وحدة المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في الوسط المائي

التمرين 01: دراسة حركية تفاعل اصطناع حمض الإيثانويك

يشكل حمض الإيثانويك ذو الصيغة CH_3COOH المكوّن الأساسي للخل التجاري بعد الماء، ويستعمل هذا الحمض كمتفاعل في العديد من تفاعلات تصنيع الكثير من المواد العطرية والمذيبات. حمض الإيثانويك يمكن اصطناعه في المخبر بأكسدة الإيثانول $C_2H_5OH\,(l)$ بواسطة محلول ثاني كرومات البوتاسيوم $(2K^+(aq) + Cr_2O_7^{-2}(aq))$.

يهدف هذا التمرين إلى دراسة حركية تفاعل اصطناع حمض الإيثانويك.

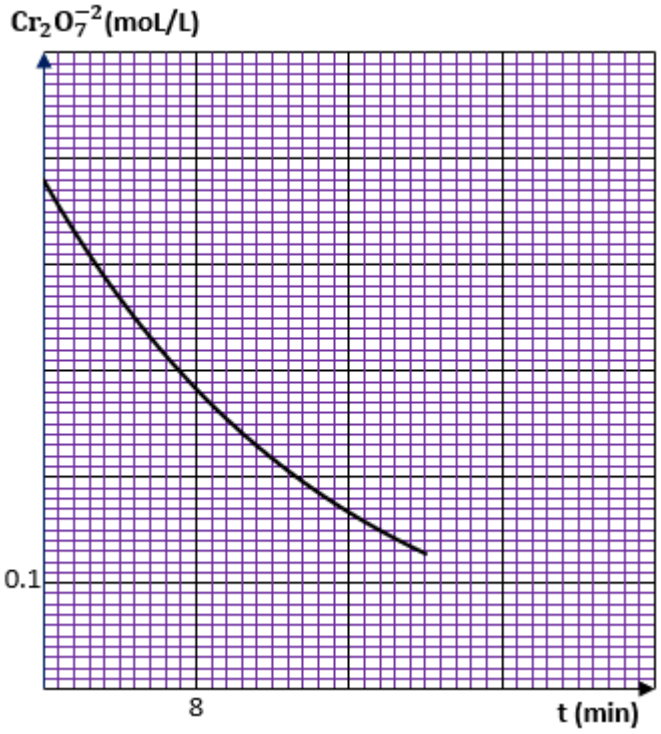
المعطيات:

- ✓ الإيثانول:

الكتلة الحجمية: $\rho = 0{,}8\ g/mL$

الكتلة المولية : $M(C_2H_5OH) = 46g.moL^{-}$

- ✓ كل القياسات تمت في درجة حرارة $25°C$



1. وصف تطور التحول الكيميائي الحادث:

نمزج في حوجلة، في لحظة نعتبرها مبدأ للأزمنة $t = 0$، حجما $V_1 = 100mL$ من محلول ثاني كرومات البوتاسيوم تركيزه المولي $C = 0.5moL.L^{-}$، مع حجم $V_2 = 3{,}4mL$ من الإيثانول النقي، بوجود حمض الكبريت المركز بكفاية، فينتج حمض الإيثانويك وفق تحول تام وبطيء نمذجه بتفاعل أكسدة – إرجاع، معادلته:

$$2Cr_2O_7^{-2}(aq) + 3C_2H_5OH(aq) + 16H^+(aq) = 4Cr^{+3}(aq) + 3CH_3COOH(aq) + 11H_2O(l)$$

1.1 بين أنّ التفاعل الكيميائي الحادث هو تفاعل أكسدة - إرجاع، ثم اكتب الثنائيتين المشاركتين في التفاعل.

2.1 وضّح دور حمض الكبريت المركز في هذا التحول.

3.1 تأكد أنّ كميّة مادة المتفاعلات الابتدائية هي: $n_0(Cr_2O_7^{-2}) = 50mmoL$، $n_0(C_2H_5OH) = 60mmoL$.

4.1 أنجز جدولا يصف تقدّم التفاعل، ثم استنتج قيمة التقدّم الأعظمي x_{max} .

2. المتابعة الزمنية للتحول الكيميائي الحادث:

سمحت إحدى طرق المتابعة الزمنية للتحول الكيميائي الحادث من تمثيل منحنى الشكل (1) الممثل لتغيرات $[Cr_2O_7^{-2}](mol/L)$ بدلالة الزمن.

1.2 بيّن أنّ $[Cr_2O_7^{-2}]$ يعطى في كل لحظة بالعبارة:

$$[Cr_2O_7^{-2}]\,(t) = 0.48 - 19.34.x(t)$$ (حيث $[Cr_2O_7^{-2}]$ بـ $moL.L^{-}$ و x بـ $(moL$

2.2 عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$، ثم حدد قيمته بيانيا.

التمرين 02: الدراسة التجريبية لتتبع تطوّر تفاعل معدن الحديد مع محلول حمض كلور الهيدروجين

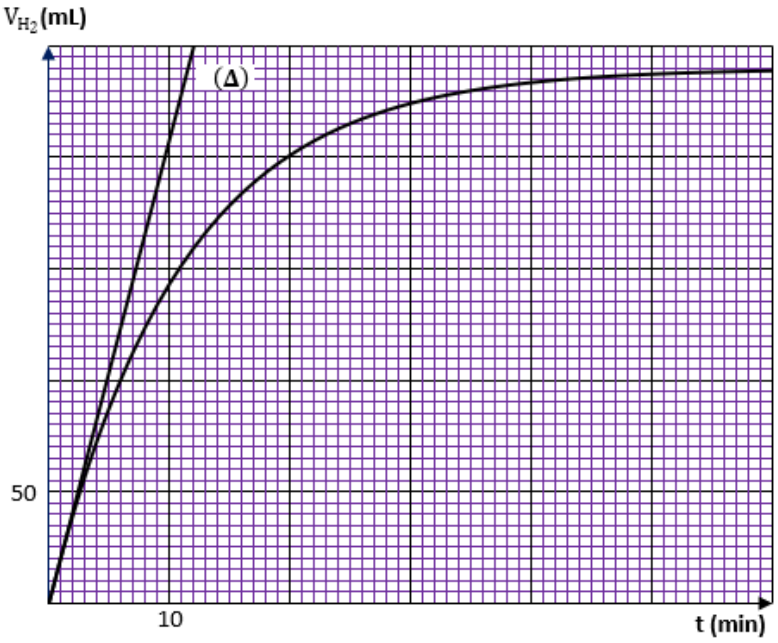
خام الحديد في منجم غار جبيلات

يعتبر منجم "غار الجبيلات" الواقع على بعد 130Km جنوب شرق ولاية تندوف من أحد أكبر مناجم الحديد في العالم. تصنف خامات الحديد حسب نسبة الحديد الموجود فيها كما هو مبين في الجدول التالي:

صنف خام الحديد	فقير	متوسط	غني
نسبة الحديد النقي	أقل من 30%	بين 30% و 50%	أكثر من 50%

يهدف هذا التمرين إلى الدراسة التجريبية لتتبع تطوّر تفاعل معدن الحديد مع محلول حمض كلور الهيدروجين بقياس حجم غاز، و من ثمّ التّعرف على صنف خامات حديد منجم غار جبيلات.

لهذا الغرض، ندخل في دورق عيّنة من مسحوق لحام الحديد المستخرج من منجم غار جبيلات كتلتها $m = 1.00\ g$ و نسكب فيه في اللحظة $t = 0$ حجما $V = 100\ mL$ من محلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه المولي $c = 0{,}3\ mol.L^{-}$ يتم تجميع ثنائي الهيدروجين المنطلق في مخبار مدرج مُنكّس فوق حوض من الماء، ونقيس حجمه في كل لحظة t.



نمذج التّحول الكيميائي الحادث بتفاعل معادلته:

$$Fe(s) + 2H_3O^+(aq) = H_2(g) + Fe^{2+}(aq) + 2H_2O(l)$$

المعطيات:

- ✓ نعتبر أن حجم المزيج التفاعلي يبقى ثابتا خلال مدة التحول، و أنّ الغاز المنطلق غاز مثالي.
- ✓ الحجم المولي للغاز في شروط التجربة: $V_M = 24\ L.mol^{-}$.
- ✓ الكتلة المولية الذرية للحديد: $M\ (Fe) = 56\ g/\ mol$.

I. الدراسة التجريبية:

1. اذكر الاحتياطات الأمنية الواجب اتخاذها لإجراء هذا التحول.
2. ارسم التركيب التجريبي المستعمل، موضحا عليه البيانات الكافية، ثم اذكر كيف يمكن قياس حجم الغاز المنطلق.
3. كيف يتم الكشف عن طبيعة الغاز المنطلق عند نهاية التحول؟

II. المتابعة الزمنية للتحول الكيميائي بقياس حجم غاز:

مكنتنا المتابعة الزمنية لهذا التحول الكيميائي التام، عن طريق قياس حجم غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق تحت ضغط ثابت وفي درجة حرارة ثابتة، من رسم المنحنى البياني $V_{H_2} = f(t)$.

(يمثل المستقيم (Δ) مماس المنحنى البياني في اللحظة $t = 0$)

1. صنف التحول الكيميائي الحادث من حيث المدة المستغرقة.

2. بإنجاز جدول تقدّم التفاعل واستثمار المنحنى البياني:

1.2 بين أن عبارة التقدم $x(t)$ تكتب على الشكل: $x(t) = \frac{V_{H_2}(t)}{V_M}$

2.2 جد قيمة التقدم النهائي x_f و عين المتفاعل المحد.

3.2 أثبت أن السرعة الحجمية للتفاعل عند لحظة t تكتب على الشكل:

$$V_{vol}(t) = \frac{1}{V.V_M}\frac{dV_{H_2}(t)}{dt}$$

ثم احسب قيمتها في اللحظة $t = 0$ بوحدة $mol.L^{-}.min^{-}$

III. التعرف على صنف خام حديد منجم غار جبيلات:

يُعبر عن النسبة الكتلية للحديد الموجود في خام الحديد بالعلاقة: $\frac{m_0(Fe)}{m}$ حيث $m_0(Fe)$ تمثل كتلة الحديد النقي و m كتلة مسحوق الحديد الخام.

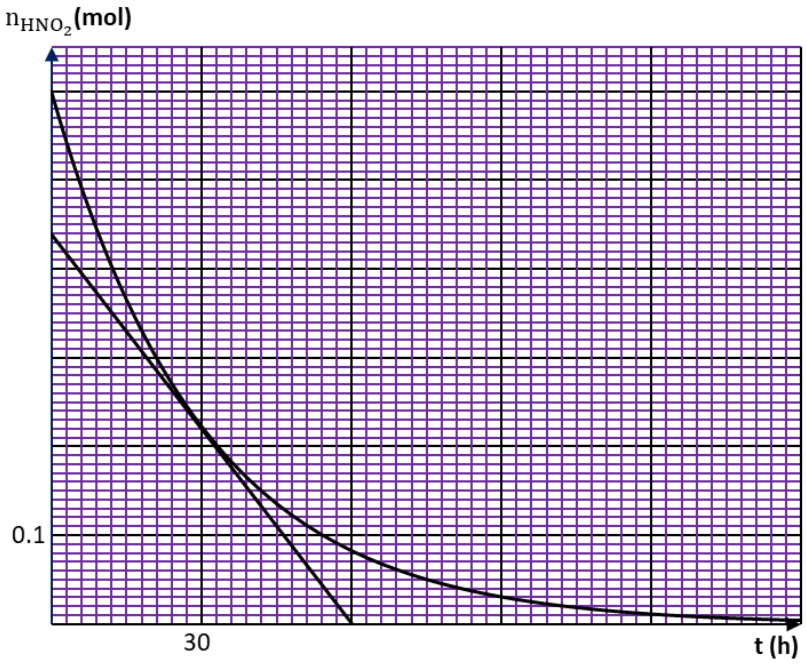
1. احسب $m_0(Fe)$، ثم استنتج النسبة المئوية للحديد النقي في خام الحديد.

2. تعرف على صنف خام حديد غار جبيلات.

التمرين 03: دراسة حركية التفاعل للتفكك الذاتي لحمض الآزوتيد

حمض الأزوتيد (النيتروز) صيغته الكيميائية HNO_2 يتواجد على شكل محلول ذي لون أزرق فاتح، يستخدم في الصناعات الورقية و النسيجية.

حمض الآزوتيد في الوسط المائي غير مستقر، يتفكك ذاتيا وفق تفاعل تام. سمحت إحدى طرق متابعة تفكك حمض الآزوتيد مع مرور الزمن عند درجة حرارة $\theta = 25°C$ من رسم المنحنى البياني المبين في (الشكل01) والذي يمثل تطور كمية المادة HNO_2 بدلالة الزمن t.



1. كيف نصنف هذا التحول من حيث مدة إستغراقه؟ علل.

2. اكتب معادلة التفاعل المنمذجة للتحول الحادث علما أن الثنائيتين المشاركتين في التفاعل هما:

$(NO_3^-(aq)/HNO_2(aq))$
$(HNO_2(aq)/NO(g))$

3. بالإستعانة بجدول التقدم استنتج قيمة التقدم الأعظمي X_{max}.

4. عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ثم حدد قيمته من البيان.

5. احسب سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 30h$.

التمرين 04: دراسة المدة الزمنية اللازمة للتخلص من الترسبات و مراقبة جودة الحليب

تسمح المراقبة المستمرة لدرجة حموضة الحليب بالتأكد من جودته أي من صلاحية تناوله.

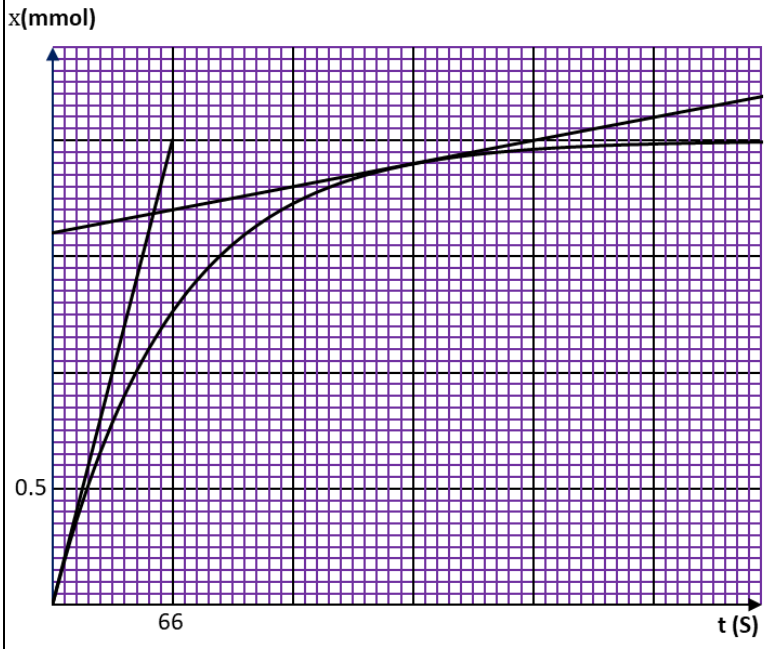
يستعمل حمض اللاكتيك $(C_3H_6O_3)$ كمادة مضافة في الصناعات الغذائية و في الصيدلة ضد بعض أمراض الجلد كما يستعمل في التخلص من الترسبات التي تتشكل خلال الاستعمال المتكرر للأواني مثل آلة تحضير القهوة و هو قابل للتفكك ولا يهاجم الأجزاء المعدنية للآلة ... الحليب الطازج قليل الحموضة، يصبح غير صالح للاستهلاك كلما كانت حمضيته كبيرة.

يهدف هذا التمرين إلى دراسة المدة الزمنية اللازمة للتخلص من الترسبات و مراقبة جودة الحليب.

تسمح المراقبة المستمرة لدرجة حموضة الحليب بالتأكد من جودته أي من صلاحية تناوله.

المعطيات:

- الكتلة المولية الجزيئية لكربونات الكالسيوم: $M(CaCO_3) = 100\ g.moL^{-}$.
- نرمز لحمض اللاكتيك بـ AH ولأساسه المرافق بـ A^{-}.
- الكتلة المولية الجزيئية لحمض اللاكتيك: $M(C_3H_6O_3) = 90\ g.moL^{-}$.



أ. دراسة المدة الزمنية اللازمة للتخلص من الترسبات

يتفاعل حمض اللاكتيك مع كربونات الكالسيوم $(CaCO_3(s))$ وفق تفاعل تام يمذج بالمعادلة التالية:

$$CaCO_3(s) + 2AH(aq) = Ca^{+2}(aq) + 2A^{-}(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

ندخل كتلة m من $CaCO_3(s)$ في بالون يحتوي على محلول AH حجمه $V = 10mL$ تركيزه المولي $C = 5{,}8\ moL.L^{-}$، عند درجة حرارة ثابتة $25°C$.

1. سمحت المتابعة الزمنية للتفاعل بالحصول على البيان الممثل لتطور تقدم التفاعل x بدلالة الزمن t (الشكل1).

1.1 هل التفاعل الحادث سريع أم بطيء؟ علل.

2.1 أنشئ جدولا لتقدم التفاعل واستنتج المتفاعل المحد.

3.1 احسب قيمة m كتلة كربونات الكالسيوم المستعملة.

2. حدّد لحظة توقف التفاعل.

3. كيف نتأكد ماكروسكوبيا (عيانيا) من توقف التفاعل؟

4. السرعة الحجمية للتفاعل:

1.4 أعط عبارة السرعة الحجمية للتفاعل ثم احسب قيمتها في اللحظة $t_1 = 0$ و اللحظة $t_2 = 200\ s$.

2.4 كيف تتطور هذه السرعة بمرور الزمن؟ فسّر مجهريا هذا التطور.

5. عند استغلال هذا التفاعل لتنظيف آلة تحضير القهوة من ترسبات كربونات الكالسيوم، وجدنا في دليل استعمال حمض اللاكتيك العبارة التالية: "من أجل نتائج أفضل استعمل المحلول دون تخفيفه" علل.

ب . مراقبة جودة الحليب

لأجل مراقبة جودة الحليب، نعاير حجما $V_a = 25mL$ من حليب مخفف بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $C_b = 5 \times 10^{-2}\ moL.L^{-}$.

1. اكتب معادلة تفاعل المعايرة، باعتبار حمض اللاكتيك هو الحمض الوحيد الموجود بالحليب المعاير.

2. احسب التركيز المولي C_a لحمض اللاكتيك علما أن حجم محلول هيدروكسيد الصوديوم المضاف عند التكافؤ $V_{bE} = 12,5mL$

3. في الصناعات الغذائية، يُعبر عن حمضية الحليب بدرجة "دورنيك Dornic(°D)"، حيث (1°D) توافق 0.1g من حمض اللاكتيك لكل 1L من حليب. لكي يكون الحليب صالحا للاستهلاك يجب أن لا تتجاوز حمضيته (18°D)، هل يمكن اعتبار الحليب المدروس صالحا للاستهلاك؟

التمرين 05: تعيين التركيز المولي لمحلول تصبير الزيتون

يُباع في الأسواق منتج تجاري لتصبير الزيتون، يتكون أساسا من محلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم (الصودا الكاوية) $(Na^+(aq) + HO^-(aq))$، البطاقة الملصقة على قارورته لا تحمل معلومات عن تركيزه المولي.

يهدف هذا الجزء إلى تعيين التركيز المولي لمحلول تصبير الزيتون.

كل المحاليل مأخوذة عند 25°C.

البروتوكول التجريبي:

-نأخذ بواسطة ماصة عيارية حجما $V_0 = 5mL$ من المنتج التجاري تركيزه المولي C_0.

- نخفف المنتج التجاري 50 مرة، للحصول على محلول (S) تركيزه المولي C_1.

- نأخذ حجما $V_1 = 20mL$ من المحلول (S) ونعايره بمحلول حمض كلور الهيدروجين $(H_3O^+(aq) + Cl^-(aq))$ تركيزه المولي $C_a = 0.1\ mol/L$ وباستعمال أزرق البروموتيمول ككاشف ملون، نلاحظ أن لون المحلول يتغير عند إضافة حجم $V_a = 20mL$ من محلول حمض كلور الهيدروجين.

1. أعط مدلول العبارة المكتوبة على الملصقة "يجب ارتداء قفازات ونظارات عند استعمال هذه المادة".

2. ارسم الشكل التخطيطي لتركيب المعايرة موضحا عليه البيانات الكافية.

3. اكتب معادلة تفاعل المعايرة.

4. جد قيمة C_1 ثم استنتج C_0 التركيز المولي للمنتج التجاري .

ما الهدف من تخفيف المحلول التجاري؟

التمرين 06: الدراسة الحركية لتفاعل ايثانوات الايثيل مع محلول هيدروكسيد الصوديوم

ايثانوات الايثيل مركب عضوي سائل عديم اللون له رائحة مميزة صيغته المجملة $C_4H_8O_2$. ويُعد من أحد المذيبات المهمة في الصناعات الكيميائية .

يهدف هذا التمرين إلى الدراسة الحركية لتفاعل ايثانوات الايثيل مع محلول هيدروكسيد الصوديوم.

عند اللحظة $t = 0$ نسكب حجما $V_1 = 1mL$ من ايثانوات الايثيل في بيشر يحتوي على محلول هيدروكسيد الصوديوم+ $(Na^+(aq)$ $HO^-(aq))$ حجمه $V_0 = 200mL$ و تركيزه المولي C_0 المغمور فيه مسبار جهاز قياس الناقلية النوعية σ عند درجة حرارة ثابتة $25°C$ الذي يسمح بقياس الناقلية النوعية للمزيج في كل لحظة t .

المعطيات:

- $M(C_4H_8O_2) = 88\ g.mol^-$.
- الكتلة الحجمية لإيثانوات الايثيل: $\rho = 0.90\ g.mL^-$.
- الناقليات النوعية المولية الشاردية عند الدرجة $25°C$ بـ $mS.m^2.mol^-$ هي:

$$\lambda_{CH_3CO_2^-} = 4.1\ ,\lambda_{HO^-} = 20.0\ ,\lambda_{Na^+} = 5.0$$

1. نمذج التحول الكيميائي الحادث والذي نعتبره تاماً بالمعادلة الكيميائية التالية:

$$C_4H_8O_2(l) + HO^-(aq) = CH_3CO_2^-(aq) + C_2H_6O(aq)$$

1.1 حدد الأنواع الكيميائية المسؤولة عن ناقلية المزيج.

2.1 كيف تتطور الناقلية النوعية σ للمزيج التفاعلي مع مرور الزمن؟ علل.

3.1 احسب كمية مادة ايثانوات الايثيل الابتدائية n_1 .

4.1 أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل.

2. باعتبار حجم الوسط التفاعلي $V = V_0$ (نهمل V_1 أمام V_0):

1.2 جد عبارة σ_0 الناقلية النوعية الابتدائية للمزيج عند اللحظة $t = 0$ بدلالة C_0 ، λ_{Na^+} و λ_{HO^-}.

2.2 بين بالاعتماد على جدول التقدم أن الناقلية النوعية $\sigma(t)$ للمزيج التفاعلي عند لحظة t، تعطى بالعبارة:

$$\sigma(t) = \left(\frac{\lambda_{CH_3CO_2^-} - \lambda_{HO^-}}{V}\right)x(t) + \sigma_0$$

حيث $x(t)$ يمثل تقدم التفاعل عند اللحظة t.

3. يمثل البيان تطور $x(t)$ بدلالة $\sigma(t)$ المقاسة.

1.3 اعتمادا على البيان حدّد قيمة كل من الناقلية النوعية الابتدائية σ_0 و النهائية σ_f .

2.3 استنتج التركيز المولي C_0 لمحلول هيدروكسيد الصوديوم.

3.3 حدد المتفاعل المحد.

4. هل الاقتراحات التالية صحيحة أم خاطئة؟ علل.

- ✓ السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة $t = 0$ معدومة.
- ✓ السرعة الحجمية للتفاعل في نهايته أعظمية.

5. اذكر العامل الحركي المؤثر في التفاعل.

التمرين 07: دراسة تفاعل الكحول مع شوارد البرمنغنات

تصنف التحولات الكيميائية إلى تامة وغير تامة.

نقترح في هذا التمرين دراسة التحول التام.

نقترح في هذا التمرين دراسة تفاعل الكحول (B) ذي الصيغة المجملة C_3H_8O مع شوارد البرمنغنات MnO_4^{-2} .

المعطيات:

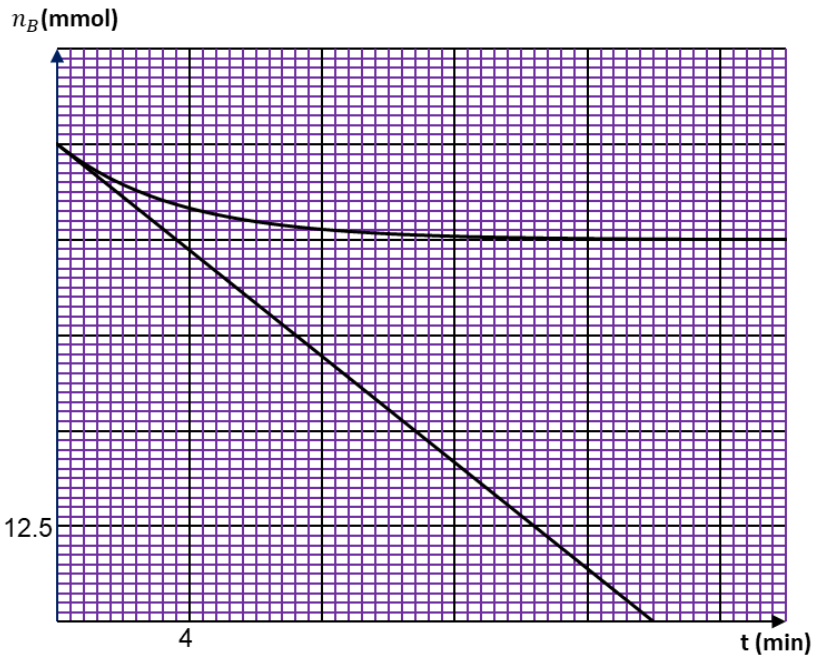
- ✓ الكتلة المولية الجزيئية للكحول .

$$M(B) = 60g.moL^{-}$$

نضع في إيرلينة ماير موضوعة فوق مخلاط مغناطيسي حجما $V_0 = 50\ mL$ من محلول برمنغنات البوتاسيوم $(2K^+(aq) + MnO_4^{-2}(aq))$ تركيزه المولي $C_0 = 0{,}1moL.L^{-}$، المحمض بحمض الكبريت المركز .

في اللحظة $t = 0$ نضيف للمزيج كتلة قدرها $m = 3.75g$ من الكحول (B) ذي الصيغة الجزيئية المجملة C_3H_8O حيث يصبح حجم الوسط التفاعلي $V_T = 60mL$. التحول الكيميائي الحادث بطيء، لنمذجه بالمعادلة الكيميائية:

$$5C_3H_8O(l) + 2MnO_4^{-}(aq) + 6H^+(aq) = 5C_3H_6O(l) + 2Mn^{+2}(aq) + 8H_2O(l)$$



1. عرف كل من المؤكسد والمرجع.
2. بين أن التفاعل الحادث هو تفاعل أكسدة إرجاع، ثم اكتب الثنائيتين (Ox/ Red) المشاركتين في التفاعل.
3. وضح دور حمض الكبريت المركز في هذا التفاعل.
4. أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل واحسب قيمة التقدم الأعظمي x_{max}.
5. المتابعة الزمنية لتطور كمية مادة الكحول (B) ، مكنتنا من رسم المنحنى البياني الممثل أعلاه.

1.5 حدد قيمة التقدم النهائي x_f ثم أثبت أن هذا التفاعل تام.

2.5 عرّف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$، ثم حدد بيانياً قيمته.

3.5 احسب السرعة الحجمية لاختفاء الكحول (B) في اللحظة $t = 0$.

التمرين 08: دراسة فعالية المنظف التجاري وتحديد نسبته المئوية الكتلية

نقرأ على لصيقة قارورة منظف تجاري يحتوي على حمض اللاكتيك ذي الصيغة الجزيئية المعلومات التالية:

- ✓ الكتلة المولية الجزيئية لحمض اللاكتيك : $M(C_3H_6O_3) = 90g.moL^{-}$
- ✓ الكتلة الحجمية للمنظف التجاري: $\rho = 1{,}13\ Kg.L^{-}$.

يُفرغ المنظف التجاري المركز في الجهاز المراد تنظيفه مع التسخين.
يُستعمل هذا المنظف لإزالة الطبقة الكلسية المترسبة على جدران سخان مائي و المشكلة أساسا من كربونات الكالسيوم $CaCO_3(s)$.

من أجل دراسة فعالية هذا المنظف التجاري وتحديد نسبته المئوية الكتلية P%، نحقق التجربة التالية:

1. نُحضّر محلولا (S) حجمه $V_s = 500mL$ وتركيزه المولي C_a مخففا 100 مرة، انطلاقا من المنظف التجاري الذي تركيزه المولي C_0.

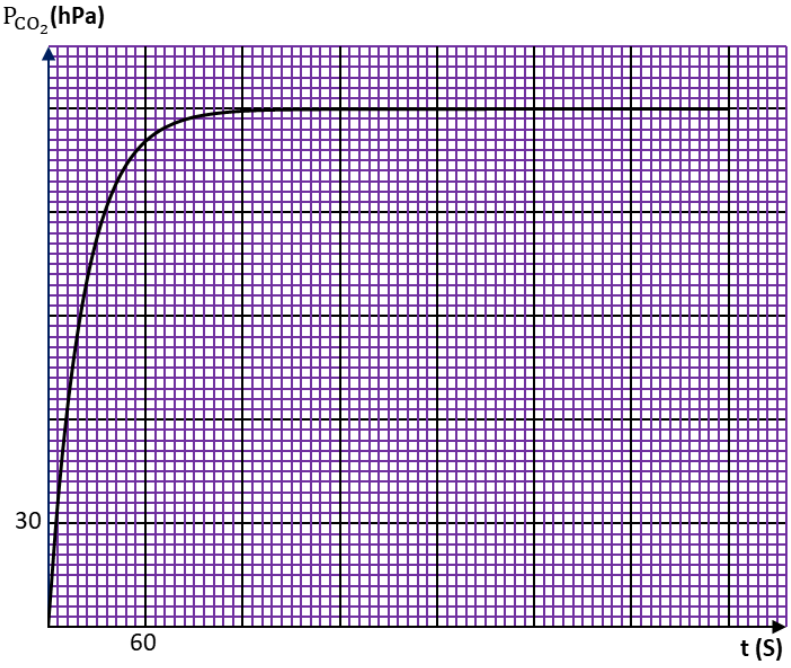
1.1 ما هو حجم المحلول التجاري V_0 الواجب استعماله لتحضير المحلول (S)؟

2.1 اذكر البروتوكول التجريبي اللازم لتحضير المحلول (S).

2. لدراسة حركية تفاعل حمض اللاكتيك مع كربونات الكالسيوم $CaCO_3(s)$ المنمذج بالمعادلة:

$$CaCO_3(s) + 2C_3H_6O_3(aq) = CO_2(g) + Ca^{+2}(aq) + 2C_3H_5O_3^{-}(aq) + H_2O(l)$$

تدخل في دورق حجمه $V = 600mL$، الكتلة $m = 0{,}3g$ من كربونات الكالسيوم $CaCO_3(s)$، ونسكب فيه عند اللحظة $t = 0$ حجما $V = 120mL$ من المحلول (S). نقيس في كل لحظة ضغط غاز ثاني أكسيد الفحم $P(CO_2)$ داخل الدورق عند درجة حرارة ثابتة $25°C$. بواسطة لاقط الضغط لجهاز الـ ExAO تحصلنا على البيان الممثل في الشكل.



1.2 في ظروف التجربة يمكن اعتبار الغاز CO_2 مثالي.

بالاعتماد على جدول التقدم، أوجد عبارة التقدم $x(t)$ للتفاعل عند لحظة t بدلالة: V_{CO_2}، T، $P_{CO_2}(t)$ و R.

2.2 حدد قيمة التقدم النهائي x_f، ثم أثبت أنّ هذا التفاعل تام.

3.2 حدّد بيانيا زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

4.2 خلال عملية إزالة الترسبات الكلسية يُطلب استعمال المنظف التجاري مركزا مع التسخين، ما هو أثر هذين العاملين على المدة الزمنية اللازمة لإزالة الراسب؟ علل إجابتك.

يُعطى: $M(CaCO_3) = 100\ g.moL^{-}$، ثابت الغازات المثالية : $R = 8.314SI$.

التمرين 09: دراسة حركية تفاعل معدن المغنزيوم مع حمض الكلور

ندخل في اللحظة $t = 0$ كتلة قدرها $m = 2g$ من المغنزيوم في بيشر يحتوي على $50mL$ من محلول حمض كلور الهيدروجين $(H_3O^+(aq) + Cl^-(aq))$ تركيزه المولي $C_0 = 10^{-2}mol/L$، فيحدث التحول الكيميائي المنمذج بالمعادلة التالية:

$$Mg\,(s) + 2H_3O^+(aq) = Mg^{2+}(aq) + 2H_2O(l) + H_2(g)$$

1. اكتب المعادلتين النصفيتين الإلكترونيتين للأكسدة والإرجاع ثم استنتج الثنائيتين (Ox / Red) المشاركتين في هذا التحول الكيميائي.

2. إن قياس الـ pH للمحلول الناتج في لحظات مختلفة أعطى النتائج المدونة في الجدول التالي:

t(min)	0	2	4	6	8	10	12	14
pH	2.00	2.12	2.27	2.44	2.66	2.95	3.41	4.36
$[H_3O^+] \times 10^{-3}mol/L$								
$[Mg^{2+}] \times 10^{-3}mol/L$								

أ. أنجز جدول التقدم للتفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث.

ب. بيّن أن المغنزيوم موجود بالزيادة في المحلول.

جـ. بيّن أن التركيز المولي للشوارد Mg^{2+} يعطى في كل لحظة بالعلاقة التالية:

$$[Mg^{2+}](t) = \frac{1}{2}\left(10^{-2} - [H_3O^+](t)\right)$$

ثم أكمل الجدول أعلاه.

د. ارسم في نفس المعلم البيان (1) الموافق لـ $[Mg^{2+}] = f(t)$ والبيان (2) الموافق لـ $[H_3O^+] = g(t)$.

هـ. باستعمال البيان (1) احسب السرعة الحجمية لتشكل شوارد المغنزيوم Mg^{2+} في اللحظة $t = 2min$ ثم استنتج السرعة الحجمية لاختفاء شوارد الهيدرونيوم H_3O^+ عند نفس اللحظة.

و. تأكد من قيمة السرعة الحجمية لاختفاء شوارد الهيدرونيوم H_3O^+ باستعمال المنحنى (2).

3.

أ. عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

ب. احسب التركيز المولي لكل من شوارد الهيدرونيوم وشوارد المغنزيوم في اللحظة $t = t_{1/2}$ ثم استنتج قيمة $t_{1/2}$ بيانيا.

تعطى: الكتلة المولية الذرية للمغنزيوم $M(Mg) = 24\ g/moL$.

التمرين 10: المتابعة الزمنية لتفاعل الأستر مع هيدروكسيد الصوديوم

المعطيات:

$\lambda_{CH_3COO^-} = 4.09\ mS.m^2.moL^-, \lambda_{HO^-} = 19.9\ mS.m^2.moL^-, \lambda_{Na^+} = 5.01\ mS.m^2.moL^-$

بهدف الدراسة الحركية لتفاعل التصبن للأستر E صيغته الجزيئية المجملة $C_4H_8O_2$ ، نمزج في بيشر حجما $V_1 = 100mL$ من محلول الصود $(Na^+(aq) + HO^-(aq))$ تركيزه المولي $C_1 = 0{,}1mol/L$ مع $0{,}01mol$ من الأستر E (سائل نقي) ليصبح حجم الوسط التفاعلي V_T في الدرجة $25°C$.

التفاعل الحادث يمذج بالمعادلة التالية:

$$C_4H_8O_2(l) + HO^-(aq) \rightarrow CH_3CH_2OH(l) + CH_3COO^-(aq)$$

تابعنا تطور هذا التفاعل عن طريق قياس الناقلية G للوسط التفاعلي خلال فترات زمنية مختلفة و سجلنا النتائج في الجدول الآتي:

t(s)	0	30	60	90	120	150	180	210
G(mS)	46,20	18,60	12,40	12,30	11,15	10,80	10,70	10,70

1. فسّر تناقص الناقلية G مع تطور التفاعل.

2. نُسمي K ثابت الخلية و σ الناقلية النوعية حيث $G = K \times \sigma$.

أ. جد عبارة الناقلية G_0 في اللحظة $t = 0$ بدلالة V_T، V_1، C_1، K والناقليات النوعية المولية الشاردية λ_i.

ب. بالاستعانة بجدول تقدم التفاعل بيّن أن عبارة الناقلية G في اللحظة t تعطى بالعلاقة:

$$G = G_0 + \frac{K}{V_T}\left(\lambda_{CH_3COO^-} - \lambda_{HO^-}\right)x$$

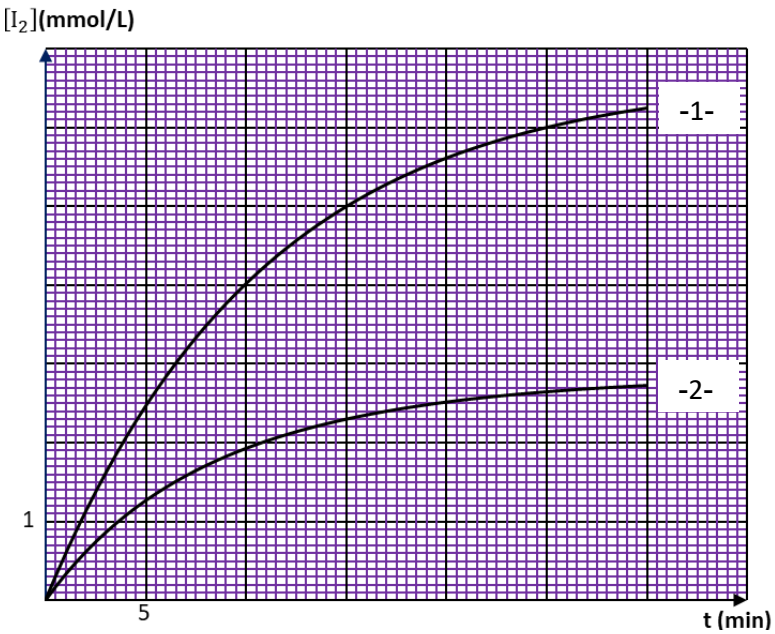
جـ. ارسم على ورقة ملمترية $G = f(t)$ بأخذ سلم الرسم: $1cm \rightarrow 30s$ و $1cm \rightarrow 5mS$.

د. عرّف سرعة التفاعل واحسب قيمتها عند اللحظة $t = 0$ علما أن $\frac{K}{V_T} = 185.5(SI)$

هـ. أثبت أن الناقلية $G(t)$ عند زمن نصف التفاعل تعطى بالعلاقة: $G(t_{1/2}) = \frac{G_0+G_f}{2}$.

استنتج قيمة $t_{1/2}$.

التمرين 11: دراسة حركية التحول الكيميائي التام والبطيء بين محلول يود البوتاسيوم والماء الأكسجيني



لأجل إجراء دراسة حركية التحول الكيميائي التام والبطيء بين محلول يود البوتاسيوم $(K^+(aq) + I^-(aq))$ و الماء الأكسجيني $H_2O_2(aq)$ لهما نفس التركيز المولي $C = 0{,}1\ mol/L$ نحضر في اللحظة $t = 0$ وعند نفس درجة الحرارة المزيجين التاليين:

المزيج الأول: $4mL$ من $H_2O_2(aq)$ و $36mL$ من $(K^+(aq) + I^-(aq))$

المزيج الثاني: $2mL$ من $H_2O_2(aq)$ و $20mL$ من $(K^+(aq) + I^-(aq))$

نضيف لكل مزيج كمية من الماء المقطر وقطرات من حمض الكبريت المركز، فيصبح حجم المزيج التفاعلي لكل منهما $V = 60\ mL$. يمذج التحول الحادث في كل مزيج بالمعادلة الكيميائية التالية:

$$H_2O_2(aq) + 2I^-(aq) + 2H^+(aq) = I_2(aq) + 2H_2O(l)$$

1. اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والارجاع، ثم استنتج الثنائيتين(Ox/ Red) المشاركتين في التفاعل.

.2

أ. احسب كمية المادة الابتدائية للمتفاعلات في كل مزيج.

ب. انشئ جدول التقدم للتفاعل الحادث في المزيج الأول.

.3 البيانان (1) و (2) في الشكل يمثلان على الترتيب تطور تركيز ثنائي اليود المتشكل في كل مزيج بدلالة الزمن.

أ. احسب تركيز ثنائي اليود المتشكل في الحالة النهائية في المزيج الأول.

ب. استنتج من البيان (1) تركيز ثنائي اليود المتشكل في اللحظة $t = 30\ min$.

ج. هل يتوقف التفاعل في المزيج (1) عند $t = 30\ min$؟ علل.

.4

أ. اوجد عبارة السرعة الحجمية لتشكل ثنائي اليود بدلالة التركيز $[I_2]$.

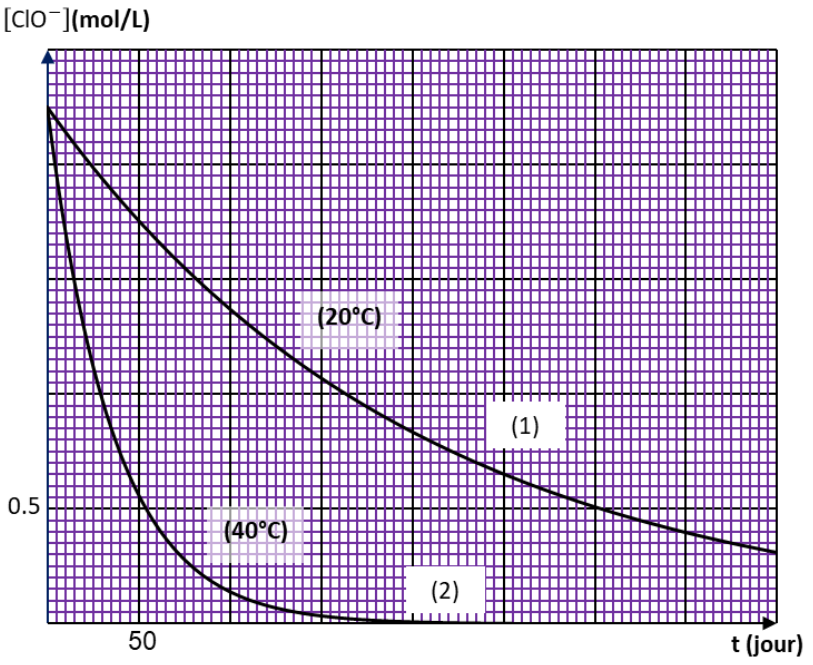
ب. احسب السرعة الحجمية للتفاعل في كلا المزيجين عند اللحظة $t = 10\ min$. ماذا تستنتج؟

التمرين 12: دراسة حركية تفكك ماء الجافيل

نحضر ماء جافيل من تفاعل غاز ثنائي الكلور $Cl_2(g)$ مع محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+(aq) + HO^-(aq))$ بتحول كيميائي تام ينمذج بمعادلة التفاعل التالية:

$$Cl_2(g) + 2HO^-(aq) = ClO^-(q) + Cl^-(aq) + H_2O(l)$$

1. تعرف الدرجة الكلورومترية$(°Chl)$ بأنها توافق عند لترات غاز ثنائي الكلور في الشرطين النظاميين اللازم استعمالها لتحضير لتر واحد من ماء جافيل. بين أن $°Chl = C_0.V_M$ حيث $V_M = 22.4\ L.moL^-$ هو الحجم المولي للغاز و C_0 هو التركيز المولي لماء جافيل.



2. نأخذ العينة (A) من ماء جافيل المحفوظ عند درجة الحرارة $20°C$ تركيزه المولي بشوارد الهيبوكلوريت ClO^- هو C_0 ونمددها 4 مرات ليصبح تركيزه المولي C_1. نأخذ منها حجما $V_1 = 2mL$ ونضيف إليها كمية كافية من يود البوتاسيوم $(K^+(aq) + I^-(aq))$ في وسط حمضي، فيتشكل ثنائي اليود$I_2(aq)$ وفق تفاصل تام ينمذج بالمعادلة التالية:

$$ClO^-(aq) + 2I^-(aq) + 2H_3O^+(aq) = I_2(aq) + Cl^-(aq) + 3H_2O(l)$$

نعاير ثنائي اليود المتشكل في نهاية التفاعل بمحلول ثيوكبريتات الصوديوم $(2K^+(aq) + S_2O_3{}^{-2}(aq))$ تركيزه بالشوارد $S_2O_3{}^{-2}$ هو $C_2 = 10^{-1}\ moL.L^-$ بوجود كاشف ملون (صمغ النشا أو التيودان) فيكون حجم ثيوكبريتات الصوديوم المضاف عند التكافؤ $V_E = 20mL$

تعطى الثنائيتين (ox/red) الداخلتين في تفاعل المعايرة : $(I_2(aq)/I^-(aq))$ و $(S_4O_6{}^{-2}(aq)/S_2O_3{}^{-2}(aq))$

أ. اكتب المعادلتين التصفيتين للأكسدة والإرجاع ثم معادلة التفاعل أكسدة - إرجاع المنمذج لتحول المعايرة.

ب. بين أن:

$$C_1 = \frac{C_2 . V_E}{2 . V_1}$$

ج. احسب C_1 ثم استنتاج C_0 و °Chl

3. يتفكك ماء جافيل وفق تحول تام وبطيء، معادلته الكيميائية: $ClO^-(aq) = 2Cl^-(aq) + O_2(g)$

يمثل الشكل المنحنيين البيانيين لتغيرات تركيز شوارد ClO^- بدلالة الزمن الناتجين عن المتابعة الزمنية لتطور عينتين من ماء جافيل حضرتا بنفس الدرجة الكلوروميترية للعينة (A) عند درجتي الحرارة 20°C بالنسبة للعينة (1) و 40°C بالنسبة للعينة (2). العينتان حديثتا الصنع عند اللحظة $t = 0$.

أ. استنتج بيانيا التركيز الإبتدائي للعينتين (1) و (2) بالشوارد ClO^-

هل العينة (A) السابقة حديثة الصنع ؟

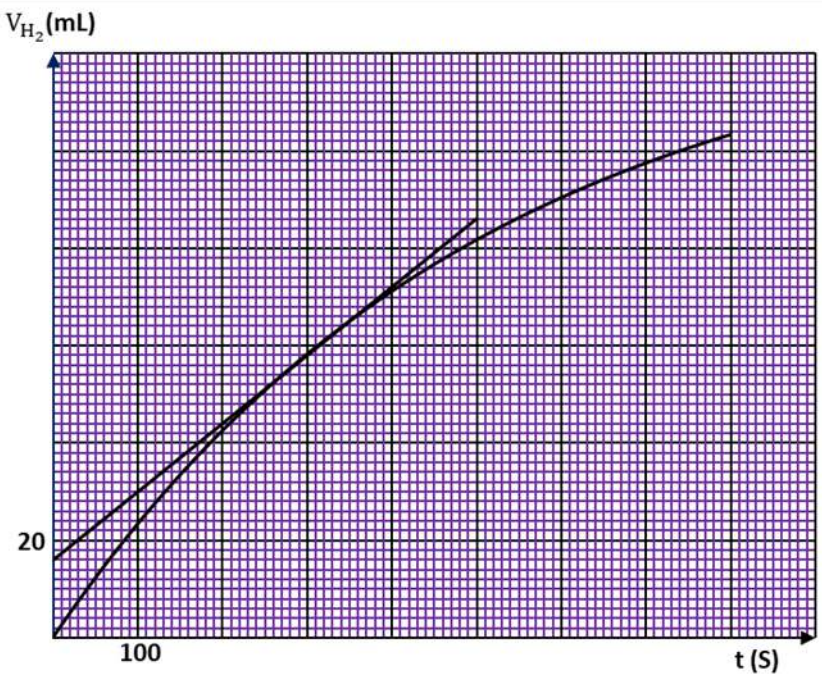
ب. اكتب عبارة السرعة الحجمية الإختفاء الشوارد ClO^-، ثم أحسب قيمتها في اللحظة $t = 50jours$ بالنسبة لكل عينة.

قارن بين القيمتين، ماذا تستنتج؟.

ج. ما هي النتيجة التي تستخلصها من هذه الدراسة للحفاظ على ماء جافيل لمدة أطول؟

التمرين 13: دراسة حركية تفاعل الألمنيوم مع حمض الكلور

يتفاعل محلول حمض كلور الهيدروجين ($H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$) مع الألمنيوم وفق تفاعل تام منتجا غاز ثنائي الهيدروجين وشوارد الألمنيوم (Al^{+3}).



في اللحظة $t = 0$ ندخل عينة كتلتها $m = 0,810\ g$ من حبيبات الألمنيوم في بالون (دورق) يحتوي على حجم $V = 60mL$ من محلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه المولي $C = 0,180\ moL.L^-$. نغلق البالون بسدادة مزودة بأنبوب انطلاق موصول بمقياس غاز مدرج ومنكس في حوض مائي لجمع الغاز الناتج وقياس حجمه في لحظات مختلفة. النتائج المتحصل عليها مكنتنا من رسم البيان الممثل لتطور حجم الغاز المنطلق بدلالة الزمن $V_{H_2} = f(t)$ (الشكل المرفق).

نمذج التحول الكيميائي الحادث بالمعادلة الكيميائية التالية:

$$2Al(s) + 6H_3O^+(aq) = 2Al^{+3}(aq) + 3H_2(g) + H_2O(l)$$

1. اكتب المعادلتين النصفيتين الإلكترونيتين للأكسدة والإرجاع مع تحديد الثنائيتين Ox/Red المشاركتين في التفاعل.

2.

أ. انشئ جدولا لتقدم التفاعل الكيميائي الحادث.

ب. جد قيمة التقدم الأعظمي x_{max} ثم حدد المتفاعل المحد.

3.

أ. جد العلاقة بين تقدم التفاعل $x(t)$ و حجم غاز ثنائي الهيدروجين الناتج $V_{H_2}(t)$.

ب. استنتج حجم غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق عند نهاية التفاعل $V_f(H_2)$.

جـ. بين أن حجم غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق في زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ يعطى بالعلاقة:

$V_{H_2}(t_{1/2}) = \frac{V_f(H_2)}{2}$، ثم استنتج قيمة $t_{1/2}$.

4.

أ. بيّن أن سرعة التفاعل في اللحظة t تعطى بالعلاقة: $v = \frac{1}{3.V_M}\frac{dV_{H_2}}{dt}$

ب. احسب قيمة هذه السرعة في اللحظة $t = 300s$.

المعطيات:

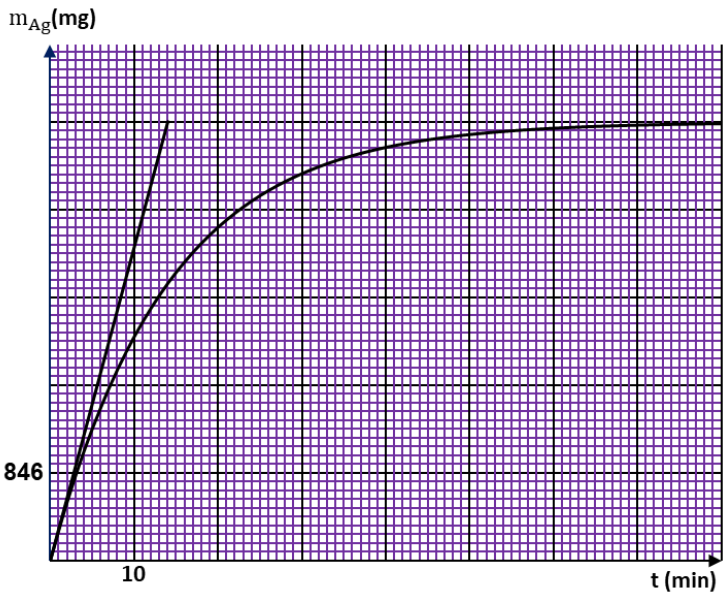
$M(Al) = 27\ g/moL$، الحجم المولي في شروط التجربة $V_M = 24\ L.mol^{-}$.

التمرين 14: دراسة حركية تفاعل النحاس مع نترات الفضة

لدراسة حركية تحول كيميائي تام، غمرنا في لحظة $t = 0$ صفيحة من النحاس كتلتها $m = 3.157g$ في حجم قدره $V = 200\ mL$ من محلول نترات الفضة $(Ag^+(aq) + NO_3(aq))$ تركيزه المولي C_0. سمحت لنا متابعة تطور هذا التحول من رسم البيان الممثل في الشكل الذي يعبر عن تغيرات كتلة الفضة المتشكلة بدلالة الزمن $m_{Ag} = f(t)$.

معادلة التفاعل المنمذج لهذا التحول هي:

$$Cu(s) + 2Ag^+(aq) = Cu^{+2}(aq) + 2\,Ag(s)$$



1. هل التحول الحادث سريع أم بطيء؟ برر إجابتك.

2. حدد الثنائيتين (ox/red) المشاركتين في التفاعل و اكتب عندئذ المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع.

3. أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل واحسب قيمة التقدم الأعظمي x_{max}.

4. احسب C_0 التركيز المولي الابتدائي لمحلول نترات الفضة.

5. جد التركيب المولي (حصيلة المادة) في الحالة النهائية.

6. عَرّف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$، وحدد قيمته بيانياً.

7.

أ. بين أن السرعة اللحظية لتشكل الفضة تعطى بالعبارة:

$$v_{Ag}(t) = \frac{1}{M_{Ag}} \frac{dm_{Ag}(t)}{dt}$$

حيث: m_{Ag} الكتلة المولية للفضة.

ب. احسب سرعة التفاعل في اللحظة $t = 0$.

يعطى: $M(Cu) = 63,5\ g.moL^{-}$ ،$M(Ag) = 108g.moL^{-}$

التمرين 15: دراسة حركية تفاعل برمنغنات البوتاسيوم مع حمض الأوكساليك

عند اللحظة $t = 0$ نمزج حجماً $V_1 = 50mL$ من محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+(aq) + MnO_4^-(aq))$ المحمض تركيزه المولي $C_1 = 0.2moL.L^-$ وحجماً $V_2 = 50mL$ من محلول لحمض الأوكساليك $H_2C_2O_4$ تركيزه المولي C_2 = 0,6 moL/L .

تعطى الثنائيات (Ox/Red) الداخلة في التفاعل: $(CO_2(aq)/H_2C_2O_4(aq))$ و$(MnO_4^-(aq)/Mn^{2+}(aq))$

1. أعط تعريف كل من المؤكسد والمرجع.

2. اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع واستنتج معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية.

3. أنشئ جدول تقدم التفاعل.

4. هل المزيج الابتدائي في الشروط الستوكيومترية للتفاعل؟

5. لمتابعة تطور التفاعل نسجل خلال كل دقيقة التركيز المولي للمزيج بشوارد البرمنغنات MnO_4^- في الجدول التالي:

t(min)	0	1	2	3	4	5	6	7
$[MnO_4^-](\times 10^{-3}mol.l^-)$	100	98	92	60	30	12	5	3

أ. احسب التركيز المولي الابتدائي لـ MnO_4^- و $H_2C_2O_4$ في المزيج.

ب. بين أن التركيز المولي $[Mn^{2+}]$ عند اللحظة (t) يعطى بالعلاقة:

$$[Mn^{2+}](t) = \frac{C_1}{2} - [MnO_4^-]$$

ج. ارسم منحنى تغيرات $[MnO_4^-]$ بدلالة الزمن على ورقة ميليمترية ترفق مع ورقة الإجابة.

د. أوجد عبارة السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة $[MnO_4^-](t)$ ثم احسب قيمتها في اللحظة $t = 2\ min$.

التمرين 16: دراسة حركية تفاعل ماء الأكسجين مع يود البوتاسيوم

لدراسة حركية التفاعل الكيميائي البطيء والتام بين الماء الأكسجيني $H_2O_2(aq)$ ومحلول يود البوتاسيوم+ $(K^+(aq)$ $I^-(aq))$ في وسط حمضي والمنمذج بالمعادلة:

$$H_2O_2(aq) + 2I^-(aq) + 2H_3O^+(aq) = I_2(aq) + 4H_2O(l)$$

مزجنا في بيشر عند اللحظة $t = 0$ ودرجة الحرارة $25°C$ حجما $V_1 = 100mL$ من محلول الماء الأكسجيني تركيزه المولي $C_2 = 6.0 \times 10^{-2}\ moL.L^-$ مع حجم $V_2 = 100mL$ من محلول بود البوتاسيوم تركيزه المولي $C_1 = 4.5 \times 10^{-2}moL.L^-$. و بضع قطرات من محلول حمض الكبريت المركز $(2H_3O^+(aq) + SO_4^{-2}(aq))$.

I.

1. اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع.

2. احسب كميتي المادة $n_0(H_2O_2)$ للماء الأكسجيني و $n_0(I^-)$ الشوارد اليود في المزيج الابتدائي.

3. أعد كتابة جدول التقدم للتفاعل وأكمله.

معادلة التفاعل		$H_2O_2(aq) + 2I^-(aq) + 2H_3O^+(aq) = I_2(aq) + 4H_2O(l)$				
حالة الجملة	التقدم	كميات المادة بـ mol				
الإبتدائية	0			بوفرة		بوفرة
الإنتقالية	x					
النهائية	x_f				3×10^{-2}	

استنتج المتفاعل المحد.

II. لتحديد كمية ثنائي اليود $I_2(aq)$ المتشكلة في لحظات زمنية مختلفة t، نأخذ في كل مرة نفس الحجم من المزيج التفاعلي ونضع فيه(ماء+جليد)وبضع قطرات من صمغ النشاء ونعايره بمحلول لثيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+(aq) + S_2O_3^{-2}(aq))$ معلوم التركيز.

معالجة النتائج المتحصل عليها مكنتنا من رسم المنحنى $x = f(t)$ الممثل لتطور تقدم التفاعل الكيميائي المدروس في المزيج الأصلي بدلالة الزمن (الشكل المقابل).

1.

أ. ما الهدف من إضافة الماء والجليد؟

ب. ضع رسما تخطيطيا للتجهيز التجريبي المستخدم في عملية المعايرة.

2.

أ. عرف واكتب عبارة السرعة الحجمية للتفاعل.

ب. احسب السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظتين $t = 0$ و $t = 9\ min$

جـ. عبر عن سرعة اختفاء شوارد $I^-(aq)$ بدلالة السرعة الحجمية للتفاعل واحسب قيمتها في اللحظة t_1 .

التمرين 17: دراسة حركية تفاعل اليود مع الزنك

وضعنا في بيشر حجما $V_0 = 250\ mL$ من مادة مطهرة تحتوي على ثنائي اليود $I_2(aq)$ بتركيز $C_0 =$ $2.0 \times 10^{-2} mol.L^-$ ثم أضفنا له عند درجة حرارة ثابتة قطعة من معدن الزنك $Zn\ (s)$ كتلتها $m = 0{,}5\ g$.

التحول الكيميائي البطيء والتام الحادث بين ثنائي اليود والزنك ينمذج بتفاعل كيميائي معادلته:

$$Zn(s) + I_2(aq) = Zn^{+2}(aq) + 2I^-(aq)$$

متابعة التحول عن طريق قياس الناقلية النوعية للمزيج التفاعلي في لحظات زمنية مختلفة مكنتنا من الحصول على جدول القياسات التالي:

$t(\times 10^{2-})$	0	1	2	4	6	8	10	12	14	16
$\sigma(S.m^-)$	0	0.18	0.26	0.38	0.45	0.49	0.50	0.51	0.52	0.52

$x(mmol)$										

1. اشرح لماذا يمكن متابعة هذا التحول عن طريق قياس الناقلية النوعية.
2. احسب كمية المادة الابتدائية للمتفاعلين.
3. أنجز جدولا لتقدم التفاعل الحادث.
4.
أ. اكتب عبارة الناقلية النوعية σ للمزيج التفاعلي بدلالة التقدم x.
ب. أكمل الجدول السابق.
جـ. ارسم المنحنى $x = f(t)$.
5.
أ. عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ثم عين قيمته.
ب. جد قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظتين $t_1 = 400s$ و $t_2 = 1000s$
جـ. فسر مجهرياً تطور السرعة الحجمية للتفاعل.

يعطى: $M(Zn) = 65{,}4 g.moL^{-}$ ، $\lambda_{Zn^{+2}} = 10{,}56\ mS.m^2.moL^{-}$ ، $\lambda_{I^-} = 7{,}70\ mS.m^2.moL^{-}$

التمرين 18: دراسة حركية تفاعل محلول حمض الأكساليك مع محلول بيكرومات البوتاسيوم

لدراسة تطور التفاعل الحادث بين محلول حمض الأوكساليك $H_2C_2O_4(aq)$ ومحلول بيكرومات البوتاسيوم $2K^+(aq) + Cr_2O_7^{-2}(aq)$ بدلالة الزمن حضرنا مزيجا تفاعليا يحتوي على حجم $V_1 = 100mL$ من محلول حمض الأوكساليك الذي تركيزه المولي $C_1 = 3.0 \times 10^{-2}\ moL.L^{-}$ وحجم $V_2 = 100mL$ من محلول بيكرومات البوتاسيوم الذي تركيزه المولي $C_2 = 0.8 \times 10^{-2}\ moL.L^{-}$ وبضع قطرات من حمض الكبريت المركز نتابع تطور المزيج التفاعلي من خلال معايرة شوارد الكروم $Cr^{3+}(aq)$ المتشكلة بدلالة الزمن فنحصل على المنحنى البياني (الشكل-1) الذي يمثل تطور التركيز المولي لشوارد الكروم $[Cr^{3+}(aq)]$ بدلالة الزمن.

1. كيف نصنف هذا التفاعل من حيث مدة استغراقه؟
2. اعتمادا على المعطيات والمنحنى البياني أكمل جدول التقدم المميز لهذا التفاعل.

(انقل الجدول الآتي على ورقة الإجابة)

معادلة التفاعل		$H_2C_2O_4(aq) + Cr_2O_7^{-2}(aq) + 8H^+(aq) = 6\,CO_2(g) + 2Cr^{+3}(aq) + 7H_2O(l)$					
حالة الجملة	التقدم	كميات المادة بـ mmoL					
الإبتدائية	0			بزوغة			بزوغة
الإنتقالية	x						
النهائية	x_f				3×10^{-2}		

هل التفاعل تام أم غير تام ؟ لماذا ؟

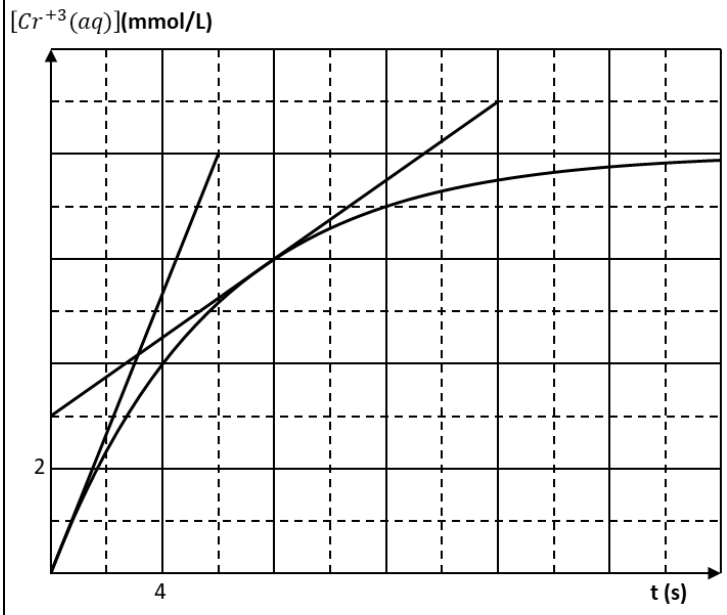
3. عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$، ثم قدر قيمته بيانيا.

4.

أ. عرف السرعة الحجمية v للتفاعل، ثم عبر عنها بدلالة التركيز المولي لشوارد الكروم Cr^{+3} (aq) .

ب. احسب السرعة الحجمية في اللحظتين $t = 0$ و $t =$ 8s .

جـ. فسّر على المستوى المجهري تناقص هذه السرعة مع مرور الزمن.



التمرين 19: الدراسة الحركية لتفاعل محلول يود البوتاسيوم مع الماء الأكسجيني

لأجل الدراسة الحركية لتفاعل محلول يود البوتاسيوم مع الماء الأكسجيني، نحضر في بيشر في اللحظة $t = 0$ المزيج التفاعلي S المشكل من الحجم $V_1 = 368mL$ من محلول يود البوتاسيوم الذي تركيزه المولي : $C_1 = 0.05mol.L^{-}$ و الحجم $V_2 = 32\ mL$ من الماء الأكسجيني الذي تركيزه المولي $C_2 = 0.10\ mol.L^{-}$ وكمية كافية من حمض الكبريت المركز ، فيتم إرجاع الماء الأكسجيني بواسطة شوارد اليود$I^{-}(aq)$ وفق تفاعل بطيء ينتج عنه ثنائي اليود.

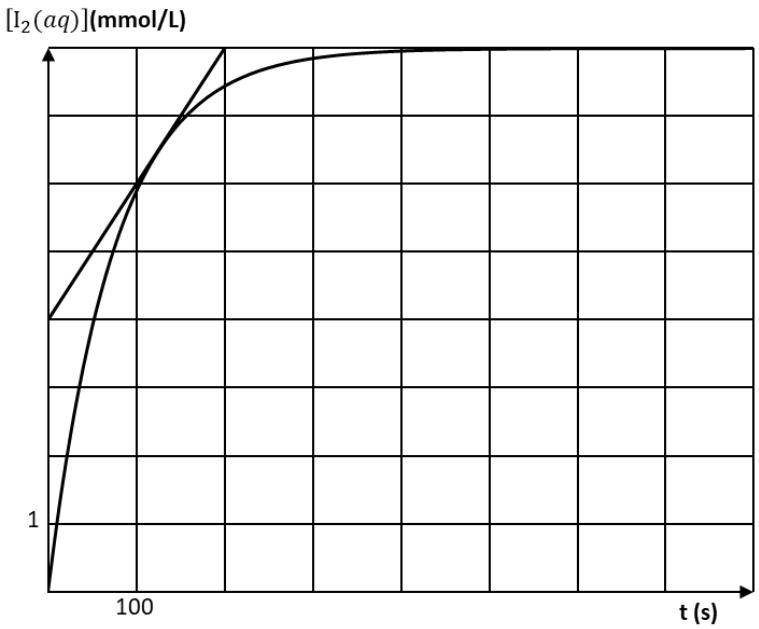
نمذج التفاعل الكيميائي الحادث بالمعادلة الآتية:

$$H_2O_2(aq) + 2I^{-}(aq) + 2H_3O^{+}(aq) = I_2(aq) + 4H_2O(l)$$

نتابع التطور الحركي للتفاعل من خلال قياس التركيز المولي لثنائي اليود المتشكل في لحظات زمنية متعاقبة، وذلك باستعمال طريقة المعايرة اللونية الآتية:

تأخذ في اللحظة t عينة حجمها $V = 40,0mL$ من المزيج التفاعلي، ونسكبها في بيشر يحتوي الجليد المنصهر والنشاء، فيتلون المزيج بالأزرق، بعد ذلك نضيف تدريجيا إلى هذه العينة محلولا مائيا الثيوكبريتات الصوديوم+ $(2Na^{+}(aq)$ $S_2O_3{}^{-2}(aq))$ الذي تركيزه المولي $C_3 = 0.10\ mol.L^{-}$ إلى غاية اختفاء اللون الأزرق باستغلال الحجم V_E لثيوكبريتات الصوديوم المضاف ومعادلة تفاعل المعايرة نستنتج التركيز المولي لثنائي اليود في اللحظة t .

نعيد العملية في لحظات متعاقبة، ثم نرسم تطور التركيز المولي لثنائي اليود $[I_2(aq)]$ المتشكل بدلالة الزمن، فنحصل على المنحنى البياني.



1. ارسم بشكل تخطيطي عملية المعايرة.

ب. ما هي الوسيلة التي نستعملها لأخذ 40mL من المزيج التفاعلي؟

جـ. اكتب معادلة تفاعل المعايرة.

الثنائيتان مرجع مؤكسد المساهمتان في هذا التحول هما $(I_2(aq)/I^-(aq))$ و $(S_4O_6{}^{-2}(aq)/S_2O_3{}^{-2}(aq))$.

2. عرف التكافؤ ، ثم جد العبارة الحرفية الموافقة للتركيز المولي لثنائي اليود $[I_2(aq)]$ بدلالة الحجم V والحجم V_E والتركيز المولي C_3 لثيوكبريتات الصوديوم.

3. انشئ جدولا للتقدم المميز لتفاعل يود البوتاسيوم والماء الأكسجيني وبين أن الماء الأكسجيني هو المتفاعل المحد.

4. عرف v السرعة الحجمية للتفاعل، ثم احسب قيمتها في اللحظة $t = 100s$.

5. جد بيانيا زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

التمرين 20: الدراسة الحركية لتفكك الماء الأكسيجيني ذاتيا

يعرف محلول بيروكسيد الهيدروجين بالماء الأكسجيني، الذي يستعمل في تطهير الجروح وتنظيف العدسات اللاصقة وكذلك في التبييض.

يتفكك الماء الأكسجيني ذاتيا وفق التفاعل المنمذج بالمعادلة الكيميائية التالية:

$$2H_2O_2(aq) = 2H_2O(l) + O_2(g)$$

1. أقترح على التلاميذ في حصة الأعمال التطبيقية دراسة حركية التحول السابق.

وضع الأستاذ في متناولهم المواد والوسائل التالية:

قارورة تحتوي على 500 mL من الماء الأكسجيني S_0 منتج حديثا كتب عليها ماء أكسجيني 10V (كل 1L من الماء الأكسجيني يحرر 10L من غاز ثنائي الأكسجين في الشرطين النظاميين، الحجم المولي $V_M = 22.4L/moL$).

الزجاجيات:

- ✓ حوجلات عيارية: 50mL، 100mL، 200 mL، 250 mL.
- ✓ ماصات عيارية : 1mL، 5mL، 10mL و إجاصة مص.
- ✓ سحاحة مدرجة سعتها 50mL.
- ✓ بيشر سعته: 250 mL.

- قارورة محلول برمنغنات البوتاسيوم محضر حديثا تركيزه المولي بشوارد البرمنغنات $C' = 2.0 \times 10^{-3}moL/L$.
- ماء مقطر.
- قارورة حمض الكبريت المركز 98%.
- حامل.

قام الأستاذ بتفويج التلاميذ إلى أربع مجموعات مصغرة (A، B، C، D) ثم طلب منهم القيام بما يلي:

أولا: تحضير محلول S بحجم 200 mL أي بتمديد عينة من المحلول S_0 40 مرة.

1. ضع بروتوكولا تجريبيا لتحضير المحلول S.

2. أنشئ جدولا لتقدم التفاعل. (تفكك الماء الأكسجيني).

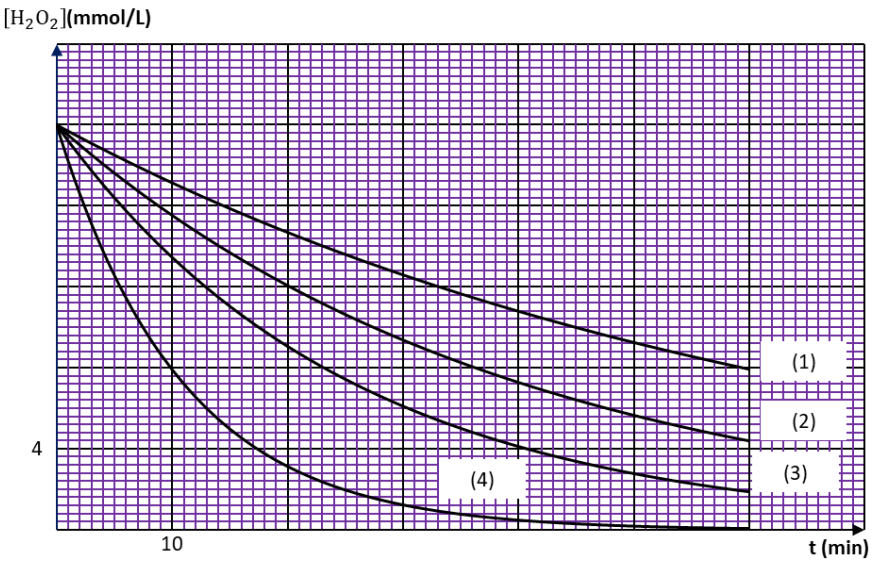
3. احسب التركيز المولي للمحلول S_0. استنتج التركيز المولي للمحلول S.

ثانيا: تأخذ كل مجموعة حجما من المحلول S، وتضيف إليه حجما معينا من محلول يحتوي على شوارد الحديد الثلاثي كوسيط وفق الجدول التالي:

رمز المجموعة	A	B	C	D
حجم الوسيط المضاف(mL)	1	5	0	2
حجم H_2O_2(mL)	49	45	50	48
حجم الوسط التفاعلي(mL)	50	50	50	50

1. ما دور الوسيط ؟ ما نوع الوساطة ؟

2. تأخذ كل مجموعة في لحظات زمنية مختلفة، حجما مقداره 10 mL من الوسط التفاعلي الخاص بها ويوضع في الماء البارد والجليد وتجرى له عملية المعايرة بمحلول برمنغانات البوتاسيوم المحمضة (بإضافة قطرات من حمض الكبريت المركز).



أ. ما الغرض من استعمال الماء البارد والجليد ؟

3. سمحت عمليات المعايرة برسم المنحنيات البيانية (الشكل 1).

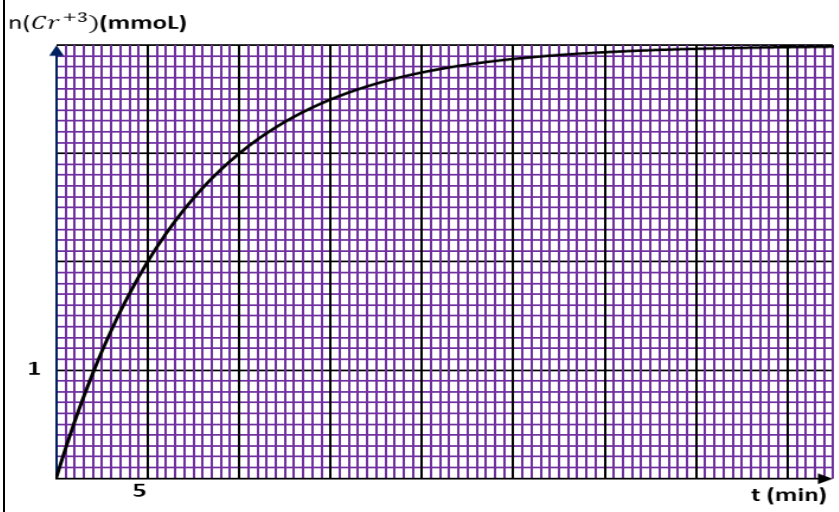
أ. حدد البيان الخاص بكل مجموعة.

ب. أوجد من البيان التركيز المولي للمحلول S المعايَر.

استنتج التركيز المولي للمحلول S_0.

جـ. هل النتائج المتوصل إليها متطابقة مع ما هو مسجل على القارورة؟

التمرين 21: دراسة حركية تفاعل شوارد البيكرومات ومحلول حمض الأوكساليك



لدراسة تطور حركية التحول بين شوارد البيكرومات $Cr_2O_7^{-2}(aq)$ ومحلول حمض الأوكساليك $C_2H_2O_4(aq)$.

نمزج في اللحظة $t = 0$ حجما $V_1 =$ 40mL من محلول بيكرومات البوتاسيوم $\left(2K^+(aq) + Cr_2O_7^{-2}(aq)\right)$ تركيزه المولي $C_1 = 0.2\ mol/L$ مع حجم $V_2 =$ 60 mL من محلول حمض الأوكساليك تركيزه المولي مجهول C_2.

1. إذا كانت الثنائيتان المشاركتان في التفاعل هما $(CO_2(aq)/C_2H_2O_4(aq))$ و$\left(Cr_2O_7^{-2}(aq)/Cr^{+3}(aq)\right)$

أ. اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل أكسدة - إرجاع المنمذج للتحول الكيميائي الحادث.

ب. أنشئ جدولا لتقدم التفاعل.

2. يمثل الشكل 1 المنحنى البياني لتطور كمية مادة $Cr^{+3}(aq)$ بدلالة الزمن.

اوجد من البيان:

أ. سرعة تشكل شوارد $Cr^{+3}(aq)$ في اللحظة $t = 20\ min$.

ب. التقدم النهائي للتفاعل.

جـ. زمن نصف التفاعل $t_{/2}$.

3.

أ. باعتبار التحول تاما عين المتفاعل المحد.

ب. أوجد التركيز المولي لمحلول حمض الأوكساليك C_2.

التمرين 22: متابعة التطور الزمني للتحول الكيميائي بين محلول حمض كلور الهيدروجين ومعدن الزنك

لمتابعة التطور الزمني للتحول الكيميائي الحاصل بين محلول حمض كلور الهيدروجين ومعدن الزنك، الذي يُنمذج بتفاعل كيميائي ذي المعادلة $Zn(s) + 2H^+(aq) = Zn^{+2}(aq) + H_2(g)$ ندخل في اللحظة $t = 0$ كتلة $m = 1.0g$ من معدن الزنك في دورق به $V = 40mL$ من محلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه المولي $C =$ $5{,}0 \times 10^{-1} moL$.

تعتبر حجم الوسط التفاعلي ثابتا خلال مدة التحول وأن الحجم المولي للغاز في شروط التجربة:

$V_M = 25\ L/moL$

نقيس حجم غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق في نفس الشرطين من الضغط ودرجة الحرارة، ندون النتائج في الجدول التالي:

t(s)	0	50	100	150	200	250	300	400	500	750
$V_{H_2}(mL)$	0	36	64	86	104	120	132	154	170	200
x(moL)										

1. أنجز جدولا لتقدم التفاعل واستنتج العلاقة بين التقدم x وحجم غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق V_{H_2}.

2. أكمل الجدول أعلاه.

3. مثل البيان $x = f(t)$ باعتماد سلم الرسم التالي:

$$1cm \longrightarrow 100s$$
$$1cm \rightarrow 1.0 \times 10^{-3}\ moL$$

4. احسب قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظتين: $t_1 = 100s\ ;t_2 = 400s$

كيف تتطور هذه السرعة مع الزمن؟ علل.

5. أن التحول الكيميائي السابق تحول تام:

أ. احسب التقدم الأعظمي x_{max} واستنتج المتفاعل المحد.

ب. عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ و أوجد قيمته.

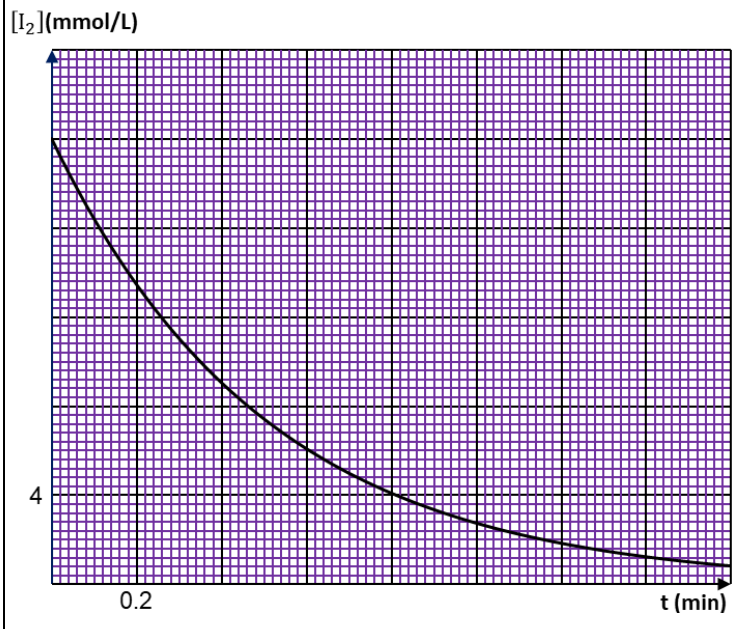
يعطى: $M\ (Zn) = 65\ g/moL$

التمرين 23: الدراسة الحركية لتفاعل الزنك مع ثنائي اليود

نأخذ عينة من منظف طبي للجروح عبارة عن سائل يحتوي أساسا على ثنائي اليود $I_2(aq)$ تركيزه المولي C_0، نضيف إليها قطعة من الزنك $Zn(s)$ فنلاحظ تناقص الشدة اللونية للمنظف.

1. اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث، علما أن الثنائيتين الداخلتين في التفاعل هما: $(I_2(aq)/I^-(aq))$ و $(Zn^{+2}(aq)/Zn(s))$.

2. التجربة الأولى: عند درجة الحرارة $20°C$ نضيف إلى حجم $50mL$ من المنظف قطعة من $Zn(s)$ و نتابع عن طريق المعايرة تغيرات $[I_2](aq)$ بدلالة الزمن: فنحصل على البيان $[I_2](aq) = f(t)$ (الشكل 1).



أ. اقترح بروتوكولا تجريبيا للمعايرة المطلوبة مع رسم الشكل التخطيطي.

ب. عرف السرعة الحجمية لاختفاء I_2 مبينا طريقة حسابها بيانيا.

ج. كيف تتطور السرعة الحجمية لاختفاء I_2 مع الزمن؟ فسر ذلك.

3. التجربة الثانية: نأخذ نفس الحجم V من نفس العينة عند الدرجة $20\ °C$، نضعها في حوجلة عيارية سعتها $100\ mL$ ثم نكمل الحجم بواسطة الماء المقطر إلى خط العيار ونسكب محتواها في بيشر ونضيف إلى المحلول قطعة من الزنك.

توقع شكل البيان (2) $[I_2] = g(t)$ وارسمه كيفيا، في نفس المعلم مع البيان (1) للتجربة الأولى. علل.

4. التجربة الثالثة: نأخذ نفس الحجم V من نفس العينة، ترفع درجة الحرارة إلى $80°C$، توقع شكل البيان (3) $[I_2] = h(t)$ وارسمه كيفيا في نفس المعلم السابق.

5. ما هي العوامل الحركية التي تبرزها هذه التجارب؟ ماذا تستنتج؟

التمرين 24: دراسة التحول الكيميائي الذي يحدث بين شوارد البيروكسو ديكبريتات وشوارد اليود

يمذج التحول الكيميائي الذي يحدث بين شوارد البيروكسو ديكبريتات $(S_2O_8^{-2})$ وشوارد اليود (I^-) في الوسط المائي بتفاعل تام معادلته:

$$S_2O_8^{-2}(aq) + I^-(aq) = 2SO_4^{2-}(aq) + I_2(aq)$$

I. لدراسة تطور هذا التفاعل في درجة حرارة ثابتة $(\theta = 35\ °C)$ بدلالة الزمن، نمزج في اللحظة $(t = 0)$ حجما $V_1 = 100\ mL$ من محلول مائي لبيروكسو ديكبريتات البوتاسيوم $\left(2K^+(aq) + S_2O_8^{-2}(aq)\right)$ تركيزه المولي $C_1 =$ مع حجم $V_2 = 100\ mL$ من محلول مائي ليود البوتاسيوم $(K^+ + I^-)$ تركيزه المولي $C_2 = 4{,}0 \times 10^{-2}\ mol/L$ فنحصل على مزيج حجمه $8{,}0 \times 10^{-2}\ moL/L$ $V_T = 200\ mL$.

أ. أنشئ جدولا لتقدم التفاعل الحاصل.

ب. أكتب عبارة التركيز المولي $[S_2O_8^{-2}]$ الشوارد البيروكسوديكبريتات في المزيج خلال التفاعل بدلالة:

C_1 ، V_2 ، V_1 و $[I_2]$ التركيز المولي لثنائي اليود (I_2) في المزيج.

ج. أحسب قيمة $[S_2O_8^{-2}]_0$ التركيز المولي لشوارد البيروكسو ديكبريتات في اللحظة $(t = 0)$ لحظة انطلاق التفاعل بين شوارد $(S_2O_8^{-2})$ وشوارد (I^-).

II. لمتابعة التركيز المولي لثنائي اليود المتشكل بدلالة الزمن. نأخذ في أزمنة مختلفة : $t_1, t_2, t_3 \ldots . t_i$ عينات من المزيج حجم كل عينة $V_0 = 10mL$ ونبردها مباشرة بالماء البارد والجليد وبعدها نعاير ثنائي اليود المتشكل خلال المدة t_1 بواسطة محلول مائي لثيوكبريتات الصوديوم $\left(2Na^+(aq) + S_2O_3^{-2}(aq)\right)$ تركيزه المولي $C' = 1.5 \times 10^{-2}\ mol/L$ وفي كل مرة نسجل V' حجم محلول ثيوكبريتات الصوديوم اللازم لاختفاء ثنائي اليود فنحصل على جدول القياسات التالي:

t(min)	0	5	10	15	20	30	45	60
V′(mL)	0	4.0	6.7	8.7	10.4	13.1	15.3	16.7
$[I_2](mmol/L)$								

أ. لماذا تبرد العينات مباشرة بعد فصلها عن المزيج ؟

ب. في تفاعل المعايرة تتدخل الثنائيتان: $(I_2(aq)/I^-(aq))$،$(S_4O_6^{-2}(aq)/S_2O_3^{-2}(aq))$

أكتب المعادلة الإجمالية لتفاعل الأكسدة - إرجاع الحاصل بين الثنائيتين.

ج. بين مستعينا بجدول التقدم لتفاعل المعايرة أن التركيز المولي لثنائي اليود في العينة عند نقطة التكافؤ يعطى بالعلاقة:

$$[I_2] = \frac{1}{2}\frac{C' \times V'}{V_0}$$

د. أكمل جدول القياسات.

ه. ارسم على ورقة ميليمترية البيان $[I_2] = f(t)$.

و. أحسب بيانيا السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة $(t = 20min)$.

التمرين 25: دراسة تطور التحول الكيميائي التام لتأثير حمض كلور الماء على كربونات الكالسيوم

بهدف نتابع تطور التحول الكيميائي التام لتأثير حمض كلور الماء $(H^+ + Cl^-)$ على كربونات الكالسيوم.

نضع قطعة كتلتها 2,0g من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ داخل 100 mL من حمض كلور الماء تركيزه المولي $C = 1.0 \times 10^{-1}\ mol/L$

الطريقة الأولى:

نقيس ضغط غاز ثنائي أوكسيد الكربون المنطلق والمحجوز في دورق حجمه لتر واحد (1L) تحت درجة حرارة ثابتة $T = 25°C$ ، فكانت النتائج المدونة في الجدول التالي:

t(s)	20	60	100
$P_{CO_2}(Pa)$	2280	5560	7170
$n_{CO_2}(moL)$			
x(moL)			

المعادلة الكيميائية المعبرة عن التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي السابق:

$$CaCO_3(s) + 2H^+(aq) = CO_2(g) + Ca^{+2}(aq) + H_2O(l)$$

1. أنشئ جدولا التقدم التفاعل السابق.
2. ما العلاقة بين (n_{CO_2}) كمية مادة الغاز المنطلق و (x) تقدم التفاعل؟
3. بتطبيق قانون الغاز المثالي والذي يعمل بالشكل $(P.V = n.R.T)$ ، اكمل الجدول السابق.
4. مثل بيان الدالة $x = f(t)$.

يعطى $R = 8.31\ SI$ ، $1L = 10^{-3}m^3$

الطريقة الثانية:

II. تتبع قيمة تركيز شوارد الهيدروجين (H^+) في وسط التفاعل بدلالة الزمن أعطت النتائج المدونة في الجدول التالي:

t(s)	20	60	100
$[H^+](mol.L^-)$	0.080	0.056	0.040
$n_{H^+}(moL)$			
x(moL)			

1. احسب n_{H^+} كمية شوارد الهيدروجين في كل لحظة.
2. مستعينا بجدول تقدم التفاعل، أوجد العبارة الحرفية التي تعطي (n_{H^+})بدلالة التقدم (x) وكمية المادة الابتدائية (n_0) لشوارد الهيدروجين الموجبة.
3. احسب قيمة التقدم x في كل لحظة.
4. انشىء البيان $x = f(t)$ ماذا تستنتج؟
5. حدد المتفاعل المحد
6. استنتج $t_{1/2}$ زمن نصف التفاعل.

7. أحسب السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة $t = 50s$.

$$M(0) = 16g/moL\,,M(C) = 12g/moL\,,M(Ca) = 40g/moL$$

التمرين 26: دراسة تفكك الماء الأوكسيجيني

ندرس تفكك الماء الأوكسجيني (H_2O_2)، عند درجة حرارة ثابتة $\theta = 12°C$، وفي وجود وسيط مناسب نمذج التحول الكيميائي الحاصل بتفاعل كيميائي معادلته :

$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

نعتبر أن حجم المحلول يبقى ثابتا خلال مدة التحول، وأن الحجم المولي للغاز في شروط التجربة $(V_M = 24L/moL)$.

نأخذ في اللحظة $t = 0s$ حجما $V_s = 500mL$ من الماء الأوكسجيني تركيزه المولي الابتدائي $[H_2O_2]_0 = 8.0 \times 10^{-2}moL/L$.

نجمع ثنائي الأوكسجين المتشكل ونقيس حجمه (V_{O_2}) تحت ضغط ثابت كل أربع دقائق، ونسجل النتائج كما في الجدول التالي:

t(min)	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
V_{O_2} (mL)	0	60	114	162	204	234	253	276	288	294	300
$[H_2O_2]$ mol/L											

1. أنشئ جدولا لتقدم التفاعل الكيميائي الحاصل.
2. اكتب عبارة التركيز المولي $[H_2O_2]$ للماء الأوكسجيني في اللحظة t بدلالة: $[H_2O_2]_0$، V_M، V_s، V_{O_2}
3.
أ. أكمل الجدول السابق.

ب. ارسم المنحنى البياني $[H_2O_2] = f(t)$ باستعمال سلم رسم مناسب

جـ. أعط عبارة السرعة الحجمية للتفاعل الكيميائي.

د. احسب سرعة التفاعل الكيميائي في اللحظتين $t = 16min$ و $t = 24min$. واستنتج كيف تتغير سرعة التفاعل مع الزمن.

هـ. عين زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ بيانيا.

4. إذا أجريت التجربة السابقة في الدرجة $\theta' = 35°C$، ارسم كيفيا شكل منحنى تغير $[H_2O_2]$ بدلالة الزمن على البيان السابق مع التبرير.

التمرين 27: دراسة التحول الكيميائي الذي يحدث للجملة (مغنزيوم صلب، محلول حمض كلور الماء)

في حصة للأعمال المخبرية، أراد فوج من التلاميذ دراسة التحول الكيميائي الذي يحدث للجملة (مغنزيوم صلب، محلول حمض كلور الماء). فوضع أحد التلاميذ شريطا من المغنزيوم $Mg(s)$ كتلته $m = 36mg$ في دورق، ثم أضاف إليه محلولا لحمض كلور الماء بزيادة حجمه 30 mL، و سد الدورق بعد أن أوصله بتجهيز يسمح بحجز الغاز المنطلق وقياس حجمه من لحظة لأخرى.

1. مثل مخططا للتجربة، مع شرح الطريقة التي تسمح للتلاميذ بحجز الغاز المنطلق، وقياس حجمه والكشف عنه.

2. أكتب معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج للتحول الكيميائي التام الحادث في الدورق علما أن الثنائيتين المشاركتين هما: $(Mg^{2+}(aq)/Mg(s))$،$(H^{+}(aq)/H_2(g))$

3. يمثل الجدول الآتي نتائج القياسات التي حصل عليها الفوج:

t(min)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
$V(H_2)(mL)$	0	12.0	19.2	25.2	28.8	32.4	34.8	36.0	37.2	37.2

أ. مثل جدولا لتقدم التفاعل، ثم استنتج قيم تقدم التفاعل x في الأزمنة المبينة في الجدول

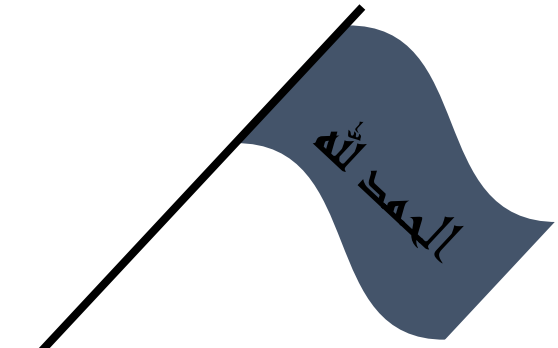
ب. املا الجدول ثم مثل البيان $x = f(t)$ بسلم مناسب.

جـ. عين سرعة التفاعل في اللحظة $t = 0$.

4. للوسط التفاعلي في الحالة النهائية pH=1، استنتج التركيز المولي الإبتدائي لمحلول حمض كلور الماء المستعمل.

يعطى:

- الحجم المولي للغاز في شروط التجربة $V_M = 24\ L/moL$
- الكتلة المولية الذرية للمغنزيوم $M(Mg) = 24\ g/moL$



بالتوفيق لطلبتنا في الباكالوريا

عن أنس رضي الله عنه، قال رسول الله صلى الله عليه و سلم

من خرج في طلب العلم كان في سبيل الله حتى يرجع

رواه الترميذي