الوحدة السادسة : الكيمياء الحركية

الدرس الثالث (6-3) :

الحسابات المتعلقة بمعادلة معدل سرعة التفاعل

أهداف التعلم

- حساب القيمة العددية لثابت معدل سرعة التفاعل عن طريق :
  ١. استخدام معدلات السرعة الأبتدائية ومعادلة معدل سرعة التفاعل.
  ٢. استخدام علاقة عمر النصف.
- أثر درجة الحرارة على ثابت معدل سرعة التفاعل ومعدل سرعة التفاعل.

الحسابات المتعلقة بمعادلة معدل سرعة التفاعل :

مثال

٣. يتفاعل فوق أكسيد الهيدروجين (بيروكسيد الهيدروجين) H_2O_2، مع أيونات اليوديد I^- بوجود أيونات الهيدروجين H^+ لتكوين الماء واليود I_2 وفق المعادلة الآتية:

$$H_2O_2(aq) + 2I^-(aq) + 2H^+(aq) \longrightarrow 2H_2O(l) + I_2(aq)$$

حيث تم تتبع سير التفاعل عن طريق قياس معدل السرعة الابتدائية لتكوين اليود باستخدام تراكيز ابتدائية مختلفة لكل مادة متفاعلة عند درجة حرارة ثابتة، وتم الحصول على النتائج التجريبية الموضحة في الجدول (٦-٥).

احسب قيمة ثابت السرعة k علمًا بأن معادلة معدل سرعة هذا التفاعل هي:

$$\text{rate} = k[H_2O_2]\,[I^-]$$

رقم التجربة	$[H_2O_2]$ (mol/L)	$[I^-]$ (mol/L)	$[H^+]$ (mol/L)	معدل سرعة التفاعل الابتدائية (mol/L.s)
1	0.0200	0.0100	0.0100	3.50×10^{-6}
2	0.0300	0.0100	0.0100	5.30×10^{-6}
3	0.0050	0.0200	0.0200	1.75×10^{-6}

الجدول ٦-٥ قيم معدلات سرعة التفاعل التي تم الحصول عليها باستخدام تراكيز ابتدائية مختلفة لكل من H_2O_2 وأيونات I^- وأيونات H^+.

الحل :

حساب قيمة k من عمر النصف

يمكن ايجاد ثابت سرعة التفاعل k من علاقة عمر النصف $k = \frac{0.693}{t_{1/2}}$

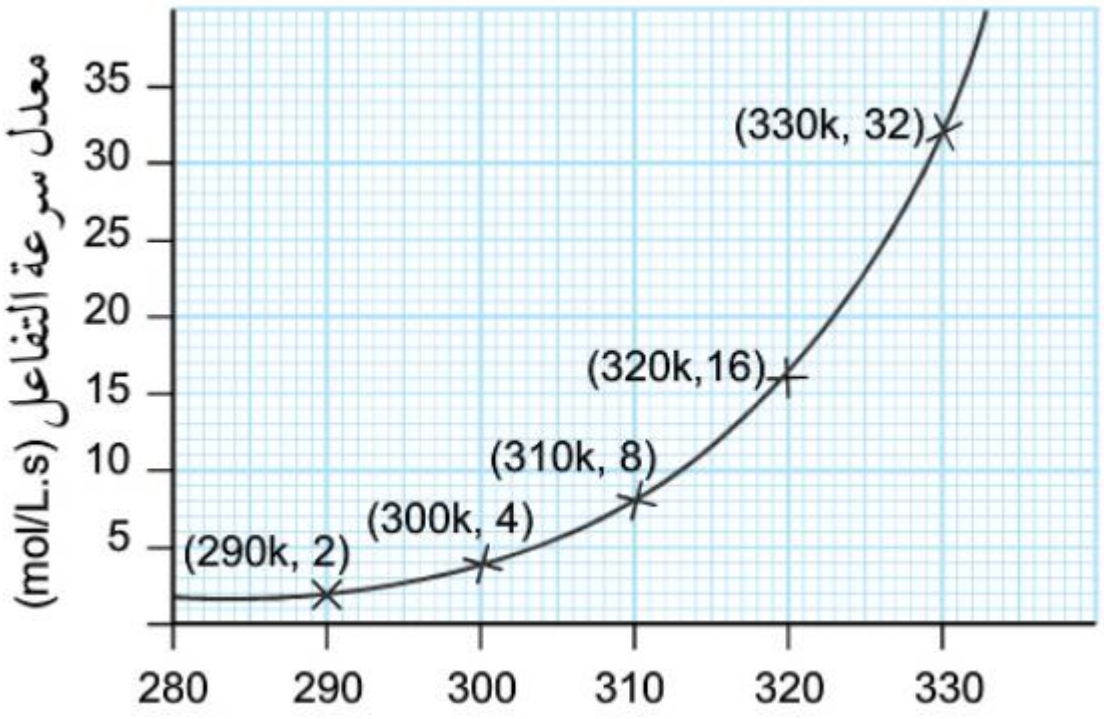
ملاحظة : تطبق هذه المعادلة على معادلات سرعة التفاعل من الرتبة الأولى فقط

مثال

٤. قيمة عمر النصف لتحوّل البروبان الحلقي إلى بروبين والذي يعد تفاعلاً من الرتبة الأولى، تساوي 17 دقيقة. احسب قيمة k.

تأثير درجة الحرارة على ثابت معدل سرعة التفاعل

تزداد قيمة ثابت معدل سرعة التفاعل بزيادة درجة الحرارة وذلك بسبب أمتلاك نسبة أكبر من الجزيئات طاقة أكبر من طاقة التنشيط عند درجات حرارة مرتفعة ويتناسب ثابت معدل سرعة التفاعل **k** ومعدل سرعة التفاعل طرديا مع عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة أكبر من طاقة التنشيط او مساوية لها.



يوضح الشكل تأثير درجة الحرارة على معدل سرعة التفاعل، فكلما ارتفعت درجة الحرارة بمقدار **10 c** يتضاعف معدل سرعة التفاعل.

أسئلة :

أ. استخدم بيانات التجربتَين 2 و 3 المدرجة في الجدول (٦-٥) لحساب ثابت معدل السرعة للتفاعل الآتي:

$$H_2O_2(aq) + 2I^-(aq) + 2H^+(aq) \longrightarrow 2H_2O(l) + I_2(aq)$$

رقم التجربة	$[H_2O_2]$ (mol/L)	$[I^-]$ (mol/L)	$[H^+]$ (mol/L)	معدل سرعة التفاعل الابتدائية (mol/L.s)
1	0.0200	0.0100	0.0100	3.50×10^{-6}
2	0.0300	0.0100	0.0100	5.30×10^{-6}
3	0.0050	0.0200	0.0200	1.75×10^{-6}

أسئلة :

ب. استخدم العلاقة الآتية:

$$t_{½} = \frac{0.693}{k}$$

لحساب قيمة ثابت معدل السرعة لتفاعل من الرتبة الأولى ويمتلك قيمة عمر نصف تساوي 480 s.

رقم التجربة	$[H_2O_2]$ (mol/L)	$[I^-]$ (mol/L)	$[H^+]$ (mol/L)	معدل سرعة التفاعل الابتدائية (mol/L.s)
1	0.0200	0.0100	0.0100	3.50×10^{-6}
2	0.0300	0.0100	0.0100	5.30×10^{-6}
3	0.0050	0.0200	0.0200	1.75×10^{-6}

أسئلة :

ج. يمتلك تفاعل من الرتبة الأولى قيمة ثابت معدل سرعة تساوي $9.63 \times 10^{-5}\ s^{-1}$. احسب قيمة عمر النصف لهذا التفاعل.

رقم التجربة	$[H_2O_2]$ (mol/L)	$[I^-]$ (mol/L)	$[H^+]$ (mol/L)	معدل سرعة التفاعل الابتدائية (mol/L.s)
1	0.0200	0.0100	0.0100	3.50×10^{-6}
2	0.0300	0.0100	0.0100	5.30×10^{-6}
3	0.0050	0.0200	0.0200	1.75×10^{-6}

يمكن تحديد بيانات التفاعل عمليا من خلال:

١. بيانات سير التفاعل.

٢. قيم معدلات السرعة الأبتدائية.

استنتاج رتبة التفاعل من بيانات سير التفاعل

مثال

٦. يتفاعل الميثانول مع حمض الهيدروكلوريك عند درجة الحرارة 25°C، وينتج من التفاعل كلوروميثان وماء وفق المعادلة الآتية:

$$CH_3OH(aq) + HCl(aq) \longrightarrow CH_3Cl(g) + H_2O(l)$$

تم خلط كميّات مولية متساوية من الميثانول وحمض الهيدروكلوريك عند درجة الحرارة 25°C، وتمّت متابعة سير التفاعل وفق الآتي:

- أخذت عيّنات صغيرة من مخلوط التفاعل في فترات زمنية منتظمة.
- ثم تمّت معايرة كل عيّنة باستخدام محلول قياسي من هيدروكسيد الصوديوم.

يوضح الجدول (٦-٦) البيانات التي تم الحصول عليها. حدد رتبة التفاعل.

$[CH_3OH]$ (mol/L)	[HCl] (mol/L)	الزمن (min)
1.84	1.84	0
1.45	1.45	200
1.22	1.22	400
1.04	1.04	600
0.91	0.91	800
0.81	0.81	1000
0.72	0.72	1200
0.66	0.66	1400
0.60	0.60	1600
0.56	0.56	1800
0.54	0.54	2000

الحل

الحل

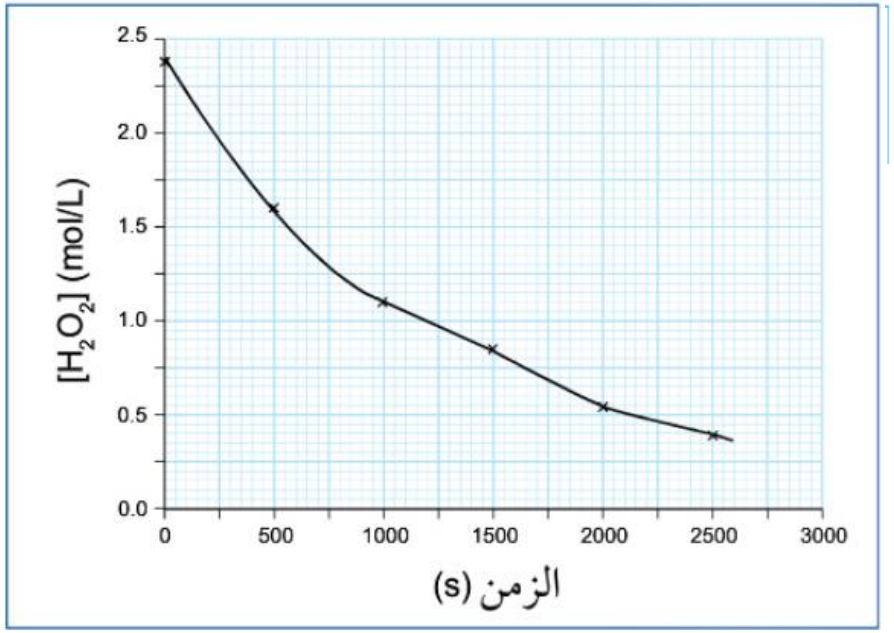
الحل

مثال

٥. يتفكك فوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) لإنتاج الماء وغاز الأكسجين وفق المعادلة الآتية:

$$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$$

يوّضح التمثيل البياني تغيّر تركيز فوق أكسيد الهيدروجين مقابل الزمن. استنتج رتبة التفاعل بالنسبة إلى فوق أكسيد الهيدروجين.



يبيّن الجدول النتائج الآتية:

$[H_2O_2]$ (mol/L)	معدل سرعة التفاعل (10^{-3}mol/L.s)
0.00	0.000
0.50	0.334
1.00	0.667
1.50	1.000
2.30	1.530

الحل

الحل

الحل

أسئلة :

اقترح كيف يمكن إعادة تصميم تجربة للتفاعل بين الميثانول وحمض الهيدروكلوريك للحصول على دليل على تأثير التغير في تركيز HCl بينما يتم التحكم في تركيز CH_3OH.

يجب أن تبقى درجة الحرارة ثابتة طوال التجربة، كما يجب تصميم التجربة لدراسة تأثير تغير تركيز مادة متفاعلة واحدة فقط في كل مرة. يعد وجود فائض كبير من الميثانول المقاربة الافضل، وهكذا يمكن افتراض أن تركيز الميثانول يكون ثابتا، لأنه أكبر بكثير من تركيز حمض الهيدروكلوريك، ويمكن بالتالي مراقبة تركيز حمض الهيدروكلوريك، ما يسمح باستنتاج رتبة التفاعل بالنسبة إلى حمض الهيدروكلوريك.

استنتاج رتبة التفاعل من قيم معدلات السرعة الأبتدائية

معدل السرعة الأبتدائية للتفاعل: هو معدل سرعة التفاعل عن ابتداء التجربة والذي يتم حسابه من المماس المرسوم على المنحنى عند الزمن (اللحظة) صفر.

مثال

٧. يتفكك أكسيد النيتروجين (V) N_2O_5، إلى أكسيد النيتروجين (IV) وأكسجين وفق المعادلة الآتية:

$$2N_2O_5(g) \longrightarrow 4NO_2(g) + O_2(g)$$

ويوضّح الجدول (٦-٨) النتائج التجريبية لـ معدل السرعة الابتدائية عند استخدام تراكيز مختلفة من N_2O_5.

التركيز الابتدائي لـ N_2O_5 (mol/L)	معدل السرعة الابتدائية (10^{-5} mol/L.s)
3.00	3.15
1.50	1.55
0.75	0.80

الحل

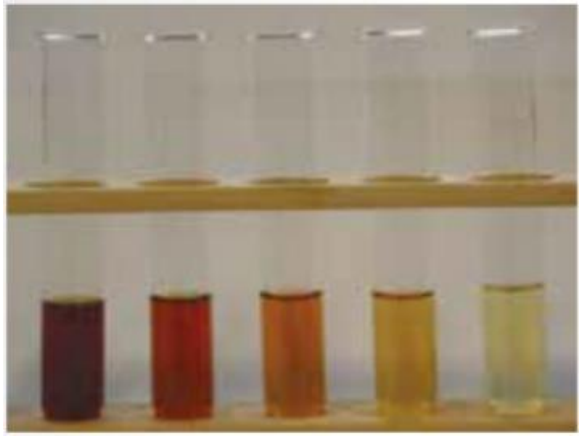
الحل

استنتاج رتبة التفاعل من قيم معدلات السرعة الأبتدائية

مثال

٨. تصف المعادلة الكيميائية أدناه تفاعل البروبانون مع اليود، الذي يحدث في وجود أيونات الهيدروجين كعامل حفاز:

$$CH_3COCH_3(aq) + I_2(aq) \xrightarrow{H^+} CH_3COCH_2I(aq) + HI(aq)$$



ويمكن تتبع سير التفاعل باستخدام جهاز مقياس اللون، بحيث يقيس هذا الجهاز امتصاص الضوء الذي يمر عبر مادة ما أو نفاذه من خلالها، ويمكن ملاحظة أن اللون البني لليود يتلاشى تدريجيًا مع سير التفاعل (الصورة ٦-٤). والنتائج التجريبية موضحة في الجدول (٦-٩). استنتج رتبة التفاعل بالنسبة إلى I_2 و CH_3COCH_3 و H^+

رقم التجربة	$[H^+]$ (mol/L)	$[CH_3COCH_3]$ (10^{-3} mol/L)	$[I_2]$ (10^{-3} mol/L)	معدل سرعة التفاعل الابتدائية (10^{-6} mol/L.s)
1	1.25	0.50	1.25	10.9
2	0.625	0.50	1.25	5.45
3	1.25	0.25	1.25	5.45
4	1.25	0.50	0.625	10.9

الحل

الحل

الحل

أسئلة :

استخدم بيانات المثال ٧ السابق والذي يوضح تفاعل تفكك أكسيد النيتروجين (V) للإجابة عن السؤالين أ و ب

أ. اذكر رتبة التفاعل.

ب. احسب قيمة ثابت معدل سرعة التفاعل (k).

التركيز الابتدائي لـ N_2O_5 (mol/L)	معدل السرعة الابتدائية (10^{-5} mol/L.s)
3.00	3.15
1.50	1.55
0.75	0.80

الحل

أسئلة :

أ. اكتب معادلة معدل سرعة التفاعل المحفّز بحمض بين اليود والبروبانون.

ب. استخدم معادلة معدل سرعة التفاعل الخاصة بك والبيانات الواردة في الجدول (٦-٩) (التجربة 1) لحساب قيمة لثابت معدل السرعة لهذا التفاعل.

رقم التجربة	$[H^+]$ (mol/L)	$[CH_3COCH_3]$ (10^{-3} mol/L)	$[I_2]$ (10^{-3} mol/L)	معدل سرعة التفاعل الابتدائية (10^{-6} mol/L.s)
1	1.25	0.50	1.25	10.9
2	0.625	0.50	1.25	5.45
3	1.25	0.25	1.25	5.45
4	1.25	0.50	0.625	10.9

الحل

الحل

الحل