

Approfondissement Transformations physiques

Azote liquide, calorimétrie, gallium, distances entre molécules, orages

5 exercices · niveau ●●● · durée conseillée : 2 h 30 · calculatrice autorisée

Exercice 1 Une crème glacée à l'azote liquide

●●●

Certains glaciers préparent les crèmes glacées devant leurs clients en versant du diazote liquide ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) sur la préparation (crème, lait, sucre) que l'on remue : un épais « brouillard » s'en dégage et la crème glacée est prête en une minute. Pour transformer $1,2\text{ kg}$ de préparation à $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en crème glacée à $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, il faut lui retirer une énergie $Q = 3,0 \times 10^5\text{ J}$. Masses volumiques du diazote : liquide $0,81\text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$; gazeux à $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ $1,16\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

■ **DONNÉES** $Q = m \times L$ (m en kg) • vaporisation du diazote : $L_{\text{vap}} = 2,0 \times 10^5\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$

- 1.1 Quel changement d'état subit le diazote ? Écrire son équation symbolique. Expliquer pourquoi il refroidit la préparation.
- 1.2 Calculer la masse de diazote liquide qu'il faut vaporiser pour retirer cette énergie à la préparation, en ne tenant compte que du changement d'état du diazote. En déduire le volume de diazote liquide correspondant.
- 1.3 Le glacier utilise en réalité $2,5\text{ L}$ de diazote liquide. Proposer une explication.
- 1.4 Calculer le volume de gaz libéré par ces $2,5\text{ L}$ de diazote liquide. La boutique a un volume de 60 m^3 ; pourquoi doit-elle être bien ventilée, alors que le diazote n'est pas toxique ?
- 1.5 La préparation est un mélange. Sa courbe de refroidissement présente-t-elle un palier ? Pourquoi la crème glacée obtenue est-elle plus onctueuse qu'avec une sorbetière, qui la refroidit en une vingtaine de minutes ?

Exercice 2 Mesurer l'énergie de fusion de la glace

●●●

Dans un récipient isolé (calorimètre, figure 1), on place $m_1 = 200\text{ g}$ d'eau à $\theta_1 = 25,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. On y ajoute $m_2 = 30,0\text{ g}$ de glace à $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, soigneusement essuyée. On agit : quand toute la glace a fondu, la température vaut $\theta_f = 11,8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Hors programme — pour aller plus loin : l'énergie cédée par une masse m d'eau liquide dont la température baisse de $\Delta\theta$ vaut $Q = m \times c \times \Delta\theta$, avec $c = 4\,180\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$; c'est aussi l'énergie qu'elle reçoit si sa température augmente de $\Delta\theta$.

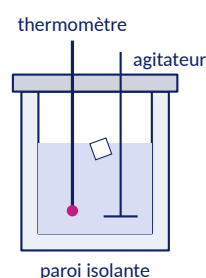


Figure 1 — Calorimètre

■ **DONNÉES** $Q = m \times L$ (m en kg) • valeur de référence pour la fusion de l'eau : $L_{\text{fus}} = 3,34 \times 10^5\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$

- 2.1 Calculer l'énergie Q_1 cédée par l'eau initialement présente. En supposant qu'aucune énergie n'est échangée avec l'extérieur, que devient cette énergie ?
- 2.2 La glace fond à $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, puis l'eau obtenue se réchauffe jusqu'à θ_f . Calculer l'énergie Q_3 reçue par cette eau lors de son réchauffement, puis en déduire l'énergie Q_2 reçue par la glace lors de sa fusion.
- 2.3 En déduire la valeur expérimentale de l'énergie massique de fusion de la glace. Calculer l'écart relatif à la valeur de référence.
- 2.4 La valeur trouvée est-elle trop grande ou trop petite ? Montrer que ce sens d'écart s'explique si la glace n'a pas été assez essuyée. Citer une autre cause d'erreur.

Exercice 3 Le gallium, un métal qui fond dans la main



Le gallium Ga est un métal gris brillant dont la température de fusion vaut $29,8^{\circ}\text{C}$. Ses masses volumiques sont $5,91\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ à l'état solide et $6,10\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ à l'état liquide.

■ **DONNÉES** $Q = m \times L$ (m en kg) • fusion du gallium : $L_{\text{fus}} = 8,0 \times 10^4\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$

- 3.1 Un élève tient dans sa main (33°C en surface) un cube de gallium de $12,0\text{ g}$. Expliquer pourquoi le cube fond, puis calculer l'énergie que la main doit lui céder pour le faire fondre entièrement, une fois qu'il a atteint sa température de fusion.
- 3.2 La main cède environ $2,0\text{ J}$ au gallium chaque seconde. Estimer la durée de la fusion. Que ressent l'élève pendant ce temps ?
- 3.3 Calculer le volume du cube avant et après la fusion. Comparer au cas de l'eau et de la plupart des autres espèces.
- 3.4 On conserve du gallium liquide dans un flacon en verre fermé. Quelle fraction maximale du volume du flacon peut-on remplir pour que le flacon ne se brise pas si le gallium se solidifie ?

Exercice 4 Liquide ou gaz : à quelle distance sont les molécules ?



À 100°C , sous la pression atmosphérique, $1,00\text{ g}$ d'eau occupe un volume de $1,04\text{ cm}^3$ à l'état liquide et de $1,67\text{ L}$ à l'état gazeux. On modélise chaque molécule comme occupant, en moyenne, un petit cube dont l'arête d est la distance moyenne entre deux molécules voisines.

■ **DONNÉES** Masse d'une molécule d'eau : $m_{\text{H}_2\text{O}} = 2,99 \times 10^{-26}\text{ kg}$

- 4.1 Calculer le nombre N de molécules contenues dans $1,00\text{ g}$ d'eau.
- 4.2 Calculer le volume moyen occupé par une molécule dans le liquide, en m^3 , puis la distance d_{liq} (on rappelle que $d = \sqrt[3]{V}$ si $V = d^3$).
- 4.3 Même question pour la vapeur d'eau : calculer d_{gaz} .
- 4.4 Une molécule d'eau a une taille d'environ $3 \times 10^{-10}\text{ m}$. Comparer d_{liq} et d_{gaz} à cette taille. Ces résultats justifient-ils les mots « compact » et « dispersé » utilisés dans le modèle microscopique ?
- 4.5 Par combien le volume est-il multiplié lors de la vaporisation ? Par combien la distance entre molécules est-elle multipliée ? Expliquer pourquoi ces deux nombres sont différents.

Exercice 5 L'énergie cachée d'un orage



Dans un cumulonimbus, l'air chaud et humide s'élève et se refroidit : sa vapeur d'eau se liquéfie en gouttelettes, qui finissent par tomber en pluie. Un orage déverse une hauteur de pluie de 20 mm sur une surface de 10 km^2 .

■ **DONNÉES** $Q = m \times L$ (m en kg) • eau, vers 0°C : $L_{\text{fus}} = 3,34 \times 10^5$, $L_{\text{vap}} = 2,5 \times 10^6\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ • $\rho_{\text{eau}} = 1,00\text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$

- 5.1 Calculer le volume, puis la masse d'eau tombée.
- 5.2 En utilisant l'énergie massique de vaporisation de l'eau vers 0°C , calculer l'énergie libérée dans l'atmosphère par la liquéfaction de cette eau. Dans quel sens cette énergie est-elle échangée ?
- 5.3 Un réacteur nucléaire produit $9,0 \times 10^8\text{ J}$ d'énergie électrique chaque seconde. Combien de jours de production faudrait-il pour égaler l'énergie libérée par l'orage ?
- 5.4 (Pour aller plus loin.) À 0°C , l'énergie massique de sublimation de la glace vaut $L_{\text{sub}} = 2,83 \times 10^6\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$. Vérifier que $L_{\text{sub}} \approx L_{\text{fus}} + L_{\text{vap}}$ (valeurs vers 0°C) et expliquer ce résultat en imaginant deux « chemins » pour passer de la glace à la vapeur.