REPUBLIQUE ISLAMIQUE DE MAURITANIE *Honneur Fraternité Justice*

Ministère de l'Education Nationale **Série : Sciences de la nature**

Direction de l'Enseignement Secondaire **Durée : 4H Coefficient : 6**

Service des Examens

Baccalauréat

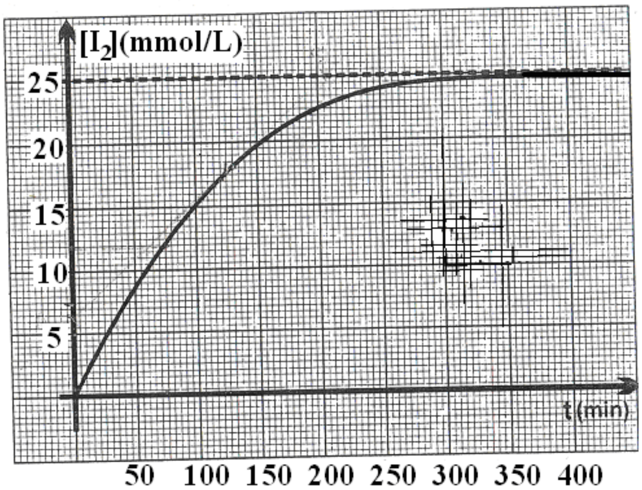
Sciences physiques session complémentaire 2008

Exercice 1

L'oxydation des ions iodure I^- par l'eau oxygénée H_2O_2 est une réaction lente.

On donne les potentiels standards des couples redox: $E_{I_2/I^-} = 0,55V$ et $E_{H_2O_2/H_2O} = 1,77V$.

A l'instant t=0, on mélange 3mL d'acide sulfurique de concentration 2mol/L avec 9mL d'une solution d'iodure de potassium de concentration 10^{-1}mol/L et 3ml d'eau oxygénée de concentration $1,25.10^{-1}$mol/L. A différents instants, on mesure les concentrations du diiode formé pour représenter la courbe $[I_2] = f(t)$.



1 Ecrire l'équation bilan de la réaction.

2.1 Calculer à t=0, les concentrations initiales $[I^-]_0$ des ions iodure et $[H_2O_2]_0$ de l'eau oxygénée. Préciser le réactif limitant.

2.2 Définir la vitesse instantanée de formation du diiode. La calculer à l'instant t=200min.

Comment varie la vitesse et quel est le facteur cinétique agissant ?

3 Déterminer la concentration du diiode après un temps infini. On la représentera par $[I_2]_\infty$.

Ce résultat est-il en accord avec la courbe ?

4 Déterminer le temps de demi réaction $t_{1/2}$.

Exercice 2

On prendra Ke=10^{-14} à 25°C.

Soit S une solution d'acide méthanoïque HCOOH de concentration molaire volumique C_a=0,1mol/L.

1 Ecrire l'équation de la réaction qui accompagne la mise en solution de cet acide dans l'eau pure.

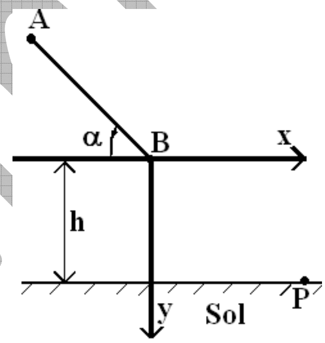
2 Un volume V_a=30mL de la solution S est dosé à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration C_b=0,1mol/L. Lors de l'addition de la solution basique au contenu du Becher, a lieu la réaction d'équation : $HCOOH + OH^- \rightarrow HCOO^- + H_2O$

Il a été possible de tracer la courbe de variation du pH du mélange réactionnel au cours du dosage en fonction du volume V_b de la solution basique ajouté. On porte dans le tableau suivant les résultats des mesures relatives seulement à deux points de la courbe.

Volume de la solution basique ajoutée	pH du mélange réactionnel	Nature du point
30	8,25	Point d'équivalence
15	3,8	Point de demi équivalence

2.1 Définir l'équivalence acido-basique. En déduire la valeur $V_{béq}$ (volume de la base à l'équivalence).
2.2 Montrer qu'à la demi-équivalence, le pH du mélange est égal au pKa du couple $HCOOH/HCOO^-$. En déduire la valeur du pKa de ce couple.
2.3 Pour permettre une bonne immersion de l'électrode du pH-mètre dans le mélange réactionnel, on ajoute 40mL d'eau pure sur 30mL de la solution acide contenue dans le Becher et on refait les mesures effectuées au cours du dosage.
Préciser en le justifiant si, à la suite de cette dilution ; le volume de la solution basique ajoutée pour atteindre l'équivalence et le pH du mélange réactionnel à la demi-équivalence, restent inchangés, subissent une augmentation ou une diminution.
3 A 10mL de la solution initiale S, on ajoute maintenant une solution de méthanoate de sodium HCOONa de concentration molaire volumique C=1mol/L jusqu'à obtenir un pH du mélange réactionnel égal à 6. Le volume ajouté est alors 158mL.
3.1 Calculer les concentrations des espèces chimiques, autres que l'eau, présentes dans le mélange réactionnel.
3.2 Retrouver la valeur du pKa du couple $HCOOH/HCOO^-$.

Exercice 3



Un mobile de masse m=200g est lâché sans vitesse initiale au point A sur une table inclinée d'un angle α = 20° par rapport au plan horizontal. On suppose que le mobile est soumis au cours du mouvement à une force de frottement constante $\vec{f}$ s'opposant à ce dernier et parallèle à la trajectoire.
1.1 Etablir l'expression littérale de l'accélération a_1 du centre d'inertie du mobile. En déduire la nature de son mouvement.
1.2 En déduire l'expression littérale de l'accélération a_2 si le frottement est négligeable. Calculer sa valeur numérique dans ce cas.
2 On a relevé les distances parcourues par le centre d'inertie du mobile au cours du temps, à partir de l'instant initial t=0.

t(s)	0,05	0,12	0,18	0,24	0,30	0,36
d(cm)	0,3	1,1	2,5	4,45	6,95	10

2.1 La représentation $d=f(t^2)$ donne une droite. Calculer la valeur numérique de l'accélération a_1 du mouvement. L'expérience met-elle en évidence l'existence d'une force de frottement ? si oui calculer son intensité f.
2.2 Calculer la distance d=AB si la durée du mouvement entre A et B est t=0,42s.
3 Au point B le mobile quitte le plan incliné et tombe au sol situé à la distance h=2m en dessous du plan horizontal passant par B.
3.1 Déterminer les équations horaires du mouvement du mobile suivant les axes Bx et By.
3.2 Calculer la durée de chute.

Exercice 4

On relie l'extrémité O d'une lame vibrante à une corde tendue de longueur OO'=2m. La lame vibrante subit des oscillations sinusoïdales verticales de fréquence N=100Hz et d'amplitude a=3mm. Ces vibrations se propagent le long de la corde sans amortissement ni réflexion avec une célérité c = 20m/s.
1 Calculer la longueur de l'onde λ.
2 Décrire le phénomène observé au moment où la corde est éclairée par un stroboscope dont les fréquences prennent les valeurs: Ne = 200 Hz ; Ne = 25 Hz ; Ne = 50 Hz et Ne = 102 Hz.
3 En considérant l'origine des temps l'instant où O passe par sa position d'équilibre dans le sens positif ; écrire l'équation horaire y_O du mouvement de la source O et donner l'élongation y_M d'un point M situé à la distance x de la source O.
4 Déterminer l'expression des abscisses des points qui vibrent en phase avec la source O, préciser leur nombre et la valeur de l'abscisse du point le plus proche de O.
5 Mêmes questions pour les points qui vibrent en opposition de phase avec O.
6 Représenter l'aspect de la corde à l'instant t = 0,03s.

Solution

Exercice 1

1 Les demi équations électroniques :

$$2I^- \rightleftharpoons 2e^- + I_2$$

$$H_2O_2 + 2e^- + 2H^+ \rightleftharpoons 2H_2O$$

l'équation bilan : $2I^- + H_2O_2 + 2H^+ \rightarrow 2H_2O + I_2$

2.1 Calcul des concentrations initiales :

$\left[I^-\right]_0 = \dfrac{C_2V_2}{V_1+V_2+V_3}$ **A.N :** $\left[I^-\right]_0 = 6.10^{-2}\,mol/L$

$\left[H_2O_2\right]_0 = \dfrac{C_3V_3}{V_1+V_2+V_3}$

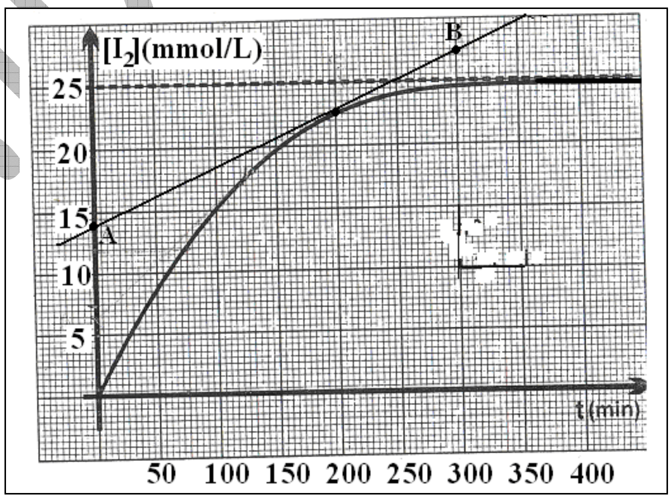
A.N : $\left[H_2O_2\right]_0 = 2{,}5.10^{-2}\,mol/L.$

Détermination du réactif limitant :

$\dfrac{\left[H_2O_2\right]_0}{1} < \dfrac{\left[I^-\right]_0}{2}$ **le réactif limitant est l'eau oxygénée H_2O_2.**

2.2 Définition de la vitesse de formation de I_2

C'est la dérivée de la concentration de I_2 par rapport au temps $V(I_2) = \dfrac{d[I_2]}{dt}$ ce qui correspond au coefficient directeur de la tangente à la courbe au point d'abscisse t;
soit à t=200min



$$V_{t=200\,min} = \frac{[I_2]_B - [I_2]_A}{t_B - t_A}$$

$$V_{t=8\,min} = \frac{(27-14)10^{-3}}{300} \simeq 4{,}3.10^{-5}\,mol/L/min$$

La vitesse de formation de I_2 diminue en fonction du temps. Le facteur cinétique agissant est la concentration.

3 Détermination de $\left[I_2\right]_\infty$

La concentration de I_2 à l'infini correspond à la disparition totale de la concentration initiale du réactif limitant ; soit

$\left[I_2\right]_\infty = [H_2O_2]_0 = 2{,}5.10^{-2}\,mol/L$

Ce résultat est bien en accord avec la courbe qui admet une tangente horizontale au point d'ordonnée 25mmol/L.

4 Le temps de la démi réaction :

D'après le graphe $t_{1/2} \approx 75min.$

Exercice 2

1 L'équation de dissolution de HCOOH dans l'eau pure :

$$HCOOH + H_2O \rightleftharpoons HCOO^- + H_3O^+$$

2.1 L'équivalence acido-basique correspond à la neutralisation des ions H_3O^+ existant dans la solution acide par les ions OH^- apportés par la base versée.
D'après le tableau $V_{béq}$=30mL.
2.2 Montrons la relation pKa=pH à la demi équivalence :

Bilan qualitatif et quantitatif des espèces dans le mélange :

H_3O^+, OH^-, H_2O, Na^+, $HCOOH$ et $HCOO^-$

Calcul des concentrations :

A la demi-équivalence : $PH = 3;8 \ et \ \frac{V_{bE}}{2} = V' = 15mL$

$$\left[H_3O^+\right] = 10^{-pH} = 10^{-3,8} = 1,5.10^{-4} mol/L$$

$$\left[OH^-\right] = 10^{pH-14} = 10^{(3,8-14)} = 6.10^{-11} mol/L$$

$$\left[Na^+\right] = \frac{C_b V'}{V_s} = \frac{0,1.15}{45} = 3,3.10^{-2} mol/L$$

D'après l'électroneutralité :

$$[H_3O^+]+[Na^+]=[OH^-]+[HCOO^-]$$

or $[OH^-] \prec\prec \left[H_3O^+\right]$ et $\left[H_3O^+\right] \prec\prec \left[Na^+\right]$

On a $[HCOO^-] = [Na^+] = 3,3.10^{-2} mol/L$

D'après la conservation de la matière :

$$\frac{C_a V_a}{V_s} = [HCOOH]+[HCOO^-]$$

Soit $[HCOOH] = \frac{C_a V_a}{V_s} - [HCOO^-] \Rightarrow [HCOOH] = \frac{0,1.30}{45} - 3,3.10^{-2} = 3,3.10^{-2} mol/L$ or

$$d'où \ pKa = PH = 3,8 \quad car \quad \left[HCOO^-\right] = \left[HCOOH\right]$$

2.3

- **Le volume de la base versée l'équivalence ne change pas :**

Après dilution nous avons : $C'_a V'_a = C_b V_{béq}$

or $C'_a = \frac{C_a V_a}{V'_a}$

$$\Rightarrow \frac{C_a V_a}{V'_a} V'_a = C_b V'_{béq} \Leftrightarrow C_a V_a = C_b V'_{béq} \ (1)$$

Avant la dilution nous avions : $C_a V_a = C_b V_{béq}$ (2)

En identifiant (1) à (2) on voit que $V'_{béq} = V_{béq}$

$C'_a V'_a = C_b V_{béq}$

- **Le pH à la demi équivalence ne change pas le pKa dépend seulement de la température.**

3.1 Calcul des concentrations :

Bilan qualitatif et quantitatif des espèces dans le mélange :

H_3O^+, OH^-, H_2O, Na^+, $HCOOH$ et $HCOO^-$

Calcul des concentrations :

$$\left[H_3O^+\right] = 10^{-pH} = 10^{-6} mol/L$$

$$\left[OH^-\right] = 10^{pH-14} = 10^{-10} mol/L$$

$$\left[Na^+\right] = \frac{C_b V_b}{V_s} = 9,4.10^{-1} mol/L$$

D'après l'électroneutralité :

$$[H_3O^+]+[Na^+]=[OH^-]+[HCOO^-]$$

En négligeant $[H_3O^+]$ et $[OH^-]$ il vient :

$$[HCOO^-] = [Na^+] = \frac{C_b V'}{V_s} = 9,4.10^{-1}\,mol/L$$

D'après la conservation de la matière :

$$\frac{C_a V_a + C_b V_b}{V_s} = [HCOOH] + [HCOO^-]$$

Soit $[HCOOH] = \frac{C_a V_a + C_b V_b}{V_s} - [HCOO^-] = 6.10^{-3}\,mol/L$

3.2 Calcul du pKa :

La relation d'Hendersen donne : $pKa = pH - \log\frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} = 3,8$

Exercice 3

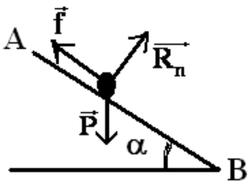
1.1 L'expression de l'accélération a_1 si $\vec{f}$ n'est pas négligeable:

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_1 \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{R} + \vec{f} = m\vec{a}_1$$

par projection sur $\overrightarrow{AB}$ on obtient :

$$-f + P\sin\alpha = ma_1 \quad a_1 = -\frac{f}{m} + g\sin\alpha = cte$$

$\Rightarrow$ **m.r.u.v**



1.2 Déduction de l'accélération a_2 si $\vec{f}$ est négligeable:

Si f=0 l'expression de a_1 devient :

$$a_2 = g\sin\alpha = 3,4\,m/s^2$$

2.1 Calcul de a_1 :

$a_1 = \frac{2x}{t^2} = 1,67\,m/s^2$ **Comme** $a_1 < a_2$ **il y'a frottement.**

La valeur de f : $a_1 = -\frac{f}{m} + g\sin\alpha \Rightarrow f = mg - ma_1$ **Soit : f=0,35N.**

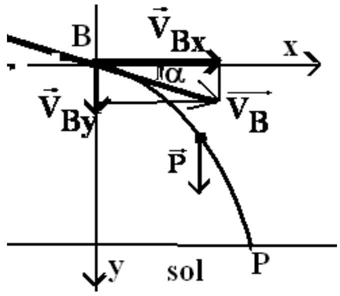
2.2 Calcul de la longueur AB :

$$x = AB = \frac{1}{2}a_1 t^2 = 13,36\,cm$$

3.1 Les équations horaires du mouvement à partir du point B :

Conditions initiales :

$$B\begin{cases} x_0 = x_B = 0 \\ y_0 = y_B = 0 \end{cases} \vec{V}_B\begin{cases} V_{Bx} = V_B\cos\alpha \\ V_{By} = V_B\sin\alpha \end{cases}$$



En appliquant la R.F.D,on obtient :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} = m\vec{a}$$

$$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = g \end{cases} \Rightarrow \vec{V}\begin{cases} V_x = V_B\cos\alpha \\ V_y = gt + V_B\sin\alpha \end{cases}$$

$$\Rightarrow \overrightarrow{BM}\begin{cases} x = V_B\cos\alpha t & (1) \\ y = \frac{1}{2}gt^2 + V_B\sin\alpha t & (2) \end{cases}$$

Comme $V_B = \sqrt{2a_1 AB} = 0,7\,m/s \Rightarrow \overrightarrow{BM}\begin{cases} x = 0,67t & (1) \\ y = 5t^2 + 0,24t & (2) \end{cases}$

3.2 Calcul de la durée de chute entre B et P :

L'équation (2) donne : $y_P = 5t^2 + 0,24t$ or $y_P = h = 2$

$\Leftrightarrow 5t^2 + 0,24t - 2 = 0 \qquad \Delta = 5,32$

Soit $t \approx 0,61s$

Exercice 4

1Calcul de la longueur d'onde λ :

$$\lambda = \frac{C}{N} = 0,2m$$

2 Description de l'aspect de la corde lorsque Ne prend les valeurs suivantes :

Pour que le phénomène parait unique et immobile, il faut que $N_e = N/k$

- **Lorsque N_e=200Hz $\left(N = \frac{N_e}{2}\right)$, on observe 2 cordes immobiles.**
- **Lorsque N_e=25Hz (N=4Ne) la corde parait unique et immobile.**
- **Lorsque N_e=50Hz (N=2Ne) la corde parait unique et immobile.**
- **Lorsque N_e= 102Hz (N_e> N) la corde parait en mouvement ralenti dans le sens contraire du mouvement réel.**

3 L'équation horaire du mouvement de la source O:

Le mouvement étant sinusoïdal son équation serait de la forme $y_O = a\cos(\omega t+\varphi)$

Avec $\omega = 2\pi N = 200\pi Hz$ et $a = 3.10^{-3}m$

à t=0

$$\begin{cases} x_0 = a\cos\varphi \\ V_0 = -\omega x_m \sin\varphi \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \cos\varphi = 0 \\ \sin\varphi = -1 \end{cases} \Leftrightarrow \varphi = -\pi/2$$ **d'où l'équation $y_O = 3.10^{-3}\cos(200\pi t - \pi/2)$**

L'équation horaire du mouvement d'un point M situé à la distance x de la source O :

$y_M = 3.10^{-3}\cos(200\pi t - \pi/2 - 2\pi x/\lambda)$

4 Les abscisses des points M qui vibrent en phase avec O :

$\Delta\varphi = \varphi_O - \varphi_M = -\pi/2 + \pi/2 + 2\pi x/\lambda = 2k\pi$

$\Leftrightarrow x = k\lambda$. Le point le plus proche de O correspond à k =1 soit $x = \lambda = 0,2m$.

Le nombre des points qui vibrent en phase avec O :

$0 < x \leq OO' \Leftrightarrow 0 < k\lambda \leq OO'$

$\Leftrightarrow 0 < k \leq OO'/\lambda \Leftrightarrow 0 < k \leq 10$ soit 10 points.

5 Les abscisses des points M qui vibrent en opposition de phase avec O :

$\Delta\varphi = \varphi_O - \varphi_M = -\pi/2 + \pi/2 + 2\pi x/\lambda = (2k+1)\pi \qquad \Leftrightarrow x = (2k+1)\lambda/2$.

Le point le plus proche de O correspond à k=0 soit $x = \lambda/2 = 0,1m$.

Le nombre des points qui vibrent en opposition de phase avec O :

$0 < x \leq OO' \Leftrightarrow 0 < (2k+1)\lambda/2 \leq OO'$

$\Leftrightarrow 0 < k \leq OO'/\lambda - 1/2 \Leftrightarrow 0 \leq k \leq 9,5$

soit 9 points.

6 La représentation de la forme de la corde à l'instant t_1=0,03s (Courbe).

$y = a\cos(200\pi.0,03 - \pi/2 - 2\pi x/\lambda) \qquad y = a\cos(2\pi x/\lambda + \pi/2)$

x	0	$\lambda/4$	$\lambda/2$	$3\lambda/4$	λ
y	0	-a	0	+a	0

La distance parcourue à t=0,03s est : $x = ct = 3\lambda$