

Question de cours Quelle relation peut-on utiliser pour calculer le transfert thermique lors d'une réaction isotherme et isobare ? Et pour calculer la température finale lors d'une réaction adiabatique et isobare ? (expliquer le calcul de $C_{p,f}$)

Exercice 1 Métallurgie du Zinc

Données $\Delta_f H^0$ à 298 K (en kJ.mol⁻¹) : ZnS_(s) : -202,9 ZnO_(s) : -348 SO_{2(g)} : -296,9
 C_p^0 (en J.K⁻¹.mol⁻¹) : ZnS_(s) : 58,05 ZnO_(s) : 51,64 SO_{2(g)} : 39,9 N_{2(g)} : 30,65 SiO_{2(s)} : 72,50

L'obtention du zinc fait intervenir la transformation du sulfure de zinc ZnS_(s) en présence du dioxygène gazeux présent dans l'air. Cette réaction, appelée "grillage", forme de l'oxyde de zinc ZnO_(s) et du dioxyde de Soufre SO_{2(g)}.

- 1) Ecrire l'équation-bilan de cette réaction rapportée à 1 mole de ZnS_(s).
- 2) Calculer l'enthalpie standard de cette réaction à 298 K. Commenter.

Le grillage est réalisé industriellement à 1350 K. On cherche à savoir si la réaction peut être auto-entretenu, c'est-à-dire si l'énergie libérée est suffisante pour porter le mélange réactionnel de la température ambiante jusqu'à 1350 K.

On considère initialement 1 mole de ZnS_(s) et 7,5 mol d'air (80% de N_{2(g)} et 20% de O_{2(g)}) à $T_i = 298$ K. La réaction est quantitative ; elle est réalisée de façon adiabatique est isobare.

- 3) Déterminer la quantité de matière de chaque espèce dans l'état final.
- 4) Déterminer la température finale T_f atteinte par le mélange. La réaction est-elle auto-entretenu ?
- 5) Si la réaction était réalisée de façon isobare et isotherme, quelle serait la valeur du transfert thermique avec le milieu extérieur ? Quel serait le sens effectif de ce transfert ?

Exercice 1 Fente simple et traversée d'une lame mince

En éclairant une fente de largeur $d = 0,150$ mm à l'aide d'un laser, on a observé la figure ci-dessous sur un écran situé à une distance $D = 340 \pm 1$ cm de la fente.

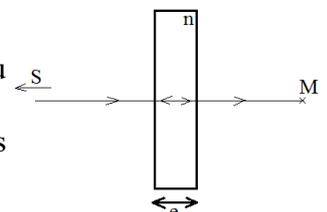


Pour calculer l'incertitude sur une valeur $Z = \frac{X}{Y}$, on donne la formule $\frac{\Delta Z}{Z} = \sqrt{\left(\frac{\Delta X}{X}\right)^2 + \left(\frac{\Delta Y}{Y}\right)^2}$

- 1) Déterminer la largeur L de la tache centrale de diffraction et estimer l'incertitude ΔL associée.
- 2) En déduire la longueur d'onde λ du laser utilisé et l'incertitude $\Delta \lambda$ sur cette valeur (on néglige l'incertitude sur la largeur d de la fente).
- 3) Cette mesure permet-elle de déterminer si la source utilisée est un laser Helium-Néon ($\lambda = 632,8$ nm) ou une diode laser ($\lambda = 650$ nm) ?

On prendra pour la suite la valeur $\lambda = 632,8$ nm. On étudie le passage du faisceau laser, à travers une lame d'indice $n = 1,50$ et d'épaisseur $e = 21,72$ μm .

- 4) Exprimer la différence de marche $\delta(M)$ entre le rayon qui traverse la lame sans réflexion et le rayon qui subit deux réflexions dans la lame.
- 5) En déduire la valeur du déphasage entre ces 2 ondes lorsqu'elles arrivent en M



3TSI - Physique-Chimie - Colle 9a
Corrigé

Question de cours Pour une transformation **isotherme et isobare** à la température T : $Q = x_F \Delta_r H^0(T)$
Q : transfert thermique **reçu par le milieu réactionnel** (de la part de l'extérieur)

Pour une transformation **adiabatique et isobare**, on décompose en deux étapes grâce à un état intermédiaire fictif (correspondant à la réaction terminée, à la température initiale T_i)

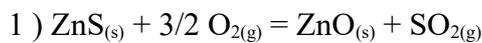
$$0 = x_F \Delta_r H^0(T_i) + C_{p,f}(T_f - T_i)$$

T_i : température initiale T_f : température finale x_F : avancement final de la réaction

$C_{p,f}$: capacité thermique à pression constante **du milieu réactionnel** dans l'état final

$$C_{p,f} = \sum_i n_i C_{p,i}^0 \quad (n_i : \text{quantité de matière de chaque espèce présente à la fin de la réaction})$$

Exercice 1 Métallurgie du Zinc



2) $\Delta_r H^0(298\text{K}) = -\Delta_f H^0(\text{ZnS}_{(s)}) - 3/2 \cdot \Delta_f H^0(\text{O}_{2(g)}) + \Delta_f H^0(\text{ZnO}_{(s)}) + \Delta_f H^0(\text{SO}_{2(g)})$
 $= -(-202,9) - 3/2 \cdot 0 + (-348) + (-296,9) = -442 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} < 0$, réaction exothermique.

3) L'énoncé indique que la réaction est quantitative donc $x_F = x_{\text{max}} = 1 \text{ mol}$ d'après le tableau.

	ZnS _(s)	+ 3/2 O _{2(g)}	= ZnO _(s)	+ SO _{2(g)}	N _{2(g)}	n _{gaz}
EI	1	1,5	0	0	6	7,5
EF	1 - x _F = 0	1,5 - 3/2 · x _F = 0	x _F = 1	x _F = 1	6	7

4) Réaction isobare : $\Delta H = Q$ et réaction adiabatique : $Q = 0$ donc $\Delta H = 0$

On découpe en deux étapes : réaction isotherme à $T_i = 298 \text{ K}$, puis variation de température du mélange réactionnel final jusqu'à T_f .

$\Delta H = 0 = x_F \Delta_r H^0(298\text{K}) + C_{p,f}(T_f - T_i)$ avec $C_{p,f} = 1.51,64 + 1.39,9 + 6.30,65 = 275,4 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ (capacité thermique du mélange dans l'état final)

On en déduit $T_f = T_i - \frac{x_F \Delta_r H^0}{C_{p,f}} = 298 - \frac{1 \cdot (-442 \cdot 10^3)}{275,4} \simeq 1900 \text{ K} > 1350\text{K}$, réaction auto-entretenu.

5) On aurait eu $\Delta H = Q$ (isobare) et $\Delta H = x_F \Delta_r H^0$ donc $Q = 1 \cdot (-442) = -442 \text{ kJ}$

Le milieu réactionnel fournit un transfert thermique au milieu extérieur.

Exercice 2 Traversée d'une lame mince

1) $L = 29 \pm 3 \text{ mm}$

2) $\theta = \frac{\lambda}{d}$ et $\theta = \frac{L}{2D}$ donc $\lambda = \frac{Ld}{2D} = 630 \text{ nm}$ et $\Delta\lambda = \lambda \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta D}{D}\right)^2} = 65 \text{ nm}$

3) Les deux valeurs sont dans l'intervalle de confiance $630 \pm 65 \text{ nm}$. La mesure n'est pas assez précise pour déterminer le type de laser utilisé.

4) $\delta(M) = 2ne$ (le deuxième rayon parcourt une distance $2e$ dans la lame d'indice n)

5) Déphasage $\Delta\phi = 2\pi \cdot \delta(M) / \lambda_0 = 4ne / \lambda_0 = 205,9 \cdot \pi = -0,1 \cdot \pi [2\pi]$: déphasage quelconque.

Question de cours Pour deux points A et B sur un même rayon lumineux, exprimer le déphasage $\varphi(B) - \varphi(A)$ en fonction du temps de parcours τ_{AB} , puis en fonction du chemin optique (AB). Quelle est la définition du chemin optique ? Comment le calcule-t-on en pratique ?

Exercice 1 Combustion du monoxyde de carbone

Données $\Delta_f H^0$ à 298 K (en kJ.mol⁻¹) : CO_{2(g)} : -393 CO_(g) : -110

C_p^0 (en J.K⁻¹.mol⁻¹) : CO_{2(g)} : 37,4 CO_(g) : 29,2 N_{2(g)} : 27,2

On considère la réaction de combustion complète du monoxyde de carbone CO_(g) en présence de dioxygène. Cette réaction forme du dioxyde de carbone gazeux.

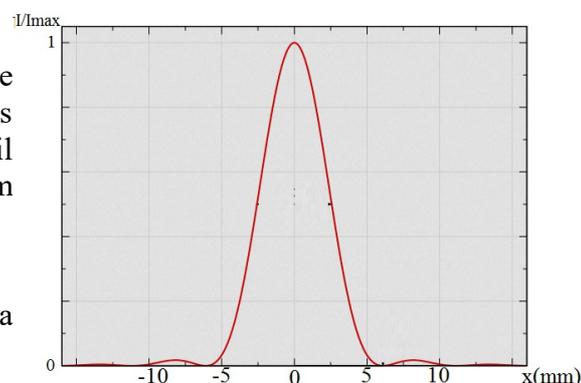
- 1) Ecrire l'équation-bilan de cette réaction rapportée à 1 mole de CO_(g)
- 2) Calculer l'enthalpie standard de cette réaction à 298 K. Commenter.

On considère initialement 1 mole de CO_(g) et 2,5 mol d'air (80% de N_{2(g)} et 20% de O_{2(g)}) à T_i = 298 K. La réaction est quantitative ; on suppose qu'elle est réalisée de façon adiabatique est isobare.

- 3) Déterminer la quantité de matière de chaque espèce dans l'état final.
- 4) Déterminer la température finale T_f atteinte par le mélange. On mesure en réalité T = 2800 K ; comment expliquer cet écart ?
- 5) Si la réaction était réalisée de façon isobare et isotherme, quelle serait la valeur du transfert thermique avec le milieu extérieur ? Quel serait le sens effectif de ce transfert ?

Exercice 2 Diffraction par une ouverture circulaire

On éclaire à l'aide d'un laser de longueur d'onde $\lambda = 532$ nm une ouverture circulaire de diamètre $d = 100$ μm (les incertitudes relatives sur λ et d sont très faibles). On donne ci-contre le profil d'intensité lumineuse sur un écran à une distance $D = 94,2 \pm 0,5$ cm de l'ouverture.



Pour calculer l'incertitude sur une valeur $Z = \frac{X}{Y}$, on donne la

formule
$$\frac{\Delta Z}{Z} = \sqrt{\left(\frac{\Delta X}{X}\right)^2 + \left(\frac{\Delta Y}{Y}\right)^2}$$

- 1) Evaluer la largeur L de la tache centrale de diffraction et estimer l'incertitude ΔL .
- 2) Pour une ouverture circulaire, l'angle de diffraction suit une loi du type $\theta = K \frac{\lambda}{d}$ où K est une constante sans dimension. Déterminer K à partir de l'expérience et calculer l'incertitude ΔK associée.
- 3) La valeur de référence $K = 1,22$ est-elle compatible avec votre résultat ?

On dépose de la poudre de lycopode entre 2 lames de verre d'indice n et on étudie la figure de diffraction obtenue sur l'écran à la distance D.

- 4) Quel est l'effet sur le chemin optique des lames de verre?
- 5) Décrire quantitativement la figure obtenue sachant que $d = 150 \pm 20$ μm

3TSI - Physique-Chimie - Colle 9b

Corrigé

Question de cours Pour deux points A et B situés sur un même rayon lumineux :

$$\phi(B) - \phi(A) = 2\pi \frac{\tau_{AB}}{T} = 2\pi \frac{(AB)}{\lambda_0}$$



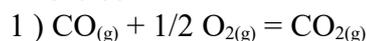
λ_0 : longueur d'onde **dans le vide** de l'onde monochromatique

τ_{AB} : temps de parcours de l'onde de A à B

(AB) : chemin optique de A à B, défini par $(AB) = c \tau_{AB}$

=> en pratique, dans un milieu d'indice n, pour un rayon rectiligne : $(AB) = n AB$
(où AB est la distance entre A et B)

Exercice 1 Combustion du monoxyde de carbone



2) $\Delta_r H^0(298\text{K}) = -\Delta_r H^0(\text{CO}_{(g)}) - 1/2 \cdot \Delta_r H^0(\text{O}_{2(g)}) + \Delta_r H^0(\text{CO}_{2(g)}) = -(-110) - 1/2 \cdot 0 + -393 = -283 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$\Delta_r H^0(298\text{K}) < 0$ donc la réaction est exothermique.

3) L'énoncé indique que la réaction est quantitative donc $x_F = 1$ mol d'après le tableau.

	$\text{CO}_{(g)}$	$+ 1/2 \text{O}_{2(g)}$	$= \text{CO}_{2(g)}$	$\text{N}_{2(g)}$	n_{gaz}
EI	1	0,5	0	2	3,5
EF	$1 - x_F = 0$	$0,5 - 1/2 \cdot x_F = 0$	$x_F = 1$	2	3

4) Réaction isobare : $\Delta H = Q$ et réaction adiabatique : $Q = 0$ donc $\Delta H = 0$

On découpe en deux étapes : réaction isotherme à $T_i = 298 \text{ K}$, puis variation de température du mélange réactionnel final jusqu'à T_f .

$\Delta H = 0 = x_F \Delta_r H^0(298\text{K}) + C_{p,f}(T_f - T_i)$ avec $C_{p,f} = 1.37,4 + 2.27,2 = 91,8 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ (capacité thermique du mélange dans l'état final)

On en déduit $T_f = T_i - \frac{x_F \Delta_r H^0}{C_{p,f}} = 298 - \frac{1 \cdot (-283 \cdot 10^3)}{91,8} \approx 3380 \text{ K}$

On a supposé la réaction adiabatique, ce qui n'est pas réalisable en pratique : il y a un transfert thermique vers le milieu extérieur, il est cohérent d'obtenir une température finale plus faible.

5) On aurait eu $\Delta H = Q$ (isobare) et $\Delta H = x_F \Delta_r H^0$ donc $Q = 1 \cdot (-283) = -283 \text{ kJ}$

Le milieu réactionnel fournit un transfert thermique au milieu extérieur.

Exercice 2 Diffraction par une ouverture circulaire

1) On estime $L = 12 \pm 1 \text{ mm}$.

2) $\theta = K \frac{\lambda}{d}$ et $\theta = \frac{L}{2D}$ donc $K = \frac{d \cdot L}{2\lambda D} = 1,19$ et $\Delta K = K \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta D}{D}\right)^2} = 0,10$

3) 1,22 est dans l'intervalle de confiance ($K = 1,19 \pm 0,10$)

4) La présence des lames de verre ralentit le trajet de la lumière donc il augmente le chemin optique (de la valeur $(n-1) \cdot \text{épaisseur de lame traversée}$, différent selon l'inclinaison du rayon considéré)

5) Lorsqu'un grand nombre d'objets identiques sont éclairés, la figure de diffraction présente la même structure que celle obtenue avec un seul de ces objets. Ainsi la figure de diffraction sera circulaire de diamètre $L = 2K\lambda D/d$ avec $d = 150 \pm 20 \mu\text{m}$

Ainsi $L = 8,1 \text{ mm}$

Question de cours Qu'appelle-t-on le "temps de cohérence" τ_c d'une source lumineuse ? Rappeler l'ordre de grandeur de τ_c pour une ampoule à incandescence, une lampe spectrale, un laser. Quelle est la relation entre τ_c et la largeur spectrale en fréquence Δf ?

Exercice 1 Oxydation du dioxyde de soufre

En présence d'air, le dioxyde de soufre $\text{SO}_{2(g)}$ réagit avec le dioxygène pour former $\text{SO}_{3(g)}$.

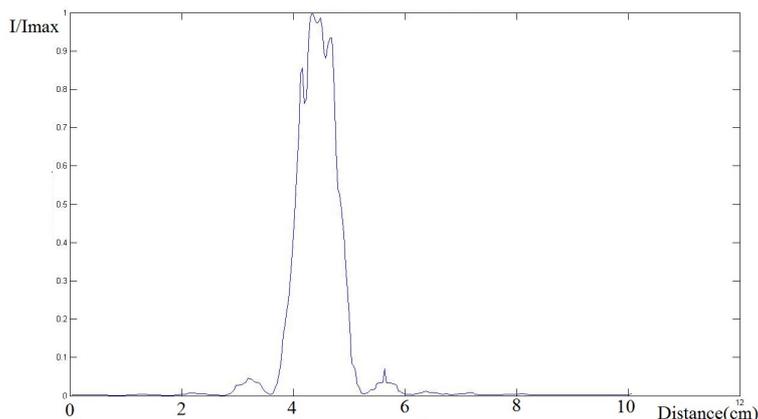
	$\text{SO}_{2(g)}$	$\text{O}_{2(g)}$	$\text{SO}_{3(g)}$	$\text{N}_{2(g)}$
$\Delta_f H^\circ$ (kJ.mol ⁻¹)	-297		-396	
C_p° (J.K ⁻¹ .mol ⁻¹)	39,9	29,9	50,7	29,1

- 1) Ecrire l'équation-bilan de la réaction (rapportée à une mole de dioxygène).
- 2) Calculer $\Delta_r H^\circ(298 \text{ K})$ pour cette réaction. S'agit-il d'une réaction endothermique ou exothermique ?
- 3) Dans l'approximation d'Ellingham, que vaut $\Delta_r H^\circ(700 \text{ K})$?

Dans un réacteur isobare et adiabatique, à $T_i = 700 \text{ K}$, on introduit 10 mol de dioxyde de soufre et 50 mol d'air (formé à 20% de dioxygène et à 80% de diazote). Dans l'état final d'équilibre, on obtient 9 mol de $\text{SO}_{3(g)}$.

- 4) Déterminer la quantité de matière de chaque espèce dans l'état final.
- 5) Déterminer la température finale T_f atteinte par le mélange réactionnel.

6) Si la réaction avait été réalisée dans un réacteur isotherme et isobare, quelle aurait été la valeur du transfert thermique échangé avec le milieu extérieur ? Quel aurait été le sens effectif de ce transfert ?



Exercice 2 Caractérisation d'un tissu

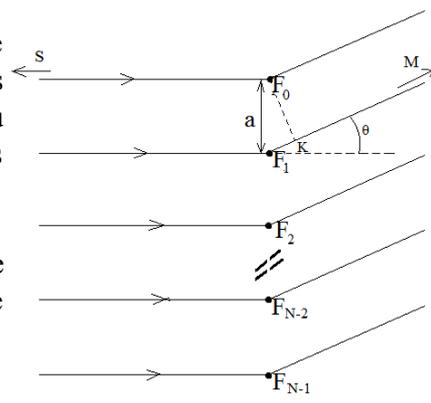
Afin de déterminer le diamètre d'un fil, on l'éclaire avec un laser He-Ne ($\lambda = 632,8 \text{ nm}$). La figure de diffraction est formée sur un écran à une distance $D = 15,5 \pm 0,5 \text{ cm}$. Après étalonnage, une webcam permet d'obtenir le profil d'intensité ci-contre.

Pour l'incertitude sur une valeur $Z = \frac{X}{Y}$ on donne la formule : $\frac{\Delta Z}{Z} = \sqrt{\left(\frac{\Delta X}{X}\right)^2 + \left(\frac{\Delta Y}{Y}\right)^2}$

- 1) Evaluer la largeur L de la tache centrale de diffraction et estimer l'incertitude ΔL .
- 2) Déterminer le diamètre d du fil de soie et calculer l'incertitude Δd .
- 3) S'agit-il d'un fil d'araignée (diamètre 5 à 8 μm) ou d'un fil de soie (diamètre 12 à 15 μm) ?

On éclaire ensuite un tissu formé de fils parallèles régulièrement espacés d'une distance a inconnue. On observe les interférences à grande distance : les rayons qui interfèrent sont parallèles entre eux et forment un angle θ avec le faisceau laser incident. La différence de marche entre les rayons provenant de deux fils voisins est donnée par $\delta(M) = a \cdot \sin(\theta)$

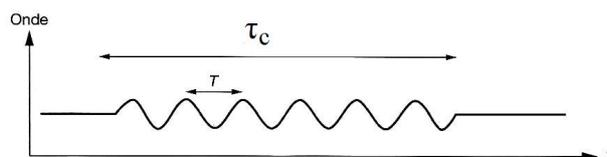
- 4) Exprimer le déphasage $\Delta\phi$ entre deux rayons voisins.
- 5) On observe des ondes en phase pour la première fois ($\Delta\phi = 2\pi$, appelé ordre 1 d'interférences) pour $\theta = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$. En déduire la distance a qui sépare deux fils.



3TSI - Physique-Chimie - Colle 9c

Corrigé

Question de cours Les sources lumineuses émettent des trains d'onde de durée τ_c (temps de cohérence), liée à leur largeur spectrale : $\Delta f \cdot \tau_c \simeq 1$



Ordres de grandeur à connaître

- lampe à incandescence (lumière blanche) : $\tau_c \sim 1.10^{-14}$ s
- lampe spectrale (vapeur de sodium, de mercure...) : $\tau_c \sim 1.10^{-11}$ s
- laser : $\tau_c \sim 1.10^{-8}$ s

Exercice 1 Oxydation du dioxyde de Soufre



2) $\Delta_r H^0(298\text{K}) = -2 \cdot \Delta_f H^0(\text{SO}_{2(g)}) - \Delta_f H^0(\text{O}_{2(g)}) + 2 \cdot \Delta_f H^0(\text{SO}_{3(g)}) = -2 \cdot (-297) - 0 + 2 \cdot (-396) = -198 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $\Delta_r H^0(298\text{K}) < 0$ donc la réaction est exothermique.

3) Dans l'approximation d'Ellingham, on néglige l'influence de la température sur $\Delta_r H^0$. On considèrera donc que $\Delta_r H^0(700\text{K}) \sim \Delta_r H^0(298\text{K}) = -198 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

4) L'énoncé indique que l'on obtient 9 mol de $\text{SO}_{3(g)}$, donc $x_F = 4,5$ mol d'après le tableau.

	$2 \text{SO}_{2(g)}$	$+ \text{O}_{2(g)}$	$2 \text{SO}_{3(g)}$	$\text{N}_{2(g)}$	n_{gaz}
EI	10	10	0	40	60
EF	$10 - 2 \cdot x_F = 1$	$10 - x_F = 5,5$	$2 x_F = 9$	40	55,5

5) Réaction isobare : $\Delta H = Q$ et réaction adiabatique : $Q = 0$ donc $\Delta H = 0$

On découpe en deux étapes : réaction isotherme à $T_i = 700$ K, puis variation de température du mélange réactionnel final jusqu'à T_f .

$\Delta H = 0 = x_F \Delta_r H^0(700\text{K}) + C_{p,f}(T_f - T_i)$ avec $C_{p,f} = 1.39,9 + 5,5 \cdot 29,9 + 9 \cdot 50,7 + 40 \cdot 29,1 = 1,82 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$
 (capacité thermique du mélange dans l'état final)

On en déduit $T_f = T_i - \frac{x_F \Delta_r H^0}{C_{p,f}} = 700 - \frac{4,5 \cdot (-198 \cdot 10^3)}{1,82 \cdot 10^3} \simeq 1190 \text{ K}$

6) On aurait eu $\Delta H = Q$ (isobare) et $\Delta H = x_F \Delta_r H^0$ donc $Q = 4,5 \cdot (-198) = -891 \text{ kJ}$

Le milieu réactionnel fournit un transfert thermique au milieu extérieur.

Exercice 2 Caractérisation d'une soie

1) On lit graphiquement $L = 1,7 \pm 0,1 \text{ cm}$

2) $\theta = \frac{\lambda}{d}$ et $\theta = \frac{L}{2D}$ donc $d = \frac{2\lambda D}{L} = 11,5 \text{ } \mu\text{m}$ et $\Delta d = d \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta D}{D}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2} = 0,8 \text{ } \mu\text{m}$

3) En tenant compte de l'incertitude, la valeur est compatible avec l'intervalle fourni pour un fil de soie.

4) $\Delta\phi = 2\pi \frac{\delta(M)}{\lambda} = 2\pi \frac{a \sin \theta}{\lambda}$

5) $\Delta\phi = 2\pi \frac{a \sin \theta}{\lambda} = 2\pi$ donc $a = \frac{\lambda}{\sin \theta} = 0,52 \text{ mm}$

3TSI - Physique-Chimie - Colle 9

Exercices supplémentaires

Exercice Propulsion de la fusée Ariane V

La propulsion des fusées s'effectue via un gaz amené à haute température et haute pression (donc haute enthalpie massique) dans une chambre de combustion, puis cette enthalpie est convertie en énergie cinétique macroscopique grâce au passage dans une tuyère. On s'intéresse ici à la chambre de combustion. Le gaz est chauffé par la combustion de propergols liquides, c'est-à-dire de carburants. Dans le cas de la fusée Ariane 5, la réaction de combustion s'écrit:



On se place dans l'approximation d'Ellingham. On dispose des données suivantes :

	$\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2(\text{l})$	$\text{N}_2\text{O}_4(\text{l})$	$\text{CO}_2(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$\text{N}_2(\text{g})$
$\Delta_f H^0(298 \text{ K})$ en kJ/mol	51.60	-19.50	-393.5	-241.8	?
$C_{p,m}^0$ en $\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$	164	142.7	38.7	37.7	30.65



On suppose également les réactifs introduits en proportions stœchiométriques et la réaction quasi-totale.

Calculer la température atteinte par le système physico-chimique en fin de réaction en considérant que 30% de l'énergie thermique dégagée par la réaction est perdue.

Exercice Production d'énergie dans le corps humain

Le corps humain produit une certaine puissance thermique grâce à des réactions chimiques. On suppose le corps au repos. La production de chaleur ne s'effectue donc pas via les réactions responsables du mouvement. Elle s'effectue plutôt grâce à la réaction du dioxygène respiré avec des sucres stockés dans l'organisme: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) + \alpha_1 \text{O}_2(\text{g}) = \alpha_2 \text{CO}_2(\text{g}) + \alpha_3 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

Données:

Constante des gaz parfaits : $R = 8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Enthalpies de formation: $\Delta_f H^0(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s})) = -1273.3 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_f H^0(\text{CO}_2(\text{g})) = -393.52 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_f H^0(\text{H}_2\text{O}(\text{l})) = -285.10 \text{ kJ/mol}$.

Extrait du Larousse médical : "Consommation d'oxygène : Différence entre la quantité d'oxygène qu'un sujet inspire et celle qu'il expire. L'oxygène inspiré permet à l'organisme de produire l'énergie nécessaire à ses besoins en brûlant les substances alimentaires (protéines, lipides, glucides). Au repos, la consommation d'oxygène est évaluée à environ 3,5 millilitres/kilogramme/minute.

Estimer la valeur de la puissance thermique produite par une personne de 70kg au repos dans des conditions normales de température et de pression.

Exercice Fondue vigneronne

Pour déguster une fondue vigneronne, il suffit de mettre à cuire des morceaux de viande dans du vin rouge porté à ébullition. On trouve dans les tables que la capacité thermique du vin à 11,4 %vol vaut 0,866 kcal/kg/°C et sa masse volumique 0,994 g.mL⁻¹. Une calorie est l'énergie nécessaire à fournir à 1 g d'eau liquide pour élever sa température de 1°C. En dépannage on utilise des bougies chauffe plat dont le constituant principal a comme pouvoir calorifique PCI = 37 MJ.kg⁻¹. Déterminer approximativement la masse de bougie nécessaire pour la mise en chauffe du récipient à fondue de 2 L.

3TSI - Physique-Chimie - Colle 9

Exercices supplémentaires - Corrigé

Exercice Propulsion de la fusée Ariane V

$$\Delta_r H^\circ = -1766,8 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

On fait l'hypothèse d'une transformation monobare, non isotherme, non adiabatique mais pour laquelle on sait estimer le transfert thermique perdu = l'opposé du transfert thermique reçu:

$$\Delta H = Q \text{ car monobare et } Q = -0,3 \cdot \Delta H_{\text{réaction}}$$

$$\text{avec } \Delta H = \Delta H_{\text{réaction}} + \Delta H_{\text{échauffement}} = Q = -0,3 \cdot \Delta H_{\text{réaction}}$$

$$\text{Ainsi } 1,3 \cdot x_F \Delta_r H^\circ (T_i) + C_{p,f} (T_f - T_i) = 0$$

Si on note n la quantité initiale de $C_2H_8N_2(l)$ et $2n$ celle de $N_2O_4(l)$ (quantités stoechiométriques), on obtient

$$x_F = n$$

donc $C_{p,f} = n \cdot (3 \cdot 30,65 + 4 \cdot 37,7 + 2 \cdot 38,7) \text{ J.K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ (on néglige la présence éventuelle initiale d'air très vite chassé de la chambre de combustion)

$$\text{Alors } T_f = T_i - \frac{x_F \Delta_r H^\circ 1,3}{C_{p,f}} = 7,5 \cdot 10^3 \text{ K (simplification de la quantité } n, T_i = 298 \text{ K)}$$

Exercice Production d'énergie dans le corps humain

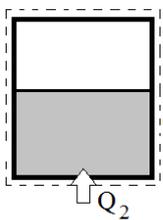
Coefficients stoechiométriques: $\alpha_2 = 6, \alpha_3 = 6$ donc $\alpha_1 = 6$

En une minute,

- la quantité de dioxygène consommée vaut: $3,5 \cdot 70 = 245 \text{ mL} = 2,45 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ donc $n_{O_2} = 9,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 6 x_F$ (tableau d'avancement)
- $\Delta_r H^\circ = -2798,42 \text{ kJ.mol}^{-1}$ (exothermique)
- Au final, $Q = \Delta H = x_F \cdot \Delta_r H^\circ = -27,67 \text{ kJ}$

En une seconde, $P = 461 \text{ W}$

Exercice Fondue vigneronne



Système thermodynamique 1 = bougie en combustion: $\Delta H_1 = Q_1 = -m \cdot \text{PCI}$ (PCI transfère thermique massique libéré)

(2) Système thermodynamique 2 = récipient: $Q_2 = \Delta H_2 = C_p \cdot (T_f - T_i)$

avec $T_f \sim 100^\circ\text{C}, T_i \sim 20^\circ\text{C}, C_p = m_{\text{vin}} \cdot c_{\text{vin}} + C_{\text{contenant}}$ (en céramique, valeur inconnue donc négligée même si pas forcément négligeable, cela donnera la masse minimale de bougie consommée), $m_{\text{vin}} = 0,994 \cdot 2 = 1,988 \text{ kg}$ et $c_{\text{vin}} = 0,866 \cdot 4200 = 3637 \text{ J.K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$

($c_{\text{eau}} = 4200 \text{ kJ.K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ordre de grandeur à connaître)

En négligeant les pertes thermiques, $Q_1 = -Q_2$ donc $m = m_{\text{vin}} \cdot c_{\text{vin}} \cdot (T_f - T_i) / \text{PCI} = 15,6 \text{ g}$

