DM8 – 09/06/2010 – Pb1 : Oxydoréduction

Problème 1 : Quelques applications de l'oxydoréduction

Partie 1 : Dosage de l'eau oxygénée

Les lentilles de contact doivent être décontaminées et nettoyées après usage. Une solution d'eau oxygénée (peroxyde d'hydrogène) peut être utilisée à cet effet. Une de ces solutions annonce un titre massique en peroxyde d'hydrogène H_2O_2 : t = 30 g.L^{-1}. Pour contrôler cette indication, on peut doser, après acidification, le peroxyde d'hydrogène contenu dans V = 10,0 mL de cette solution par une solution de permanganate de potassium de concentration C' = 0,20 mol.L^{-1}. Les ions MnO_4^- sont violets, les autres espèces incolores.

1.1. Etablir l'équation de la réaction de dosage

1.2. Décrire le protocole à suivre : dispositif expérimental, verrerie utilisée, électrodes nécessaires, repérage de l'équivalence.

1.3. Le volume V'_E versé à l'équivalence vaut 17,6 mL. Déterminer la quantité d'ions permanganate introduits à l'équivalence et en déduire la concentration de la solution en peroxyde d'hydrogène. Le résultat est-il en accord avec la valeur annoncée ?

Données : Couples oxydant/réducteur : $MnO_4^-{}_{(aq)}$/ $Mn^{2+}{}_{(aq)}$, $O_{2(g)}$/ $H_2O_{2(aq)}$, M(H) = 1g.mol^{-1}, M(O) = 16 g.mol^{-1}.

Partie 2 : Fabrication de boîte de conserve en "fer blanc"

Le fer blanc désigne une tôle d'acier recouverte des deux cotés d'une épaisseur très fine d'étain. On l'utilise pour réaliser les boîtes de conserve, les canettes et certains emballages métalliques… On parle d'étamage du fer.

Le procédé moderne d'étamage (recouvrir de fer) se fait par électrolyse : La boîte de fer, de surface S = 300 cm^2 constitue la cathode (où a lieu la réduction) et est placée dans un électrolyte (solution acidifiée de sulfate d'étain Sn^{2+} + SO_4^{2-}, à t = 50 g.L^{-1}). L'anode est en étain, de manière à alimenter l'électrolyte en ions Sn^{2+}.

Lors de l'électrolyse, l'intensité du courant est maintenue constante et égale à I = 2,40A sous l'action d'un générateur externe, qui impose le fonctionnement de la cellule électrochimique en récepteur (à l'inverse du fonctionnement en pile).

2.1. Faire un schéma légendé de cette électrolyse en précisant le sens de branchement du générateur, et le sens de déplacement des différents porteurs de charge.

2.2. Ecrire les équations des réactions susceptibles de se produire aux électrodes.

2.3. En fait, les ions sulfate ne donnent aucune réaction aux électrodes et on peut considérer qu'il n'y a pas de formation de gaz aux électrodes. Ecrire la réaction globale de cette électrolyse.

2.4. Déterminer la durée minimale de l'électrolyse pour réaliser un dépôt d'épaisseur e = 1,0 μm sur toute la surface S de la boîte (on suppose le dépôt uniforme).

2.5. En réalité, on constate que la durée nécessaire pour réaliser ce dépôt est supérieure. Proposer une explication.

Données : Masse volumique de l'étain ρ = 7,3 g.cm^{-3}. M(Sn) = 118,7 g.mol^{-1}
Couples oxydant/réducteur : $Sn^{2+}{}_{(aq)}$/ $Sn_{(s)}$, $S_2O_8^{2-}{}_{(aq)}$/ $SO_4^{2-}{}_{(aq)}$, $SO_4^{2-}{}_{(aq)}$/ $SO_{2(g)}$, $H^+{}_{(aq)}$/ $H_{2(g)}$, $O_{2(g)}$/ H_20

DM8 – 09/06/2010 – Pb2 : Structure interne du Soleil

On modélise l'intérieur du soleil de la manière suivante :

→ Le Soleil est supposé sphérique, de centre O, de rayon R et de masse M_S ;

→ Il est composé uniquement d'hydrogène entièrement ionisé en protons et électrons (état de plasma). Les densités particulaires (nombre de particules par unité de volume) en protons et en neutrons sont toutes égales à n*, elles sont supposées uniformes ;

→ La matière ionisée est assimilée à un gaz parfait ;

→ Le Soleil est à l'équilibre macroscopique dans le référentiel de Képler supposé galiléen (on ne tient donc pas compte de son mouvement de rotation sur lui-même).

L'objectif de ce problème est de déduire de ce modèle simplifié un ordre de grandeur des paramètres thermodynamiques température et pression à l'intérieur du soleil.

Données :

Constante de gravitation	$G = 6{,}67.10^{-11}$ N.m².kg⁻²
Rayon du Soleil	$R = 7{,}1.10^{8}$ m
Masse du Soleil	$M_S = 2.10^{30}$ kg
Constante de Boltzmann	$k_B = 1{,}38.10^{-23}$ J.K⁻¹
Nombre d'Avogadro	$N_A = 6{,}02.10^{23}$ mol⁻¹
Masse du proton	$m_P = 1{,}67.10^{-27}$ kg
Masse de l'électron	$m_e = 9{,}11.10^{-31}$ kg

1. Préliminaires

1.1. Enoncer précisément le théorème de Gauss pour le champ électrique

1.2. Rappeler les expressions :

→ du champ électrostatique $\vec{E}$ crée en un point M par une charge ponctuelle q placée en un point O.

→ du champ gravitationnel $\vec{G}$ crée en un point M par une masse ponctuelle m placée en O.

1.3. A l'aide d'un tableau d'analogie, en déduire l'énoncé du théorème de Gauss pour le cas gravitationnel.

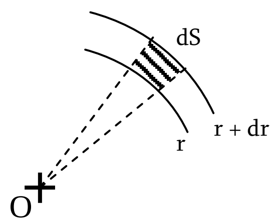
2. Champ de pression et de température à l'intérieur du soleil

2.1. Calculer la masse volumique ρ à l'intérieur du Soleil.

2.2. En déduire la valeur numérique de la densité n*.

2.3. En utilisant le théorème de Gauss, établir l'expression du champ gravitationnel $\vec{G}$ crée par le soleil en un point situé à l'intérieur du Soleil. On exprimera $\vec{G}$ en fonction de r = OM, G, M_S et R.

On considère une portion élémentaire du Soleil de surface dS (volume élémentaire $d\tau = dr \cdot rd\theta \cdot rd\varphi$) comprise entre les couches de rayon r et r + dr. On note P(r) le champ de pression dans le Soleil, supposé ne dépendre que de la distance r au centre du Soleil.



2.4. En traduisant l'équilibre hydrostatique de la portion de fluide, montrer la relation $\dfrac{dP}{dr} = -\rho G(r)$, où $G(r) = \left\|\overrightarrow{G(r)}\right\|$.

2.5. En déduire le champ de pression P(r) en fonction de ρ, G, M_S et R, en posant P(R) = 0.

2.6. Justifier la relation $P(r) = 2\, n^*\, k_B\, T(r)$, où T(r) est la température à la distance r du centre du Soleil.

2.7. En déduire le champ de température T(r) en fonction de G, M_S, m_P, k_B et R. Quelle critique peut-on formuler quant au modèle utilisé ?

2.8. Calculer la pression P_0 et la température T_0 au centre du soleil dans le cadre de ce modèle. Commenter.