Exercices sur la diffusion

Pour les différents exercices, on donne la solution de la 2nde loi de Fick :

$(c - c_{\propto}) / (c_0 - c_{\propto}) = (1 - erf(u))$ avec $erf(u) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^u e^{-v^2} dv$ et $v = \frac{x}{2\sqrt{D\,t}}$

On rappelle que le coefficient de diffusion qui suit loi d'Arrhenius :

$D = D_0 \mathrm{e}^{-\frac{\mathrm{E_d}}{\mathrm{R\,T}}}$ avec T en K et R = 8,32 $J.mol^{-1}.K^{-1}$

Exercice n°1 d'après sujet 2007

On prendra pour la diffusion du carbone dans l'austénite $D_0 = 10^{-5}$ $m^2.s^{-1}$ et E_d = 134 $kJ.mol^{-1}$

1. Calculer la valeur du coefficient de diffusion D à 900 °C.
2. Calculer la température pour laquelle la diffusion se fait 2 fois plus rapidement.
3. On cémente une pièce initialement à 0,15 % de carbone en masse dans une atmosphère à 0,6 % C en masse à la température de 930 °C. Le coefficient de diffusion est alors de $1{,}52.10^{-11}$ $m^2.s^{-1}$. On veut porter la pièce à une concentration telle qu'on ait 0,35 % C en masse à une profondeur de 0,40 mm.
    a. Déterminer la valeur de erf (u) correspondante à % C = 0,35.
    b. En déduire la valeur de u. On donne erf (0,5) = 0,5205 et erf (0,55) = 0,5633
    c. On prendra u = 0,54. Calculer la durée du traitement.

Exercice n°2

On considère la nitruration monodirectionnelle d'une pièce en fer pur à 700 °C. La concentration en surface apporté par l'atmosphère de nitruration est de 0,1 % en masse.

1. Calculer la concentration à 1 mm sous la surface après 10 h. Le coefficient de diffusion à 700 °C est $D = 2{,}5.10^{-11}$ $m^2.s^{-1}$.
2. Le coefficient de diffusion à 550 °C est $D = 6{,}6.10^{-12}$ $m^2.s^{-1}$.
    a. Calculer la valeur de l'énergie de diffusion. Donner sa valeur en $eV.atome^{-1}$.
    b. Calculer la durée du traitement équivalent.
    c. En déduire la valeur du coefficient de diffusion à 650 °C.
3. On donne la relation permettant de calculer la profondeur de nitruration $x_c = 2\sqrt{\frac{Dt}{\pi}}$.
    a. Calculer sa valeur dans les conditions précédentes.
    b. Définir cette profondeur de nitruration et faire un schéma explicatif.

On donne les valeurs : erf (0,5) = 0,520 et erf (0,6) = 0,604

Exercice n°3

On considère la diffusion du fer dans le nickel.

On donne les valeurs du coefficient de diffusion en fonction de la température.

T en °C	D en $m^2.s^{-1}$
1000	$9{,}4.10^{-16}$
1200	$2{,}4.10^{-14}$

1. Calculer l'énergie d'activation de la diffusion E_d.
2. Donner le résultat en $eV.atome^{-1}$.
3. Calculer le coefficient de diffusion à 1100 °C.

Exercice n°4

On réalise la cémentation d'un acier à 900 °C pendant 10 h.

On donne l'enthalpie de la réaction de cémentation Δ H = 138000 J.mol^{-1}.

1. Quelle sera la durée du traitement équivalent à 1000 °C ?
2. On donne la teneur initiale en carbone d'un acier % c $_{\propto}$ = 0,1, la teneur en surface en équilibre avec l'atmosphère de traitement est % c $_{x=0}$ = 1,2, on veut qu'à une profondeur x = 0,2 cm la teneur soit % c $_{x}$ = 0,4.
   On donne le tableau de valeurs :

u	erf (u)
0,7	0,678
0,8	0,742

   Calculer le coefficient de diffusion correspondant au traitement sachant que la durée du traitement est de 10 h.

Exercice n°5

On donne le nombre d'Avogadro N = 6,02.10^{23} mol^{-1}, R = 8,32 J.mol^{-1}.K^{-1}, T K = T °C + 273 et la pression atmosphérique p_{atm} = 101300 Pa.

On considère la diffusion du cuivre dans l'aluminium pour lequel on prendra D_0 = 15.10^{-6} m^2.s^{-1} et ΔH = 126 kJ.mol^{-1}.

1. Calculer la valeur du coefficient de diffusion D à 20 °C puis à 1000 °C.
2. a. Le cuivre et l'aluminium suivent le réseau cfc. Représenter une maille.
   b. Calculer le rayon atomique de l'aluminium sachant que sa masse volumique est ρ = 2700 kg.m^{-3} et que sa masse molaire est M = 27 g.mol^{-1}.
   c. Donner l'énoncé des lois de Hume-Rothery. Que peut-on en conclure concernant les alliages cuivre-aluminium ?
3. a. Calculer $(c - c_{\propto}) / (c_0 - c_{\propto})$ pour x = 2 mm, t = 10 h à la température de 1000 °C. On prendra le coefficient de diffusion égal à D = 1,02.10^{-10} m^2.s^{-1}
   On donne erf (0,5) = 0,5205 et erf (0,6) = 0,6039
   b. Calculer le temps nécessaire pour atteindre la même valeur de concentration à 20 °C. Conclure