

? À rendre le mercredi 29 mai 2024
Devoir Maison n°20

Travail à rendre :

- Traitez au choix, l'exercice 1 ou l'exercice 2.

Si les exercices des derniers DM/DS sur les changements d'état ont présenté des difficultés pour vous, traitez l'exercice 1. Sinon, traitez l'exercice 2

- Les exercices 3 et 4 doivent être traités par tous.

- Constante des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

- On rappelle que la variation d'entropie ΔS

— d'un corps monophasé liquide ou solide de capacité thermique massique c et de masse m qui passe de la température initiale T_i à la température finale T_f vaut $\Delta S = m \cdot c \cdot \ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right)$.

— d'un gaz parfait de capacités thermiques molaires $C_{V,m}$ et $C_{P,m}$, et de quantité de matière n qui passe de la température initiale T_i , de la pression initiale P_i , du volume initial V_i à la température finale T_f , à la pression finale P_f , au volume final V_f :

$$\Delta S = nC_{P,m} \ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right) - nR \ln\left(\frac{P_f}{P_i}\right)$$

$$\Delta S = nC_{V,m} \ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right) + nR \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

$$\Delta S = nC_{V,m} \ln\left(\frac{P_f}{P_i}\right) + nC_{P,m} \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

- Données sur l'eau

Enthalpie massique de fusion à $P_0 = 1 \text{ bar}$, $T_0 = 0 \text{ °C}$	$\Delta h_{\text{fus}} = 333 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
Capacité thermique massique de l'eau liquide	$c_e = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$
Capacité thermique massique de la glace	$c_g = 2,10 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$
Masse volumique de l'eau	$\rho = 1,00 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

- Données sur le phosphore

température de fusion sous 1 bar	$T_{\text{P,fus}} = 317 \text{ K}$
enthalpie massique de fusion sous la pression atmosphérique	$\ell_{\text{P,fus}} = 20,9 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$
capacité thermique massique du phosphore liquide, supposée indépendante de la température dans l'intervalle considéré	$c_{P,\ell} = 0,795 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
capacité thermique massique du phosphore solide, supposée indépendante de la température dans l'intervalle considéré	$c_{P,s} = 0,840 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Exercice n°1 Et ça fond !

Cet exercice, volontairement très guidé, est là pour vous faire rédiger convenablement l'étude énergétique et entropique d'un changement d'état. Les différentes questions font apparaître les éléments essentiels de la rédaction et des justifications nécessaires. Il est évident qu'aux concours, les questions ne seront pas autant détaillées.

On introduit deux glaçons de $m_1 = 10 \text{ g}$ sortis d'un congélateur à $T_1 = -20 \text{ °C}$ dans un verre d'eau liquide de $V_2 = 250 \text{ mL}$, à $T_2 = 25 \text{ °C}$.

On néglige les échanges thermiques avec l'atmosphère.

On suppose que l'eau est entièrement liquide à l'état final.

Q1. Définir proprement le système Σ étudié et la transformation subie en indiquant l'état initial (avec ce qu'on y connaît), l'état final (avec ce qu'on y connaît ou pas), et la(les) nature(s) de la transformation. Que faut-il déterminer à l'état final ?

Pourquoi peut-on considérer la transformation comme isobare ?

ATTENTION, le chemin fictif ne fait pas partie de cette question (je ne veux donc pas le voir ici!!), car il n'est pas la transformation, mais seulement un outil pour un calcul de variation de H et S .

Q2. Quelle version du premier principe est-il pertinent d'utiliser ?

L'appliquer pour en déduire, sans aucun calcul, la valeur de la variation de la fonction d'état intervenant dans le premier principe utilisé.

Q3. Rappeler les deux propriétés de l'enthalpie et de l'entropie.

Q4. Utiliser l'une d'elle (*en précisant laquelle*) pour exprimer l'enthalpie H du système (*il n'est pas question de variation ici*) comme la somme de deux enthalpies.

Q5. Exprimer les variations de l'enthalpie et de l'entropie des 250 mL d'eau liquide.

On cherche maintenant à exprimer les variations de l'enthalpie et de l'entropie des glaçons.

Q6. Laquelle de ces deux propriétés permet d'utiliser un chemin fictif pour exprimer ΔH et ΔS ?

Proposer un chemin fictif clairement défini, avec l'indication précis des états (état physique de l'eau, température) et des transformations fictives (que s'y passe-t-il avec du vocabulaire précis).

Q7. Exprimer les variations de l'enthalpie et de l'entropie des glaçons au cours de la transformation.

Q8. Déterminer l'expression de la température finale en fonction des données.

Faire l'application numérique. Vérifier l'hypothèse de départ sur l'état final du système.

Q9. Calculer l'entropie créée au cours de cette transformation. Commenter très précisément le résultat.

La réponse « la transformation est irréversible » est insuffisante, il faut développer et expliquer les causes de l'irréversibilité.

Exercice n°2 Surfusion du phosphore

La surfusion est le phénomène de « retard à la solidification », certains corps purs étant susceptibles d'exister à l'état liquide, sous une pression donnée, à une température inférieure à leur température de fusion. Il nécessite des conditions expérimentales particulières et peut cesser lors de l'introduction d'un cristal solide, d'une impureté ou en cas d'agitation du récipient contenant le liquide surfondu.

Soit un récipient calorifugé contenant une masse $m = 10$ g de phosphore liquide surfondu à la température $T = 34$ °C sous la pression atmosphérique.

Q1. On fait cesser la surfusion et on observe un nouvel état d'équilibre diphasé du phosphore. Déterminer la masse respective de chacune des phases.

Q2. Exprimer la variation d'entropie correspondante, en fonction uniquement de $c_{P,\ell}$, T , $T_{P,\text{fus}}$ et m .

Faire l'application numérique.

En déduire l'entropie créée et interpréter.

Q3. Quel serait l'état final du système si on faisait cesser la surfusion d'une même masse de phosphore initialement à la température $T' = 17,5$ °C ?

Exercice n°3 Pompe à chaleur

Dans le cadre de la rénovation énergétique des bâtiments afin de lutter contre le réchauffement climatique, il est préconisé l'installation de pompe à chaleur. En effet, ce dispositif permet d'effectuer des économies d'énergie pour le chauffage des habitations et la production d'eau sanitaire.

- Q1. Présenter sous forme de schéma annoté, le principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur ditherme fonctionnant entre une source chaude thermostatée (de température T_C) et une source froide thermostatée (de température T_F).
- Q2. On considère comme système thermodynamique le fluide de la pompe à chaleur. Préciser, en justifiant, les signes de Q_C transfert thermique reçu par le système de la part de la source chaude, de Q_F transfert thermique reçu par le système de la part de la source froide et de W travail mécanique reçu de la part du système mécanique sur un cycle de fonctionnement.
- Q3. Définir l'efficacité (ou COP) de cette pompe à chaleur. L'exprimer en fonction uniquement des transferts thermiques Q_C et Q_F .
- Q4. Déterminer l'expression de l'efficacité (ou COP) de la pompe à chaleur en fonction de T_C et T_F respectivement température de la source chaude et température de la source froide, de l'entropie créée au cours d'un cycle de fonctionnement que l'on notera S_c et de W ^{aide 1}.
Donner son ordre de grandeur pour une machine réelle.
- Q5. Représenter graphiquement l'évolution du COP en fonction de S_c (en considérant W , T_C et T_F constants).
- Q6. Interpréter physiquement le cas $S_c = 0$.

Exercice n°4 Mesure du champ magnétique terrestre

On considère une bobine longue d'axe (Oz) comportant $N = 1000$ spires jointives de longueur $L = 80$ cm. Elle est parcourue par un courant d'intensité $I = 20$ mA.

- Q1. Déterminer de la forme du champ dans la bobine longue ^{aide 2}. *J'attends la rédaction exacte du cours avec les phrases écrites parfaitement (cf méthode du cours).*

On admet que le champ magnétique est nul à l'extérieur de la bobine et qu'il est uniforme à l'intérieur et en norme égal à $\mu_0 n I$ où n est le nombre de spires par unité de longueur.

- Q2. Calculer l'intensité du champ magnétique dans la bobine. Comparer au champ magnétique terrestre.

On appelle plan méridien magnétique en un point de la Terre, le plan vertical et contenant le vecteur champ magnétique en ce point. L'axe du solénoïde est placé perpendiculairement au plan méridien magnétique. Au centre du solénoïde est placée une petite boussole mobile autour de son axe vertical.

- Q3. Quelle est l'orientation de la boussole, par rapport à l'axe de la bobine, pour $I = 0$?

Quand le courant vaut $I = 20$ mA, la boussole tourne d'un angle $\alpha = 57,5^\circ$.

- Q4. À l'aide d'un schéma, établir une relation entre la norme du champ B créé par la bobine, la norme de la composante horizontale du champ magnétique terrestre B_{Th} et l'angle α .

En déduire la valeur de la composante horizontale du champ magnétique terrestre B_{Th} .

aide 1. Indications :

Exprimer, à l'aide des deux principes, les transferts thermiques Q_C et Q_F en fonction de S_c et W : c'est un système de deux équations à deux inconnues.

Puis, exprimer l'efficacité à partir de l'expression obtenue dans la question précédente.

Avec un peu de calculs (persévérez jusqu'à obtenir le résultat !), obtenir l'expression simple suivante : $e = \frac{T_C}{T_C - T_F} \times \left(1 - T_F \frac{S_c}{W}\right)$

aide 2. Indications :

- Faire un schéma de la bobine et représenter le système de coordonnées pertinent à utiliser ici, avec la base correspondante.
- Écrire la forme la plus générale possible du champ magnétique dans le système de coordonnées choisi précédemment.
- Déterminer un plan de symétrie et un plan d'antisymétrie de la distribution de courant. Pour chaque plan, en déduire la conséquence sur le champ magnétique. En déduire le vecteur unitaire qui dirige le champ magnétique.
- Déterminer les invariances de la distribution de courant, et en déduire l'unique variable dont dépend la composante du champ magnétique.
- Conclure : en déduire la forme du champ magnétique dans la bobine longue.