

إمتحان السراسي الأول في مقياس الرقم ونسبة
السنة الثالثة : هندسة الطرائق

التمرين 1

1 - مقارنة محلول $ZnCl_2$ حجمه 100 ml مع $R = 300 \Omega$
- احسب تركيز هذا المحلول في النظام الدولي "SI" (د) كان
ثابت الخلية $K = 1 \text{ cm}^{-1}$

2 - ضعيفاً لهذا المحلول 100 ml من $ZnSO_4$ تركيزه 5.10^{-2} M
- تحقق من التوازن الكهروكيميائي للمحلول الجديد
- احسب الفعالية النوعية الجديدة "K" للمحلول المتحصل عليه
ماذا نستخرج من الحسابات : $\frac{1}{2} \ln \frac{1}{Zn^{2+}} = 5.28$, $\ln Q = 7.6$
 $\frac{1}{2} \ln \frac{1}{4} = 8.00$ $\ln 5.10^{-2} \text{ mol}^{-1}$

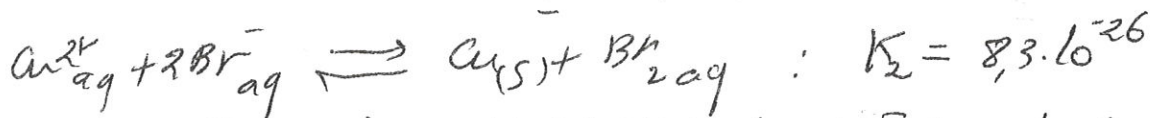
التمرين 2

ضع في بيشر 100 ml من محلول ثنائي اليوروم (أصفر اللون) تركيزه
 10^{-2} M ثم ضع له هيدروكسيد النحاس "دون تخفيف الحجم"
بعد مدة عند التوازن لاحظ اختفاء اللون الأصفر وظهور اللون الأزرق
است معادلة التفاعل الحادث

لماذا ثبت أن ثابت التوازن لهذا التفاعل هو $K_2 = 1.2 \cdot 10^{25}$
1 - اكتب معادلة حاصل التفاعل الابتدائي Q واحسب قيمته

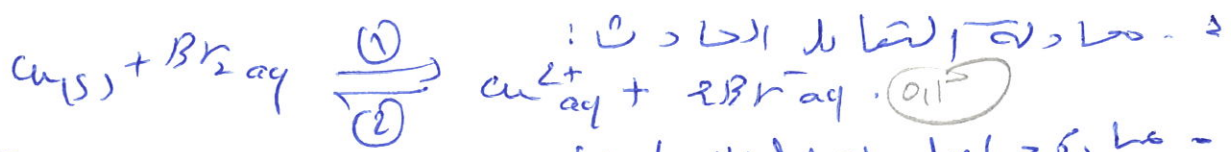
2 - في أي اتجاه يسير النظام (التفاعل) لماذا؟
3 - هل هذا التفاعل تلقائي أم غير تلقائي "For" التمرين 3

I - وضعنا حجم ~~من~~ من محلول $CuBr_2$ في أنبوب مع سلك زئبق
حسب التلك الموضح تركيز المحلول $C = 0.5 \text{ M}$
توقعنا حدوث التفاعل التالي :



1 - احسب قيمة حاصل التفاعل الابتدائي Q
2 - كم تكون قيمة هذا الحاصل عند التوازن؟
3 - هل سيب السقرار محلول $CuBr_2$ قلب لصفحة

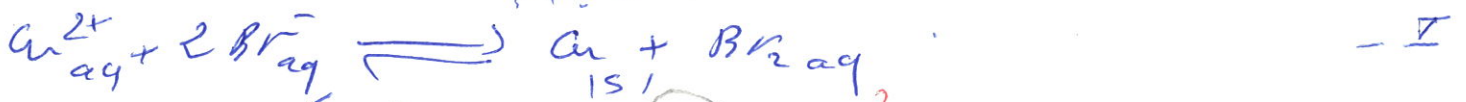
ستتخرج أن التفاعلية تتصن بزيادة التوارد
في المحلول
التحريض، مكان (311) ن



2. معادله حاصل التفاعل الاكسدة والاختزال :

$$Q_i = \frac{[\text{Cu}^{2+}]_{\text{aq}} \times [\text{Br}^-]_{\text{aq}}^2}{[\text{Br}_2]_{\text{aq}}} = 0 \quad (011)$$
 عند بداية التفاعل $[\text{Cu}^{2+}] = [\text{Br}^-] = 0$

3. في حالة التوازن، التوازن يكون كما أن $K = 1,2 \times 10^{-26} < Q_i = 0$
 طرأ التوازن بزيادة في الإختزال (1) المكسبات
 ومنه التحول تلقائي التحريض (2) التوازن (التفاعل التلقائي)



1. في بداية التفاعل، التفاعل لا يوجد شغل $\text{Br}_2\text{(aq)}$ بعد

$$Q_i = \frac{[\text{Br}_2]_{\text{aq}}}{[\text{Cu}^{2+}]_{\text{aq}} \times [\text{Br}^-]_{\text{aq}}^2} = 0$$

2. عند التوازن :

$$Q_i = K_2 = 8,3 \times 10^{-26}$$

3. حسب المقدار المحلول CuBr_2 :

$$Q_i = K_2 = 8,3 \times 10^{-26}$$

2. عند التوازن، التفاعل يكون كما أن $K = 1,2 \times 10^{-26} < Q_i = 0$
 طرأ التوازن بزيادة في الإختزال (1) المكسبات

III -
 عدد الإلكترونات المنقولة، الخواص، هو نقل الإلكترونات

6. حساب Q كمية الشغل :

$$Q = I \cdot D \cdot T = 1A \times 3600s = 3,6 \cdot K.C = 3,6 \times 10^3 C$$

7. عدد مولات الإلكترونات المنقولة :

$$n_e = \frac{Q}{F} = \frac{3,6 \times 10^3}{96500} = 3,73 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

8. عدد مولات التفاعل :

$$n_{\text{Cu}} = \frac{n_e}{2} = \frac{3,73 \times 10^{-2}}{2} = 1,87 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

منه $m = 1,87 \times 10^{-2} \times 63,5 = 1,18 g$

Exercice I (Les paragraphes de cet exercice sont indépendants l'un de l'autre)

1. La concentration $[H^+]$ d'une solution d'acide benzoïque $7,2 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ est de $2,1 \cdot 10^{-3} \text{ M}$. Calculer le pK_a de l'acide à partir de cette donnée. Quel est le pH de cette solution ? Tracer la courbe de distribution de ses formes acide et basique en fonction du pH.

2. A 25°C , une solution aqueuse d'ammoniaque 10^{-2} M est ionisée à 4.2%. Calculer la constante de basicité (K_b) de l'ammoniac.

3. Un volume $V = 1 \text{ L}$ de solution a été préparé en dissolvant 0,06 mol d'acide salicylique $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$ (noté HA_1) et 0,08 mol d'ascorbate de sodium $\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6\text{Na}$ (noté A_2Na). Déterminer le pH de la solution.

Données : $pK_a(\text{HA}_1 / \text{A}_1^-) = 4,4$ et $pK_a(\text{HA}_2 / \text{A}_2^-) = 4,1$

4. Calculer le pH d'une solution d'hydrogénophosphate de potassium pour la concentration de 0,1 M ensuite pour la concentration 0.2M.

Les couples à considérer sont les suivants : $(\text{H}_3\text{PO}_4 / \text{H}_2\text{PO}_4^-)$ $pK_{a1} = 2.12$; $(\text{H}_2\text{PO}_4^- / \text{HPO}_4^{2-})$ $pK_{a2} = 7.21$

5. On veut préparer une solution tampon d'acétate de 45 ml de concentration = 0.25 M et de $\text{pH} = 4.86$. Calculer la masse m d'acétate de sodium et le volume v de l'acide acétique à 0.2M que contient ce mélange tampon. $pK_a(\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-) = 4.76$.

Exercice II

1. On prépare une solution aqueuse d'acide propanoïque de formule développée $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$, dans une fiole jaugée de 150 mL à partir de 11,1g d'acide propanoïque. Cette solution sera appelée A dans la suite.

a. Calculer la concentration C_a de l'acide propanoïque dans la solution A.

b. Calculer le pH de la solution A. Pour cela, préciser la formule approchée utilisée en justifiant votre choix. Puis vérifier les approximations associées.

2. On dose 5,0 mL de la solution A à l'aide de soude à $2,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

a- Ecrire la réaction de dosage

b- Calculer la constante d'équilibre de cette réaction et vérifier que la réaction est quantitative (totale).

c. On obtient un volume équivalent de 25 mL. Cette valeur est-elle cohérente avec la concentration C_a de l'acide propanoïque trouvée au 1.a ?

d. Quelle est l'espèce acido-basique imposant le pH en solution à l'équivalence ? Quelle est sa concentration ? Quel est le pH attendu pour ce point ?

e. On donne les zones de virage suivantes : hélianthine : 3,1 - 4,4 ; bleu de bromothymol : 6,0 - 7,6 ; phénolphthaléine : 8,2 - 9,8. Quel indicateur coloré serait adapté pour repérer l'équivalence ? Justifier.

Exo 1: (12)

1- Calcul du pK_a : $C_6H_5COOH \rightleftharpoons H^+ + C_6H_5COO^-$

$$K_a = \frac{[H^+] \cdot [C_6H_5COO^-]}{[C_6H_5COOH]} ; \text{ avec } [H^+] = [C_6H_5COO^-] = 2,1 \cdot 10^{-3} M.$$

$$[C_6H_5COOH] = C_0 - [C_6H_5COO^-] = 7,2 \cdot 10^{-2} - 2,1 \cdot 10^{-3} = 6,99 \cdot 10^{-2}$$

$$\Rightarrow K_a = \frac{(2,1 \cdot 10^{-3})^2}{6,99 \cdot 10^{-2}} = 6,3 \cdot 10^{-5} \Rightarrow pK_a = -\log K_a = -\log(6,3 \cdot 10^{-5}) = 4,2$$

$$\text{Calcul du } pH: pH = -\log [H^+] = -\log(2,1 \cdot 10^{-3}) = 2,68$$

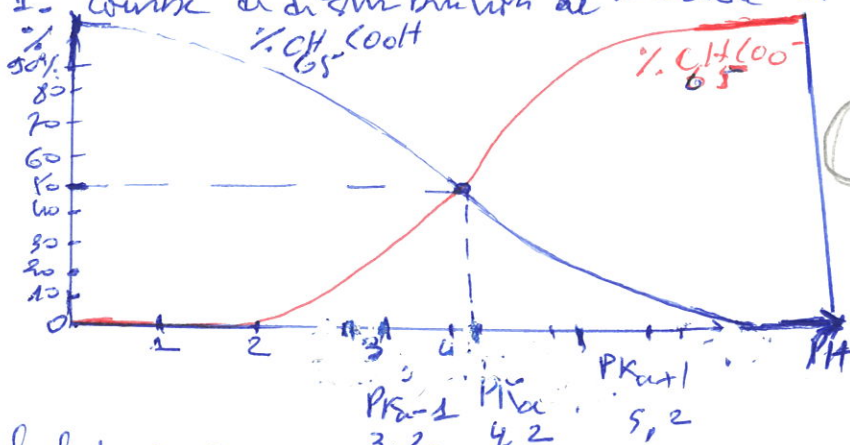
2- Calcul du K_b : $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$. $K_b = \frac{[OH^-] \cdot [NH_4^+]}{[NH_3]}$

$$[NH_4^+] = [OH^-] = \alpha \cdot C_0 = 0,042 \cdot 10^{-2} = 4,2 \cdot 10^{-4} M$$

$$[NH_3] = C_0 - [NH_4^+] = 10^{-2} - 4,2 \cdot 10^{-4} = 9,6 \cdot 10^{-3} M$$

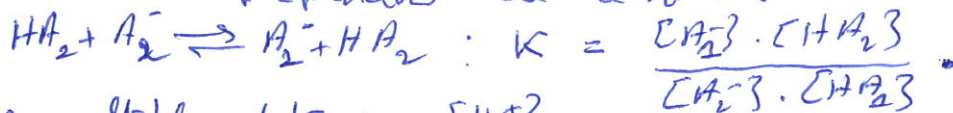
$$\Rightarrow K_b = \frac{(4,2 \cdot 10^{-4})^2}{9,6 \cdot 10^{-3}} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

Suite 1. Courbe de distribution de l'acide et de sa base conjuguée



3- Calcul du pH de la solution:

lors de la préparation de la solution on a la réaction entre HA_1 et HA_2



en multipliant K par $\frac{[H^+]}{[H^+]}$, on a:

$$K = \frac{[A_2] \cdot [HA_1] \cdot [H^+]}{[A_2^-] \cdot [HA_2] \cdot [H^+]} = \frac{K_{a2}}{K_{a1}} : HA_2 \rightleftharpoons H^+ + A_2^- : K_{a2}$$

$$K = \frac{10^{-4,4}}{10^{-4,2}} = 10^{-0,2} = 0,63 : \text{ donc à l'équilibre on a:}$$

$$[A_2^-] = [HA_1] = x \text{ et } [A_2] = 0,08 - x ; [HA_2] = 0,06 - x \quad (x = 10^{-2})$$

$$\Rightarrow K = \frac{x^2}{(0,08 - x)(0,06 - x)} = 0,63 \Rightarrow x = 0,028 M. \Rightarrow pH = pK_{a2} + \log \frac{[A_2^-]}{[HA_2]}$$

امتحان الدراسات الأولى في مقياس الكيمياء السنة الثالثة : هندسة المصانع

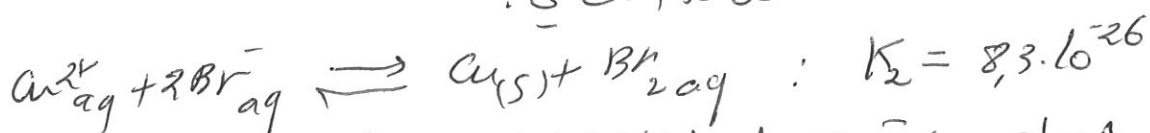
التمرين 1

- 1 - مقارنة محلول $ZnCl_2$ حجمه 100 ml مع $R = 300 \Omega$
- احسب تركيز هذا المحلول في النظام الدوري "I" (د) كان
ثابت الخلية $K = 1 \text{ cm}^{-1}$
- 2 - نصفيًا لهذا المحلول 100 ml من $ZnSO_4$ تركيزه 5.10^{-2} M
- تحقق من التوازن الدينامي للمحلول الجديد.
- احسب النسبة المئوية النوعية الجديدة "II" للمحلول المتحصل عليه
ماذا نستخرج؟ احسبها : $\frac{1}{2} d_{Zn^{2+}} = 5.28$, $d_{Cl^-} = 7.6$
 $\frac{1}{2} d_{SO_4^{2-}} = 8.00$ $5.10^{-2} \text{ mol}^{-1}$

التمرين 2

- نضع في بيشر 100 ml من محلول ثنائي البروم ذا اللون البرتقالي
الذي تم تحضيره له من محلول النحاس "دون تخفيف الحجم"
بعد مدة عند التوازن لا خط اختفاء اللون الأصفر وظهور اللون البرتقالي
الذي معادلة التفاعل الحاد :
لقد اُكتشفت أن ثابت التوازن لهذا التفاعل هو $K_2 = 1.2 \cdot 10^{-25}$
1 - اكتب معادلة حاصل التفاعل الابتدائي $\mathcal{Q}$ واحسب قيمته.
2 - في أي اتجاه يسير النظام (التفاعل) - لماذا؟
3 - هل هذا التحويل تلقائي أم غير تلقائي "Force"
التحريك 3

- I - وفتحنا حجم من محلول $CuBr_2$ في أنبوب مع سلك من الكربون
حسب الشدة الموصلة. تركيز المحلول $C = 0.5 \text{ M}$
توقعنا حدوث التفاعل التالي :



- 1 - احسب قيمة حاصل التفاعل الابتدائي $\mathcal{Q}$
- 2 - كم تكون قيمة هذا الحاصل عند التوازن؟
- 3 - هل سيبقى استقرار محلول $CuBr_2$ قلب الصفحة

Examen de chimie de surface et interface janvier 2025

Exercice 1

On considère une solution 2.10^{-4} mole d'un agent de tensioactif. On détache le filme superficiel dont on détermine la surface. L'excès de la concentration dû à l'adsorption est égal à $2,8.10^{-6}$ mole/m².

Calculer la tension superficielle de la solution à 25°C. Sachant qu'à cette température $\gamma_{H_2O} = 71.97$ dyn/cm.

Exercice 2

Le paramètre d'étalement S d'un liquide A sur l'eau à 20°C est égal à $-9,6.10^{-7}$ J et le travail de cohésion de ce liquide est égal à $60,2.10^{-7}$ J.

1. Calculer la valeur de la tension interfaciale.
2. Déterminer l'angle de contact formé entre le liquide A et l'eau.
3. En déduire la valeur du travail d'Adhésion.

On donne $\gamma_{H_2O} = 72.75$ dyn/cm. à 20 °C.

Exercice 3

En versant 298 g/l d'acétone d'un litre d'eau à 15°C dont la surface est 400cm² on constate que nous avons un excédent superficiel de $5,9.10^{-9}$ kg/m². Déterminer :

1. La tension superficielle d'acétone sachant que $\gamma_{H_2O} = 73.49$ N/m.
2. Le diamètre moyen d'une molécule d'acétone.
3. Nature d'adsorption.

Exercice 4

Szyskowski a établi la relation empirique $\gamma_0 - \gamma = a \cdot \log(1 + b \cdot c)$, où γ_0 est la tension superficielle de l'eau. γ la tension superficielle de la solution de concentration c (mol/L). a et b sont des constantes caractéristiques de la substance dissoute.

Les valeurs à 22 °C pour l'acide propionique sont a = 24.2 dyne/cm et b = 4,12 L /mol. D'après ces données, déterminez pour les concentrations: 0,01; 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 et 1 mol/L, la concentration superficielle à l'excès (Γ) donnée par l'équation d'adsorption de Gibbs.

Déterminez également la valeur maximale de la concentration superficielle.

Bon courage.

Corrigé type Examen chimie de Surface et interface. ENSSET 2025

Exo 1

$$\gamma = - \frac{C}{RT} \cdot \frac{d\gamma}{dC} \quad \text{Relation de Gibbs}$$

1.

$$\gamma_0 - \gamma = bC \quad \text{Relation de Traube}$$

$$-d\gamma = b dC \Rightarrow -\frac{d\gamma}{dC} = b$$

$$\gamma = \frac{C}{RT} b = \frac{\gamma_0 - \gamma}{RT} = \gamma_0 - \gamma \quad \Rightarrow \quad \gamma = \gamma_0 - \frac{1}{RT} \gamma_0 = \gamma_0 \left(1 - \frac{1}{RT}\right) = 9,8 \cdot 10^{-6} \text{ mole/m}^2$$

2

$$\gamma = 71,97 - 2,8 \cdot 10^{-10} \times 8,314 \cdot 10^7 \times 298 \Rightarrow \gamma = 71,97 - 6,937$$

$$\Rightarrow \gamma = 65,033 \text{ dyne/cm} \quad , \quad \gamma = 65,033 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$$

2

Exo 2

1) Valeur de la tension interfaciale entre le liquide A et l'eau :

$$S = (\gamma'_{LV} - \gamma_{LV} - \gamma'_{LL}) A \quad , \quad S = -29,6 \cdot 10^{-7} \text{ J} = -9,6 \text{ erg}$$

$$S = (\gamma_{\text{eau}} - \gamma_{\text{liqA}} - \gamma_{\text{liqA/eau}}) / \gamma_{\text{liqA/eau}} = \gamma_{\text{eau}} - \gamma_{\text{liqA}} - \frac{S}{A} \quad \text{0,75}$$

$$W_{\text{liqA}} = 2\gamma_{\text{liqA}} \cdot A \Rightarrow \gamma_{\text{liqA}} = \frac{W_{\text{liqA}}}{2 \cdot A} \Rightarrow \gamma_{\text{liqA}} = \frac{60,2 \cdot 10^{-7} \text{ J} \times 10^7}{2 \times 1}$$

$$1 \text{ Joule} = 10^7 \text{ erg} \quad , \quad A = 1 \text{ cm}^2 \Rightarrow \gamma_{\text{liqA}} = 30,1 \text{ erg/cm}^2$$

$$\gamma_{\text{liqA/eau}} = 72,75 - 30,1 - (-9,6) = 52,25 \text{ erg/cm}^2 \quad \text{0,75}$$

2/ Angle de contact entre le liquide A et l'eau.

$$\gamma'_{LV} = \gamma'_{LL} + \gamma_{LV} \cos \theta \quad / \quad \gamma_{\text{eau}} = \gamma_{\text{liqA/eau}} + \gamma_{\text{liqA}} \cos \theta \quad / \quad \cos \theta = \frac{\gamma_{\text{eau}} - \gamma_{\text{liqA/eau}}}{\gamma_{\text{liqA}}} \quad \text{0,75}$$

$$\cos \theta = \frac{72,75 - 52,25}{30,1} \Rightarrow \cos \theta = 0,681 \Rightarrow \theta = 47,07^\circ \quad \text{0,75}$$

3/ Valeurs du Travail d'adhésion

$$W_{\text{a,LE}} = (\gamma'_{LV} + \gamma_{LV} - \gamma'_{LL}) A$$

$$W_{\text{a,LE}} = (\gamma_{\text{eau}} + \gamma_{\text{liqA}} - \gamma_{\text{liqA/eau}}) A \quad \text{0,5}$$

$$W_{\text{a,LE}} = (72,75 + 30,1 - 52,25) \times 1 \Rightarrow W_{\text{a,liqA/eau}} = 50,6 \text{ erg} \quad \text{1}$$

Higher Normal School of Technological Education of Skikda Department of Technology (1 st semester 2024/2025)	Correction of the First Exam (04/02/2025) Technical English Third-Year Classes. Duration: 2h <i>3eme</i>
---	--

I. Reading Comprehension:

A. Skim the whole text and match each title below with a paragraph. (1.5 points)

1. The contest for and construction of a suspension bridge. **C (0.5 pt.)**
2. An inspiring engineer. **A (0.5 pt.)**
3. The construction of a tunnel under the river. **B (0.5 pt.)**

B. Decide whether the following statements are True/False/ or Not Given. (3.5 points)

1	2	3	4	5	6	7
False	Not given	False	False	False	Not given	Not given

C. In the above task, statements 1-7 contain comparison structures. Re-read the statements and underline phrases which contain a comparison. (02 points)

1. Brunel was less important than the other construction engineers in Britain during the Industrial Revolution. **(0.5 pt.)**
2. Brunel was less involved in railway construction than other engineering fields. **(0.5 pt.)**
3. Brunel became an apprentice with his father at the same age as other engineers. **(0.5 pt.)**
4. The Thames Tunnel Project was more difficult than any previous construction venture undertaken in Britain. **(0.5 pt.)**

D. Make simple changes to statements 1-3 to make them true (in task B). (1.5 points)

1. Brunel was more important than the other construction engineers in Britain during the Industrial Revolution. Change less to more. **(0.5 pt.)**
2. Brunel was involved in railway construction. Remove the words less...than other engineering fields. **(0.5 pt.)**
3. Brunel worked in shipping, bridge-building, and railway construction. Remove the word only **(0.5pt.)**

E. Match the term with the correct definition. (2 points).

1	2	3	4
c	a	d	B

II. Grammar and Tenses:

A. Complete the sentences with the correct comparative or superlative adjective based on the adjective provided in parentheses. (1 point)

1. My necklace is **more expensive** than my bracelet. **(0.5 pt.)**
2. I got a C on my essay, which is **worse** than the 100% I got last time. **(0.5 pt.)**

B. Each of the following sentences has an error in the use of comparative or superlative adjectives. Identify the error and correct it. (1.5 points).

1. My bed is more big than my desk. **bigger (0.5 pt.)**
2. You are most generous than my brother. **more (0.5 pt.)**

3. The Writing Center is the greater resource for writing help on campus!. **the greatest** (0.5 pt.)

III. Technical Writing: (07 points)

“We emphasize the fact that engineers are problem solvers. They have a good grasp of fundamental physical and chemical laws and mathematics, and apply these fundamental laws and principles to design, develop, test, and supervise the manufacture of millions of products and services... We pointed out that although the activities of engineers can be quite varied, **there are some personality traits and work habits** that typify most of today’s successful engineers”.

In a well-elaborated essay discuss these traits and habits, explaining how they contribute to success in engineering. Provide examples to support your points.

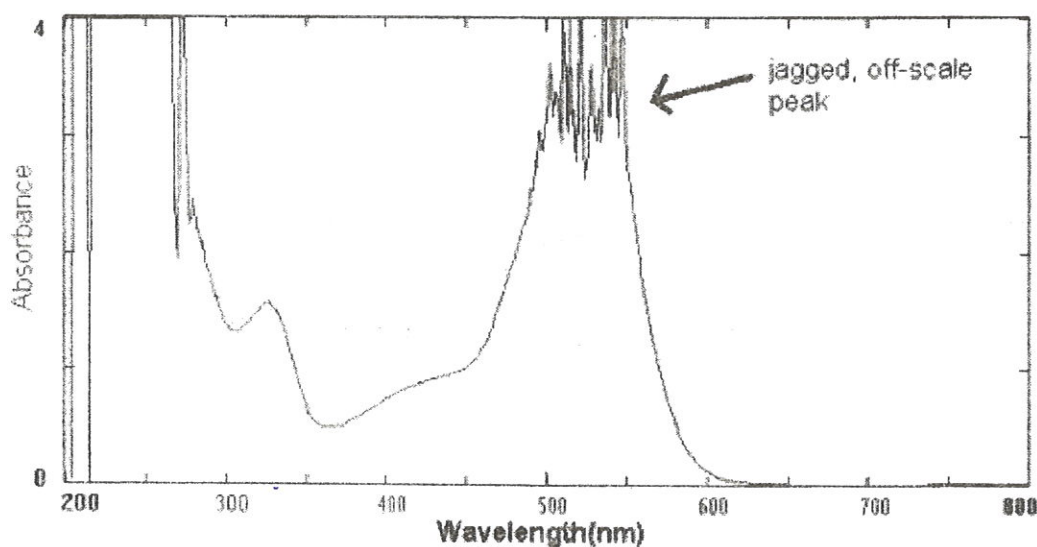
Contrôle N°1

EXO : N°1

5/5

Le spectre UV-Visible d'un composé est représenté ci-dessous,

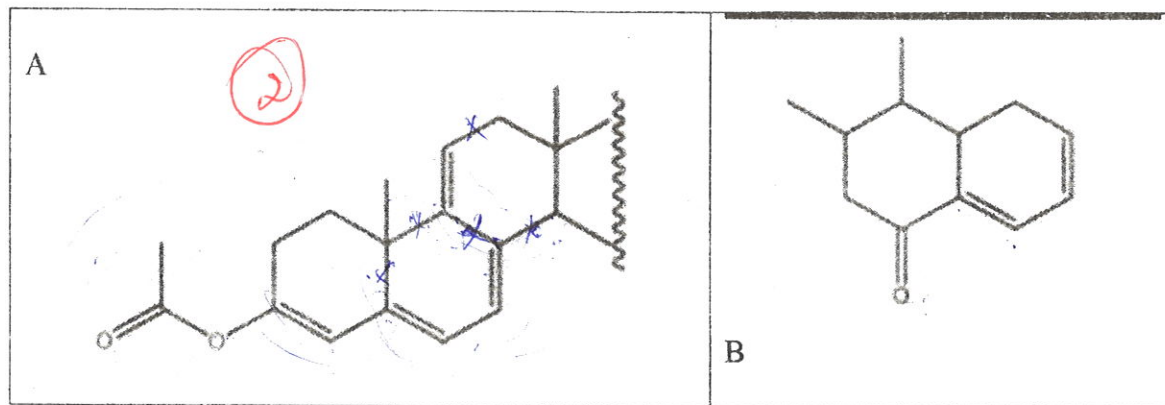
- ② 1- La bande d'absorption vers $\lambda = 500$ nm est – elle exploitable ? expliquer l'allure de cette bande d'absorption en vous basant sur l'absorbance du composé à cette longueur d'onde.
- ① 2- Que doit-on faire pour pouvoir exploiter cette bande d'adsorption ?
- ② 3- Pour l'étude de cette bande d'absorption peut-on utiliser une cellule en plastique (oui/non), en verre (oui/non), en quartz (oui/non). Justifier vos réponses.



EXO N°2 :

5/5

A – Calculer $\lambda_{\max}$ du composé A et B en appliquant les règles de Woodward et Fieser :



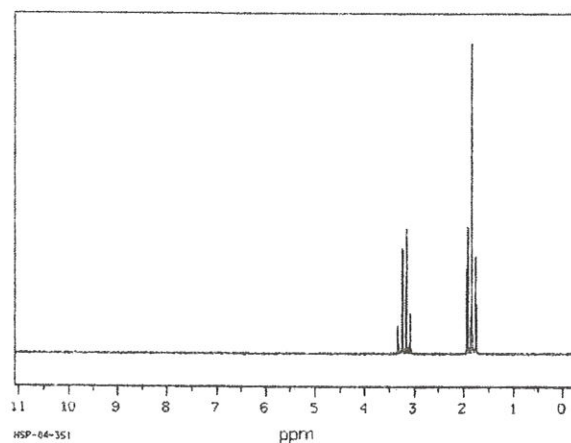
B- Si on considère un système diatomique X-H de masse réduite μ et dont la liaison a une constante de force K. Donner l'expression du nombre d'onde d'adsorption de ce système en fonction de K et μ .

1

2

B) Le spectre ci-après correspondant à quelle molécule $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{I}$ ou $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$

Iodoethane



Bon courage

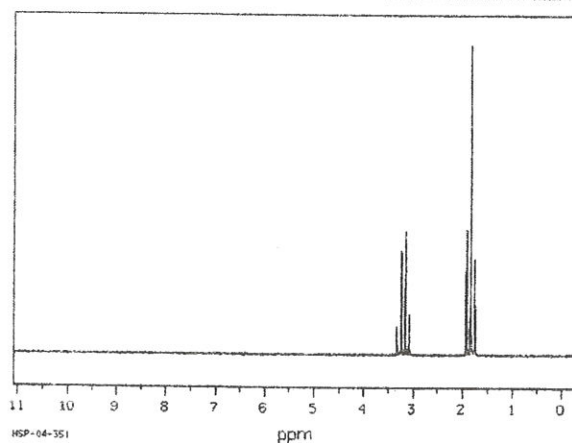
M^{me} Aloui.A

Enone :

<u>Groupe</u>	<u>Incrément</u>
<u>Cycle à 6 C ou enone acyclique</u>	<u>VB : 215 nm</u>
<u>Cycle à 5 C ou enone parent</u>	<u>VB : 202 nm</u>
<u>Double bande d'une extension de la conjugaison</u>	<u>30 nm</u>
<u>Groupe alkyle ou reste du cycle</u>	
<u>-OH</u>	<u>α, β, γ et plus</u> <u>10, 12, 18</u>
<u>-OR</u>	<u>α, β, γ et plus</u> <u>35, 30, 18</u>
<u>-O(C=O)R</u>	<u>$\alpha, \beta, \gamma, \delta$</u> <u>35, 30, 17, 31</u>
<u>-Cl</u>	<u>α, β, γ</u> <u>6</u>
<u>-Br</u>	<u>α, β</u> <u>15, 12</u>
<u>-NR₂</u>	<u>α, β</u> <u>25, 30</u>
	<u>β</u> <u>95</u>
<u>Double bande Exocyclique</u>	<u>5</u>
<u>Diène homocyclique</u>	<u>40</u>

B) Le spectre ci-après correspondant à quelle molécule $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{I}$ ou $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$

Iodoethane



Bon courage

M^{me} Aloui.A

Enone :

<u>Groupe</u>		<u>Incrément</u>
<u>Cycle à 6 C ou enone acyclique</u>		<u>VB : 215 nm</u>
<u>Cycle à 5 C ou enone parent</u>		<u>VB : 202 nm</u>
<u>Double bande d'une extension de la conjugaison</u>		<u>30 nm</u>
<u>Groupe alkyle ou reste du cycle</u>	<u>α, β, γ et plus</u>	<u>10, 12, 18</u>
<u>-OH</u>	<u>α, β, γ et plus</u>	<u>35, 30, 18</u>
<u>-OR</u>	<u>$\alpha, \beta, \gamma, \delta$</u>	<u>35, 30, 17, 31</u>
<u>-O(C=O)R</u>	<u>α, β, γ</u>	<u>6</u>
<u>-Cl</u>	<u>α, β</u>	<u>15, 12</u>
<u>-Br</u>	<u>α, β</u>	<u>25, 30</u>
<u>-NR₂</u>	<u>β</u>	<u>95</u>
<u>Double bande Exocyclique</u>		<u>5</u>
<u>Diène homocyclique</u>		<u>40</u>

on a: $\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right) = - \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$

$\left(\frac{\partial H}{\partial P}\right) = V - T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$

on a: $\left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_T = h_T + V$

Par identification

$$h_T = -T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$$

2. Les expressions de h_T et L_T
Pour un gaz parfait

On a: $dU = C_V dT + (L_T - P) dV$
et $PV = nRT$

et: $L_T = T \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$

Donc: $L_T = T \cdot \frac{nR}{V} = P$

$$L_T = P$$

On a: $dH = C_P dT + (h_T + V) dP$

et $h_T = -T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$

$h_T = -T \frac{\partial}{\partial T} \left(\frac{nRT}{P} \right) = -V$

$$h_T = -V$$

Exercice 01: 0,5 Pts

1. La variation de l'énergie interne est égale à la chaleur dégagée à volume constant.

Transformation isochore:

① $C_P - C_V = R$; $C_V = C_P - R$

$C_V = (33 - 8,31) = 24,69 \text{ J.mol}^{-1}.K^{-1}$

$Q_V = \Delta U = n \int_{T_1}^{T_2} C_V dT$

$Q_V = 1945,2 \text{ J}$

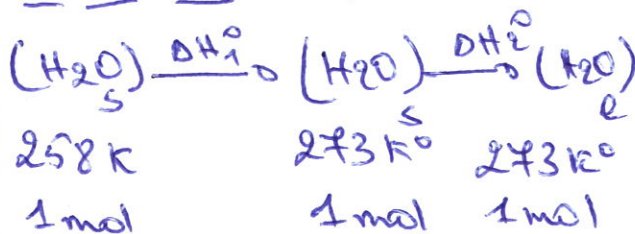
2. La variation d'Enthalpie est égale à la quantité de chaleur dégagée à pression constante.

$P = \text{cst}$

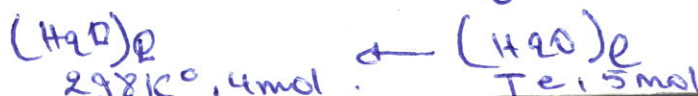
$Q_P = \Delta H = n \int_{T_1}^{T_2} C_P dT$

$Q_P = 2640 \text{ J}$

Exercice 02: 0,5 Pts



↓ ΔH_3



②

La transformation est
adiabatique $\sum Q_i = \sum \Delta H_i = 0$

a) L'Enthalpie d'échauffement
d'une mole de glace de -15°C

(1) $\bar{a}(0^\circ\text{C})$ est: T_2

$$Q_1 = \Delta H_1 = n_1 \int_{T_1}^{T_2} C_p dT$$

$$Q_1 = \Delta H_1 = \int_{273}^{T_2} 37.62 dT$$

$$Q_1 = 564.3 \text{ J}$$

b) L'Enthalpie de fusion de
glace est.

$$\Delta H_2^\circ = Q_2 = 6.05 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

c) L'Enthalpie d'échauffement
d'une mole (H_2O) de T_2 à T_{eq}

$$Q_3 = \Delta H_3^\circ = n_1 \int_{T_2}^{T_{\text{eq}}} C_p(\text{H}_2\text{O}) \cdot dT$$

$$Q_3 = \Delta H_3^\circ = 1 \int_{273}^{T_{\text{eq}}} 75.24 dT$$

$$Q_3 = 75.24 (T_{\text{eq}} - 273) \text{ J}$$

d) L'Enthalpie de refroidissement
d'une mole d'eau de
 298 K à T_{eq}

$$\Delta H_4^\circ = Q_4 = 4 \cdot 75.24 (T_{\text{eq}} - 298)$$

La transformation est
adiabatique, nous avons

$$Q = \sum \Delta H_i = 0$$

$$\sum Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$\sum Q_i = 564.3 + 6.05 \cdot 10^3 +$$

$$75.24 (T_{\text{eq}} - 273) + 4 \cdot 75.24 (T_{\text{eq}} - 298)$$

$$T_{\text{eq}} = 275.4 \text{ K}$$

الأسئلة:

أسئلة نظرية: (4 نقاط)

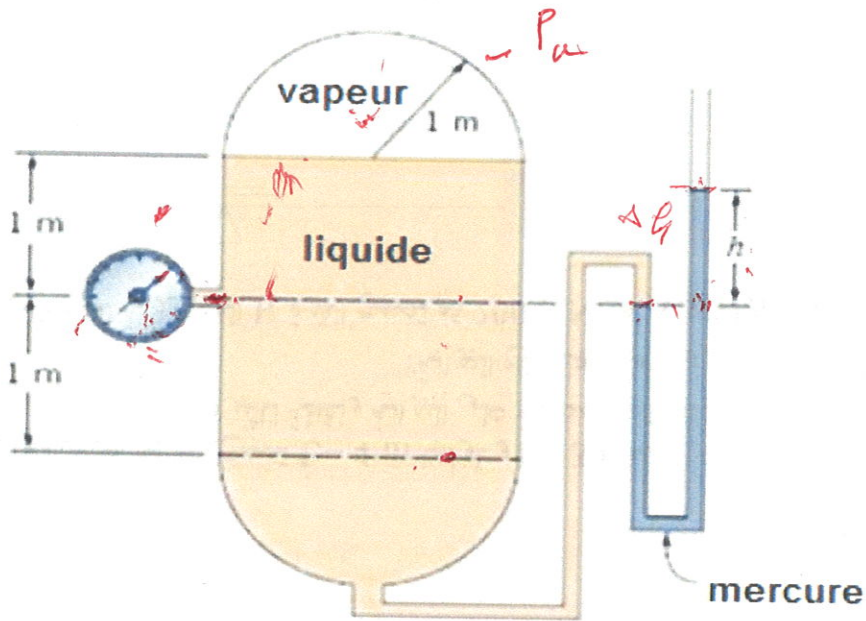
1. اثبت بمثال قاعدة باسكال؟
2. ما هو الضغط الجوي وكيفية قياسه؟

تمرين 1: (5 نقاط)

خزان أسطواناني يحتوي على سائل متطاير وبخاره. إذا كانت كثافة السائل 0.8 و ضغط البخار المطلق 120 kPa:

1. احسب الضغط النسبي المعروض بواسطة مقياس الضغط.

2. احسب الفرق في مستوى الزئبق h .



تمرين 2: (5 نقاط)

نفرض المانوميتر المائل يسمح بقياس الضغط الاختلافي بين A و B حيث يحتوي على ثلاثة موائع مختلفة

- ✓ ماء : $\rho_{eau} = 1000 \text{ Kg/m}^3$
- ✓ زئبق : $\rho_{Hg} = 13600 \text{ Kg/m}^3$
- ✓ زيت : $\rho_{huile} = 900 \text{ Kg/m}^3$

احسب الفرق في الضغط بين A و B؟

1. La force hydrostatique et son point d'application

$$F = \rho g h_G A$$

$$h_G = 8 - 2 \sin 25^\circ = 7,15 \text{ m}$$

$$F = 10^3 9,81 7,15 4 \times 3 = 841,7 \text{ kN}$$

$$y_p = y_G + \frac{I_{xG}}{y_G S}$$

Avec

$$y_G = \frac{h_G}{\sin 25^\circ} = 16,91 \text{ m et } I_{xG} = \frac{3 4^3}{12} = 16 \text{ m}^4$$

$$y_p = 16,91 + \frac{16}{16,91 12} = 16,988 \text{ m}$$

2. La force R nécessaire pour ouvrir la porte

La force R en appui sur A pour ouvrir la porte peut être déduite par l'égalité des moments des forces par rapport à B :

$$R L = F \overline{PB} \Rightarrow R = \frac{F \overline{PB}}{L}$$

Où

$$\overline{PB} = \frac{8}{\sin 25^\circ} - y_p = 1,94 \text{ m}$$

Donc:

$$R = \frac{841,7 10^3 1,94}{4} = 408,22 \text{ kN}$$

3. La force R nécessaire pour ouvrir la porte si le poids de la porte est $W=200 \text{ kN}$

La force R en appui sur A pour ouvrir la porte peut être déduite par l'égalité des moments des forces par rapport à B :

$$R L = F \overline{PB} + W 0,5 L \cos 25^\circ \Rightarrow R = \frac{F \overline{PB} + W 0,5 L \cos 25^\circ}{L}$$

$$R = \frac{841,7 10^3 1,94 + 200 10^3 0,5 4 \cos 25^\circ}{4} = 498,85 \text{ kN}$$

الحل:

التمرين الأول:

بنطبق القانون الأساسي للهيدروستاتيكا (RFH) بين A و 1 ، ثم 1 و 2 و 2 و B :

1. La pression affichée par le manomètre

$$P_{(mano)} = \rho_l g (1) + P_{vapeur} - P_{atm}$$

$$P_{(mano)} = 800 \cdot 9,81 (1) + 120 \cdot 10^3 - 10^5$$

$$P_{(mano)} = 27,84 \text{ kPa}$$

2. la dénivellation du mercure h

$$P_{(mano)} = \rho_{Hg} g h \Rightarrow h = \frac{P_{(mano)}}{\rho_{Hg} g} = \frac{27,84 \cdot 10^3}{13600 \cdot 9,81}$$

$$h = 0,2 \text{ m}$$

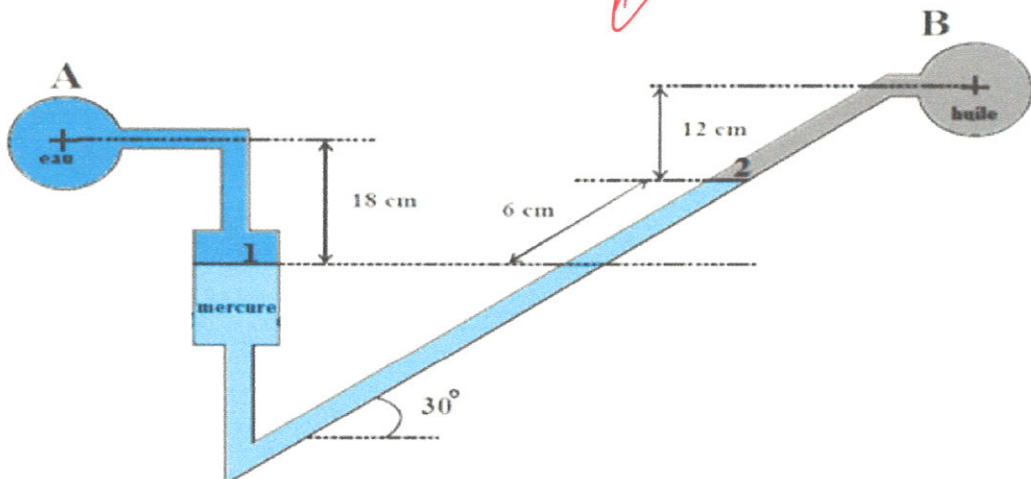
التمرين الثاني:

بنطبق القانون الأساسي للهيدروستاتيكا (RFH) بين A و 1 ، ثم 1 و 2 و 2 و B :

$$P_1 = P_A + \rho g (0,18) \quad (1)$$

$$P_1 = P_2 + \rho_{Hg} g \sin 30^\circ (0,06) \quad (2)$$

$$P_2 = P_B + \rho_h g (0,12) \quad (3)$$



Remplaçons (3) et (1) dans (2), on trouve :

$$P_A + \rho g (0,18) = P_B + \rho_h g (0,12) + \rho_{Hg} g \sin 30^\circ (0,06)$$

Alors :

$$P_A - P_B = \rho_h g (0,12) + \rho_{Hg} g \sin 30^\circ (0,06) - \rho g (0,18) = 3296,16 \text{ Pa}$$

3 Pts

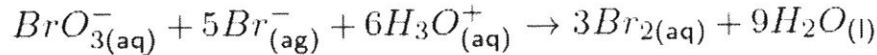
التمرين الأول

1. ماهي العوامل اللازم توفرها لحدوث تصادم فعال (مثمر)
2. ما هي أوجه الاختلاف بين التحفيز المتجانس والغير متجانس
3. أعطي مثال عن التفاعلات الجذرية

5 Pts

التمرين الثاني

يتفكك BrO_3^- في وسط حمضي حسب المعادلة التالية



و من أجل تحديد رتبة هذا التفاعل قمنا بإجراء أربع تجارب نغير فيها التركيز الابتدائي للمتفاعلات و نقيس السرعة الابتدائية للتفاعل:

التجربة	$(\text{mol/l}) [\text{BrO}_3^-]_0$	$(\text{mol/l}) [\text{Br}^-]_0$	$(\text{mol/l}) [\text{H}^+]_0$	السرعة V_0 (mol/l.s)
1	0,1	0,1	0,1	1,2
2	0,2	0,1	0,1	2,4
3	0,1	0,3	0,1	3,5
4	0,2	0,1	0,15	5,5

1. اوجد رتبة هذا التفاعل

2. احسب ثابت السرعة

3. هل هذا التفاعل عنصري ام لا؟ (مع التعليل)

4. اذا ضاعنا الكمية الابتدائية لكل المتفاعلات ماذا يحدث؟

7 Pts

التمرين الثالث

اثناء دراسة حركية تفاعل إعادة ترتيب يتم فيه تحول مركب عضوية (Tanrs) الى مركب اخر (Roug) ذو مستوى طاقي اعلى منه ب 31 (J/mol) تبين أنه يصل الى تقدمه الأعظمي (99,4%) بعد اربع ساعات وأربعون دقيقة (4h:40min) في درجة حرارة طبيعية. و من أجل إنجاز هذه الدراسة قمنا باللجوء الى استعمال مطيافية المجال المرئي و الفوق البنفسجي UV-Vis و ذلك لتتبع تغير امتصاصية المركب الناتج عند $\lambda = 520 \text{ nm}$ ، النتائج المتحصل عليها مدونة في الجدول التالي ($[\text{Tars}]_0 = 0,5 \text{ mol/l}$):

الزمن min	0	1	2	4	6	10	12	15	50	150	280
شدة الامتصاص	000	0,375	0,545	0,705	0,782	0,857	0,878	0,900	0,967	0,989	0,994

1. كيف يمكن تصنيف هذا التفاعل حسب السرعة

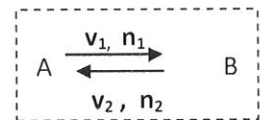
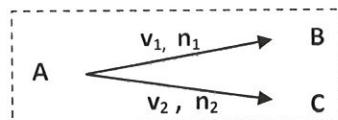
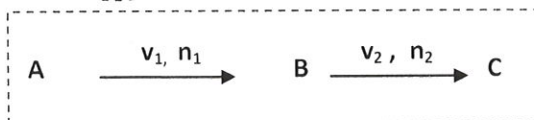
2. ادرس حركية هذا التفاعل مستخرجا بذلك إن أمكن:

(الرتبة، السرعة الابتدائية، زمن 3/4 التفاعل، ثابت التكامل A، ΔH و المنحنى الطاقوي) حيث إذا علمنا أن سرعة التفاعل تتضاعف بثلاث مرات و ربع عند زيادة درجة الحرارة ب 50°C .

6 Pts

التمرين الرابع

لدينا التفاعلات التالية :



1. ما نوع كل تفاعل

2. وضح برسم كيف تتغير كمية المواد في هذه التفاعلات

3. انطلاقا من علاقات السرعة اوجد في كل حالة العلاقات العامة لكمية المواد [A]، [B] و [C] من اجل $n_1 = n_2 = 1$

التمرين الاول :

- (1) العوامل : 1- سرعة جزيئات كبيرة ، 2- طاقة حركية كافية ، 3- مقطع تصادم مناسب ، 4- تركيز مناسب
(2) أوجه الاختلاف بين التحفيز المتجانس و الغير متجانس

التحفيز المتجانس	التحفيز الغير متجانس
- يتم التفاعل في نفس الطور	- يتم التفاعل في اطوار مختلفة
- يرتبط المحفز بالمتفاعلات بروابط كيميائية	- يتم ارتباط المحفز بالمتفاعلات بروابط فيزيائية (ادمصاص)
- سريع التأثير	- بطيء التأثير
- يصعب استرجاع المحفز	- يسهل استرجاع المحفز

(3) مثال عن التفاعلات الجذرية (تصنيع حمض بروم الماء) HBr

التمرين الثاني :

1. ايجاد رتبة هذا التفاعل:

تعطى سرعة هذا التفاعل بالعلاقة التالية

- ايجاد α (بمقارنة السرعة في التجربة 1 و 2)

$$V_{02} = 2V_{01}$$

$$V_{02} = k (2[BrO_3^-])^\alpha [Br^-]^\beta [H^+]^\gamma \quad \rightarrow \quad V_{02} = 2^\alpha k [BrO_3^-]^\alpha [Br^-]^\beta [H^+]^\gamma \quad \rightarrow \quad \text{Donc } \alpha = 1$$

- ايجاد β (بمقارنة السرعة في التجربة 1 و 3)

$$V_{03} = 2,91V_{01}$$

$$V_{03} = k [BrO_3^-]^\alpha (3[Br^-])^\beta [H^+]^\gamma \quad \rightarrow \quad V_{03} = 3^\beta k [BrO_3^-]^\alpha [Br^-]^\beta [H^+]^\gamma \quad \rightarrow \quad \text{Donc } \beta = 0,97 \approx 1$$

- ايجاد γ (بمقارنة السرعة في التجربة 1 و 4)

$$V_{04} = 4,58V_{01}$$

$$V_{04} = k (2[BrO_3^-])^\alpha [Br^-]^\beta (1,5[H^+])^\gamma \quad \rightarrow \quad V_{04} = 2^\alpha \times 1,5^\gamma k [BrO_3^-]^\alpha [Br^-]^\beta [H^+]^\gamma \quad \rightarrow$$

$$12 \times 1,5^\gamma = 4,58 \quad \rightarrow \quad 1,5^\gamma = 2,29 \quad \rightarrow \quad \gamma \ln 1,5 = \ln 2,29 \quad \rightarrow \quad \gamma = 2,04 \approx 2$$

$$n = \alpha + \beta + \gamma = 4$$

2. حساب ثابت السرعة

$$V = k [BrO_3^-]^\alpha [Br^-]^\beta [H^+]^\gamma \quad \rightarrow \quad k = V / ([BrO_3^-] [Br^-] [H^+]^2) = 12000 \text{ (L}^3 \cdot \text{mol}^{-3})$$

3. هذا التفاعل ليس عنصري لان رتبته الجزيئية (α, β, γ) تختلف عن المعاملاته الستوكيومترية

4. اذا ضاعفنا الكمية الابتدائية كل المتفاعلات تزداد سرعة التفاعل ب 16 مرة وذلك كمايلي

$$V_{05} = k (2[BrO_3^-])^\alpha (2[Br^-])^\beta (2[H^+])^\gamma \quad \rightarrow \quad V_{05} = (2)^4 \times k [BrO_3^-]^\alpha [Br^-]^\beta [H^+]^\gamma \quad \rightarrow \quad V_{05} = 16 V_{01}$$

$$V_{05} = 2^4 \times V_{01} = 2^4 \times 1,2 = 19,2 \text{ (mol/l.s)}$$

التمرين الثالث

1. بما أن التفاعل يستغرق عدة ساعات (4h:40min) يعتبر تفاعل بطيء جدا

D



2. دراسة حركية التفاعل:

من أجل دراسة حركية هذا التفاعل يجب إيجاد تغير تركيز المتفاعل [Trans] في مختلف الأزمنة وذلك حسب المنهجية التالية :

$[Trans] = [Trans]_0 - [Roug]$	$A_{Roug} = \varepsilon L [Roug]$
تركيز المتفاعل [Trans]	تركيز الناتج [Roug]
←	←
	امتصاصية الناتج (A_{Roug})

إيجاد قيم تركيز الناتج [Roug] في مختلف الأزمنة

t	Trans	Roug
t_0	$[Trans]_0 = 0,5 \text{ mol/l}$	00 mol/l
$t_{1/2}$	$[Trans]_0 / 2$	$[Roug] = [Trans]_0 / 2$
$t=280min$	$[Trans] = [Trans]_0 - 0,994[Trans]_0$	$[Roug] = 0,994[Trans]_0 = 0,497 \text{ mol/l}$

à $t=280min : A_{Roug} = \varepsilon L [Roug] \longrightarrow \varepsilon L = A_{Roug} / [Roug] \longrightarrow \varepsilon L = (0,994 / 0,497) = 2 \text{ (L/mol)}$

الزمن min	0	1	2	4	6	10	12	15	50	150	280
الامتصاصية A_{Roug}	0	0,375	0,545	0,705	0,782	0,857	0,878	0,900	0,967	0,989	0,994
$[Roug] = (A_{Roug} / \varepsilon L) = (A_{Roug} / 2)$											
[Roug] mol/l	00	0,1875	0,2725	0,3525	0,3910	0,4258	0,439	0,4500	0,4835	0,4945	0,497
$[Trans] = [Trans]_0 - [Roug] = 0,5 - [Roug]$											
[Trans] mol/l	0,5	0,3125	0,2275	0,1475	0,1090	0,0742	0,0610	0,0500	0,0165	0,0055	0,0030

(a) إيجاد رتبة التفاعل

❖ نفترض أن التفاعل من الرتبة 0 ثم نقوم بحساب قيم ثابت السرعة K

$$k = ([Trans]_1 - [Trans]_2) / (t_2 - t_1)$$

$$k \approx 0,18 \text{ mol/l.min} \quad k \approx 0,08 \text{ mol/l.min} \quad k \approx 0,04 \text{ mol/l.min} \quad k \approx 0,06 \text{ mol/l.min} \quad k \approx 0,001 \text{ mol/l.min} ; ; ;$$

قيم ثابت السرعة متباعدة و منه التفاعل ليس من الرتبة المعدومة

❖ نفترض ان التفاعل من الرتبة الاولى (1) ثم نقوم بحساب قيم ثابت السرعة K

$$k = (\ln[\text{Trans}]_1 - \ln[\text{Trans}]_2) / (t_2 - t_1)$$

$$k = 0,3 \text{ min}^{-1} \quad k = 0,2 \text{ min}^{-1} \quad k = 0,1 \text{ min}^{-1} \quad k = 0,06 \text{ min}^{-1} \quad k = 0,04 \text{ min}^{-1}$$

قيم ثابت السرعة متباعدة و منه التفاعل ليس من الرتبة الاولى

❖ نفترض ان التفاعل من الرتبة الثانية (2) ثم نقوم بحساب قيم ثابت السرعة K

$$k = (1/[\text{Trans}]_2 - 1/[\text{Trans}]_1) / (t_2 - t_1)$$

حسب قيم ثابت السرعة $k \approx k \approx k \approx k \approx k \approx 1,2 \text{ L/mol.s}$ المتساوية و منه نستنتج ان التفاعل من الرتبة الثانية.

(b) السرعة الابتدائية

$$V_0 = k [\text{Trans}]_0^2 \rightarrow V_0 = 1,2 \times (0,5)^2 = 0,3 \text{ mol/l.min}$$

(c) زمن 3/4 التفاعل

$$\text{à } t = t_{3/4} \rightarrow [\text{Trans}] = \frac{1}{4} [\text{Trans}]_0$$

$$(1/[\text{Trans}]) = k t + (1/[\text{Trans}]_0) \rightarrow \dots \rightarrow (4/[\text{Trans}]) = k t + (1/[\text{Trans}]_0) \rightarrow \dots \rightarrow t_{3/4} = 3/(k \cdot [\text{Trans}]_0)$$

$$t_{3/4} = 4,9 \approx 5 \text{ min}$$

(d) ثابت التكامل A

حسب علاقة اريونيس

$$K = A e^{-E_a/RT} \rightarrow K_2 = A e^{-E_a/RT_2} \rightarrow K_1 = A e^{-E_a/RT_1}$$

$$E_a = R \left(\ln \frac{k_2}{k_1} \right) / \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$$E_a \approx 20,5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$A = K_1 e^{E_a/RT_1}$$

$$A \approx 4,6 \cdot 10^3$$

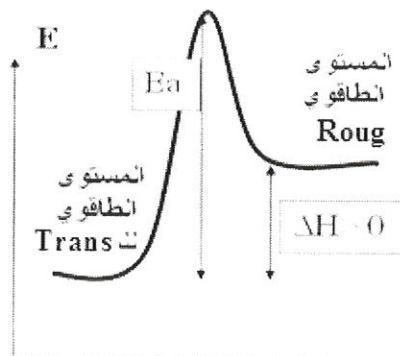
السرعة تزداد 3,25 مرة هذا يعني $V_2/V_1 = K_2/K_1 = 3,25$

(e) انثروبي التفاعل ΔH

بما أن المستوى الطاقوي للناتج اكبر من طاقة المتفاعل ب 31 (J/mol)

$$\Delta H = + 31 \text{ J/mol} \quad \text{فان}$$

(f) المنحنى الطاقوي

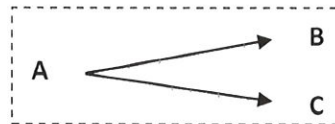


التمرين الرابع

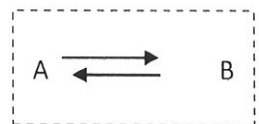
1. نوع كل التفاعل



تفاعل متتالي (سلسلي)



تفاعل متوازي توانم



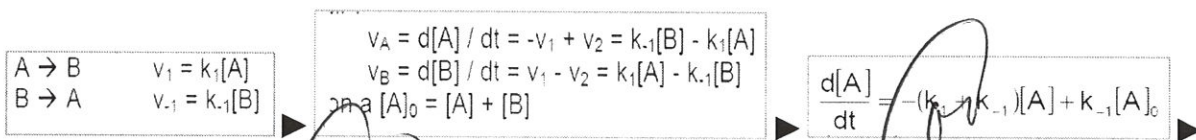
تفاعل عكوس

2. التفاعل و كيفية تغير كمية المواد في كل تفاعل

تفاعل متتالي (سلسلي)	تفاعل متوازي توانم	تفاعل عكوس
$K_1 < K_2$	$K_1 < K_2$	$K_1 < K_2$
$K_2 < K_1$	$K_2 < K_1$	$K_2 < K_1$

3. العلاقات العامة لكمية المواد A، B و C

(a) تفاعل عكوس



هذه معادلة تفاضلية من الدرجة الاولى لها حل خاص و حل عام

Equation sans second membre

$$\frac{d[A]}{dt} = -(k_1 + k_{-1})[A] \Leftrightarrow \frac{d[A]}{[A]} = -(k_1 + k_{-1})dt$$

$$\Rightarrow \ln[A] = -(k_1 + k_{-1})t + \text{cte} \Rightarrow [A] = C \times e^{-(k_1 + k_{-1})t}$$

Solution générale

$$[A] = \frac{k_{-1}}{k_1 + k_{-1}} [A]_0 (1 + e^{-(k_1 + k_{-1})t})$$

Solution particulière

$$\frac{d(C \times e^{-(k_1 + k_{-1})t})}{dt} = -(k_1 + k_{-1})C \times e^{-(k_1 + k_{-1})t} + k_{-1}[A]_0$$

$$\Leftrightarrow \frac{dC}{dt} \times e^{-(k_1 + k_{-1})t} - C(k_1 + k_{-1}) \times e^{-(k_1 + k_{-1})t} = -(k_1 + k_{-1})C \times e^{-(k_1 + k_{-1})t} + k_{-1}[A]_0$$

$$\Leftrightarrow \frac{dC}{dt} = k_{-1}[A]_0 \times e^{(k_1 + k_{-1})t} \Rightarrow C = \frac{k_{-1}}{k_1 + k_{-1}} [A]_0 \times (e^{(k_1 + k_{-1})t} + e)$$

(b) تفاعل ثوانم

$$\begin{aligned} v_1 &= k_1[A] \\ v_2 &= k_2[A] \end{aligned}$$

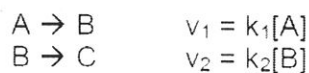
$$\begin{aligned} d[A] / dt &= -v_1 - v_2 = -(k_1 + k_2)[A] \\ d[B] / dt &= v_1 = k_1[A] \\ d[C] / dt &= v_2 = k_2[A] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{d[A]}{dt} &= -(k_1 + k_2)[A] \Rightarrow \ln\left(\frac{[A]}{[A]_0}\right) = -(k_1 + k_2)t \\ \Leftrightarrow [A] &= [A]_0 \times e^{-(k_1 + k_2)t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{d[B]}{dt} &= k_1[A] = k_1[A]_0 \times e^{-(k_1 + k_2)t} \Rightarrow [B] - [B]_0 = -\frac{k_1}{k_1 + k_2}[A]_0 \times e^{-(k_1 + k_2)t} + \frac{k_1}{k_1 + k_2}[A]_0 \\ \Leftrightarrow [B] &= \frac{k_1}{k_1 + k_2}[A]_0 \times (1 - e^{-(k_1 + k_2)t}) \quad \text{si } [B]_0 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{d[C]}{dt} &= k_2[A] = k_2[A]_0 \times e^{-(k_1 + k_2)t} \Rightarrow [C] - [C]_0 = -\frac{k_2}{k_1 + k_2}[A]_0 \times e^{-(k_1 + k_2)t} + \frac{k_2}{k_1 + k_2}[A]_0 \\ \Leftrightarrow [C] &= \frac{k_2}{k_1 + k_2}[A]_0 \times (1 - e^{-(k_1 + k_2)t}) \quad \text{si } [C]_0 = 0 \end{aligned}$$

(c) تفاعل السلسلي (المتتالية)



$$\begin{aligned} d[A] / dt &= -v_1 = -k_1[A] \\ d[B] / dt &= v_1 - v_2 = k_1[A] - k_2[B] \\ d[C] / dt &= v_2 = k_2[B] \end{aligned}$$

$$\text{on a } [A]_0 = [A] + [B] + [C]$$

$$\begin{aligned} [A] &= [A]_0 e^{-k_1 t} \\ [B] &= \frac{k_1}{k_2 - k_1} [A]_0 (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) \\ [C] &= [A]_0 \left(1 - \frac{k_2}{k_2 - k_1} e^{-k_1 t} + \frac{k_1}{k_2 - k_1} e^{-k_2 t} \right) \end{aligned}$$