

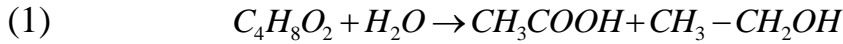
التتبع الزمني لتحول كيميائي – سرعة التفاعل
تمارين مرفقة بالحلول
فيزياء تارودانت



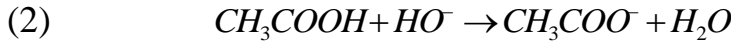
www.9alami.com

التمرين :

1- يتفاعل أسيتات الإيثيل $C_4H_8O_2$ مع الماء ليتحول بكيفية بطيئة إلى حمض الإثانويك CH_3COOH و الإثانول CH_3-CH_2OH وفق المعادلة الكيميائية التالية:



لدراسة هذا التفاعل ندخل في 200mL من الماء كمية مادة من أسيتات الإيثيل تساوي $n_0 = 10^{-1} \text{ mol}$. بحيث يبقى حجم الخليط هو $V=200\text{mL}$.
نضع نصف حجم الخليط في حوجة و نوزع النصف الثاني بالتساوي على 10 أنابيب نحتفظ بها كلها مع الحوجة عند نفس درجة حرارة ثابتة.
أثناء مدد زمنية منظمة نعاير بكيفية سريعة كمية حمض الإثانويك الناتجة في أحد الأنابيب بواسطة محلول الصودا $(Na^+ + HO^-)$ تركيزه $C_B=0,100\text{mol.L}^{-1}$ باستعمال كاشف ملون مناسب.
معادلة المعايرة:



1- مثل تبيانة التركيب التجريبي المستعمل خلال المعايرة.
2- نعبر عن حجم محلول الصودا اللازم إضافته لأحد الأنابيب للحصول على التكافؤ بالرمز V_{BE} . ندون نتائج المعايرة في الجدول أسفله:

120	90	60	50	40	30	20	10	0	t(min)
46,8	43,2	37,5	34,4	30,3	25,0	18,5	10,3	0	$V_{BE}(\text{mL})$
									$n_B(\text{mmol})$
									$n_A(\text{mmol})$
									x(mmol)

- (أ) احسب بالنسبة لكل لحظة t كمية مادة الصودا n_B اللازمة للحصول على التكافؤ و n_A كمية حمض الإثانويك الناتج في الأنبوب و التقدم x المرتبط بالتفاعل (1) داخل الحوجة و املا الجدول.
(ب) مثل المنحنى $x=f(t)$.
(ج) حدد مبيانيا زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ باعتبار التفاعل كلي.
(د) احسب السرعة الحجمية عند اللحظتين 10min و 100min. علل تغير السرعة الحجمية الملاحظ.
(هـ) مثل في نفس المبيان السابق المنحنى الممثل لتطور كمية مادة أسيتات الإيثيل $(n_{\text{acétate}})$ داخل الحوجة بدلالة الزمن.



التمرين الثاني:

I- تحضير محلول برمنغنات البوتاسيوم.

نريد تحضير حجم $V_1=100\text{mL}$ من محلول S_1 لبرمنغنات البوتاسيوم تركيزه $C_1=0,270\text{mol.L}^{-1}$ انطلاقاً من بلورات صلبة لبرمنغنات البوتاسيوم (KMnO_4).

- 1- اكتب معادلة ذوبان برمنغنات البوتاسيوم في الماء.
- 2- احسب كتلة برمنغنات البوتاسيوم الصلب التي ينبغي إذابتها في 100mL من الماء للحصول على المحلول S_1 .

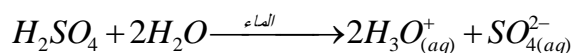
II- تحضير محلول حمض الأوكساليك.

نود تحضير حجم $V_2=250\text{mL}$ من محلول S_2 لحمض الأوكساليك $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ تركيزه $C_2 = 0,420 \text{ mol.L}^{-1}$ انطلاقاً من محلول S'_2 لحمض الأوكساليك تركيزه $C'_2= 5,25 \text{ mol.L}^{-1}$. حدد الحجم V'_2 من المحلول S'_2 الذي ينبغي تخفيفه للحصول على الحجم V_2 من المحلول S_2 .

III- تحضير محلول حمض الكبريتيك.

نفرغ في كأس حجماً $V_3 = 150 \text{ mL}$ من محلول S_3 لحمض الكبريتيك تركيزه $C_3 = 1,28 \text{ mol.L}^{-1}$. كثافة هذا المحلول هي $d_3 = 1,08$.

- 1- احسب تركيز كل من أيون الأوكسونيوم و أيون الكبريتات المتواجدة بالكأس باعتبار أن H_2SO_4 يتفكك كلياً في الماء وفق المعادلة التالية:

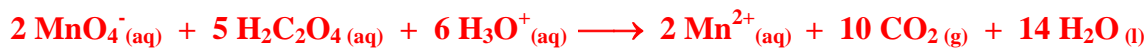


- 2- احسب النسبة المئوية الكتلية P لحمض الكبريتيك في المحلول S_3 .

IV مزج المحاليل S_1 و S_2 و S_3 .

نمزج عند 22°C الأحجام V_1 و V_2 و V_3 من المحاليل السابقة في قارورة سعتها $V = 2,00 \text{ L}$ ، ثم نغلق القارورة.

معادلة التفاعل الناتج في القارورة:



نفترض أن غاز ثنائي أكسيد الكربون الناتج لا يذوب في المحلول و أن كمية الماء الناتجة لا تغير من حجم هذا الخليط.

- 1- أنشئ جدول التقدم و حدد حسابياً التقدم القصوي للتفاعل و المتفاعل المحد.

- 2- حدد انطلاقاً من قيمة التقدم القصوي:

أ- التراكيز المولية النهائية لجميع الأنواع الكيميائية المتواجدة بالمحلول.

ب- الضغط النهائي لثنائي أكسيد الكربون داخل القارورة.

ج- مثل منحنيات تطور كميات مادة المتفاعلات و النواتج بدلالة التقدم x.

المعطيات:

الكتل الذرية المولية: g.mol^{-1}					
H	C	O	S	K	Mn
1,00	12,0	16,0	32,1	39,1	54,9

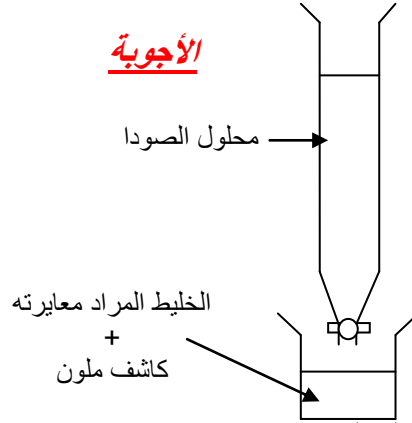
ثابتة الغازات الكاملة: $R = 8,31 \text{ (S.I)}$
الكثافة الحجمية للماء: 1000 g.L^{-1}



الأجوبة

التمرين الأول:

1- التركيب التجريبي



-2

أ- لدينا عند التكافؤ حسب معادلة المعايرة:

$$n_A = n_B = C_B \cdot V_{BE}$$

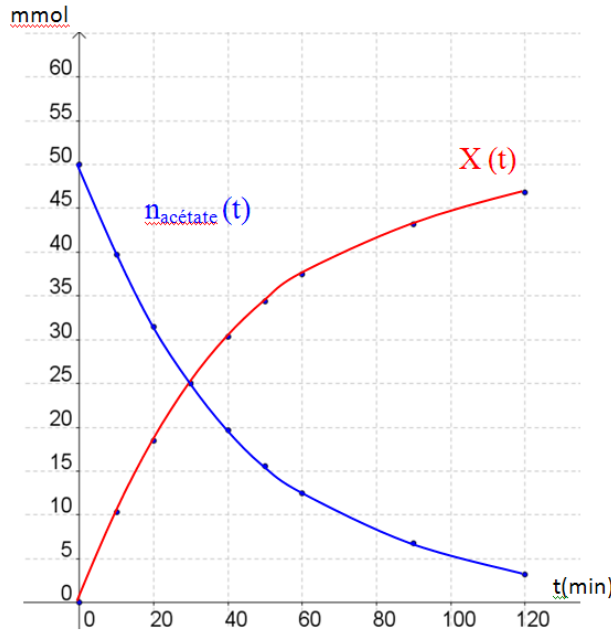
و بإنشاء جدول تقدم التفاعل (1) الناتج في الأنبوب نجد أن التقدم x لهذا التفاعل داخل الأنبوب يساوي كمية مادة الحمض الناتج بداخله:

$$x_{10\text{mL}} = n_A = n_B = C_B \cdot V_{BE}$$

باعتبار أن حجم الحوجلة يساوي عشر مرات حجم الأنبوب نجد أن التقدم x في الحوجلة عند لحظة معينة يساوي عشر مرات كمية مادة الحمض الناتج في الأنبوب: $x = 10C_B V_{BE}$

120	90	60	50	40	30	20	10	0	t(min)
46,8	43,2	37,5	34,4	30,3	25,0	18,5	10,3	0	$V_{BE}(\text{mL})$
4,68	4,32	3,75	3,44	3,03	2,5	1,85	1,03	0	$n_B(\text{mmol})$
4,68	4,32	3,75	3,44	3,03	2,5	1,85	1,03	0	$n_A(\text{mmol})$
46,8	43,2	37,5	34,4	30,3	25	18,5	10,3	0	$x(\text{mmol})$

ب-



ج-



لدينا:

$$x_{1/2} = \frac{x_f}{2} = \frac{x_{\max}}{2} = \frac{5.10^{-2}}{2} = 2,5.10^{-2} \text{ mol} = 25 \text{ mmol}$$

نحدد مبيانيا الزمن $t_{1/2}$ الموافق للقيمة $x=25\text{mmol}$ فنجد $t_{1/2}=30\text{min}$.
د- لدينا تعبير السرعة الحجمية:

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

لحساب السرعة الحجمية عند لحظة معينة نمثل مماس المنحنى عند هذه اللحظة و نختار نقطتين تنتميان لهذا المستقيم بحيث نعبر بواسطة إحداثياتيهما عن السرعة الحجمية في هذه اللحظة كالتالي:

$$v = \frac{1}{V} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1}{V} \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

$$v_{10\text{min}} = \frac{1}{V} \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{1}{0,1} \frac{(20-10,3)}{20-10} = 9,7 \text{ mmol.L}^{-1} . \text{min}^{-1}$$

$$v_{100\text{min}} = \frac{1}{V} \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{1}{0,1} \frac{(40-35)}{60-20} = 1,25 \text{ mmol.L}^{-1} . \text{min}^{-1}$$

السرعة الحجمية تتناقص تدريجيا مع تطور التفاعل الكيميائي نتيجة تناقص تراكيز الأجسام المتفاعلة حيث أنها تتفاعل فيما بينها.

ه- لدينا كمية مادة أسيتات الإثيل في الحوجة عند لحظة معينة هي:

$$n_{\text{acétate}} = 5.10^{-2} - x \quad (\text{mol بوحدة } x \text{ و } n_{\text{acétate}})$$

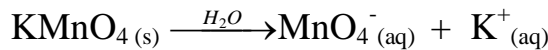
$$n_{\text{acétate}} = 50 - x \quad (\text{mmol بوحدة } x \text{ و } n_{\text{acétate}})$$

(انظر تمثيل المنحنى في المبيان أعلاه)

التمرين الثاني:

1- تحضير محلول برمنغنات البوتاسيوم.

1- معادلة الذوبان:



2- لدينا:

$$m(\text{KMnO}_4) = n(\text{KMnO}_4) \cdot M(\text{KMnO}_4) = C_1 V_1 \cdot M(\text{KMnO}_4)$$

ت ع:

$$m(\text{KMnO}_4) = 0,270 \cdot 0,1 \cdot 158 = 4,27 \text{ g}$$



II- تحضير محلول حمض الأوكساليك.

أثناء عملية التخفيف تتحفظ كمية مادة حمض الأوكساليك المذابة في المحلول و بالتالي نحصل على العلاقة التالية:

$$C_2V_2=C'_2V'_2$$

و منه :

$$V'_2 = \frac{C_2V_2}{C'_2}$$

ت ع:

$$V'_2 = \frac{0,420.250}{5,25} = 20mL$$

III- تحضير محلول حمض الكبريتيك.

1- لدينا حسب معادلة الذوبان:

$$[H_3O^+] = 2.C_3 = 2. 1,28 = 2,56 \text{ mol.L}^{-1}.$$

$$[SO_4^{2-}] = C_3 = 1,28 \text{ mol.L}^{-1}.$$

-2

$$P = 100. \frac{m(H_2SO_4)}{m(\text{المحلول})} = 100. \frac{C_3V_3.M(H_2SO_4)}{d_3 \cdot \rho_{eau} V_3} = 100. \frac{C_3.M(H_2SO_4)}{d_3 \cdot \rho_{eau}}$$

ت ع:

$$P = 100. \frac{1,28.98,1}{1,08.1000} = 11,63\%$$

IV مزج المحاليل S₁ و S₂ و S₃.

-1

المعادلة الكيميائية						حالة المجموعة	التقدم
كميات المادة (mol)							
$n_0(MnO_4^-)$	$n_0(H_2C_2O_4)$	$n_0(H_3O^+)$	$n_0(Mn^{2+})$	$n_0(CO_2)$	المذيب	0	البداية
C_1V_1	C_2V_2	$2C_3V_3$	0	0	المذيب	x	خلال التطور
$C_1V_1 - 2x$	$C_2V_2 - 5x$	$2C_3V_3 - 6x$	2x	10x	المذيب	x_{max}	النهائية
$C_1V_1 - 2x_{max}$	$C_2V_2 - 5x_{max}$	$2C_3V_3 - 6x_{max}$	$2x_{max}$	$10x_{max}$	المذيب		
0	$3,75.10^{-2}$	0,303	$2,70.10^{-2}$	0,135			

لدينا:

$$n_0(MnO_4^-) = C_1V_1 = 0,027 \text{ mol.}$$

$$n_0(H_2C_2O_4) = C_2V_2 = 0,105 \text{ mol}$$

$$n_0(H_3O^+) = 2C_3V_3 = 0,384 \text{ mol}$$



إذا اعتبرنا أن أيون البرمنغنات هو المتفاعل المحد سنحصل على :

$$C_1V_1 - 2x_{\max1}=0$$
$$x_{\max1} = 0,0135\text{mol}$$

إذا اعتبرنا أن حمض الأوكساليك هو المتفاعل المحد سنحصل على :

$$C_2V_2 - 5x_{\max2}=0$$
$$x_{\max2} = 0.021\text{mol}$$

إذا اعتبرنا أن أيون الأوكسونيوم هو المتفاعل المحد سنحصل على :

$$2C_3V_3 - 6x_{\max3}=0$$
$$x_{\max3} = 0.064\text{mol}$$

و بما أن:

$$x_{\max1} < x_{\max2} < x_{\max3}$$

إذن المتفاعل المحد هو أيون البرمنغنات حيث أن التقدم القصوي هو $x_{\max} = 0,0135\text{mol}$.

-2
أ-

$$[H_2C_2O_4]_f = \frac{C_2V_2 - 5x_{\max}}{V_1 + V_2 + V_3} = \frac{C_2V_2 - 5x_{\max}}{V_1 + V_2 + V_3}$$

ت ع:

$$[H_2C_2O_4]_f = \frac{0,105 - 0,0675}{0,5} = 0,075\text{mol.L}^{-1}$$

$$[H_3O^+]_f = \frac{2C_3V_3 - 6x_{\max}}{V_1 + V_2 + V_3}$$

ت ع:

$$[H_3O^+]_f = \frac{0,384 - 0,081}{0,5} = 0,606\text{mol.L}^{-1}$$

$$[Mn^{2+}]_f = \frac{2x_{\max}}{V_1 + V_2 + V_3}$$

ت ع:

$$[Mn^{2+}]_f = \frac{0,027}{0,5} = 0,054\text{mol.L}^{-1}$$

$$[K^+]_f = \frac{C_1V_1}{V_1 + V_2 + V_3}$$

ت ع:

$$[K^+]_f = \frac{0,027}{0,5} = 0,054\text{mol.L}^{-1}$$

$$[SO_4^{2-}]_f = \frac{C_3V_3}{V_1 + V_2 + V_3}$$

ت ع:

$$[SO_4^{2-}]_f = \frac{0,192}{0,5} = 0,384\text{mol.L}^{-1}$$



ب-

الحجم V' الذي يحتله غاز ثنائي الكربون داخل القنينة هو الحجم غير المملوء من طرف المحلول أي:

$$V' = V - (V_1 + V_2 + V_3) = 2 - 0,5 = 1,5L$$

و بالتالي نحصل على:

$$P(CO_2)_f = \frac{n_f(CO_2)RT}{V'} = \frac{10RTx_{\max}}{V'}$$

ت ع:

$$P(CO_2)_f = \frac{10,8,31 \cdot (22 + 273) \cdot 0,0135}{1,5 \cdot 10^{-3}} = 2,21 \cdot 10^5 Pa$$

ج- لدينا:

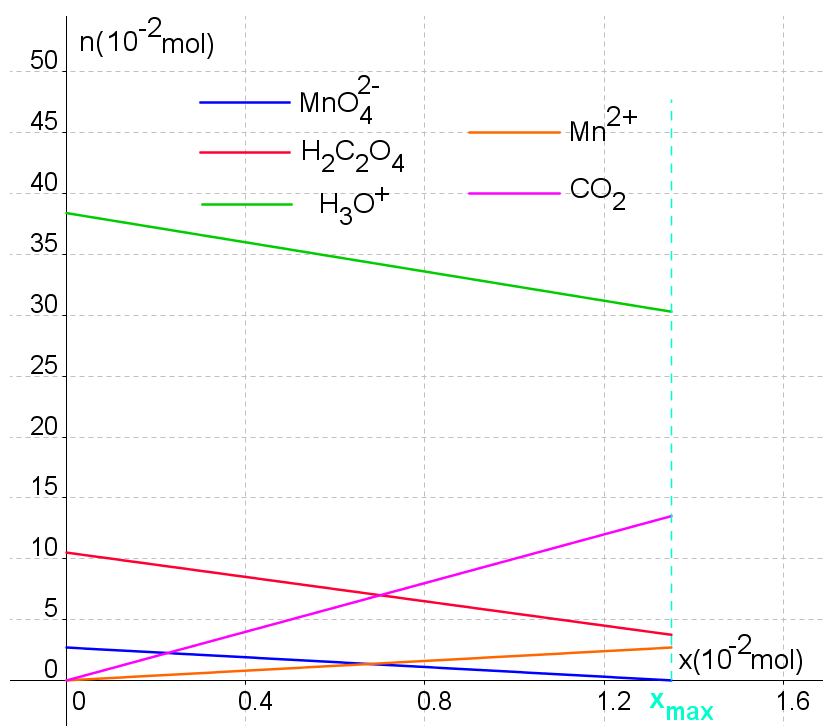
$$n_t(MnO_4^-) = C_1V_1 - 2x = 0,027 - 2x$$

$$n_t(H_2C_2O_4) = C_2V_2 - 5x = 0,105 - 5x$$

$$n_t(H_3O^+) = 2C_3V_3 - 6x = 0,384 - 6x$$

$$n_t(Mn^{2+}) = 2x$$

$$n_t(CO_2) = 10x$$



PCtaroudant
2010

