الجزء الثاني: (07 نقاط)

التمرين التجريبي: (07 نقاط)

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

يستعمل حمض اللاكتيك $(C_3H_6O_3)$ كمادة مضافة في الصناعات الغذائية وفي الصيدلة ضد بعض أمراض الجلد كما يستعمل في التخلص من الترسبات التي تتشكل خلال الاستعمال المتكرر للأواني مثل آلة تحضير القهوة وهو 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 ومراقبة جودة الحليب.

معطيات:

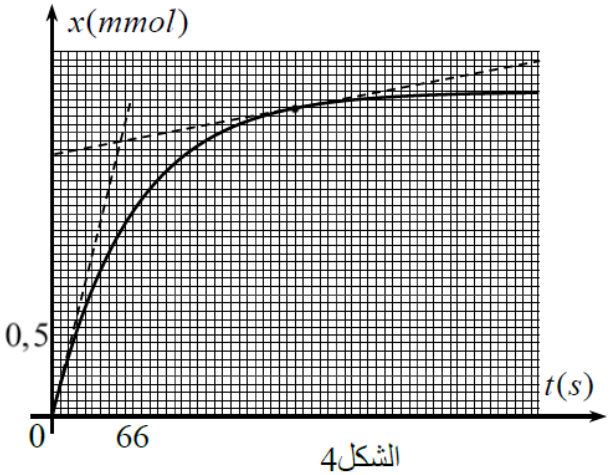
- الكتلة المولية الجزيئية لكربونات الكالسيوم: $M(CaCO_3) = 100\ g \cdot mol^{-1}$ ؛
- نرمز لحمض اللاكتيك بـ AH ولأساسه المرافق بـ A^- ؛
- الكتلة المولية الجزيئية لحمض اللاكتيك: $M(C_3H_6O_3) = 90\ g \cdot mol^{-1}$.

أ- دراسة المدة الزمنية اللازمة للتخلص من الترسبات

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

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

ندخل كتلة m من $CaCO_3(s)$ في بالون يحتوي على محلول AH حجمه $V = 10\ mL$ تركيزه المولي $c = 5,8\ mol \cdot L^{-1}$ ، عند درجة حرارة ثابتة $25°C$.



الشكل4

1. سمحت المتابعة الزمنية للتفاعل بالحصول على البيان الممثل لتطور تقدم التفاعل x بدلالة الزمن t (الشكل4).
   1.1. هل التفاعل الحادث سريع أم بطيء؟ علّل.
   2.1. أنشئ جدولا لتقدم التفاعل واستنتج المتفاعل المُحِد.
   3.1. احسب قيمة m كتلة كربونات الكالسيوم المستعملة.
2. حدِّد لحظة توقف التفاعل.
3. كيف تتأكد ماكروسكوبيا (عيانيا) من توقف التفاعل؟

4. السرعة الحجمية للتفاعل:

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

2.4. كيف تتطور هذه السرعة بمرور الزمن؟ فسِّر 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" علّل.

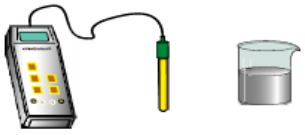
ب-مراقبة جودة الحليب

....

التمرين 02

في محلول مائي، و عند درجة الحرارة $T = 20°C$ ، يتفاعل الماء الأوكسيجيني مع شوارد اليود $I^-_{(aq)}$ وفق المعادلة الكيميائية التالية: $H_2O_2\,(aq) + 2I^-(aq) + 2H_3O^+(aq) = I_2(aq) + 4H_2O(\ell)$

المحلول المائي لثنائي اليود $I_2(aq)$ يتميز بلون بني في حين المحلول المائي ليود الهيدروجين $(H_3O^+(aq) + I^-(aq))$ عديم اللون .

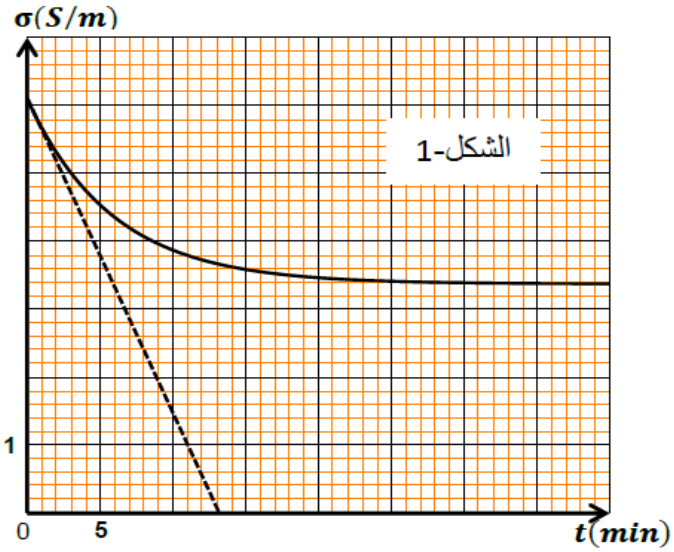


عند اللحظة $t = 0$ نحضر مزيجا تفاعليا و ذلك بمزج:

- حجم $V_1 = 5{,}0.10^{-5}\ m^3$ من الماء الأوكسيجيني تركيزه المولي $C_1 = 56\ mol/m^3$.
- حجم $V_2 = 5{,}0.10^{-5}\ m^3$ من محلول يود البوتاسيوم $(K^+(aq) + I^-(aq))$ تركيزه المولي $C_2 = 2 \times 10^2\ mol/m^3$.
- حجم $V_3 = 1{,}0.10^{-6}\ m^3$ من محلول حمض الكبريت $(2H_3O^+(aq) + SO_4^{2-}(aq))$ تركيزه المولي $C_3 = 6 \times 10^3\ mol/m^3$.

يعطى : $\lambda_{SO_4^{2-}} = 8 \times 10^{-3} S.m^2/mol$ ، $\lambda_{K^+} = 7{,}35 \times 10^{-3} S.m^2/mol$

$\lambda_{I^-} = 7{,}68 \times 10^{-3} S.m^2/mol$ ، $\lambda_{H_3O^+} = 35 \times 10^{-3} S.m^2/mol$



1) كيف يمكن التأكد تجريبيا بأن التفاعل بطيء ؟
2) من خلال معادلة التفاعل، تعرف على الثنائيتين Ox/Red المتدخلتين في هذا التفاعل.
3) تحقق أن $n_0(H_2O_2) = 2{,}8 \times 10^{-3} mol$ و $n_0(I^-) = 1{,}0 \times 10^{-2} mol$ و $n_0(H_3O^+) = 1{,}2 \times 10^{-2} mol$.
4) انجز جدولا لتقدم التفاعل الكيميائي ثم حدد التقدم الأعظمي x_{max} .
5) باستغلال جدول التقدم بين أن الناقلية النوعية في المزيج عند اللحظة t تحقق العلاقة $\sigma = 6{,}1 - 845x$ حيث x تقدم التفاعل بالمول (mol) . σ الناقلية النوعية (S/m) .
6) استنتج σ_f الناقلية النوعية في نهاية التحول .
7) يمثل المنحنى (الشكل-1) تغيرات الناقلية النوعية بدلالة الزمن $\sigma = f\,(t)$.
أ) حدد زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.
ب) بين أن عبارة السرعة الحجمية للتفاعل تكتب على الشكل $v_{vol} = -\frac{1}{845V_T}\frac{d\sigma}{dt}$.
ج) احسب بالوحدة $mol.m^{-3}.\min^{-1}$ قيمة السرعة الحجمية عند $t = 0$.

التّمرين التّجريبي: (07 نقاط)

أ-دراسة المدة الزمنية اللازمة للتخلص من التّرسبات.

.1

.1.1 التّفاعل بطيء (استغرق عدة دقائق)

.2.1 جدول التّقدم

	$CaCO_3(s) + 2AH(aq) = Ca^{2+}(aq) + 2A^-(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$					
ح إ	n_0	cV	0	0	0	التقدم
ح و	$n_0 - x$	$cV - 2x$	x	$2x$	x	
ح ن	$n_0 - x_{max}$	$cV - 2x_{max}$	x_{max}	$2x_{max}$	x_{max}	

- استنتاج المتفاعل المحد

من المنحنى البياني: $x_{max} = 2\,mmol = 2\times10^{-3}\,mol$

$$n_f(AH) = cV - 2x_{max}$$

$$n_f(AH) = 5,8\times0,01 - 2\times2\times10^{-3} = 0,054mol \neq 0$$

ومنه المتفاعل المحد هو: $CaCO_3$

.3.1 حساب الكتلة m:

$$\frac{m}{M} - x_{max} = 0$$

$$m = M \cdot x_{max} = 0,2\,g$$

.2 يتوقف التّفاعل بعد مدة قدرها $330\,s$ (تقبل القيمة $323s \le t \le 337s$)

.3 عند توقف انطلاق الفقاعات الغازية.

.4

.1.4 عبارة السرعة الحجمية للتفاعل: $v_{vol} = \frac{1}{V}\frac{dx}{dt}$

$v_0 \approx 3\times10^{-3}\ mol\times L^{-1}\cdot s^{-1}$ ، $v_1 \approx 0,15\times10^{-3}\ mol\cdot L^{-1}\cdot s^{-1}$

.2.4 لدينا $v_1 < v_0$ إذن السرعة تتناقص بمرور الزمن.

بمرور الزمن تتناقص عدد الأفراد المتفاعلة مما يؤدي إلى تناقص عدد التّصادمات الفعالة.

.5 مدة التّنظيف أقل (التّركيز عامل حركي).

التمرين 02

1) كيف يمكن التأكد تجريبيا بأن التفاعل بطيء ؟
وذلك ظهور اللون البني ل I_2 تدريجيا أو نضيف قطرات من محلول التيودان .

2) الثنائيتين Ox/Red المتدخلتين في هذا التفاعل.
(H_2O_2/H_2O) و (I_2/I^-) .

3) تحقق أن $n_0(H_2O_2) = 2,8\times10^{-3}mol$ و $n_0(I^-) = 1,0\times10^{-2}mol$ و
$n_0(H_3O^+) = 6\times10^{-3}mol$.

$$n_0(H_2O_2) = C_1V_1 = 56\times5,0.10^{-5} = 2,8\times10^{-3}mol$$

$$n_0(I^-) = C_2V_2 = 2\times10^2\times5{,}0.10^{-5} = \boxed{1{,}0\times10^{-2}mol}$$

$$H_2SO_4 + H_2O = 2H_3O^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$
$$C_3V_3 \qquad 2C_3V_3 \qquad C_3V_3$$
$$n_0(H_3O^+) = 2C_3V_3 = 12\times10^3\times1{,}0.10^{-6} = \boxed{1{,}2\times10^{-2}mol}$$

4) جدول تقدم التفاعل الكيميائي ثم تحديد التقدم الأعظمي x_{max} .

	$H_2O_2(aq)$ +	$2I^-(aq)$ +	$2H_3O^+(aq)$ =	$I_2(aq)$ +	$4H_2O(\ell)$	
$t=0$	C_1V_1	C_2V_2	$2C_3V_3$	0		بزيادة
t	C_1V_1-x	C_2V_2-2x	$2C_3V_3-2x$	x		بزيادة
t_f	$C_1V_1-x_m$	$C_2V_2-2x_m$	$2C_3V_3-2x_m$	x_m		بزيادة

التفاعل المحد هو (H_2O_2) وبالتالي $C_1V_1 - x_m = 0$ ومنه $\boxed{x_m = 2{,}8\times10^{-3}mol}$.

5) باستغلال جدول التقدم بين أن الناقلية النوعية في المزيج عند اللحظة t تحقق العلاقة $\sigma = 4{,}02 - 845x$
حيث x تقدم التفاعل بالمول (mol) . σ الناقلية النوعية (S/m) .

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 = 5{,}0.10^{-5} + 5{,}0.10^{-5} + 1{,}0.10^{-6} = 10{,}1\times10^{-5}\ m^3$$

$$\sigma = \lambda_{I^-}[I^-] + \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+] + \lambda_{K^+}[K^+] + \lambda_{SO_4^{2-}}[SO_4^{2-}]$$

$$\sigma = 7{,}68\times10^{-3}\left(\frac{10^{-2}-2x}{10{,}1\times10^{-5}}\right) + 35\times10^{-3}\left(\frac{1{,}2\times10^{-2}-2x}{10{,}1\times10^{-5}}\right) + 7{,}35\times10^{-3}\left(\frac{10^{-2}}{10{,}1\times10^{-5}}\right) + 8\times10^{-3}\left(\frac{6\times10^{-3}}{10{,}1\times10^{-5}}\right)$$

نجد $\boxed{\sigma = 6{,}1 - 845x}$.

6) استنتاج σ_f الناقلية النوعية في نهاية التحول .

$$\sigma_f = 4{,}02 - 845x_m$$

$$\sigma_f = 6{,}1 - 845\times2{,}8\times10^{-3} = \boxed{3{,}734\ S/m}$$.

7) يمثل المنحنى (الشكل-1) تغيرات الناقلية النوعية بدلالة الزمن $\sigma = f(t)$.
أ) تحديد زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

$$\sigma_{t_{1/2}} = 6{,}1 - 845\frac{x_m}{2}$$

$$\sigma_{t_{1/2}} = 6{,}1 - 845\times\frac{2{,}8\times10^{-3}}{2}$$

$$\sigma_{t_{1/2}} = 4{,}917\ S/m$$.

من البيان $\boxed{t_{1/2} = 3min}$.

ب) بين أن عبارة السرعة الحجمية للتفاعل تكتب على الشكل $v_{vol} = -\frac{1}{845V_T}\frac{d\sigma}{dt}$.

$$v_{vol} = \frac{1}{V_T}\frac{dx}{dt}$$

لدينا $\sigma = 6{,}1 - 845x$.

بالاشتقاق $\frac{d\sigma}{dt} = -845\frac{dx}{dt}$. ومنه $\frac{dx}{dt} = -\frac{1}{845V_T}\frac{d\sigma}{dt}$.

$$v_{vol} = \frac{1}{V_T}\frac{dx}{dt} = \frac{1}{V_T}\left(-\frac{1}{845V_T}\frac{d\sigma}{dt}\right)$$

ومنه $\boxed{v_{vol} = -\frac{1}{845V_T}\frac{d\sigma}{dt}}$.

ج) حساب بالوحدة $mol.m^{-3}.\min^{-1}$ قيمة السرعة الحجمية عند $t = 0$.

$$v_{vol} = -\frac{1}{845\times10{,}1\times10^{-5}}\left(\frac{-6.1}{13}\right) = \boxed{5{,}49mol.m^{-3}.\min^{-1}}$$.