

Chimie en solution aqueuse, mécanique

Problème 1: Piles à combustible, extrait « petites Mines » 2008

C.II. Piles à combustible à méthanol direct

Des piles à combustible sont développées actuellement à partir de méthanol, nous étudierons celle à méthanol direct dans laquelle le méthanol est utilisé tel quel en tant que réducteur, l'oxydant étant

du dioxygène. Ces piles ne sont pas très puissantes mais elles ont de grandes autonomies et peuvent être utilisées dans des appareils portables (microordinateurs, téléphones ou autres). Elles fonctionnent à des températures relativement basses autour de 70 °C. Le biométhanol est obtenu à partir de la biomasse lignocellulosique en deux étapes : conversion en gaz de synthèse (mélange de CO et H₂) puis recombinaison en méthanol CH₃OH. Les électrodes sont en graphite, métal ou en matériaux composites. La membrane séparant les deux compartiments est une membrane échangeuse d'ions.

On note $e^{\circ} = \frac{RT}{F} \ln 10$ à la température de fonctionnement de la pile.

Q44. Écrire la demi-équation électronique correspondant à la demi-pile contenant le méthanol et en déduire l'expression du potentiel de Nernst E_1 correspondant.

Remarque : l'eau et le méthanol étant en quantités proches, leurs activités sont égales à leurs fractions molaires.

Q45. Écrire la demi-équation électronique correspondant à la demi-pile contenant le dioxygène et en déduire l'expression du potentiel de Nernst E_2 correspondant.

Remarque : l'eau étant ici le seul liquide, son activité est prise égale à 1.

Q46. Le courant circule dans le circuit, à l'extérieur de la pile, en partant de la demi-pile 2 vers la demi-pile 1. En déduire les polarités attendues de la pile et exprimer sa force électromotrice.

Q47. Indiquer en justifiant, quelle électrode est la cathode et laquelle est l'anode. En déduire la réaction qui se produit lorsque la pile débite.

Q48. Si on admet que le rendement d'une pile est de 80 %, exprimer la quantité d'électricité formée à partir de 10 mL de méthanol.

Q49. Pendant combien de temps pourrait fonctionner la pile, en admettant toujours un rendement de 80 %, lorsqu'elle délivre un courant d'intensité supposée constante de 10 A ? Conclure.

Données relatives à la partie de chimie :

Constantes d'acidité à 298 K :

CO_{2(aq)}/HCO₃⁻ : $pK_{a1} = 6,4$ et HCO₃⁻/CO₃²⁻ : $pK_{a2} = 10,3$.

DEAH⁺/DEA : $pK_a = 9,0$

H₂S/HS⁻ : $pK'_{a1} = 7,0$ HS⁻/S²⁻ : $pK'_{a2} = 13,0$

H₃PO₄/H₂PO₄⁻ : $pK_1 = 2,1$; H₂PO₄⁻/HPO₄²⁻ : $pK_2 = 7,2$; HPO₄²⁻/PO₄³⁻ : $pK_3 = 12,4$.

Enthalpies standard de formation à 300 K :

Composé (gaz)	H ₂ O	CO ₂	CH ₄
$\Delta_f H^{\circ}$ (kJ.mol ⁻¹)	- 240	- 390	- 110

Capacités thermiques molaires à pression constante à 300 K considérées comme constantes dans l'intervalle de température étudié :

composé	CH ₄ , N ₂ , O ₂ , H ₂ O	CO ₂
C_p° (J.K ⁻¹ .mol ⁻¹)	30	45

Potentils standard des couples (à 298 K)

E_1° (CO₂/CH₃OH) = 0,02 V ; E_2° (O₂/H₂O) = 1,23 V.

F (le Faraday) $\approx 10^5$ C.mol⁻¹

Densité du méthanol : $d = 0,80$

Masse volumique de l'eau : $\rho_e = 1,0$ g.cm⁻³.

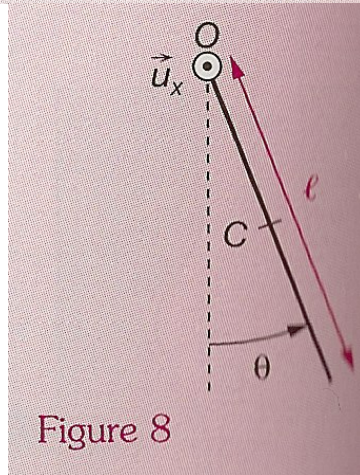
Masse molaire moléculaire du méthanol : $M_{\text{mét}} = 32$ g.mol⁻¹ (qu'on pourra arrondir à 30 pour simplifier les calculs numériques).

Problème 2: Pendule pesant

A. Approche énergétique du pendule pesant

Un pendule pesant est constitué d'une tige homogène de masse m et longueur ℓ en pivot parfait autour de l'axe Ox . Sa position est repérée par l'angle θ (voir Fig. 8). Le moment d'inertie de la tige par rapport à l'axe Ox est $J_{Ox} = \frac{1}{3} m\ell^2$.

1. Évaluer l'énergie cinétique de la tige à un instant quelconque.
2. Faire de même avec son énergie potentielle de pesanteur.
3. Quelles sont les actions extérieures subies par la tige ? Calculer leur puissance.
4. En déduire les positions d'équilibre et leur stabilité.
5. Trouver une intégrale première du mouvement. En déduire l'équation du mouvement de la tige.
6. La résoudre dans le cadre des petites oscillations sachant qu'initialement la tige est dans la position verticale $\theta = 0$, avec une vitesse angulaire $\omega_0 > 0$. Donner une condition sur ω_0 pour être effectivement dans cette approximation.
7. On ne se place plus forcément dans le cadre des petites oscillations. En faisant une étude énergétique, montrer que suivant les valeurs de ω_0 deux types de mouvement sont possibles. Les décrire. Quelle valeur de ω_0 , notée ω_c , est à la limite des deux situations ?



Problème 3: Balle et tige

Une balle de masse $m = 2,59 \text{ g}$ et de vitesse initiale $v = 374,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ rentre en collision avec un tige au repos de masse $M = 3,00 \text{ kg}$ et de longueur $\ell = 2,00 \text{ m}$. La tige peut tourner librement autour d'un axe qui passe par son centre de masse avec $J_{\text{tige}} = M\ell^2/12$. La balle se fige dans la tige à $\ell/3$ par rapport à son centre de masse (cf. figure). En conséquence, la tige peut se mettre en rotation.

a) Déterminer le moment cinétique du système balle-tige. Penser à utiliser la conservation du moment cinétique.

b) Déterminer l'énergie cinétique de rotation du même système après la collision.

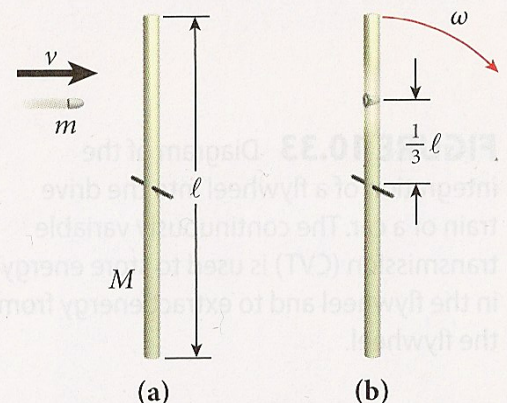


FIGURE 10.34 A bullet hits a pole and sticks.