

## الكيمياء الحركية

أولاً: بعض التعريفات والقوانين المهمة

- سرعة التفاعل الكيميائي
- ميكانيكية التفاعل الكيميائي
- العوامل المؤثرة على سرعة التفاعل الكيميائي
- قانون السرعة للتفاعل
- معادلة أرهينيوس
- رتبة التفاعل
- جزئية التفاعل
- فترة نصف العمر للتفاعل

ثانياً: بعض العلاقات المهمة

- معادلة السرعة للتفاعل أحادي الرتبة
- فترة نصف العمر لتفاعلات الرتبة الأولى
- معادلة السرعة للتفاعلات ثنائية الرتبة (الرتبة الثانية)
- أ- تفاعلات مشتملة على متفاعلين لهما نفس التركيز الابتدائي
- ب- تفاعلات مشتملة على متفاعلين بتركيزات ابتدائية مختلفة
- معادلة السرعة للتفاعلات ثلاثية الرتبة (الرتبة الثالثة)
- تأثير درجة الحرارة على ثابت سرعة التفاعل

ثالثاً: مسائل وحلولها

رابعاً: مسائل غير محلولة



## أولاً: بعض التعريفات والقوانين المهمة

### سرعة التفاعل الكيميائي:

يقصد بسرعة التفاعل الكيميائي معدل الزيادة في تركيز المواد الناتجة أو معدل النقص في تراكيزات المواد المتفاعلة.

وتقاس سرعة التفاعل الكيميائي بمعدل التغير في تركيزات المتفاعلات أو النواتج مع التغير في الزمن. ويعبر عنها- في الغالب- بوحدات (mol/L.sec). ويمكن قياس سرعة تفاعل كيميائي بعمل علاقة بين تركيز المتفاعلات أو النواتج مع الزمن. ويمكن الحصول على سرعة التفاعل من ميل المماس لمنحنى (التركيز - الزمن) عند زمن معين.

### ميكانيكية التفاعل الكيميائي:

ميكانيكية التفاعل الكيميائي يقصد بها تتبع خط سير التفاعل والخطوات التي يتم بها التفاعل إلى التغير النهائي للتفاعل.

ويمكن للتفاعل أن يتم في خطوة واحدة، ولكن معظم التفاعلات تتم على خطوات عديدة. وتعد أبسط خطوة في هذه الحالة هي الخطوة المحددة لسرعة التفاعل.

### العوامل المؤثرة على سرعة التفاعل الكيميائي:

- 1- درجة تجزء المواد المتفاعلة.
- 2- طبيعة المتفاعلات والنواتج.
- 3- تراكيزات المواد المتفاعلة.
- 4- درجة الحرارة.
- 5- نوع مادة الوسط الذي يتم فيه التفاعل.
- 6- وجود العامل الحفاز.
- 7- عوامل الاثارة.
- 8- الضغط (في حالة التفاعلات الغازية)

### قانون السرعة للتفاعل:

قانون السرعة للتفاعل هو علاقة بين تركيز المتفاعلات وسرعة التفاعل. ويظهر في هذه العلاقة ثابت السرعة للتفاعل، ويعد مقياس للسرعة. فعلى سبيل المثال، ففي التفاعل:



يكون قانون السرعة للتفاعل هو:

$$\text{Rate} = K[A]^x[B]^y$$

حيث:  $K$  هي ثابت السرعة للتفاعل.

$x$  هي رتبة المتفاعل  $A$

$y$  هي رتبة المتفاعل  $B$

وتكون رتبة التفاعل ( $n$ ) هي مجموع ( $x$ ) و ( $y$ ).

معادلة أرهينيوس:

معادلة أرهينيوس هي المعادلة التي تربط بين ثابت سرعة التفاعل ( $K$ ) وطاقة

التشيط للتفاعل ( $E_a$ )، وهي:

$$K = A \cdot \exp^{-E_a/RT}$$

حيث:  $A$  هو عبارة عن معامل التردد للتصادمات (ثابت أرهينيوس)

$E_a$  طاقة التشيط للتفاعل

$R$  الثابت العام للغازات

$T$  درجة الحرارة المطلقة التي يتم عندها التفاعل.

رتبة التفاعل:

تعرف رتبة التفاعل بأنها: "المجموع الجبري لأسس تركيزات المواد المتفاعلة

والموضحة في معادلة أو قانون السرعة للتفاعل". ويمكن تعيين رتبة التفاعل عمليا

بواسطة التجربة. وتنقسم التفاعلات من حيث الرتبة إلى تفاعل أحادي أو ثنائي أو ثلاثي

الرتبة.

جزئية التفاعل:

تعرف جزئية التفاعل بأنها: "مجموع أعداد الجزيئات أو المكونات (ذرات

أو جزيئات أو أيونات) التي تدخل في تصادم واحد ليؤدي إلى تفاعل كيميائي. فهي عدد

الجزيئات المستخدمة لتكوين المتراكب النشط.

أو بمعنى آخر، فهي مجموع أعداد الجزيئات الداخلة في التفاعل ويمكن أن

يكون التفاعل أحادي الجزيئية أو ثنائي الجزيئية أو ثلاثي الجزيئية، وهكذا، حسب

المجموع الكلي لأعداد الجزيئات الداخلة في التفاعل.

فترة نصف العمر للتفاعل:

هي الفترة الزمنية اللازمة لإنقاص تركيز المتفاعل إلى نصف قيمته الابتدائية.

ثانياً: بعض العلاقات المهمة

معادلة السرعة للتفاعل أحادي الرتبة:

$$K = \frac{2.303}{t} \log \frac{a}{a-x}$$

حيث: K ثابت سرعة التفاعل

t الزمن

a التركيز الابتدائي

X تركيز الجزء الذي يتفكك

فترة نصف العمر (t<sub>1/2</sub>) لتفاعلات الرتبة الأولى:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{K} = \frac{0.693}{K}$$

حيث t<sub>1/2</sub> هي فترة نصف العمر

معادلة السرعة للتفاعلات ثنائية الرتبة:

أ- تفاعلات مشتملة على متفاعلين لهما نفس التركيز الابتدائي:

$$K = \frac{1}{at} \left( \frac{x}{a-x} \right)$$

فترة نصف العمر للتفاعل في هذه الحالة، وهي:

$$t_{1/2} = 1/K_a$$

أي أن t<sub>1/2</sub> يتناسب عكسياً مع التركيز الابتدائي للمواد المتفاعلة.

ب- تفاعلات مشتملة على متفاعلين بتركيزات ابتدائية مختلفة:

$$K = \frac{2.303}{t(-b)} \log \left[ \frac{b(a-x)}{a(b-x)} \right]$$

حيث a, b هي التركيز الابتدائي للمتفاعلين A, B حيث a ≠ b

فترة نصف العمر للتفاعل في هذه الحالة.

$$t_{1/2} = 0$$

أي أن t<sub>1/2</sub> لا تعتمد على التركيز الابتدائي للمواد المتفاعلة.

معادلة السرعة للتفاعلات ثلاثية الرتبة:

$$Kt = \frac{1}{2(a-x)^2} - \frac{1}{2a^2}$$

فترة نصف العمر لهذه التفاعلات

$$t_{1/2} = \frac{1}{2a^2K}$$

أى أن  $t_{1/2}$  تتناسب عكسيا مع مربع التركيز الابتدائي للمواد المتفاعلة.

تأثير درجة الحرارة على ثابت سرعة التفاعل :

توضح هذه العلاقة معادلة أرهينيوس، والتي يمكن كتابتها فى الصورة التالية:

$$\log \frac{K_2}{K_1} = \frac{E^*}{2.303R} \log \left( \frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2} \right)$$

### ثالثاً: مسائل وحلولها

(1) النتائج التالية حصلنا عليها لإنحلال سكر الجلوكوز في المحلول المائي:

Glucose (m mol dm <sup>-3</sup> )	56.	55.3	54.2	52.5	49.0
Time (min)	0	45	120	240	480

أثبت أن التفاعل أحادي الرتبة. ثم أحسب ثابت السرعة للتفاعل، وكذا فترة نصف العمر لتحلل الجلوكوز عند هذه الظروف.

الحل:

من القراءات السابقة، نجد أن:

$$a = 56.0 \text{ m mol dm}^{-3}$$

وتكون تركيزات الجلوكوز المقابلة للقيمة (a-x)، هي:

Log (a-x)	1.743	1.734	1.719	1.690
t	45	120	420	480

برسم العلاقة بين  $\log(a-x)$  والزمن t، كما هو بالشكل. وجد أن هذه العلاقة تعطي خط مستقيم، مما يدل على أن التفاعل أحادي الرتبة. ويكون ميل الخط المستقيم هو:

$$\text{Slope} = - \frac{K}{2.303} = -1.18 \times 10^{-4}$$

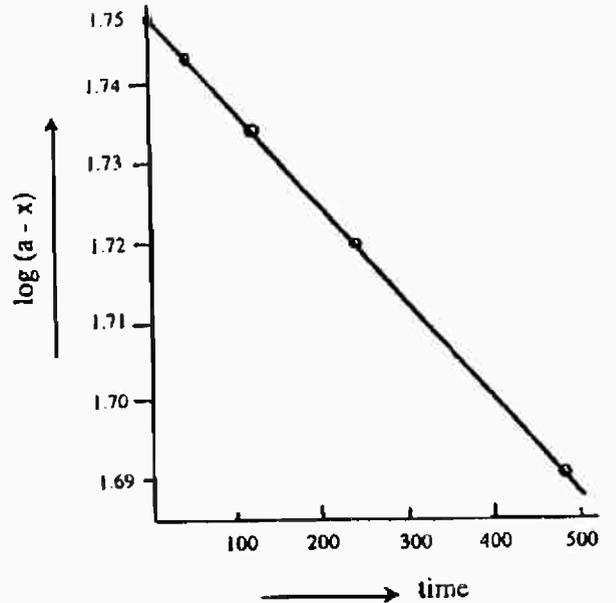
$$K = 2.303 \times 1.18 \times 10^{-4}$$

$$K = 2.72 \times 10^{-4} \text{ min}^{-1}$$

$$t_{1/2} = \frac{0.693}{K}$$

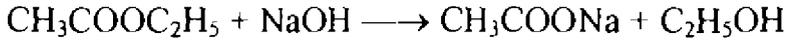
$$t_{1/2} = \frac{0.693}{2.72 \times 10^{-4}}$$

$$t_{1/2} = 2.55 \times 10^3 \text{ min}$$



العلاقة بين  $\log_{10}(a-x)$  مع t لانحلال سكر الجلوكوز.

(2) فى عملية تصبين خلات الإيثيل بمحلول هيدروكسيد الصوديوم عند 30°C.



كان التركيز الابتدائى لكل من الإستر والقوى هو:  $0.05 \text{ mol dm}^{-3}$ ، وكان النقص فى تركيز الإستر عند مختلف الأزمنة، هو:

$X \times 10^3 \text{ (mol dm}^{-3}\text{)}$	5.91	11.42	16.30	22.07	27.17	31.97	36.44
Time (min)	4	9	15	24	37	53	83

أحسب قيمة الثابت "K" للتفاعل.

الحل:

نحسب قيم  $1/a-x$ ، ونرسم علاقة بينها وبين الزمن t

$1/(a-x)/\text{mol dm}^{-3}$	22.7	25.9	29.7	35.8	43.8	53.9	73.8
t/min	4	9	15	24	37	53	83

وبرسم العلاقة بين  $1/a-x$  والزمن t، نحصل على خط مستقيم، كما هو واضح

بالشكل. وهذا يدل على أن التفاعل ثنائى الرتبة.

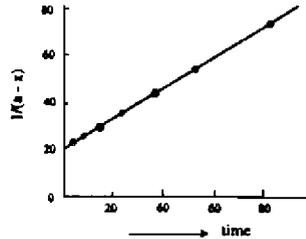
يمكن حساب قيمة  $K_r$ ، كما يلى:

$$\text{Slop} = K_r$$

ولكن، ومن الرسم نجد أن:

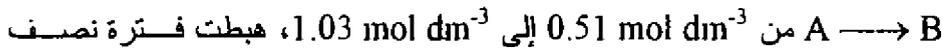
$$\text{Slop} = 0.640$$

$$K_r = 0.640 \text{ dm}^3 \text{ mol min}^{-1}$$



رسم يبين تفاعل ثنائى الرتبة بين خلات الإيثيل وهيدروكسيد الصوديوم عند 30°C

(3) عند تغيير التركيز الابتدائى للمتفاعل A فى التفاعل



العمر من (150) ثانية إلى (75) ثانية عند 25°C. أحسب رتبة التفاعل وكذا قيمة

ثابت السرعة.

الحل:

فى هذه الحالة، نستخدم العلاقة:

$$(t_{1/2})_1 / (t_{1/2})_2 = (a_2 / a_1)^{n-1}$$

ومن المعطيات، نجد أن:

$$(t_{1/2})_1 = 150 \text{ sec.}, (t_{1/2})_2 = 75 \text{ sec.}, a_1 = 0.51 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$a_2 = 1.03 \text{ mol dm}^{-3}, n = ?$$

وبالتعويض عن القيم السابقة في المعادلة المعطاة:

$$150/75 = (1.03/0.51)^{n-1}$$

بأخذ اللوغاريتم لطرفي المعادلة:

$$\log 2 = n - 1 \log 2$$

$$1 = n - 1$$

$$n = 2$$

التفاعل ثنائي الرتبة

وحيث أن التفاعل ثنائي الرتبة، يمكن حساب ثابت السرعة من العلاقة التالية:

$$t_{1/2} = \frac{1}{K_r a}$$

$$K_r = \frac{1}{t_{1/2} \times a}$$

$$K_r = 1.31 \times 10^{-2} \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ S}^{-1}$$

(4) في تفاعل تحلل كلوريد السلفونيل، كان التفاعل التالي أحادي الرتبة:



وكان ثابت السرعة للتفاعل عند  $320^\circ\text{C}$  هو  $2.0 \times 10^{-5} \text{ S}^{-1}$ .

أحسب النسبة المئوية لتحلل كلوريد السلفونيل بتسخينه، عند  $320^\circ\text{C}$  لمدة

(90) دقيقة.

الحل:

للتفاعل أحادي الرتبة، تكون معادلة السرعة التكاملية، هي:

$$K_r t = 2.303 \log \frac{a}{a-x}$$

ويمكن أن توضع هذه العلاقة على الصورة:

$$K_r t = 2.303 \log \frac{1}{1 - Y}$$

حيث "Y" تمثل الكسر من  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  المتحلل في زمن قدره:  
ومن المعطيات، نجد أن:

$$K_r = 2.0 \times 10^{-5} \text{ S}^{-1}, \quad t = 90 \times 60 = 5400 \text{ S},$$

وبالتعويض عن القيم السابقة، في المعادلة المعطاة

$$2.0 \times 10^{-5} \times 90 \times 60 = 2.303 \log \frac{1}{1 - Y}$$

$$\frac{1}{1 - Y} = 1.114$$

$$\therefore Y = 0.102$$

النسبة المئوية لتحلل كلوريد السلفونيل هي (10.2%).

(5) أحسب فترة تصف العمر  $t_{1/2}$  لتكسير غاز ( $\text{N}_2\text{O}_5$ ) عند  $35^\circ\text{C}$ ، حيث إن ثابت السرعة للتفاعل يساوى ( $8 \times 10^{-3}/\text{min}$ ).

الحل:

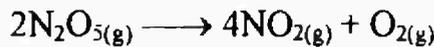
تفاعل التكسير هو تفاعل أحادي الرتبة. ولذلك، فإنه يمكن حساب قيمة  $t_{1/2}$

باستخدام العلاقة:

$$t_{1/2} = \frac{0.693}{K_r}$$

$$t_{1/2} = \frac{0.693}{8 \times 10^{-3}} = 85.6 \text{ min.}$$

(6) بالنسبة للتفاعل:



وعند رسم العلاقة بين  $\log [\text{N}_2\text{O}_5]$  والزمن  $t$ ، حصلنا على خط مستقيم، ميله يساوى ( $-5.86 \times 10^{-5} \text{ S}^{-1}$ ) عند  $35^\circ\text{C}$ . أحسب قيمة ثابت السرعة للتفاعل أحادي الرتبة.

### الحل:

حيث إن التفاعل أحادي الرتبة،

فإن ميل الخط المستقيم هو:

$$\text{slope} = -K_r/2.303$$

$$K_r = -2.303 \times \text{slop}$$

$$K = -2.303 (-5.86 \times 10^{-5})$$

$$K = + 1.35 \times 10^{-4} \text{ S}^{-1}$$

(7) في تفاعل بين ثيوكبرينات الصوديوم ويوديد الميثيل عند (25°C)، كانت تركيزات

المنفاعلات عند مختلف الأزمنة بالوحدات المعروفة كالتالي:

Time/min	0	4.75	10	20	35	55	$\infty$
[Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ]	33.35	30.50	27.0	23.2	20.3	18.6	17.1
[CH <sub>3</sub> I]	18.25	13.40	9.9	6.1	3.2	1.5	0

أثبت أن التفاعل ثنائي الرتبة.

### الحل:

إذا كان التفاعل ثنائي الرتبة، فإنه يمكن تطبيق معادلة سرعة التفاعل ثنائي

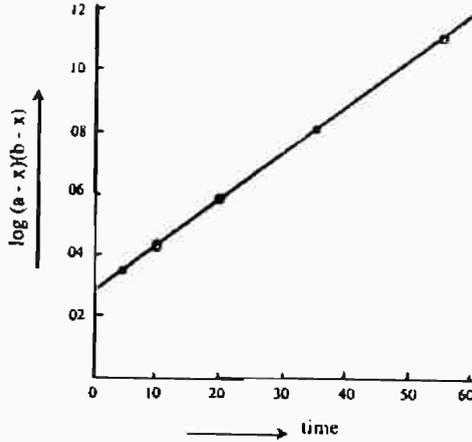
الرتبة، وتكون [a-x] و [b-x] هي تركيزات كل من Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> و CH<sub>3</sub>I، على الترتيب

عند أزمنة مختلفة t، حيث يمكن عمل الجدول التالي:

Log (a-x)/(b-x)	0.287	0.357	0.436	0.580	0.802	1.093
t/min	0	4.75	10	20	35	55

وبرسم العلاقة بين log (a-x)/(b-x) مع t، كما هو في الشكل، نحصل على خط

مستقيم. وهذا يؤكد أن التفاعل ثنائي الرتبة.



رسم بياني لتفاعل ثنائي الرتبة بين ثيوكبريتات الصوديوم ،  
ويوديد الميثيل .

(8) فترة نصف العمر لانحلال غاز  $N_2O_5$  عند  $65^\circ C$  هو (2.38 min). أحسب ثابت السرعة "K" للتفاعل عند نفس درجة الحرارة.

**الحل:**

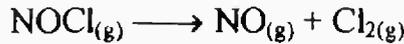
التفاعل أحادي الرتبة، وفترة نصف العمر له تعطى بالعلاقة:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{K_r}$$

$$K_r = \frac{0.693}{2.38} = 0.291 \text{ min}^{-1}$$

$$K_r = 0.291 \text{ min}^{-1}$$

(9) في تفاعل تحلل كلوريد النيتروزيل  $NOCl_{(g)}$  عند  $200^\circ C$ :



حصلنا على القراءات التالية:

[NOCl]/mol/L	0.0250	0.0202	0.0169	0.0136	0.0120
Time/sec.	0	200	400	700	900

عين رتبة التفاعل

**الحل:**

نقوم بحساب القيم التالية، ونضعها في جدول كالتالي:

t/s	[NOCl] mol/L	Log [NOCl]	1/[NOCl]L/mol
0	0.0250	-1.60	40.0
200	0.0202	-1.69	49.5
400	0.0169	-1.77	59.2
700	0.0136	-1.87	73.5
900	0.0120	-1.92	83.3

وتقوم برسم العلاقات التالية

$$[\text{NOCl}] \text{ vs } t, \quad \log [\text{NOCl}] \text{ vs } t$$

$$1/[\text{NOCl}] \text{ vs } t$$

ونرى أيهم تحقق علاقة الخط المستقيم.

نجد في هذه الحالة أنه برسم العلاقة بين  $1/[\text{NOCl}]$  و  $t$  نحصل على خط مستقيم، مما يدل على أن التفاعل ثنائي الرتبة.

(10) يتحلل محلول من السكروز في الماء بنسبة (25%) في الساعة. أحسب الزمن اللازم عندما يصل إلى (50%).

**الحل:**

تحلل السكروز أحادي الرتبة.

$$K = \frac{2.303}{t} \log \frac{a}{a-x}$$

وعندما يتحلل بنسبة (25%)، فإن  $(x = 1/4a)$  و  $t = 60 \text{ min}$  وبالتعويض عن

هذه القيم في المعادلة السابقة:

$$K = \frac{2.303}{60} \log \frac{a}{a-1/4a}$$

$$K = \frac{2.303}{60} \log \frac{4}{4-1}$$

$$K = 4.795 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$$

50%، فإن  $x = 1/2a$  و  $t = ?$

وحتى يصل إلى

$$K = 4.795 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$$

وبالتعويض عن القيم السابقة:

$$4.795 \times 10^{-3} = \frac{2.303}{t} \log \frac{4}{4-2}$$

$$4.795 \times 10^{-3} = \frac{1}{t} \times 0.69327$$

$$t = \frac{0.69327}{4.795 \times 10^{-3}}$$

$$t = 144.58 \text{ min}$$

(11) فى تفاعل أكسيد النيتروجين مع الهيدروجين عند ضغط ابتدائى 288 mm Hg و 251 mm Hg لكل منهما على الترتيب، كانت فترات أعمار النصف هى (140 min) و(180 min) على التوالى. أوجد رتبة التفاعل .

الحل:

من المعطيات، نجد أن:

$$t_1 = 1409 \text{ min}, t_2 = 180 \text{ min}, a_1 = 288 \text{ mmHg}, a_2 = 251 \text{ mmHg}$$

ولحساب رتبة التفاعل "n"، نعوض عن القيم السابقة فى المعادلة:

$$\frac{t_2}{t_1} = \left( \frac{a_1}{a_2} \right)^{n-1}$$

$$\frac{180}{140} = \left( \frac{288}{251} \right)^{n-1}$$

وبأخذ اللوغاريتم لطرفى المعادلة، نحصل على:

$$\log \frac{180}{140} = \log \left( \frac{288}{251} \right)^{n-1}$$

$$\log \frac{18}{14} = (n-1) \log \frac{288}{251}$$

$$0.1091 = (n-1) 0.0597$$

$$0.1091 = 0.0597n - 0.0597$$

$$0.0597n = 0.1091 + 0.0597$$

$$0.0597n = 0.1688$$

$$n = \frac{0.6061}{0.597} = 2.827$$

$$n \approx 3$$

∴ التفاعل ثلاثى الرتبة

(12) فى تجربة التميؤ القلوى ليوديد الإيثيل عند مدى من درجات الحرارة من 20°C إلى 80°C، حصلنا على النتائج التالية:

$K_r \cdot 10^3 \text{ (dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ S}^{-1}\text{)}$	0.100	0.335	1.41	3.06	8.13	21.1	50.1
T (°C)	20	30	40	50	60	70	80

أحسب الطاقة الفعالة للتفاعل المذكور

الحل:

نحسب اللوغاريتم لقيم  $K_r$  المعطاة وكذلك  $(1/T)$ ، ونسجل القيم التى حصلنا

عليها فى الجدول التالى:

$\log K_r \text{ (dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ S}^{-1}\text{)}$	4.00	4.525	3.015	3.485	3.910	2.325	2.700
T	293	303	313	323	333	343	353
$1/T \cdot 10^3 \text{ (}^\circ\text{K}^{-1}\text{)}$	3.413	3.300	3.195	3.096	3.003	2.915	2.823

برسم العلاقة بين  $\log K$  مع  $1/T$  (كما فى الشكل) نحصل على خط مستقيم، ميله

$$-4.7 \times 10^3$$

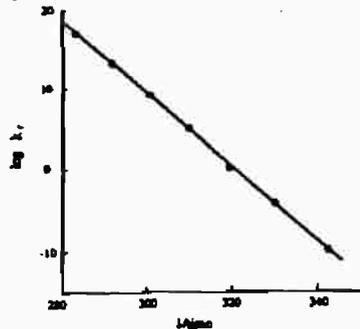
$$\text{Slop} = -E^\circ/2.303 R \quad \text{ولكن}$$

$$E^\circ = -2.303 R \times \text{slop}$$

$$E^\circ = -2.303 \times 8.314 \times (-4.7 \times 10^3)$$

$$E^\circ = 89.99 \times 10^3 \text{ J mol}^{-1}$$

$$E^\circ = 89.99 \text{ K.J mol}^{-1}$$



رسم يوضح العلاقة بين  $\log K$  مع  $1/T$   
لتفاعل التميؤ القلوى ليوديد الإيثيل.

(13) فى المراحل الأولى للتفاعل الغازى بين الأمونيا وفوق أكسيد النيتروجين،  
والتي تتبع تفاعلا ثنائى الرتبة، كان ثابت السرعة عند  $600^{\circ}\text{K}$   
هو  $0.385 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ S}^{-1}$ ، وعند درجة  $716^{\circ}\text{K}$  كان الثابت هو  
 $(16.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ S}^{-1})$ . أحسب الطاقة الفعالة ( $E^*$ ) ومعامل التردد "A"  
للتفاعل.

الحل:

$$T_1 = 600^{\circ}\text{K}, T_2 = 716^{\circ}\text{K}, K_1 = 0.385 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ S}^{-1}$$

$$K_2 = 16.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ S}^{-1}, R = 8.314 \text{ J/mol}^{\circ}\text{K}$$

وبالتعويض عن القيم السابقة فى المعادلة التالية:

$$\log \frac{K_2}{K_1} = \frac{E^*}{2.303R} \left( \frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2} \right)$$

$$\log \frac{16.0}{0.385} = \frac{E^*}{2.303 \times 8.314} \left( \frac{716 - 600}{600 \times 716} \right)$$

$$1.619 = \frac{E^*}{2.303 \times 8.314} \times \frac{116}{429600}$$

$$E^* = \frac{1.619 \times 2.303 \times 8.314 \times 429600}{116}$$

$$E^* = 114804.02 \text{ J/mol}$$

$$E^* = 114.8 \text{ KJ/mol}$$

وبالتعويض فى معادلة أرهينيوس:

$$\log K_r = \log A - E^*/2.303 RT$$

$$\log 0.385 = \log A - 114.8/(2.303 \times 8.314 \times 600)$$

$$-0.4145392 = \log A - 0.0099928$$

$$\log A = 0.0099928 - 0.4145392$$

$$\log A = -4045464$$

$$A = 0.3939613$$

(14) عند اختزال أكسيد النيتريك بواسطة الهيدروجين، وجد أن مخلوطاً من الغازات (بأوزان جزيئية متساوية) المتفاعلة، عند ضغط ابتدائي قدره (340.5 mm Hg)، تم إتمام نصف التغير في زمن قدره (102) ثانية، بينما في تجربة أخرى كان فيها الضغط الابتدائي (288 mm Hg) حدث إتمام نصف التغير في زمن قدره (140) ثانية. أوجد مرتبة التفاعل.

**الحل:**

لما كان ضغط الغاز يتحدد عن طريق التركيز، فيمكن اعتبار أن :

$$P_2 = a_2 , \quad P_1 = a_1$$

ومن المعطيات، نجد أن:

$$a_1 = 340.5 \text{ mm Hg}, a_2 = 288 \text{ mm Hg}, t_1 = 102 \text{ s}, t_2 = 240 \text{ s}$$

وبالتعويض عن القيم السابقة، في المعادلة التالية:

$$\frac{t_2}{t_1} = \left( \frac{a_1}{a_2} \right)^{n-1}$$

$$\frac{140}{102} = \left( \frac{340.5}{288} \right)^{n-1}$$

بأخذ اللوغاريتم للطرفين، فإن:

$$\log = \frac{140}{102} (n-1) \log \frac{340.5}{288}$$

$$0.1375278 = (n-1) (0.0727246)$$

$$0.1375278 = 0.072746 n - 0.0727246$$

$$0.1375278 + 0.0727246 = 0.072746 n$$

$$0.2102524 = 0.0727246 n$$

$$n = \frac{0.2102524}{0.0727246} = 2.89 \approx 3$$

وبالتالي، فإن التفاعل من المرتبة الثالثة.

(15) عند دراسة تفاعل تحلل الفسفين، أمكن الحصول على النتائج التالية:

P(mm Hg)	707	79	37.5
$t_{1/2}$ (S)	84	84	84

الحل:

حيث أن ضغط الغاز يتناسب مع تركيزه فإنه يمكن الاستدلال على التركيز

بدلالة الضغوط. وبالتالي يمكن كتابة القيم السابقة بدلالة التركيز

a	707	79	37.5
$t_{1/2}$	84	84	84

وكما هو واضح من النتائج، فإن الزمن اللازم لإتمام نصف التفاعل ثابت مهما

كانت التركيزات الابتدائية.

أى أن  $t_{1/2}$  لا يعتمد على التركيز الابتدائي للمادة المتفاعلة، مما يدل على أن هذا

التفاعل من المرتبة الأولى.

(16) إذا كانت فترة عمر النصف ( $t_{1/2}$ ) لتحلل خامس أكسيد النيتروجين ( $N_2O_5$ ) عند

درجة حرارة ( $65^\circ C$ ) هي (2.38) دقيقة. أحسب ثابت معدل سرعة التفاعل

(K) عند هذه الدرجة.

الحل:

انحلال  $N_2O_5$  تفاعل من الرتبة الأولى، وبالتالي يمكن استخدام العلاقة:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{K} = \frac{0.693}{K}$$

$$\therefore K = \frac{0.693}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{2.38}$$

$$= 0.291 \text{ min}^{-1}$$

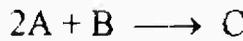
## رابعاً: مسائل غير محلولة

(1) إذا كان تفاعل التحلل لخامس أكسيد النيتروجين ( $N_2O_5$ ) يتبع الرتبة الأولى. والمطلوب هو:

أ- كتابة معادلة سرعة التفاعل .

ب- إذا كانت قيمة  $t_{1/2}$  عند  $45^\circ C$  تساوى (21.8) دقيقة. أحسب ثابت سرعة التفاعل.

(2) فى التفاعل التالى:



وجد أن معدل سرعته  $K[A]^2$

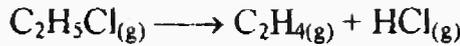
ووجد أن ثابت سرعة التفاعل ( $K = 4.8 \times 10^{-5} \text{ mol/L.S}$ ) عند  $300^\circ K$ ، ويساوى ( $3.7 \times 10^{-3} \text{ mol/L.S}$ ) عند  $45^\circ K$ .

أوجد: أ- طاقة التنشيط  $E_a$  لهذا التفاعل .

ب- ما هي رتبة هذا التفاعل .

ج- أحسب قيمة ( $t_{1/2}$ )، إذا كان التركيز الابتدائى هو ( $0.1 \text{ mol/L}$ ).

(3) فى التفاعل أحادى الرتبة التالى:



كان ثابت سرعة هذا التفاعل ( $K = 1.6 \times 10^{-6} \text{ S}^{-1}$ ) عند  $650^\circ K$ . فإذا أجريت

تجربة وكان التركيز الابتدائى للغاز ( $C_2H_5Cl$ ) هو ( $0.165 \text{ mol/L}$ ).

أ- أحسب تركيز  $C_2H_5Cl$  بعد مرور (125) ساعة.

ب- أحسب  $t_{1/2}$  لهذا التفاعل .

ج- أحسب الزمن بالساعات اللازم ليصبح تركيز غاز ( $C_2H_5Cl$ ) هو

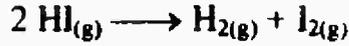
( $0.1 \text{ mol/L}$ ).

(4) يتحلل البنزين ثنائى أزونيوم كلوريد فى وجود الماء طبقاً لتفاعل من المرتبة

الأولى. فإذا كانت قيمة ثابت السرعة عند  $25^\circ C$  هي  $2.8 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$ ، وطاقة

التنشيط ( $E_a^* = -11.9 \text{ Cal/mol}$ ). أحسب ثابت السرعة عند  $35^\circ C$ .

(5) في تفاعل انحلال  $\text{HI}_{(g)}$ ، كان التفاعل كالتالي:



حيث التفاعل ثنائي الرتبة. فإذا كانت قيمة الثابت (K) عند  $410^\circ\text{C}$  هو

$5.1 \times 10^{-4} \text{ L/mol}$ ، وكان التركيز الابتدائي ليوديد الهيدروجين هو  $0.36 \text{ mol/L}$ .

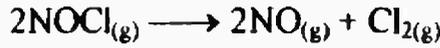
أحسب ما يلي:

أ- ما هو تركيز  $\text{HI}_{(g)}$  بعد مرور (12) دقيقة من بداية التفاعل .

ب- ما هو الزمن المستغرق لانخفاض تركيز يوديد الهيدروجين إلى  $0.25 \text{ mol/L}$ .

ج- أحسب قيمة  $t_{1/2}$  لهذا التفاعل .

(6) في تفاعل انحلال  $\text{NOCl}_g$  عند درجة  $200^\circ\text{C}$ :



حصلنا على القراءات التالية:

$[\text{NOCl}] \text{ (mol/L)}$	0.025	0.0202	0.0169	0.0136	0.0120
Time (S)	0	200	400	700	900

فما هي رتبة ذلك التفاعل.

## قائمة المصطلحات



## Glossary قائمة المصطلحات

### A

Absorption	امتصاص
Acetic acid	حمض الخليك
Acidic property	الخاصية الحمضية
Acidic solution	المحلول الحمضي
Acidity	الحمضية
Activity	فعالية (نشاط)
Activity Coefficient	معامل الفعالية (النشاط)
Adiabatic expansion	التعدد الأدياباتى
Adiabatic process	العملية الأدياباتية
Adsorption	الادمصاص
Adsorption from solutions	الادمصاص على المحاليل
Alkalinity	القلوية
Alloys	السبائك
Ampere	أمبير (وحدة قياس شدة التيار الكهربى)
Anti logarithms	مقلوب اللوغاريتم
Aqueous solution	محلول مائى
Atmosphere	جو
Atomic mass	كتلة ذرية

### B

Backward reaction	تفاعل خلفى
Basicity	القاعدية
Basic solutions	محاليل قاعدية
Bimolecular reaction	تفاعل ثنائى الجزيئية
Boiling point	نقطة الغليان
Bond energy	طاقة الرابطة
Brownian movement	حركة بروانية
Buffer solutions	المحاليل المنظمة

## C

Calorimeter	المسعر
Catalysed reactions	تفاعلات محفزة
Catalysis	الحفز
Catalyst	العامل الحفاز (المساعد)
Cation	كاتيون
Cationic	كاتيوني
Celsius scale	تدرج سيلسيوس (مئوى)
Chemical equilibrium	اتزان كيميائى
Chemical formula	صيغة كيميائية
Chemical reaction	تفاعل كيميائى
Closed system	نظام مغلق
Coagulation	تجلط
Colligative properties	خواص تجميعية (مجمعة)
Colloidal solutions	محاليل غروية
Common ion effect	تأثير الأيون المشترك
Completely miscible	تامة الامتزاج (ممتزجة تماماً)
Complex ions	أيونات متراكبة
Conductivity	التوصيل
Conductivity ratio	نسبة التوصيل
Conductor	مرصبل
Conjugate	مقترب
Conservation of energy principle	مبدأ بقاء الطاقة
Constant pressure	ضغط ثابت
Constant volume	حجم ثابت
Covalent bond	رابطة تساهمية
Coulomb	كولوم
Cyclic process	عملية دائرية (مغلقة)
Cyclotron	سيكلوترون
Cylinder	أسطوانة

## D

Decay	انحلال
Decrease	يقل (ينخفض)
Decreasing of freezing point	انخفاض فى نقطة التجمد
Degree of dissociation	درجة التفكك
Degrees of freedom	درجات الحرية (الطلاقة)
Deviation	حيود
Diffusion	انتشار
Dilute solution	محلول مخفف
Dissociation	تفكك
Dissolve	ينوب
Distribution	توزيع
Dynamic equilibrium	اتزان ديناميكي (حركى)
Dyne	وحدة (القوة)

## E

Electric properties	خواص كهربية
Electrochemistry	كيمياء كهربية
Electrode	إلكترود
Electrolysis	تحليل كهربى
Electrolyte conductors	موصلات كهربية
Electrolytic conducting	توصيل كهربى
Electromotive force	القوة الدافعة الكهربائية
Electronic waves	موجات إلكترونية
Emulsion	استحلاب
End point	نقطة النهاية (التعادل)
Endothermic	ماص للحرارة
Endothermic reaction	تفاعل ماص للحرارة
Enthalpy	إنتالبي (المحتوى الحرارى)
Entropy	إنتروبي (دالة لقياس عشوائية النظام)
Equivalent conductance	التوصيل المكافئ

Eutectic point	نقطة إيوكتية
Excited state	حالة مثارة
Exothermic	طارد للحرارة
Exothermic reaction	تفاعل طارد للحرارة
Experimental photochemistry	الكيمياء الضوئية التجريبية
Expansion	التمدد
Extensive properties	خواص خارجية
Extraction	استخلاص

## F

Fahrenheit scale	تدرج فهرنهايت
Final state	الحالة النهائية (الأخيرة)
First Law of thermodynamics	القانون الأول للديناميكا الحرارية
First order reaction	تفاعل أحادي الرتبة
Forward reaction	تفاعل أمامي
Free energy	طاقة حرة
Frequency	التردد

## G

Galvanic Cells	خلايا جلفانية
Gaseous media	أوساط غازية
Gaseous state	الحالة الغازية
Graphical method	الطريقة البيانية
Ground state	الحالة المستقرة

## H

Half Cell	نصف خلية (إلكترود مغموس في محلول أحد أملاحه)
Half life period	فترة نصف العمر
Heat	حرارة
Heat capacity	السعة الحرارية
Heat content	المحتوى الحراري

Heat of combustion	حرارة الاحتراق
Heat of formation	حرارة التكوين
Heat of hydrogenation	حرارة الهدرجة
Heat of fusion	حرارة الانصهار
Heat of neutralization	حرارة التعادل
Heat of solution	حرارة الذوبان
Heat of reaction	حرارة التفاعل
Heat of sublimation	حرارة التسامي
Heat of vaporization	حرارة التبخير
Hess's Law of constant heat sum.	قانون هيس للحصول الحرارى الثابت
Heterogeneous	غير متجانس
Heterogeneous catalysis	حفز غير متجانس
Homogeneous	متجانس
Homogeneous catalysis	حفز متجانس
Homogeneous media	أوساط متجانسة
Hydrolysis	التميؤ
Hydrolysis method	طريقة التميؤ
<b>I</b>	
Ideal engine	آلة مثالية
Ideal gas	غاز مثالي
Ideal solution	محلول مثالي
Immiscible liquids	سوائل عديمة الامتزاج
Indicators	الادلة
Initial state	الحالة الابتدائية
Intensive properties	خواص داخلية
Internal energy	طاقة داخلية
Ionic dissociation	تفكك أيونى
Ionic product of water	الحاصل الأيونى للماء
Ionization constant	ثابت التئين
Ionize	يتئين

Isobaric process	عملية أيزوبارية
Isochoric process	عملية أيزوكورية
Isothermal expansion	تمدد أيزوثيرمالي
Isothermal process	عملية أيزوثيرمالية
Irreversible process	عملية غير عكسية
Irreversible reaction	تفاعل غير عكسي

## J

Joule	جول (وحدة من وحدات الطاقة)
-------	----------------------------

## K

Kelvin	كلفن
Kinetic chemistry	الكيمياء الحركية

## L

La Voisier & La Place Law	قانون لافوازييه - لابلاس
Le Chatelier principle	مبدأ لوشاتيليه
Length	طول
Liophilic	كارهة الماء
Liophobic	محبة الماء

## M

Mass	كتلة
Mass number	عدد الكتلة
Maximum work	الشفغل الأقصى
Mechanical work	الشفغل الميكانيكي
Medium	وسط
Metallic conductors	موصلات معدنية
Molality	المولالية
Molal solution	المحلول المولالي
Molarity	المولارية
Molar solution	المحلول المولاري
Molar volume	الحجم المولاري
Mole	مول

Molecularity	جزئية
Mole fraction	كسر جزئى
Miscible	يمتزج

## N

Negative deviation	حيود سالب
Negative pole	قطب سالب
Negative value	قيمة سالبة
Neutron	نيوترون
Neutral solution	محلول متعادل
Neutralization	تعادل
Newton	نيوتن (وحدة طاقة)
Non - electrolyte	لا إلكتروليت
Non - ideal solution	محلول غير مثالى
Normal	عيارى
Normality	عيارية
Normal solution	محلول عيارى
Number of molecules	عدد الجزيئات

## O

Ohm's Law	قانون أوم
Feul	خلايا الوقود
One component system	نظام أحادى المكون
Open system	نظام مفتوح
Order of reaction	رتبة التفاعل
Osmotic pressure	الضغط الأسموزى
Osmsis	أزموزية
Ostwald's Law	قانون أوستوالد
Oxidation	أكسدة
Oxidation method	طريقة الأكسدة
Oxidation number	رقم الأكسدة (التاكسد)
Oxidation state	حالة الأكسدة

## P

Pair of electrons	زوج من الإلكترونات
Parachor	الباراكور
Path	مسار
Partial pressure	ضغط جزئي
pH	الرقم (الأس) الهيدروجيني
Phase	طور (صنف)
Phase equilibrium	اتزان صنفى
Phase rule	قاعدة الصنف
Photochemistry	الكيمياء الضوئية
Photoelectric	كهروضوئى
Photo properties	خواص ضوئية
Photosynthesis	تمثيل ضوئى - تخليق ضوئى
Physical properties	خواص طبيعية
Physical quantity	كمية ضوئية
POH	الرقم (الأس) الهيدروكسيلي
Polymerization	بلمرة
Positive deviation	حيود إيجابى (موجب)
Positive value	قيمة موجبة
Precipitation	ترسيب
Pressure	ضغط
Products	نواتج
Proton	بروتون (جسيم نو شحنة موجبة يوجد داخل نواة الذرة)
Pure water	ماء نقى
Purification	تنقية

## Q

Quantum	وحدة كم
Quensher	مخمّد
Quenshing process	عملية إخماد

## R

Radiation	إشعاع
Radioactive	مشع
Radiochemistry	كيمياء إشعاعية
Raoult's Law	قانون راؤولت
Reactants	مواد متفاعلة (متفاعلات)
Reducing agent	عامل مختزل
Reduce	يختزل
Reduction	اختزال
Reduction - oxidation reaction	تفاعل الأكسدة - الاختزال
Reduction potential	جهد الاختزال
Resin	راتنج
Resistance	مقاومة
Resonance energy	طاقة الرنين
Reversible reaction	تفاعل عكسي

## S

Salt bridge	قنطرة ملحية
Saturated solution	محلول مشبع
Secondary	ثانوي
Second order reaction	تفاعل ثنائي الرتبة
Sensitization	حساسية
Sensitizer	حساس
Solubility process	عملية الذوبانية
Solubility product	حاصل الإذابة
Solute	مذاب
Solution (s)	محلول (محاليل)
Solvent	مذيب
Specific heat	حرارة نوعية
Spontaneous reaction	تفاعل تلقائي
Spontaneity	تلقائية

Spreading coefficient	معامل الانتشار
Stability constant	ثابت الاستقرار (الثبات)
Standard	قياسي
Standard conditions	الشروط القياسية
Standard solution	محلول قياسي
State function	دالة الحالة
Strong acid	حمض قوي
Strong base	قاعدة قوية
Substitution method	طريقة التعويض
Super saturated solution	محلول فوق مشبع
Surface energy	طاقة السطح
Surface tension	التوتر السطحي
Surroundings	المحيطات
System	نظام

## T

Temperature	درجة الحرارة
Tetrahedral	رباعي الأوجه
Time	زمن
Titration	معايرة
Thermal decomposition	تحلل حراري
Thermal equilibrium	اتزان حراري
Thermochemistry	الكيمياء الحرارية
Thermocouple	مزيج حراري
Thermodynamics	علم الديناميكا الحرارية
Third order reaction	تفاعل ثلاثي الرتبة
Three component system	نظام ثلاثي المكون
Triple bond	رابطة ثلاثية
Triple point	نقطة ثلاثية
Two component system	نظام ثنائي المكون
Type	نوع

## U

Ultraviolet	فوق البنفسجية
Unsaturated	غير مشبع

## V

Valence	تكافؤ
Vant - Hoff	قانت هوف
Vaporization of Liquid	تبخير السائل
Velocity of reaction	سرعة التفاعل
Volume	الحجم
Volumetric analysis	التحليل الحجمي

## W

Water system	نظام الماء
Wave character	خاصية موجية
Wavelength	طول موجة
Wave number	العدد الموجي
Weak acid	حمض ضعيف
Weak base	قاعدة ضعيفة
Weak electrolyte	إلكتروليت ضعيف
Weight	وزن
Wetting	بلل
Work	شغل
Work done	شغل مبذول

## Y

Yield	محصول (نتاج)
-------	--------------