

أثر التركيز في سرعة التفاعل وقانون السرعة

إن التغير في تركيز المواد المتفاعلة يغير في سرعة التفاعل فقد عرفت أن التفاعل يكون في أقصاه عندما تكون التراكيز للمنتجات في أعلاه ، لأن زيادة التركيز يؤدي إلى زيادة التصادمات وبالتالي زيادة في السرعة ووجد عملياً أن سرعة التفاعل

تتناسب طردياً مع تراكيز المواد المتفاعلة مرفوعاً لقوى معينة ، سرعة التفاعل $\alpha [A]^x$

للتفاعل التالي $A \rightarrow B$
قانون 1: سرعة التفاعل $K [A]^x$

تدعى العلامة أعلاه بقانون سرعة التفاعل ويطلق على الثابت K بثابت سرعة التفاعل والقوة x برتبة التفاعل وقد تكون (صفر ، 1 ، 2 ، 3 ، ... أو كسر) (نقيدينا رتبة التفاعل في معرفة مدى سرعة التفاعل)

ملاحظات :

- إذا كانت $x = 0$ فهذا يعني أنه بمضاعفة تركيز المادة (تبقى سرعة التفاعل ثابتة).
- إذا كانت $x = 1$ فهذا يعني أن مضاعفة تركيز المادة يؤدي إلى (مضاعفة سرعة التفاعل).
- (التغير في سرعة التفاعل يساوي التغير في تركيز المادة)
- إذا كانت $x = 2$ فهذا يعني أنه بمضاعفة التركيز يؤدي إلى (مضاعفة سرعة التفاعل 4 مرات).
- إذا كانت $x = 3$ فهذا يعني أنه بمضاعفة التركيز يؤدي إلى (مضاعفة سرعة التفاعل 8 مرات).

لاحظ :

- 1- عدم وجود كلمة معدل كما في الدرس السابق (انما سرعة التفاعل فقط)
- 2- دراسة تراكيز المواد المتفاعلة فقط في سرعة التفاعل (تركيز المواد الناتجة لا يؤثر في السرعة)

مثال : في التفاعل الافتراضي التالي : $A \rightarrow B$ ما هي رتبة المادة A في كل من الحالات التالية :

1- مضاعفة تركيز A مرتين ومضاعفة السرعة مرتين ؟

$$2 = x(2) \Leftrightarrow \text{رتبة } A = 1$$

2- مضاعفة تركيز A ومضاعفة السرعة أربع مرات ؟

$$4 = x(2) \Leftrightarrow \text{رتبة } A = 2$$

3- مضاعفة تركيز A ثلاث مرات ومضاعفة السرعة 9 مرات ؟

$$9 = x(3) \Leftrightarrow \text{رتبة } A = 2$$

4- مضاعفة تركيز مرتين ومضاعفة السرعة 8 مرات ؟

$$8 = x(2) \Leftrightarrow \text{رتبة } A = 3$$

◀ قانون 2: (مضاعفت السرعة) = (مضاعفت A) × (مضاعفت B) ν

◀ يستخدم عند ذكر تضاعفات في السؤال واذا ذكر ثبوت تركيز مادة تهمل من القانون او تساوي واحد = 1

للمثال (1): في التفاعل الافتراضي التالي : $A \longrightarrow C$

السرعة الابتدائية مول/لتر.ث	التركيز الابتدائي (مول/لتر)	(رقم التجربة)
1×10^{-6}	0,1	-1
9×10^{-6}	0,3	-2

يكتب قانون سرعة التفاعل $k [A]^x$

(القانون العام) وهنا لا بد من استخدام القسمة ولاستخدام القسمة نعوض قيم التراكيز وسرعة التفاعل لكل تجربة كما يلي:-

$$\text{تجربة (1)} \quad K = 1 \times 10^{-6} \quad K(0,1)$$

$$\text{تجربة (2)} \quad K = 9 \times 10^{-6} \quad K(0,3)$$

$$\frac{K(0,3)}{K(0,1)} = \frac{9 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-6}} \quad \text{بقسمة العلاقتين}$$

$$9 = 3^x \quad \Leftrightarrow$$

$$2 = \text{رتبة } A$$

□ يكتب قانون سرعة التفاعل $k [A]^2$

$$\square \text{ لحساب قيمة ثابت السرعة } k = \frac{1 \times 10^{-6}}{(0,1)^2} = \frac{1 \times 10^{-6}}{10^{-4}} = 10^{-2} \text{ س}^{-1}$$

□ الرتبة الكلية = مجموع الرتب (X + Y)
تعتمد وحدة ثابت سرعة التفاعل على الرتبة الكلية

لاحظ ما يلي :

$$(1) \text{ عندما تكون رتبة التفاعل (1) } k = \frac{\text{سرعة التفاعل}}{\text{تركيز [A]}} = \text{ث}^{-1}$$

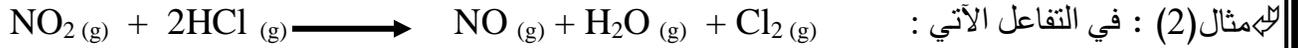
$$(2) \text{ عندما تكون رتبة التفاعل (2) } k = \frac{\text{سرعة التفاعل}}{[A]^2} = \text{لتر}^2/\text{مول}^2 \cdot \text{ث}$$

$$(3) \text{ عندما تكون رتبة التفاعل (3) } k = \frac{\text{سرعة التفاعل}}{[A]^3} = \text{لتر}^3/\text{مول}^3 \cdot \text{ث}$$



◀ رتبة k = لتر⁻¹ / مول⁻¹ . ث

حيث ن الرتبة الكلية للتفاعل وهي مجموع الرتب



رقم التجربة	[NO ₂] مول / لتر	[HCl] مول / لتر	السرعة الابتدائية مول / لتر. ث
1	0,20	0,20	$1,4 \times 10^{-3}$
2	0,40	0,20	$2,8 \times 10^{-3}$
3	0,20	0,40	$2,8 \times 10^{-3}$

أجب عما يلي :

- 1- ما رتبة التفاعل بالنسبة للمادة NO₂
- 2- ما رتبة التفاعل بالنسبة للمادة HCl
- 3- ما الرتبة الكلية للتفاعل
- 4- اكتب قانون السرعة للتفاعل ؟
- 5- احسب قيمة ثابت سرعة التفاعل K ؟

الحل :

1- لإيجاد رتبة NO₂ نأخذ التجريبتين (1،2) - [HCl] - ثابت :

الصيغة العامة لقانون س $K = [\text{NO}_2]^x [\text{HCl}]^y$ ، نقسم تجربة 2 / تجربة 1 :

$$\frac{2,8 \times 10^{-3}}{1,4 \times 10^{-3}} = \frac{(0,40)^x (0,20)^y}{(0,20)^x (0,20)^y} K$$

$$2 = \frac{(0,40)^x}{(0,20)^x} \left(\frac{0,20}{0,20} \right)^y \left(\frac{0,20}{0,20} \right)^y K$$

$$2 = (2)^x \cdot 1 \cdot 1 \Rightarrow x = 1 \text{ إذا رتبة } \text{NO}_2 = 1$$

2- لإيجاد رتبة HCl التجريبتين (3،1) - [NO₂] - ثابت - وبقسمة تجربة 3 / تجربة 1 :

$$\frac{2,8 \times 10^{-3}}{1,4 \times 10^{-3}} = \frac{(0,40)^1 (0,20)^y}{(0,20)^1 (0,20)^y} K$$

$$2 = \frac{(0,40)^1 (0,20)^y}{(0,20)^1 (0,20)^y} K \Rightarrow 2 = 2 \cdot (0,20)^{y-1} \Rightarrow y = 1 \text{ إذا رتبة } \text{HCl} = 1$$

3- الرتبة الكلية للتفاعل = 2

4- سرعة التفاعل $K = [\text{NO}_2]^1 [\text{HCl}]^1$

5- نحسب قيمة K من أي تجربة (مثلاً من رقم 1) ونعوض في قانون السرعة السابق :

$$K = \frac{1,4 \times 10^{-3}}{0,20 \times 0,20} = 3,5 \times 10^{-2} \text{ لتر}^2 / \text{مول}^2 \cdot \text{ث}$$

للمثال (3) : اعتمادا على البيانات الخاصة بالتفاعل : $2A + 3B \rightarrow 3C + 2D$ الواردة في الجدول ، أجب عما يليه:

[A] مول / لتر	[B] مول / لتر	سرعة التفاعل مول / لتر. ث
0,1	0,1	$1,2 \times 10^{-2}$
0,2	0,1	$1,2 \times 10^{-2}$
0,2	0,3	$3,6 \times 10^{-2}$

- 1- ما رتبة التفاعل لكل من A , B ؟
 2- اكتب قانون السرعة للتفاعل ؟
 3- احسب قيمة K للتفاعل مع ذكر وحدته ؟
 4- احسب سرعة التفاعل عندما يكون [A] = 0,01 مول / لتر و [B] = 0,05 مول / لتر ؟
 الحل :

(-1) رتبة A = صفر , رتبة B = 1
 (-2) سرعة التفاعل = $K [B]^1$
 (-3) $K = \frac{1,2 \times 10^{-2}}{10 \times 12^{-2}} = 10^{-1}$ ث⁻¹
 (-4) سرعة التفاعل = $0,05 \times 10^{-2} = 5 \times 10^{-4}$ مول / لتر. ث

للمثال (4) : في التفاعل الافتراضي الآتي : ($A + B \rightarrow 2C$) تم جمع البيانات كما في الجدول :

رقم التجربة	[A] مول / لتر	[B] مول / لتر	السرعة الابتدائية مول / لتر. ث
1	0,01	0,1	6×10^{-5}
2	0,01	0,2	$2,4 \times 10^{-4}$
3	0,02	0,1	$1,2 \times 10^{-4}$

- 1- ما رتبة التفاعل بالنسبة للمادة A ؟
 2- ما رتبة التفاعل بالنسبة للمادة B ؟
 3- اكتب قانون السرعة لهذا التفاعل ؟
 4- احسب قيمة ثابت السرعة (K) ؟
 5- كم مرة تتضاعف سرعة التفاعل عند مضاعفة تركيز A ثلاث مرات وتركيز B مرتين ؟
 الحل :
 (-1) رتبة A = 1
 (-2) رتبة B = 2
 (-3) سرعة التفاعل = $K [A]^1 [B]^2$
 (-4) لحساب قيمة K نعوض من أي تجربة (مثلاً من رقم 1) في قانون السرعة السابق :

$$K = \frac{6 \times 10^{-5}}{(0,1)^2 \times 0,01} = 0,6 \text{ لتر}^2 / \text{مول}^2 \cdot \text{ث}$$

- 5- تضاعفت 12 مرة .
 من خلال قانون التضاعف (مضاعفت السرعة) = (مضاعفت A) ^x × (مضاعفت B) ^y
 $12 = 2^2 \times 3^1 =$
 للمثال (5) : يبين الجدول المجاور بيانات التفاعل الافتراضي $A + 2B \rightarrow 3C$ ، أدرسه ثم أجب عما يليه :

التجربة	[A] مول / لتر	[B] مول / لتر	سرعة استهلاك A
1	0,1	0,1	1×10^{-3}
2	0,2	0,1	4×10^{-3}
3	0,2	0,2	4×10^{-3}
4	س	0,3	9×10^{-3}

- 1- ما رتبة المادة A ؟
 2- ما رتبة المادة B ؟
 3- اكتب قانون سرعة التفاعل ؟
 4- احسب قيمة (K) مع ذكر وحدته ؟
 5- جد تركيز A في التجربة رقم (4) ؟
 الحل :
 (-1) رتبة A = 2
 (-2) رتبة B = صفر
 (-3) $k [A]^2 =$ س

$$4- \quad 0,1 = \frac{3 \cdot 10 \times 1}{2(0,1)} = k \quad \text{مول/لتر} \cdot \text{ث}$$

$$5- \quad 0,3 = [A] \rightleftharpoons [A] \quad 0,1 = 3 \cdot 10 \times 9 = k$$

للـمثال (6) : في التفاعل الآتي : $A + 3B + 2C \longrightarrow X$

التجربة	[A]	[B]	[C]	معدل السرعة
1	0,3	0,4	0,5	$3 \cdot 10 \times 1,2$
2	0,6	0,1	0,6	$3 \cdot 10 \times 1,2$
3	0,6	0,4	0,5	$3 \cdot 10 \times 4,8$
4	0,6	0,8	0,5	$3 \cdot 10 \times 9,6$
5	0,3	0,4	1,5	$3 \cdot 10 \times 1,2$

1- ما رتبة المواد A,B,C ؟

2- أكتب قانون السرعة ؟

3- أوجد قيمة k مع ذكر وحدته ؟

4- كم مرة تتضاعف سرعة التفاعل عند مضاعفة كل من A,B,C مرتين لكل منهما ؟

الحل :

1- رتبة A من التجريبتين (1,3) = 2 لأن B,C ثابتة

رتبة B من التجريبتين (3,4) = 1 لأن A,C ثابتة

رتبة C من التجريبتين (1,5) = صفر

2- $k = [B]^2[A]$ س

$$3- \quad 1 \cdot 10 \times \frac{1}{3} = \frac{3 \cdot 10 \times 1,2}{(0,4)^2(0,3)} = k \quad \text{لتر}^2/\text{مول}^2 \cdot \text{ث}$$

4- 8 مرات

للـمثال (7) : في التفاعل الآتي : $2NO_2(g) + F_2(g) \longrightarrow 2NO_2F(g)$

وُجد أنه عند مضاعفة $[F_2]$ مرتين و $[NO_2]$ ثابت ، تضاعفت السرعة مرتين ، وعند مضاعفة

تركيز كل من NO_2 و F_2 معاً مرتين تضاعفت السرعة (8) مرات :

أجب عما يلي :

1- ما رتبة كل من NO_2 و F_2 ؟

2- اكتب قانون سرعة التفاعل ؟

3- احسب قيمة (K) إذا كانت سرعة التفاعل تساوي $4,2 \cdot 10^{-5}$ مول / لتر. ث ،

عندما يكون $[F_2] = 0,2$ و $[NO_2] = 0,1$ (مول / لتر) ؟

الحل :

$$1- \quad \text{رتبة } F_2 = 1 \quad \text{رتبة } NO_2 = 2 \quad 2 = K \quad \frac{5 \cdot 10 \times 4,2}{(0,1)^2(0,2)} = 3 \cdot 10 \times 21 = k \quad \text{لتر}^3/\text{مول}^2 \cdot \text{ث}$$

للـمثال (8) : من خلال دراستك للتفاعل الافتراضي :



مع بقاء تركيز B ثابت وأن قيمة $K = 3 \cdot 10 \times 2$ لتر/مول.ث :

1- ما رتبة كل من A و B ؟

2- أكتب قانون سرعة التفاعل ؟

3- احسب سرعة التفاعل عندما $[B] = [A] = 0,2$ مول/لتر ؟

الحل :

1- رتبة A = 2 ، رتبة B = صفر (من خلال وحدة k يظهر ان التفاعل ثنائي الرتبة)

$${}^1-10 \times 2 = \frac{{}^3-10 \times 24}{{}^1(0,4) {}^1(0,3)} = K$$

$$\leftarrow \text{س} = {}^1(0,2) {}^1(0,3) \times {}^1-10 \times 2 = {}^3-10 \times 12 = \text{مول/لتر.ث}$$

$${}^1-10 \times 2 = k = \text{لتر/مول.ث} \quad (-3)$$

للهمثال (11) : إعتماًداً على بيانات التفاعل ا الموضحة في الجدول التالي $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \longrightarrow 2\text{NH}_3$ واجب

رقم التجربة	[N ₂] مول/لتر	[H ₂] مول/لتر	سرعة تكون NH ₃ مول/لتر.ث
1	0,3	0,1	$4-10 \times 3$
2	0,4	0,2	$4-10 \times 8$
3	س	0,5	$4-10 \times 5$
4	0,2	0,1	$5-10 \times 20$

- 1- إحسب رتبة N₂ و H₂ ؟ 2- أكتب قانون سرعة التفاعل ؟ 3- إحسب قيمة ثابت السرعة K ؟
4- أوجد قيمة (س) في التجربة رقم (3) ؟

الحل: 1- رتبة N₂ = 1 2- H₂ = 1 3- س = K [N₂]¹ [H₂]¹ 4- 0,01 = K 5- س = 0,1 مول/لتر

للهمثال (12) : في التفاعل العام التالي الذي يتم عند درجة حرارة (100) كلفن :



وجد أنه عند مضاعفة تركيز A أربع مرات تضاعفت السرعة أربع مرات مع ثبوت تركيز B ، ولكن عند مضاعفة تركيز كل من A و B معاً ثلاث مرات تضاعفت السرعة 27 مرة ، أجب عما يلي :

- 1- ما رتبة المادة A ؟
2- ما رتبة المادة B ؟
3- أكتب قانون سرعة التفاعل ؟
4- إذا كان معدل سرعة تكون C = 0,3 مول/لتر.ث فما معدل اختفاء A ؟
- الحل : من خلال قانون التضاعف : (تضاعف السرعة) = (مضاعفت A)^x × (مضاعفت B)^y
- 1- (4) = (4)^x × (1)^y إذا رتبة A = 1 2- رتبة B = 2 3- س = K [A]¹ [B]²
- 4- معدل اختفاء A = $\frac{2}{3} \times$ معدل سرعة تكون C
- \leftarrow معدل سرعة اختفاء A = $0,3 \times \frac{2}{3} = 0,2$ مول/لتر.ث

لهم مثال (13) وزاري 2016 : اعتمادا على البيانات الواردة في الجدول الآتي للتفاعل الافتراضي : $2A + B \longrightarrow 3C$:
أجب عما يلي : فكرة 2

رقم التجربة	[A] مول/لتر	[B] مول/لتر	سرعة استهلاك A مول/لتر.ث
1	0,1	0,1	$2 \cdot 10^{-2}$
2	0,2	0,2	$4 \cdot 10^{-2}$
3	0,2	0,4	$8 \cdot 10^{-2}$

1- ما رتبة التفاعل للمادة A ؟

2- ما رتبة التفاعل للمادة B ؟

3- ما قيمة ثابت السرعة K ؟

4- ما سرعة إنتاج المادة C في التجربة (3) ؟

الحل : لا يمكن حساب رتبة A لان B غير ثابتة

لذلك نحسب رتبة B اولا بقسمة الترتيبين 3 و 2 لان A ثابت فتكون رتبة A = 1 ثم نقسم تجربتين مختلفتين 2 على 1 لنخرج رتبة A فتكون رتبتهما = صفر

لهم مثال (14) في التفاعل التالي $2NO(g) + 2H_2(g) \longrightarrow N_2(g) + 2H_2O(g)$ ، تم جمع البيانات الآتية :

رقم التجربة	[NO] (مول/لتر)	[H ₂] (مول / لتر)	السرعة الابتدائية (مول/ لتر. ث)
1	0,2	0,12	6×10^{-4}
2	0,4	0,24	$2,4 \times 10^{-3}$
3	0,2	0,36	$1,8 \times 10^{-3}$

أجب عما يلي :

1- جد قانون السرعة لهذا التفاعل ؟

2- احسب قيمة K وما وحدته ؟

3- كم مرة تتضاعف سرعة التفاعل عند مضاعفة تركيز H₂ ثلاث مرات وتركيز NO مرتين ؟

ورقة عمل رقم (1)

السؤال الأول :

في التفاعل الافتراضي التالي : $A_2 + B \longrightarrow 2AB$ ، تم الحصول على تغير تركيز A₂ مع الزمن كما يلي :

أجب عما يلي :

[A ₂] مول/لتر	الزمن (ثانية)
0,08	صفر
0,04	2
0,02	4

1- احسب سرعة استهلاك A₂ في الفترة الزمنية (2-4 ث) ؟

2- ماذا تسمى سرعة التفاعل عند الزمن صفر ؟

السؤال الثاني :

في التفاعل :
 $2\text{NO} + 2\text{H}_2 \longrightarrow \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
إذا كان معدل استهلاك NO = 0,12 مول/لتر.ث ، احسب معدل تكون N_2 ؟

السؤال الثالث :

للتفاعل التالي $A + 2B \longrightarrow C + 3D$ تم تسجيل البيانات الموضحة في الجدول ، ادرسه ثم أجب عن الاسئلة :

رقم التجربة	[A] مول/لتر	[B] مول/لتر	سرعة استهلاك A مول/لتر.ث
١	٠,٢	٠,١	$١,٧ \times ١٠^{-٣}$
٢	٠,٢	٠,٣	$٥,١ \times ١٠^{-٣}$
٣	٠,٤	٠,٣	$٢,٠٤ \times ١٠^{-٣}$

١- ما رتبة المادة A ؟

٢- ما رتبة المادة B ؟

٣- أكتب قانون سرعة التفاعل ؟

٤- احسب قيمة ثابت السرعة K مع ذكر وحدته ؟

٥- إذا علمت أن سرعة استهلاك A (١×١٠^{-٣} مول/لتر.ث) ، فما سرعة إنتاج المادة D ؟

السؤال الرابع :

في التفاعل $2A + 3B \longrightarrow A_2B_3$ وجد أن مضاعفة تركيز A ثلاث مرات أدت إلى مضاعفة سرعة التفاعل ثلاث

مرات عند ثبوت [B] ، وأن مضاعفة تركيز كل من A ، B معاً بمقدار مرتين لكل منهما تضاعفة سرعة التفاعل 8 مرات :

١- أحسب رتب A ، B ؟

٢- إذا كانت سرعة التفاعل = 3,2 مول/لتر.ث ، عندما [B] = [A] = 0,2 مول/لتر ، احسب K ؟

الفصل الثاني : العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل

- 1- تراكيز المواد المتفاعلة
- 2- طبيعة المواد المتفاعلة (مساحة سطح المواد المتفاعلة)
- 3- درجة الحرارة
- 4- العوامل المساعدة

☑ ملاحظة : في التفاعلات الغازية فإن زيادة الضغط (أي نقصان الحجم) يزيد من سرعة التفاعل .

أولاً : تركيز المواد المتفاعلة :

العلاقة بين سرعة أي تفاعل وتركيز المواد المتفاعلة هي علاقة **طرديّة** دائماً: أي كلما زاد تركيز المواد المتفاعلة فإن سرعة التفاعل تزداد , وكلما قل تركيز المواد المتفاعلة فإن سرعة التفاعل تقل .

سؤال : ما سبب زيادة سرعة التفاعل بزيادة تراكيز المواد المتفاعلة؟

☞ بسبب زيادة عدد جزيئات المواد المتفاعلة مما يزيد من فرص تصادمها معاً فتزداد عدد التصادمات الفعالة وسرعة التفاعل.

ثانياً : طبيعة المواد المتفاعلة (مساحة سطح المواد المتفاعلة المعرضة للتفاعل) :

إن الحالة الفيزيائية للمادة تؤثر في سرعة التفاعل فالمحاليل المائية تتفاعل معاً بسرعة أكبر من المواد الصلبة وكما سحقت المادة الصلبة إلى مساحيق ناعمة كلما زادت سرعة التفاعل .

☐ برادة الحديد تصدأ بشكل أسرع من نفس الكمية من سلك الحديد معرض للهواء والرطوبة .

◀ علل : تحترق نشارة الخشب بسرعة أكبر من قطعة الخشب بنفس الكتلة ؟

☞ لأن **مساحة السطح** بين نشارة الخشب والأكسجين أكبر من الحالة الأخرى وتكون سرعة التفاعل أعلى .

ملاحظة : الغاز < السائل < الصلب ، من حيث السرعة .

والمسحوق (البودرة) أسرع من البلورات .

ثالثاً : درجة الحرارة :

إن زيادة درجة الحرارة تزيد من سرعة التفاعل الكيميائي وهذا واضح عند التعامل مع المواد الغذائية فنحن نزيد من سرعة تتفاعل أثناء الطبخ ونقل من سرعة التفاعل عند وضع المادة الغذائية في الثلاجة حيث تقل درة الحرارة ، وإن التفاعلات حينها سواء كانت ماصة أم طاردة للحرارة فإن سرعة التفاعل تزداد بزيادة درجة الحرارة ، ويمكن مشاهدة أثر درجة الحرارة عند إضافة اليود إلى محلول النشا حيث يظهر اللون الأزرق عند تسخين المحلول أسرع من وضع قطع من الثلج حول الإناء.

◀ أما تفسير الحالات السابقة (التركيز ، مساحة السطح ، درجة الحرارة) فيتم عن طريق نظرية التصادم !

نظرية التصادم

◀ ما هي فروض نظرية التصادم ؟

- 1- أن يحدث تصادم بين دقائق المواد المتفاعلة
 - 2- سرعة التفاعل الكيميائي تتناسب طرديا مع عدد التصادمات الحاصلة بين دقائق المواد المتفاعلة في وحدة الزمن
 - 3- أن يكون التصادم فعال
- ◀ ما هي شروط التصادم الفعال ؟

- 1- أن يكون اتجاه التصادم مناسب
- 2- أن تمتلك الجزيئات المتصادمة حد أدنى من الطاقة يكفي لكسر الروابط في المواد المتفاعلة وتكوين روابط جديدة تؤدي الى تكوين النواتج عند اصطدامها يطلق عليها اسم طاقة التنشيط .

فسر : أثر زيادة تركيز المواد المتفاعلة على سرعة التفاعل حسب نظرية التصادم ؟

☞ لأنه كلما زاد التركيز كلما زادت عدد الجزيئات وبالتالي تزداد عدد التصادمات الفعالة وبالتالي تزداد سرعة التفاعل .

فسر : أثر زيادة مساحة سطح المواد المتفاعلة على سرعة التفاعل حسب نظرية التصادم ؟

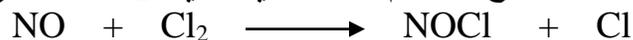
☞ لأنه كلما زادت مساحة السطح المعرض للتفاعل كلما زادت عدد الجزيئات المتصادمة وبالتالي تزداد عدد التصادمات الفعالة وبالتالي تزداد سرعة التفاعل .

س : ما هي العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل :

- 1- تركيز المواد المتفاعلة
- 2- طبيعة المادة المتفاعلة
- 3- مساحة سطح المواد المتفاعلة في الحالة الصلبة
- 4- درجة الحرارة

س) فسر تفاعل الصوديوم اسرع من المغنيسيوم مع الماء ؟
تختلف طبيعة المادة وفق

□ والآن نوضح التصادم الفعال الذي يؤدي الى تكوين نواتج ، ففي التفاعل التالي :



يكون التصادم الصحيح بين جزيئات المواد المتفاعلة كالتالي :



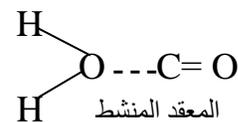
يجب أن تصدم ذرة النيتروجين المركزية مع ذرة الكلور لينتج تصادم فعال يؤدي الى تكوين نواتج .

بالتالي المعقد المنشط :

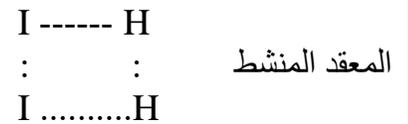


□ ملاحظة : التصادم الفعال هو نفسه المعقد المنشط .

سؤال : وزراي 2011 : ارسم التصادم الفعال (المعقد المنشط) في التفاعل التالي :

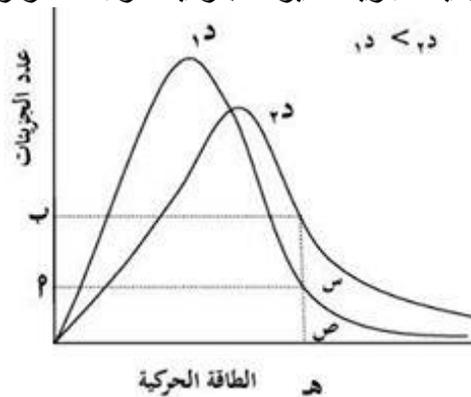


مثال(1): ارسم التصادم الفعال في التفاعل التالي : $2HI \longrightarrow H_2 + I_2$



مثال(2): أرسم المعقد المنشط للتفاعل التالي : $2AB \longrightarrow A_2 + B_2$

* من خلال فرضيات نظرية التصادم كيف يمكن تفسير أثر درجة الحرارة على سرعة التفاعل؟
 عند زيادة درجة الحرارة فإن عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة التنشيط أو أعلى يزداد وبالتالي يزداد عدد التصادمات التي تؤدي إلى تفاعل (فعال) وهذا يزيد من سرعة التفاعل .
 درست من خلال فرضيات نظرية الحركة الجزيئية أن تتوزع الطاقة الحركية على الجزيئات ينسجم مع منحنى ماكسويل-بولتزمان ، وأن معدل الطاقة الحركية للجزيئات يزداد بازدياد درجة الحرارة .



- (أ) عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة تنشيط عند د 1 (ب) عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة تنشيط عند د 2
 (س) المساحة المحصورة تحت د 2 ، تمثل عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة تنشيط أو أعلى منها عند د 2
 (ص) المساحة المحصورة تحت د 1 ، وتمثل عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة تنشيط أو أعلى منها عند د 1
 (هـ) طاقة التنشيط (Ea)

ملاحظات :

- 1- العلاقة بين طاقة التنشيط وسرعة التفاعل علاقة عكسية
- 2- كل تفاعل كيميائي له طاقة تنشيط خاصة به
- 3- طاقة التنشيط لا تتأثر بدرجة الحرارة .

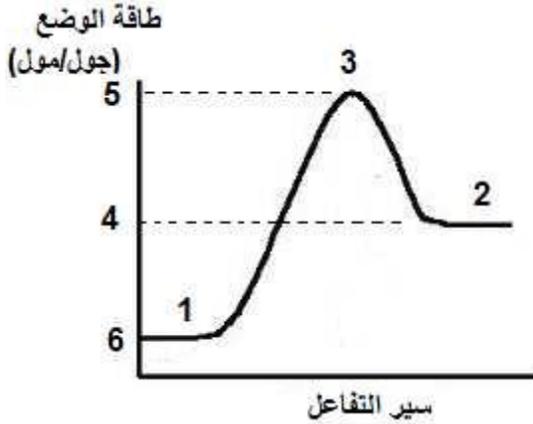
العلاقة بين طاقة التنشيط والتغير في المحتوى الحراري للتفاعل

تقسم التفاعلات حسب التغير في المحتوى الحراري الى قسمين هما :
 1- تفاعل ماص للطاقة
 2- تفاعل طارد للطاقة

أولاً التفاعل الماص للطاقة :

هو التفاعل الذي يحتاج الى طاقة حتى يتم وتكتب كلمة طاقة مع المواد المتفاعلة أو رقماً أو كتابة كما يلي :
 $2AB + 40 \text{ كيلوجول/مول} \longrightarrow A_2 + B_2$ أو $2AB + \text{طاقة} \longrightarrow A_2 + B_2$

ملاحظة : الرقم 40 كيلوجول/مول يمثل التغير في المحتوى الحراري .
 التغير في المحتوى الحراري $\Delta H = \text{طاقة الوضع الناتج} - \text{طاقة الوضع المتفاعلات}$
 $\Delta H = \text{نواتج} - \text{متفاعلات}$



□ لاحظ في الشكل المجاور :

- (1) المواد المتفاعلة
- (2) المواد الناتجة
- (3) المعقد النشط
- (4) طاقة وضع المواد الناتجة
- (5) طاقة وضع المعقد النشط
- (6) طاقة وضع المواد المتفاعلة

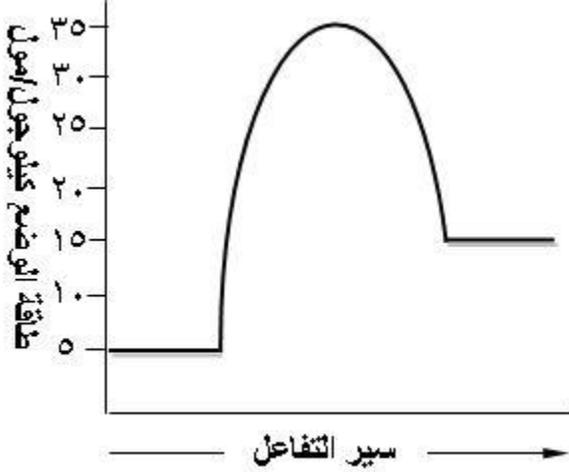
☑ ملاحظات :

- ✓ طاقة تنشيط التفاعل الأمامي أكبر من طاقة التنشيط للتفاعل العكسي .
- ✓ طاقة وضع المواد الناتجة أكبر من طاقة وضع المواد المتفاعلة .
- ✓ ΔH : تكون موجبة لأن الطاقة المخزونة في المواد الناتجة أكبر من الطاقة المخزونة في المواد المتفاعلة (كبير - صغير = موجب)

- ✓ طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي = طاقة التنشيط للتفاعل العكسي + ΔH .
 - ✓ طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي = طاقة وضع المعقد النشط - طاقة وضع المتفاعلات
 - ✓ طاقة التنشيط للتفاعل العكسي = طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي - ΔH .
 - ✓ طاقة التنشيط للتفاعل العكسي = طاقة وضع المعقد النشط - طاقة وضع النواتج .
- $\Delta H = \text{نواتج} - \text{متفاعلات}$

*** ΔH اما موجبة وتعني تفاعل ماص للطاقة , واما سالبة وتعني تفاعل طارد للطاقة.

مثال (1) : أدرس منحنى تفاعل ما ثم أجب عن الاسئلة التي تليه :

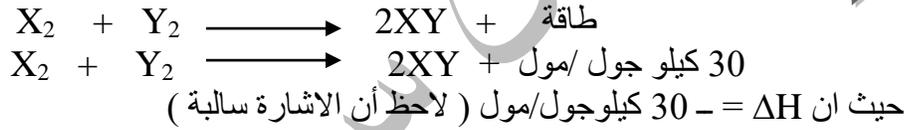


- 1- ما قيمة طاقة وضع المعقد النشط ؟
- 2- ما قيمة طاقة وضع النواتج ؟
- 3- ما قيمة طاقة وضع المتفاعلات ؟
- 4- احسب مقدار التغير في المحتوى الحراري ΔH ؟
- 5- ما قيمة طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي ؟
- 6- ما قيمة طاقة التنشيط للتفاعل العكسي ؟

الحل :

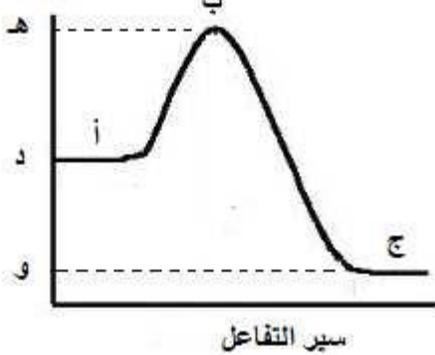
35(-1) 15(-2) 5(-3) 4(-4) 10(-5) 30(-6) 20(-6)

ثانياً التفاعل الطارد للطاقة : هو التفاعل الذي يرافقه انبعاث طاقة ويمكن التعبير عنه كما يلي في المعادلة الافتراضية :



طاقة الوضع

(كيلوجول/مول)



☑ لاحظ الشكل المجاور :

$\Delta H =$ سالبة (و - د)

(كبير - صغير)

طاقة التنشيط للتفاعل العكسي = طاقة التنشيط الأمامي + ΔH

* طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي = طاقة التنشيط العكسي - ΔH

* طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي = هـ - د .

* طاقة التنشيط للتفاعل العكسي = هـ - و .

* $\Delta H =$ طاقة التنشيط للتفاعل العكسي - طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي .

* $\Delta H =$ و - د

مثال (2) : في التفاعل الآتي : حرارة $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ إذا علمت أن : طاقة الوضع للمواد المتفاعلة = 150 كيلو جول ، طاقة الوضع للمواد الناتجة = 60 كيلو جول . طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي = 20 كيلو جول ، أجب عما يأتي :

- 1- ما قيمة ΔH للتفاعل ؟
 - 2- ما قيمة طاقة الوضع للمعقد المنشط ؟
 - 3- ما قيمة طاقة التنشيط للتفاعل العكسي؟
 - 4- هل التفاعل طارد أو ماص للطاقة ؟
 - 5- ما أثر رفع درجة الحرارة على سرعة التفاعل العكسي ؟ (تزداد ، تبقى ثابتة ، تقل) ؟
 - 6- ما أثر زيادة ضغط كل من H_2 و N_2 على سرعة إنتاج NH_3 ؟ (تزداد ، تبقى ثابتة ، تقل) ؟
- الحل :

1- $H\Delta =$ طاقة وضع المواد الناتجة - طاقة وضع المواد المتفاعلة

$$H\Delta = 150 - 60 = 90 \text{ كيلو جول}$$

2- طاقة وضع المعقد المنشط = طاقة وضع المواد المتفاعلة + E_a أمامي

$$170 = 20 + 150 = \text{طاقة وضع المعقد المنشط}$$

3- E_a عكسي = طاقة معقد منشط - طاقة وضع النواتج

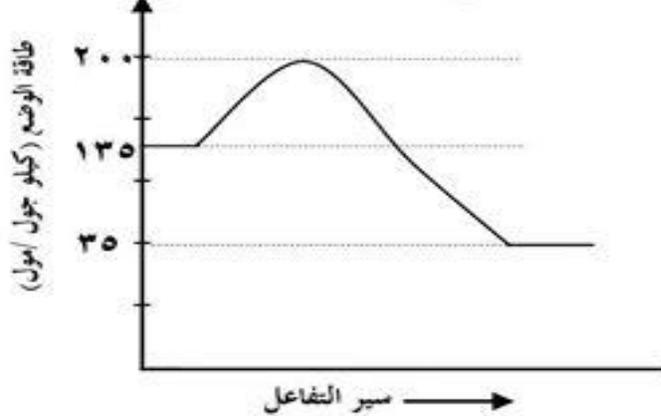
$$E_a \text{ عكسي} = 60 - 170 = 110 \text{ كيلو جول}$$

6- (تزداد)

5- (تزداد)

4- (طارد للطاقة)

للهمثال (3) : الشكل التالي يمثل مخطط سير التفاعل $A + B \longrightarrow C$ ، ثم أجب عما يليه :



1- إحسب قيمة المحتوى الحراري ($H\Delta$) ؟

2- ما قيمة طاقة التنشيط للتفاعل الامامي ؟

3- ما قيمة طاقة التنشيط للتفاعل العكسي ؟

4- هل التفاعل طارد أم ماص ؟

للحل :

1- (100-) كيلو جول/مول 2- 65 كيلو جول/مول 3- 165 كيلو جول/مول 4- طارد

□ ما العلاقة بين طاقة التنشيط وسرعة التفاعل ؟

علاقة عكسية كلما زادت طاقة التنشيط قلت سرعة التفاعل .

* ماذا يحدث لطاقة التنشيط بزيادة درجة الحرارة ؟ لا تتأثر طاقة التنشيط بزيادة درجة الحرارة بل إن عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة تنشيط عالية تزداد .

العوامل المساعدة :

رابعاً

يتحلل فوق أكسيد الهيدروجين $2H_2O_2$ إلى ماء وأوكسجين حسب المعادلة $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$

وهو بطيء في درجات الحرارة العادية ويمكن تتبع التفاعل بجمع كمية الأوكسجين الناتج وقد ثبت بالتجربة أن جمع (50مل)

من الأوكسجين يستغرق ما يقارب من (500 يوم) ولكن عند إضافة (1غ) من مادة أوكسيد المنغنيز $(MnO_2)(IV)$ أو مادة

يوريد البوتاسيوم (KI) إلى فوق أكسيد الهيدروجين في درجات الحرارة العادية فإنه يمكن جمع نفس الكمية من الأوكسجين في

دقائق معدودة دون تأثر كتلة (MnO_2) المضافة .

وضّح المقصود بالعامل المساعد ؟

هو مادة تزيد من سرعة التفاعل الكيميائي دون أن تستهلك في أثناء التفاعل .
 لماذا نستخدم العوامل المساعدة ؟

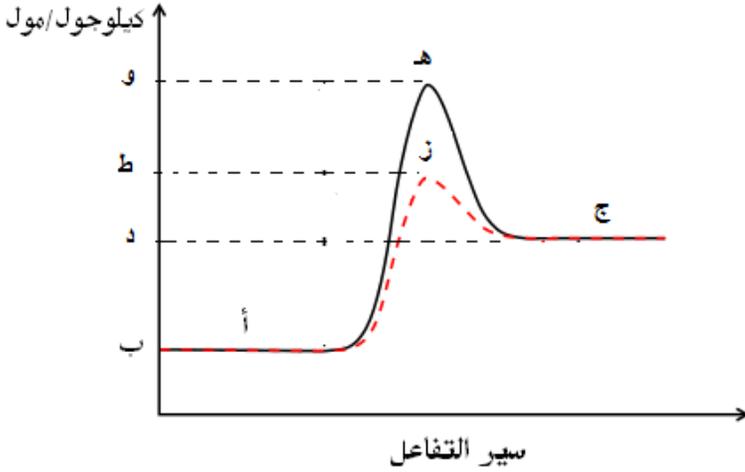
لتقليل زمن التفاعل وزيادة سرعة الإنتاج عن طريق تقليل طاقة التنشيط للتفاعل

آلية عمل الأنزيم في التفاعل :

E_a : تمثل طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي بدون وجود العامل المساعد

E_a^* : تمثل طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي بوجود العامل المساعد

طاقة الوضع



لاحظ الشكل التالي :

أدرس المنحنى التالي ثم اذكر ما تشير اليه الرموز المبينة :

أ- المتفاعلات

ب- طاقة وضع المتفاعلات

ج- النواتج

د- طاقة وضع النواتج

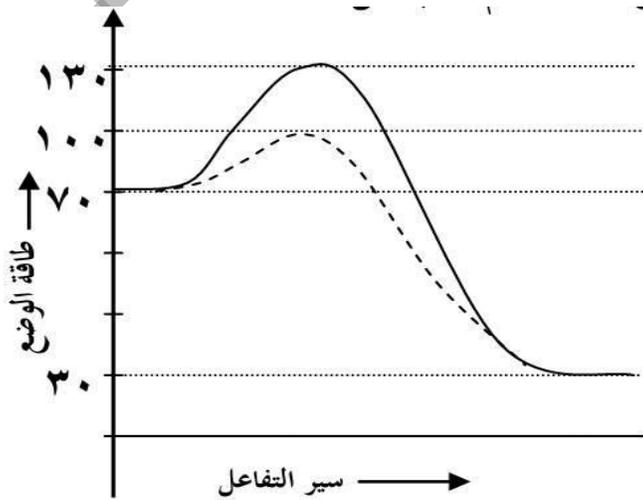
هـ- المعقد المنشط بدون عامل مساعد

و- طاقة وضع المعقد المنشط بدون عامل مساعد

ط- طاقة وضع المعقد المنشط باستخدام عامل مساعد

ز- المعقد المنشط باستخدام عامل مساعد

مثال (4) : الشكل التالي يمثل منحنى طاقة وضع التفاعل $A_2 + B_2 \rightarrow 2AB$ أدرسه جيدا ثم أجب عما يليه :



1- ما قيمة طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي بدون عامل مساعد ؟ $60 = 70 - 130$

2- ما قيمة طاقة التنشيط للتفاعل العكسي مع عامل مساعد ؟ $70 = 30 - 100$

2- ما قيمة طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي مع عامل مساعد ؟ $30 = 70 - 100$

4- ما قيمة طاقة وضع المعقد المنشط بدون عامل مساعد ؟ 130

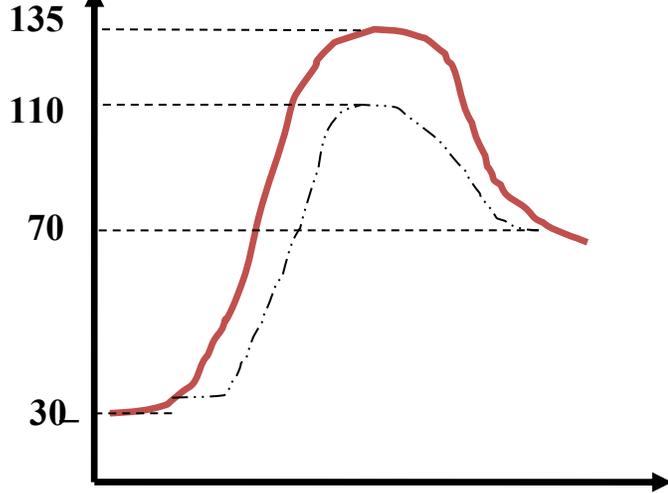
5- احسب قيمة المحتوى الحراري $H\Delta$ ؟ $30 - 70 = 40$

6- ارسم المعقد المنشط ؟ A B

: :

A B

للمثال (5) : للتفاعل $NO + Cl_2 + \text{حرارة} \rightarrow NOCl + Cl$ ادرس منحنى طاقة الوضع (كيلو جول/مول) خلال سير التفاعل :



1- ما قيمة كل :

(أ) طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي بدون عامل مساعد؟

(ب) طاقة المعقد المنشط بوجود عامل مساعد؟

(ج) التغير في المحتوى الحراري ؟

(د) طاقة التنشيط للتفاعل العكسي بوجود عامل مساعد؟

2- هل التفاعل ماص أم طارد للحرارة ؟

3- ما أثر إضافة العامل المساعد على طاقة وضع النواتج ؟

الحل: (أ) $135 - (30) = 105$

(ب) 110

(ج) $30 - 70 = -40$

(د) 40

(2) ماص (3) لا يؤثر وتبقى ثابتة

للمثال (6) : إذا كانت قيم الطاقات (كيلو جول/مول) لتفاعل ما هي :

المواد المتفاعلة (40) ، $H\Delta$ للتفاعل (-75) ، طاقة التنشيط للتفاعل العكسي بعدم وجود العامل المساعد (135)

مقدار النقصان في المعقد المنشط عند استخدام العامل المساعد (30) جد :

أ- قيمة طاقة وضع المواد الناتجة ؟

ب- قيمة طاقة وضع المعقد المنشط بوجود عامل مساعد ؟

ج- قيمة طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي بوجود عامل مساعد ؟

د- ما أثر العامل المساعد في طاقة وضع المعقد المنشط ؟

الحل :

أ- (35) كيلو جول/مول ب- 70 كيلو جول/مول ج- 30 كيلو جول/مول د- يقل

للمثال (7) : للتفاعل التالي $H_2 + F_2 \rightarrow 2HF$ باستخدام العامل المساعد ودون استخدام العامل المساعد :

إذا علمت :

- طاقة وضع النواتج = 43 كيلو جول/مول

- المحتوى الحراري = -57 كيلو جول/مول

- مقدار الانخفاض في طاقة المعقد المنشط = 15 كيلو جول/مول

- طاقة وضع المعقد المنشط دون استخدام العامل المساعد = 160 كيلو جول/مول

أجب عما يلي :

- ١- ما قيمة طاقة وضع المتفاعلات ؟
- ٢- ما قيمة طاقة التنشيط التفاعل الأمامي باستخدام العامل المساعد ؟
- ٣- ما قيمة طاقة التنشيط التفاعل العكسي دون استخدام العامل المساعد ؟
- ٤- أرسم بناء المعقد المنشط للتفاعل ؟
- ٥- أيهما أسرع تكون HF أم تفككه ؟
- ٦- ما أثر إضافة العامل المساعد على المحتوى الحراري ΔH (تزداد ، تقل ، تبقى ثابتة) ؟

مثال (8) : في التفاعل الافتراضي التالي : $A_2 + B_2 \longrightarrow 2AB + 40$ كيلوجول/مول
إذا علمت :

- ❖ طاقة وضع النواتج = 20 كيلوجول/مول
- ❖ طاقة وضع المعقد المنشط بوجود عامل مساعد = 90 كيلوجول/مول
- ❖ طاقة التنشيط للتفاعل العكسي بدون عامل مساعد = 110 كيلوجول/مول

- 1- ما قيمة طاقة وضع المتفاعلات ؟
 - 2- ما قيمة طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي بوجود عامل مساعد ؟
 - 3- ما قيمة طاقة التنشيط للتفاعل العكسي بوجود عامل مساعد ؟
 - 4- ما قيمة طاقة وضع المعقد المنشط بدون عامل مساعد ؟
- الحل () :

1- 60 2- 30 3- 70 4- 130

مثال (9) : اعتماداً على الجدول التالي الذي يبين بعض قيم الطاقة لسير تفاعل ما بوجود عامل مساعد وبدونه ، أجب عما يليه :

طاقة التنشيط		طاقة وضع المعقد المنشط	طاقة الوضع		سير التفاعل
الأمامي	العكسي		المواد المتفاعلة	المواد الناتجة	
م	ن	150	15	60	بوجود عامل مساعد
175	ل	ص	15	س	بدون عامل مساعد

أجب عما يلي :

- 1- هل التفاعل طارد أم ماص ؟
- 2- أيهما أسرع التفاعل الأمامي أم العكسي ؟
- 3- احسب قيمة المحتوى الحراري ΔH ؟
- 4- ما قيمة كل من الرموز التالية : س ، ص ، ن ، ل ، م ؟

الحل :

١- طارد ٢- الأمامي ٣- 45- 4- س : 60 ، ص : 190 ، ن : 90 ، ل : 130 ، م : 135

واجب

مثال (10) : في التفاعل الافتراضي التالي الذي يتم عند درجة حرارة معينة :-



إذا علمت أن :

- ❖ المحتوى الحراري للتفاعل = ٣٥ كيلو جول/مول
- ❖ طاقة وضع المعقد المنشط بوجود عامل مساعد = ١١٥ كيلو جول/مول
- ❖ طاقة التنشيط للتفاعل العكسي بدون عامل مساعد = ٧٠ كيلو جول/مول
- ❖ طاقة وضع المواد الناتجة = ٥٥ كيلو جول/مول

أجب عما يلي :

- ١- ما هي قيمة طاقة وضع المواد المتفاعلة ؟
 - ٢- ما هي قيمة طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي بوجود العامل المساعد ؟
 - ٣- ما قيمة طاقة التنشيط للتفاعل العكسي بوجود العامل المساعد ؟
 - ٤- ما هو النقص في طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي نتيجة استخدام العامل المساعد ؟
 - ٥- ما أثر العامل المساعد على طاقة وضع النواتج (تقل ، تزداد ، تبقى ثابتة) ؟
 - ٦- أرسم التصادم الفعّال للتفاعل ؟
- الحل:

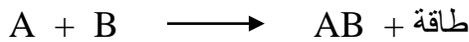
ملخص التفاعلات الطاردة والماصة للطاقة

علاقة طاقة التنشيط بالتغير في المحتوى الحراري للتفاعل ΔH

(H: طاقة الوضع "جول أو كيلو جول")

التفاعل الطارد

إشارة ΔH سالبة

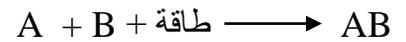


التفاعل الأمامي أسهل من العكسي

أو تكون AB أسهل من تفككه

التفاعل الماص

إشارة ΔH موجبة



التفاعل العكسي أسهل من الأمامي

أو تفككه AB أسهل من تكونه .

للإجابة على سؤال : ملخص هام جداً :

التأثير في	استخدام العامل المساعد	زيادة درجة الحرارة
المحتوى الحراري للتفاعل	تبقى ثابتة	تبقى ثابتة
طاقة وضع المتفاعلات	تبقى ثابتة	تبقى ثابتة
طاقة وضع النواتج	تبقى ثابتة	تبقى ثابتة
طاقة وضع المعقد النشط	تقل	تبقى ثابتة
طاقة التنشيط (أمامي ، عكسي)	تقل	تبقى ثابتة
زمن التفاعل	يقل	يقل
وضع الاتزان	يبقى ثابت	يبقى ثابت
عدد التصادمات الفعالة	يزداد	يزداد
سرعة التفاعل (أمامي ، عكسي)	يزداد	تزداد

**** تطبيقات حياتية :

تعمل الانزيمات على خفض طاقة التنشيط للتفاعلات وتسريع العمليات الحيوية وتنظيمها .
س: اذكر امثلة على انزيمات وعملها في جسم الانسان ؟
الحل : 1- انزيم الاميليز: يعمل على تحليل النشا الى سكريات ثنائية
2- الانزيمات الهاضمة : تفرزها المعدة وتساعد على هضم الطعام .
تعمل بعض المضادات الحيوية على تعطيل الانزيمات في اجسام مسببات الامراض مما يؤثر في بعض عملياتها الحيوية مسبب الموت لها .

**** يتبع اسئلة وزارية****

**** لا تنسى عزيزي الطالب ان حل الاسئلة الوزارية خلف كل وحدة مقياس لمدى استيعابك ****