

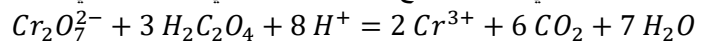
حول الدرس

- 1 - ما المقصود بالمتابعة الزمنية لتحوّل كيميائي ؟
- 2 - اذكر طرق متابعة تحوّل كيميائي ، وصنّفها إلى كيميائية وفيزيائية .
- 3 - اذكر عاملين حركيين . ما هو الوسيط الكيميائي ؟ وما هو دوره في المتابعة الزمنية لتحوّل كيميائي بطيء ؟
- 4 - عرّف سرعة التفاعل ، والسرعة الحجمية للتفاعل ، واكتب عبارتيهما .
- 5 - ليكن التفاعل الكيميائي المنمذج بالمعادلة التالية : $aA + bB = cC + dD$ ، أما d, c, b, a ، هما المتفاعلات و C, D هما الناتجان ، اكتب عبارتيهما .
- أ / اكتب عبارة السرعة اللحظية لاختفاء المتفاعل A .
- ب / اكتب عبارة السرعة اللحظية لتشكل المركب C .
- ج / ما هي العلاقة التي تجمع بين سرعات D, C, B, A ؟
- 6 - عرّف زمن نصف التفاعل .
- 7 - اشرح تأثير العوامل الحركية على سرعة التفاعل مجهريا .



التمرين 01 (تدريبي)

تتفاعل شاردة ثنائي الكرومات مع حمض الأوكزاليك في وسط حامضي حسب التفاعل التالي :

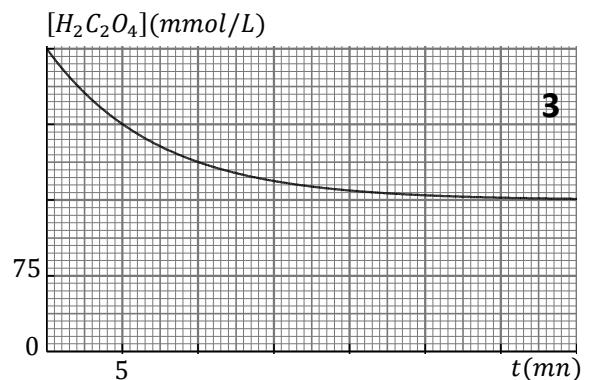
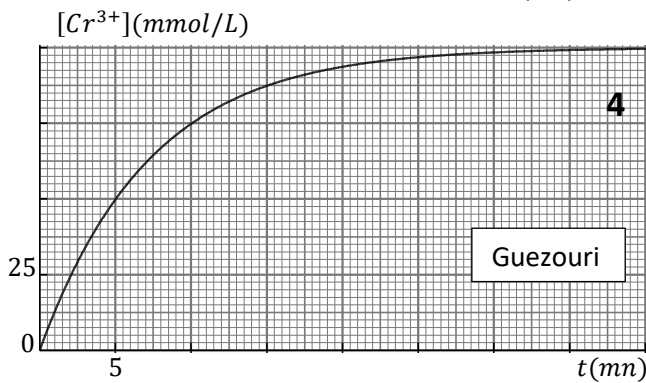
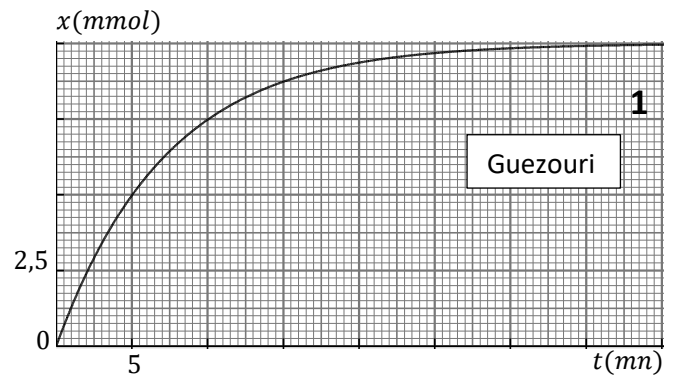
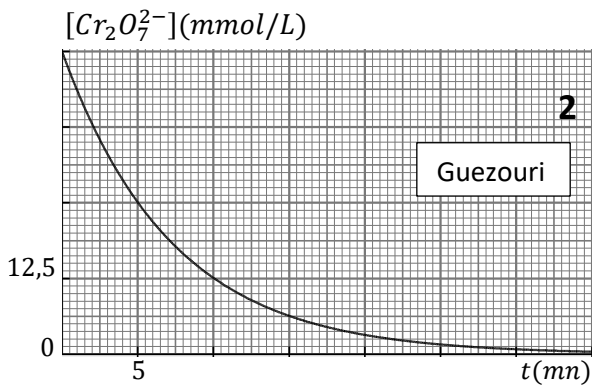


مزجنا عند اللحظة $t = 0$ المحلولين S_1 و S_2 .

S_1 : محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ حجمه $V_1 = 100 mL$ وتركيزه المولي $C_1 = 0,1 mol/L$

S_2 : محلول حمض الأوكزاليك $H_2C_2O_4$ حجمه $V_2 = 100 mL$ وتركيزه المولي $C_2 = 0,6 mol/L$

حصلنا على البيانات 1 ، 2 ، 3 ، 4 عن طريق المتابعة الزمنية للتحوّل الكيميائي السابق .



- 1 - أنشيء جدول التقدّم للتفاعل .
- 2 - هل هذا التفاعل تام ؟
- 3 - حدّد المتفاعل المحد بطريقتين .
- 4 - احسب عند اللّحظتين $t_1 = 0$ و $t_2 = 10 mn$ السرعة الحجمية للتفاعل اعتمادا على البيان 1 ، ثم من البيانات الأخرى .
- 5 - عرّف زمن نصف التفاعل ، ثم حدّد قيمته من البيان 1 .

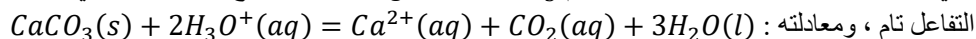
6 - بيّن أنه في البيان 2 يكون زمن نصف التفاعل موافقا لـ $[Cr_2O_7^{2-}] = \frac{[Cr_2O_7^{2-}]_0}{2}$ ، ثم استنتج قيمته .

7 - بيّن أنه في البيان 3 يكون زمن نصف التفاعل موافقا لـ $[H_2C_2O_4] = \frac{[H_2C_2O_4]_0 + [H_2C_2O_4]_f}{2}$ ، ثم استنتج قيمته .

8 - بيّن أنه في البيان 4 يكون زمن نصف التفاعل موافقا لـ $[Cr^{3+}] = \frac{[Cr^{3+}]_{max}}{2}$ ، ثم استنتج قيمته .

التمرين 02

نضع في بيشر حجما $V = 100 \text{ mL}$ من محلول حمض كلور الهيدروجين (H_3O^+ , Cl^-) تركيزه المولي $C = 0,1 \text{ mol/L}$. نلقي داخل البيشر كمية من كربونات الكالسيوم CaCO_3 كتلتها $m = 2 \text{ g}$ ، ونتابع التحول الكيميائي عن طريق قياس الناقلية النوعية للمزيج المتفاعل.



1 - أنشئ جدول التقدّم للتفاعل، وبيّن أن المتفاعل المحد هو H_3O^+ .

2 - يوجد في الشكل 1 التمثيل البياني للناقلية النوعية للمزيج المتفاعل بدلالة التقدّم x / ماذا تتعلّق الناقلية النوعية لمحلول مائي؟

أ / احسب الناقلية النوعية المولية (λ) للشاردين H_3O^+ و Ca^{2+} . هل هاتان القيمتان ثابتتان في كل المحاليل المائية؟

ب / احسب الناقلية النوعية المولية (λ) للشاردين H_3O^+ و Ca^{2+} . هل هاتان القيمتان ثابتتان في كل المحاليل المائية؟

ج / ضع سلماً لمحور الفواصل.

3 - في الشكل 2 يوجد التمثيل البياني للناقلية النوعية للمزيج المتفاعل بدلالة الزمن:

أ / عبّر عن الناقلية النوعية للمزيج المتفاعل (σ_t) عند اللحظة $t > 0$ بدلالة التقدّم x . هل هذه العلاقة تتوافق مع البيان الممثل في الشكل 1؟

ب / بيّن أنّ التقدّم x يُكتب بالشكل: $x = \frac{CV}{2} \times \frac{\sigma_t - \sigma_0}{\sigma_f - \sigma_0}$ ، حيث:

σ_0 هي الناقلية النوعية للمزيج عند اللحظة $t = 0$.

σ_f هي الناقلية النوعية للمزيج لما ينتهي التفاعل.

ج / عبّر عن السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة $\frac{d\sigma}{dt}$ ، ثم احسب السرعة الحجمية

للتفاعل عند اللحظة $t = 0$ ، ثم عند اللحظة $t = 120 \text{ s}$.

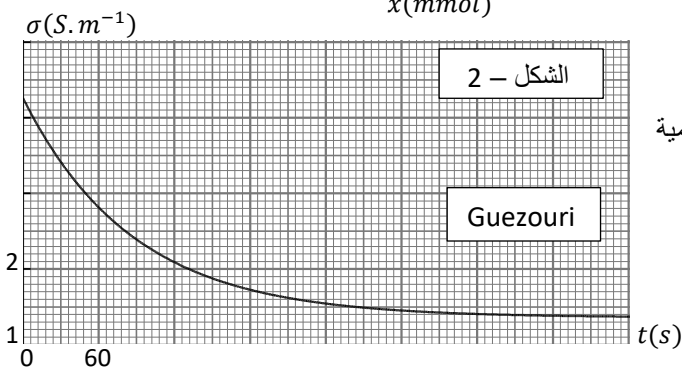
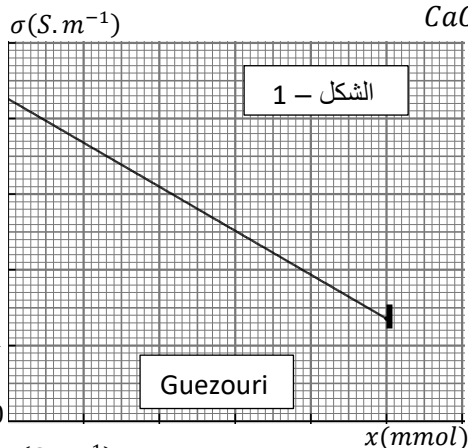
كيف تفسّر تغير السرعة الحجمية للتفاعل بمرور الزمن؟

د / ما المقصود بزمن نصف التفاعل ($t_{1/2}$) في هذا التحول الكيميائي؟

هـ / بيّن أنّ زمن نصف التفاعل يوافق $\sigma_{1/2} = \frac{\sigma_0 + \sigma_f}{2}$

و / حدّد من البيان زمن نصف التفاعل.

$\lambda_{\text{Cl}^-} = 7,63 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$ ، $M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ g/mol}$



التمرين 03

لدينا في المخبر قارورة لمحلول لحمض كلور الهيدروجين التجاري كثافته $d = 1,19$ والنسبة المئوية للحمض النقي فيه P غير معروفة.

الكتلة المولية لـ HCl هي $M = 36,5 \text{ g/mol}$.

أخذنا من هذه القارورة بواسطة ماصة مزوّدة بإجاصة حجما $V = 1 \text{ mL}$ ، ووضعناه في حوالة عيارية سعتها 100 mL تحتوي مسبقاً على كمية من

الماء المقطّر، ثم أكملنا الحجم بالماء المقطّر إلى خط العيار، فحصلنا بذلك على محلول (S) تركيزه المولي C .

I - وضعنا المحلول الناتج في حوالة أخرى وأضفنا له كمية من التوتياء (Zn) على شكل قطع صغيرة كتلتها $m = 1962 \text{ mg}$.

يبدأ التفاعل عند اللحظة $t = 0$. الثنائيتان Ox/Red هما: Zn^{2+}/Zn و $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2$.

1 - اكتب المعادلتين النصفيتين الإلكترونييتين للأكسدة والارجاع، ثم استنتج معادلة الأكسدة - ارجاع.

2 - حصلنا على حجم $V_{\text{H}_2} = 134,4 \text{ mL}$ عند نهاية التفاعل الذي يُعتبر تاماً. الحجم مقاس في الشرطين النظاميين $V_M = 22,4 \text{ L.mol}^{-1}$.

أ / اقترح تجربة تمكّننا من جمع غاز الهيدروجين المنطلق، مع الرسم التخطيطي للتجهيز المستعمل.

ب / أنشئ جدول التقدّم للتفاعل، واحسب التقدّم الأعظمي.

ج / احسب التركيز المولي C ، ثم استنتج التركيز المولي C_0 لمحلول حمض كلور الهيدروجين التجاري.

د / بيّن أنّ النسبة المئوية P تُكتب بالشكل $P = \frac{C_0 M}{10 d}$ ، ثم احسب قيمتها.

II - إن متابعة التحول الكيميائي السابق عن طريق معايرة شوارد الهيدرونيوم مكّنتنا من تمثيل البيان $[\text{H}_3\text{O}^+] = f(t)$ والمماس T عند $t = 0$.

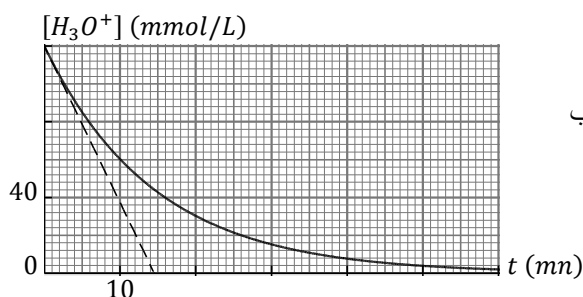
1 - باستعمال البيان بيّن أنّ زمن نصف التفاعل هو $t_{1/2} = 10 \text{ mn}$.

2 - احسب حجم غاز الهيدروجين الذي نحصل عليه عندما يكون $t = t_{1/2}$.

3 - بيّن أنّ السرعة الحجمية للتفاعل تُكتب بالشكل $v_{\text{vol}} = -\frac{1}{2} \frac{d[\text{H}_3\text{O}^+]}{dt}$ ، ثم احسب

قيمتها عند اللحظة $t = 0$.

الكتلة المولية للتوتياء $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g/mol}$



التمرين 04 (تجريبي)

في هذا العمل المخبري نقوم بالمتابعة الزمنية لتفاعل محلول مائي لبيروكسوثنائي كبريتات البوتاسيوم ($2K^+, S_2O_8^{2-}$) مع محلول مائي ليود البوتاسيوم (K^+, I^-). الثنائيتان Ox/Red هما $S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$ و I_2/I^- . هو النوع الكيميائي الوحيد الذي يتميز بلون أسمر في هذا المزيج المتفاعل. المحلول S_1 : ($2K^+, S_2O_8^{2-}$) تركيزه المولي $C_1 = 0,1 \text{ mol/L}$ وحجمه $V_1 = 100 \text{ mL}$. المحلول S_2 : (K^+, I^-) تركيزه المولي $C_2 = 0,4 \text{ mol/L}$ وحجمه $V_2 = 100 \text{ mL}$. مزجنا المحلولين ، وقسّمنا المزيج بالتساوي في 10 أنابيب اختبار ، ووضعنا الأنابيب في حمام مائي ، درجة حرارته ثابتة θ_1 . يبدأ التفاعل في كل الأنابيب عند اللحظة $t = 0$.

نخرج عند اللحظة t أحد الأنابيب من الحمام المائي ، ونصب محتواه في بيشر يحتوي على 20 mL من الماء المقطر البارد جدا . نعابر ثنائي اليود في البيشر ، حيث نضيف له بعض القطرات من صمغ النشأ ، ونملأ سحاحة مدرّجة بمحلول مائي لثيوكبريتات الصوديوم ($2Na^+, S_2O_3^{2-}$) تركيزه المولي $C = 0,4 \text{ mol/L}$. الثنائيتان في تفاعل المعايرة هما I_2/I^- و $S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$. نفتح السحاحة ، ولما نصل للتكافؤ نسجل حجم محلول ثيوكبريتات الصوديوم المضاف (V_E). نكرّر هذه العملية مع الأنابيب الأخرى ، ونسجل النتائج في الجدول التالي :

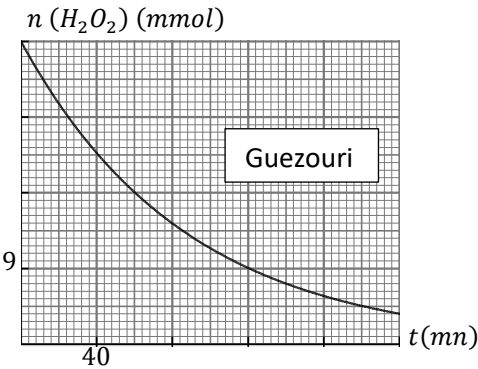
$t(mn)$	2	4	8	12	20	25	30	33	40	45
$V_E(mL)$	1,2	2,1	3,3	4,0	4,7	4,8	4,9	5,0	5,0	5,0

- 1 - اكتب معادلة التفاعل بين شاردة بيروكسوثنائي كبريتات وشاردة اليود ، ثم أنشيء جدول التقدّم لهذا التفاعل .
- 2 - اكتب معادلة تفاعل المعايرة ، ثم اذكر الشروط التي يجب توفّرها في مثل هذه الفاعلات . ارسم شكلا تخطيطيا لتجهيز المعايرة مع بياناته .
- 3 - لماذا وضعنا محتوى الأنابيب في الماء البارد جدا ؟ ولماذا أضفنا لها صمغ النشأ ؟
- 4 - عرّف التكافؤ . هل الماء البارد الذي أضفناه للبيشر يؤثّر على حجم التكافؤ ؟
- 5 - بيّن أنّ كمية مادة ثنائي اليود في الأنابيب هي $n(I_2) = \frac{1}{5} V_E$ ، حيث الحجم V_E مقاس باللتر .
- 6 - بيّن أنّ تفاعل شاردة بيروكسوثنائي كبريتات مع شاردة اليود هو تفاعل تام .
- 7 - احسب السرعة الحجمية المتوسطة لتشكل ثنائي اليود بين اللحظتين $t_1 = 20 \text{ mn}$ و $t_2 = 25 \text{ mn}$.
- 8 - مثل بيانيا $V_E = f(t)$ ، ثم مثل معه بشكل تقريبي نفس البيان لو أجرينا التفاعل السابق في درجة حرارة ثابتة $\theta_2 > \theta_1$.
- 9 - حدّد على البيان زمن نصف التفاعل من أجل درجة الحرارة θ_1 .

التمرين 05

لدينا في مخبر الكيمياء قارورة للماء الأكسوجيني (H_2O_2) ، مسجل عليها العلامة (10 V) .

- 1 - أخذنا من القارورة 3 حجوم متساوية (V) ووضعناها في 3 بياشر . وضعنا البيشر رقم (1) ورقم (2) في حمام مائي درجة حرارته ثابتة θ_1 ، حيث أضفنا للبيشر رقم (2) بعض القطرات من محلول مائي لكلور الحديد ، والذي يلعب دور وسيط (حجمه لا يؤثّر على حجم المحلول في البيشر) . نترك البيشر رقم (3) في وسط درجة حرارته $\theta_2 < \theta_1$. يبدأ التفاعل في البياشر كلّها عند اللحظة $t = 0$. نقول عن الماء الأكسوجيني أنه (10 V) ، أي (10 حجوم) إذا تفكك منه حجم قدره 1 L وأعطى حجما من غاز الأكسوجين قدره 10 L مقاسا في الشرطين النظاميين لدرجة الحرارة والضغط . تفكك الماء الأكسوجيني هو تفاعل بطيء لكنه تام . يلعب الماء الأكسوجيني دور مؤكسد ودور مرجع حسب الثنائيتين : O_2/H_2O_2 و H_2O_2/H_2O .



- 1 - جد معادلة تفكك الماء الأكسوجيني .
- 2 - احسب التركيز المولي للماء الأكسوجيني في البياشر عند اللحظة $t = 0$.
- 3 - في الشكل يوجد التمثيل البياني لكمية مادة الماء الأكسوجيني في البيشر رقم 1 . أ / انقل هذا البيان على ورقة الإجابة بشكل تقريبي ، ومثلّ معه بشكل تقريبي بياني كمية مادة الماء الأكسوجيني بدلالة الزمن في البيشر رقم 2 وفي البيشر رقم 3 . ب / احسب حجم الماء الأكسوجيني في كل بيشر . ج / احسب السرعة الحجمية للتفاعل في البيشر رقم 1 عند اللحظة $t = 80 \text{ mn}$. د / حدّد على البيان زمن نصف التفاعل في البيشر رقم 1 .

II - نريد أن نتأكد من قيمة التركيز المولي للمحلول S_0 الموجود في قارورة أخرى تحمل نفس علامة القارورة السابقة ، وذلك عن طريق معايرته بمحلول مائي لبرمنغنات البوتاسيوم (K^+, MnO_4^-) تركيزه المولي $C = 0,2 \text{ mol/L}$.

نأخذ من هذه القارورة حجما $V = 20 \text{ mL}$ ، ونضعه في بيشر يحتوي على 20 mL من الماء المقطر لنحصل على محلول S ، ثم نملأ سحاحة مدرّجة بمحلول برمنغنات البوتاسيوم المحمّض . يستقرّ اللون البنفسجي لمحلول برمنغنات البوتاسيوم عند إضافة حجم منه قدره $V_E = 24 \text{ mL}$.

- 1 - اكتب معادلة تفاعل المعايرة . الثنائية الخاصة بشاردة البرمنغنات هي MnO_4^-/Mn^{2+} . شاردة البوتاسيوم غير فعالة في هذا التفاعل .
- 2 - احسب التركيز المولي للمحلول S ، ثم استنتج التركيز المولي للمحلول S_0 للماء الأكسوجيني في هذه القارورة .
- 3 - هل الماء الأكسوجيني في هذه القارورة حديث التحضير؟ علّل لجوابك .