل.
4. أحسب قيمة ثابت سرعة التفاعل k وأحدد وحدته.

سؤال كتاب ?

في معادلة التفاعل الافتراضي: $A + B \rightarrow$ نواتج A سُجِّلت البيانات الخاصة بالسرعة الابتدائية عند درجة حرارة محدّدة كما يأتي:

رقم التجربة	[A] M	[B] M	السرعة الابتدائية $M.s^{-1}$
1	0.2	0.1	1×10^{-3}
2	0.4	0.1	2×10^{-3}
3	0.2	0.2	1×10^{-3}

1. أستنتج رتبة المادة المتفاعلة A.
2. أستنتج رتبة المادة المتفاعلة B.
3. أستنتج قانون السرعة لهذا التفاعل.
4. أحسب قيمة ثابت سرعة التفاعل k، وأحدّد وحدته.

سؤال كتاب ?

في التفاعل الآتي: $2ClO_2(aq) + 2OH^-(aq) \rightarrow ClO_2^-(aq) + ClO_3^-(aq) + H_2O(l)$ وُجِدَ أنه عند مضاعفة تركيز ClO_2 الابتدائي ثلاث مرات مع ثبات تركيز OH^- تضاعفت سرعة التفاعل 9 مرات، وعند مضاعفة تركيز OH^- الابتدائي مرتين مع ثبات تركيز ClO_2 تضاعفت سرعة التفاعل مرتين.

أ. أستنتج رتبة التفاعل بالنسبة إلى المادتين ClO_2 و OH^- .
 ب. أكتب قانون سرعة التفاعل.

سؤال كتاب ?

✓ **أتحقّق:** في قانون سرعة التفاعل العام $R = k [A]^x [B]^y$ ؛ عند مضاعفة تركيز A مرتين مع ثبات تركيز B، تضاعفت سرعة التفاعل مرتين، وعند مضاعفة تركيز A و B معاً مرتين تضاعفت السرعة 8 مرات. أستنتج رتبة كل من A و B.

اسئلة مهمة وبانماط وزارية

سؤال: من خلال دراستك للتفاعل الافتراضي التالي $3X + Y + 2Z \rightarrow 2P$ إذا كان قانون السرعة لهذا التفاعل هو $R = k [X] [Z]^2$ أوجد ما يلي:

- كم مرة تتغير سرعة التفاعل عند مضاعفة تركيز كل من (X, Y, Z) مرة واحدة؟
- كم مرة تتغير سرعة التفاعل عند مضاعفة تركيز $[X]$ مرتين، وانخفاض $[Z]$ إلى النصف، وزيادة $[Y]$ إلى ثلاثة أضعاف؟
- كيف تتغير سرعة التفاعل عند انخفاض $[X]$ إلى النصف، وانخفاض $[Z]$ إلى الربع، ومضاعفة $[Y]$ مرتين؟

سؤال : من خلال قانون سرعة التفاعل التالي $R = k [M] [N]^2$ ، وجد عملياً أن سرعة التفاعل تساوي: $R = 5.0 \times 10^{-5} \text{ M s}^{-1}$ ، أوجد المطلوب في الحالات التالية:

- احسب ثابت السرعة k عندما حسب ثابت السرعة k عند القيم التالية:
 $0.20 \text{ M} = [M]$
 $0.10 \text{ M} = [N]$
- احسب السرعة الجديدة 'R' عندما $[M]$ يتضاعف 3 مرات، و $[N]$ يتضاعف 4 مرات.

سؤال : من خلال دراستك للتفاعل الآتي $2A + 3B \rightarrow 2C$ ، وُجد أن سرعة التفاعل تزداد 16 مرة عند مضاعفة تركيز A مرتين مع ثبات تركيز B. كما وُجد أن سرعة التفاعل تزداد 8 مرات عند مضاعفة تركيز كل من A و B مرة واحدة معاً. أجب عمّا يلي:

- ما رتبة التفاعل بالنسبة لـ A ؟
- ما رتبة التفاعل بالنسبة لـ B ؟
- اكتب قانون سرعة التفاعل.

سؤال: في التفاعل التالي عند درجة حرارة ثابتة $D + 3E \rightarrow 2F$ وُجد عملياً ما يلي: عند زيادة تركيز D إلى 3 أضعاف مع ثبات تركيز E، زادت سرعة التفاعل 27 مرة، وعند مضاعفة تركيز D مرتين، ومضاعفة تركيز E أربع مرات معاً، زادت سرعة التفاعل 64 مرة. أوجد ما يلي:

- رتبة المادة D.
- رتبة المادة E.
- اكتب قانون سرعة التفاعل.
- إذا كانت سرعة التفاعل $R = 4.0 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$ عندما كان: $0.20 \text{ M} = [D]$ $0.10 \text{ M} = [E]$
- احسب قيمة ثابت السرعة k مع ذكر وحدته.

سؤال: من خلال دراستك للتفاعل الافتراضي التالي $3X + 2Y \rightarrow 2Z$ ، إذا عُلِم أن سرعة التفاعل تزداد بنفس المقدار عندما تتضاعف كمية المادة X أربع مرات مع ثبات العوامل الأخرى، كما تتضاعف بنفس المقدار أيضاً عند مضاعفة تركيز Y مرتين مع بقاء تركيز X ثابت. وأن ثابت السرعة: $k = 2 \times 10^{-4} \text{ L}^2/\text{mol}^2 \cdot \text{s}$ أوجد ما يلي:

- ما رتبة التفاعل بالنسبة للمادة X ؟
- ما رتبة التفاعل بالنسبة للمادة Y ؟
- اكتب قانون سرعة التفاعل.
- احسب سرعة التفاعل R إذا كان: $0.30 \text{ M} = [X]$ $0.20 \text{ M} = [Y]$

سؤال من خلال دراستك للتفاعل الافتراضي التالي $A + 2B \rightarrow C + D$ وُجد أن سرعة التفاعل تزداد 9 مرات عند مضاعفة تركيز A ثلاث مرات مع ثبات تركيز B. كما وُجد أنه عند تنصيف تركيز A إلى النصف و تنصيف تركيز B إلى الثلث، انخفضت سرعة التفاعل 12 مرة. أوجد ما يلي:

- ما رتبة المادة A ؟
- ما رتبة المادة B ؟
- اكتب قانون سرعة التفاعل.

سؤال : في التفاعل الافتراضي التالي عند درجة حرارة ثابتة $2A + B \rightarrow 3C$ عُلِمَ أن ثابت سرعة التفاعل $k = 3.0 \times 10^{-2} \text{ L}^2 \text{ mol}^{-2} \text{ s}^{-1}$ وُجد عملياً أنه عند مضاعفة تركيز A ثمان مرات مع ثبات تركيز B، تزداد سرعة التفاعل 64 مرة أوجد ما يلي:

- ما رتبة المادة A ؟
- باستخدام وحدة k استنتج الرتبة الكلية للتفاعل، ثم أوجد رتبة المادة B.
- اكتب قانون سرعة التفاعل.
- احسب سرعة التفاعل R إذا كان:
 $0.30 \text{ M} = [A]$
 $0.20 \text{ M} = [B]$

سؤال : من خلال دراستك للتفاعل الافتراضي التالي $3M + 2N \rightarrow P + 4Q$ إذا عُلِمَ أن قانون سرعة التفاعل هو $R = k [M]^2 [N]^1$ أجب عن الأسئلة التالية:

- ما تأثير رفع درجة الحرارة على قيمة k؟ (زيادة / نقصان / لا يتغير)
- ما العلاقة بين رتبة المواد المتفاعلة (M و N) ومعاملاتها في المعادلة الكيميائية؟
- إذا كانت سرعة التفاعل $R = 6 \times 10^{-4} \text{ M s}^{-1}$ وكانت التراكيز:
 $0.20 \text{ M} = [M]$
 $0.30 \text{ M} = [N]$
احسب قيمة ثابت السرعة k مع ذكر وحدته.

وحدة الكيمياء الحركية

الدرس الثاني

ملاحظات مهمة على وحدة ثابت سرعة التفاعل (عندما تكون رتبة التفاعل صفر)

سؤال: إذا كانت رتبة التفاعل الكلية = 0 وكانت سرعة التفاعل $R = 5.6 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$ فإن قيمة ثابت السرعة k ووحدته تساوي:

ب) $k = 5.6 \times 10^{-4} \text{ L / mol.s}$

أ) $k = 4 \times 10^{-4} \text{ mol/L.s}$

د) $k = 5.6 \times 10^{-4} \text{ mol/L.s}$

ج) $k = 5.6 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$

سؤال: في التفاعل الافتراضي التالي نواتج $X \rightarrow$ إذا عُلِمَ أن سرعة التفاعل تساوي: $R = 25 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$ وأن ثابت السرعة يساوي: $k = 1 \times 10^{-2} \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ، احسب تركيز المادة $X \text{ (M)}$:

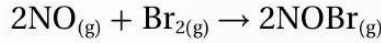
سؤال: تغيّر تركيز مادة متفاعلة X من $M 0.20$ إلى $M 0.50$ ، وتغيّرت سرعة التفاعل من $(M/s) 5.0 \times 10^{-4}$ إلى $(M/s) 8.0 \times 10^{-5}$. إذا كانت رتبة هذه المادة في قانون السرعة هي n ، فما قيمة n ؟

تعريفات الدرس الثاني

- رتبة التفاعل لمادة متفاعلة **Reaction Order**: الأسّ المرفوع إليه تركيز المادة المتفاعلة في قانون سرعة التفاعل، ويبيّن أثر تغير تركيز مادة متفاعلة على سرعة التفاعل.
- الرتبة الكلية للتفاعل **Overall Reaction Order**: مجموع رتب المواد المتفاعلة في قانون سرعة التفاعل.

مراجعة الدرس

- الفكرة الرئيسة: أوضّح كيفية التوصل إلى رتبة مادة متفاعلة من الرسم البياني.
- أوضّح المقصود بالرتبة الكلية للتفاعل.
- يتفاعل أول أكسيد النيتروجين NO والبروم Br₂ عند درجة حرارة 273 °C حسب المعادلة الآتية:



وبقياس السرعة الابتدائية عند تراكيز مختلفة من NO و Br₂؛ كانت بيانات التفاعل كما يأتي:

رقم التجربة	[NO] M	[Br ₂] M	السرعة الابتدائية M.s ⁻¹
1	0.1	0.2	24
2	0.2	0.2	96
3	0.1	0.5	60

- أستنتج رتبة التفاعل للمادة المتفاعلة NO.
 - ب. أستنتج رتبة التفاعل للمادة المتفاعلة Br₂.
 - ج. أستنتج قانون السرعة لهذا التفاعل.
 - د. أحسب قيمة ثابت سرعة التفاعل، وأحدد وحدته.
 - هـ. أحسب سرعة التفاعل عندما تركيز NO يساوي تركيز Br₂ يساوي 0.01 M.
4. في التفاعل الافتراضي: نواتج $T + E + D \rightarrow$

سجلت السرعة الابتدائية للتفاعل في خمس تجارب درجة حرارة ثابتة كما يأتي:

رقم التجربة	[T] M	[E] M	[D] M	السرعة الابتدائية M.s ⁻¹
1	0.2	0.1	0.1	4.4×10^{-6}
2	0.4	0.1	0.1	8.8×10^{-6}
3	0.2	0.05	0.1	4.4×10^{-6}
4	0.2	0.1	0.3	1.32×10^{-5}
5	0.1	0.1	X	8.8×10^{-6}

- أستنتج رتبة التفاعل للمادة المتفاعلة T.
- ب. أستنتج رتبة التفاعل للمادة المتفاعلة E.
- ج. أستنتج رتبة التفاعل للمادة المتفاعلة D.
- د. أستنتج قانون سرعة هذا التفاعل.
- هـ. أحسب تركيز المادة D في التجربة الأخيرة.

5. أختار الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:



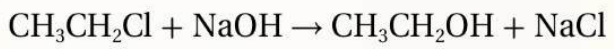
- وحدة قياس ثابت سرعة التفاعل k هي: $(\text{M}^{-2}\text{s}^{-1})$.

- سرعة التفاعل تزداد مرتين عندما يزداد $[\text{H}_2]$ مرتين.

بناء على ذلك فإنّ قانون سرعة التفاعل، هو:



2. في التفاعل الآتي:



قيست السرعة الابتدائية للتفاعل لثلاث تجارب

عند درجة حرارة ما، وتراكيز ابتدائية مختلفة،

وسُجّلت النتائج كما في الجدول المجاور. إنّ

قيمة ثابت سرعة التفاعل تساوي:

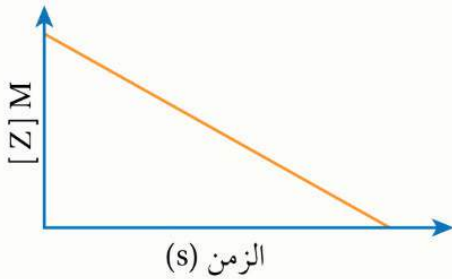


الرقم	$[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}]\text{M}$	$[\text{NaOH}]\text{M}$	السرعة الابتدائية $\text{M}\cdot\text{s}^{-1}$
1	0.02	0.025	0.1×10^{-2}
2	0.03	0.025	0.15×10^{-2}
3	0.03	0.05	0.3×10^{-2}

3. في التفاعل الافتراضي الآتي: $2\text{Z} \rightarrow 2\text{X} + \text{Y}$ ، إذا قيس $[\text{Z}]$ خلال

التجربة ورُسِم $[\text{Z}]$ مع الزمن فكان كما يوضح المنحنى، فإن

وحدة ثابت سرعة التفاعل، هي:



4. إذا كانت رتبة التفاعل لإحدى المواد المتفاعلة هي (2)، وازداد تركيز هذه المادة 3 أضعاف تركيزها مع

بقاء العوامل الأخرى ثابتة، فإن مقدار تضاعف سرعة التفاعل يساوي:



5. في التفاعل الافتراضي: نواتج $A \rightarrow$ إذا كانت سرعة التفاعل عند درجة حرارة معينة تساوي $2.7 \times 10^{-3} \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$ ،

وقيمة ثابت السرعة لهذا التفاعل k تساوي $0.03 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ، فإن تركيز المادة A بوحدة (M) يساوي:



اسئلة كتاب الأنشطة على الدرس الثاني

1. أُجريت ثلاث تجارب لتفاعل غاز ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 مع غاز الفلور F_2 عند درجة حرارة ثابتة وفق معادلة



وُرصدت بيانات التجارب الثلاث في جدول كما يأتي:

رقم التجربة	$[\text{F}_2]$ M	$[\text{NO}_2]$ M	M/s السرعة الابتدائية
1	0.1	0.4	1.6×10^{-2}
2	0.1	0.2	4×10^{-3}
3	0.2	0.1	2×10^{-3}

- أجد رتبة التفاعل للمادة NO_2

.....

.....

- أجد رتبة التفاعل للمادة F_2

.....

.....

- أستنتج قانون سرعة التفاعل.

.....

.....

- أحسب قيمة ثابت سرعة التفاعل k ، وأستنتج وحدته.

.....

.....

- أحسب سرعة التفاعل عندما يكون $[\text{NO}_2] = [\text{F}_2] = 0.5 \text{ M}$

.....

.....

3. قيست السرعة الابتدائية للتفاعل الافتراضي عند درجة حرارة ثابتة:



وسجّلت البيانات في الجدول الآتي، أجب عن الأسئلة الآتية:

رقم التجربة	[B] M	[A] M	M/s السرعة الابتدائية
1	0.1	0.1	2×10^{-2}
2	0.1	0.3	2×10^{-2}
3	0.3	0.3	6×10^{-2}
4	?	0.1	4×10^{-3}

- أجد الرتبة الكلية للتفاعل.

.....

.....

- أستنتج قانون سرعة التفاعل.

.....

.....

- أحسب قيمة ثابت سرعة التفاعل k.

.....

.....

- أستنتج تركيز المادة B في التجربة الرابعة.

.....

.....

4. في التفاعل الافتراضي الآتي: $A + B \longrightarrow AB$

عند تضاعف تركيز A مرتين مع بقاء تركيز B ثابتاً تضاعفت السرعة بالمقدار نفسه، وعند مضاعفة تركيز (A و B) معاً

تضاعفت السرعة أربع مرات. أجب عما يأتي:

- أجد رتبة المادة المتفاعلة B.

.....

.....

- أستنتج قانون سرعة التفاعل.

.....

.....

- أستنتج وحدة ثابت سرعة التفاعل k.

.....

.....

5. يتفاعل الكلور Cl_2 مع أول أكسيد النيتروجين NO وفق المعادلة الآتية : $2NO + Cl_2 \longrightarrow 2NOCl$

قيست سرعة التفاعل الابتدائية عند تراكيز مختلفة من NO و Cl_2 عند درجة حرارة، ثابتة فكانت بيانات التفاعل كما يأتي:

رقم التجربة	[NO] M	[Cl ₂] M	السرعة الابتدائية M/s
1	0.1	0.1	0.06
2	0.1	0.2	0.12
3	0.1	0.3	0.18
4	0.2	0.1	X
5	0.3	0.1	0.54

- أجد رتبة المادة المتفاعلة NO .

.....

- أجد قانون سرعة التفاعل.

.....

- أستنتج قيمة ثابت سرعة التفاعل، وأحدد وحدته.

.....

- أحسب سرعة التفاعل في التجربة (4).

.....

6. أُجريت أربع تجارب لتفاعل افتراضي $A + B \longrightarrow 2D$ عند تراكيز ابتدائية مختلفة ودرجة حرارة ثابتة؛ فوجد أن

سرعة التفاعل تساوي قيمة ثابت السرعة.

- أستنتج رتبة كل من المادة A ورتبة المادة B . أفسر إجابتي.

.....

- أستنتج وحدة ثابت سرعة التفاعل k .

وحدة الكيمياء الحركية

الدرس الثاني

8. في التفاعل الافتراضي الآتي: نواتج $W + Z \rightarrow$ عند درجة حرارة مُعيَّنة، سُجِّلت بيانات لقيَم سرعة تفاعل W الابتدائية لتراكيز محدَّدة من المادة W بثبوت تركيز المادة Z في الجدول المجاور، علماً أنَّ التغيّر في تركيز المادة Z لا يؤثر في

رقم التجربة	[W] M	السرعة الابتدائية $M.S^{-1}$
1	0.025	0.15
2	0.050	0.30

سرعة التفاعل. أدرسه، ثم أجب عمّا يأتي:

أ. ما رتبة التفاعل بالنسبة للمادة W ؟

ب. أكتب قانون سرعة التفاعل.

ج. أحسب قيمة ثابت سرعة التفاعل k .

د. ما وحدة قياس الثابت k لهذا التفاعل؟

9. يتفاعل الهيموجلوبين Hb مع أول أكسيد الكربون CO مسبباً حالة من الاختناق وتلف الخلايا، تم دراسة سرعة التفاعل

رقم التجربة	[Hb] $M \times 10^{-6}$	[CO] $M \times 10^{-6}$	السرعة الابتدائية $\times 10^{-6} M.S^{-1}$
1	2.21	1.00	0.62
2	4.42	1.00	1.24
3	4.42	3.00	3.72

بينهما عند درجة حرارة $20^\circ C$ وسُجِّلت البيانات المتعلقة بسرعة

التفاعل كما في الجدول المجاور. أدرسه، ثم أجب عمّا يأتي:

أ. أكتب قانون سرعة التفاعل.

ب. أحسب قيمة ثابت سرعة التفاعل k ، وأستنتج وحدته.

ج. أحسب سرعة التفاعل عندما: $[Hb] = 3.36 \times 10^{-6} M$ ، $[CO] = 2.40 \times 10^{-6} M$.

اسئلة كتاب الأنشطة على الدرس الثاني (ضع دائرة)

7. قانون السرعة لتفاعل ما هو $R = k[Y][X]$. إذا علمت أنَّ السرعة الابتدائية للتفاعل عند استخدام تراكيز متساوية

من المواد المتفاعلة تساوي $(1.4 \times 10^{-3} M.S^{-1})$ وأنَّ قيمة ثابت سرعة التفاعل تساوي $(1.55 \times 10^{-2} M^{-1}.S^{-1})$

فإنَّ [Y] بوحدة M يساوي:

د. 0.3

ج. 0.2

ب. 0.03

أ. 0.01

وحدة الكيمياء الحركية

الدرس الثاني

8. يحدث التفاعل الافتراضي الآتي عند درجة حرارة معينة (نواتج $A + B \rightarrow$) إذا علمت أنه من الرتبة الرابعة، وعند مضاعفة $[A]$ ثلاث مرات مع ثبات $[B]$ تضاعفت سرعة التفاعل 9 مرات، وعند مضاعفة تركيز A و B معاً مرتين ستتضاعف السرعة:

- أ . 4 مرات . ب . 6 مرات . ج . 9 مرات . د . 16 مرة .

9. إذا كان قانون السرعة لتفاعل افتراضي هو: $R = k[A][B]^2$ وكانت سرعة التفاعل تساوي: $2 \times 10^{-3} \text{ M.s}^{-1}$ ، فعند مضاعفة تركيز المادة A ثلاث مرات وتركيز المادة B مرتين، فإن سرعة التفاعل تصبح:

- أ . 3.6×10^{-4} . ب . 2.4×10^{-2} . ج . 24×10^{-4} . د . 12×10^{-3}

رقم التجربة	[A] M	[B] M	السرعة الابتدائية M/s
1	0.2	0.2	0.2
2	0.4	0.2	0.8
3	0.1	؟؟؟؟	0.1

10. جُمعت البيانات الآتية المتعلقة بالتفاعل الافتراضي $(A + B \rightarrow AB)$ ، إذا وجد أن وحدة k هي $\text{M}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ، فإن تركيز المادة B في التجربة (3) بوحدة M هو:

أ . 0.4 . ب . 0.04

ج . 0.25 . د . 0.2

رقم التجربة	[A] M	[B] M	السرعة الابتدائية (M.s^{-1})
1	0.1	0.1	1.2×10^{-2}
2	0.2	0.1	1.2×10^{-2}
3	0.2	0.3	3.6×10^{-2}

* يتضمن الجدول الآتي البيانات المتعلقة

بالسرعة الابتدائية للتفاعل الافتراضي:



أدرسه، ثم أجب عن الفقرة (11):

11. قانون سرعة التفاعل هو:

- أ . $R = k[B][A]$. ب . $R = k[B]^2[A]$. ج . $R = k[B]$. د . $R = k[A]$

29. التفاعل الافتراضي الآتي: $A + B + C \rightarrow D + E$ قانون السرعة له $R = k[A]^2[B]$ عند درجة حرارة معينة، أحد التغيرات الآتية يؤدي إلى أقل سرعة للتفاعل:

- أ . مضاعفة $[A]$ مع ثبات $[B]$ و $[C]$. ب . مضاعفة $[B]$ مع ثبات $[A]$ و $[C]$.
ج . تقليل $[A]$ و $[B]$ إلى النصف مع ثبات $[C]$. د . تقليل $[A]$ إلى النصف ومضاعفة $[B]$ و $[C]$.

نظرية التصادم

أولاً : مقدمة بالدرس

◆ وضع نظرية التصادم العالمان: ماكس تراوتز، وويليام لويس، لتفسير حدوث التفاعلات الكيميائية، وتفاوت سرعتها، وقدمت النظرية اقتراحات حول كيفية تغيير سرعة التفاعل الكيميائي.

◆ وتفترض نظرية التصادم Collision Theory، أنه لحدوث تفاعل كيميائي يجب

1) تصادم جسيمات المواد المتفاعلة معاً، سواء أكانت ذرات أم أيونات أم جزيئات .

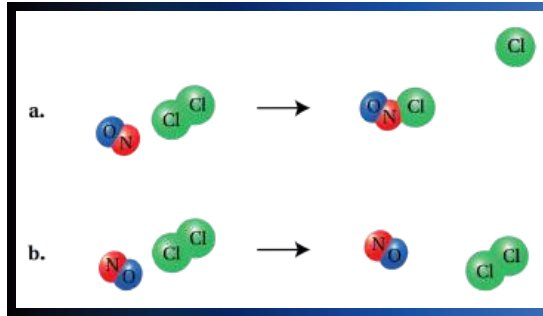
2) أن تكون طاقة التصادم كافية لتكسير الروابط بين الجسيمات المتفاعلة وتكوين روابط جديدة.

3) بالإضافة إلى ذلك تشترط النظرية أن يكون اتجاه تصادم هذه الجسيمات صحيحاً .

◆ فمثلاً: تفاعل جزيئات أول أكسيد النيتروجين NO مع جزيئات الكلور Cl₂، وفق المعادلة الآتية:



◆ يوضح الشكل (في الأسفل) طريقتين لتصادم الجسيمات بعضها بعضاً، ولكن ليس كل تصادم يؤدي إلى تكوين نواتج، بل - فقط - عندما يكون اتجاه تصادم الجسيمات صحيحاً.



ثانياً : اتجاه التصادم والمعقد المنشط

◆ تحدث تصادمات كثيرة بين جسيمات المواد المتفاعلة، إلا أن عدد التصادمات التي تؤدي إلى تكوين نواتج تكون قليلة مقارنة بعدد التصادمات الكلية.

◆ يطلق على التصادم الذي يمتلك طاقة كافية ويؤدي إلى حدوث التفاعل وتكوين النواتج التصادم الفعّال

ويتطلب هذا أن يكون تصادم الجسيمات المتفاعلة

1- في الاتجاه الصحيح (الاتجاه المناسب) 2- أن تمتلك الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لبدء التفاعل.

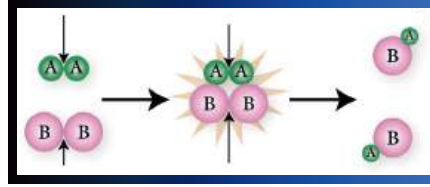
◆ وفي هذه الظروف تُكسر الروابط بين جسيمات المواد المتفاعلة، وتتكون روابط جديدة في المواد الناتجة.

وحدة الكيمياء الحركية

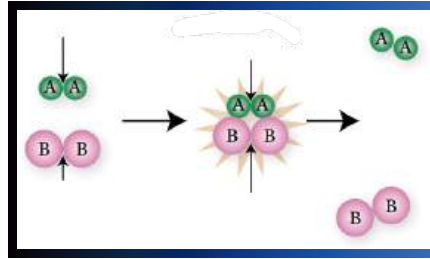
الدرس الثالث

◆◆ فمثلاً: في المعادلة العامة: $A_2 + B_2 \rightarrow 2AB$

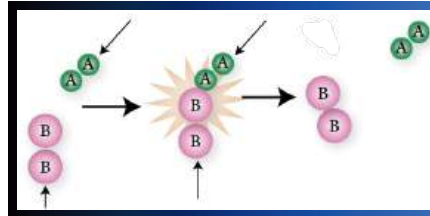
◆◆ يجب أن تتصادم جسيمات A_2 مع جسيمات B_2 في الاتجاه الصحيح لكي يحدث التفاعل، وأن تتوافر الطاقة الكافية. انظر الشكل (في الاسفل) الذي يبين تكون النواتج $2AB$ عندما تتصادم ذرة A من جزيء A_2 مع ذرة B من الجزيء B_2 .



◆◆ عندما يكون اتجاه تصادم جسيمات المواد المتفاعلة صحيحاً، ولكنها لا تمتلك الطاقة الكافية للتفاعل، فإن الجسيمات ترتد بعضها عن بعض عند تصادمها، ولا يحدث التفاعل، ولا تتكون النواتج! انظر الشكل.

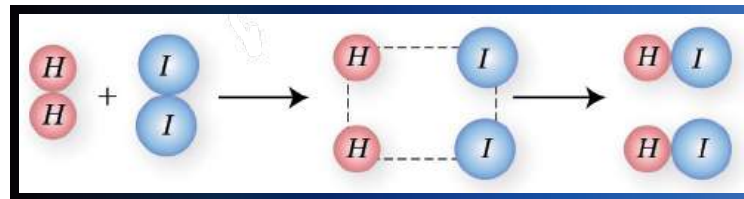


◆◆ وكذلك الحال إذا كان اتجاه التصادم غير صحيح سواء أكانت كمية الطاقة كافية أم غير كافية للتفاعل، فإن الجسيمات ترتد بعضها عن بعض، ولا يحدث التفاعل، انظر الشكل.

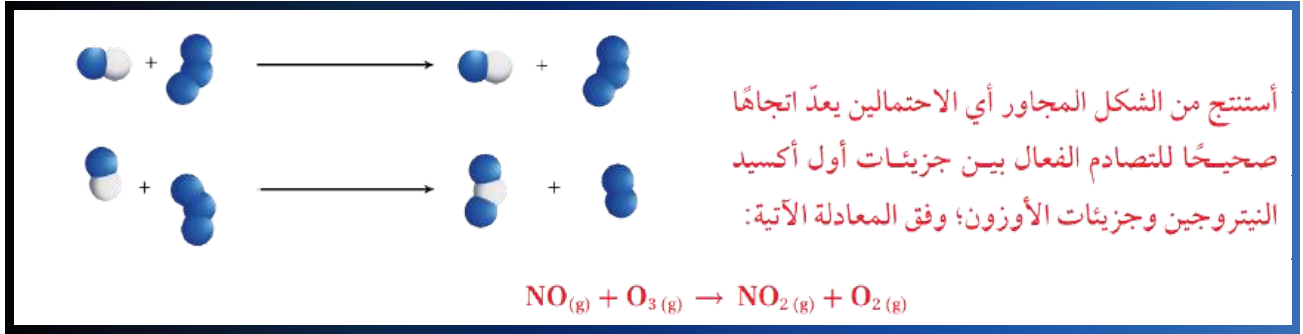


◆◆ وعند حدوث التصادم الفعال، تتكون حالة تسمى المعقد المنشط : وهي حالة انتقالية غير مستقرة من تجمع الذرات يبدأ فيها تكسير الروابط وتكوين روابط جديدة، ولها طاقة أعلى! تسمى طاقة المعقد المنشط (HC)، وسرعان ما يتفكك المعقد المنشط مكوناً المواد الناتجة أو المتفاعلة مرة أخرى.

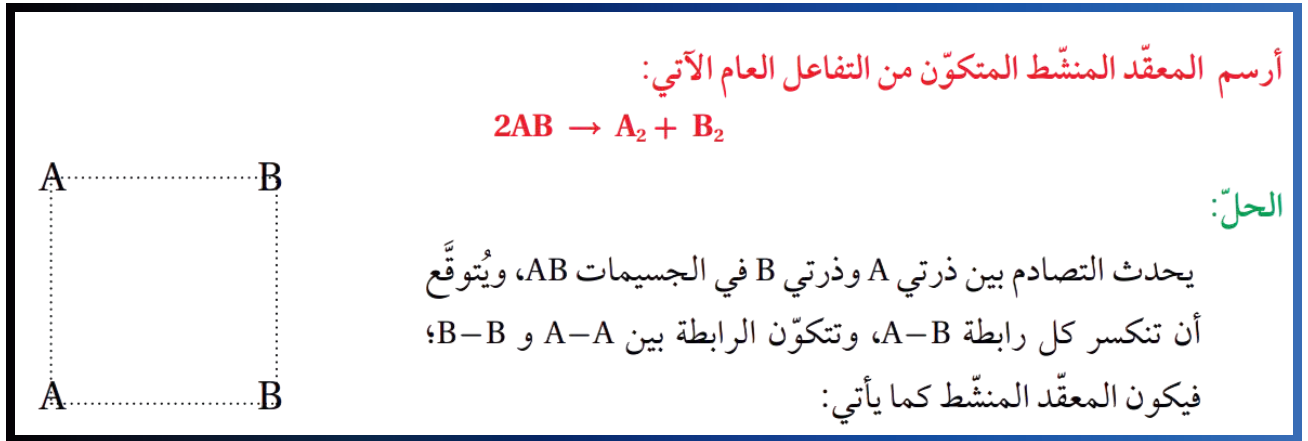
◆◆ ويوضح الشكل (في الاسفلة) المعقد المنشط المتكون من تفاعل الهيدروجين H_2 مع اليود I_2 .



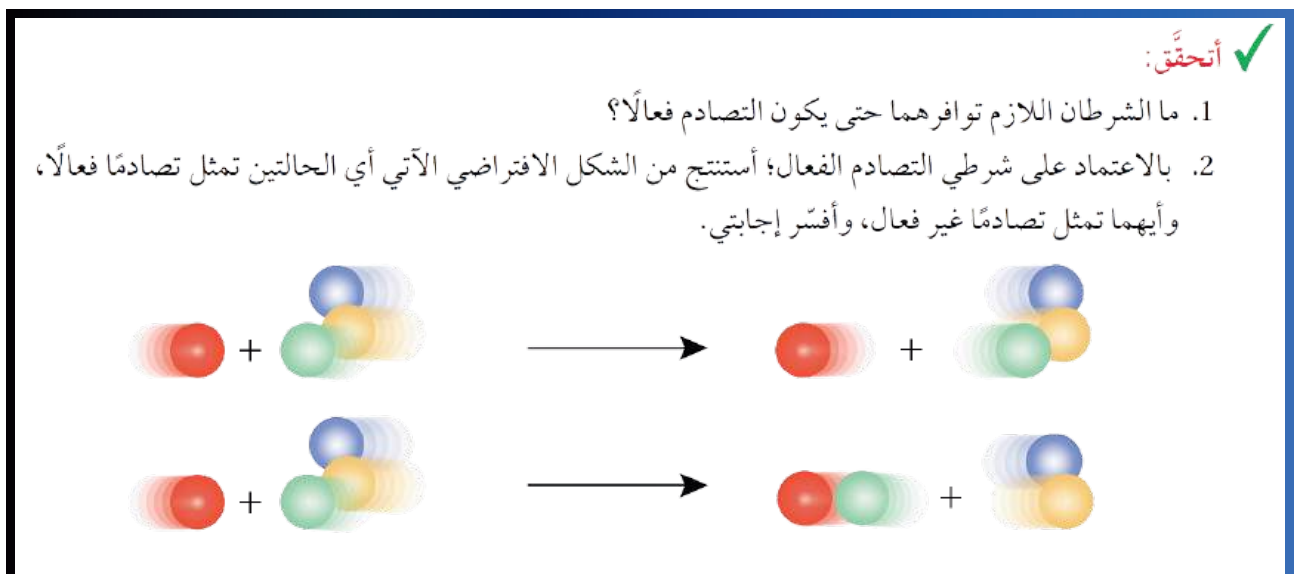
سؤال كتاب ?



سؤال كتاب ?



سؤال كتاب ?

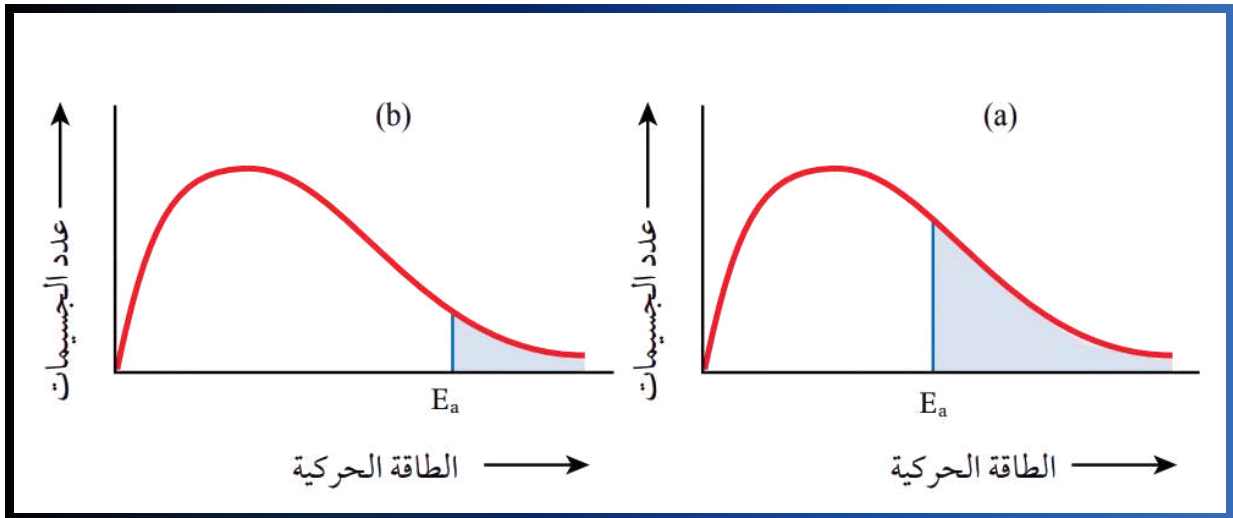


وحدة الكيمياء الحركية

الدرس الثالث

ثالثاً : طاقة التنشيط E_a

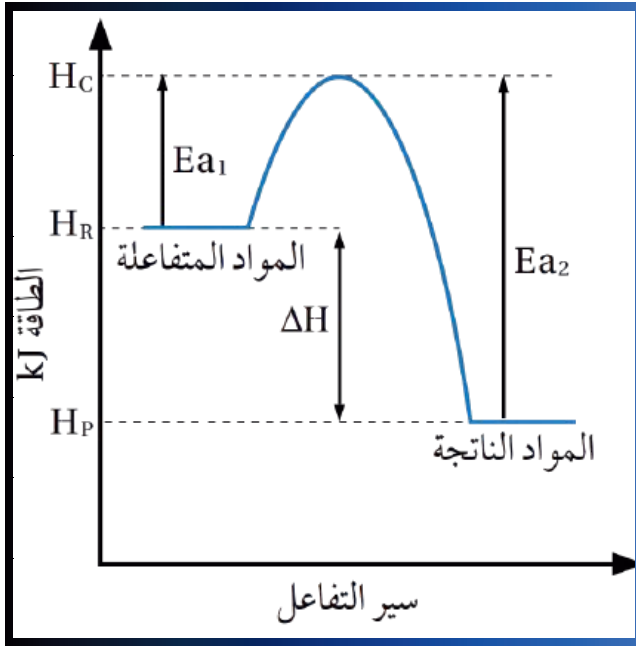
- ▶ تشترط نظرية التصادم امتلاك الجسيمات المتفاعلة طاقة كافية لحدوث التفاعل، ويطلق على هذه الطاقة طاقة التنشيط (E_a)
- ▶ طاقة التنشيط (E_a): هي الحد الأدنى من الطاقة الحركية التي يجب أن تكتسبها الجسيمات المتصادمة كي تبدأ التفاعل وتكون المعقد المنشط.
- ▶ وعندما تكون طاقة التنشيط اللازمة لحدوث التفاعل منخفضة؛ فهذا يعني أن هناك عدداً كبيراً من الجسيمات يمكن أن تمتلك هذه الطاقة وتكون المعقد المنشط عند تصادمها في الاتجاه الصحيح.
- ▶ يوضح من الاشكال (a,b) في الاسفل) أن طاقة التنشيط في الشكل (a) أقل منها في الشكل (b)، وبالتالي فإن عدد الجسيمات التي تمتلك هذه الطاقة أكبر .
- ▶ فتكون سرعة التفاعل في الشكل (a) أكبر، ويزداد احتمال تكون النواتج .
- ▶ أما في الشكل (b) فلاحظ أن طاقة التنشيط اللازمة لحدوث التفاعل عالية؛ وهذا يعني أن عدداً قليلاً من الجسيمات يمكن أن يمتلك طاقة كافية لتكوين المعقد المنشط، فتكون سرعة التفاعل أبطأ.



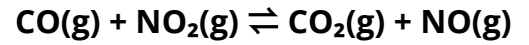
منحنى الطاقة

شرح مع المعلم

منحنى الطاقة



يوضح الشكل (على اليسار) منحنى تغير الطاقة أثناء سير تفاعل أول أكسيد الكربون CO مع ثاني أكسيد النيتروجين NO₂، لإنتاج ثاني أكسيد الكربون CO₂ وأول أكسيد النيتروجين NO، وفق المعادلة الآتية:



ويبين الشكل أن المواد المتفاعلة تمتلك كمية من الطاقة تسمى: طاقة المواد المتفاعلة أو المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة، ويرمز إليها بالرمز H_r.

وأن المواد الناتجة تمتلك كمية من الطاقة تسمى: طاقة المواد الناتجة أو المحتوى الحراري للمواد الناتجة، ويرمز إليها بالرمز H_p.

ويلاحظ أن طاقة المواد الناتجة H_p أقل من طاقة المواد

المتفاعلة H_r، مما يعني أن التفاعل يصاحبه فقدان للطاقة، ويُسمى فرق الطاقة بين طاقة المواد المتفاعلة وطاقة المواد الناتجة: التغير في المحتوى الحراري للتفاعل، ويرمز إليه بالرمز ΔH، حيث:

التغير في المحتوى الحراري للتفاعل = طاقة المواد الناتجة - طاقة المواد المتفاعلة

وتسمى التفاعلات التي تفقد طاقة حرارية: التفاعلات الطاردة للطاقة الحرارية. كما يتضح من الشكل (في الأعلى) أن المواد المتفاعلة تكتسب الطاقة عند تصادمها لتكوين المعقد المنشط، وتسمى هذه الطاقة: طاقة تنشيط التفاعل الأمامي E_{a1}.

وفي هذه الحالة تتصادم جزيئات CO و NO₂ بالاتجاه الصحيح، ومع وجود كمية كافية من الطاقة يبدأ تكسير الروابط وتكوين روابط جديدة، ومن ثم يتكون المعقد المنشط، ثم تتكون المواد الناتجة.

يُسمى فرق الطاقة بين طاقة المواد الناتجة وطاقة المعقد المنشط H_c: طاقة تنشيط التفاعل العكسي E_{a2}، وهي أكبر من طاقة تنشيط التفاعل الأمامي.

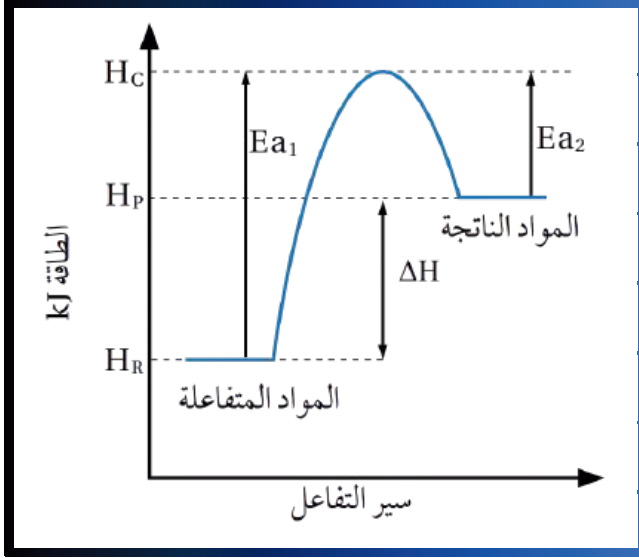
ويمكن أيضاً التعبير عن التغير في المحتوى الحراري بدلالة الفرق بين طاقة تنشيط التفاعل الأمامي E_{a1}، وطاقة تنشيط التفاعل العكسي E_{a2}، حيث:

التغير في المحتوى الحراري للتفاعل = طاقة تنشيط التفاعل الأمامي - طاقة تنشيط التفاعل العكسي

$$\Delta H = E_{a1} - E_{a2}$$

وحدة الكيمياء الحركية

الدرس الثالث



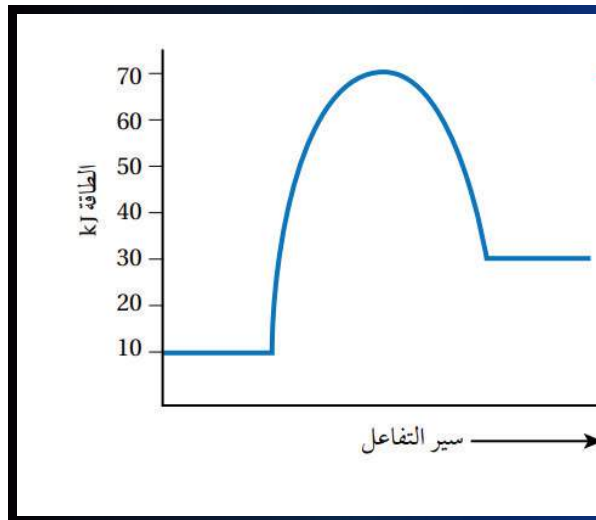
❖ ويوضح الشكل (على اليسار) منحنى تغير الطاقة أثناء سير تفاعل ماصّ للطاقة الحرارية،

❖ وفيه تكون طاقة المواد الناتجة أكبر من طاقة المواد المتفاعلة،

❖ وطاقة التنشيط للتفاعل الأمامي أكبر من طاقة التنشيط للتفاعل العكسي.

❖ إشارة ΔH الموجبة تعني تفاعلًا ماصًا للطاقة الحرارية، في حين تعني الإشارة السالبة تفاعلًا طاردًا للطاقة الحرارية.

سؤال كتاب ؟



أدرس منحنى تغير الطاقة للتفاعل الماصّ للطاقة المجاور؛

ثمّ أجد قيمة كلّ مما يأتي (بوحدة kJ):

1. طاقة المواد المتفاعلة.

2. طاقة المواد الناتجة.

3. طاقة المعقد المنشط.

4. طاقة تنشيط التفاعل الأمامي.

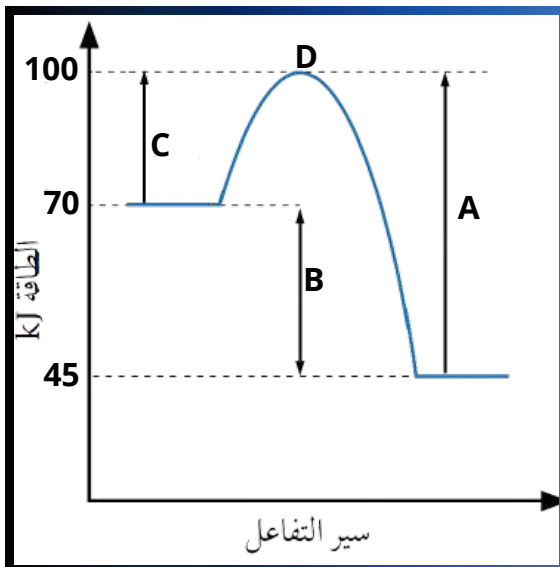
5. طاقة تنشيط التفاعل العكسي.

6. التغير في المحتوى الحراري للتفاعل ΔH .

سؤال اضافي : ادرس المنحنى التالي ثم اجب .

(1) ماذا تمثل الرموز (A , B , C , D) ؟

(2) ما قيمة كل مما يلي :



$H_r =$

$H_p =$

$H_c =$

$E_{a_1} =$

$E_{a_2} =$

$\Delta H =$

(3) هل التفاعل طارد ام ماص للطاقة

سؤال كتاب ?

✓ **أتحقق:** في تفاعل ما، كانت قيمة التغير في المحتوى الحراري للتفاعل -80 kJ ، وطاقة المواد الناتجة 15 kJ ، وطاقة المعقد المنشط 150 kJ . أحسب:

1. طاقة المواد المتفاعلة.
2. طاقة تنشيط التفاعل العكسي.
3. طاقة تنشيط التفاعل الأمامي.

سؤال كتاب ?

في تفاعل ما، كانت طاقة المواد المتفاعلة 25 kJ ، وكان التغير في المحتوى الحراري للتفاعل $+45 \text{ kJ}$ ، وطاقة تنشيط التفاعل العكسي 55 kJ ؛ أجد قيمة كل مما يأتي (بوحدة kJ):

1. طاقة المواد الناتجة.
2. طاقة المعقد المنشط.
3. طاقة تنشيط التفاعل الأمامي.
4. هل التفاعل ماص للطاقة الحرارية أم طارد لها؟

سؤال : ادرس التفاعل التالي $X + Y \rightarrow Z + 35 \text{ kJ}$ ، إذا علمت أن طاقة المواد المتفاعلة 80 kJ ، وأن طاقة تنشيط التفاعل الأمامي 55 kJ ، احسب :

(1) ما قيمة كل مما يلي :

H_p

H_c

E_{a_2}

ΔH

(2) هل التفاعل طارد ام ماص للطاقة

سؤال إذا علمت أن طاقة المواد الناتجة = 70 kJ ، وطاقة تنشيط التفاعل الأمامي = 60 kJ ، والتغير في حرارة التفاعل هو $(30) \text{ kJ}$ ، علمًا بأن التفاعل طارد للطاقة

ما قيمة كل مما يلي : H_r ، H_c ، E_{a_2}

العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي

◆ تتأثر سرعة التفاعل الكيميائي بمجموعة من العوامل التي يمكن التحكم بها لزيادة سرعة التفاعل أو إبطائها، فما هذه العوامل؟

- 1) طبيعة المواد المتفاعلة
- 2) تركيز المواد المتفاعلة
- 3) مساحة سطح المواد المتفاعلة
- 4) درجة الحرارة
- 5) العامل المساعد (الحفّاز)

أولاً : طبيعة المواد المتفاعلة

◆ تتفاعل بعض المواد أسرع من غيرها في الظروف نفسها تبعاً لطبيعتها ونشاطها الكيميائي .

◆ مثال 1 (حفظ) : الصوديوم أسرع تفاعلاً مع الماء مقارنة بالمغنيسيوم؛ لأن الصوديوم أكثر نشاطاً كيميائياً من المغنيسيوم .

◆ مثال 2 (حفظ) : تفاعل المغنيسيوم مع محلول نترات الفضة أسرع من تفاعل النحاس؛ لأن المغنيسيوم أنشط كيميائياً من النحاس .

◆ مثال 3 (حفظ) : تفاعل محلول يوديد البوتاسيوم مع محلول نترات الفضة أسرع من تفاعل مسحوقه مع مسحوق نترات الفضة، وسرعة ظهور اللون الأصفر الناتج عن ترسيب يوديد الفضة أكبر؛ لأن عدد التصادمات بين الأيونات حرة الحركة في المحلول أكبر، فيزداد عدد التصادمات الفعالة، ومن ثم تكون سرعة التفاعل أكبر.

ثانياً : تركيز المواد المتفاعلة

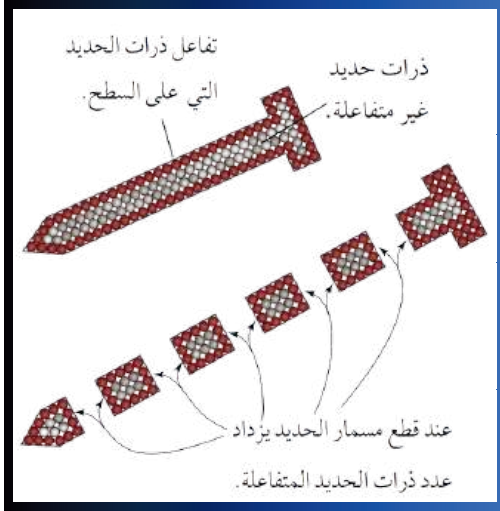
◆ مثال 1 (حفظ) : تفاعل كتلة محددة من الخارصين Zn مع 20mL من محلول حمض الهيدروكلوريك HCl تركيزه 1M، يؤدي إلى انطلاق كمية من غاز الهيدروجين H₂ من التفاعل أكبر منها عند تفاعل كتلة الخارصين Zn نفسها مع 20mL من محلول حمض الهيدروكلوريك HCl تركيزه 0.1M في الفترة الزمنية نفسها.

◆ مثال 2 (حفظ) : وسرعة تفاعل المواد مع الأكسجين النقي O₂ أكبر من سرعة تفاعلها مع الهواء؛ لأن تركيز الأكسجين النقي أكبر من تركيزه في الهواء. انظر الشكل (20) الذي يبين زيادة عدد تصادمات الجسيمات المتفاعلة بزيادة تركيزها.

◆ التفسير العلمي : تؤدي زيادة تركيز المواد المتفاعلة إلى زيادة عدد الجسيمات في وحدة الحجم، فيزداد عدد التصادمات الفعالة بينها، مما يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل.

وحدة الكيمياء الحركية

الدرس الثالث



ثالثاً : مساحة سطح المواد المتفاعلة

تؤدي زيادة مساحة سطح المواد الصلبة المعرضة للتفاعل إلى زيادة عدد التصادمات الفعالة؛ فتزداد سرعة التفاعل.

عند تجزئة القطعة الكبيرة من المادة الصلبة إلى قطع أصغر أو طحنها على شكل مسحوق تزداد مساحة السطح المعرض للتفاعل، وبهذا؛ تزداد سرعة التفاعل.

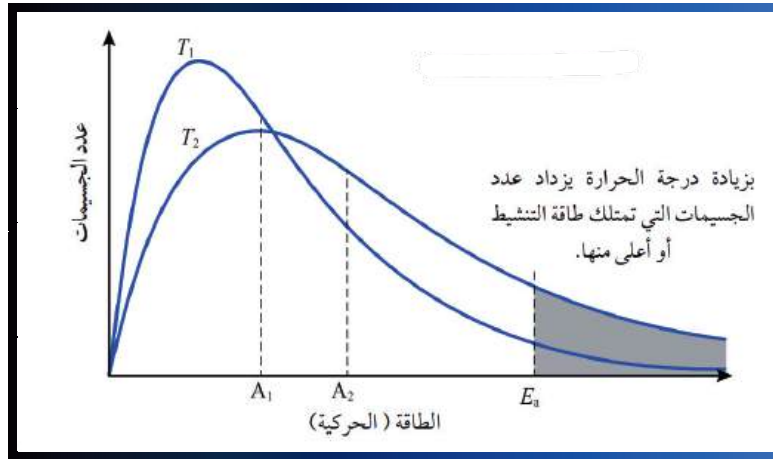
انظر الشكل (على اليسار)، ألا تلاحظ زيادة عدد ذرات الحديد المتفاعلة بزيادة مساحة السطح المعرض للتفاعل.

فمثلاً: تحترق نشارة الخشب بسرعة أكبر من احتراق قطعة الخشب ذات الكتلة نفسها، كما أن تفاعل برادة الحديد مع حمض الهيدروكلوريك أسرع من تفاعل قطعة الحديد التي لها الكتلة نفسها.

رابعاً : درجة الحرارة

تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى رفع الطاقة الحركية لجسيمات المواد المتفاعلة، ومن ثم يزداد عدد الجسيمات التي تمتلك طاقة تساوي طاقة التنشيط أو أعلى منها، فيزداد عدد التصادمات الفعالة فتزداد سرعة التفاعل.

ويمكن توضيح ذلك من الشكل (في الاسفل) الذي يبين توزيع الطاقة الحركية على الجسيمات عند درجتين حرارة T_1 و T_2 حيث $T_2 > T_1$.



وتمثل المساحة تحت كل منحنى عدد الجسيمات عند درجة حرارة معينة، وبزيادة درجة الحرارة فإن متوسط الطاقة الحركية A2 للجسيمات عند درجة الحرارة T2 أعلى من متوسط الطاقة الحركية A1 عند درجة الحرارة T1.

ويلاحظ أن طاقة التنشيط للتفاعل E_a لا تتغير بتغير درجة الحرارة.

أما المنطقة المظللة على يمين طاقة التنشيط فتمثل الجسيمات التي تمتلك طاقة كافية للتفاعل، ويكون عددها عند درجة حرارة T2 أكثر من عددها عند درجة الحرارة T1؛ فتزداد سرعة اصطدامها بعضها ببعض، ويزداد بذلك عدد التصادمات الفعالة؛ مما يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل.

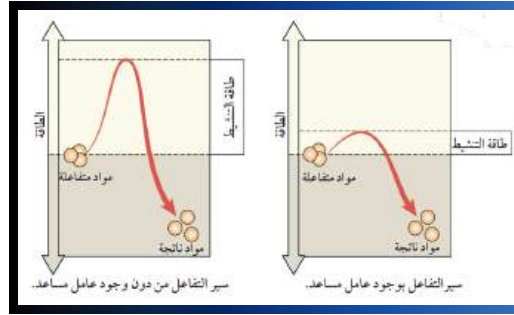
خامسًا : العامل المساعد (الحفّاز)

شرح مع المعلم

وحدة الكيمياء الحركية

الدرس الثالث

تزداد سرعة التفاعل الكيميائي بوجود العامل المساعد الذي يمهد مسارًا بديلًا للتفاعل، بحيث يقلل طاقة التنشيط؛ مما يجعل التفاعل أسرع ويحدث في زمن أقل. انظر للشكل .



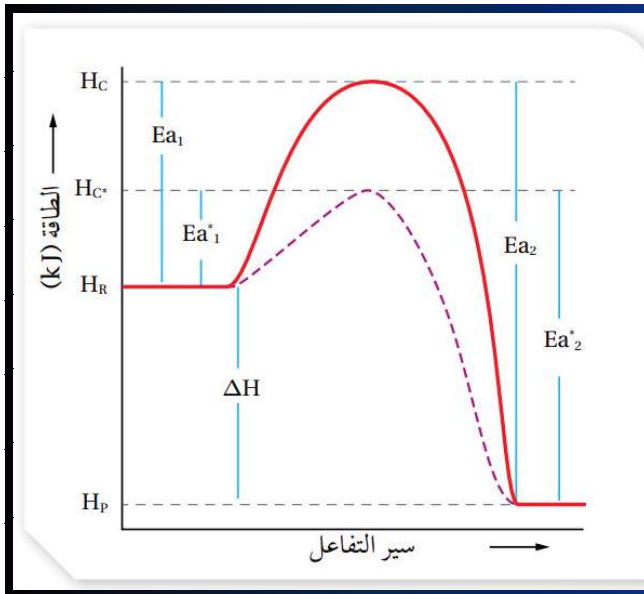
أما الشكل (في الاسفل)، فيوضح تفاعلًا كيميائيًا طاردًا للطاقة الحرارية إذ يمثّل الخط المتصل مسار التفاعل من دون وجود عامل مساعد.

في حين يمثّل الخط المتقطع مسار التفاعل بوجود عامل مساعد .

ونلاحظ أن طاقة التنشيط للتفاعل بوجود العامل المساعد Ea_1 أقلّ منها للتفاعل من دون وجود العامل المساعد Ea_2 .

وأن طاقة المواد المتفاعلة والناتجة وايضا التغير في المحتوى الحراري لا تتأثر بوجود العامل المساعد.

صورة مهمة من الكتاب



تشير الرموز في الشكل إلى:

H_c طاقة المعقد المنشط من دون عامل مساعد.

H_c^* طاقة المعقد المنشط بوجود عامل مساعد.

Ea_1 طاقة تنشيط التفاعل الأمامي من دون عامل مساعد.

Ea_1^* طاقة تنشيط التفاعل الأمامي بوجود عامل مساعد.

Ea_2 طاقة تنشيط التفاعل العكسي من دون عامل مساعد.

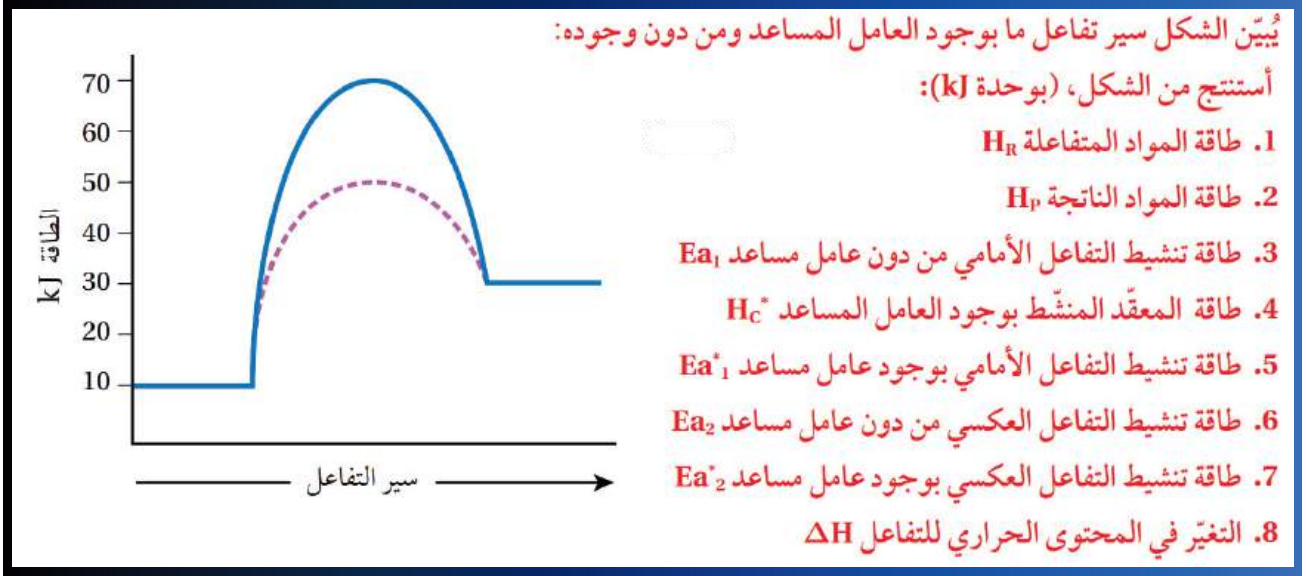
Ea_2^* طاقة تنشيط التفاعل العكسي بوجود عامل مساعد.

ΔH التغير في المحتوى الحراري للتفاعل.

توضح الأمثلة الآتية حساب طاقة تنشيط التفاعل بوجود

العامل المساعد ومن دون وجوده.

سؤال كتاب ?



سؤال كتاب ?

في تفاعل ما، كان التغيّر في المحتوى الحراري للتفاعل -40 kJ ، وطاقة المواد المتفاعلة 70 kJ ، وطاقة تنشيط التفاعل الأمامي من دون عامل مساعد 110 kJ ، وطاقة المعقّد المنشّط بوجود العامل المساعد 80 kJ ، أحسب:

- 1- طاقة التنشيط للتفاعل العكسي من دون عامل مساعد Ea_2 .
- 2- طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي بوجود عامل مساعد Ea_1^* .
- 3- طاقة المعقّد المنشّط للتفاعل من دون عامل مساعد H_C .
- 4- طاقة المواد الناتجة H_P .

سؤال كتاب ?

✓ **أتحقّق:** تفاعل افتراضي فيه طاقة المواد المتفاعلة 110 kJ ، وطاقة المواد الناتجة 80 kJ ، وطاقة المعقّد المنشّط من دون عامل مساعد 180 kJ ، وطاقة المعقّد المنشّط بوجود عامل مساعد 140 kJ ، أحسب:

1. طاقة تنشيط التفاعل العكسي من دون عامل مساعد.
2. طاقة تنشيط التفاعل الأمامي بوجود العامل المساعد.
3. التغيّر في المحتوى الحراري.
4. هل التفاعل ماصّ للطاقة الحرارية أم طارد لها؟

مراجعة الدرس

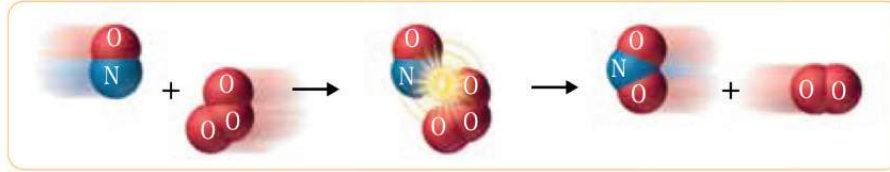
- الفكرة الرئيسة: أوضّح كيف تفسر نظرية التصادم حدوث التفاعل الكيميائي.
- أوضّح المقصود بكل من: المعقّد المنشط، طاقة التنشيط للتفاعل.
- أفسّر أثر كل مما يأتي في سرعة التفاعل الكيميائي:
 - تركيز المواد المتفاعلة.
 - درجة الحرارة.
 - مساحة سطح المواد المتفاعلة.
- أستنتج من البيانات الواردة في الجدول الآتي:

البيانات	طاقة المواد الناتجة	التغيّر في المحتوى الحراري	طاقة المعقّد المنشط بوجود عامل مساعد	طاقة التنشيط للتفاعل العكسي من دون عامل مساعد
الطاقة (kJ)	50	+20	70	110

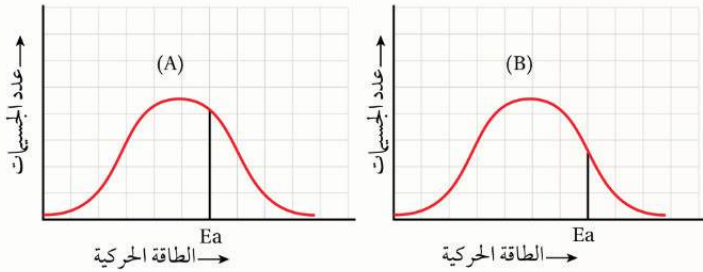
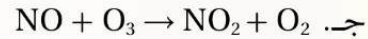
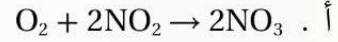
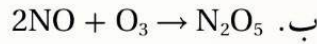
- قيمة طاقة المواد المتفاعلة.
 - قيمة طاقة التنشيط للتفاعل العكسي بوجود عامل مساعد.
 - قيمة طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي من دون عامل مساعد.
 - قيمة طاقة المعقّد المنشط للتفاعل من دون عامل مساعد.
 - هل التفاعل ماصّ للطاقة الحرارية أم طارد لها؟
 - طاقة تنشيط التفاعل الأمامي بوجود عامل مساعد.
- ما تأثير العامل المساعد في كل من: طاقة المواد المتفاعلة، طاقة تنشيط التفاعل العكسي، طاقة المعقّد المنشط، التغيّر في المحتوى الحراري للتفاعل، زمن حدوث التفاعل.
 - في التفاعل الافتراضي: $A + B \rightleftharpoons C + D + 80 \text{ kJ}$ ، إذا كانت طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي 55 kJ وطاقة المواد الناتجة 15 kJ، فأجد قيمة كلّ مما يأتي بوحدة (kJ):
 - طاقة التنشيط للتفاعل العكسي.
 - طاقة المعقّد المنشط.

7. أختار الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

1. يبين الشكل الآتي الاتجاه الصحيح للتصادم الفعال في تفاعل كيميائي:



إن المعادلة الكيميائية التي تمثل هذا التفاعل، هي:



2. يبين الشكل المجاور طاقة التنشيط وعدد

الجسيمات التي تمتلكها لتفاعلين افتراضيين (A، B). فإن إحدى العبارات الآتية صحيحة:

أ. سرعة التفاعل A أقل من سرعة التفاعل B.

ب. عدد الجسيمات التي تمتلك طاقة كافية لتكوين المعقد المنشط في التفاعل B أكبر منها في التفاعل A.

ج. طاقة التنشيط للتفاعل A أكبر من طاقة التنشيط للتفاعل B.

د. الفرق بين طاقة المواد المتفاعلة وطاقة المعقد المنشط للتفاعل A أقل منه في التفاعل B.

3. في تفاعل لقطعة من الصوديوم Na وقطعة من الألمنيوم Al لهما الكتلة نفسها مع حمض الهيدروكلوريك HCl المُخَفَّف، وعند الظروف نفسها، إذا كانت سرعة تفاعل قطعة Na أكبر من سرعة تفاعل قطعة Al، فإن العامل المؤثر في سرعة التفاعل:

أ. طبيعة المادة.

ب. مساحة السطح.

ج. تركيز المادة.

د. درجة الحرارة.

4. تؤدي إضافة العامل المساعد للتفاعل الكيميائي إلى انخفاض:

أ. قيمة التغير في المحتوى الحراري ΔH .

ب. طاقة وضع المواد المتفاعلة.

ج. طاقة التنشيط للتفاعل.

د. طاقة وضع المواد الناتجة.

5. في التفاعل الافتراضي الآتي: $X + 50 \text{ kJ} \rightleftharpoons Y$ ، إذا علمت أن:

طاقة تنشيط التفاعل الأمامي 70 kJ، وطاقة المعقد المنشط 140 kJ، فإن قيمة طاقة المواد الناتجة kJ تساوي:

أ. 70

ب. 80

ج. 90

د. 120

اسئلة كتاب الأنشطة على الدرس الثالث

2. يحدث تفاعل ما عند درجة حرارة معيَّنة، فإذا علمت أن طاقة التنشيط للتفاعل العكسي من دون عامل مساعد تساوي أربعة أضعاف طاقة المواد الناتجة، وقيمة التغير في المحتوى الحراري (-50 kJ). وعند إضافة عامل مساعد إلى التفاعل انخفضت طاقة المعقد المنشط بمقدار (10 kJ)، وأصبحت طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي (100 kJ)، فأجد قيمة كلٍّ مما يأتي (بوحدته kJ):

أ . طاقة التنشيط للتفاعل العكسي بوجود عامل مساعد.

ب . طاقة المواد الناتجة.

ج . طاقة المعقد المنشط من دون وجود عامل مساعد.

د . طاقة المواد المتفاعلة.



6. أنبوبا اختبار (A, B) في الظروف نفسها، إذا وُضع في كل منهما شريط مغنيسيوم Mg

كثافته 2 g ، ثم أضيف إلى كل أنبوب 20 ml من محلول حمض HCl بتركيز معين كما في الشكل المجاور، فإن إحدى العبارات الآتية صحيحة:

أ . تصاعد غاز الهيدروجين في الأنبوب A أقل منه في الأنبوب B.

ب . عدد التصادمات الفعالة في الأنبوب A أكبر منه في الأنبوب B.

ج . سرعة التفاعل في الأنبوب B أكبر منها في الأنبوب A.

د . طاقة تنشيط التفاعل في الأنبوب A أكبر منها في الأنبوب B.

12. في تفاعل ما كانت طاقة تنشيط التفاعل العكسي 40 kJ ، وطاقة المعقد المنشط 140 kJ ، وطاقة المواد المتفاعلة 20 kJ ، فإذا كانت طاقة تنشيط التفاعل الأمامي أكبر من طاقة تنشيط التفاعل العكسي، فإن قيمة التغير في المحتوى الحراري ΔH بوحدته (kJ) تساوي:

أ . $+100$ ب . $+80$ ج . -80 د . -100

13. تقليل مساحة سطح المادة المتفاعلة المعرض للتفاعل عند الظروف نفسها يؤدي إلى انخفاض:

أ . طاقة التنشيط للتفاعل.

ب . التغير في المحتوى الحراري للتفاعل.

ج . عدد التصادمات الفعالة.

د . طاقة المواد المتفاعلة.

اسئلة كتاب الأنشطة على الدرس الثالث

* يحدث تفاعل ما عند درجة حرارة معيَّنة، فإذا علمت أن طاقة التنشيط للتفاعل العكسي من دون عامل مساعد تساوي 4 أضعاف طاقة المواد المتفاعلة، وقيمة التغير في المحتوى الحراري ($+40 \text{ kJ}$)، عند إضافة عامل مساعد إلى التفاعل انخفضت طاقة المعقد المنشط بمقدار (20 kJ)، وأصبحت طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي بوجود عامل مساعد (100 kJ)، فأجيب عن الفقرات (14-17):

14. طاقة التنشيط للتفاعل العكسي (kJ) بوجود عامل مساعد تساوي:

- أ . 40 ب . 60 ج . 80 د . 100

15. طاقة المواد الناتجة (kJ) تساوي:

- أ . 60 ب . 80 ج . 85 د . 90

16. طاقة المعقد المنشط (kJ) من دون وجود عامل مساعد تساوي:

- أ . 90 ب . 100 ج . 120 د . 140

17. طاقة المواد المتفاعلة (kJ) تساوي:

- أ . 10 ب . 20 ج . 40 د . 60

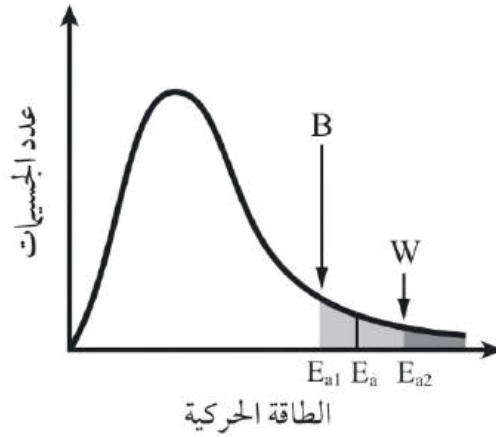
18. العبارة الصحيحة التي تتفق وطاقة التنشيط هي:

- أ . تزداد طاقة التنشيط بارتفاع درجة الحرارة.
ب . تزداد سرعة التفاعل بانخفاض طاقة التنشيط.
ج . طاقة التنشيط تساوي طاقة المعقد المنشط.
د . طاقتا التنشيط للتفاعلين الأمامي والعكسي متساويتان.

19. في التفاعل الافتراضي الآتي: $2AB + 100 \text{ kJ} \rightleftharpoons A_2 + B_2$

- أي العبارات الآتية صحيحة فيما يخص التفاعل؟
أ . طاقة المواد الناتجة أقل من طاقة المواد المتفاعلة.
ب . التغير في المحتوى الحراري سالب.
ج . طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي أكبر منها للتفاعل العكسي.
د . يصاحب التفاعل فقدان للطاقة.

21. تؤثر سرعة تصلب الخلطة الأسمنتية (الخرسانة) على مواصفاتها، ولضبط هذه السرعة ضمن نطاقات محددة تتوافق مع المواصفات القياسية، يلجأ المهندسون إلى إضافة مواد كيميائية، مثل كلوريد الكالسيوم في فصل الشتاء والجبس في فصل الصيف. العبارة الصحيحة التي تصف أثر إضافة كل من كلوريد الكالسيوم والجبس على طاقة التنشيط لتفاعل تصلب الخرسانة هي:

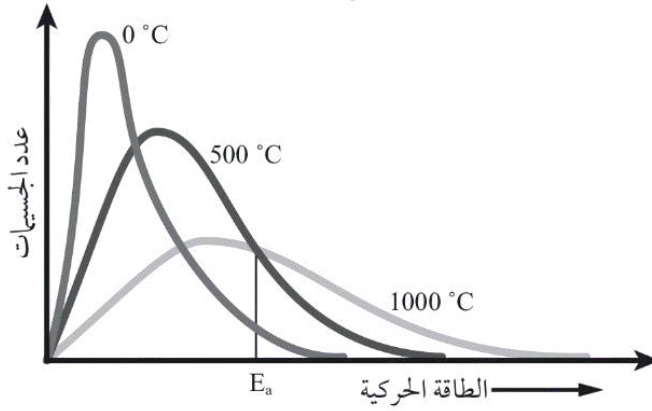


- الرمز W يمثل إضافة كلوريد الكالسيوم، والرمز B يمثل إضافة الجبس.
- الرمز B يمثل إضافة كلوريد الكالسيوم، والرمز W يمثل إضافة الجبس.
- الرمز W يمثل إضافة كل من كلوريد الكالسيوم والجبس.
- الرمز B يمثل إضافة كل من كلوريد الكالسيوم والجبس.

وحدة الكيمياء الحركية

الدرس الثالث

22. يُمثّل الشكل المجاور توزيع الطاقة الحركية على الجسيمات لتفاعل ما عند درجات حرارة مختلفة، إحدى العبارات الآتية صحيحة عند درجة الحرارة الأعلى:



- أ . طاقة التنشيط E_a للتفاعل أكبر.
ب . متوسط الطاقة الحركية لجسيمات المواد المتفاعلة أكبر.
ج . عدد الجسيمات التي تمتلك طاقة تساوي طاقة التنشيط أو أعلى منها أقل.
د . عدد التصادمات الفعّالة للجسيمات أقل.

23. تُستخدَم المُركَّبَات (220 – 227) E بوصفها مواد مضادة للأكسدة كمُثَبِّطَات تعمل على حفظ الأطعمة، وذلك عن طريق:

- أ . زيادة طاقة تنشيط التفاعلات في الأطعمة.
ب . خفض درجة حرارة الأطعمة.
ج . تقليل طاقة تنشيط التفاعلات في الأطعمة.
د . رفع درجة حرارة الأطعمة.

* يحدث التفاعل الافتراضي الآتي عند درجة حرارة معينة $A_2 + B_2 \rightleftharpoons 2AB + 60 \text{ kJ}$. إذا علمت أنّ طاقة التنشيط للتفاعل العكسي من دون عامل مساعد تساوي 3 أضعاف طاقة المواد الناتجة، وعند إضافة عامل مساعد إلى التفاعل انخفضت طاقة المُعقَّد المُنشَط بمقدار (15 kJ) وأصبحت طاقة تنشيط التفاعل الأمامي (75 kJ)، فأجيب عن الفقرات (24, 25, 26) الآتية:

24. قيمة طاقة التنشيط للتفاعل العكسي بوحدة kJ بوجود عامل مساعد تساوي:

- أ . 75 ب . 90 ج . 135 د . 150

25. قيمة طاقة المواد الناتجة بوحدة kJ تساوي:

- أ . 50 ب . 60 ج . 75 د . 105

26. العبارة الصحيحة في ما يتعلّق بالتفاعل:

- أ . العامل المساعد أدى إلى انخفاض قيمة التغيّر في المحتوى الحراري.
- ب . العامل المساعد أدى إلى زيادة قيمة التغيّر في المحتوى الحراري.
- جـ . طاقة المواد الناتجة أكبر من طاقة المواد المتفاعلة.
- د . طاقة المواد المتفاعلة أكبر من طاقة المواد الناتجة.

28. يعمل العامل المساعد على زيادة سرعة التفاعل من خلال:

- أ . تمهيد مسار بديل للتفاعل.
- ب . تقليل عدد الجسيمات التي تمتلك طاقة التنشيط.
- جـ . زيادة درجة حرارة وعاء التفاعل.
- د . زيادة مساحة سطح التفاعل.

تقليل تلف الأطعمة

الإثراء والتوسع

تزداد سرعة التفاعل بزيادة درجة الحرارة؛ فعند إعداد الطعام نزيد درجة الحرارة لإنضاجه. ولكن ترك الأطعمة في درجة حرارة الغرفة مدّة طويلة يؤدي إلى تلفها؛ بسبب حدوث تفاعلات كيميائية، فالتفاعلات الكيميائية التي تسبب تلف الأطعمة تكون أسرع كثيرًا عند درجة حرارة الغرفة منها عند وضع الأطعمة في الثلاجة. وبهذا تكون المحافظة على الأطعمة من التلف بحفظها في الثلاجة لضبط التفاعلات التي تحدث وتسبب تلفها. وكذلك بإضافة المواد الحافظة، ففي الصناعات الغذائية بوجه عام تُستخدم طرائق مختلفة لحفظ الأطعمة، منها التجميد والتجفيف، أيضًا تُستخدم مواد تسمى المُثبّطات Inhibitors، وهي مواد تقلل من سرعة التفاعل عن طريق زيادة طاقة التنشيط، ومن أمثلتها: المواد الحافظة، وهي مواد مضادة للأكسدة؛ لأن الأكسدة تسبب تلف الأطعمة ولاسيما تلك التي تحتوي على الدهون مثل الأجبان. واستعمال المواد الحافظة آمن في المنتجات الغذائية، وتزيد من مدة صلاحية الغذاء، ومن أنواع المواد الحافظة: مضادات البكتيريا، وهي مركبات كيميائية لها رموز وأرقام، مثل المركبات E(220 – 227)، الذي يدخل ثاني أكسيد الكبريت SO_2 في تركيبها الأساسي وتُستخدم في حفظ الفواكه.



1. أوضّح المقصود بكل من: الرتبة الكلية للتفاعل، سرعة التفاعل الكيميائي.
2. أفسّر ما يأتي:

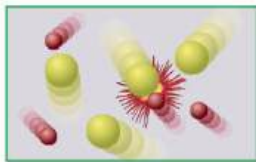
أ. لا تؤدي جميع التصادمات إلى حدوث تفاعل كيميائي.
ب. زيادة سرعة التفاعل بإضافة عامل مساعد.

التركيز (M)	الزمن S
6	0
4	2
2	5
?	9

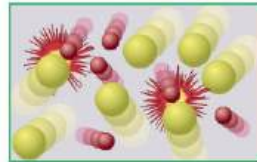
3. يُبيّن الجدول المجاور تراكيز مادة افتراضية خلال مدد زمنية مختلفة.
أ. أستنتج ما إذا كانت المادة متفاعلة أم ناتجة، وأفسّر إجابتي.
ب. أحسب سرعة التفاعل خلال الفترة الزمنية (2 - 0).
ج. أتوقع: كم يصبح تركيز المادة عند الزمن 9s (أكبر من 2 أم أقل)؟ أفسّر إجابتي.

4. في التفاعل الافتراضي الآتي: $A_{(g)} + 2B_{(g)} \rightarrow 3C_{(g)}$

أحسب سرعة تكوين C، علماً أن سرعة استهلاك B تساوي 0.12 M.s^{-1}

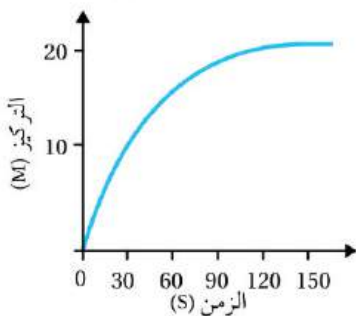


(أ)



(ب)

5. يُمثّل الشكلان (أ) و(ب) تفاعلاً ما في ظرفين مختلفين.
أستنتج أي الشكلين يُمثّل التفاعل الأسرع، وأحدد العامل المؤثر في سرعة هذا التفاعل.



6. يُمثّل الرسم البياني العلاقة بين الزمن وتركيز مادة في تفاعل كيميائي.

أ. أحدّد الزمن اللازم لإتمام التفاعل.

ب. أحسب سرعة التفاعل في المدة الزمنية (30 - 90 s).

ج. أستنتج هل المادة متفاعلة أم ناتجة.

7. أستنتج قانون سرعة التفاعل من المعلومات الواردة في الجدول الآتي للتفاعل عند درجة حرارة معينة: $A + B \rightarrow$

التجربة	[A] M	[B] M	السرعة الابتدائية M.s^{-1}
1	0.01	0.02	0.1
2	0.02	0.02	0.4
3	0.01	0.04	0.2



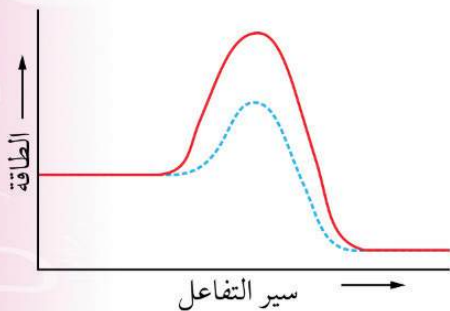
الشكل (أ)



الشكل (ب)

8. أتوقع من الشكلين الآتيين (أ) و(ب) الشرط الذي أدى إلى حدوث التفاعل الكيميائي، ثم أفسّر إجابتي.

مراجعة الوحدة



9. يُمثّل الشكل الآتي سير تفاعل بوجود عامل مساعد، ومن دون عامل مساعد، أحدّد على الشكل كلاً من:
طاقة المعقّد المنشط بوجود عامل مساعد، طاقة تنشيط التفاعل الأمامي من دون عامل مساعد، طاقة تنشيط التفاعل العكسي بوجود مساعد، التغيّر في المحتوى الحراري للتفاعل، الانخفاض في طاقة المعقّد المنشط نتيجة إضافة عامل مساعد.

10. يبين الجدول المجاور بيانات للتفاعل الافتراضي: $X + Y \rightarrow XY$ ، عند درجة حرارة معينة، إذا علمت أن العلاقة بين

التجربة	[Y] M	[X] M	السرعة الابتدائية M/s
1	0.1	0.1	0.1
2	0.2	0.1	0.4
3	0.2	0.2	W

سرعة تفاعل المادة X وتركيزها علاقة خطّ مستقيم متزايد، فأجيب عن الأسئلة الآتية:
أ . أكتب قانون سرعة التفاعل.
ب. أجد قيمة (k) ووحدته.
ج. أحسب قيمة السرعة الابتدائية W في التجربة 3.

11. يبين الجدول المجاور بيانات للتفاعل الافتراضي: $A + B + C \rightarrow$ نواتج عند درجة حرارة معينة:

التجربة	[A] M	[B] M	[C] M	السرعة الابتدائية للتفاعل M/s
1	0.04	0.04	0.03	0.03
2	0.08	0.08	0.03	0.24
3	0.08	0.04	0.03	0.12
4	0.08	0.04	0.06	0.12

أ . أكتب قانون سرعة التفاعل.
ب. أجد قيمة (k)، ووحدته.

12. أختار رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

1. في التفاعل الافتراضي: $2A + 2B \rightarrow 4D$ ، إذا كانت رتبة التفاعل للمادة A = 0، وثابت السرعة $k = 0.1 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ؛

فإن رتبة التفاعل للمادة B تساوي:

- أ . صفرًا. ب . 1 ج . 2 د . 3

2. العبارة الصحيحة مما يأتي في ما يتعلق بالعامل المساعد:

- أ . يزيد من طاقة التنشيط للتفاعل.
ب . يقلل من طاقة المعقّد المنشط.
ج . يقلل المحتوى الحراري للتفاعل.
د . يزيد من طاقة النواتج.

3. عند زيادة مساحة سطح المادة المتفاعلة المُعرّض للتفاعل عند الظروف نفسها، فإن العبارة الصحيحة:

- أ . تقل سرعة التفاعل. ب) يزداد التركيز. ج . تزداد عدد التصادمات الفعّالة. د . تقل درجة الحرارة.

4. إذا كانت طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي 70 kJ وكان التغيّر في المحتوى الحراري 50 kJ -؛ فإن طاقة التنشيط

للتفاعل العكسي تساوي بوحدة kJ:

- أ . 20 ب . 50 ج . 70 د . 120

5. تؤدي زيادة درجة حرارة التفاعل إلى:

- أ . زيادة طاقة التنشيط.
ب . تقليل سرعة التفاعل.
ج . زيادة عدد التصادمات الفعّالة.
د . تقليل متوسط الطاقة الحركية.

6. وُجد في تفاعل افتراضي أن مضاعفة تركيز A مع ثبات تركيز B، لا يؤثر في سرعة التفاعل، وأن مضاعفة تركيز B ثلاث مرات مع ثبات تركيز A ضاعفت سرعة التفاعل تسع مرات. إن قانون سرعة هذا التفاعل:

أ. $R = k [B]^2$ ب. $R = k [A]^1 [B]^1$ ج. $R = k [A]^2 [B]^1$ د. $R = k [A]^2$

7. في تفاعل ما، إذا كانت طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي (70 kJ)، وطاقة التنشيط للتفاعل العكسي (50 kJ)، فإن قيمة التغير في المحتوى الحراري للتفاعل تساوي:

أ. +20 ب. -20 ج. +120 د. -120

8. تفاعل فلز المغنيسيوم مع الماء أبطأ من فلز الصوديوم في الظروف نفسها، ويعود ذلك إلى:

أ. درجة الحرارة. ب. طبيعة المتفاعلات. ج. التركيز. د. العامل المساعد.

التجربة	الزمن S	[A] M	[B] M
1	10	0.1	0.08
2	20	0.06	0.04
3	30

* في تجربة ما، تم الحصول على البيانات الآتية عند درجة حرارة مُعيّنة لتفاعل مادتين A و B وسُجّلت في الجدول المجاور. أتأمل الجدول ثم أجيب عن الفقرتين (9، 10) الآتيتين:

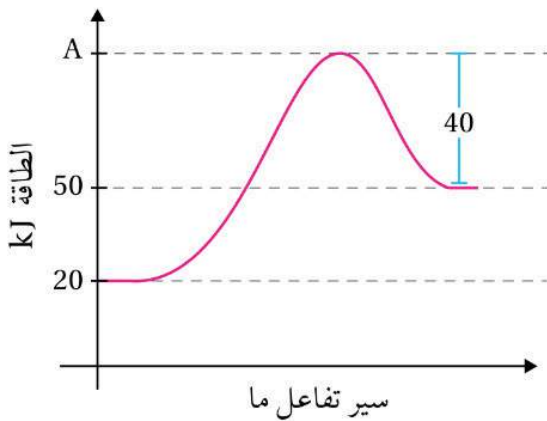
9. سرعة تفاعل المادة A في الفترة الزمنية (10 - 20 s) بوحدة M/s:

أ. 0.4 ب. 0.04 ج. 0.004 د. 0.0004

10. أستنتج: أي التراكيز الآتية يعدّ صحيحاً للمادتين A، و B في التجربة رقم (3)؟

أ. $0.07 = [B]$ ، $0.03 = [A]$ ب. $0.08 = [A]$ ، $0.01 = [B]$
ج. $0.02 = [B]$ ، $0.04 = [A]$ د. $0.08 = [B]$ ، $0.09 = [A]$

13. يُبين الشكل المجاور تغير الطاقة خلال سير التفاعل. أدرس الشكل، ثم أجيب عما يأتي:



ما قيمة كل مما يأتي:

أ. طاقة المعقد المنشط.

ب. التغير في المحتوى الحراري.

ج. طاقة تنشيط التفاعل الأمامي.

د. إذا أُضيف عامل مساعد كتلته 3 g، وانخفضت طاقة المعقد

المنشط بمقدار 10 kJ، فما قيمة طاقة التنشيط للتفاعل

الأمامي بعد إضافة العامل المساعد؟

هـ. ما كتلة العامل المساعد بعد انتهاء التفاعل؟

14. اعتماداً على البيانات في الجدول الآتي لتفاعل ما، ما قيمة الطاقة التي تدل عليها كل من الرموز (أ، ب، ج، د)؟

سير التفاعل	طاقة المواد الناتجة	طاقة المعقد المنشط	طاقة تنشيط التفاعل العكسي	طاقة تنشيط التفاعل الأمامي
من دون عامل مساعد	أ	ب	170	ج
بوجود عامل مساعد	40	150	د	80