تعيين رتبة التفاعل لتفاعل يشتمل على أكثر من مادة متفاعلة

سؤال 1 :

NO_2يتفاعل ثاني أكسيد النيتروجين مع حمض الهيدروكلوريك HCl ، وفق معادلة التفاعل الآتية:

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

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

1- أكتب قانون سرعة التفاعل العام.

قانون سرعة التفاعل العام:

$$R = k\,[NO_2]^x\,[HCl]^y$$

2- أستنتج رتبة المادة المتفاعلةNO_2 .

لتحديد رتبة التفاعل بالنسبة للمادة NO_2 ؛ أقارن بين تركيز NO_2 وسرعة التفاعل في التجربتين (1) و (2) عند ثبات تركيز HCl ، حيث ألاحظ أن تركيز NO_2 تضاعف مرتين:

$$0.60.3 = 2$$

وفي المقابل تضاعفت السرعة مرتين:

$$2.8 \times 10\text{-}31.4 \times 10\text{-}3 = 2$$

وعليه فإن رتبة المادة المتفاعلةNO_2 هي الرتبة الأولى (1).

أو يمكن أن نقسم التجربة رقم (2) على التجربة رقم (1):

$$R2R1 = k\,[NO2]x\,[HCl]yk\,[NO2]x\,[HCl]y$$

وباختصار قيمة ثابت السرعة kوتركيز HCl لأنهما ثابتان تصبح العلاقة:

$$R2R1 = [NO2]x\ [NO2]x$$

$$2.8 \times 10\text{-}3 \quad 1.4 \times 10\text{-}3 = [0.6]x\ [0.3]x$$

$$2 = (2)^x \Rightarrow x = 1$$

3- أستنتج رتبة المادة المتفاعلة HCl .

لتحديد رتبة التفاعل بالنسبة للمادة HCl ؛ أقارن بين تركيز HCl وسرعة التفاعل في التجربتين (1) و (3) عند ثبات تركيز NO_2 ، حيث ألاحظ أن تركيز HCl تضاعف مرتين:

$$0.6 \quad 0.3 = 2$$

وفي المقابل تضاعفت السرعة مرتين:

$$2.8 \times 10\text{-}3 \quad 1.4 \times 10\text{-}3 = 2$$

وعليه فإن رتبة المادة المتفاعلة HCl هي الرتبة الأولى (1).

أو يمكن أن نقسم التجربة رقم (3) على التجربة رقم (1):

$$R3R1 = k\ [NO2]x\ [HCl]yk\ [NO2]x\ [HCl]y$$

$$R3R1 = [HCl]y\ [HCl]y$$

$$2.8 \times 10\text{-}3 \quad 1.4 \times 10\text{-}3 = [0.6]y\ [0.3]y$$

$$2 = (2)^y \Rightarrow y = 1$$

4- أستنتج قانون السرعة لهذا التفاعل.

قانون السرعة لهذا التفاعل:

$$R = k\ [NO_2]^1\ [HCl]^1$$

5- أحسب قيمة ثابت سرعة التفاعل k ، وأحدد وحدته.

لحساب قيمة ثابت السرعة k نعوّض قيم التركيز والسرعة في إحدى التجارب الواردة في الجدول، فمثلاً يمكن تعويض القيم الواردة في الجدول والخاصة بالتجربة

رقم (1):

$$R = k\,[NO_2]^1\,[HCl]^1$$

$$1.4 \times 10^{-3} = k\,[0.3]^1\,[0.3]^1$$

$$k = 1.55 \times 10^{-2}\ M^{-1}.s^{-1}$$

6- أحسب سرعة التفاعل عندما يكون $0.1\ M = [NO_2] = [HCl]$

$$R = k\,[NO_2]^1\,[HCl]^1$$

$$R = 1.55 \times 10^{-2}\,[0.1]^1\,[0.1]^1$$

$$R = 1.55 \times 10^{-4}$$

سؤال 2 :

NOيتفاعل غاز أحادي أكسيد النيتروجين مع غاز الأكسجين O_2 ، مكوناً غاز ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 ، وفق معادلة التفاعل الآتية:

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

NOوبقياس سرعة التفاعل الابتدائية عند تراكيز ابتدائية مختلفة من و O_2 ؛ سجلت النتائج كما يظهر في الجدول الآتي:

رقم التجربة	[NO] M	$[O_2]$ M	السرعة الابتدائية $(M.s^{-1})$
1	1×10^{-1}	2×10^{-1}	7×10^{-2}
2	2×10^{-1}	2×10^{-1}	2.8×10^{-1}
3	1×10^{-1}	4×10^{-1}	1.4×10^{-1}

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

الحل:

لتحديد رتبة التفاعل بالنسبة للمادة NO ؛ أقارن بين تركيز NO وسرعة التفاعل في التجربتين (1) و (2) عند ثبات تركيز O_2 ، حيث ألاحظ أن تركيز NO تضاعف مرتين:

$$2 \times 10\text{-}11 \times 10\text{-}1 = 2$$

وفي المقابل تضاعفت السرعة (4) مرات:

$$2.8 \times 10\text{-}17 \times 10\text{-}2 = 4$$

وعليه فإن رتبة المادة المتفاعلة NO هي الرتبة الثانية (2).

أو يمكن أن نقسم التجربة رقم (2) على التجربة رقم (1):

$$k\,[NO]x\,[O2]y \; k\,[NO]x\,[O2]y = R2R1$$

وباختصار قيمة ثابت السرعة k وتركيز O_2 لأنهما ثابتان تصبح العلاقة:

$$R2R1 = [NO]x\,[NO]x$$

$$2.8 \times 10\text{-}17 \times 10\text{-}2 = [0.2]x\,[0.1]x$$

$$4 = (2)^x \Rightarrow x = 2$$

لتحديد رتبة التفاعل بالنسبة للمادة O_2 ؛ أقارن بين تركيز O_2 وسرعة التفاعل في التجربتين (1) و (3) عند ثبات تركيز NO ، حيث ألاحظ أن تركيز O_2 تضاعف مرتين:

$$4 \times 10\text{-}12 \times 10\text{-}1 = 2$$

وفي المقابل تضاعفت السرعة مرتين:

$$1.4 \times 10\text{-}17 \times 10\text{-}2 = 2$$

وعليه فإن رتبة المادة المتفاعلة O_2 هي الرتبة الأولى (1).

أو يمكن أن نقسم التجربة رقم (3) على التجربة رقم (1):

$$k\,[NO]x\,[O2]y \; k\,[NO]x\,[O2]y = R3R1$$

وباختصار قيمة ثابت السرعة k وتركيز NO لأنهما ثابتان تصبح العلاقة:

$$R3R1 = [O2]y\,[O2]y$$

2.8 x 10-11.4 x 10-1 = [0.6]y [0.3]y

$$2 = (2)^{y} \Rightarrow y = 2$$