الدرس الثاني: قوانين سرعة التفاعلات Reaction Rate Laws

الفكرةُ الرئيسة:

يصف قانون سرعة التفاعل الكيميائي العلاقة بين سرعة التفاعل وتراكيز المواد المتفاعلة؛ مرفوعة لأسس محددة يجري التوصل إليها بالتجربة العملية.

المفاهيمُ والمصطلحات:

رتبة التفاعل Reaction Order

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js

Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API Printed with Pdfcrowd.com

Created by Universal Document Converter

الرتبة الكليّة للتفاعل
Overall Reaction Order

أثر التراكيز في سرعة التفاعل
The Effect of Concentrations on Reaction Rate

درست سابقًا كيفية حساب سرعة التفاعل الكيميائي؛ بمعرفة التغيّر
في كمية إحدى المواد المتفاعلة المستهلكة، أو كمية إحدى المواد الناتجة
خلال زمن معين. ولكن قد تعتمد سرعة التفاعل الكلية على تركيز أكثر من
مادة واحدة متفاعلة، وهذه المواد المتفاعلة لا يمكن تحديد أثرها في سرعة
التفاعل من معادلة التفاعل الموزونة؛ إنما من التجارب العملية. فمثلاً؛ في
التفاعل(نواتج ← A + B)، تتناسب سرعة التفاعل طرديًا مع تراكيز المواد
المتفاعلة عند درجة حرارة ثابتة، كما يأتي:

$$R \propto [A][B]$$

أنظر الشكل (7)، الذي يبين تفاعلاً كيميائيًّا بين بيرمنغنات البوتاسيوم
$KMnO_4$ وفوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2.

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js
Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API
Printed with Pdfcrowd.com
Created by Universal Document Converter

الشكلُ (7): تفاعل كيميائي بين بيرمنغنات البوتاسيوم وفوق أكسيد الهيدروجين.

رتبة التفاعل Reaction Order

يصف قانون سرعة التفاعل العلاقة بين سرعة التفاعلR وثابت سرعة التفاعل k وتراكيز المواد المتفاعلة عند درجة حرارة ثابتة. فمثلا :في المعادلة العامة الآتية:

$$A + B \rightarrow C + D$$

يعبّر عن قانون سرعة التفاعل بحاصل ضرب قيمة عددية ثابتةk في تركيز المادة المتفاعلة.وتسمّىk ثابت سرعة التفاعل، حيث يعتمد على درجة الحرارة، ولكل تفاعل ثابت سرعة k محدد تختلف قيمته عن الآخر

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js

Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API Printed with Pdfcrowd.com

Created by Universal Document Converter

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

يطلق على الرمز (x) رتبة التفاعل للمادة المتفاعلة A ؛ أما الرمز (y)فهو رتبة التفاعل للمادة المتفاعلة B.وتعرَف رتبة التفاعلReaction Order؛ بأنها الأسّ المرفوع تركيزُها إليه في قانون سرعة التفاعل، وتبيّن أثر تغير تركيز المادة المتفاعلة في سرعة التفاعل. ويجري تحديد الرتبة من التجربة العملية لا من معادلة التفاعل الموزونة، وقد تكون قيمة الرتبة صفر،1، 2، ...،صفر؛ فعندما تكون قيمة الرتبة x أو y صفر ؛ فهذا يعني أن التفاعل من الرتبة الصفرية للمادة المتفاعلة A أو B، وإذا 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.ويطلق على مجموع رتب المواد المتفاعلة x + y في قانون سرعة التفاعل؛ الرتبة الكُلية للتفاعل .Overall Reaction Order

المثال (9):

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js

Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API Printed with Pdfcrowd.com

Created by Universal Document Converter

يتفاعل غاز أحادي أكسيد النيتروجينNO مع غاز الهيدروجينH_2:

وفق معادلة التفاعل الآتية:

$$(2NO_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 2H_2O_{(g}$$

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

$$R = k[NO]_2[2H]_1$$

1- ما رتبة التفاعل للمادة المتفاعلة NO؟

2- مارتبة التفاعل المادة المتفاعلة H_2؟

3- ما الرتبة الكُلية للتفاعل؟

الحل

ألاحظ من قانون سرعة التفاعل أن:

1- الأسّ المرفوع تركيز المادة المتفاعلة NOإليه يساوي2:أي أن رتبة المادةNOتساوي 2

2-الأسّ المرفوع تركيز المادة المتفاعلة H_2 إليه يساوي 1:أي أن رتبة المادةH_2 تساوي 1

3-الرتبة الكلية تساوي مجموع رتبتي المادتين المتفاعلتين، وهي: 3=1+2

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js

Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API Printed with Pdfcrowd.com

Created by Universal Document Converter

المثال 10

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

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

فإذا كان قانون السرعة لهذا التفاعل

$$R = k[N_2O_5]_1$$

وقيمة ثابت سرعة التفاعل k تساوي

$9.5 \times 10^{-4}\ s^{-1}$ وتركيز N_2O_5 يساوي

$4.8 \times 10^{-3}\ M$ أحسب سرعة التفاعل.

المطلوب: أحسب سرعة التفاعل R

الحلّ: قانون سرعة التفاعل:

$$R = k[N_2O_5]_1$$

أعوض قيمة ثابت السرعة وقيمة التركيز؛ فأحصل على قيمة سرعة التفاعل R

المعلم الالكتروني الشامل

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js

Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API Printed with Pdfcrowd.com

Created by Universal Document Converter

$R = 9.5 \times [O]$ $\quad$ $= 9.4 \times 10^{-6} \cdot M.s^{-1}$

أتحقَّق: ما المقصود برتبة التفاعل للمادة المتفاعلة؟

الإجابة:الأسّ المرفوع تركيزُها إليه في قانون سرعة التفاعل، وتبيّن أثر تغير تركيز المادة المتفاعلة في سرعة التفاعل.

تحديد رتبة التفاعل Determining the order of reaction

تساعد معرفة رتب المواد المتفاعلة في توقع كيفية حدوث التفاعل الكيميائي.
ويمكن تحديد رتبة التفاعل بالنسبة لمادة متفاعلة بطريقة الرسم البياني أو بطريقة السرعة الابتدائية.

طريقة الرسم البياني Graphical Method

أحدد رتبة التفاعل بالنسبة لمادة متفاعلة، وذلك بمعرفة تغير تركيز هذه المادة مع الزمن أثناء سير التفاعل، مع المحافظة على بقاء تراكيز المواد المتفاعلة الأُخرى ثابتة؛ وذلك باستعمال كميات كبيرة منها. وبعد قياس تراكيز المادة

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js
Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API
Printed with Pdfcrowd.com
Created by Universal Document Converter

المتفاعلة التي جرى اختيارها تجريبيًا؛ نرسم بيانيًا العلاقة بين التركيز مقابل زمن
التفاعل. وبما أن ميل المنحنى عند أي نقطة زمن يساوي سرعة التفاعل عند تلك
النقطة؛ فإنه يمكن حساب سرعات مختلفة للتفاعل عند تراكيز معينة. وبعد ذلك
يُرسَم رسم بياني آخر يبين سرعة التفاعل مقابل تركيز المادة المتفاعلة. ويتيح لنا نمط هذا الرسم تحديد رتبة التفاعل بالنسبة لمادة معينة.
وسنقتصر في دراستنا
باستخدام الرسم على الرتبة الصفرية والرتبة الأولى.

المعلم الالكتروني الشامل

الرتبة الصفرية Zero Order

عندما يكون تركيز مادة متفاعلة مرفوعًا للأسّ 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:

$$2N_2O(g) \xrightarrow{pt/\Delta} 2N_2(g) + O_2(g)$$

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js
Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API
Printed with Pdfcrowd.com
Created by Universal Document Converter

وجد أن سرعة التفاعل لا تعتمد على تركيز N_2O الموجود بداية التفاعل

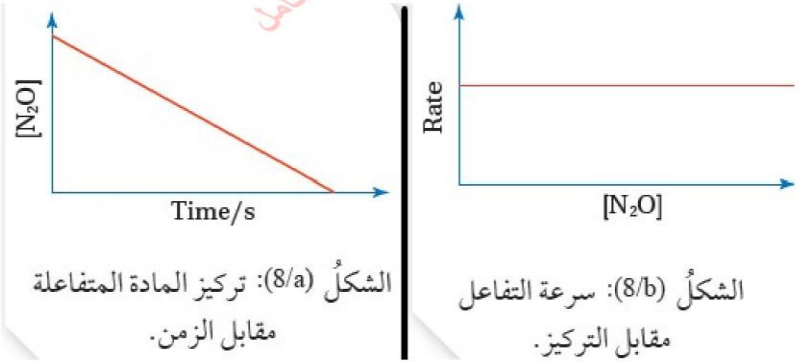
وبهذا نرسم العلاقة بين تركيز المادة المتفاعلة مقابل الزمن؛ فنحصل على

الرسم المبيّن في الشكل (a/8)، ألاحظ أن تركيز المادة المتفاعلة يتناقص بمقدار

ثابت بمرور الزمن؛ وبالتالي تكون العلاقة بين التركيز والزمن علاقة خطٍّ مستقيم

متناقص مَيلُه مقدارٌ ثابت. ونمط الرسم لهذا التفاعل هو ذاته لتفاعلات الرتبة الصفرية كافّة؛ وبالتالي يمكن التنبؤ عن طريق الرسم مباشرة بالرتبة الصفرية.

قسم الإلكتروني الشامل



الشكلُ (8/a): تركيز المادة المتفاعلة مقابل الزمن.

الشكلُ (8/b): سرعة التفاعل مقابل التركيز.

ويبين الشكل البياني (b/8)، علاقة خط مستقيم بين سرعة التفاعل مقابل التركيز، ويشير ذلك إلى أن سرعة التفاعل لا تتأثر بتركيز

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js
Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API
Printed with Pdfcrowd.com
Created by Universal Document Converter

المادة المتفاعلة N_2O ، وبهذا يكون قانون السرعة لهذا التفاعل:

$$R = k$$

وذلك لأن $\left[O2N \right]_0 = 1$ ؛ فلا يكتب تركيز N_2O في قانون السرعة.

الرتبة الأولى First order

عندما يكون تركيز مادة متفاعلة مرفوعًا للأس (1)؛ فإن سرعة التفاعل تتناسب طرديًا مع تركيز المادة المتفاعلة، مما يعني أن تغير تركيز المادة يؤدي إلى التغيّر 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 $2O2H$ وفق المعادلة الآتية:

$$(g)2O + (l)O2H2 \xrightarrow{\Delta} (qa)2O2H2$$

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js

Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API | Printed with Pdfcrowd.com

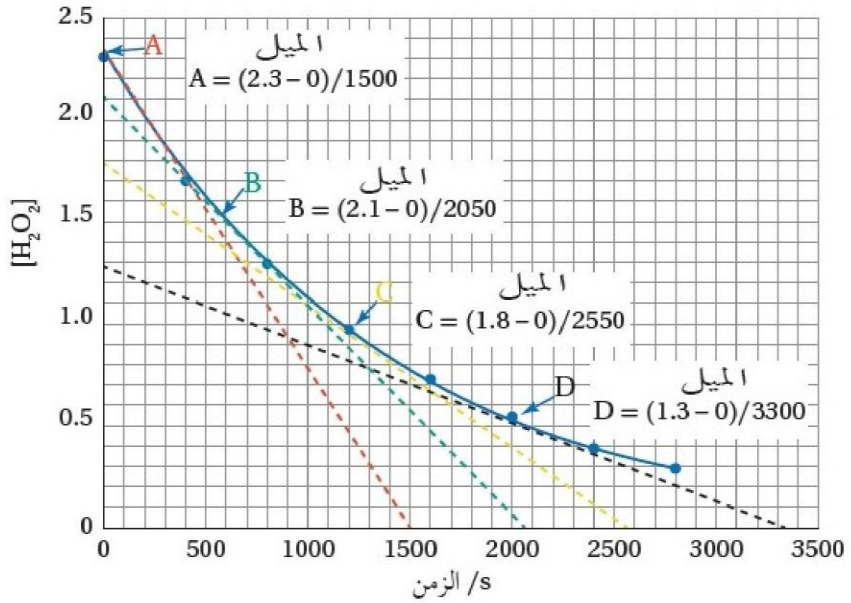
Created by Universal Document Converter

حيث وجد عمليًا أن مضاعفة تركيز 2O2H يؤدي إلى مضاعفة سرعة التفاعل؛
لذلك يعدّ هذا التفاعل من الرتبة الأولى بالنسبة للمادة المتفاعلة فوق أكسيد الهيدروجين،ويعبّر عن سرعته بالقانون

$$R = k_1[2O2H]$$

ويمكن التحقق من التفاعل أنه رتبة أولى بتتبع تغيّر تركيز 2O2H بمرور الزمن.
حيث يبين الشكل (9) ميل المماس عند تراكيز محددة من 2O2H في زمن محدد ودرجة حرارة ثابتة. ويعدّ شكل المنحنى هذا مؤشرًا عامًا لتفاعلات الرتبة الأولى كافة.

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js
Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API
Printed with Pdfcrowd.com
Created by Universal Document Converter



الشكلُ (9): ،
عند تراكيز
فوق أكسيد

يتضح من الشكل أن الخطوط المنقطة A.B.C.D
؛ تمثل المماس عند تراكيز
محددة، وبحساب ميل المماس يمكن حساب
سرعة هذا التفاعل عند تلك
التراكيز من العلاقة الآتية:

$$R = -\frac{\Delta [2O2H]}{\Delta t}$$

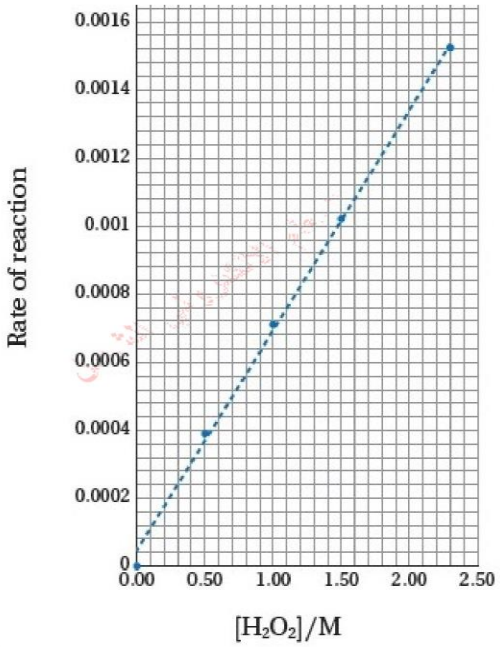
ويبين الجدول(2)الآتي قِيَم سرعة التفاعل
المحسوبة عند تراكيز محددة من2O2H

الجدول (2): قِيَم سرعة التفاعل عندتراكيز محددة
من 2O2H

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js
Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API
Printed with Pdfcrowd.com
Created by Universal Document Converter

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

وبذلك يمكن رسم شكل بياني



الشكلُ (10): سرعة التفاعل مقابل تركيز H_2O_2.

يوضح سرعة التفاعل مقابل التركيز،كما هو مبيّن في الشكل (10)، حيث يظهر الشكل علاقة خط مستقيم متزايد، وهذا النمط ينطبق على هذا التفاعل وعلى تفاعلات الرتبة الأولى كافة؛ أي إذا

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js
Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API
Printed with Pdfcrowd.com
Created by Universal Document Converter

كانت العلاقة خطًا مستقيمًا متزايدًا بين تركيز المادة المتفاعلة
وسرعة التفاعل؛ يعني ذلك أن التفاعل من الرتبة الأولى.

طريقة السرعة الابتدائية The Initial Rate Method

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

$$aA + bB \rightarrow nC$$

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

التجربة	M [A]	M [B]	السرعةالابتدائية $M \cdot s^{-1}$
1	0.1	0.1	1×10^{-4}
2	0.2	0.1	2×10^{-4}

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js
Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API
Printed with Pdfcrowd.com
Created by Universal Document Converter

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؛ أقارن بين تركيز المادة A وسرعة التفاعل في التجربتين (1 و 2) عند ثبات تركيز المادة B، حيث ألاحظ أن تركيز المادة A في التجربة رقم (2) هو ضعف تركيزها في التجربة رقم (1)، وألاحظ -أيضًا- أن سرعة التفاعل في التجربة رقم (2) كان ضعفها في التجربة رقم (1)، أي أن نسبة الزيادة في تركيز المادة هي نسبة الزيادة ذاتها في سرعة التفاعل، وبذلك؛ فإن التفاعل أحادي الرتبة للمادة A، أي أن قيمة x تساوي 1.

كذلك؛ أطبق الطريقة ذاتها لتحديد قيمة رتبة y للمادة B؛ فإنني أقارن تركيز المادة B مع سرعة التفاعل في التجربتين (1، 3) عند ثبات تركيز المادة A، حيث ألاحظ أن تركيز المادة B في التجربة رقم (3)، هو ضعف تركيزها في التجربة رقم (1)، وألاحظ -أيضًا- أن سرعة التفاعل في

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js
Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API
Printed with Pdfcrowd.com
Created by Universal Document Converter

التجربة رقم (3) تزداد أربعة مرات عنها في التجربة رقم (1)، وبذلك فإن التفاعل ثنائي الرتبة للمادة B؛ أي أن قيمة y تساوي 2.

أستدل من المعلومات السابقة أن التفاعل للمادة A أحادي الرتبة؛ بينما التفاعل للمادة B ثنائي الرتبة؛ وبهذا أتوصل إلى قانون السرعة لهذا التفاعل:

$$R = k[A]_1[B]_2$$

المثال 11

يتفاعل ثاني أكسيد النيتروجين $2NO$ مع حمض الهيدروكلوريك HCl وفق معادلة التفاعل الآتية:

$$(NO_{2(g)} + 2HCl_{(g)} \rightarrow NO_{(g)} + Cl_{2(g)} + H_2O_{(g}$$

أُجريت ثلاث تجارب بتراكيز مختلفة عند درجة حرارة ثابتة؛ وجرى حساب سرعة التفاعل الإبتدائية لكل تجربة، وسجلت النتائج؛ فكانت كما يظهر في الجدول الآتي:

رقم التجربة	$[NO_2]$ M	$[HCl]$ M	السرعة الابتدائية M/s

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js
Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API
Printed with Pdfcrowd.com
Created by Universal Document Converter

1	0.3	0.3	4.1×10^{-3}
2	0.6	0.3	4.1×10^{-3}
3	0.3	0.6	8.2×10^{-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 التفاعلK، وأحدد وحدته؟

التعليم الالكتروني الشامل

الحلّ:

1- قانون سرعة التفاعل العام

$$R = k[2NO]_x[HCl]_y$$

2-أجد قيمة الرتبة xللمادة المتفاعلة NO_2، بمقارنة تركيز NO_2 مع سرعة التفاعل في التجربتين رقم (1 و 2)عند ثبات تركيز HCl،حيث

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js

Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API | Printed with Pdfcrowd.com

Created by Universal Document Converter

أقسم سرعة التفاعل R_2 على سرعة التفاعل R_1 كما يلي:

$$\frac{y\ [HCl]\ _x\left[2NO\right]k}{y[HCl]\ _x\left[2NO\right]k} = \frac{2R}{1R}$$

أعوض قيم السرعة والتركيز، وأحذف قيمة ثابت السرعة k ؛ لأنها ثابته في التفاعل ذاته.

$$\frac{yx[3.0][6.0]k}{yx[3.0][3.0]k} = \frac{3\text{-}10\times8.2}{3\text{-}10\times4.1}$$

ومنها $2^x = 2$

أي أن: $x=1$ وهي رتبة المادة NO_2

المعلم الالكتروني الشامل

3- أجد قيمة الرتبة y للمادة المتفاعلة HCl ، بمقارنة تركيز HCl مع سرعة التفاعل في التجربتين رقم (1و 3)عند ثبات تركيز المادةNO_2، حيث أقسم سرعة التفاعل R_3 على سرعة التفاعل R_1 كما يلي:

$$\frac{yx[HCl]\left[2NO\right]k}{yx[HCl]\left[2NO\right]k} = \frac{3R}{1R}$$

أعوض قيم السرعة والتركيز ورتبة NO_2 وأحذف قيمة ثابت السرعة k لأنها ثابتة.

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js

Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API | Printed with Pdfcrowd.com

Created by Universal Document Converter

$$\frac{{}_{y1}[6.0][3.0]k}{{}_{y1}[3.0][3.0]k} = \frac{3\text{-}10\times 8.2}{3\text{-}10\times 4.1}$$

ومنها $2^y = 2$

أي أن: $y=1$ وهي رتبة المادة HCl

4- أستنتج قانون سرعة التفاعل:

$$R = k[HCl]_1{}_1[2NO]$$

5- أحسب قيمة ثابت السرعة من التجربة رقم(1) مثلا كما يأتي:

المعلم الالكتروني الشامل

$$\frac{R}{[HCl][2NO]} = k \qquad \frac{1\text{-}s.M\ 3\text{-}10\times 4.1}{M(3.0)\ M(3.0)} = 1\text{-}s1\text{-}.M\ 2\text{-}10\times 55.1 =$$

المثال 12

يتفاعل غاز أحادي أكسيد النيتروجينNOمع غاز الأكسجين O_2 مكوّنًا غاز ثاني أكسيد النيتروجين NO_2، وفق المعادلة الآتية:

$$2NO_2(g) \rightarrow 2O(g) + ON_2(g)$$

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js
Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API
Printed with Pdfcrowd.com
Created by Universal Document Converter

وبقياس سرعة التفاعل الإبتدائية عند تراكيز ابتدائية مختلفة من NO و O_2

سجلت النتائج كما يظهر في الجدول الآتي:

رقم التجربة	M [NO]	M $\left[2O \right]$	السرعةالابتدائية M .s-1
1	1×10^{-1}	2×10^{-2}	7×10^{-2}
2	2×10^{-1}	2×10^{-2}	8.2×10^{-1}
3	1×10^{-1}	2×10^{-2}	4.1×10^{-1}

أستعين بنتائج هذه التجارب في تحديد رتبة التفاعل بالنسبة لكل من أحادي أكسيد النيتروجين والأكسجين.

الحلّ:

لتحديد رتبة التفاعل للمادةNO، أقارن تركيزها مع سرعة التفاعل في التجربتين (1و2)عند ثبات تركيز الأكسجينO_2،حيث ألاحظ أن تركيز NOتضاعف مرتين كما يأتي:

$$2 = \frac{2\times10^{-1}}{1\times10^{-1}}$$

وبالمقابل تتضاعف السرعة 4 مرات كما يأتي:

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js

Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API Printed with Pdfcrowd.com

Created by Universal Document Converter

$$4 = \frac{8.2 \times 10^{-1}}{7 \times 10^{-2}}$$

أي أن التفاعل من الرتبة 2 بالنسبة للمادة NO.

كذلك؛ أستعمل الطريقة ذاتها لتحديد قيمة رتبة المادة O_2،حيث أقارن تركيزها مع سرعة التفاعل في التجربتين(1و3) عند ثبات تركيز NO،حيث ألاحظ أن تركيز O_2 تضاعف مرتين كما يأتي:

$$2 = \frac{4 \times 10^{-1}}{2 \times 10^{-1}}$$

وأيضًا؛ تتضاعف السرعة مرتين كما يأتي:

المعلم الالكتروني الشامل

$$2 = \frac{4.1 \times 10^{-1}}{7 \times 10^{-2}}$$

وبهذا؛ فإن رتبة التفاعل للمادة O_2 تساوي1

أستدل من المعلومات السابقة على قانون السرعة لهذا التفاعل:

$$R = k[NO]^2[O_2]^1$$

المثال 13

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js

Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API Printed with Pdfcrowd.com

Created by Universal Document Converter

جرى قياس السرعة الإبتدائية لثلاثة تجارب عند تراكيز ابتدائية مختلفة من تفاعل كلوروإيثان CH_3CH_2Cl مع هيدروكسيد الصوديوم NaOH وفق المعادلة الآتية:

$$CH_3CH_2Cl + NaOH \rightarrow CH_3CH_2OH + NaCl$$

وسجلت النتائج كما في الجدول الآتي:

رقم التجربة	$M[Cl2CH3CH]$	$M[NaOH]$	السرعةالابتدائية 1-s. M
1	0.02	0.025	0.1
2	0.03	0.025	0.15
3	0.03	0.050	0.3

المعلم الالكتروني الشامل

أستعين بنتائج هذه التجارب في تحديد رتبة التفاعل بالنسبة لكل من كلوروإيثانCH_3CH_2Clوهيدروكسيد الصوديوم NaOH،وأكتب قانون سرعة هذا التفاعل.

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js
Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API
Printed with Pdfcrowd.com
Created by Universal Document Converter

الحلّ:

لتحديد رتبة التفاعل للمادة CH_3CH_2Cl أقارن تركيزها مع سرعة التفاعل في التجربتين(1و2)عند ثبات تركيز NaOH،حيث أجد أن:

$$\frac{0.03}{0.02} = 1.5$$

وأحسب عندها سرعة التفاعل كما يأتي:

$$\frac{0.3}{0.15} = 1.5$$

وبهذا؛ فان التفاعل من الرتبة 1 بالنسبة للمادةCH_3CH_2Cl

كذلك أستعمل الطريقة ذاتها لتحديد قيمة رتبة NaOH،حيث أقارن تركيزها مع سرعة التفاعل في التجربتين(2 و 3)عند ثبات تركيز CH_3CH_2Cl، حيث أجد أن:

$$\frac{0.3}{0.15} = 2$$

وأحسب عندها سرعة التفاعل كما يأتي:

$$\frac{0.05}{0.025} = 2$$

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js

Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API Printed with Pdfcrowd.com

Created by Universal Document Converter

أي أن التفاعل من الرتبة 1 بالنسبة للمادةNaOH

قانون سرعة التفاعل:

$$R = k[CH_3CH_2Cl][NaOH]_1$$

المثال 14

في معادلة التفاعل الافتراضي نواتج

$$A_{(g)} + B_{(g} \rightarrow$$

سجّلت البيانات كما يأتي:

رقم التجربة	M[A]	M[B]	السرعة الابتدائيةM .s-1
1	0.2	0.1	1×10^{-3}
2	0.4	0.1	2×10^{-3}
3	0.6	0.2	3×10^{-3}

1-أستنتج رتبة المادة المتفاعلة A

2-أستنتج رتبة المادة المتفاعلة B

3-أستنتج قانون السرعة لهذا التفاعل.

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js

Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API Printed with Pdfcrowd.com

Created by Universal Document Converter

4-أحسب قيمة ثابت سرعة التفاعل k، وأحدد وحدته؟

الحل:

1-أجد الرتبة x للمادة المتفاعلة A من التجربتين (1و2) عند ثبات تركيز B

$$\frac{{}_{yx}[B][A]k}{{}_{yx}[B][A]k} = \frac{2R}{1R}$$

أعوّض قِيَم السرعة والتركيز

xy4.0k1.0xy2.0k=103-x2103-1.0

x1 2x=2 1=x

2-أجد الرتبة y للمادة المتفاعلة B من التجربتين(1و3)، أو (2و3) وذلك لأنه لا يوجد ثبات في تركيز المادة A ، فمثلا : يمكن الرجوع إلى التجربتين (1و3) كما يلي:

y2.016.0ky1.012.0k=103-x3103-

x1 2yx3=3 0=y ⇒ 2y=1

3- أستنتج قانون سرعة التفاعل:

1Ak=R

4-أحسب ثابت سرعة التفاعل، وأستنتج وحدته:

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/jax.js

Convert web pages and HTML files to PDF in your applications with the Pdfcrowd HTML to PDF API Printed with Pdfcrowd.com

Created by Universal Document Converter

s1-.M103-×1M2.0=k s1- 103-

=×5

أتحقَّق: في قانون سرعة التفاعل العام $R = k [A]^x [B]^y$ عند مضاعفة تركيز A مرتين تضاعفت سرعة التفاعل مرتين، وعند مضاعفة تركيز BوA معا مرتين تضاعفت السرعة 8 مرات. أستنتج رتبة كل من A و B.

الإجابة: رتبة A تساوي 1 ، ورتبة B+A تساوي 3 ، فتكون رتبة B تساوي2.