

كوكب النخبة في مادة العلوم الفيزيائية - بكالوريا 2023 -

البوابة المعلوماتية النظرية نحو الوحدة الأولى - المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في وسط مائي -

01

خاص بالشعب : رياضيات + تقني رياضي + علوم تجريبية

مضمون الباقة

1 - توجيهات و إرشادات المنصة العلمية فئة النخبة 2023

2 - برنامج الدروس حسب آخر تدرج وزارتي 2023

3 - مكتسبات قبلية + ومضة استطلاعية معلوماتية عن كتب

4 - دروس نظرية خاصة للوحدة الأولى - 2023 -

5 - باقة الأسئلة النظرية مأخوذة من كتاب تأشيرة النجاح

6 - مجموعة الأسئلة الشائعة و أجوبتها

7 - جميع القوانين و المفاهيم التي تحتويها الوحدة

تعَبُ المُرَاجعةُ أَفْضَلُ مِنْ أَلْمِ السُّقُوطِ

من تجميع و تنظيم : عقبة بن نافع

<https://www.facebook.com/okba.bac.2010>

توجيهات و إرشادات خاصة بفئة النُخبَة العلمية

- 1 - أيُّها التلاميذ الشرفاء ؛؛ نضع بين أيديكم هذه الباقَة المعلوماتية النَّظرية الخاصة بالوحدة الأولى من مادة العلوم الفيزيائية ؛ المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في وسط مائي ،
- 2 - بالنظر للموسم الحالي و حسب التدرجات الجديدة تم استرجاع بعض العناصر المحذوفة سابقا و المخففة في البرنامج ،، بالنسبة للتلاميذ النظاميين و الأحرار يمكن الاعتماد على هذه الباقَة كمرجع نظري مرافق منذ بداية الموسم حتى نهايته و الاحتفاظ بها للمراجعة قبل كل محطة { فروض و اختبارات و امتحان نهائي } ،،
- 3 - ننصح و بشدَّة جُموع التلاميذ الشرفاء بتفحص هذه الباقَة بشكل مركز و هادئ لأننا في أول الخطوات من بداية الموسم ،، مع عدم تجاهل أي عنصر معلوماتي و أخذ الأفكار الطازجة منذ البداية لتكون سهلة الاستعمال و التوظيف في النهاية نحو البكالوريا 2023 ،
- 4 - يجب التركيز على الجزء النظري و فهم العناصر المعلوماتية بشكل صحيح قبل الدخول المباشر في الجزء التطبيقي ،، تذكروا أن ؛؛ بناء قاعدة معلوماتية واجب و مشروط قبل التطبيق ،، من أجل تفادي الإخفاق و الأخطاء التافهة في نهاية المطاف ،،
- 5 - بالنسبة للتلاميذ النظاميين يجب التركيز عن الجزء النظري و عدم تجاهل أي معلومة تم استقبالها داخل القسم النظامي من أستاذ المادة مع وُجوب استغلال الأنشطة قبل الدرس و المرجع الأساسي لهذا هو الكتاب المدرسي ،،
- 6 - بالنسبة للتلاميذ الأحرار يجب أخذ العبرة من الماضي و تدارك الأخطاء النظرية مع مراعاة التغيرات الجديدة { غير مخففة } ، و عدم التسرع نحو الجزء التطبيقي مهما كان الفهم السابق للجزء النظري ،،
- 7 - في نهاية الوحدة يجب وضع ملخص و مخطط شامل لأهم المعلومات التي تم استخلاصها من مفاهيم نظرية و قوانين ،، لتكون خريطة الطريق من أجل التعامل مع الجزء التطبيقي بشكل ممتاز ،، ثم الوصول إلى تلك الأفكار الذهبية وتدوينها في سجل خاص .

8 - ختاماً تذكروا أنّ ،،

* الخوف عدو الإنجاز ،،

* تعب المراجعة أفضل من ألم السقوط ،،

* أصعب الأمور بدايتها ، فانطلقوا دون تردُّد ، دون فشل ، دون كلل نحو ذلك الأمل ،،

برنامج الوحدة الأولى - بكالوريا 2023 -

1 - المدة الزمنية المستغرقة لتحول كيميائي

- * التحول السريع .
- * التحول البطيء .
- التحول البطيء جدا .

2 - طرق المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

المتابعة عن طريق :

- المعايرة اللونية .
- قياس الناقلية .
- قياس ضغط غاز أو حجمه .

3 - زمن نصف التفاعل و سرعة التفاعل .

4 - العوامل الحركية

- التراكيز المولية الابتدائية للمتفاعلات .
- درجة الحرارة .
- كمية مادة الوسيط .
- مساحة سطح التلامس .
- التفسير المجهري .

السير المنهجي للدرج التعلّيمات نحو الوحدة الأولى - بكالوريا 2023 -

1 * أنواع التحوّلات

- مكتسبات قبلية :

* حساب كمية المادة في حالات مختلفة .

* توظيف جدول تقدم التفاعل كوسيلة لتقديم حصيلة المادة .

* تحولات الأكسدة و الإرجاع .

- التعرف على أنواع التحوّلات من خلال نشاطات مختلفة .

2 * طرق المتابعة الزمنية لتحوّل كيميائي

باستخدام إحدى الطرق الثلاث للمتابعة بالوصول إلى ربط التقدم و الزمن ، رسم البيان وتوظيفه .

3 * العوامل الحركية

توظيف بيان لتغير التقدم في حساب سرعة التحوّل أو تعيين زمن نصف التفاعل ومقارنتها عند تغيير إحدى العوامل .

خريطة المفاهيم للوحدة الأولى

{ { المتابعة الزمنية لتحول كيميائي } }

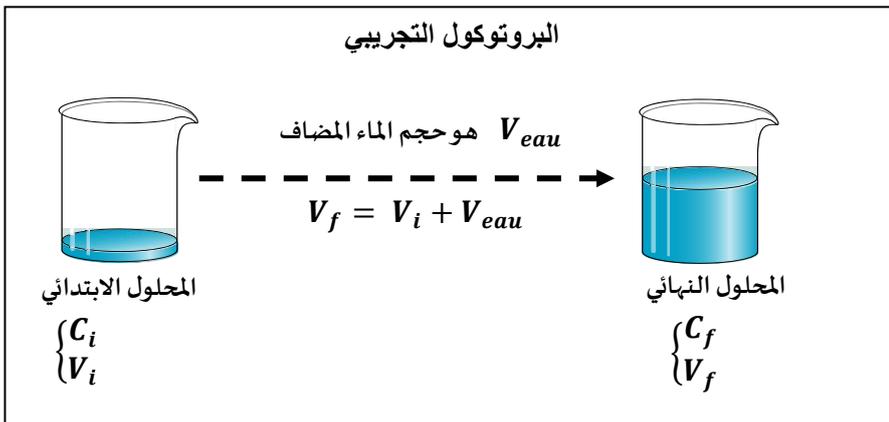
- * تعريف المؤكسد و المرجع بالإضافة إلى كتابة المعادلات النصفية للأكسدة و الإرجاع
- * كتابة معادلة الأكسدة الإرجاعية بالإضافة إلى استخراج الثنائية { { Ox/Red } }
- * طرق حساب كمية المادة n { عدد المولات } .
- * إيجاد قيمة التقدم الأعظمي X_{max} { مع اعتبار تفاعلات الوحدة 01 تامة $X_f = X_{max}$ }
- * تحديد المتفاعل المحد + معرفة إن كان المزيج ستوكيومتري أو غير ستوكيومتري
- * إيجاد كمية المادة من جدول التقدم و ربطها مع علاقة كمية المادة النظرية حسب المعطيات
- * حساب تركيز الشاردة الابتدائي للمتفاعلات في المزيج { عند اللحظة $t=0$ } .
- * حساب التركيز المولي للأفراد الكيميائية المتواجدة في المزيج عند اللحظة t .
- * معرفة طرق متابعة تحول كيميائي : المعايرة اللونية + الناقلية + الضغط + الحجم .
- * خطوات رسم بيان { مع اختيار سلم رسم مناسب } .
- * مفهوم و حساب سرعة التفاعل و السرعة الحجمية للتفاعل .
- * سرعة التشكل و الاختفاء + السرعة الحجمية لتشكل و اختفاء فرد كيميائي .
- * إذا كان متغير البيان يختلف عن متغير السرعة ، يجب إيجاد علاقة بينهما لحساب السرعة
- * تعريف و استخراج زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ من أي بيان .
- * دراسة العوامل الحركية { التراكيز الابتدائية ، درجة الحرارة ، الوسيط ، سطح التلامس }
- * التفسير المجهرى لتأثير العوامل الحركية .
- * أهم البروتوكولات التجريبية : تحضير محلول انطلاقا من كتلة m من مادة صلبة ، عملية التمديد ، المعايرة اللونية ، قياس الناقلية ، قياس الضغط أو الحجم للغاز .

من كتابة و تنظيم : عقبة بن نافع

❖ كمية المادة : n (mol)

<p>التركيز و الكتلة الحجمية</p> <p>التركيز المولي لمحلول تجاري :</p> $C = \frac{10 \cdot P \cdot d}{M}$ <p>P : درجة النقاوة % d : كثافة محلول تجاري</p> <p>التركيز الكتلي :</p> $C_m = \frac{m}{V}$ <p>m : كتلة المادة المنحلة (g) V : حجم المحلول (L)</p> <p>الكتلة الحجمية :</p> $\rho = \frac{m}{V}$ <p>m : كتلة المحلول (g) V : حجم المحلول (L)</p>	<p>$n = C \cdot V$ (mol/L) : التركيز المولي (L) : حجم المحلول</p> <p>$n = \frac{V_g}{V_M}$ (L/mol) : الحجم المولي (L) : حجم الغاز</p> <p>$n = \frac{m}{M}$ (g/mol) : الكتلة المولية (g) : الكتلة</p> <p>$P V = n R T$ ↓ $n = \frac{P V}{R T}$</p> <p>8,31 (Pa.m³/mol.K) 0,082 (atm.L/mol.K) (K) : درجة الحرارة (K = °C + 273)</p>	<p>في الحالة السائلة</p> <p>في الحالة الغازية</p> <p>في جميع حالات المادة</p> <p>من قانون الغاز المثالي</p>
---	---	---

❖ قانون التمديد والتخفيف : (تحضير محلول انطلاقا من محلول تجاري)



كمية المادة محفوظة قبل و بعد التخفيف :

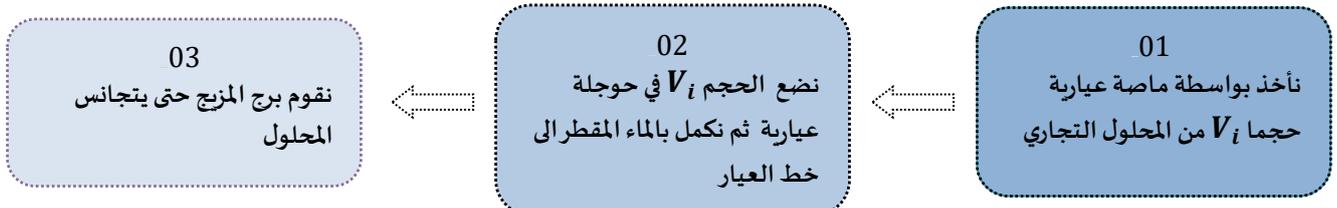
$$n_{\text{بعد التمديد}} = n_{\text{قبل التمديد}}$$

$$C_0 V_0 = C_1 V_1$$

معامل التمديد (عدد مرات تخفيف المحلول)

$$F = \frac{C_0}{C_1} = \frac{V_1}{V_0}$$

□ خطوات العمل التجريبي (التمديد):



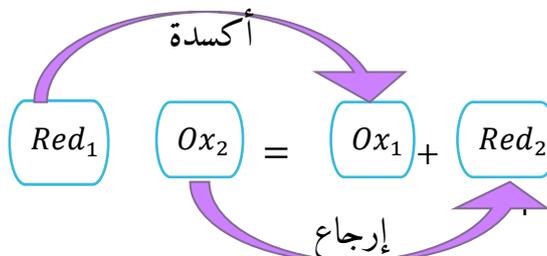
❖ الأوكسدة والإرجاع

المؤكسد Ox: هو فرد كيميائي قادر على اكتساب إلكترون e^- أو أكثر خلال تحول كيميائي

الأوكسدة: هي عملية يتم خلالها فقد الكترون او اكثر (يكون الناتج دوما مؤكسد) وفق المعادلة النصفية التالية:
 $Red_1 = Ox_1 + ne^-$
 و نكتب **الثانية**:
 (Ox_1/Red_1)

تفاعل الأوكسدة- إرجاع

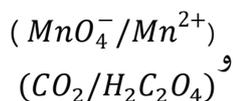
هو التفاعل الذي يحدث فيه انتقال الالكترونات من مرجع الثنائية الأولى (Ox_1/Red_1) إلى مؤكسد الثنائية الثانية (Ox_2/Red_2)



المرجع Red: هو فرد كيميائي قادر على فقد إلكترون e^- أو أكثر خلال تحول كيميائي

الإرجاع: هي عملية يتم خلالها اكتساب الكترون او اكثر (يكون الناتج دوما مرجع) وفق المعادلة النصفية التالية:
 $Ox_2 + ne^- = Red_2$
 و نكتب **الثانية**:
 (Ox_2/Red_2)

□ خطوات كتابة معادلة نصفية للأوكسدة و الإرجاع و المعادلة الاجمالية:



الثنائيتين

“ تفاعل برمنغنات البوتاسيوم MnO_4^- مع حمض الاكساليك $H_2C_2O_4$ ”

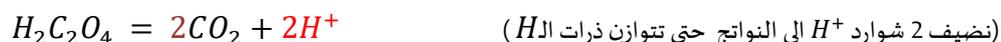
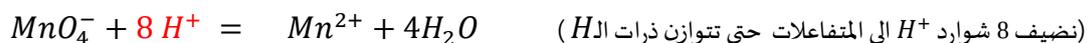
1. نوازن كل العناصر الكيميائية ماعدا الأوكسجين O و الهيدروجين H



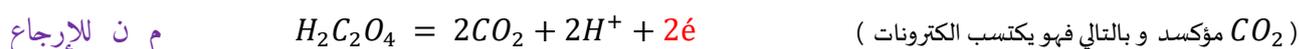
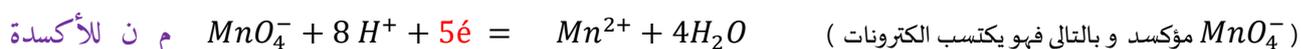
2. نوازن ذرات الأوكسجين O بإضافة جزيئات الماء H_2O



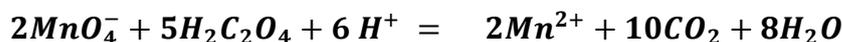
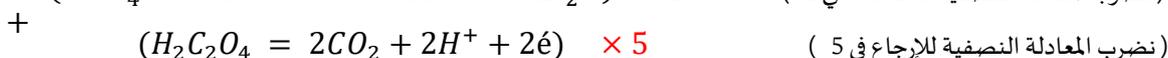
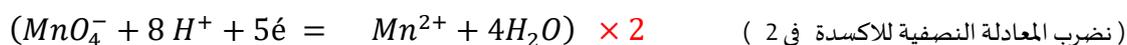
3. نحقق انحفاظ عنصر الهيدروجين H بإضافة شوارد H^+ (أو H_3O^+)



4. نحقق انحفاظ الشحنة بإضافة الالكترونات e^- الى الطرف الاكبر شحنة



5. جمع المعادلتين النصفيتين للأوكسدة و الإرجاع بشرط أن يكون لهما نفس عدد الالكترونات



المعادلة الإجمالية للتفاعل أكسدة إرجاع

◀ نوازن المعادلات

النصفية بشوارد H_3O^+ في حالة:

H_3O^+ أحد المتفاعلات

◀ عند الموازنة ب H_3O^+

نضيف الماء H_2O إلى

الطرف الثاني بقدر عدد

H_3O^+ المضافة

❖ تقدم التفاعل وجدول التقدم :

تقدم التفاعل x : هو عدد مرات حدوث التفاعل الكيميائي مقدرا بالمول (mol)، يستعمل في المستوى العياني فقط

جدول التقدم : هو جدول وصفي لمراحل تطور الجملة الكيميائية من الحالة الابتدائية إلى الحالة النهائية

مثال : نسخن 3g من خراطة الحديد حتى الاحمرار وندخلها في بوتقة (وعاء على شكل قذح) تحتوي على حجم قدره 500ml من

غاز ثنائي الأوكسجين في الشروط النظامية ($V_m = 22,4 l/mol$)

معادلة التفاعل		$3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4$		
حالة الجملة	التقدم $x(mol)$	كميات المادة (mol)		
الحالة الابتدائية	$x = 0$	$n(Fe)$	$n(O_2)$	0
الحالة الانتقالية	$x(t)$	$n(Fe) - 3x(t)$	$n(O_2) - 2x(t)$	$x(t)$
الحالة النهائية	x_f	$n(Fe) - 3x_f$	$n(O_2) - 2x_f$	x_f

(يمكن أيضا اختصار جدول التقدم بالاستغناء عن الجزء المضلل، ويعتبر صحيحا)

□ التقدم الأعظمي x_{max} و التقدم النهائي x_f :

التقدم الأعظمي x_{max} : هو قيمة نظرية للتقدم بفرض أن التحول تام، أي يوافق انتهاء كمية أحد المتفاعلين أو كلاهما

التقدم النهائي x_f : هو قيمة تجريبية يبلغها التفاعل لما تتوقف الجملة الكيميائية عن التطور

□ إيجاد التقدم الأعظمي x_{max} (المتفاعل المحد والمزيج الستوكيومتري) :

في الوحدة الأولى نتطرق إلى التحولات التامة فقط (وجود متفاعل محدد، أو مزيج ستوكيومتري) أي $x_f = x_{max}$

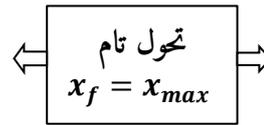
مزيج ستوكيومتري

إذا انتهت جميع المتفاعلات في آن واحد . أي :

$$n_f(O_2) = 0 \text{ و } n_f(Fe) = 0$$

$$n(Fe) - 3x_{max} = n(O_2) - 2x_{max} = 0$$

$$x_{max} = \frac{n(Fe)}{3} = \frac{n(O_2)}{2} \text{ أي}$$



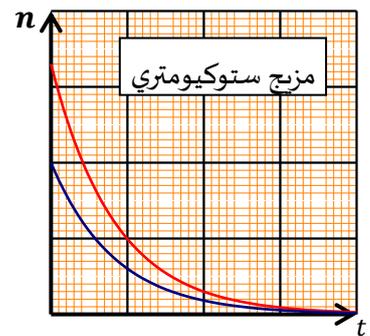
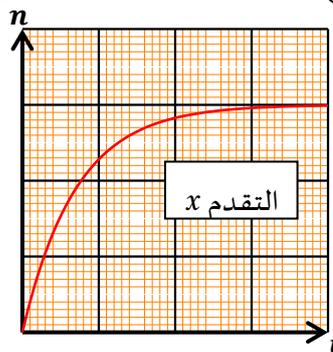
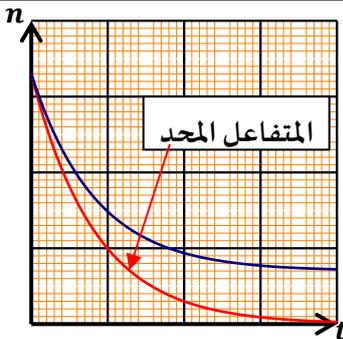
متفاعل محدد

المتفاعل الذي ينتهي أولا . أي :

$$n_f(O_2) = 0 \text{ أو } n_f(Fe) = 0$$

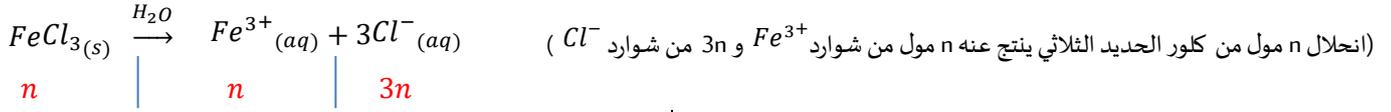
$$\begin{cases} n(Fe) - 3x_{max} = 0 \\ n(O_2) - 2x_{max} = 0 \end{cases} \text{ أو}$$

x_{max} هي القيمة الأصغر بين الحالتين



❖ تركيز محلول C وتركيز نوع كيميائي في محلول $[X]$:

نعتبر محلول شاردي لكلور الحديد الثلاثي $(Fe^{3+} + 3Cl^{-})(aq)$ ذو التركيز المولي C ، تم تحضيره بإذابة كمية $n = 3mol$ من المادة الصلبة $FeCl_3(s)$ في حجم $V = 100ml$ من الماء. أي :



$[X]$: نقصد به تركيز النوع الكيميائي X في المحلول أي :

$$\begin{cases} [Fe^{3+}] = \frac{n}{V} = C = 0,3mol/l \\ [Cl^{-}] = \frac{3n}{V} = 3C = 0,9mol/l \end{cases}$$

C : نقصد به تركيز المحلول (الكلي) ، أي كمية مادة المذاب $FeCl_3$ في الحجم V من الماء :

$$C = \frac{n}{V} = \frac{3}{0.1} = 0,3mol/l$$

العلاقات من جدول التقدم

② نكتب كمية مادة النوع المطلوب بدلالة المقدار المطلوب

$$n(t) = V_g/V_M \text{ في حالة غاز ; } n(t) = [\dots] \cdot V \text{ سائل}$$

$$n(t) = m/M \text{ (في كل الحالات ... الخ)}$$

$$n(t) = V_{O_2}/V_M$$

③ نضع : ① = ② نجد :

$$5x(t) = \frac{V_{O_2}}{V_M} \Rightarrow x(t) = \frac{V_{O_2}}{5V_M}$$

◀ بنفس الطريقة ، أوجد العلاقة بين التقدم x و $[MnO_4^-]$

$$n(t) = C_1V_1 - 2x(t) \quad ①$$

$$n(t) = [MnO_4^-] \cdot V \quad ②$$

$$C_1V_1 - 2x(t) = [MnO_4^-] \cdot V \quad ③$$

$$x(t) = \frac{C_1V_1 - [MnO_4^-] \cdot V}{2}$$

□ العلاقة بين $x(t)$ و المقادير الأخرى (تركيز ، حجم ،

كتلة ، كمية مادة ، ...) :

هذا السؤال مهم وكثير الإنتشار في هذه الوحدة ، وفي كل الحالات نعتد على الحالة الانتقالية لجدول التقدم كما يلي :

مثال : من جدول التقدم :

◀ أوجد العلاقة بين التقدم x و V_{O_2} و الحجم المولي V_M

$2MnO_4^- + 5H_2O_2 + 6H^+ = 2Mn^{2+} + 5O_2 + 8H_2O$					
ح !	$C_1V_1 - 2x(t)$	$C_2V_2 - 5x(t)$	بوفرة	$2x(t)$	$5x(t)$

① نكتب كمية مادة النوع الكيميائي المطلوب بدلالة التقدم x

(العبرة في جدول التقدم في الحالة الانتقالية)

$$n(t) = 5x(t)$$

التحويل بين الوحدات

الحجوم

$$\begin{cases} m^3 \xrightarrow{\times 10^3} L \\ L \xrightarrow{\times 10^{-3}} m^3 \end{cases}$$

$1dm^3 = 1L$, $1cm^3 = 1ml$

التركيز

$$mol/l \xrightarrow{\times 10^3} mol/m^3$$

$$mol/m^3 \xrightarrow{\times 10^{-3}} mol/l$$

من الملي إلى الوحدة الأساسية

$$m(g, m, mol, s, L, \dots) \xrightarrow{\times 10^{-3}} (g, m, mol, s, L, \dots)$$

من الكيلو إلى الوحدة الأساسية

$$K(g, m, J, \dots) \xrightarrow{\times 10^3} (g, m, J, \dots)$$

الزمن

$$h \xrightarrow{\times 60} min \xrightarrow{\times 60} s$$

$\xrightarrow{\times 3600}$

22 سبتمبر 2022

I - مراجعة

1 - **المؤكسد** : هو فرد كيميائي مؤهل لاكتساب إلكترون أو أكثر .

شاردة التوتياء Zn^{2+} عبارة عن مؤكسد ؛ $Zn^{2+} + 2 e^- = Zn$

شاردة البرمنغانات عبارة عن مؤكسد ؛ $MnO_4^- + 5 e^- + 8 H^+ = Mn^{2+} + 4 H_2O$

2 - **المرجع** : هو فرد كيميائي مؤهل للتخلي عن إلكترون أو أكثر .

ذرة النحاس Cu عبارة عن مرجع ؛ $Cu = Cu^{2+} + 2 e^-$

شاردة اليود I^- عبارة عن مرجع ؛ $2 I^- = I_2 + 2 e^-$

3 - **الثنائيات مرجع / مؤكسد** :

الثنائية مرجع / مؤكسد هي المجموعة المتشكلة من مؤكسد ومرجعه المرافق ، نكتبها اصطلاحا بالشكل : Ox/Red حيث Ox هو المؤكسد ($Oxydant$) و Red هو المرجع ($Réducteur$) .

أمثلة :

O_2/H_2O_2 ، H_2O_2/H_2O ، $S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$ ، $S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$ ، I_2/I^- ، MnO_4^-/Mn^{2+}

بصفة عامة نكتب المعادلة النصفية الخاصة بالثنائية Ox/Red بالشكل : $Ox + n e^- = Red$

4 - **كيف نكتب معادلة نصفية إلكترونية للأكسدة أو للإرجاع ؟**

مثال : المعادلة النصفية الخاصة بالثنائية MnO_4^-/Mn^{2+}

- نكتب : $MnO_4^- = Mn^{2+}$ ، حيث نضع على اليسار الفرد الذي يتفاعل (مثلا في المعطيات يقال لنا : نفاعل برمنغانات البوتاسيوم) ، وعلى اليمين نضع الفرد الذي ينتج .

- في المحاليل المائية نحقق انحفاظ عنصر الأكسجين بالماء (H_2O) ، فنكتب : $MnO_4^- = Mn^{2+} + 4 H_2O$

- في الأوساط الحامضية نحقق انحفاظ عنصر الهيدروجين بالبروتونات (H^+) ، فنكتب : $MnO_4^- + 8 H^+ = Mn^{2+} + 4 H_2O$

- نحقق انحفاظ الشحنة بواسطة الإلكترونات ، وبما أن MnO_4^- مؤكسد ، فهو يكتسب الإلكترونات ، وبالتالي نضيف خمسة إلكترونات من جهة اليسار . أما في حالة تفاعل مرجع نضيف الإلكترونات من جهة اليمين ، لأن المرجع يفقد الإلكترونات .

وأخيرا نكتب المعادلة النصفية للإرجاع : $MnO_4^- + 5 e^- + 8 H^+ = Mn^{2+} + 4 H_2O$

أو : $MnO_4^- + 5 e^- + 8 H_3O^+ = Mn^{2+} + 12 H_2O$ ، لأن في الماء $H^+ + H_2O = H_3O^+$.

5 - **تفاعل الأكسدة - إرجاع :**

هو التفاعل الذي يحدث فيه انتقال الإلكترونات من المرجع إلى المؤكسد ، وهما الفران اللذان يشكلان الثنائية Ox/Red .

مثال : تفاعل محلول مائي ل فوق منغنت البوتاسيوم (K^+, MnO_4^-) مع محلول كبريتات الحديد الثنائي (Fe^{2+}, SO_4^{2-}) في وسط حامضي .

نحدد أولا الثنائيتين Ox/Red :

برمنغانات البوتاسيوم (K^+, MnO_4^-) :

شاردة البوتاسيوم K^+ هي شاردة غير فعالة ، لكن لماذا غير فعالة ؟ نعلم أن ذرة البوتاسيوم K مرجع قوي ، أي تفقد بسهولة الإلكترون الوحيد الموجود في الطبقة الخارجية (يوجد عنصر البوتاسيوم في العمود الأول من جدول التصنيف الدوري) .

لهذا تكون شاردة البوتاسيوم مؤكسدا ضعيفا ، وبالتالي اعتبرناها شاردة غير فعالة ، أي أن الشاردة K^+ تكتسب بصعوبة كبيرة إلكترونات .

معادلة الإرجاع هي : $MnO_4^- + 5 e^- + 8 H^+ = Mn^{2+} + 4 H_2O$ (1)

ملاحظة : في التمارين تُعطى لك الثنائيات ، أو تُعطى لك المعادلات النصفية وأنت تستخرج منها الثنائيات ، لأن لنفس المؤكسد يمكن أن نجد أكثر من

مرجع ، والعكس كذلك . مثلا في وسط حامضي المرجع المرافق للمؤكسد MnO_4^- هو شاردة المنغنيز Mn^{2+} ، وفي الأوساط الأقل حموضة والمعتدلة المرجع هو أكسيد المنغنيز MnO_2 .

كبريتات الحديد الثنائي (Fe^{2+}, SO_4^{2-}) :

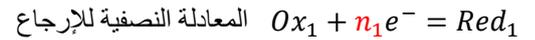
شاردة الكبريتات SO_4^{2-} غير فعالة في هذا التفاعل لأسباب غير واردة في المنهاج ، حيث في هذا المحلول الثنائية هي Fe^{3+}/Fe^{2+}

معادلة الأكسدة : $Fe^{2+} = Fe^{3+} + e^-$ (2)

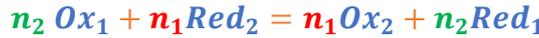
نضرب معادلة الأكسدة في العدد 5 لكي يتساوى عدد الإلكترونات في المعادلتين ، معنى أن هذا التفاعل يتم بـ $1 mol$ من البرمنغانات $5 mol$ من شوارد

الحديد الثنائي ، ثم نجمع المعادلتين النصفيتين طرفا لطرف ، ونجد : $MnO_4^- + 5 Fe^{2+} + 8 H^+ = Mn^{2+} + 5 Fe^{3+} + 4 H_2O$

بصفة عامة : بالنسبة للثنائيتين Ox_2/Red_2 و Ox_1/Red_1 ، فرضا أننا فاعلنا Ox_1 مع Red_2 ، يكون لدينا :



بضرب المعادلة الأولى في n_2 والمعادلة الثانية في n_1 وجمعهما طرفا لطرف نتحصل على معادلة الأكسدة – إرجاع :



6 - ناقليّة المحاليل الشارديّة :

ماذا يجب أن نعرف في درس الناقليّة ؟

• يجب أن نعرف أن وجود الشوارد في محلول مائي ضروري لضمان الناقليّة الكهربائيّة لهذا المحلول .

نعلم أن للتيار الكهربائي طبيعة إلكترونية في النواقل المعدنية وطبيعة شارديّة في المحاليل الشارديّة ، أي أن المحلول الجزيئي لا ينقل التيار الكهربائي .

الناقليّة G لمحلول هي مقلوب مقاومته (R) : $G = \frac{1}{R} = \frac{I}{U}$ ، حيث تقاس G بـ (S) Siemens و R بـ (Ω) Ohm ، أما شدة التيار I والتوتر

الكهربائي (U) يقاسان على الترتيب بـ (A) Ampère و (V) Volt .

ملاحظة : لا نستعمل في قياس الناقليّة مولدا للتيار المستمر ، لأنه يحلّل المحلول كهربائيا مما يؤثّر على الناقليّة لهذا المحلول ، بل نستعمل مولدا للتيار

المتناوب ، حيث I هو الشدة المنتجة للتيار المتناوب (I_{eff}) و U التوتر المنتج له U_{eff} ، وبالتالي $G = \frac{I_{eff}}{U_{eff}}$

• يجب أن نعرف العلاقة بين ناقليّة جزء من محلول (G) وناقليته النوعية (σ) والعوامل المتعلّقة بخليّة القياس .

لدينا : $G = K\sigma$ ، حيث σ هي الناقليّة النوعية وتقاس بـ $S.m^{-1}$ و K هو ثابت خلية القياس $K = \frac{S}{L}$ ، حيث S : سطح إحدى صفيحتي الخلية

(m^2) و L : البعد بين الصفيحتين (m) . وحدة K هي (m) .

• يجب أن نعرف العلاقة بين الناقليّة النوعية (σ) لمحلول شاردي ممدّد وناقليّة المولية الشارديّة للأفراد الكيميائيّة والتراكيز المولية لهذه

الأفراد .

المحلول المائي للمركب $A_x B_y$ هو $(x A^{y+}, y B^{x-})$. تُعطى الناقليّة النوعية لهذا المحلول بالعلاقة التالية : $\sigma = \lambda_{y+} [B^{x-}] + \lambda_{x-} [A^{y+}]$

حيث λ_{y+} و λ_{x-} هما الناقليتان النوعيتان الموليتان الشارديتان لكل من A^{y+} و B^{x-} وتقاسان بـ $S.m^2.mol^{-1}$

7 - قياس ضغط غاز مثالي :

قانون الغازات المثالية هو $P V = n R T$

P : ضغط الغاز ويقاس بالباسكال (Pa) . أحيانا يعطى الضغط بالهيكتوباسكال (hPa) ، حيث $1hPa = 100 Pa$

V : هو حجم الحيز الذي يوجد فيه الغاز (m^3)

n : كمية مادة الغاز (mol)

T : درجة حرارة الغاز (K) . لكي نحول الدرجة المئوية للكلفن نضيف لها 273 . $(20^\circ C = 20 + 273 = 293 K)$

R : ثابت الغازات المثالية . $R = 8,31 SI$ لكل الغازات .

عندما نجري تفاعلا كيميائيا ينطلق فيه غاز ، نعتبر هذا الغاز مثاليا ونجمعه إما في الحوجلة التي يجري فيها التفاعل أو في إناء آخر موصول للحوجلة .

لكي نقيس ضغط الغاز نستعمل مقياس الضغط $(Le manomètre)$. هناك نوعان من هذا الجهاز :

مقياس ضغط عادي : يقوم بقياس ضغط الغاز المنطلق والهواء الموجود في الإناء ، ولهذا في هذه الحالة يجب أن نطرح الضغط الجوي من القيمة المقاسة لكي نحصل على ضغط الغاز المنطلق من التفاعل .

حيث $P_g = P - P_a$ ، P_g : ضغط الغاز المنطلق ، P : القيمة المقاسة ، P_a : الضغط الجوي (يُعطى لنا في التمارين) .

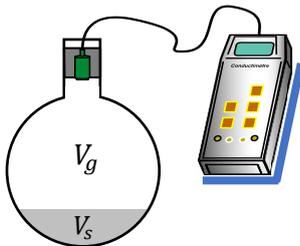
مقياس ضغط تفاضلي : يقوم بقياس الضغط الكلي وي طرح منه الضغط الجوي ويعطينا فقط ضغط الغاز المنطلق من التفاعل .

ملاحظة : عندما نجتمع الغاز المنطلق في نفس الإناء الذي يجري فيه التفاعل ، فإن حجم الغاز (V) هو حجم الحوجلة مطروح منه حجم المحلول .

حجم الغاز يبقى ثابتا أثناء التفاعل ، رغم أن كمية مادته تزداد ، ولهذا الضغط يزداد أثناء التفاعل .

حيث $V = V_{fiote} - V_s$ ، V هو حجم الغاز و V_{fiote} حجم الحوجلة ، V_s حجم المزيج المتفاعل .

مع اعتبار أن الحوجلة كانت فارغة من الهواء .



II - الكيمياء الحركية

1 - تعريف :

الكيمياء الحركية (أو الحركية الكيميائية) هي علم يهتم بدراسة معدل التغير في سرعة التفاعلات الكيميائية والعوامل المؤثرة فيها ، مثل الضغط ودرجة الحرارة والتركيز والوسائط .
يمكن لجملة كيميائية أن تتطور تحت تأثير تفاعل أو مجموعة تفاعلات كيميائية ، من حالتها الابتدائية إلى حالتها النهائية ، حيث يكون هذا التحول إما أنيا أو سريعا أو بطيئا أو بطيئا جدا .

2 - المدة الزمنية لتحوّل كيميائي :

التحوّل الكيميائي السريع :

نقول عن تحوّل كيميائي أنه سريع (لحظي) إذا كان تطوّر الجملة الكيميائية سريعا ، حيث يبلغ التحوّل نهايته مباشرة بعد تلامس المتفاعلات .

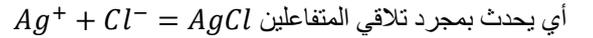
التحوّل الكيميائي البطيء :

نقول عن تحوّل كيميائي أنه بطيء إذا استغرق عدّة ثوان أو دقائق أو عدّة ساعات .

ملاحظة : هناك تفاعلات بطيئة جدا ، حيث يمكن أن تستغرق شهورا أو سنوات .

مثال 1

ترسيب شوارد الكلور Cl^- بواسطة نترات الفضة (Ag^+, NO_3^-) ، حيث أن هذا التفاعل آني (الشكل - 1)



مثال 2

تفاعل محلول حمضي مثل (H_3O^+, Cl^-) مع محلول أساسي مثل (Na^+, HO^-) ، يحدث التفاعل التالي أنيا :



الشكل - 1

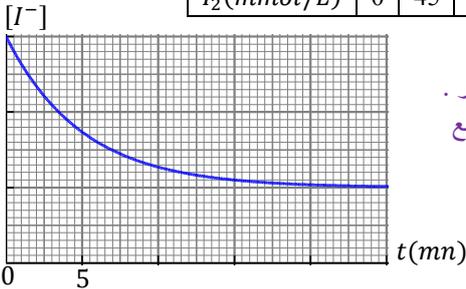
صورة عن Hatier

لما يسألونك : هل هذا التفاعل سريع أم بطيء يجب :

- أن يقدموا لك جدولا يحتوي على الزمن وعلى مقدار يتغير أثناء التفاعل ، مثلا التركيز المولي لأحد المتفاعلات أو الناقلية النوعية للمزيج المتفاعل وسواء كان الزمن بالثواني أو الدقائق أو الساعات ، يجب أن تكون إجابتك : **التفاعل بطيء**
مثلا في تفاعل محلول يود البوتاسيوم I^- ، K^+ وبيروكسو ثنائي كبريتات البوتاسيوم $(S_2O_8^{2-}, 2K^+)$ يُعطى التركيز المولي لثنائي اليود الناتج .

$t(s)$	0	30	60	90	120	180	210	240	270	300	330	390	420	450	480
$I_2(mmL/L)$	0	45	79	114	148	203	227	248	264	273	288	306	312	315	315

تكون الإجابة : التفاعل بطيء ، حيث يدوم حوالي 450 s .



- أن يقدموا لك تمثيلا بيانيا يشمل على الفواصل الزمن ، وعلى الترتيب أحد المقادير سابقة الذكر .
مثلا في البيان المقابل لدينا تطوّر التركيز المولي لشوارد اليود في تفاعل محلول يود البوتاسيوم مع الماء الأكسوجيني ، نقول في إجابتنا : التفاعل بطيء لأنه يدوم حوالي 20 mn .

3 - المتابعة الزمنية لتحوّل كيميائي

1-3 - مقدار التقدم (x) في تفاعل كيميائي :

نعتبر تفاعل أكسدة الحديد بواسطة ثنائي الأكسجين O_2 . معادلة التفاعل هي : $3 Fe(s) + 2 O_2(g) = Fe_3O_4(s)$.
من أجل متابعة تطوّر جملة كيميائية من حالتها الابتدائية إلى حالتها النهائية ننشئ جدول التقدم ، حيث في هذا الجدول نستعمل مقدارا يعبر عن تطوّر التفاعل يسمى **تقدّم التفاعل (x)** ويقاس بـ (mol) ، ونسمي أكبر قيمة للتقدّم في التفاعلات التامة التقدم الأعظمي (x_m) .
مثال :

نسخّن كمية من خراطة الحديد كتلتها $m = 3g$ حتى الاحمرار وندخلها في بوتقة تحتوي على حجم قدره $V = 500 mL$ من غاز ثنائي الأكسجين محسوبا في الشرطين النظاميين من درجة الحرارة والضغط $V_M = 22,4 L \cdot mol^{-1}$ ، $M(Fe) = 56g/mol$.
جدول التقدّم :

معادلة التفاعل	$3 Fe(s) + 2 O_2(g) = Fe_3O_4(s)$			التقدّم
الحالة الابتدائية	$n_0(Fe)$	$n_0(O_2)$	0	0
الحالة الانتقالية	$n_0(Fe) - 3x$	$n_0(O_2) - 2x$	x	x
الحالة النهائية	$n_0(Fe) - 3x_m$	$n_0(O_2) - 2x_m$	x_m	x_m

3-2 - المتفاعل المحدّد

المتفاعل المحدّد هو المتفاعل الذي تنتهي كمية مادته قبل كل المتفاعلات الأخرى ، فمن أجل تحديده نحسب قيم x التي تعدم كمية مادة كل متفاعل .
القيمة الصغرى لـ x تحدد المتفاعل المحدّد ، وهذه القيمة هي التقدّم الأعظمي x_m .
نحسب أولا كمية مادة كل متفاعل :

$$n(O_2) = \frac{V}{V_M} = \frac{0,5}{22,4} = 0,022 mol \quad , \quad n(Fe) = \frac{m}{M} = \frac{3}{56} = 0,053 mol$$

نحدد المتفاعل المحد :

$$n_0(Fe) - 3x_m = 0 \Rightarrow x_m = \frac{0,053}{3} = 0,017 \text{ mol}$$

$$n_0(O_2) - 2x_m = 0 \Rightarrow x_m = \frac{0,022}{2} = 0,011 \text{ mol}$$

القيمة الأصغر هي $x_m = 0,011 \text{ mol}$ ، وبالتالي المتفاعل المحد هو غاز ثنائي الأوكسجين . وبالتالي قيمة التقدم الأعظمي هي :

$$x_m = 0,011 \text{ mol}$$

في الحالة النهائية يكون لدينا التركيب المولي للمزيج :

في نهاية التفاعل تكون كمية مادة المتفاعل المحد دائما معدومة

Fe	O ₂	Fe ₃ O ₄
0,02 mol	0	0,011 mol

التمثيل البياني لتطور التفاعل $n = f(x)$:

الشكل المقابل .

ملاحظة :

يمكن أن نختار كميات مادة المتفاعلين بحيث يكون المزيج ستوكيومتريا ، أي لا يوجد متفاعل محد ، معناه في نهاية التفاعل ينتهي كلا المتفاعلين .

في مثالنا السابق ، ما هي كتلة الحديد التي ندخلها في البوتقة حتى لا يبقى في نهاية التفاعل لا الحديد ولا غاز ثنائي الأوكسجين؟

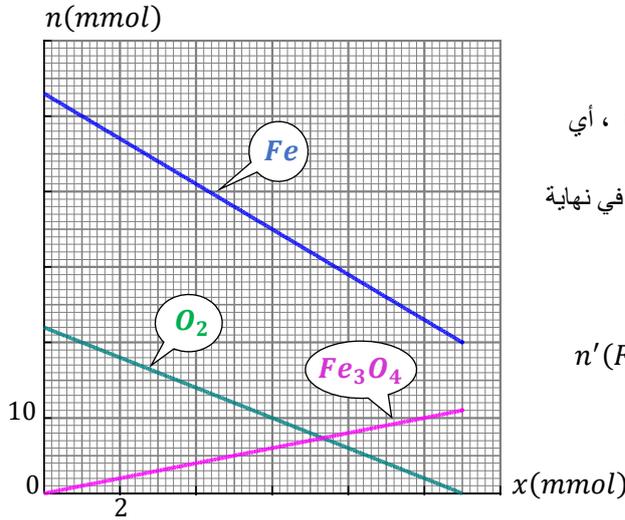
الجواب :

$$x_m = 0,011 \text{ mol}$$

لدينا $n'(Fe) - 3x_m = 0$ يكون من أجلها يكون

$$n'(Fe) = 3 \times 0,011 = 0,033 \text{ mol}$$

$$m' = n' \times M = 0,033 \times 56 = 1,85 \text{ g}$$



Guezouri Abdelkader, ancien élève de l'école normale supérieure.

Site : www.guezouri.org

Chaine Youtube : www.guezouri.org → Physianet Guezouri

Tél : 07 73 34 31 76

FB : Abdelkader Guezouri ... <https://www.facebook.com/Aek.guezouri>

Page FB : Guezouri_Physique

Blog FB : Akhbar El-lil

Groupe privé Bac 2023 (élèves)

<https://www.facebook.com/groups/physiquebac2023>

Lycée Mehadji Mohamed Elhabib / Maraval / Oran



22 سبتمبر 2022

تطرقنا في الدرس الأول إلى متابعة تفاعل كيميائي عن طريق تغير التقدم، أما في هذا الدرس نتطرق إلى كيفية المتابعة الزمنية لتفاعل كيميائي، معنى هذا يجب أن نعرف كيف يتطور التقدم بدلالة الزمن، ولكي نحدد التقدم في كل لحظة يجب أن نربطه بالمقدار الذي نقوم بقياسه أثناء تطور التفاعل، معناه لو تابعنا تطور التفاعل بقياس الناقلية النوعية للمزيج المتفاعل، يجب أن نجد علاقة رياضية تجمع بين الناقلية النوعية والتقدم.

1 - المتابعة الزمنية لتحوّل كيميائي بواسطة قياس الناقلية :

نأخذ كمثال انحلال 2 - كلورو -2 ميثيل بروبان في الماء، حيث أن هذا التفاعل تام وبطيء.



لدينا في هذا التحوّل الكيميائي فردان كيميائيان شارديان، هما: شاردة الهيدرونيوم H_3O^+ و شاردة الكلور Cl^- ، إذن يمكن متابعة هذا التفاعل الكيميائي عن طريق قياس الناقلية.

نضع كمية n_0 mol من 2 - كلورو -2 ميثيل بروبان في كمية زائدة من الماء، بحيث يكون حجم المزيج V .

لدينا عند اللحظة t الناقلية النوعية للمحلول هي: $\sigma(t) = \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-]$ (1)

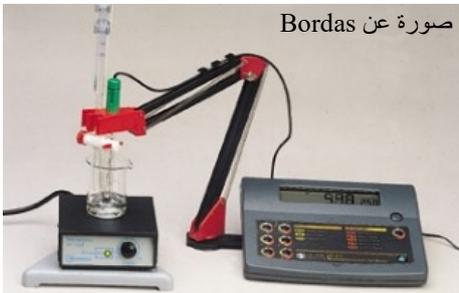
نُشئ جدول التقدم :

$C(CH_3)_3Cl + 2H_2O = C(CH_3)_3OH + H_3O^+ + Cl^-$				
n_0	بوفرة	0	0	0
$n_0 - x$	//	x	x	x
$n_0 - x_m$	//	x_m	x_m	x_m

باستعمال جدول التقدم نكتب: $[H_3O^+] = [Cl^-] = \frac{x}{V}$ ، وبالتالي من أجل $t > 0$: $\sigma(t) = \lambda_{H_3O^+} \times \frac{x}{V} + \lambda_{Cl^-} \times \frac{x}{V}$

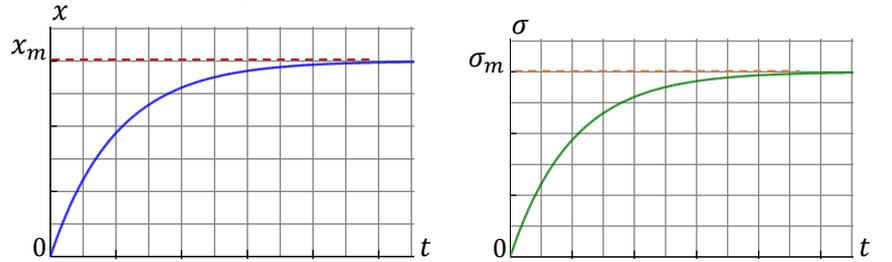
وبالتالي $\sigma(t) = \frac{x}{V} (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}) = \frac{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}}{V} \times x$ ، وبالتالي $x = \frac{V}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}} \times \sigma(t)$ ، أي $x = A \sigma(t)$ ، حيث A عبارة عن ثابت

أثناء التفاعل. $A = \frac{V}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}}$. تتناسب الناقلية النوعية للمزيج المتفاعل مع تقدم التفاعل.



الشكل - 1 : جهاز قياس الناقلية

في كل لحظة يمكن تحديد قيمة التقدم بضرب قيمة الناقلية النوعية في الثابت A .



في نهاية التفاعل يكون $x_m = n_0$ ، وبالتالي تكون الناقلية النوعية للمزيج المتفاعل :

$$(1) \quad x_m = A \sigma_m$$

$$(2) \quad x = A \sigma(t)$$

وبالتالي يمكن التعبير عن الثابت A بدلالة n_0 و σ_m

$$x = \frac{n_0}{\sigma_m} \times \sigma(t)$$

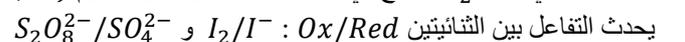
2 - المتابعة الزمنية لتحوّل كيميائي بواسطة المعايرة الحجمية اللونية :

تعتمد المعايرة اللونية على اختفاء لون أو ظهور لون (استقرار لون المحلول الذي نعاير به).

الهدف هو الكشف عن كمية مادة فرد كيميائي متفاعل أو ناتج في فترات زمنية متوالية بطريقة المعايرة الحجمية التي تعرفنا عليها في السنة الثانية.

مثال :

معايرة ثنائي اليود I_2 الناتج في تفاعل محلول يود البوتاسيوم (K^+, I^-) مع محلول بيروكسوثنائي كبريتات الصوديوم $(2Na^+, S_2O_8^{2-})$.

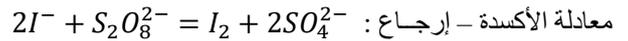
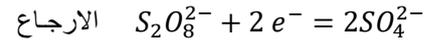
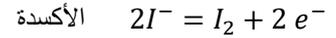


نمزج حجمين V_1 من يود البوتاسيوم تركيزه المولي C_1 و V_2 من بيروكسوثنائي كبريتات الصوديوم تركيزه المولي C_2 . (حجم المزيج V_T)



الشكل 2 : تحوّل لون المزيج تدريجياً في اللحظات t_1 ، t_2 ، t_3

المعادلتان النصفيتان الإلكترونيتان للأكسدة وللإرجاع :



هذا التفاعل بطيء ، بحيث يتحول الناتج تدريجياً للون الأسمر ، حيث كلما ازداد تركيز ثنائي اليود I_2 في المزيج يتدرج اللون نحو الأسمر البني . (الشكل - 2)

للأستاذ :

ثنائي اليود I_2 جسم صلب ، ولما نحلله في الماء نحصل على محلول لليود $I_2(aq)$. اللون الأسمر لناتج التفاعل سببه لون شوارد ثلاثي اليود I_3^- ، لأن في الحقيقة ثنائي اليود الناتج يتحلل بوجود شوارد اليود I^- ، بحيث يتكون معقد (un complexe) جزئي بين ثنائي اليود وشاردة اليود I^- حسب المعادلة : $I_2 + I^- = I_3^-$ ولهذا يجب أن نستعمل دائماً زيادة من يود البوتاسيوم . وتكون بذلك معادلة الأكسدة - إرجاع : $3I^- + S_2O_8^{2-} = I_3^- + 2SO_4^{2-}$ نلاحظ وجود 3 mol من شوارد I^- في المعادلة ، بحيث أن 2 mol من أجل تكوين 1 mol من ثنائي اليود I_2 و 1 mol من أجل تكوين المعقد مع ثنائي اليود الناتج . نلاحظ أن كمية مادة ثنائي اليود الناتج هي نفس كمية مادة المعقد I_3^- ، وبالتالي معايرة I_3^- تؤول إلى معايرة I_2 ، لهذا لا مانع أن نكتب في معادلة الأكسدة - إرجاع I_2 بدل I_3^- .

البروتوكول التجريبي للمعايرة :

يجري التفاعل في درجة حرارة ثابتة . نأخذ في كأس حجماً V من المزيج المتفاعل عند اللحظة t ونغمره في الثلج المهشم (السقي الفيزيائي) ، أو نضيف له الماء المقطر البارد (السقي الكيميائي) ، وذلك من أجل توقيف التفاعل (تطوّر هذا التفاعل شبه معدوم في البرودة) .

لا يمكن أن نعاير ثنائي اليود وهو يتشكل في نفس الوقت ، لهذا يجب توقيف التفاعل .

نملأ السحاحة بمحلول ثيوكبريتات الصوديوم (Thiosulfate de sodium) ، الذي صيغته $(2Na^+, S_2O_3^{2-})$ ، وهو المحلول الذي نعاير به في هذه العملية ، تركيزه المولي (C_T) .

نضيف تدريجياً هذا المحلول للكأس ، ولما يكاد يختفي اللون الأسمر نضيف للمزيج صمغ النشأ (Empois d'amidon) ، فيصبح لون المزيج أزرق داكناً . نواصل إضافة محلول ثيوكبريتات الصوديوم حتى يختفي اللون الأزرق ، حينذاك نكون قد صببنا حجماً V_E من هذا المحلول ، وهو الحجم اللازم للتكافؤ .

يمكن إضافة مادة الثيودان (Thiodène) بدلا من صمغ النشأ ، حيث تلعب نفس الدور في المعايرة ، وهو تحديد التكافؤ بدقة .

تنبيه : لا نضيف صمغ النشأ قبل المعايرة ، لأننا لو فعلنا ذلك فإن المركب الذي ينتج عن ثنائي اليود مع صمغ النشأ بكمية كبيرة يؤثر ببطء شديد على شوارد الثيوكبريتات ، وهذا يؤدي إلى خطأ في المعايرة !

لكن في نصوص التمارين يمكن أن تجد العبارة : << نضيف للكأس صمغ النشأ ونعاير ... >> وذلك اختصاراً للنص فقط .

ملاحظة : يمكن أن نقسم المزيج المتفاعل من البداية في عدة أنابيب بالتساوي ، ونضع هذه الأنابيب في حمام مائي درجة حرارته ثابتة ، وبعد مدة زمنية نخرج أحد الأنابيب ، ونعاير ثنائي اليود فيه بنفس الطريقة السابقة ، ونقوم بنفس العمل بالنسبة للأنابيب الأخرى .

للأستاذ

◆ النشأ هو بوليمر (Polymère) للغليكوز ، أي هو ناتج ترابط جزيئات الكليكوز مع بعضها ، بحيث تكون فيه اللبنة (Le motif) ذات شكل لولبي . إن اللون الأزرق الداكن ناتج عن تعلق جزيئات ثنائي اليود داخل الأشكال اللولبية للنشأ .

لا يمكن لثنائي اليود الارتباط داخل النشأ إلا في البرودة وفي وسط معتدل أو حمضي .

◆ إذا سخنا المزيج أو أضفنا له محلولاً أساسياً ، فإن اللون الأزرق يختفي تلقائياً .

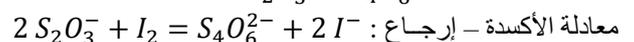
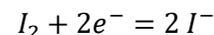
◆ نحضر في المخبر صمغ النشأ كما يلي :

مثلاً نريد تحضير محلول ب 5% ، نحل 5 g من النشأ في 100 mL من الماء المقطر ، ثم نضيف هذا المحلول إلى 900 mL من الماء الساخن (في درجة الغليان) . نبرد الناتج ثم نقوم بترشيحه ، فيكون الناتج هو صمغ النشأ .

◆ مادة الثيودان هي النشأ ممزوج مع مادة البولة (L'urée) .

معادلة تفاعل ثيوكبريتات الصوديوم مع ثنائي اليود :

الثنائيتان Ox/Red هما : I_2/I^- و $S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$. $S_4O_6^{2-}$ هي شاردة (Tétrathionate) المعادلتان النصفيتان :



الشروط التي يجب أن تتوفر في تفاعل المعايرة :

- يجب أن يكون سريعا .
 - يجب أن يكون تاما ، وذلك لكي نستهلك كل كمية الفرد الذي نعايره .
 - يجب أن يكون وحيدا ، أي أن الفرد الذي نعاير به يجب أن يتفاعل مع فرد واحد فقط في المزيج ، أي الفرد الذي نعايره .
- جدول التقدّم : نرسم للتركيز المولي لثنائي اليود بـ C_0 . ($O : Oxydant$) ، والحجم V هو حجم المزيج في الكأس أو حجم المزيج في أنبوب واحد .

$2 S_2O_3^{2-}$	$+$	I_2	$=$	$S_4O_6^{2-}$	$+$	$2 I^-$
$C_r V_E$		$C_0 V$		0		0
$C_r V_E - 2x$		$C_0 V - x$		x		$2x$
$C_r V_E - 2x_E$		$C_0 V - x_E$		x_E		$2x_E$

ملاحظة : في الحقيقة عند كل إضافة من السحاحة يوجد جدول للتقدّم ، حيث :

$C_r V_r'$: كمية المادة الابتدائية للمرجع ($S_2O_3^{2-}$) و V_r' هو الحجم المضاف من السحاحة .

$C_0 V'$: كمية مادة المؤكسد (I_2) ، و V' هو الحجم المتفاعل من المزيج الموجود في الكأس ، أو من الأنبوب بعد تبريده . المتفاعل من المزيج الموجود في الكأس ، أو من الأنبوب بعد تبريده .

الجدول أعلاه أنشأناه عند التكافؤ ، أي عند مزج كمية مادة ثنائي اليود ($C_0 V$) وكمية مادة ثيوكبريتات ($C_r V_E$) . عند التكافؤ يكون لدينا ناتج حصلنا عليه من مزيج ستوكيومترى من ثنائي اليود وشوارد ثيوكبريتات ، وبالتالي :

$$C_r V_E - 2x_E = 0 \Rightarrow x_E = \frac{C_r V_E}{2}$$

$$C_0 V - x_E = 0 \Rightarrow x_E = C_0 V$$

وبالتالي : $C_0 V = \frac{C_r V_E}{2}$ ، ومنه : $C_0 = \frac{C_r V_E}{2V}$ ، وهو التركيز المولي لثنائي اليود في الكأس أو في الأنبوب ، وهو نفس التركيز في المزيج .

والنتيجة هي أن نتمكن من تحديد التركيز المولي لثنائي اليود في لحظات مختلفة أثناء التفاعل ، وهذه هي المتابعة الزمنية للتفاعل عن طريق المعايرة .

ملاحظة :

في تفاعل المعايرة لا ننشئ جدول التقدّم إلا إذا طُلب منا ، بل نثب ما يلي :

نكتب معادلة تفاعل المعايرة ، ونقول : عند التكافؤ يكون : $n(I_2) = \frac{n(S_2O_3^{2-})}{2}$ ، أي $C_0 V = \frac{C_r V_E}{2}$ ، ومنه : $C_0 = \frac{C_r V_E}{2V}$

لدينا $n(I_2) = \frac{C_r V_E}{2}$ ، فيجب أن نعلم أن كمية مادة ثنائي اليود هذه موجودة فقط في الكأس أو في أنبوب واحد ، فإذا أردنا أن نجد كمية ثنائي اليود في المزيج المتفاعل نجري العملية الثلاثية :

في الحجم V يوجد $\frac{C_r V_E}{2}$

في الحجم V_T يوجد $n'(I_2)$

$$(1) \quad n'(I_2) = \frac{V_T}{2V} C_r V_E$$

جدول تقدم تفاعل $S_2O_8^{2-}$ مع I^- : (التفاعل الذي نقوم بدراسته) :

نلاحظ في جدول التقدّم أن كمية مادة ثنائي اليود هي $n'(I_2) = x$

$$x = \frac{V_T}{2V} C_r V_E \quad (1)$$

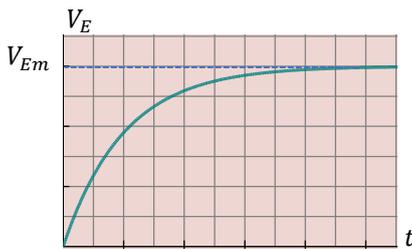
وحسب العلاقة (1) : $x = K V_E$ يتناسب التقدّم مع حجم التكافؤ :

$$K = \frac{V_T}{2V} C_r$$

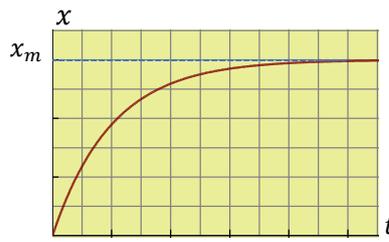
ملاحظة : في حالة تقسيم المزيج المتفاعل في عدة أنابيب ، ننشئ جدول التقدّم في أنبوب واحد ، ويكون التقدّم الموافق $x = \frac{C_r V_E}{2}$ ، ولكي نجد التقدّم في

المزيج المتفاعل يجب ضرب قيمة هذا التقدّم في عدد الأنابيب .

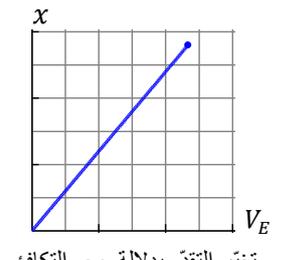
التمثيلات البيانية :



تغير حجم التكافؤ بدلالة الزمن
الشكل - 3 ج



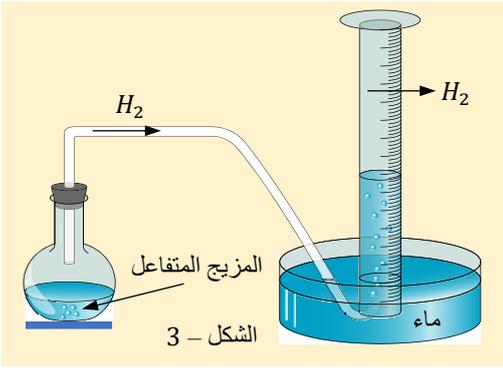
تغير التقدّم بدلالة الزمن
الشكل - 3 ب



تغير التقدّم بدلالة حجم التكافؤ
الشكل - 3 أ

3 - المتابعة الزمنية عن طريق قياس حجم غاز :

مثال : تفاعل التوتياء (Zn) مع محلول مائي لحمض كلور الهيدروجين (H_3O^+ , Cl^-).
يجري التفاعل الكيميائي في حوالة في درجة حرارة ثابتة . نصل الحوالة بواسطة أنبوب حجمه مهمل إلى مخبار مدرج مملوء بالماء ومُنكس على حوض مملوء بالماء ، وذلك لجمع الغاز ، ثم ارجاعه إلى شروط معينة لتحديد حجمه ، وبالتالي تحديد كمية مادته (الشكل - 3) .



تسمى هذه الطريقة : جمع الغاز بالإزاحة ، أي كلما يصعد الغاز في المخبار يُزاح الماء نحو الأسفل ، حيث يمكن قراءة حجم الغاز في المخبار في كل لحظة .
غاز الهيدروجين لا ينحل في الماء .

نضع عند اللحظة $t = 0$ كمية من مسحوق التوتياء كمية مادتها n_0 في محلول مائي لحمض كلور الهيدروجين حجمه V وتركيزه المولي C .

جدول التقدّم :

Zn	$+$	$2 H_3O^+$	$=$	Zn^{2+}	$+$	H_2	$+$	$2 H_2O$	
n_0		CV		0		0			بوفرة
$n_0 - x$		$CV - 2x$		x		x			//
$n_0 - x_m$		$CV - 2x_m$		x_m		x_m			//

لدينا من جدول التقدّم في كل لحظة $x = n(H_2) = \frac{V(H_2)}{V_M}$ ، وبالتالي بواسطة حجم الهيدروجين المنطلق نحدّد تقدّم التفاعل في كل لحظة .

إذا كان المعامل الستوكيومترى للغاز هو a ، نكتب : $n_g = ax$ ، وبالتالي $x = \frac{V_g}{a V_M}$

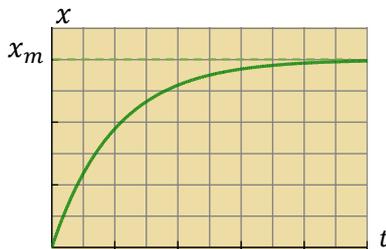
4 - المتابعة الزمنية عن طريق قياس ضغط غاز :

نستعمل نفس التفاعل الوارد في الفقرة (3) ، أي تفاعل كمية من مسحوق التوتياء كمية مادتها n_0 مع محلول مائي لحمض كلور الهيدروجين حجمه V وتركيزه المولي C .

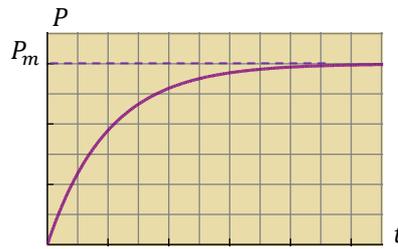
نمرّر غاز الهيدروجين في أنبوب إلى إناء حجمه V ، موصول إلى جهاز قياس الضغط .

قانون الغازات المثالية $PV = n(H_2) RT$ ، حيث V هو حجم الغاز (حجم الغاز يساوي حجم الإناء في كل لحظة) .

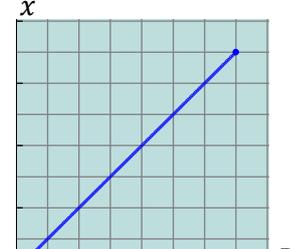
لدينا من جدول التقدّم $x = n(H_2)$ ، وبالتالي $x = \frac{V}{RT} \times P$ ، وهذه العلاقة من الشكل : $x = K \times P$ ، حيث $K = \frac{V}{RT}$ ، عبارة عن ثابت أثناء التفاعل ، وبالتالي يمكن تحديد تقدّم التفاعل في كل لحظة عند قياس ضغط الهيدروجين في تلك اللحظة .



تغير التقدّم بدلالة الزمن



تغير الضغط بدلالة الزمن



تغير التقدّم بدلالة الضغط

5 - مفهوم السرعة في التحولات الكيميائية :

المقصود بالسرعة في التفاعلات الكيميائية هو تغير كمية المادة خلال الزمن .

5-1-1 - سرعة التفاعل :

5-1-1-1 - السرعة المتوسطة للتفاعل (v_m) : هي مقدار تغير التقدّم الكيميائي خلال مدة زمنية Δt .
$$v_m = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

تمثّل السرعة المتوسطة للتفاعل ميل القطعة المستقيمة AB . الشكل - 4

5-1-1-2 - السرعة اللحظية للتفاعل (v) : هي سرعة التفاعل في لحظة معينة .

عندما يقترب t_2 من t_1 فإن $\Delta t \rightarrow 0$ ، أي $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} v_m$ ، أي $v = \frac{dx}{dt}$ ، أي

وبالتالي السرعة اللحظية للتفاعل هي مشتق التقدّم بالنسبة للزمن .

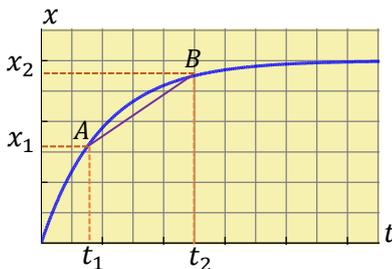
لكي نحسب سرعة التفاعل في لحظة معينة

مثلا t' ، نرسم المماس للبيان $x = f(t)$ ، ونحدّد على المماس نقطتين كيفيتين ، مثلا

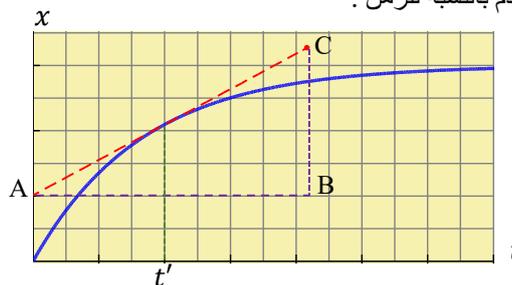
A و C ، ثم نحسب ميل المماس :

. إن ميل المماس هو سرعة التفاعل

عند اللحظة t' . الشكل - 5



الشكل - 4

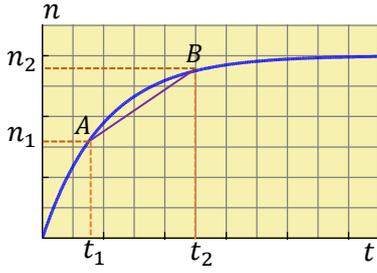


الشكل - 5

5-2 - سرعة تشكّل فرد كيميائي :

الفرد الكيميائي المتشكل هو أحد النواتج .

5-2-1 - السرعة المتوسطة لتشكّل فرد كيميائي : ليكن كمية المادة المتشكلة من الفرد الكيميائي عند اللحظة t_1 و n_2 كمية المادة المتشكلة عند اللحظة t_2 .



الشكل - 6

نسمي النسبة : $v_m = \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta n}{\Delta t}$ السرعة المتوسطة لتشكّل الفرد الكيميائي .

تمثل السرعة المتوسطة للتفاعل ميل القطعة المستقيمة AB . الشكل - 6

5-2-2 - السرعة اللحظية لتشكّل فرد كيميائي : هي سرعة تشكّله في لحظة معينة .

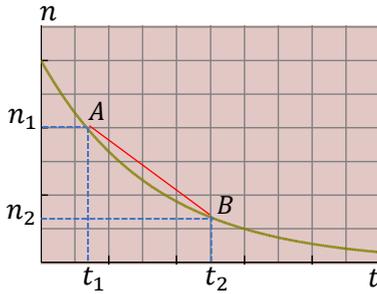
عندما يقترب t_2 من t_1 فإن $\Delta t \rightarrow 0$ ، أي $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} v_m$ ، أي $v = \frac{dn}{dt}$

وهي مشتق كمية مادة الفرد المتشكل بالنسبة للزمن ، وتمثل ميل المماس للبيان $n = f(t)$ عند لحظة معينة . (انظر الفقرة 3-1-2) .

5-3 - سرعة اختفاء فرد كيميائي :

الفرد الكيميائي المختفي هو أحد المتفاعلات .

5-3-1 - السرعة المتوسطة لاختفاء فرد كيميائي : ليكن كمية مادة الفرد الكيميائي عند اللحظة t_1 و n_2 كمية مادة الفرد الكيميائي عند اللحظة t_2 .



الشكل - 7

نسمي النسبة : $v_m = -\frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1} = -\frac{\Delta n}{\Delta t}$ السرعة المتوسطة لاختفاء الفرد الكيميائي .

تمثل السرعة المتوسطة للتفاعل ميل القطعة المستقيمة AB . الشكل - 7

ملاحظة : نضيف الإشارة (-) لسرعة الاختفاء للحصول على سرعة موجبة .

5-3-2 - السرعة اللحظية لاختفاء فرد كيميائي : هي سرعة الاختفاء عند لحظة معينة .

عندما يقترب t_2 من t_1 فإن $\Delta t \rightarrow 0$ ، أي $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} v_m$ ، أي $v = -\frac{dn}{dt}$

وهي مشتق كمية مادة الفرد المختفي بالنسبة للزمن ، وتمثل ميل المماس للبيان $n = f(t)$ عند لحظة معينة . (انظر الفقرة 3-1-2) .

5-4 - السرعة الحجمية : هي السرعة في لتر (وحدة الحجم) من المزيج المتفاعل .

كل السرعات السابقة إذا قسّمناها على حجم المزيج المتفاعل ، نضيف لاسمها (حجمية) .

السرعة اللحظية الحجمية للتفاعل هي $v_{vol} = \frac{1}{V_s} \times \frac{dx}{dt}$

السرعة المتوسطة الحجمية لاختفاء فرد كيميائي هي : $v_{vol}(A) = -\frac{1}{V_s} \times \frac{dn(A)}{dt}$ ، حيث A هو الفرد الكيميائي المختفي .

5-5 - العلاقة بين كل السرعات السابقة :

ليكن التفاعل الكيميائي : $aA + bB = cC + dD$ ، حيث a ، b ، c ، d هي المعاملات الستوكيومترية ، و A ، B ، C ، D هي الأفراد المتفاعلة والنتيجة .

حسب المعاملات الستوكيومترية a ، b ، c ، d فإن كميات المادة (Δn) المختفية من المتفاعلات والنتيجة من النواتج تُكتب خلال المدة Δt

بالشكل : $-\frac{\Delta n_A}{a} = -\frac{\Delta n_B}{b} = \frac{\Delta n_C}{c} = \frac{\Delta n_D}{d} = \Delta x$

بالتقسيم على Δt : $\frac{1}{a} \times \left(-\frac{\Delta n_A}{\Delta t}\right) = \frac{1}{b} \times \left(-\frac{\Delta n_B}{\Delta t}\right) = \frac{1}{c} \times \left(\frac{\Delta n_C}{\Delta t}\right) = \frac{1}{d} \times \left(\frac{\Delta n_D}{\Delta t}\right) = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ ، وبالتالي :

حيث v_m هي السرعة المتوسطة للتفاعل ، $\frac{v_m(A)}{a} = \frac{v_m(B)}{b} = \frac{v_m(C)}{c} = \frac{v_m(D)}{d} = v_m$

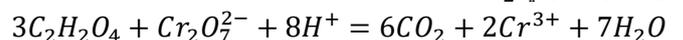
ملاحظة : هذه العلاقة تنطبق على كل السرعات ، سواء كانت متوسطة أو لحظية أو متوسطة حجمية أو لحظية حجمية ، لأنه لو $\Delta t \rightarrow 0$ تصبح هذه السرعات كلها لحظية ، ولو قسّمنا على حجم المزيج المتفاعل تصبح كلها حجمية .

ملاحظة : بالنسبة لفرد كيميائي يتشكل مثلا ، تركيزه المولي [D] عند اللحظة t ، تكون السرعة اللحظية الحجمية $v_{vol} = \frac{1}{V_s} \times \frac{dn}{dt}$

$v_{vol} = \frac{d\left(\frac{n}{V_s}\right)}{dt}$ ، ولدينا $\frac{n}{V_s} = [D]$ ، وبالتالي $v_{vol} = \frac{d[D]}{dt}$

5-6 - تطبيق حول استعمال جدول التقدم لإيجاد السرعات :

ليكن التفاعل بين محلول حمض الأكساليك $C_2H_2O_4$ تركيزه المولي C_1 وحجمه V_1 ومحلول ثنائي كرومات البوتاسيوم $(2K^+, Cr_2O_7^{2-})$ حجمه V_2 وتركيزه المولي C_2 .



$3C_2H_2O_4 + Cr_2O_7^{2-} + 8H^+ = 6CO_2 + 2Cr^{3+} + 7H_2O$					
C_1V_1	C_2V_2	غير محدد	0	0	بوفرة
$C_1V_1 - 3x$	$C_2V_2 - x$	//	$6x$	$2x$	//
$C_1V_1 - 3x_m$	$C_2V_2 - x_m$	//	$6x_m$	$2x_m$	//

نريد التعبير عن السرعة اللحظية الحجمية للتفاعل بدلالة $[C_2H_2O_4]$.

نكتب أولاً قانون السرعة اللحظية الحجمية للتفاعل : $v_{vol} = \frac{1}{V_T} \frac{dx}{dt}$ حيث $V_T = V_1 + V_2$

من جدول التقدم لدينا $n(C_2H_2O_4) = C_1V_1 - 3x$ ، أو $[C_2H_2O_4] V_T = C_1V_1 - 3x$ ، ومنه $x = \frac{1}{3}(C_1V_1 - [C_2H_2O_4] V_T)$ ، وفي هذه العلاقة الأخيرة عندما يتغير الزمن ، فإن المقدارين اللذين يتغيران هما x و $[C_2H_2O_4]$.

نشقت طرفي هذه العلاقة بالنسبة للزمن : $\frac{dx}{dt} = -\frac{V_T}{3} \frac{d[C_2H_2O_4]}{dt}$ ، وبالتعويض في عبارة السرعة الحجمية : $v_{vol} = \frac{1}{V_T} \left(-\frac{V_T}{3} \frac{d[C_2H_2O_4]}{dt} \right)$

$$v_{vol} = -\frac{1}{3} \frac{d[C_2H_2O_4]}{dt} \text{ ومنه}$$

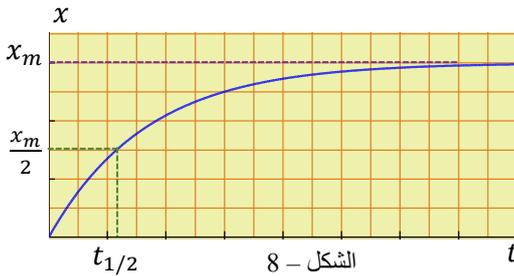
إذا كان لدينا التمثيل البياني $[C_2H_2O_4] = f(t)$ ، فإن $\frac{d[C_2H_2O_4]}{dt}$ هو ميل المماس في اللحظة التي تُطلب منّا حساب السرعة فيها ، وقيمته سالبة وبالتالي تكون السرعة الحجمية للتفاعل موجبة .

6 - زمن نصف التفاعل ($t_{1/2}$) :

زمن نصف التفاعل هو المدة التي يبلغ فيها تقدم التفاعل نصف قيمته النهائية ، وهو المدة التي تُستهلك فيها نصف كمية مادة المتفاعل المحد في حالة التفاعلات التامة . (يكون التفاعل تاماً إذا انتهت كمية مادة أحد المتفاعلين أو كلاهما) . $x(t_{1/2}) = \frac{x_m}{2}$.
في التفاعلات التامة نرسم للتقدم في نهاية التفاعل بـ x_m (التقدم الأعظمي) ، وفي التفاعلات غير التامة نرسم له بـ x_f (التقدم النهائي) .
في هذه الوحدة ندرس فقط التفاعلات التامة .

6 - 1 - تحديد زمن نصف التفاعل من البيان $x = f(t)$:

نحدد القيمة العظمى للتقدم على البيان ، ونقسمها على 2 ، وبالإسقاط نحدد قيمة زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$. الشكل - 8

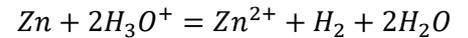


الشكل - 8

ملاحظة : إذا قيل لنا في نص التمرين أن التفاعل تام ، ولكن البيان $x = f(t)$ المعطى لم يتم إحصائه إلى قيمته الأعظمية ، يجب أن نحدد قيمة التقدم الأعظمي من جهة أخرى ، مثلاً من جدول التقدم ، ثم نقسمها على 2 ، ونضعها على البيان وبالإسقاط نحدد $t_{1/2}$.

6 - 2 - تحديد زمن نصف التفاعل من بيان المتفاعل المحد :

مثلاً في تفاعل التوتياء (الزنك) مع حمض كلور الهيدروجين (تفاعل تام) :



ليكن مثلاً H_3O^+ هو المتفاعل المحد ، حيث حجم المحلول الحمضي هو V وتركيزه المولي هو C ، أي $[H_3O^+] = C$.

في الشكل - 9 أعطي لنا البيان $[H_3O^+] = f(t)$ كاملاً ، أما في

الشكل - 10 أعطي لنا البيان غير كامل ، هذا لا يعني أن التفاعل غير تام ، وإنما تم قص البيان فقط ، لأن في نص التمرين قيل لنا أن التفاعل تام .

من جدول التقدم لدينا $n(H_3O^+) = CV - 2x$ ، أي :

$$[H_3O^+]V = CV - 2x \quad (3)$$

عندما يبلغ التقدم قيمته العظمى x_m ، يكون حينذاك $[H_3O^+] = 0$ (المتفاعل المحد) .

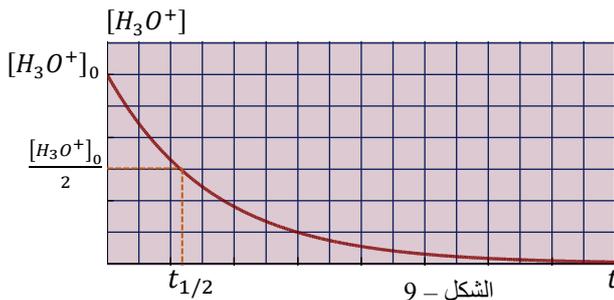
ومن العلاقة (3) $CV - 2x_m = 0$ ، ومنه $x_m = \frac{CV}{2}$.

في العلاقة (3) إذا عوضنا التركيز المولي لسوارد الهيدرونيوم بقيمته $[H_3O^+]_{1/2}$ عند زمن نصف

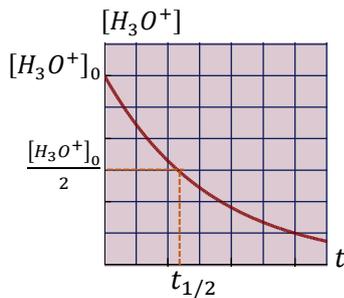
التفاعل ، يجب تعويض التقدم بـ $\frac{x_m}{2}$ ، وبالتالي :

$$[H_3O^+]_{1/2} V = CV - 2 \frac{CV}{4} \quad \text{وبالتالي} \quad [H_3O^+]_{1/2} = C - \frac{C}{2} = \frac{C}{2}$$

إذن عند $t_{1/2}$ يكون $[H_3O^+] = \frac{[H_3O^+]_0}{2}$.



الشكل - 9



الشكل - 10

نعم هذه النتيجة مهما كان المقدار الممثل على الترتيب ، سواء كان كمية مادة أو تركيز مولي ، أو ناقلية ، أو حجم التكافؤ في المتابعة بالمعايرة ، أو كتلة أو حجم غاز منطلق أو ضغط غاز .

ملاحظة :

في حالة المتفاعل الآخر عبارة عن جسم صلب ، أما إذا كان المتفاعل الآخر كذلك محلولاً مائياً حجمه V' وتركيزه المولي C' ، فإن

$$[H_3O^+]_0 = \frac{n_0(H_3O^+)}{V+V'} = \frac{CV}{V+V'}$$

6 - 3 - تحديد زمن نصف المتفاعل غير المحد :

في التفاعل الوارد في الفقرة 6 - 2 ، ليكن Zn هو المتفاعل المحد . نمثل بيانياً التركيز المولي $[H_3O^+] = f(t)$ في الشكل - 12 . من جدول التقدّم لدينا $n(H_3O^+) = CV - 2x$ ، أي :

$$[H_3O^+]V = CV - 2x \quad (4)$$

عندما يبلغ التقدّم قيمته العظمى x_m ، يكون حينذاك $[H_3O^+] = [H_3O^+]_f$

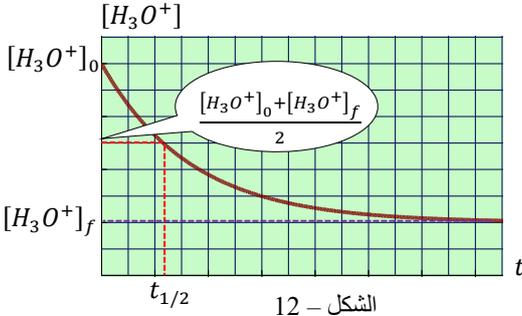
وفي العلاقة (4) $CV - 2x_m = [H_3O^+]_f \times V$ ، ومنه $x_m = \frac{CV - [H_3O^+]_f \times V}{2}$

في العلاقة (4) إذا عوضنا التركيز المولي لشوارد الهيدرونيوم بقيمته $[H_3O^+]_{1/2}$ عند زمن نصف التفاعل ، يجب تعويض التقدّم بـ $\frac{x_m}{2}$ ، وبالتالي :

$$[H_3O^+]_{1/2} V = CV - 2 \times \frac{CV - [H_3O^+]_f \times V}{4}$$

$$C = [H_3O^+]_0 \quad \text{وبما أن} \quad [H_3O^+]_{1/2} = \frac{C + [H_3O^+]_f}{2} \quad ، \quad [H_3O^+]_{1/2} = \frac{C}{2} + \frac{[H_3O^+]_f}{2}$$

$$[H_3O^+]_{1/2} = \frac{[H_3O^+]_0 + [H_3O^+]_f}{2} \quad \text{إذن}$$



الشكل - 12

7 - العوامل الحركية

نسمي عاملاً حركياً لتفاعل كيميائي كل ما يغير سرعة التفاعل .

7 - 1 - درجة الحرارة :

تصبح التفاعلات الكيميائية أسرع عندما نرفع درجة حرارة المزيج المتفاعل ، فتكون مدة التفاعل أقل ، وبالتالي زمن نصف التفاعل أصغر .

إذن **درجة الحرارة عامل حركي** . (لا ندرس التفاعلات التي تزداد مدتها برفع درجة الحرارة) نجري نفس التجربة ، بحيث نغيّر فقط درجة الحرارة من تجربة لأخرى .

من أجل $T_3 > T_2 > T_1$ نحصل على البيانات $x = f(t)$ في الشكل - 13 .

زمن نصف التفاعل يتناسب عكسياً مع درجة الحرارة ، والسرعة عند نفس اللحظات من التجارب تكون أكبر من أجل درجة حرارة أكبر .

عملية السقي هي التبريد اللحظي لمزيج متفاعل ، حيث أن كثيراً من التفاعلات تتوقف تماماً في درجة منخفضة ، لهذا يجب أن نبرّد المزيج المتفاعل عندما نريد معايرة فرد كيميائي فيه . (تفاعل المعايرة الذي نختاره لا يتأثر بدرجة الحرارة)

7 - 2 - تراكيز المتفاعلات :

نقصد بتراكيز المتفاعلات تراكيز المحاليل المائية ، أما بالنسبة للأجسام الصلبة نتكلم عن كمية مادتها .

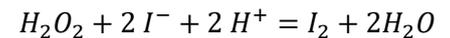
في نفس درجة الحرارة ، كلما كانت تراكيز المتفاعلات أو أحدها أكبر كلما كانت سرعة التفاعل أكبر في لحظة معينة . (نقارن سرعات التفاعلات في لحظة واحدة ، ولتكن $t = 0$ مثلاً) .



الشكل - 14

ملاحظة : يتعلق التقدّم الأعظمي للتفاعل فقط بالمتفاعل المحدّ ، أما السرعة تختلف سواء غيّرنا تركيز المتفاعل المحد أو المتفاعل الآخر .

مثلاً في تفاعل شوارد اليود I^- مع الماء الأكسجيني H_2O_2 :



إذا كان مثلاً المتفاعل المحد هو الماء الأكسجيني :

في الشكل 14 :

بالنسبة للبيان (1) استعملنا حجماً V من الماء الأكسجيني تركيزه المولي $C = 0,4 \text{ mol/L}$

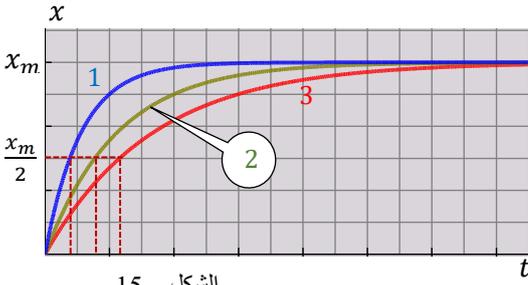
بالنسبة للبيان (2) استعملنا نفس الحجم V من الماء الأكسجيني تركيزه المولي $C' = 0,2 \text{ mol/L}$

ملاحظة : هناك أمور أخرى أعقد تتعلق بها السرعة عندما نغيّر التراكيز الابتدائية للمتفاعلات ، تدرّس بدقة في مستويات أعلى .

7 - 3 - سطح تلامس المتفاعلات :

كلما كان سطح التلامس بين المتفاعلات أكبر يكون التفاعل أسرع .

مثال : لدينا 3 كميات متساوية الكتلة من الألمنيوم ، حيث الكمية الأولى عبارة عن صفيحة ، والكمية الثانية عبارة عن قطع صغيرة ، والكمية الثالثة عبارة عن مسحوق .



الشكل - 15

نضيف هذه الكميات إلى 3 محاليل متماثلة لحمض كلور الهيدروجين . نلاحظ أن التفاعل يكون أسرع في حالة وجود الألمنيوم مسحوقاً لأن سطح التلامس يكون أكبر ، ثم تليه حالة وجود الألمنيوم على شكل قطع ، وأقل سرعة تكون في حالة الألمنيوم على شكل صفيحة .

في الشكل 15 :

البيان 1 : الألمنيوم مسحوق

البيان 2 : الألمنيوم على شكل قطع

البيان 3 : الألمنيوم على شكل صفيحة أو قطعة واحدة .

8 - الوسيط الكيميائي : هو نوع كيميائي ، فرد كيميائي (مادة كيميائية) تضاف للمزيج المتفاعل من أجل رفع سرعة التفاعل . يصنع الوسيط مراحل للتفاعل من أجل تسريعه ، ولا يؤثر على تركيب المزيج في نهاية التفاعل . (ينسحب في نهاية التفاعل)

8 - 1 - أنواع الوساطة :

♦ إذا كان الوسيط من نفس طور المتفاعلات (مثلاً المتفاعلات عبارة عن محاليل وكذلك الوسيط) ، نقول عن الوساطة أنها وساطة **متجانسة** .

مثال :

تسريع تفاعل محلول يود البوتاسيوم (K^+, I^-) مع محلول بيروكسوتنائي كبريتات البوتاسيوم ($2K^+, S_2O_8^{2-}$) بواسطة قطرات من محلول كلور الحديد الثنائي ($Fe^{2+}, 2Cl^-$) أو كلور الحديد الثلاثي ($Fe^{3+}, 2Cl^-$) ، حيث Fe^{2+} أو Fe^{3+} هما الوسيطان .

♦ إذا لم يكن الوسيط من نفس طور المتفاعلات (مثلاً المتفاعلات عبارة عن محاليل والوسيط صلب) ، نقول عن الوساطة أنها وساطة **غير متجانسة** .

مثال :

الماء الأكسجيني هو محلول مائي لفق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) ، يتفكك هذا المحلول ذاتياً لغاز الأكسجين والماء ببطء شديد . لو غمرنا فيه سلكاً من البلاتين (Pt) نشاهد تصاعد فقاعات غاز الأكسجين بجوار السلك ، أي أن الوسيط قام بتسريع تفكك الماء الأكسجيني .

♦ إذا كان الوسيط عبارة عن أنزيم ، نقول عن الوساطة أنها **إنزيمية** .

مثال :

- عند إضافة قطرات من الدم أو قطعة صغيرة من الكبد للماء الأكسجيني نشاهد تصاعد فقاعات غاز الأكسجين بكثافة .

- في المادة الحية تحدث تفاعلات بيوكيميائية تتدخل فيها الإنزيمات كوسائط .

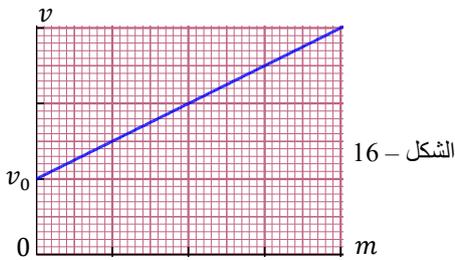
8 - 2 - كمية الوسيط :

تتناسب السرعة كذلك مع كمية الوسيط ، حيث كلما كانت كمية الوسيط أكبر تكون مدة التفاعل أقصر .

ملاحظة : في حالة الوساطة المتجانسة عندما نريد مقارنة السرعة بكميتين مختلفتين من الوسيط يجب أن نستعمل كمية من الوسيط بحيث حجمه لا يؤثر على حجم المزيج المتفاعل ، لأن التمديد يخفض التراكيز ، ونعلم أن التركيز هو عامل حركي .

في الشكل 16 مثلنا بيان تغيرات السرعة بدلالة كتلة الوسيط أو كمية مادته .

v_0 هي السرعة بدون وسيط (نقص بالسرعة : سرعة التفاعل أو سرعة التشكل أو الاختفاء) .



الشكل - 16

ملاحظة : لا يمكن للوسيط أن يجبر تفاعلاً مستحيلاً على الحدوث .

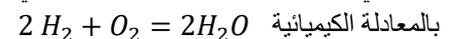
ملاحظة : يلعب الوسيط دور العامل الحركي ، لكن في جهة واحدة ، أي أنه يرفع السرعة ، أما العوامل الحركية يمكن أن ترفع أو تخفض السرعة ، لهذا أحياناً نقول أن الوسيط عبارة عن عامل حركي مجازاً .

9 - أهمية الوسائط في الصناعة :

تعتمد الصناعة الغذائية وبعض الصناعات الأخرى في تسريع إنتاجها على العوامل الحركية في التحضير الكيميائي ، فعامل الحرارة مكلف صناعياً ، لهذا تنصب الأبحاث حالياً نحو استعمال أنجع الوسائط الكيميائية لأنها غير مكلفة .

10- التفسير المجهري لفعل العوامل الحركية :

ندخل في مقياس غاز حجماً V من غاز ثنائي الأكسجين O_2 وحجمين ($2V$) من غاز ثنائي الهيدروجين H_2 . نمذج هذا التفاعل في حالة حدوثه



بالمعادلة الكيميائية

في المزيج تتحرك الجزيئات O_2 والجزيئات H_2 حركة عشوائية (الحركة البراونية) الناتجة عن الإهارة الحرارية .

إن الطاقة الحركية المجهرية الناتجة عن التصادمات للجزيئات لا تكفي لانطلاق التفاعل . لو قربنا الآن عود ثقاب مشتعل من المزيج الغازي يحدث انفجار ناتج عن حدوث التفاعل بين O_2 و H_2 ، ونلاحظ بخاراً في أسفل مقياس الغاز دلالة على تكوّن الماء .

ما هو دور درجة الحرارة ؟

إن أكساب الجزيئات (المتفاعلات) طاقة أكبر تؤدي إلى تصادمات عنيفة بين الجزيئات ، مما يؤدي إلى فك الروابط ($O = O$) و ($H - H$) وتكوين روابط جديدة ($H - O - H$) في الماء .

ليس كل تصادم بين O_2 و H_2 ينتج عنه تفاعل ، بل نتكلم هنا عن التصادمات المنتجة (الفعالة) ، أي التي تؤدي إلى فك الروابط .

نعتبر **بتواتر التصادمات** عن عدد هذه التصادمات في الثانية ، كلما كان تواتر التصادمات مرتفعا ، كان التحول الكيميائي أسرع .
إن التركيز الأكبر للمتفاعلات يرفع احتمال التصادمات المنتجة ، وبالتالي **يتناسب تواتر التصادمات مع درجة الحرارة وتراكيز المتفاعلات وسطح المتفاعلات** .

مقاربات عن التفسير المجهري :

1 - تصوّر مظاهرة شعبية سياسية في شارع ضيق عدد المشاركين فيها حوالي 1000 شخص ، طبعاً بدون ذكر عدد المندسين (هؤلاء يلعبون دور الوسيط) .

إن عدد التصادمات بين المتظاهرين يكون ضئيلاً لأن أولاً كلهم يتحركون في نفس الجهة ، وثانياً لأنهم يتحركون ببطء . تصوّر عندما يتدخل بوليس مكافحة الشغب !! ويطلق الرصاص **المطاطي** والقنابل المسيلة للدموع ، فتزداد حرارة الشارع فيركض الناس في كل الاتجاهات ، فهنا يزداد تواتر التصادمات وتحدث التفاعلات الكيميائية (المتفاعلات هي الأشخاص سالمون والنواتج هي الضحايا والجرحى) .
تصوّر الآن لو كان عدد المشاركين حوالي 10 آلاف (ارتفاع تراكيز المتفاعلات) وحدث ما حدث ... أترك لك التعليق !!

2 - نملاً كيساً غير شفاف بكريات سوداء وكريات حمراء ، ونضع على الطاولة فارورتين ، إحداهما تحتوي على كريات زرقاء والأخرى على كريات

خضراء . نعتبر التفاعل الكيميائي هو : ● + ● = ● + ●

ندخل يدنا في الكيس ونخرج منه كرتين ، فإذا كانتا من نفس اللون فإن التصادم لم يحدث ، أما إذا كانت إحداهما سوداء والأخرى حمراء فإن التصادم حدث لكن لا ندري إن كان هذا التصادم منتجا .

نستعمل زهرة النرد (*un dé*) ، حيث نرميه على الطاولة ونتفق أنه مثلاً إذا حصلنا على عدد أقل أو يساوي 4 فإن التصادم يكون منتجا أي حدوث التفاعل وبالتالي نأخذ كرتين من الفارورتين (زرقاء + خضراء) ونضعهما في الكيس .

نعيد التجربة عدة مرات ، فأنت تلاحظ الآن أنه كلما حدث التفاعل تكثر الكريات الخضراء والزرقاء في الكيس ، وبالتالي ينقص احتمال إخراج كرتين إحداهما سوداء والأخرى حمراء (هنا في الواقع تبدأ سرعة التفاعل في التناقص) .
هذا ما يحدث بالضبط أثناء التحول الكيميائي على المستوى المجهري .

Guezouri Abdelkader, ancien élève de l'école normale supérieure.

Site : www.guezouri.org

Chaîne Youtube : www.guezouri.org → Physianet Guezouri

Tél : 07 73 34 31 76

FB : Abdelkader Guezouri ... <https://www.facebook.com/Aek.guezouri>

Page FB : Guezouri Physique

Blog FB : Akhbar El-lil

Groupe privé Bac 2023 (élèves)

<https://www.facebook.com/groups/physiquebac2023>

Lycée Mehadji Mohamed Elhabib / Maraval / Oran



أهم الأسئلة النظرية لتحضير البكالوريا

مأخوذ من كتاب

تأشيرة النجاح في العلوم الفيزيائية



f [fb.com/Chenait.visa.bac.physique](https://www.facebook.com/Chenait.visa.bac.physique)

📷 @taachirat_nadjah

☎ 0550-68-69-07

✉ Chenaitaz@gmail.com

متوفر في

48 ولاية

الوحدة الأولى: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

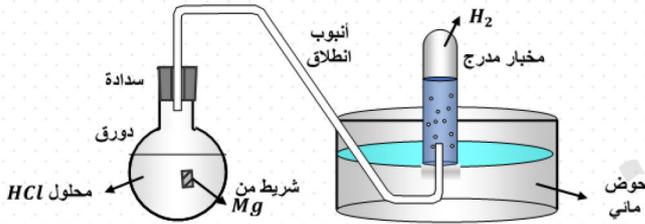
1. التقدم الأعظمي x_{max} : هو التقدم الذي من أجله تنعدم كمية مادة المتفاعل المُحد. (يستخرج من جدول تقدم التفاعل).
2. التقدم النهائي x_f : هو التقدم الملاحظ تجريبيا (بيانيا)، ويعرف بأنه التقدم الذي من أجله تتوقف الجملة عن التطور.
3. المؤكسد: هو كل فرد كيميائي قادر على اكتساب إلكترون أو أكثر خلال تفاعل كيميائي يرمز له بـ ox .
4. المرجع: هو كل فرد كيميائي قادر على فقد إلكترون أو أكثر خلال تفاعل كيميائي يرمز له بـ Red .
5. تفاعل الأكسدة: هو تفاعل كيميائي يتم فيه فقد إلكترون أو أكثر.
6. تفاعل الإرجاع: هو تفاعل كيميائي يتم فيه اكتساب إلكترون أو أكثر.
7. التحول السريع: هو تفاعل أي (لحظي) ينتهي بمجرد ملامسة المتفاعلات لبعضها.
8. التحول البطيء: هو تفاعل كيميائي يستغرق عدة ثواني، دقائق، ساعات.
9. التحول البطيء جدًا: هو تفاعل كيميائي يستغرق عدة أيام، أسابيع، أشهر، سنوات وتعتبر الجملة عندها عاطلة كيميائيا.
10. زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$: هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي x_f ،

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2} \quad \text{إذن :}$$

11. بعض استعمالات الـ $t_{1/2}$:

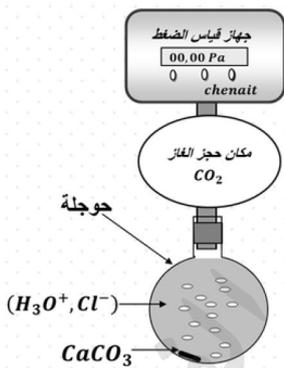
- ← يُمكن الـ $t_{1/2}$ من تقدير المدة الزمنية اللازمة لتوقف التفاعل المدروس ($\approx 7t_{1/2}$)
- ← يُمكن الـ $t_{1/2}$ من المقارنة بين تفاعلين من حيث سرعة التفاعل.
- ← يُمكن الـ $t_{1/2}$ من اختيار الطريقة الملائمة لتتبع التطور الزمني لمجموعة أثناء التحول.

12. البروتوكول التجريبي للمتابعة الزمنية عن طريق قياس حجم غاز: بعد وضع لمتفاعلات في الدورق، نسد بإحكام



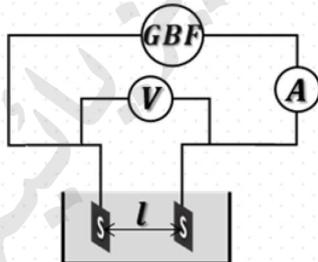
- بواسطة سدادة موصولة بأنبوب معكوف يمتد إلى أنبوب اختبار معكوس في الماء، حيث يكون هذا الأنبوب مدرجا لقياس حجم الغاز المنطلق نسد هذا الأنبوب بالأصبع ونخرجه من الماء المغمور فيه، نكرر العملية في فترات زمنية مختلفة لنتحصل على جدول القياسات.
- باستعمال جدول التقدم ومعادلة التفاعل نربط التقدم $x(t)$ بالمقدار المقاس $(V(t))$ ونجد العلاقة.
- انطلاقا من العلاقة نستنتج قيم x في كل لحظة.

13. البروتوكول لتجريبي للمتابعة الزمنية عن طريق قياس ضغط غاز منطلق:

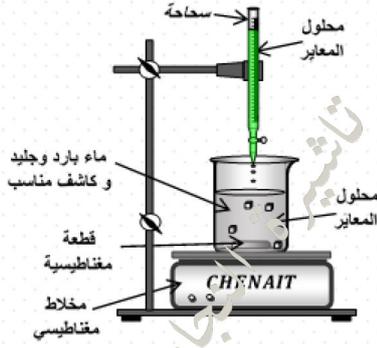


- نضع المتفاعلات في حوجلة.
- نغلقها بإحكام بواسطة سدادة موصولة بجهاز قياس الضغط.
- عند قياس ضغط الغاز في لحظات زمنية مختلفة نتحصل على جدول للقياسات.
- من جدول تقدم التفاعل نربط المقدار الفيزيائي للضغط بالتقدم x للتفاعل المدروس.
- من العلاقة السابقة نستنتج قيم x في كل لحظة.

14. البروتوكول التجريبي عن طريق قياس الناقلية لمحلول شاردي:



- نضع المتفاعلات في بيشر.
- نغمر مسبار جهاز قياس الناقلية في المحلول الشاردي وذلك بعد ضبطه.
- نسجل قيم الناقلية في لحظات زمنية مختلفة.
- من جدول تقدم التفاعل نربط المقدار الفيزيائي للناقلية بالتقدم x للتفاعل المدروس.
- من العلاقة السابقة نستنتج قيم x في كل لحظة.



15. البروتوكول التجريبي عن طريق المعايرة اللونية:

- تقسيم المزيج الابتدائي إلى عدة أنابيب متساوية الحجم V_0 .
- في لحظات مختلفة: t_1, t_2, t_3, \dots نأخذ أنبوبا ونضعه في بيشر يحتوي على ماء بارد وجليد لتوقيف التفاعل في اللحظة المعيّنة.
- نضع البيشر فوق مخلاط مغناطيسي ونضيف له قليلا من كاشف مناسب.
- نملا السحاحة بالمحلول المعايير المعروف التركيز ونسحح تدريجيا إلى غاية تغير لون الكاشف

- نسجل V_E الحجم الواجب للتكافؤ ونعيد العملية مع باقي الأنابيب.

- باستعمال جدول تقدم التفاعل ومعادلة تفاعل المعايرة نربط التقدم $x(t)$ للتفاعل المدروس مع V_E الحجم اللازم للحصول على التكافؤ.

16. الهدف من إضافة الماء والجليد قبل المعايرة: هو توقف التفاعل أو توقيف تطوره.

17. كيف نكشف عن التكافؤ: يتم الكشف عن التكافؤ: تغير لون الكاشف في المعايرة اللونية

18. سرعة التفاعل: هي مقدار تغير تقدم التفاعل x بالنسبة للزمن: $v = \frac{dx}{dt}$.

19. السرعة الحجمية للتفاعل: هي سرعة التفاعل في وحدة الحجم: $v_{vol} = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$.

20. سرعة تشكل فرد كيميائي: مقدار تغير كمية مادة الفرد المتشكل بالنسبة للزمن $v = \frac{dn}{dt}$.

21. السرعة الحجمية لتشكل فرد كيميائي: هي سرعة تشكل فرد كيميائي في وحدة الحجم.

22. العامل الحركي: هو كل مقدار يعمل على تغيير سرعة التفاعل التي تتطور بها جملة كيميائية ويمكن أن يكون:

- درجة الحرارة. - التركيز الابتدائي للمفاعلات. - الوسيط

23. الوساطة: هي عملية تأثير الوسيط على التفاعل الكيميائي وهي 3 أنواع:

← وساطة متجانسة: الوسيط التفاعلي والوسيط في نفس الطور (أي وسط سائل).

← وساطة غير متجانسة: الوسيط التفاعلي والوسيط طورين مختلفين (وسط صلب).

← وساطة إنزيمية.

24. أهمية العوامل الحركية: للعوامل الحركية عدة أدوار: تبطئ تحوّل كيميائي، أو توقيفه، أو تسريعه أو انطلاقه.





السؤال 01: يتفاعل حمض الأوكساليك $H_2C_2O_4$ مع

برمنغنات البوتاسيوم ($K^+.MnO_4^-$) حيث K^+ شاردة غير فعالة (متفرجة) لا تكتب في المعادلة عادة.

- 1- اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع.
- 2- استنتج المعادلة الإجمالية.

يعطى الثنائيات: (MnO_4^-/Mn^{2+}) ، ($CO_2/H_2C_2O_4$)

السؤال 02: يتفاعل بين $n_1 = 5 \times 10^{-3} mol$ من

($2K^+.S_2O_8^{2-}$) و ($n_2 = 10^{-2} mol$) من ($K^+.I^-$)

يعطى الثنائيات: ($S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$) ، (I_2/I^-)

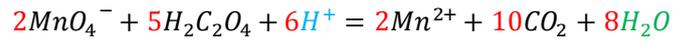
- 1- اكتب المعادلة الممنذجة للتفاعل الحاصل.
- 2- هل المزيج ستيوكومتري؟

السؤال 03: نفاعل بين وبرمنغنات البوتاسيوم

($K^+.MnO_4^-$) و حمض الأوكساليك ($H_2C_2O_4$)

($C_1.V_1$) و ($C_2.V_2$)

تعطى المعادلة الممنذجة للتفاعل:



- 1- انجز جدول التقدم.
- 2- بالاستعانة بجدول التقدم أوجد عبارة تركيز الحمض $H_2C_2O_4$ في كل لحظة بدلالة $C_2, V_2, V_T, V_M, V_T, V_2, C_2$ و ($V_T = V_1 + V_2$) حيث: V_g حجم غاز CO_2 المنطلق و V_M الحجم المولي
- 3- حدد المتفاعل المحد.

يعطى:

$$\begin{cases} C_1 = 10^{-2} mol/l \\ V_1 = 50ml \end{cases} \quad \begin{cases} C_2 = 10^{-2} mol/l \\ V_2 = 50ml \end{cases}$$

السؤال 04:

1- متى يكون التفاعل سريع (أي)، بطيء، بطيء جدًا؟

2- ليكن المنحنى المقابل:

كيف تصنف هذا التفاعل

من حيث المدة؟

السؤال 05:

يتفاعل ($C_1.V_1$) H_2O_2 مع ($C_2.V_2$) (K^+/MnO_4^-) حيث:

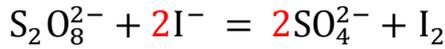


- 1- أنجز جدول تقدم التفاعل.
- 2- استنتج العلاقة بين x والتركيز [H_2O_2] ثم [MnO_4^-] ثم V_g لغاز الاكسجين المنطلق.

السؤال 06:

نفاعل بين ($C_2.V_2$) (K^+/I^-) مع ($C_1.V_1$) ($2K^+/S_2O_8^{2-}$)

حيث المعادلة الممنذجة للتفاعل:

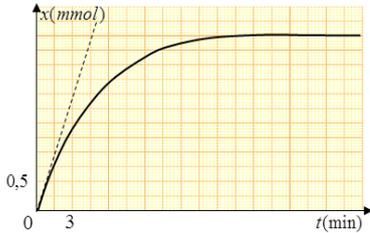


1- أنجز جدول تقدم التفاعل.

$$[I_2] = \frac{C_2 V_2}{2V_T} - \frac{[I^-]}{2} \quad \text{بين أن:}$$

[I_2]: تركيز ثنائي اليود المتشكل في كل لحظة و $V_T = V_1 + V_2$

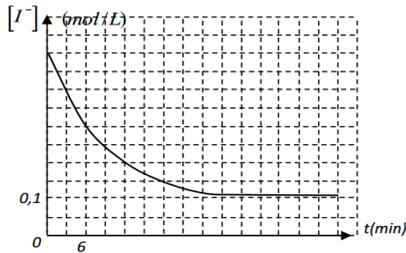
السؤال 07: عين زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ بيانيًا.



السؤال 08:

تحصلنا على البيان التالي بواسطة برمجية خاصة، اعتمادًا على البيان:

1. أوجد التركيز الابتدائي [I^-]₀.
2. أوجد $t_{1/2}$.

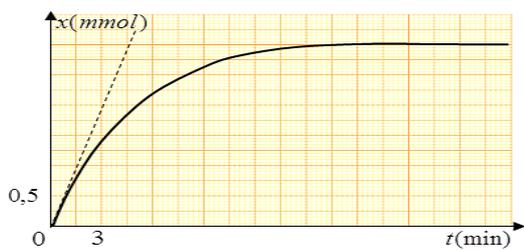


السؤال 09: نتابع زمنيًا تغيرات تقدم التفاعل x بدلالة الزمن

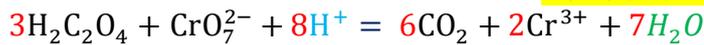
t فتحصلنا على المنحنى التالي:

احسب سرعة التفاعل ثم استنتج السرعة الحجمية للتفاعل عند

اللحظة $t = 0 min$. (يُعطى حجم المزيج $V = 100 mL$).

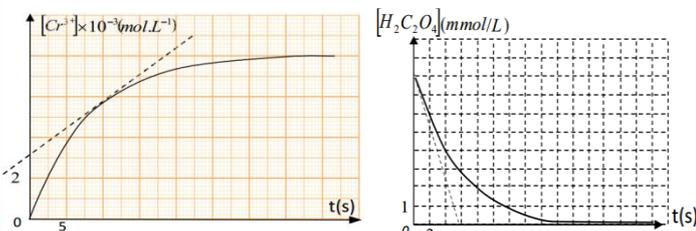


السؤال 10: ليكن التفاعل الممنذج بالمعادلة



نتابع بواسطة برمجية خاصة التطور الزمني للتركيز [Cr^{3+}] المتشكل

و [$H_2C_2O_4$] المختفي أثناء التحول فتحصلنا على البيانيين التاليين:





يتفاعل حمض كلور الماء $(H_3O^+ + Cl^-)$ تركيزه $C = 0,5 \text{ mol/l}$

وحجمه $V = 50 \text{ mL}$ مع معدن الزنك (Zn) كتلته $m = 1 \text{ g}$

1. أكتب معادلة التفاعل حيث: (H_3O^+/H_2) و (Zn^{2+}/Zn)

2. هل يمكن متابعة هذا التحول بطريقة قياس الناقلية؟ علل.

3. برر سبب تناقص الناقلية.

4. أنجز جدول تقدم التفاعل

5. أكتب عبارة الناقلية النوعية $\sigma(t)$ (قانون كلوروش)

6. أثبت أن الناقلية النوعية تعطى بالعلاقة:

$$\sigma(x) = -1550x + 21,5$$

7. أثبت أن السرعة الحجمية تعطى بالعبارة:

$$v_{Vol} = -\frac{1}{1550 \cdot V} \cdot \frac{d\sigma}{dt}$$

يعطى: $M(Zn) = 65,5 \text{ g/mol}$

عند الدرجة $25^\circ C$

$$\lambda(H_3O^+) = 35,5 \text{ mS} \cdot \text{m}^2/\text{mol}$$

$$\lambda(Cl^-) = 7,5 \text{ mS} \cdot \text{m}^2/\text{mol} , \lambda(Zn^{2+}) = 9 \text{ mS} \cdot \text{m}^2/\text{mol}$$

السؤال 17: نحضر محلول (S) بمزج H_2O_2 مع (K^+/I^-)

حيث تُعطى الثنائيتان: (I_2/I^-) , (H_2O_2/H_2O)

لغرض متابعة هذا التحول نقوم بتقسيم المحلول عند $t = 0 \text{ s}$ إلى

أنايب متماثلة كل منها يحوي على $\dot{V} = 20 \text{ ml}$

نريد معايرة (I_2) لهذا عند كل لحظة t نأخذ أنبوب ونضيف له

قطع من الجليد والماء البارد ثم نعايره بواسطة $(2Na^+ + S_2O_3^{2-})$

تركيزه C فكان الحجم المضاف عند التكافؤ هو V_E

1. أكتب معادلة التفاعل.

2. لماذا نضيف الماء البارد والجليد للأنبوب؟

3. أكتب معادلة المعايرة حيث: (I_2/I^-) , $(S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-})$

4. ماهي خصائص تفاعل المعايرة؟

5. أنجز جدول تقدم التفاعل

6. عرف نقطة التكافؤ وبين أن تركيز $[I_2]$ يُعطى بالعلاقة:

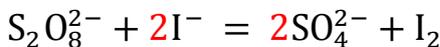
$$[I_2] = \frac{CV_E}{2V}$$

السؤال 18:

تفاعل بين $(2K^+/S_2O_8^{2-})$ له $C_1 = 10^{-2} \text{ mol/l}$

و $V_1 = 50 \text{ ml}$ مع (K^+/I^-) له $C_2 = 10^{-2} \text{ mol/l}$

و $V_2 = 50 \text{ ml}$ تعطى المعادلة:



1. أنجز جدول التقدم.

2. أوجد التقدم الأعظمي واستنتج المتفاعل المُحد.

3. أحسب التركيب المولي (حصول المادة) عند نهاية التفاعل.

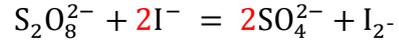
1- أنجز جدول تقدم التفاعل.

2- أعط عبارة السرعة الحجمية للتفاعل .

3- عبر عنها بدلالة $[Cr^{3+}]$ و أحسبها عند اللحظة $t = 10 \text{ s}$

4- عبر عنها بدلالة $[H_2C_2O_4]$ و أحسبها عند اللحظة $t = 0 \text{ s}$

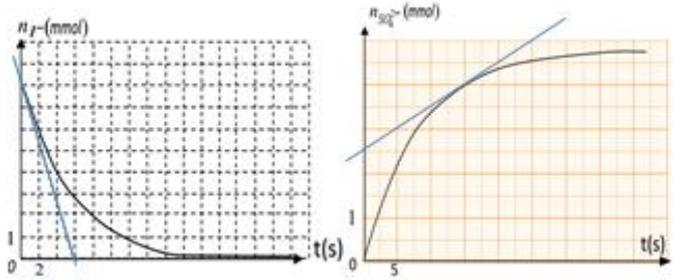
السؤال 11: لتكن معادلة التفاعل التالية:



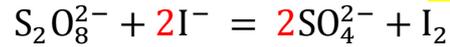
1- أحسب سرعة تشكل (SO_4^{2-}) عند اللحظة $t = 15 \text{ s}$

2- أحسب سرعة اختفاء (I^-) عند اللحظة $t = 0 \text{ s}$

3- استنتج سرعة التفاعل في اللحظتين $t = 0 \text{ s}$ و $t = 15 \text{ s}$



السؤال 12: لتكن معادلة التفاعل التالية:

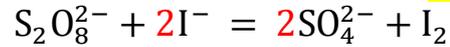


علماً أن سرعة التفاعل هي $v = 0,2 \text{ mol/s}$ عند اللحظة $t = 5 \text{ s}$

1- استنتج سرعة اختفاء (I^-) عند نفس اللحظة.

2- استنتج سرعة تشكل (I_2) عند نفس اللحظة.

السؤال 13: لتكن المعادلة التالية:



إذا علمت أن السرعة الحجمية للتفاعل هي $v_{Vol} = 0,3 \text{ mol/l} \cdot \text{s}$

عند اللحظة t و حجم المزيج هو: $V = 100 \text{ ml}$

1. استنتج سرعة اختفاء (I^-) عند نفس اللحظة t .

2. استنتج سرعة تشكل (SO_4^{2-}) عند نفس اللحظة t .

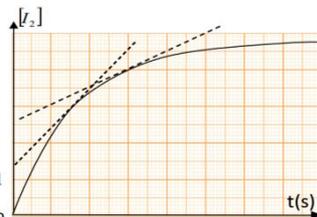
السؤال 14: نحسب سرعة التفاعل عند اللحظتين t_1 و t_2 :

$$v_2 = 0,8 \text{ mol/s} ; v_1 = 0,3 \text{ mol/s}$$

1. ماذا تلاحظ؟

2. ما هو العامل المسؤول على ذلك؟

فسر مجرباً؟



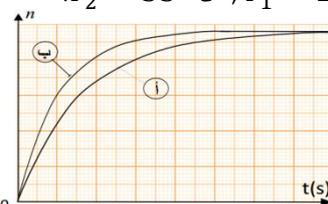
السؤال 15: سمحت دراسة تفاعل برسم البيان $n^t = f'(t)$

حالتين من درجة الحرارة: $T_1 = 25^\circ C$; $T_2 = 55^\circ C$

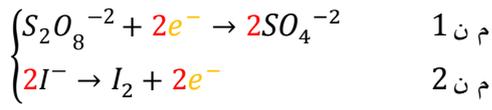
1. انسب كل بيان لدرجة

الحرارة المناسبة

2. ماذا تستنتج؟



السؤال 16:



ملاحظة: لكتابة المعادلة الإجمالية يجب كتابة المعادلتين النصفيتين.

1- حتى يكون المزيج ستيوكوميتري يجب أن يكون:

$$\frac{n_1}{\text{عدده الستيوكوميتري}} = \frac{n_2}{\text{عدده الستيوكوميتري}}$$

$$\frac{n_1}{1} = \frac{n_2}{2} \quad \text{أي يجب أن يتحقق:}$$

$$\frac{n_1}{1} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol} \quad , \quad \frac{n_2}{2} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

ملاحظ أن: $\frac{n_1}{1} = \frac{n_2}{2}$ ومنه: المزيج ستيوكوميتري.

الجواب 03:

1- جدول التقدم:

م !	$2MnO_4^- + 5H_2C_2O_4 + 6H^+ = 2Mn^{2+} + 10CO_2 + 8H_2O$				
ح !	$C_1 \cdot V_1$	$C_2 \cdot V_2$	↕	0	0
ح و	$C_1 \cdot V_1 - 2x$	$C_2 \cdot V_2 - 5x$	↕	$2x$	$10x$
ح ن	$C_1 \cdot V_1 - 2x_{max}$	$C_2 \cdot V_2 - 5x_{max}$	↕	$2x_{max}$	$10x_{max}$

ملاحظة: - يكون دوما H_2O بوفرة لأنه مذيب (في الوحدة الأولى).

- يكون H_3O^+ أو H^+ بوفرة إذا وجد ثلاث متفاعلات في المعادلة وهو من بينهم وإلا فليس بوفرة (في التمارين يقال وسط حمضي).

1- من جدول التقدم نجد:

$$\begin{cases} n(H_2C_2O_4) = C_2 \cdot V_2 - 5x = [H_2C_2O_4] \cdot V_T \dots (1) \\ n(CO_2) = 10x = \frac{V_g}{V_M} \dots (2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} [H_2C_2O_4] = \frac{C_2 \cdot V_2 - 5x}{V_T} \dots (3) \\ x = \frac{V_g}{10V_M} \dots (4) \end{cases} \quad \text{ومننه:}$$

نعوض المعادلة (4) في (3) فنجد:

$$[H_2C_2O_4] = \frac{C_2 \cdot V_2 - 5 \frac{V_g}{10V_M}}{V_T} = \frac{C_2 \cdot V_2}{V_T} - \frac{V_g}{2V_M \cdot V_T}$$

2- تحديد المتفاعل المحد:

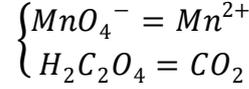
$$\begin{cases} C_1 \cdot V_1 - 2x_{max 1} = 0 \\ C_2 \cdot V_2 - 5x_{max 2} = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x_{max 1} = \frac{C_1 \cdot V_1}{2} \\ x_{max 2} = \frac{C_2 \cdot V_2}{5} \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_{max 1} = \frac{C_1 \cdot V_1}{2} = \frac{10^{-2} \times 50 \times 10^{-3}}{2} = 0,25 \text{ mmol} \\ x_{max 2} = \frac{C_2 \cdot V_2}{5} = \frac{10^{-2} \times 50 \times 10^{-3}}{5} = 0,1 \text{ mmol} \end{cases}$$

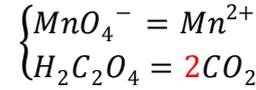
بما أن: $x_{m 1} < x_{max 2}$

الجواب 01: لكتابة المعادلات انطلاقا من الثنائيات طبعا نتبع الخطوات التالية:

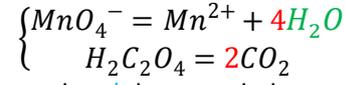
1- من كل ثنائية نكتب المؤكسد في طرف والمرجع في الطرف الثاني حيث يكون المتفاعل (الذي يعطى في بداية التمرين) دائما على اليسار.



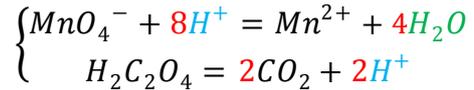
2- نبداً بموازنة عدد ذرات العنصر الرئيسي (غير H و O) إن وجد بتغيير العدد الستيوكوميتري.



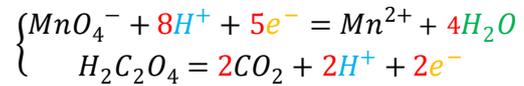
3- نوازن في كل معادلة (O) بإضافة جزيء (H_2O) إلى الطرف الذي يملك أقل عدد من الأوكسجين.



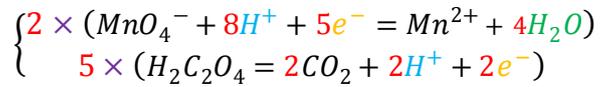
4- نوازن في كل معادلة (O) بإضافة (H^+) إلى الطرف المنقوص:



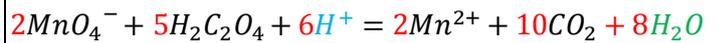
5- نوازن الشحنة بإضافة الإلكترونات (حذاري الإلكترون شحنته سالبة e^-) للطرف الأكبر شحنة:



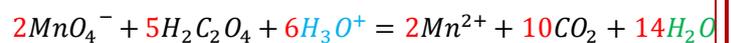
6- يهدف إلغاء الإلكترونات في المعادلة الإجمالية نضرب كل معادلة في عدد صحيح أصغري بحيث إذا جمعنا (م ن + 1 م ن 2) تختفي الإلكترونات:



7- للحصول على المعادلة الإجمالية نجمع المعادلتين النصفيتين طرف لطرف وتبسيط ما يمكن تبسيطه من H_2O و H^+ :



8- حالة الموازنة بـ H_3O^+ يكفي إضافة H_2O للطرفين بنفس عدد H^+ :



الجواب 02: كتابة المعادلة الإجمالية:



الجواب 07:

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_0 + x_f}{2} = \frac{0 + 3}{2} = 1,5 \text{ mmol}$$

بالإسقاط على البيان ثم على محور الأزمنة نجد: $t_{1/2} = 3.1 \text{ s}$.

مهم جداً:

إذا طلب منك تحديد زمن نصف التفاعل من البيان في أي منحى يعطى لك في هذه الوحدة مهما كان متزايد أو متناقص اتبع الخطوات التالية:

1- احسب القيمة $X(t_{1/2}) = \frac{x_0 + x_f}{2}$

2- النتيجة المحصل عليها ابدأ لحساب من الصفر وعينها على محور الترتيب.

3- ثم اسقطها على البيان ثم على محور الأزمنة فتجد القيمة $t_{1/2}$.

الجواب 08:

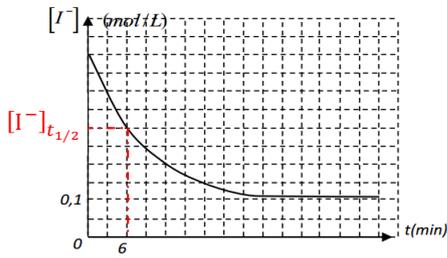
1- من البيان نجد $[I^-]_0 = 0,5 \text{ mol/l}$

2- إيجاد $t_{1/2}$:

$$[I^-](t_{1/2}) = \frac{[I^-]_0 + [I^-]_f}{2} = \frac{0.5 + 0.1}{2} = 0,3 \text{ mol/l}$$

3- نحسب من الصفر ونعين القيمة على محور التركيز ثم نسقط

على البيان ثم على محور الأزمنة فنجد: $t_{1/2} = 6 \text{ s}$



مهم جداً:

يطلب كثيرا في التمارين حساب السرعة الحجمية للتفاعل لذا نستعمل الخطوات التالية لحسابها:

أولاً: نكتب عبارتها فنقول لدينا (*) $v_{Vol} = \frac{1}{V_T} \frac{dx}{dt}$

ثانياً: نعلم في حسابها دوماً على البيان لذا ننظر إلى البيان ماذا لدينا

على محور الترتيب هل هو تركيز [] (وهو الغالب) أو كمية المادة n أو تقدم x أو الناقلية G أو إلخ (طبعا كلها بدلالة الزمن).

ثالثاً: نستخرج عبارة x بدلالة ما هو موجود على محور الترتيب

[] أو n أو x أو G أو σ أو ... إلخ) اعتماداً بالدرجة الأولى على جدول التقدم أو علاقة تعطى أو طلب استنتاجها في سؤال قبله ثم نعوضها في العلاقة (*).

رابعاً: مع التبسيط نتحصل على علاقة من الشكل:

$$v_{vol} = \text{عدد} \times \frac{dn}{dt} \text{ أو } v_{vol} = \text{عدد} \times \frac{d[]}{dt}$$

فإن: $x_{max} = \max 1 = 0,1 \text{ mmol}$

ومنه حمض الأوكساليك $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ هو المتفاعل المحد.

الجواب 04:

1- يصنف التفاعل إلى:

1. تفاعل سريع: هو الذي يحدث في أقل من ثانية.
 2. تفاعل بطيء: يدوم من بضعة ثواني إلى بضعة ساعات.
 3. تفاعل بطيء جداً: يدوم من أيام إلى بضعة سنوات.
- 2- يصنف هذا التفاعل ضمن التفاعلات البطيئة.

الجواب 05:

1- جدول التقدم:

م	$5\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{MnO}_4^- + 6\text{H}^+ = 5\text{O}_2 + 2\text{Mn}^{2+} + 8\text{H}_2\text{O}$			
ح	$C_1 \cdot V_1$	$C_2 \cdot V_2$	0	0
و	$C_1 \cdot V_1 - 5x$	$C_2 \cdot V_2 - 2x$	$5x$	$2x$
ح	$C_1 \cdot V_1 - 5x_{max}$	$C_2 \cdot V_2 - 2x_{max}$	$5x_{max}$	$2x_{max}$

2- استنتاج العلاقة بين x و مختلف المقادير: بحيث $V_T = V_1 + V_2$

3- جدول التقدم نجد:

$n(\text{O}_2) = 5x$	$n(\text{MnO}_4^-) = C_2 \cdot V_2 - 2x$	$n(\text{H}_2\text{O}_2) = C_1 \cdot V_1 - 5x$
$n(\text{O}_2) = \frac{V_g}{V_M}$	$n(\text{MnO}_4^-) = [\text{MnO}_4^-] \cdot V_T$	$n(\text{H}_2\text{O}_2) = [\text{H}_2\text{O}_2] \cdot V_T$
$x = \frac{V_g}{5V_M}$	$x = \frac{C_2 \cdot V_2 - [\text{MnO}_4^-] \cdot V_T}{2}$	$x = \frac{C_1 \cdot V_1 - [\text{H}_2\text{O}_2] \cdot V_T}{5}$

الجواب 06:

1- جدول التقدم:

م	$\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{I}^- = 2\text{SO}_4^{2-} + \text{I}_2$			
ح	$C_1 \cdot V_1$	$C_2 \cdot V_2$	0	0
و	$C_1 \cdot V_1 - x$	$C_2 \cdot V_2 - 2x$	$2x$	x
ح	$C_1 \cdot V_1 - x_{max}$	$C_2 \cdot V_2 - 2x_{max}$	$2x_{max}$	x_{max}

2- من جدول التقدم نجد:

$$\begin{cases} n(\text{I}_2) = x = [\text{I}_2] \cdot V_T & \dots \dots \dots (1) \\ n(\text{I}^-) = C_2 \cdot V_2 - 2x = [\text{I}^-] \cdot V_T & \dots \dots \dots (2) \end{cases}$$

من المعادلة (1) لدينا: $[\text{I}_2] = \frac{x}{V_T}$

من المعادلة (2) لدينا: $x = \frac{C_2 \cdot V_2 - [\text{I}^-] \cdot V_T}{2}$

نعوض عبارة x في المعادلة (1) فنجد:

$$[\text{I}_2] = \frac{C_2 \cdot V_2 - [\text{I}^-] \cdot V_T}{2V_T} = \frac{C_2 V_2}{2V_T} - \frac{[\text{I}^-]}{2}$$



$$n(\text{Cr}^{3+}) = 2x = [\text{Cr}^{3+}] \cdot V_T$$

$$x = \frac{[\text{Cr}^{3+}] \cdot V_T}{2}$$

ومنه:

بالتعويض في عبارة السرعة الحجمية نجد:

$$\vartheta_V = \frac{1}{V_T} \frac{dx}{dt} = \frac{1}{V_T} \frac{d \frac{[\text{Cr}^{3+}] \cdot V_T}{2}}{dt} = \frac{V_T}{2V_T} \frac{d[\text{Cr}^{3+}]}{dt}$$

ف نجد:

$$\vartheta_V = \frac{1}{2} \frac{d[\text{Cr}^{3+}]}{dt}$$

من البيان نستنتج المقدار $\frac{d[\text{Cr}^{3+}]}{dt}$ والذي يمثل ميل المماس للبيان عند اللحظة $t = 10\text{s}$:

$$\vartheta_V = \frac{1}{2} \times \frac{(7-2) \times 10^{-3}}{15-3} = 2,1 \times 10^{-4} \text{ mol/l.s}$$

4- التعبير عن السرعة الحجمية بدلالة $[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4]$:

من جدول التقدم نجد:

$$n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = n_0 - 3x = [\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4] \cdot V_T$$

$$x = \frac{n_0 - [\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4] \cdot V_T}{3}$$

ومنه:

بالتعويض في عبارة السرعة الحجمية نجد:

$$\vartheta_V = \frac{1}{V_T} \frac{dx}{dt} = \frac{1}{V_T} \frac{d \frac{n_0 - [\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4] \cdot V_T}{3}}{dt} = -\frac{V_T}{3V_T} \frac{d[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4]}{dt}$$

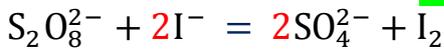
$$\vartheta_V = \frac{1}{3} \frac{d[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4]}{dt}$$

ومنه:

من البيان نستنتج المقدار $\frac{d[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4]}{dt}$ والذي يمثل ميل المماس للبيان عند اللحظة $t = 0\text{s}$:

$$\vartheta_V = -\frac{1}{3} \times \frac{(8-0) \times 10^{-3}}{0-6} = 4,4 \times 10^{-4} \text{ mol/l.s}$$

الجواب 11: لتكن معادلة التفاعل التالية:



1- حساب سرعة تشكل (SO_4^{2-}) عند اللحظة $t = 15\text{s}$:

$$\vartheta_{\text{SO}_4^{2-}}(t = 15\text{s}) = \frac{dn_{\text{SO}_4^{2-}}}{dt}$$

وتمثل ميل المماس للبيان $n_{\text{SO}_4^{2-}} = f(t)$ في اللحظة $t = 15\text{s}$:

$$\vartheta_{\text{SO}_4^{2-}}(t = 15\text{s}) = \frac{(4-2,5) \times 10^{-3}}{15-0} = 0,1 \text{ mmol/s}$$

2- حساب سرعة اختفاء (I^-) عند اللحظة $t = 0\text{s}$:

$$\vartheta_{\text{I}^-}(t = 0\text{s}) = -\frac{dn_{\text{I}^-}}{dt}$$

وتمثل ميل المماس للبيان $n_{\text{I}^-} = g(t)$ في اللحظة $t = 15\text{s}$:

$$\vartheta_{\text{I}^-}(t = 0\text{s}) = -\frac{(8-0) \times 10^{-3}}{0-6} = 1,33 \text{ mmol/s}$$

3- حساب سرعة التفاعل في اللحظتين $t = 15\text{s}$ و $t = 0\text{s}$:

أو $\vartheta_{vol} = \text{عدد} \times \frac{dx}{dt}$ أو $\vartheta_{vol} = \text{عدد} \times \frac{dG}{dt}$ إلخ.

حيث يجب أن تعلم خاصيتين مهمتين عند الاشتقاق:

1. مشتق ثابت يعطي صفر $(\frac{da}{dt} = 0)$.

2. مشتق ثابت يضرب متغير يمكن إخراج الثابت من الاشتقاق.

$$\frac{d(\frac{1}{a})}{dt} = \frac{1}{a} \frac{d[1]}{dt} \quad \text{أو} \quad \frac{d(a[1])}{dt} = a \frac{d[1]}{dt}$$

كما يلي: **خامساً:** نحسب المشتق $\frac{d[1]}{dt}$ أو $\frac{dn}{dt}$ أو $\frac{dx}{dt}$ أو $\frac{dG}{dt}$ أو $\frac{d\sigma}{dt}$... إلخ.

اعتماداً على المنحنى البياني الموافق له المرفق مع نص التمرين على

التوالي: $[] = f(t)$ أو $n = g(t)$ أو $x = K(t)$ أو... إلخ.

أ. نحدد اللحظة t التي طلب الحساب عندها ثم نسقطها على المنحنى.

ب. نرسم المماس للمنحنى عند هذه النقطة إذا لم يرسم (يرجى الدقة).

ت. نشكل مثلث لا صغير ولا كبير ثم نعين α .

$$\text{ث. نحسب } \tan \alpha = \frac{\text{المقابل}}{\text{الجوار}}$$

ج. المشتق يساوي $\tan \alpha$.

سادساً: وفي الأخير يكون لدينا: (mol/l.s) المشتق \times عدد ϑ_{vol}

إذا طلب منك حساب سرعة التفاعل نقوم بنفس الخطوات لكن لا

نقسم على الحجم الكلي للمزيج (حالة $\frac{dn}{dt}$ أو $\frac{dx}{dt}$)، إذا حسبت

$\frac{d[1]}{dt}$ نضرب في الحجم الكلي للمزيج.

ملاحظة هامة: يرجى الانتباه للوحدات في المحاور.

الجواب 09

- من بيان التقدم بدلالة الزمن نستنتج سرعة اللحظية للتفاعل:

$$\vartheta_0 = \frac{dx}{dt} = \frac{(3-0) \times 10^{-3}}{4,5-0} = 6,67 \times 10^{-3} \text{ mol/min}$$

السرعة الحجمية للتفاعل: هي سرعة التفاعل في وحدة الحجم.

$$\vartheta_V = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} = \frac{6,67 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-3}} = 6,67 \times 10^{-2} \text{ mol/l.min}$$

الجواب 10

1- جدول تقدم التفاعل:

م	$3\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{CrO}_7^{2-} + 8\text{H}^+ = 6\text{CO}_2 + 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$				
ح	n_0	n'_0	0	0	0
و	$n_0 - 3x$	$n'_0 - 5x$	$6x$	$2x$	
ح	$n_0 - 3x_{\text{max}}$	$n'_0 - 5x_{\text{max}}$	$6x_{\text{max}}$	$2x_{\text{max}}$	

2- عبارة السرعة الحجمية للتفاعل:

$$\vartheta_V = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$$

3- التعبير عن السرعة الحجمية بدلالة $[\text{Cr}^{3+}]$:

من جدول التقدم نجد:



2- العامل المسؤول على ذلك هو التركيز الابتدائي للمتفاعلات (عندما ينقص التركيز تنقص سرعة التفاعل) تناقص تراكيز المتفاعلات .

التفسير المجهري : عند تناقص عدد الأنواع الكيميائية في المحلول يتناقص احتمال حدوث تصادمات فعالة وبذلك تتناقص سرعة حدوث التفاعل.

الجواب 15

سمحت دراسة تفاعل برسم البيان $n = f(t)$ في حالتين من درجة الحرارة: $T_1 = 25^\circ C$; $T_2 = 55^\circ C$

1- نسب كل بيان لدرجة الحرارة المناسبة:

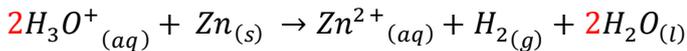
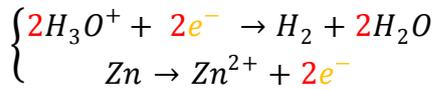
البيان أ: درجة الحرارة $T_2 = 55^\circ C$

البيان ب: درجة الحرارة $T_1 = 25^\circ C$

2- الاستنتاج: نستنتج أنه كلما كانت درجة الحرارة أكبر كان التفاعل أسرع وينتهي في مدة زمنية أقل.

الجواب 16

يتفاعل حمض كلور الماء $(H_3O^+ + Cl^-)$ تركيزه $C = 0,5 \text{ mol/l}$ وحجمه $V = 50 \text{ mL}$ مع معدن الزنك (Zn) كتلته $m = 1 \text{ g}$



2- نعم يمكن متابعة هذا التفاعل عن طريق قياس الناقلية

التعليق: المزيج يحتوي على شوارد موجبة وسالبة (Zn^{2+}, Cl^-, H_3O^+) .

3- تتناقص الناقلية بسبب اختفاء شوارد الهيدرونيوم H_3O^+

4- جدول تقدم:

$2H_3O^+ + Zn \rightarrow Zn^{2+} + H_2 + 2H_2O$				
ح !	$n_0 = C.V = 0.025 \text{ mol}$	$n'_0 = \frac{m}{M} = 0.016 \text{ mol}$	0	0
ح و	$n_0 - 2x$	$n'_0 - x$	x	x
ح ن	$n_0 - 2x_{max}$	$n'_0 - x_{max}$	x_{max}	x_{max}

5- كتابة عبارة الناقلية النوعية $\sigma(t)$ (قانون كلوروش).

$$\sigma(t) = \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+] + \lambda_{Cl^-} [Cl^-] + \lambda_{Zn^{2+}} [Zn^{2+}]$$

6- اثبات علاقة الناقلية النوعية:

$$\sigma(x) = \lambda_{H_3O^+} \left(\frac{n_0 - 2x}{V} \right) + \lambda_{Cl^-} \left(\frac{n_0}{V} \right) + \lambda_{Zn^{2+}} \left(\frac{x}{V} \right)$$

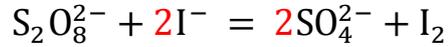
$$\sigma(x) = \frac{n_0}{V} \lambda_{H_3O^+} - \frac{2x}{V} \lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-} \left(\frac{n_0}{V} \right) + \lambda_{Zn^{2+}} \left(\frac{x}{V} \right)$$

$$\vartheta(t = 0 \text{ s}) = \frac{\vartheta_{I^-}}{2} = 0.67 \text{ mmol/s}$$

$$\vartheta(t = 15 \text{ s}) = \frac{\vartheta_{SO_4^{2-}}}{2} = 0.05 \text{ mmol/s}$$

الجواب 12

لدينا معادلة التفاعل التالية :



علمًا أن سرعة التفاعل هي $v = 0.2 \text{ mol/s}$ عند اللحظة $t = 5 \text{ s}$

3- استنتاج سرعة اختفاء (I^-) عند نفس اللحظة.

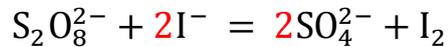
$$\vartheta_{I^-}(t = 5 \text{ s}) = 2v = 2 \times 0.2 = 0.4 \text{ mol/s}$$

4- استنتاج سرعة تشكل (I_2) عند نفس اللحظة.

$$\vartheta_{SO_4^{2-}}(t = 5 \text{ s}) = v = 0.2 \text{ mol/s}$$

الجواب 13

لتكن المعادلة التالية:



إذا علمت أن السرعة الحجمية للتفاعل هي $v_{Vol} = 0,3 \text{ mol/l.s}$

عند اللحظة t وحجم المزيج التفاعلي هو: $V = 100 \text{ ml}$

1- استنتاج سرعة اختفاء (I^-) عند نفس اللحظة t .

$$v_{Vol} = \frac{\vartheta}{V_T} = \frac{\vartheta_{I^-}}{2V_T}$$

$$\vartheta_{I^-} = 2V_T v_{Vol}$$

$$\vartheta_{I^-} = 2 \times 0.1 \times 0.3 = 0.06 \text{ mol/s}$$

2- استنتاج سرعة تشكل (I_2) عند نفس اللحظة t .

$$v_{Vol} = \frac{\vartheta}{V_T} = \frac{\vartheta_{I_2}}{V_T}$$

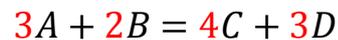
$$\vartheta_{I^-} = V_T v_{Vol}$$

$$\vartheta_{I^-} = 0.1 \times 0.3 = 0.03 \text{ mol/s}$$

مهم جداً:

في أغلب الحالات يطلب استنتاج سرعة التشكل أو الاختفاء بعد حساب سرعة التفاعل أو السرعة الحجمية للتفاعل، وهنا نعتمد على علاقة جد مهمة .

حيث إذا كان معادلة التفاعل من الشكل:



يصبح لدينا:

$$\vartheta = \frac{1}{3} \vartheta_A = \frac{1}{2} \vartheta_B = \frac{1}{4} \vartheta_C = \frac{1}{3} \vartheta_D$$

أنظر ملخص السرعة صفحة 2

الجواب 14

نحسب سرعة التفاعل عند اللحظتين t_1 و t_2 :

نجد :

$$v_1 = 0,3 \text{ mol/s} ; v_2 = 0,8 \text{ mol/s}$$

1- نلاحظ أن سرعة التفاعل تتناقص.



- 5- خصائص تفاعل المعايرة : تام وسريع .
6- جدول تقدم التفاعل :

م	$I_2 + 2S_2O_3^{2-} = 2I^- + S_4O_6^{2-}$			
ح	$C_1 \cdot \dot{V}$	$C \cdot V$	0	0
ح	$C_1 \cdot \dot{V} - x_E$	$C \cdot V_E - 2x_E$	$2x_E$	x_E

7- تعريف نقطة التكافؤ: هي النقطة التي يكون فيها المزيج ستيوكومتري .

- تبيان علاقة التركيز $[I_2]$:

- بما أن المزيج ستيوكومتري عند نقطة التكافؤ نجد:

$$\frac{n_0(I_2)}{1} = \frac{n_E(S_2O_3^{2-})}{2}$$

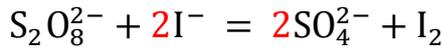
$$n_0(I_2) = [I_2] \cdot \dot{V} = \frac{n_E(S_2O_3^{2-})}{2} = \frac{C \cdot V_E}{2}$$

$$[I_2] = \frac{C V_E}{2 \dot{V}}$$

الجواب 17: تفاعل بين $(2K^+/S_2O_8^{2-})$ له $C_1 = 10^{-2} mol/l$

و $V_1 = 50 ml$ مع (K^+/I^-) له $C_2 = 10^{-2} mol/l$

و $V_2 = 50 ml$ تعطى المعادلة:



1- جدول التقدم:

م	$S_2O_8^{2-} + 2I^- = 2SO_4^{2-} + I_2$			
ح	$C_1 \cdot V_1$	$C_2 \cdot V_2$	0	0
ح	$C_1 \cdot V_1 - x$	$C_2 \cdot V_2 - 2x$	$2x$	x
ح	$C_1 \cdot V_1 - x_{max}$	$C_2 \cdot V_2 - 2x_{max}$	$2x_{max}$	x_{max}

2- إيجاد التقدم الأعظمي واستنتاج المتفاعل المحدد:

- نفرض أن شوارد $S_2O_8^{2-}$ تنتهي أولاً:

$$C_1 \cdot V_1 - x_{max1} = 0$$

$$x_{max1} = C_1 \cdot V_1 = 10^{-2} \times 50 \times 10^{-3} = 0,5 mmol$$

- نفرض أن شوارد I^- تنتهي أولاً:

$$C_2 \cdot V_2 - 2x_{max2} = 0$$

$$x_{max2} = \frac{C_2 \cdot V_2}{2} = \frac{10^{-2} \times 50 \times 10^{-3}}{2} = 0,25 mmol$$

بما أن: $x_{max2} < x_{max1}$

فإن: $x_{max} = x_{max1} = 0,25 mmol$

ومنه شوارد I^- هي المتفاعل المحدد .

3- حساب التركيب المولي (حصىلة المادة) عند نهاية التفاعل:

$$n_f(S_2O_8^{2-}) = C_1 \cdot V_1 - x_{max} = 0,5 - 0,25 = 0,25 mmol$$

$$n_f(I^-) = C_2 \cdot V_2 - 2x_{max} = 0,5 - 2 \times 0,25 = 0 mmol$$

$$n_f(SO_4^{2-}) = 2x_{max} = 2 \times 0,25 = 0,5 mmol$$

$$n_f(I_2) = x_{max} = 0,25 mmol$$

$$\sigma(x) = \frac{x}{V} (\lambda_{Zn^{2+}} - 2\lambda_{H_3O^+}) + \frac{n_0}{V} (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})$$

$$\sigma(x) = \frac{x}{50 \times 10^{-6}} (9 - (2 \times 35,5)) \times 10^{-3}$$

$$+ \frac{0,025}{50 \times 10^{-6}} (35,5 + 7,5) \times 10^{-3}$$

ومنه:

$$\sigma(x) = -1240x + 21,5 \dots \dots \dots (*)$$

مهم جداً: عندما نقوم بتعويض قيم المقادير في عبارة الناقلية

النوعية σ نأخذ الحجم V بـ (m^3) والناقلية النوعية المولية λ بـ $(S \cdot m^2 / mol)$

7- إثبات عبارة السرعة الحجمية:

$$v_{Vol} = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} \dots \dots \dots (**)$$

من (*) لدينا:

$$x = -\frac{21,5 - \sigma}{1240} \dots \dots \dots (***)$$



نحن سندك

نعوض (*) في (***) فنجد:

$$v_{Vol} = \frac{1}{V} \frac{d}{dt} - \frac{21,5 - \sigma}{1240}$$

$$v_{Vol} = -\frac{1}{1240 \cdot V} \cdot \frac{d\sigma}{dt}$$

الجواب 17: نحضر محلول (S) بمزج H_2O_2 مع (K^+/I^-)

حيث تُعطى الثنائيتان: (I_2/I^-) , (H_2O_2/H_2O)

غرض متابعة هذا التحول نقوم بتقسيم المحلول عند $t = 0 s$ إلى

أنابيب متماثلة كل منها يحوي على $V_1 = 20 ml$

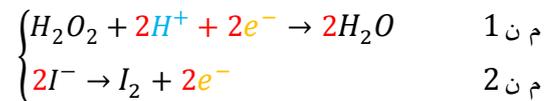
يريد معايرة (I_2) لهذا عند كل لحظة t نأخذ أنبوب ونضيف له قطع

من الجليد والماء البارد ثم نعايره بواسطة

$(2Na^+ + S_2O_3^{2-})$ تركيزه C فكان الحجم المضاف عند

التكافؤ هو V_E .

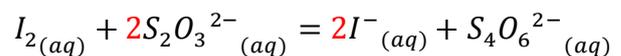
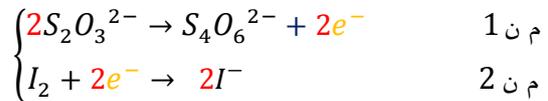
1- كتابة معادلة التفاعل:



2- رسم البروتوكول التجريبي للمعايرة.

3- نضيف الماء البارد والجليد لإيقاف التفاعل في اللحظة المعبرة t .

4- كتابة معادلة تفاعل المعايرة:



كمية المادة مقدرة بالمول (mol)	n	$n = \frac{m}{M}$	كمية المادة		
الكتلة مقدرة بالغم (g)	m				
الكتلة المولية (g/mol)	M				
حجم الغاز مقدرا باللتر (L)	V_g				
الحجم المولي (L/mol) - في الشروط النظامية $V_M = 22.4(L/mol)$	V_M				
عدد الدقائق أو الذرات أو النويات	N	$n = \frac{N}{N_A}$			
عدد أفوغادرو ($N_A = 6.023 \times 10^{23}$)	N_A				
التركيز الكتلي	التركيز المولي	ضغط الغاز (باسكال Pa)	قانون الغازات المثالية		
$t = C_m = \frac{m}{V}$	$C = \frac{n}{V}$	حجم الغاز (m^3)		$PV = nRT$	
مقدر بـ: g/l	مقدر بـ: mol/l	كمية المادة (mol)			
		درجة الحرارة (كلفن K^0)			
		ثابت الغازات ($8.314 j. mol^{-1}. K^{-1}$)			
شدة التيار الكهربائي (أمبير A)	I	الناقلية (سيمنس s)	الناقلية		
التوتر الكهربائي (فولط V)	U	الناقلية النوعية (s/m)		$G = \frac{I}{U} = \frac{1}{R} = \sigma \times \frac{S}{L} = \sigma \times K$	
$K = \frac{S}{L}$	ثابت الخلية	مساحة سطح الخلية (m^2)			$\sigma = \lambda. C = \lambda_{M^+}[M^+] + \lambda_{M^-}[M^-]$
		البعد بين اللبوسين (m)			
		الناقلية النوعية المولية الشارديّة ($s. m^2. mol^{-1}$)			λ
$C = 10 \frac{P}{M} d$	علاقة التركيز بدلالة الكتلة المولية والكثافة و P (درجة نقاوة %)	$m = \frac{P. m'}{100}$	توجد $m(g)$ من المادة في $m'(g)$ من المحلول التجاري يوجد $P(g)$ من المادة في $100(g)$ من المحلول التجاري		
كتلة حجم عينة من الغاز	m_g	$d = \frac{M}{29}$	في الشروط النظامية		
كتلة نفس الحجم من الهواء	m_{air}			$d = \frac{m_g}{m_{air}}$	كثافة غاز
$\rho_{H_2O} = 1 kg/l$	الكتلة الحجمية للماء	$\rho(g/l) = \frac{m}{V}$	الكتلة الحجمية		
	الكتلة مقدرة بالغم (g)			$d = \frac{\rho}{\rho_{H_2O}}$	كثافة سائل أو صلب
	الحجم مقدرا باللتر (L)			$\rho(g/l)$	الكتلة الحجمية للسائل أو الصلب
تمديد محلول تركيزه المولي C_1 أو تخفيفه هو إضافة الماء إليه للحصول على محلول جديد تركيزه C_2 أقل من تركيزه الاصيلي أي ($C_2 < C_1$) أو ($V_1 < V_2$)		$n_1 = n_2$	قانون التمديد أو التخفيف		
		$C_1 V_1 = C_2 V_2$			
معامل التمديد (في حالة تمديد المحلول F مرة)	F	$\frac{C_1}{C_2} = \frac{V_2}{V_1} = F$			
ملاحظة: التركيز في الناقلية مقدر بـ: mol/m^3 والحجم في الغازات المثالية و الناقلية مقدر بـ: m^3					

موازنة المعادلة النصفية

$\times m$	$A \rightarrow A^{n+} + n e^-$	المعادلة النصفية 1	<ul style="list-style-type: none"> موازنة الهيدروجين H : تتم بإضافة H^+ أو H_3O^+ في وسط حامضي أو OH^- في وسط أساسي موازنة الأوكسجين O : تتم بإضافة الماء H_2O موازنة الشحنة: تتم بإضافة العدد السالب للإلكترونات (e^-) موازنة الذرات الاخرى : تتم بالضرب في الأعداد الستوكيومترية
$\times n$	$B^{m+} + m e^- \rightarrow B$	المعادلة النصفية 2	
$nB^{m+} + mA \rightarrow nB + mA^{n+}$: المعادلة الأكسدة الإرجاعية :			
ملاحظة: يمكن تغير الوسط الحامضي والاساسي عن طريق إضافة H_3O^+ أو OH^- من خلال المعادلة $2H_2O = OH^- + H_3O^+$			

تعريف المؤكسد والمرجع

$OX + n\bar{e} \rightleftharpoons R\bar{e}d$	إرجاع Réduction	هو كل فرد كيميائي بإمكانه كسب إلكترونات	المؤكسد (OX)
	أكسدة Oxydation	هو كل فرد كيميائي بإمكانه فقد إلكترونات	المرجع (Red)
		هو كل تفاعل كيميائي يحدث فيه فقدان إلكترون أو أكثر من طرف فرد كيميائي	تفاعل الأكسدة
		هو كل تفاعل كيميائي يحدث فيه اكتساب إلكترون أو أكثر من طرف فرد كيميائي	تفاعل الإرجاع
		هو كل تفاعل كيميائي يحدث فيه تبادل إلكتروني بين المرجع والمؤكسد حيث يفقد المرجع إلكترون أو أكثر ليلتقطه المؤكسد	تفاعل الأكسدة-الإرجاعية
		المعادلة النصفية التالية $A \rightarrow A^{n+} + n\bar{e}$ تكتب على الشكل (A^{n+}/A)	الثنائيات (OX/Red)
ملاحظة: تفاعل الأكسدة والارجاع يحدث في آن واحد لا يحدث تفاعل أكسدة من دون إرجاع ولا تفاعل إرجاع من دون تفاعل الأكسدة			

التقدم X

هو مقدار يعبر عنه بالمول (كمية مادة المتفاعلات والنواتج في كل لحظة) والذي يسمح بوصف حالة جملة أثناء التحول الكيميائي	X التقدم
هو التقدم الملاحظ عند توقف تطور حالة الجملة الكيميائية	X _f التقدم النهائي
هو التقدم الذي من أجله يتوقف التفاعل بانتهاء أحد المتفاعلات - استهلاك المتفاعل المحد كليا -	X _{max} التقدم الأعظمي
المتفاعل المحد: هو الذي تستهلك كمية مادته قبل كل المتفاعلات الأخرى	
حالة التفاعل التام $X_f = X_{max}$ حالة التفاعل غير التام $X_f < X_{max}$	
جدول التقدم بفرض التفاعل الممنهج بالمعادلة التالية: $\alpha A + \beta B \rightarrow \gamma C + \delta D$ و n_{0A}, n_{0B} : الكمية الابتدائية للمتفاعلات A و B	$\alpha, \beta, \gamma, \delta$: أعداد ستوكيومترية
(ملاحظة: المزيج الستوكيومترى معناه $\frac{n_{0A}}{\alpha} = \frac{n_{0B}}{\beta}$ والعكس صحيح)	

الحالات	التقدم	$\alpha A + \beta B \rightarrow \gamma C + \delta D$			
الحالة الابتدائية ($t = 0$)	$X = 0$	n_{0A}	n_{0B}	0	0
الحالة الانتقالية (t)	$X = ?$	$n_{0A} - \alpha X$	$n_{0B} - \beta X$	γX	δX
الحالة النهائية (t_f)	$X = X_f$	$n_{0A} - \alpha X_f$	$n_{0B} - \beta X_f$	γX_f	δX_f

جدول التقدم التفاعل

المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

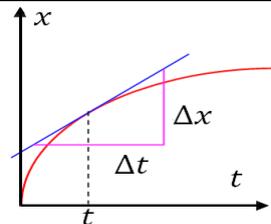
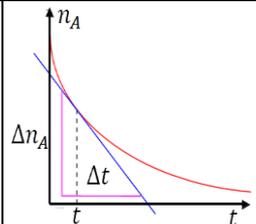
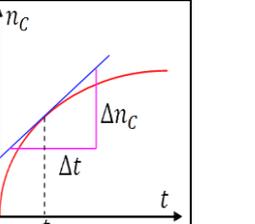
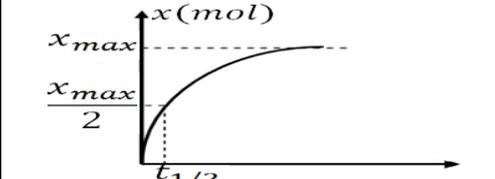
1) طريقة قياس الناقلية (طريقة فيزيائية)	يمكن متابعة تقدم التفاعل بواسطة قياس الناقلية G أو الناقلية النوعية σ .
2) طريقة المعايرة (طريقة كيميائية)	هي تحديد تركيز نوع كيميائي مجهول في محلول.

المعايرة	قياس الناقلية
<p>تعريف هي عملية كيميائية تحدث بين الأنواع الكيميائية، الهدف منها تحديد تركيز مجهول، توجد عدة أنواع من المعايرة منها معايرة الأحماض والأسس.</p> <p>البروتوكول التجريبي: نملأ السحاحة بالمحلول المعايير ويكون إما حمض قوي أو أساس قوي (وليكن أساس مثلا) تركيزه C_b.</p> <p>- نأخذ حجم معين V_a من محلول معايير تركيزه مجهول C_a (محلول حمضي مثلا).</p> <p>- نبدأ عملية المعايرة وذلك بفتح الصنبور.</p>	<p>يمكن استعمال الناقلية النوعية σ للمزيج من أجل قيمة الحجم المسكوب، بعد رسم المنحنى $\sigma = f(V)$ نستنتج V_E.</p>
<p>نقطة التكافؤ: عند التكافؤ يتحقق قانون التكافؤ $C_a V_a = C_b V_{bE}$</p> <p>حيث V_{bE}: حجم المحلول المسكوب عند التكافؤ.</p>	
تحديد نقطة التكافؤ: يمكن تحديد نقطة التكافؤ بعدة طرق: منها المعايرة اللونية وقياس الناقلية	

المدة المستغرقة في تحول كيميائي

(1) التحولات السريعة	تطور الجملة الكيميائية يصل إلى حالته النهائية مباشرة عند التلامس بين المتفاعلات - (تحول آتيا أو لحظيا)
(2) التحولات البطيئة	تطور الجملة الكيميائية يصل إلى حالته النهائية بعد أن يستغرق عدة ثواني ، دقائق أو ساعات
(3) التحولات البطيئة جدا	تطور الجملة الكيميائية يصل إلى حالته النهائية بعد عدة أيام أو شهور

سرعة التفاعل	سرعة إختفاء نوع كيميائي	سرعة تشكل نوع كيميائي	
	$v_m = -\frac{\Delta n}{\Delta t}$	$v_m = \frac{\Delta n}{\Delta t}$	السرعة المتوسطة
	- سرعة التفاعل تمثل معامل توجيه المماس للمنحنى $X = f(t)$ عند اللحظة t		السرعة اللحظية
$v = \frac{dX}{dt}$	$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta n}{\Delta t} = -\frac{dn}{dt}$	$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{dn}{dt}$	
	- هي سرعة التفاعل في وحدة الحجم (L) يعبر عنها بـ :		السرعة الحجمية
$v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dX}{dt} = \frac{d[X]}{dt}$	$v = -\frac{1}{V} \cdot \frac{dn}{dt} = -\frac{d[n]}{dt}$	$v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dn}{dt} = \frac{d[n]}{dt}$	
$\frac{v_A}{\alpha} = \frac{v_B}{\beta} = \frac{v_C}{\gamma} = \frac{v_D}{\delta}$			العلاقة بين السرعة
- بالنسبة لسرعة اللحظية أو السرعة الحجمية يكون :			
- اشارة (-) تعني ان كمية المادة تتناقص و قيمة السرعة موجبة دوما.			ملاحظة
- وحدة سرعة التفاعل (mol/S) أو (mol/min) وحدة السرعة الحجمية (mol/L.S).			

تعريف زمن نصف التفاعل	من أجل التفاعل ذي المعادلة $\alpha A + \beta B \rightarrow \gamma C + \delta D$		
هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه الأعظمي $X\left(t_{\frac{1}{2}}\right) = \frac{X_{max}}{2} = \frac{X_f}{2}$ (النهائي)	سرعة التفاعل X	سرعة إختفاء النوع A	سرعة تشكل النوع C
إن معرفة زمن نصف التفاعل يمكن من مقارنة تفاعلين من حيث السرعة وكذلك التحكم في التحول الكيميائي.			
	$v = \tan a = \frac{dX}{dt}$	$v = -\frac{dn_A}{dt}$	$v = \frac{dn_C}{dt}$
	$v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dX}{dt} = \frac{d[X]}{dt}$	$v = -\frac{d[n_A]}{dt}$	$v = \frac{d[n_C]}{dt}$
			السرعة اللحظية
			السرعة الحجمية

العوامل الحركية

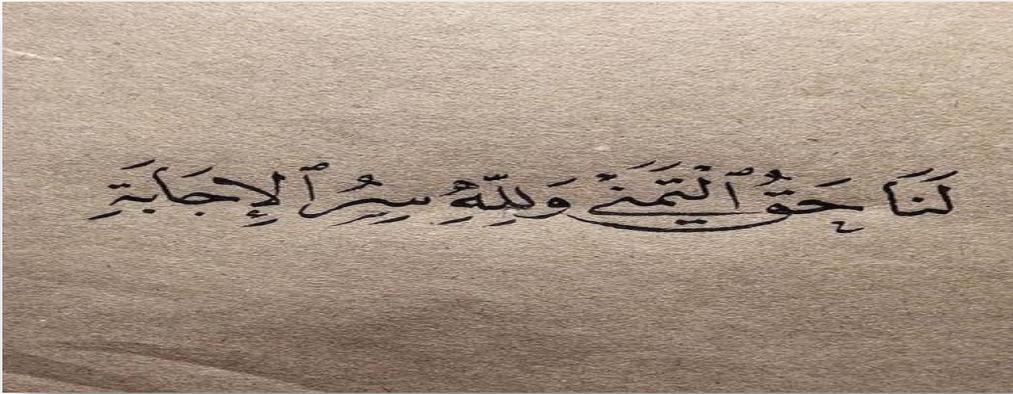
الجملة تتطور أسرع كلما ارتفعت درجة الحرارة - (إن إضافة الماء البارد لتفاعل كيميائي يمكن من توقيف التفاعل لجملة كيميائية)	درجة الحرارة
الجملة تتطور بشكل أسرع كلما زدنا في أحد تراكيز المتفاعلات.	التركيز الابتدائي
هو نوع كيميائي يسرع التفاعل ولكن لا يدخل كطرف فيها و يوجد على عدة أنواع	الوسيط
لا يمكن التمييز بينه وبين باقي المتفاعلات - له نفس الحالة الفيزيائية للمتفاعلات -	وسيط متجانس
الحالة الفيزيائية للوسيط تختلف عن الحالة الفيزيائية للمتفاعلات - ليس من طبيعة المتفاعلات -	وسيط غير متجانس
الإنزيمات وسائط هامة في البيولوجيا، مثلا في المادة الحية تحدث تفاعلات بيوكيميائية تتدخل فيها الإنزيمات كوسيط	وسيط إنزيمي
التفسير المجري لتأثير التراكيز الابتدائية ودرجة الحرارة	
- الزيادة في التراكيز الابتدائية يؤدي إلى الزيادة في كمية المتفاعلات وبالتالي الزيادة في التصادمات الفعالة بين الجزيئات وبالتالي تزداد الطاقة الحركية الميكروسكوبية ، مما يؤدي إلى الزيادة في سرعة التفاعل.	
- كلما كانت درجة الحرارة عالية و كان عدد الأفراد في وحدة الحجم أكبر كان تواتر الاصطدامات الفعالة أكبر و كان التحول أسرع.	
- إن التغير في درجة حرارة مائع يؤدي إلى تغير الطاقة الحركية للأفراد الكيميائية الموجودة في المائع، تسمى هذه الحركة بالحركة الحرارية.	
- الحركة العشوائية السريعة للأفراد الكيميائية تسمى الحركة البرونية .	

شعار العمل في هذا الموسم :

تَعَبُ الْمُرَاجَعَةِ أَفْضَلُ مِنْ أَلَمِ السُّقُوطِ

صناعة الطريق الذهبي نحو بكالوريا 2023

بالتوفيق و النجاح لجموع التلاميذ الشرفاء



<https://www.facebook.com/okba.bac.2010>