أولاً : نظرية التصادم

وضعت هذه النظرية لتفسير كيفية حدوث التفاعل الكيميائي و فهم أثر العوامل المختلفة المؤثرة في سرعة حدوثه .

فرضيات نظرية التصادم :

الافتراض الأول : ينص على أن التصادم بين دقائق المواد المتفاعلة شرط أساسي لحدوث التفاعل الكيميائي.

وهذا يعني عدم حدوث تفاعل بين المواد دون حدوث تصادم بين دقائقها .

الافتراض الثاني : ينص على سرعة التفاعل الكيميائي تتناسب طردياً مع عدد التصادمات بين دقائق المواد المتفاعلة في وحدة الزمن .

فكلما ازداد عدد التصادمات بين دقائق المواد المتفاعلة زادت احتمالية حدوث التفاعل.

الافتراض الثالث : ينص على ضرورة أن يكون التصادم بين دقائق المواد المتفاعلة تصادماً فعالاً لكي يحدث التفاعل .

والتصادم الفعال : هو التصادم الذي يؤدي الى تكوين نواتج وله شرطان :

الشرط الأول : أن يكون اتجاه التصادم الفعال بين المواد المتفاعلة مناسباً ، أي أن تتصادم الدقائق بالإتجاه الصحيح الذي يؤدي إلى تكوين النواتج المطلوبة .

الشرط الثاني : أن تمتلك الدقائق المتفاعلة عند تصادمها حداً أدنى من الطاقة يكفي لكسر الروابط بين ذراتها و تكوين روابط جديدة تؤدي الى تكوين نواتج .

تسمى هذه الطاقة **طاقة التنشيط** ويرمز لها بالرمز **Ea** .

طاقة التنشيط Ea :هي الحد الأدنى من الطاقة الذي يجب توافره للمواد المتفاعلة حتى تتفاعل .

سؤال : ماذا يحدث عند حدوث التصادم الفعال ؟

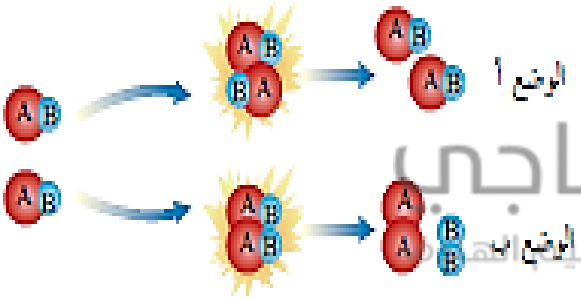
عند حدوث التصادم الفعال تضعف الروابط بين ذرات المواد المتفاعلة و يبدأ تكوين روابط جديدة بين هذه الذرات فيؤدي الى تكوين بناء غير مستقر له طاقة وضع عالية يسمى المعقد المنشط والذي يتفكك ليكون النواتج .

نص نظرية التصادم :

لحدوث تفاعل كيميائي لابد أن يحدث تصادم بين الجزيئات المتفاعلة بحيث تمتلك الجزيئات المتصادمة الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لحدوث تصادم فعال .

أمثلة توضيحية : وضح الاتجاه المناسب لكل من التفاعلات الآتية ، وارسم بناء المعقد المنشط لكل منها .

مثال 1 : $2AB \rightarrow A_2 + B_2$



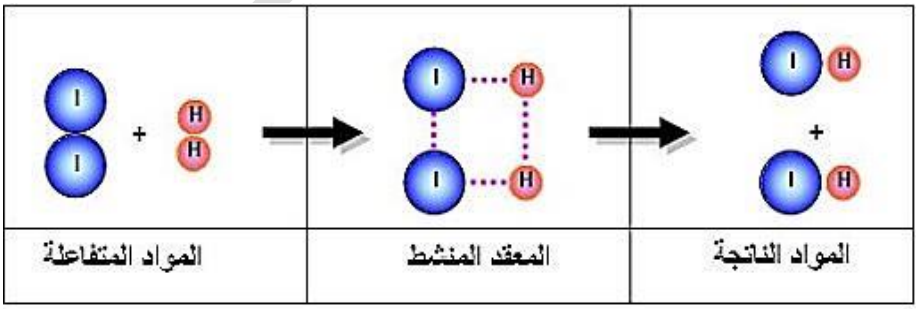
يبين الشكل الآتي التصادمات المحتملة بين جزيئات AB

الوضع أ : تتصادم فيه ذرة A من الجزيء الأول مع ذرة B من الجزيء الثاني فيؤدي الى اعادة تكوين AB و هو المادة المتفاعلة نفسها (أي أن ترتيب الجزيئات المتصادمة غير مناسب) تصادم غير فعال .

الوضع ب : تتصادم فيه ذرة A من الجزيء الأول مع ذرة A من الجزيء الثاني و تتصادم ذرة B مع ذرة B فيؤدي الى تكوين A_2 , B_2 و هي النواتج المطلوبة (و هو الوضع المناسب لحدوث التصادم الذي يؤدي لتكوين نواتج) .

← يمثل الشكل الآتي بناء المعقد المنشط للمثال السابق

مثال 2 : $H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$



ثانياً : علاقة طاقة التنشيط والتغير في المحتوى الحراري للتفاعل

التفاعلات الكيميائية تكون مصحوبة بحدوث تغيرات في الطاقة ولذلك صنفت التفاعلات الكيميائية من حيث حاجتها للطاقة الى :

تفاعلات ماصة للطاقة :	تفاعلات طاردة للطاقة :
هي التفاعلات التي تحتاج إلى طاقة حتى تحدث . مواد ناتجة → طاقة + مواد متفاعلة مثال : تحلل كربونات الكالسيوم بالحرارة $CaCO_3 + 178KJ \rightarrow CaO + CO_2$	هي التفاعلات التي يؤدي حدوثها الى انبعاث كمية من الطاقة . طاقة + مواد ناتجة → مواد متفاعلة مثال : احتراق الميثان $CH_4 + 2O_2 \rightarrow 2H_2O + CO_2 + 889KJ$

منهاجي
متعة التعليم الهادف

✍ أين تخزن الطاقة التي تكسبها التفاعلات الماصة للطاقة ؟

ما مصدر الطاقة التي تنتج من التفاعلات الطاردة للطاقة ؟

طاقة وضع المواد المتفاعلة	طاقة وضع المواد الناتجة
هي الطاقة المخزنة في المواد المتفاعلة (أو المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة) ويرمز لها بالرمز H المواد المتفاعلة	هي الطاقة المخزنة في المواد الناتجة (أو المحتوى الحراري للمواد الناتجة) ويرمز لها بالرمز H المواد الناتجة .

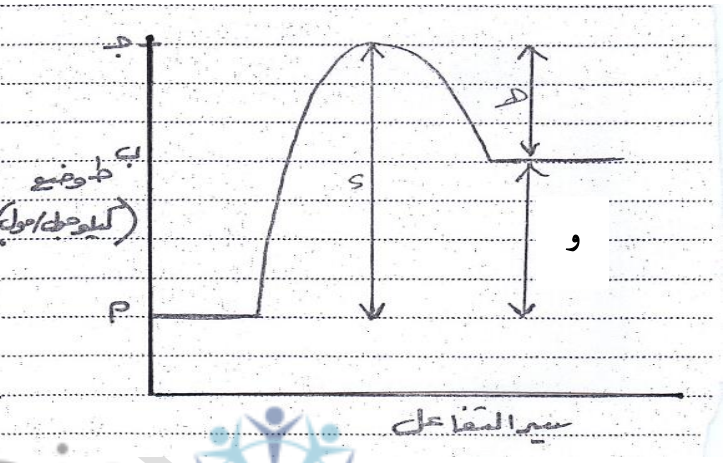
التغير في المحتوى الحراري للتفاعل ΔH هو الطاقة المصاحبة للتفاعل .

ΔH = ط وضع النواتج – ط وضع المتفاعلات

في التفاعل الماص	في التفاعل الطارد
ΔH موجبة	ΔH سالبة

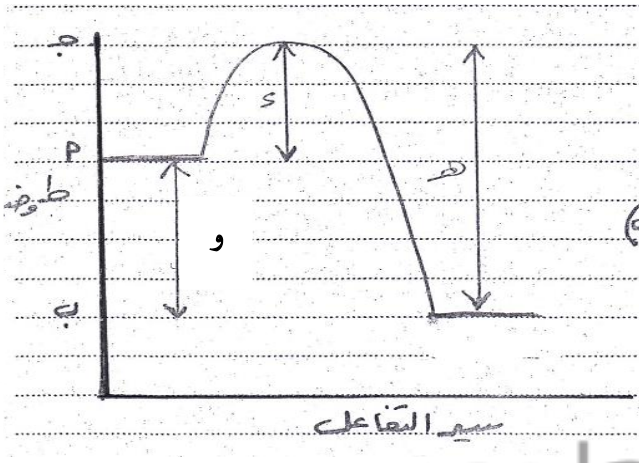
التفاعل الماص

ط وضع المتفاعلات < ط وضع النواتج



التفاعل الطارد

ط وضع المتفاعلات > ط وضع النواتج



منهاجي
متعة التعليم الهادف

أ- طاقة وضع المتفاعلات .

ب- طاقة وضع النواتج .

ج- طاقة وضع المعقد المنشط .

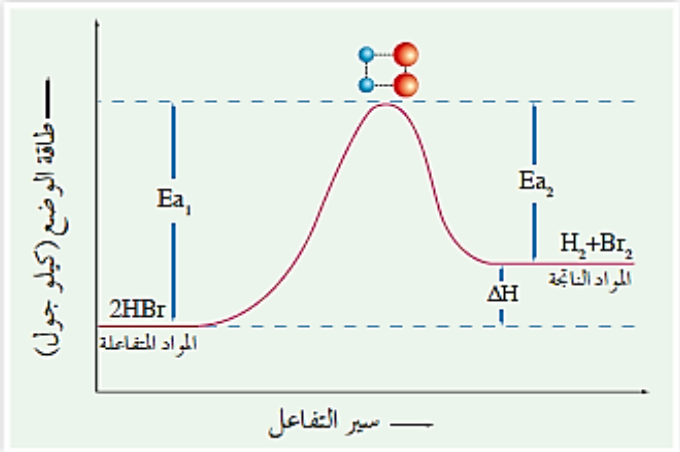
د- طاقة التنشيط Ea للتفاعل الأمامي (للمتفاعلات) = ج – أ .

هـ- طاقة التنشيط Ea للتفاعل العكسي (للنواتج) = ج – ب .

و- ΔH (حرارة التفاعل ، التغير في المحتوى الحراري) = ب – أ = د – هـ .

سؤال : ادرس الشكل أدناه الذي يبين منحنى طاقة الوضع للتفاعل الآتي . $2HBr \rightleftharpoons H_2 + Br_2$

ثم أجب عن الأسئلة التي تليه :



1- حدد نوع التفاعل (ماص أم طارد)

ماص للطاقة .

2- أيهما طاقة وضعه أعلى المواد المتفاعلة أم المواد الناتجة .

طاقة وضع المواد الناتجة أعلى .

3- ما التغيرات التي طرأت على طاقة وضع المواد المتفاعلة أثناء سير التفاعل ؟

تزداد أثناء سير التفاعل بسبب تصادمها حتى تصل الى أعلى قيمه لها تسمى طاقة وضع المعقد المنشط .

4- اكتب صيغة المعقد المنشط في التفاعل .

5- على ماذا يدل الرمز Ea_1 ؟ طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي

(الطاقة التي تكتسبها المواد المتفاعلة للوصول الى طاقة وضع المعقد المنشط).

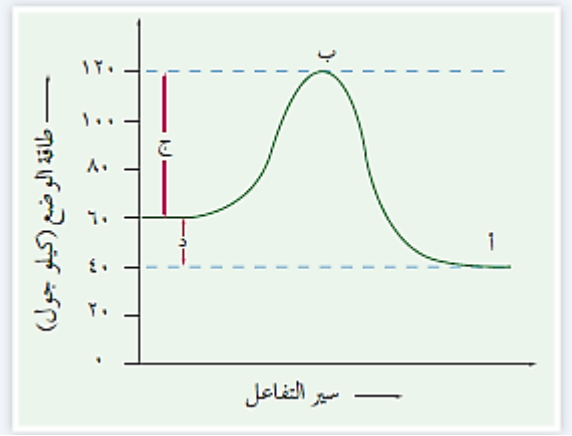
6- على ماذا يدل الرمز Ea_2 ؟؟ طاقة التنشيط للتفاعل العكسي

(الفرق بين طاقة وضع المعقد المنشط و طاقة وضع المواد الناتجة)

ملاحظه مهمة :

في التفاعلات الطاردة للطاقة تكون طاقة وضع المواد الناتجة أقل من طاقة وضع المواد المتفاعلة ، لذلك تكون اشارة ΔH سالبة .

سؤال : ادرس الشكل الآتي الذي يمثل سير التفاعل الافتراضي الآتي : AB € A + B



1-حدد ما تشير اليه الرموز (أ ، ب ، ج ، د).

2-ما مقدار طاقة وضع المعقد المنشط

3-ما مقدار طاقة وضع المواد المتفاعلة .

4-ما قيمة التغير في المحتوى الحراري ΔH للتفاعل

5-هل التفاعل ماص للطاقة أم طارد لها .

6-ما مقدار طاقة التنشيط للتفاعل العكسي .

7-ما مقدار طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي .

ج) 1- أ) المواد الناتجة ب) حالة المعقد المنشط

ج) طاقة تنشيط التفاعل الأمامي (Ea1) د) التغير للمحتوى الحراري ΔH

منهاجي
متعة التعليم الهادف

2- طاقة وضع المعقد المنشط = KJ 120

3- طاقة وضع المواد المتفاعلة = KJ 60

4- التغير في المحتوى الحراري ΔH = 60 – 40 = –20 KJ

5- التفاعل طارد للطاقة

6- طاقة التنشيط للتفاعل العكسي = 120 – 40 = 80 KJ

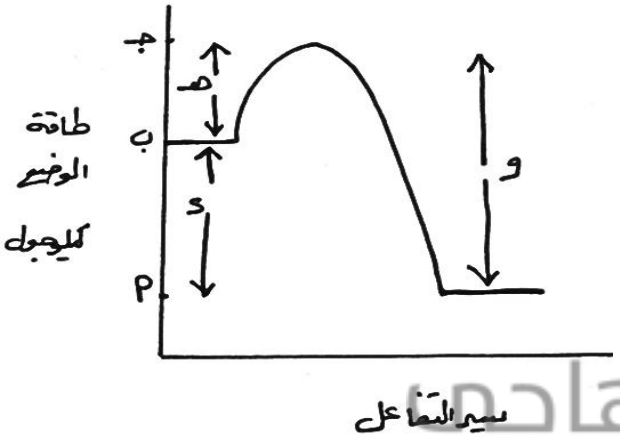
7- طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي = 120–60 = 60 KJ

تدريبات اضافية

تدريب1 : الشكل المجاور يمثل منحنى طاقة الوضع خلال سير تفاعل ما ، أجب عما يأتي :

1-ما مدلولات الرموز (أ ، ب ، ج ، د ، هـ ، و) المبينة على الشكل .

2-حدد إذا كان التفاعل ماصاً أم طارداً للطاقة مع التوضيح .



ج) 1- أ- طاقة وضع المواد الناتجة .

ب- طاقة وضع المواد المتفاعلة.

ج- طاقة وضع المعقد المنشط .

د- ΔH (حرارة التفاعل) .

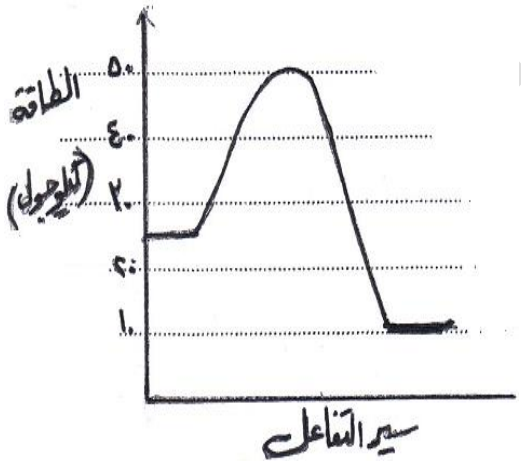
هـ- Ea للتفاعل الأمامي (للمتفاعلات) .

و- Ea للتفاعل العكسي (للنواتج).

منهاجي
متعة التعليم الهادف

2- طارد للطاقة ، لأن طاقة وضع المواد الناتجة أقل من طاقة وضع المواد المتفاعلة و تكون اشارة ΔH سالبة.

تدريب2 : اعتماداً على الشكل المجاور أوجد ما يلي :



1-ط وضع المتفاعلات ( ).

2-ط وضع النواتج ( ).

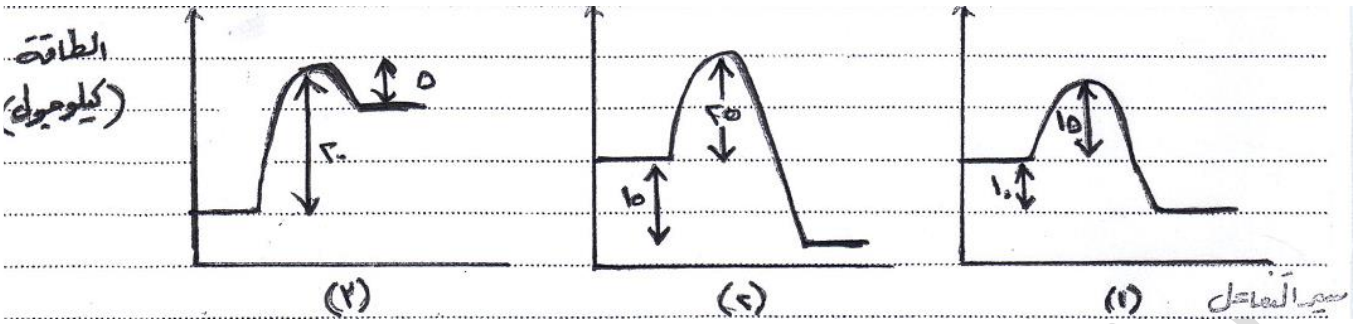
3-طاقة المعقد المنشط ( ).

4-Ea للتفاعل الأمامي ( ).

5- Ea للتفاعل العكسي ( ).

6- ΔH ( ).

تدريب3 : ادرس الأشكال الآتية التي تمثل تغيرات الطاقة لثلاثة تفاعلات مختلفة ، ثم أجب عما يلي :



أكمل الجدول التالي :

وجه المقارنة	التفاعل 1	التفاعل 2	التفاعل 3
Ea للأمامي			
Ea للعكسي			
ΔH			

منهاجي
منصة التعليم الهادف

تدريب4 : في التفاعل الإفتراضي التالي : $2A + B \leftrightarrows 2C$

إذا علمت أن : طاقة الوضع للمواد المتفاعلة = **240** كيلو جول

طاقة الوضع للمواد الناتجة = **20** كيلو جول

طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي = **10** كيلو جول ، أجب عما يأتي :

1- ما قيمة طاقة التنشيط للتفاعل العكسي .
2- ما قيمة طاقة الوضع للمعقد المنشط .
3- ما أثر زيادة درجة الحرارة على قيمة طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي (تزيد ، تقل ، تبقى ثابتة) .

تدريب5 : في التفاعل التالي : $A + B \rightarrow 2AB + 120\ KJ$

إذا علمت أن **Ea** للتفاعل العكسي = **150** كيلو جول ، وطاقة الوضع للمواد الناتجة يساوي **50** كيلو جول

فأوجد ما يلي : أ- طاقة المعقد المنشط

ب- طاقة وضع المواد المتفاعلة .

ج- **Ea1** للمواد المتفاعلة .

ثالثاً : العوامل التي تؤثر في سرعة التفاعل الكيميائي

1- تركيز المواد المتفاعلة **2**- طبيعة المواد المتفاعلة

3- مساحة سطح المواد المتفاعلة في الحالة الصلبة **4**- درجة الحرارة

5- العوامل المساعدة .

منهاجي
متعة التعليم الهادف

1- **تركيز المواد المتفاعلة** : زيادة تركيز المواد المتفاعلة يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل.

مثال1 : احتراق الكربون في أكسجين نقي أسرع من احتراق الكربون في الهواء الجوي

مثال2 : في التفاعل الآتي : $Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$

إن زيادة تركيز **HCl** يزيد من عدد أيونات H^+ و Cl^- الموجودة في وحدة الحجم و هذا بدوره يزيد من عدد التصادمات الكلية بينها و بين دقائق المغنيسيوم (فتزداد كمية غاز الهيدروجين المتصاعدة كلما زاد تركيز **HCl**) فيزداد عدد التصادمات الفعالة مما يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل .

و يمكن توضيح ذلك من خلال المخطط الآتي :

ازدياد تركيز **HCl** ⟵ ازدياد عدد الدقائق في وحدة الحجم ⟵ ازدياد عدد التصادمات الكلية المحتملة ⟵ ازدياد عدد التصادمات الفعالة ⟵ زيادة سرعة التفاعل .

2- طبيعة المادة المتفاعلة : تختلف المواد في سرعة تفاعلها تبعاً لاختلاف تركيبها الكيميائي .

أ- **تعتمد سرعة تفاعل العناصر على نشاطها الكيميائي حيث كلما زاد النشاط الكيميائي للعنصر تزداد سرعة تفاعله** . فنجد أن عناصر المجموعة الأولى (القلويات) أنشط كيميائياً لأنها تحتوي على الكترون واحد في مدارها الأخير مما يسهل فقده .

مثال : يتفاعل الصوديوم مع الماء بسرعة أكبر من المغنيسيوم .

ب- **تفاعل المواد في حالة المحلول أكبر من تفاعل المواد في حالة المسحوق** . لأن الأيونات في حالة المسحوق تكون مقيدة الحركة و في حالة المحلول تكون حرة الحركه و هذا بدوره يزيد من عدد التصادمات الكلية المحتملة بين الأيونات فيزداد عدد التصادمات الفعالة و تزداد سرعة التفاعل .

مثال1 : يظهر اللون الأصفر بسرعة أكبر عند خلط محلول نترات الفضة $AgNO_3$ مع محلول يوديد البوتاسيوم **KI** من خلط مسحوقين منهما .

مثال2: يتكون راسب أبيض عند خلط محلولين من نترات الفضة و كلوريد الصوديوم بسرعة أكبر من سرعة ظهوره عند خلطهما و هما على شكل مسحوق .

3- مساحة سطح المواد المتفاعلة : زيادة مساحة سطح المواد المتفاعلة يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل

حيث كلما زادت مساحة السطح المعرض للتفاعل يزيد من عدد التصادمات الكلية المحتملة فيزداد عدد التصادمات الفعالة فتزداد سرعة التفاعل (مساحة سطح المسحوق > من القطع الصغيرة > من القطع الكبيرة لنفس الكمية) .

مثال 1: عند تفاعل الطباشير مع محلول من الخل (حمض) يتصاعد غاز ثاني اكسيد الكربون CO_2 بسرعة أكبر عندما تكون الطباشير في حالة مسحوق من حالة قطع صغيره أو كبيرة .

مثال2 : تحترق نشارة الخشب بسرعة أكبر من احتراق قطع الخشب (لها الكتلة نفسها) .

مثال3 : تصدأ برادة الحديد كتلتها (**10** غ) بشكل أسرع من قطعة سلك من الحديد (**10** غ) .

4- **درجة الحرارة** : زيادة درجة الحرارة يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل

أمثلة على تأثير درجة الحرارة في حياتنا :

1 – تتم عملية طهي الطعام في أواني الضغط بسرعة أكبر منها في الأواني العادية .

لأن أواني الضغط تعمل على رفع درجة الحرارة نتيجة لزيادة الضغط .

2– تحفظ الأطعمة في مبرد الثلاجة .

لتقلل من احتمالية حدوث التفاعلات التي تؤدي الى تحللها و فسادها .

3– أهمية حفظ الدواء عند درجة الحرارة التي تنصح بها الشركة الصانعة .

للحفاظ على الدواء من التلف والتحلل .

4– اختفاء اللون البنفسجي ليبرمنغنات البوتاسيوم $KMnO_4$ عند تفاعلها مع حمض الأوكساليك $H_2C_2O_4$ لإنتاج ثاني أكسيد الكربون و الماء بالتسخين بينما يبقى اللون البنفسجي عند درجة حرارة الغرفة كما هو .

تدريب : في أي التجارب الآتية يكون التفاعل بين حمض الهيدروكلوريك HCl و الحجر الجيري $CaCO_3$ أسرع ما يمكن ؟ فسّر إجابتك .

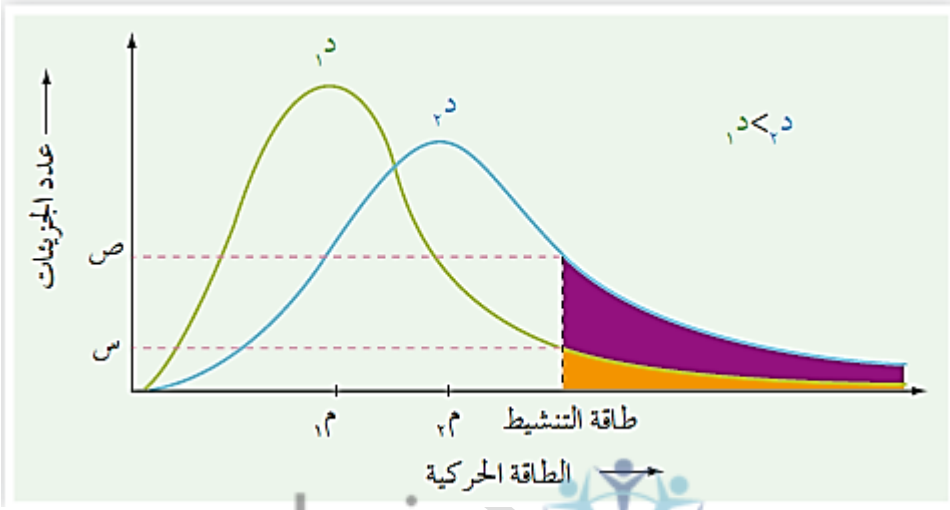
التجربة	درجة الحرارة س	حالة الحجر الجيري	تركيز الحمض
أ	20	حبيبات كبيرة	مخفف
ب	20	مسحوق	مخفف
ج	80	مسحوق	مخفف
د	80	مسحوق	مركز
هـ	80	حبيبات كبيرة	مركز

ج) التجربة د (أعلى درجة حرارة ، أكبر مساحة سطح ، أكبر تركيز لمحلول الحمض).

كيف تفسر نظرية التصادم أثر درجة الحرارة في سرعة التفاعل الكيميائي ؟

فسّر بالإعتماد على فرضيات نظرية التصادم (نظرية الحركة الجزيئية) :

زيادة درجة الحرارة يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل .



يوضح الشكل السابق توزيع الطاقة الحركية على الجزيئات عند درجتي حرارة مختلفتين حسب منحنى ماكسويل – بولتزمان .

أجب عن الأسئلة المتعلقة به :

1- ما دلالة الرموز س ، ص ؟

2- ما تأثير تغير درجة الحرارة على طاقة التنشيط ؟

3- أيهما أعلى : متوسط الطاقة الحركية م1 أم م2 ؟

4- ما دلالة المساحة المظلله بالشكل ؟

ج)

1- س : عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة التنشيط عند د1 .

ص: عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة التنشيط عند د2 .

2- تبقى ثابتة .

3- متوسط الطاقة الحركية م2 أكبر من م1 .

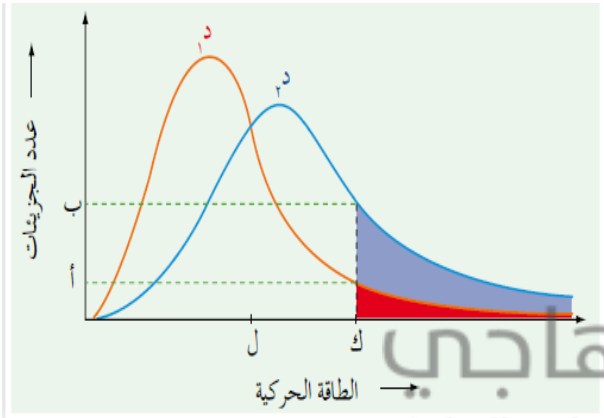
4- تمثل المساحة المظلله عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة تساوي طاقة التنشيط أو أكبر منها .

استنتاج :

زيادة درجة الحرارة ⟵ زيادة متوسط الطاقة الحركية للجزيئات ⟵ زيادة عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة التنشيط (مع بقاء طاقة التنشيط ثابتة) ⟵ زيادة عدد التصادمات الفعالة ⟵ زيادة سرعة التفاعل .

تدريبات اضافية :

سؤال1: بالاعتماد على الشكل المجاور ، أجب عما يلي :



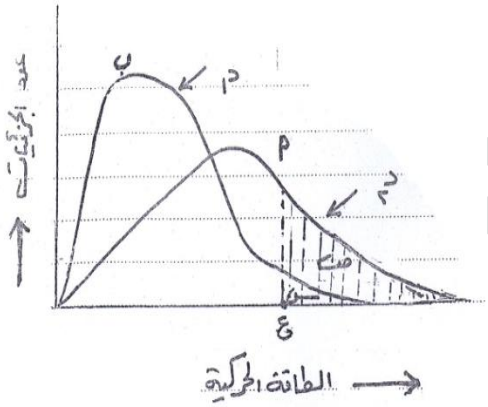
1- ما الرمز الذي يمثل طاقة التنشيط ؟

2- ما أثر زيادة درجة الحرارة في سرعة التفاعل .

3- ما الرمز الذي يمثل عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة التنشيط عند درجة الحرارة الأقل .

منهاجي
متعة التعليم الهادف

سؤال2: ادرس الشكل المجاور ثم أجب عن الأسئلة التي تليه :



1-ماذا تمثل كلا من الرموز التالية : س ، ص ، ع .

2- أي المنحنيين أ أم ب يتواجد عند درجة حرارة أعلى ؟

3- ما تأثير زيادة درجة الحرارة على كل من:

أ- طاقة التنشيط **Ea** .

ب- عدد الجزيئات التي تمتلك **Ea**

ج- التصادمات الفعالة.

د- معدل الطاقة الحركية .

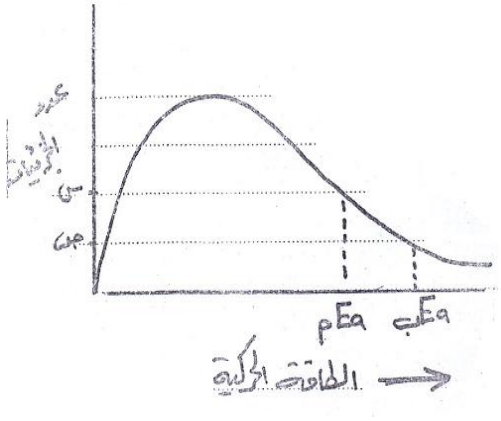
ج) **1**- س : عدد الجزيئات التي تمتلك **Ea** عند درجة حرارة د**1**.

ص : عدد الجزيئات التي تمتلك **Ea** عند درجة حرارة د**2**.

ع : طاقة التنشيط .

2- أ **3**- أ- تبقى ثابتة ب- تزداد ج- تزداد د- يزداد

سؤال3: الشكل الآتي يمثل توزيع الطاقة الحركية للتفاعلين أ ، ب عند نفس درجة الحرارة و يختلفان في طاقة التنشيط .



1-ما دلالة الرمز س .

2-ما دلالة الرمز ص .

3-أي التفاعلين أسرع .

ج) **1** – س : عدد الجزيئات التي تمتلك **Ea** للتفاعل أ .

2– ص : عدد الجزيئات التي تمتلك **Ea** للتفاعل ب.

3– التفاعل أ ، لأن **Ea** له أقل .

ملاحظة مهمة :تزداد سرعة التفاعل بنقصان طاقة التنشيط للتفاعل (**علاقة عكسية**).

2- العوامل المساعدة :مواد تزيد من سرعة التفاعلات الكيميائية دون أن تستهلك أثناء التفاعل .

- و ذلك بأنه يعمل على زيادة سرعة التفاعل من خلال تقليل طاقة التنشيط للتفاعل .
- حيث يمهد العامل المساعد للتفاعل طريقاً بديلة (أكثر سهولة للتفاعل) تحتاج إلى طاقة تنشيط أقل .

- من الأمثلة على تأثير العامل المساعد على سرعة التفاعل اضافة يوديد البوتاسيوم **KI** إلى **H_2O_2** (فوق اكسيد الهيدروجين) فتزيد من سرعة تحلله .

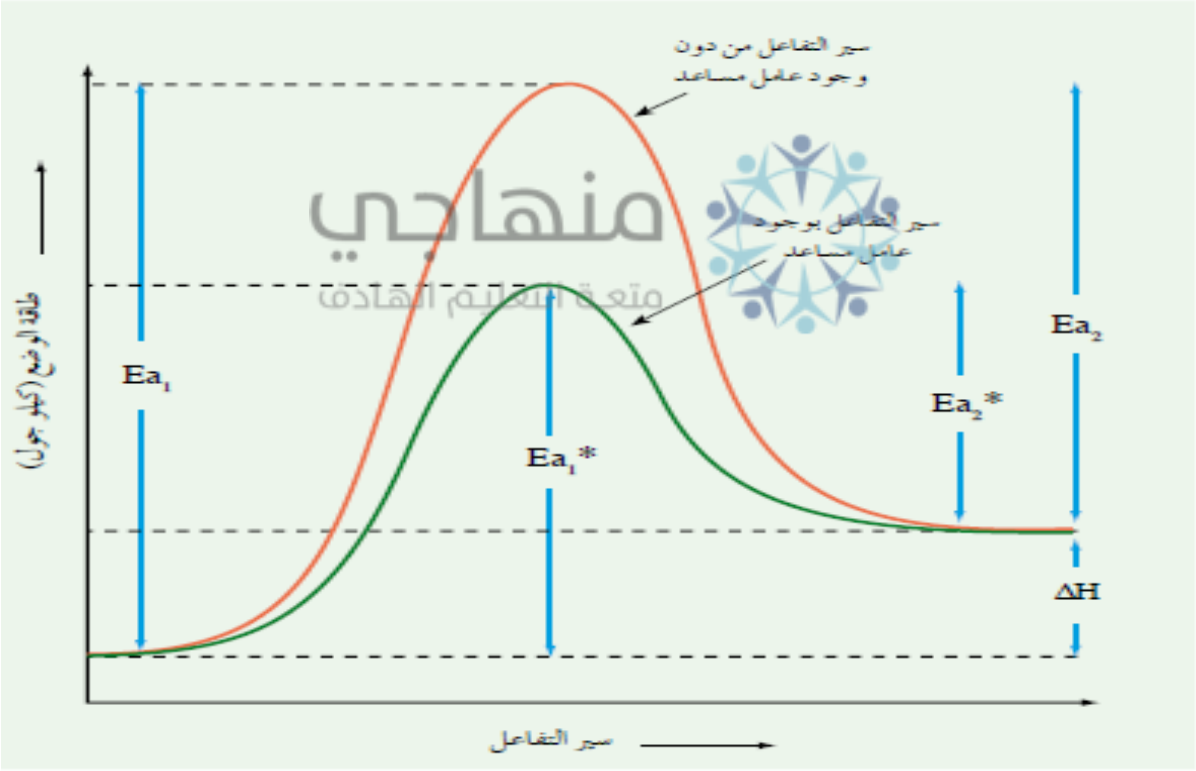
$$2H_2O_2 \xrightarrow{KI} 2H_2O + O_2$$

و من الأمثلة استخدام أكسيد الفاناديوم **V_2O_5** مثلاً لتسريع عملية تحضير حمض الكبريتيك **H_2SO_4** الذي يستخدم في الصناعات المختلفة .

كيف يعمل العامل المساعد على زيادة سرعة التفاعل ؟

يعمل على تقليل طاقة التنشيط ، حيث يمهد طريقاً بديلاً بين المواد المتفاعلة و المواد الناتجة.

يزيد	يقل (بالمقدار نفسه)	يبقى ثابت (لا يؤثر فيه)
سرعة التفاعل الأمامي و العكسي (فيقل زمن حدوث التفاعل)	طاقة التنشيط الأمامي طاقة التنشيط العكسي طاقة وضع المعقد المنشط	طاقة وضع المواد المتفاعله طاقة وضع المواد الناتجة ΔH



حيث إن :

Ea_1 : طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي من دون عامل مساعد .

Ea_1* : طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي بوجود عامل مساعد .

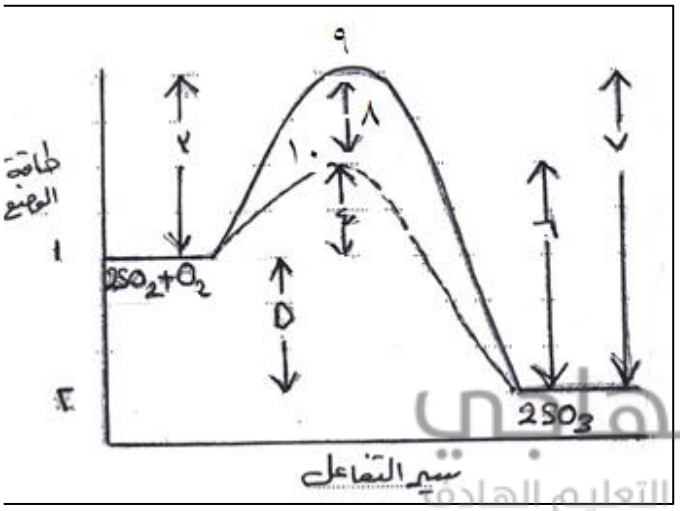
Ea_2 : طاقة التنشيط للتفاعل العكسي من دون عامل مساعد .

Ea_2* : طاقة التنشيط للتفاعل العكسي بوجود عامل مساعد .

تدريبات

سؤال 1 : ادرس الشكل المجاور الذي يمثل تغيرات الطاقة لتفاعل SO_2 مع غاز O_2 بوجود و بدون وجود العامل المساعد ثم أوجد مدلولات الأرقام (1 ، 2 ، 3 ، 4 ، 5 ، 6 ، 7 ، 8 ، 9 ، 10) من الشكل .

$$2SO_2 + O_2 \longrightarrow 2SO_3 \text{ + طاقة}$$



1- طاقة وضع المتفاعلات .

2- طاقة وضع النواتج .

3- Ea_1 للتفاعل الأمامي بدون وجود عامل مساعد

4- Ea_1 للتفاعل الأمامي بوجود عامل مساعد .

5- المحتوى الحراري للتفاعل .

6- Ea_2 للتفاعل العكسي بوجودعامل مساعد.

7- Ea_2 للتفاعل العكسي بدون وجودعامل مساعد

.

8- مقدار النقصان (الإنخفاض) في طاقة وضع المعقد المنشط عن اضافة العامل المساعد .

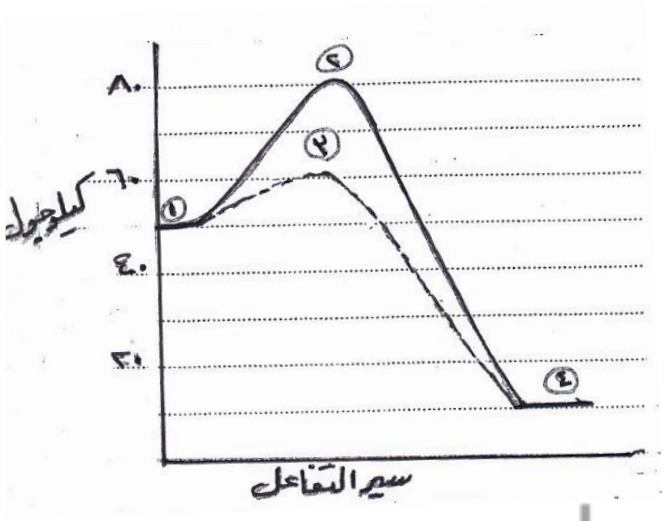
9- المعقد المنشط بدون عامل مساعد .

10- المعقد المنشط بوجود عامل مساعد .

منهجي متعة التعليم الهادف

سؤال 2 : الشكل المجاور يمثل منحنى طاقة التفاعل: $A_2 + B_2 \rightarrow 2AB$

بوجود و بدون وجود العامل المساعد $Fe_{(s)}$ أجب عما يأتي :



1- إلى ماذا تدل الأرقام (1 ، 2، 3، 4) .

2- ما مقدار كلا مما يلي :

1) طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي دون عامل مساعد .

2) طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي بوجود عامل مساعد.

3) طاقة المعقد المنشط عند وجود عامل مساعد .

4) طاقة المعقد المنشط بدون وجود عامل مساعد.

5) المحتوى الحراري للتفاعل .

6) طاقة التنشيط للتفاعل العكسي دون عامل مساعد.

7) طاقة التنشيط للتفاعل العكسي بوجود عامل مساعد .

3- أيهما أسرع تفاعلاً تكوّن AB أم تفككه .

4- ما نوع التفاعل ؟ أيهما أعلى ط وضع المتفاعلات أم ط وضع النواتج ؟

5- ماذا يحدث لكمية العامل المساعد Fe عند انتهاء التفاعل ؟ وما أهمية اضافته .

منهاجي
متعة التعليم الهادف

ج) 1- 1- المتفاعلات 3- المعقد المنشط بوجود عامل مساعد .

2- المعقد المنشط بدون عامل مساعد . 4- النواتج .

2- 1) 30 كيلو جول . 2) 10 3) 60 4) 80 5) -40 6) 70 7) 50

3- الأسرع (الأقل طاقة تنشيط) ، التفاعل الأمامي (تكون AB) .

4- طارد ، ط وضع المتفاعلات .

5- تبقى ثابتة . أهميته تقليل الزمن اللازم لحدوث التفاعل و زيادة الإنتاج (سرعة التفاعل) .

سؤال 3: في التفاعل الاتي: $A_2 + B_2 \longrightarrow 2AB + 70\ KJ$

إذا علمت أن : طاقة الوضع للمواد المتفاعلة =**120** كيلو جول

طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي دون وجود عامل مساعد =**30** كيلو جول

طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي بوجود عامل مساعد = **10** كيلو جول

أجب عما يلي :

أ- أوجد قيمة ما يلي :

1-طاقة التنشيط للتفاعل العكسي بوجود عامل مساعد .

2-التغير في المحتوى الحراري .

3-طاقة وضع المعقد المنشط بدون وجودعامل مساعد .

4-مقدار النقصان في طاقة التنشيط للتفاعل العكسي عند اضافة العامل المساعد.

ب- هل التفاعل ماص أم طارد للطاقة .

ج- اكتب صيغة المعقد المنشط

د- ما تأثير اضافة العامل المساعد على كل من :

1- التغير في المحتوى الحراري **2**- **Ea** للتفاعل العكسي .

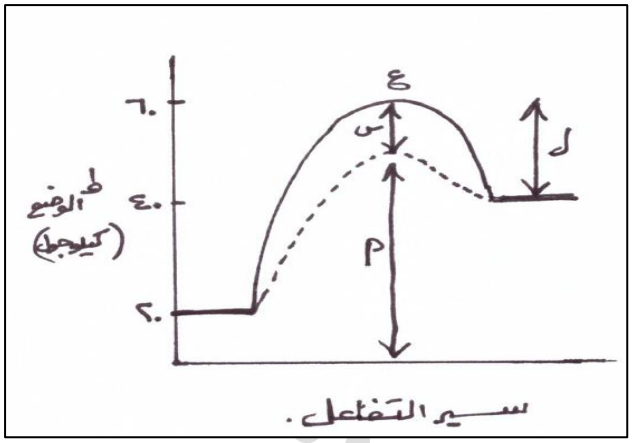
هـ- أيهما أسرع سرعة تفكك **AB** أم سرعة تكونه .

منهاجي
متعة التعليم الهادف

سؤال4 : يبين الشكل المجاور سير التفاعل الافتراضي

$$X_2 + Y_2 \rightleftarrows 2XY$$

ادرسه جيداً ثم أجب عما يليه من أسئله :



1- حدد نوع التفاعل العكسي ؟ طارد

2- ما قيمة كلاً من :

أ- **ΔH :** **20**

ب- **Ea أمامي بدون عامل مساعد :** **40**

ج- **Ea عكسي بوجود عامل مساعد :** **10**

3- حدد ما تدل عليه الرموز: (أ ، س ، ل ، ع)

أ: ط وضع المعقد المنشط بوجود عامل مساعد .

س: مقدار النقصان (التغير) في ط وضع المعقد المنشط بعد اضافة العامل المساعد .

ل: Ea عكسي بدون عامل مساعد .

ع: المعقد المنشط بدون عامل مساعد .

4- ما أثر اضافة العامل المساعد على كل من :

أ- **ط وضع النواتج :** تبقى ثابتة

ب- **Ea الأمامي :** تقل

5- أيهما أسرع التفاعل الأمامي أم العكسي ؟

التفاعل العكسي (Ea العكسي أقل)

سؤال5 : للتفاعل الافتراضي التالي :

$$A_2 + B_2 \rightleftarrows 2AB$$

إذا علمت أن ...

ط وضع النواتج = 40 كيلو جول

المحتوى الحراري للتفاعل = -30 كيلو جول

ط وضع المعقد المنشط بدون عامل مساعد = 120

النقصان في ط وضع المعقد المنشط بوجود العامل المساعد =20

1- أوجد قيمة كلاً من :

أ- **ΔH :** -30

ب- **Ea عكسي بوجود عامل مساعد :** 60

ج- **ط وضع المتفاعلات :** 70

د- **Ea أمامي بدون عامل مساعد :** 50

2- هل التفاعل ماص أم طارد للطاقة ؟ طارد

3- أيهما أسرع سرعة تحلل AB أم سرعة تكونه ؟

سرعة تكونه (سرعة التفاعل الأمامي) حيث Ea الأمامي أقل .

4- ما أثر اضافة العامل المساعد على :

أ- **ΔH :** تبقى ثابتة

ب- **سرعة التفاعل :** تزداد

ج- **ما صيغة المعقد المنشط .**

منصات متعة التعليم الهادف

سؤال6 :الجدول الآتي يمثل بعض قيم الطاقة بوحدة كيلوجول/مول للتفاعل :

$$N_2 + 3H_2 \xrightarrow{Fe/Al_2O_3} 2NH_3 + 90\ KJ$$

سير التفاعل	ط وضع المواد الناتجة	Ea للتفاعل العكسي	Ea للتفاعل الأمامي
دون عامل مساعد	ع	150	ن
بوجود عامل مساعد	40	ل	45

ادرسه جيداً ثم أجب عن الأسئلة التي تليه :

1- هل التفاعل ماص أم طارد للطاقة ؟

2- ما قيمة كلاً من :

ع

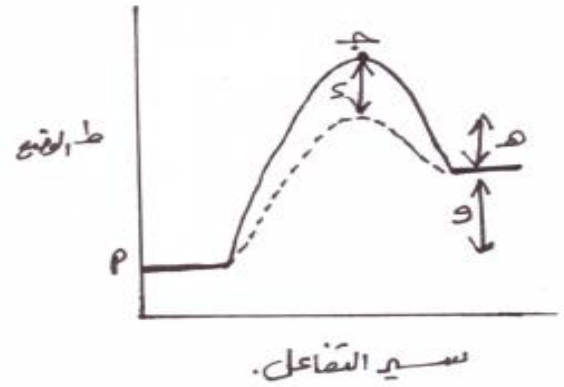
ل

ن

3- ما مقدار النقصان في قيمة طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي بسبب وجود العامل المساعد ؟

4- ما قيمة طاقة وضع المعقد المنشط بوجود العامل المساعد ؟

سؤال7: الشكل المجاور يمثل منحنى طاقة الوضع للتفاعل : $NO + Cl_2 \longrightarrow NOCl + Cl$



1- حدد نوع التفاعل (ماص أم طارد) مع التوضيح

2- ماذا يمثل كلاً من :

أ

ب

ج

د

هـ

و

3- بدلالة الرموز أ ، و ، هـ ، د ، أوجد :

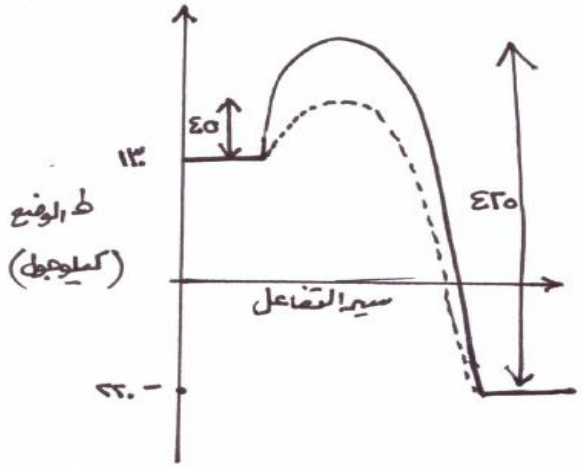
أ- ط وضع النواتج

ب- Ea أمامي بدون عامل مساعد .

منهاجي
منصة التعليم الهادف
لؤي أبو طالب

سؤال 8: يمثل الشكل المجاور منحنى ط الوضع بالكيلوجول/مول للتفاعل الآتي :

$$CO + NO_2 \rightleftharpoons CO_2 + NO$$



1- ما قيمة كلاً من :

أ- ط وضع النواتج بدون وجود عامل مساعد

ب- **Ea** عكسي بوجود عامل مساعد :

ج- **Ea** أمامي بدون عامل مساعد :

د- $\triangle H$:

2- هل التفاعل ماص أم طارد .

منهاجي
متعة التعليم الهادف
لؤي أبو طالب

تطبيقات حياتية

الأنزيمات

يستخدم الغازولين وقودًا للسيارات، فهو يتأكسد في محرك السيارة، مُنتجًا غاز ثاني أكسيد الكربون والماء والطاقة، علمًا بأن درجة حرارة الغازات الموجودة في المحرك قد تصل إلى أكثر من ٢٢٠٠ ْس، وبالمقابل فإن الخلية الحية تحصل على حاجتها من الطاقة عن طريق أكسدة الغلوكوز إلى غاز ثاني أكسيد الكربون والماء عند ٣٧ ْس فقط فإذا كان تأكسده خارج الجسم يتطلب توافر درجات حرارة عالية فكيف يحدث ذلك داخل الجسم عند درجة حرارة ٣٧ ْس؟

وهب الله سبحانه وتعالى بعض الخلايا في أجسامنا القدرة على إنتاج مواد تُعرف بالأنزيمات، التي تُعد أحد أهم العوامل المساعدة؛ فهي تخفض طاقة التنشيط للتفاعلات. وتحتوي أجسامنا على أنزيمات مختلفة تعمل على تسريع العمليات الحيوية وتنظمها فلولا وجود الأنزيمات لتعذر حدوث التفاعلات من دون توافر طاقة كبيرة ومن الأمثلة عليها: أنزيم الأميليز الذي يحلل النشا إلى سكريات ثنائية، والأنزيمات الهاضمة التي تفرزها المعدة.

توجد الأنزيمات أيضًا في أجسام الكائنات الحية المختلفة، ومنها مسببات الأمراض مثل البكتيريا، ولهذا يعتمد عمل بعض المضادات الحيوية المستخدمة في علاج بعض الأمراض على تعطيل الأنزيمات في أجسام مسببات الأمراض؛ ما يؤثر في بعض عملياتها الحيوية، مسبِّبًا موتها.

أسئلة الفصل

١)

- معدل سرعة التفاعل الكيميائي: التغير في كميات إحدى المواد المتفاعلة أو المواد الناتجة في وحدة الزمن.
- رتبة التفاعل: قيمة عددية صحيحة أو كسرية ، تبين أثر التركيز في سرعة التفاعل وتعتمد على طريقة سير التفاعل ويمكن حسابها من التجربة العملية.
- السرعة الابتدائية للتفاعل: سرعة التفاعل لحظة خلط المواد المتفاعلة في بداية التفاعل أي عند الزمن صفر.
- السرعة اللحظية: سرعة التفاعل عند زمن معين خلال سير التفاعل.
- قانون السرعة : علاقة رياضية تبين العلاقة بين سرعة التفاعل وتراكيز المواد المتفاعلة.
- رتبة التفاعل الكلية: مجموع الرتب بالنسبة للمواد المتفاعلة.

---

٢)

$$\text{معدل سرعة التفاعل} = \frac{\text{التغير في كتلة Mg}}{\text{التغير في الزمن}} = \frac{٢}{٥} = ٠,٤ \text{ غ / د .}$$

منهاجي
منصة التعليم الهادف

---

٣) منحنى C

---

٤)

أ) ١٠٠دقيقة × ٦٠ = ٦٠٠٠ ثانية

$$\text{معدل سرعة استهلاك } O_3 = \frac{-(٣,٦ - ٤,٢)}{٦٠٠٠} = ١ \times ١٠^{-٤} \text{ مول / لتر.ث}$$

$$\frac{١}{٣} \text{ معدل سرعة إنتاج } O_2 = \frac{١}{٢} \text{ معدل سرعة استهلاك } O_3.$$

$$\text{معدل سرعة إنتاج } O_2 = \frac{٣}{٢} \times ١ \times ١٠^{-٤} = ١,٥ \times ١٠^{-٤} \text{ مول / لتر.ث}$$

ب) معدل سرعة التفاعل $= \frac{١}{٢}$ معدل سرعة استهلاك O_3

$$= \frac{١ \times ١٠^{-٤}}{٢} = ٥ \times ١٠^{-٥} \text{ مول / لتر.ث}$$

جـ) $$\frac{١}{٢} \frac{[O_3]\Delta -}{\Delta ن} = \frac{١}{٣} \frac{[O_2]\Delta}{\Delta ن}$$

---

٥)

أ) نكتب الصيغة العامة لقانون سرعة التفاعل

س = k $[BrO_3^-]^x [Br^-]^y [H^+]^z$

نأخذ التجربتين (١،٢) لإيجاد رتبة التفاعل بالنسبة لـ BrO_3^- حيث يكون $[Br^-]$ و$[H^+]$ ثابت

نلاحظ أنه عند مضاعفة $[BrO_3^-]$ مرتين تتضاعف سرعة التفاعل مرتين وهذا يعني أن رتبة التفاعل بالنسبة لـ

BrO_3^- = ١

نأخذ التجربتين (٣،٢) لإيجاد رتبة التفاعل بالنسبة لـ Br^- حيث يكون $[BrO_3^-]$ و$[H^+]$ ثابت

نلاحظ أنه عند مضاعفة $[Br^-]$ مرتين تتضاعف سرعة التفاعل مرتين وهذا يعني أن رتبة التفاعل بالنسبة لـ Br^- = ١

نأخذ التجربتين (١،٤) لإيجاد رتبة التفاعل بالنسبة لـ H^+ حيث يكون $[BrO_3^-]$ و $[Br^-]$ ثابت

نلاحظ أنه عند مضاعفة $[H^+]$ مرتين تتضاعف سرعة التفاعل ٤ مرات وهذا يعني أن رتبة التفاعل بالنسبة لـ H^+

= ٢ لذا فان قانون السرعة للتفاعل هو:

س = k $[BrO_3^-]^1 [Br^-]^1 [H^+]^2$

ب) نأخذ بيانات تجربة ١ مثلًا

س = k $[BrO_3^-]^1 [Br^-]^1 [H^+]^2$

$٨ \times ١٠^{-٤} = k$ $(٠,١)^1 (٠,١)^1 (٠,١)^2$

ومنها k = ٨ لتر^3/مول^2.ث

جـ) رتبة التفاعل الكلية = ٤

---

٦)

أ) تبقى ثابتة

ب) س = k $[R]^2$

جـ) $\frac{\Delta [N_2O_5]}{\Delta ن} = \frac{١}{٢} \frac{\Delta [NO_2]}{\Delta ن}$

د) س = k $[CH_3CHO]^2$

س = $٢,٥ \times ١٠^{-٤}$ × $(٠,٢)^2$ = ١×١٠^{-٥} مول/لتر.ث

منهاجي
متعة التعليم الهادف

(٧

س = [E]^{x} [B]^{١}

٣٦س = (E٣)^{x} × (B٤)^{١}

$\frac{٣٦}{٤} = ٣^{x} \times \frac{٤}{٤}$

$٣^{x} = ٩$

$x = ٢$

رتبة التفاعل بالنسبة لـ E = ٢

(٨

أ) نحسب أولا قيمة k

س = k [D]^{١}

$k = ١٥ \times ١٠^{-٢} \times ٠,٥$

$k = ٠,٣$ ث$^{-١}$

س = ٠,٣ × ٠,٧٥ = ٠,٢٢٥ مول/لتر.ث

ب- قيمة الزمن ن أقل من ٢ ثانية، لأن التركيز أعلى قيمة وهذا يعني أننا اقرب لبداية التفاعل

(٩

أ) رتبة التفاعل بالنسبة لـ A = ٢

رتبة التفاعل بالنسبة لـ B = صفر

ب) س = k [A]^{٢}

س = ٢ × ١٠$^{-٣}$ × (٠,١٠)^{٢}

س = ٢ × ١٠$^{-٥}$ مول/لتر.ث

جـ) سرعة إنتاج C = $\frac{١}{٢}$ سرعة استهلاك B

سرعة إنتاج C = $\frac{٣}{٢}$ × ٠,٦ = ٠,٩ مول/لتر.ث

د) عند مضاعفة [A] مرتين و[B] ثلاث مرات تتضاعف سرعة التفاعل ٤ مرات

منهاجي
متعة التعليم الهادف

أسئلة الفصل

(١)

- طاقة التنشيط : هي الحد الأدنى من الطاقة التي يجب توافره لكسر الروابط بين ذرات المواد المتفاعلة كي تتفاعل وتكون نواتج .

- العامل المساعد: هي مادة تزيد من سرعة التفاعلات الكيميائية دون أن تستهلك أثناء التفاعل.

- التغير في المحتوى الحراري للتفاعل: الطاقة المصاحبة للتفاعل ويعبر عن الفرق بين طاقة وضع المواد الناتجة والمواد المتفاعلة .

- المعقد المنشط: بناء غير مستقر بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة له طاقة وضع عالية.

- التصادم الفعال: التصادم الذي يؤدي إلى تكوين نواتج.

(٢)

أ) م　　ب) ص　　جـ) ك　　د) ماص

(٣)

أ) كتلة العامل المساعد عند نهاية التفاعل تبقى ثابته وتساوي ٣ غ

ب) طاقة التنشيط للتفاعل الامامي بوجود العامل المساعد

$$Ea_2^* - Ea_1^* = H\Delta$$
$$١٦٣ - Ea_1^* = ٩٠-$$
$$Ea_1^* = ١٦٣ + ٩٠- = ٧٣$$

(٤)

أ) بسبب وجود الأنزيمات في جسم الانسان التي تعمل كعوامل مساعدة تقلل من طاقة تنشيط تفاعل احتراق السكر فتزيد من سرعته .

ب) لأن مساحة السطح المعرض للتفاعل في حالة النشارة أكبر وكلما زادت مساحة السطح زادت عدد التصادمات الكلية المحتملة فيزداد عدد التصادمات الفعالة وبالتالي تزداد سرعة التفاعل.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

جـ) حتى يحدث التفاعل يجب أن يكون التصادم بين الدقائق تصادمًا فعالًا أي الذي يحدث بين الدقائق التي تمتلك طاقة التنشيط ويكون اتجاه تصادمها مناسبًا.

د) لأن الأيونات في حالة المحلول تكون حرة الحركة مما يزيد من عدد التصادمات الكلية المحتملة فيزداد عدد التصادمات الفعالة وتزداد سرعة التفاعل.

---

٥)

أ)
(١) طاقة وضع المواد المتفاعلة (١٠) والمواد الناتجة (٢٠)
(٢) طاقة تنشيط التفاعل الامامي دون عامل مساعد = ٧٠ ـ ١٠ = ٦٠
(٣) طاقة تنشيط التفاعل العكسي مع عامل مساعد = ٥٠ ـ ٢٠ = ٣٠
(٤) طاقة وضع المعقد المنشط دون عامل مساعد (٧٠)
ب) ماص

---

٦) إن زيادة درجة الحرارة تؤدي الى زيادة متوسط الطاقة الحركية التي تمتلكها الجزيئات فتزداد عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة التنشيط فتزداد عدد التصادمات الفعالة مما يؤدي الى زيادة سرعة التفاعل

---

٧)
العامل المساعد
يُكون مسار بديل لسير التفاعل
يُخفض طاقة التنشيط
زيادة سرعة التفاعل
مثل الأنزيمات

منهاجي
متعة التعليم الهادف

أسئلة الوحده

١)

(١) د) تتناقص مع الزمن	(٢) جـ) ثلاثة أضعاف سرعة استهلاك A	(٣) د) سرعة التفاعل والتركيز	(٤) ب) ٠٫٤
(٥) جـ) زيادة عدد التصادمات الفاعلة	(٦) جـ) التقليل من طاقة التنشيط	(٧) ب) تفاعل مسحوق من الخارصين مع HCl الذي تركيزه ١مول/لتر	(٨) أ) ١٢ مرة

٢)
أ) نكتب الصيغة العامة لقانون سرعة التفاعل
$س = k [A]^{x} [B]^{y} [C]^{z}$

نأخذ التجربتين (٣،٤) لإيجاد رتبة التفاعل بالنسبة لـ B حيث يكون [A] و [C] ثابت

نلاحظ أنه عند مضاعفة [B] تبقى سرعة التفاعل ثابتة وهذا يعني أن رتبة التفاعل بالنسبة لـ B = صفر

نأخذ التجربتين (٣،٢) لإيجاد رتبة التفاعل بالنسبة ل C حيث يكون [A] ثابت، و [B] لا يؤثر في السرعة لأن رتبتها = صفر

$س_{٢} = ٠,٠٩ = k\ (٠,٢)^{x}\ (٠,٣)^{z}$

$س_{٣} = ٠,١٦ = k\ (٠,٢)^{x}\ (٠,٤)^{z}$

$$\frac{٠,٠٩}{٠,١٦} = \frac{k\ (٠,٢)^{x}\ (٠,٣)^{z}}{k\ (٠,٢)^{x}\ (٠,٤)^{z}}$$

$$\frac{٠,٠٩}{٠,١٦} = \frac{(٠,٣)^{z}}{(٠,٤)^{z}}$$

$$\frac{٩}{١٦} = \frac{(٣)^{z}}{(٤)^{z}}$$

وهذا يتحقق عندما قيمة z = ٢

أي أن رتبة التفاعل بالنسبة لـ C = ٢

ولإيجاد رتبة التفاعل بالنسبة ل A نأخذ التجربتين (١،٢)

$س_{٢} = ٠,٠٩ = k\ (٠,٢)^{x}\ (٠,٣)^{٢}$

$س_{١} = ٠,٠٢ = k\ (٠,١)^{x}\ (٠,٢)^{٢}$

وبقسمة $س_{٢}$ على $س_{١}$ نحصل على :

$$\frac{٠,٠٩}{٠,٠٢} = \frac{k\ (٠,٣)^{٢}\ (٠,٢)^{x}}{k\ (٠,١)^{x}\ (٠,٢)^{٢}}$$

$$\frac{٩}{٢} = \frac{(٠,٠٩)\ (٠,٢)^{z}}{(٠,٠٤)\ (٠,١)^{z}}$$

$$\frac{٩}{٢} = \frac{٩\ (٢)^{z}}{٤\ (١)^{z}}$$

$٢^{x} = ٢$

$x = ١$

أي أن رتبة التفاعل بالنسبة لـ A = ١

منهاجي
منصة التعليم الهادف

س = k [A]^{1} [B]^{صفر} [C]^{2} ومنها

س = k [A]^{1} [C]^{2}

ب) نأخذ بيانات تجربة ١ مثلا لحساب قيمة k

س = k [A]^{1} [C]^{2}

$٠,٠٢ = k\ (٠,١)^{1}\ (٠,٢)^{2}$

ومنها k = ٥ لتر^{2}/ مول^{2} .ث

س = k [A]^{1} [C]^{2}

[C]^{2} $٠,٠٥ \times ٥ = ^{2-}١٠ \times ١$

[C]^{2} = $٠,٠٤$ ⟸ [C] = ٠,٢ مول/ لتر

٣)

أ) ك

ب) تزيد سرعة التفاعل.

جـ) أ

---

٤)

أ)

أ تمثل طاقة تنشيط التفاعل الامامي من دون عامل مساعد

ب تمثل طاقة تنشيط التفاعل الامامي بوجود عامل مساعد

جـ ΔH

د تمثل طاقة تنشيط التفاعل العكسي من دون عامل مساعد

منهاجي
متعة التعليم الهادف

ب) اضافة العامل المساعد تقلل من طاقة التنشيط للتفاعل العكسي
ولا يؤثر في التغير في المحتوى الحراري للتفاعل ولا يؤثر في طاقة وضع المواد المتفاعلة

٥)
أ) مادة ناتجة لأن تركيزها يزداد مع الزمن

ب) في الفترة A

---

٦)

$$\text{س} = k\,[NO]^{1}\,[O_3]^{1}$$

---

٧)

أ) نكتب الصيغة العامة لقانون سرعة التفاعل

$$\text{س} = k\,[NO]^{x}\,[O_2]^{y}$$

نأخذ التجربتين (٢،٣) لإيجاد رتبة التفاعل بالنسبة لـ NO حيث يكون $[O_2]$ ثابت

$$\text{س}_2 = 1{,}2 \times 10^{-6} = k\,(0{,}2)^{x}\,(0{,}1)^{y}$$
$$\text{س}_3 = 2{,}7 \times 10^{-6} = k\,(0{,}3)^{x}\,(0{,}1)^{y}$$

وبقسمة س_2 على س_3 نحصل على :

$$\frac{1{,}2 \times 10^{-6}}{2{,}7 \times 10^{-6}} = \frac{k\,(0{,}2)^{x}\,(0{,}1)^{y}}{k\,(0{,}3)^{x}\,(0{,}1)^{y}}$$

$$\frac{(2)^{x}}{(3)^{x}} = \frac{4}{9}$$

$$x = 2$$

أي أن رتبة التفاعل بالنسبة لـ NO = ٢

ولإيجاد رتبة التفاعل بالنسبة لـ O_2 نأخذ التجربتين (١،٢)

$$\text{س}_2 = 1{,}2 \times 10^{-6} = k\,(0{,}2)^{2}\,(0{,}1)^{y}$$
$$\text{س}_1 = 6 \times 10^{-7} = k\,(0{,}1)^{2}\,(0{,}2)^{y}$$

$$\frac{1{,}2 \times 10^{-6}}{6 \times 10^{-7}} = \frac{k\,(0{,}2)^{2}\,(0{,}1)^{y}}{k\,(0{,}1)^{2}\,(0{,}2)^{y}}$$

$$\frac{2}{4} = \frac{4}{4}\left(\frac{1}{2}\right)^{y}$$

$$\frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^{y}$$

قيمة $y = ١$

أي أن رتبة التفاعل بالنسبة لـ $O_2 = ١$

س $= k [NO]^{٢} [O_2]^{١}$

ب) نأخذ بيانات تجربة ١ مثلًا لحساب قيمة k

س $= k [NO]^{٢} [O_2]^{١}$

س$_{١} = ٦ \times ١٠^{-٧} = k (٠,١)^{٢} (٠,٢)^{١}$

ومنها $k = ٣ \times ١٠^{-٤}$ لتر^{٢}/ مول^{٢} .ث

جـ) نحسب أولًا سرعة استهلاك O_2 وتساوي سرعة التفاعل لأن عدد مولاتها واحد.

س $= k [NO]^{٢} [O_2]^{١}$

س $= (٠,١)^{٢} (٠,١) ٣ \times ١٠^{-٤} = ٣ \times ١٠^{-٧}$ مول /لتر.ث

سرعة إنتاج NO_2 = ٢ سرعة استهلاك O_2

سرعة إنتاج $NO_2 = ٢ \times ٣ \times ١٠^{-٧} = ٦ \times ١٠^{-٧}$ مول /لتر.ث

منهاجي
متعة التعليم الهادف

٨)

أ) طاقة وضع المواد المتفاعلة بوجود العامل المساعد (٢٨٠)

ب) طاقة وضع المعقد المنشط دون وجود عامل مساعد(٣٧٠)

جـ) طاقة التنشيط للتفاعل العكسي بوجود عامل مساعد(٢٧٠)

د) طاقة التنشيط للتفاعل العكسي دون وجود عامل مساعد (٢٩٠)

٩)

أ) يزداد ب) يقل

منهاجي
متعة التعليم الهادف