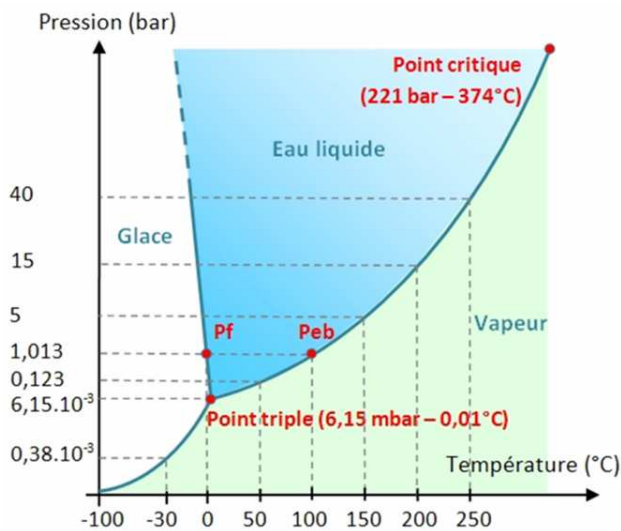


EXERCICES CH.8 : COHÉSION DES SOLIDES

1 Changement d'état de l'eau

Le diagramme d'état de l'eau indique l'état physique de l'eau selon la température et la pression.



- Par une chaude journée sur Mars (10 °C), où la pression atmosphérique vaut 6 millibars, l'eau liquide peut-elle exister ?
- Comment évolue la température d'ébullition de l'eau avec la pression ? Justifier l'intérêt de la cocotte-minute (ou cocotte-pression).

2 Transfert d'énergie

- Calculer l'énergie nécessaire pour transformer 500 g de glace à -3 °C en 500 g d'eau à 20 °C.
- On introduit dans un calorimètre 250 mL d'eau à 25 °C et deux glaçons, de masse totale 10 g, à -18 °C. Calculer la température finale du mélange.

Données : Capacité calorifique massique de la glace = 2,06 J·g⁻¹·°C⁻¹.
Capacité calorifique massique de l'eau liquide = 4,18 J·g⁻¹·°C⁻¹.
Chaleur latente de fusion de la glace = 334 J·g⁻¹.

3 Interaction électromagnétique

Si vous vous teniez à un bras de distance de quelqu'un et que chacun de vous ait 1 % d'électrons de plus que de protons, la force de répulsion serait incroyable. De quelle grandeur ? Suffisante pour soulever l'Empire State Building ? Non ! Suffisante pour soulever le Mont Everest ? Non ! La répulsion serait suffisante pour soulever une masse égale à la Terre entière !

Richard Feynman

En faisant les approximations nécessaires, vérifier cette affirmation.

Données :

Le corps humain contient à 65 % (en masse) l'élément oxygène, à 18 % l'élément carbone et à 10 % l'élément hydrogène.

Les isotopes les plus courants (et de très loin) de ces éléments sont : ¹⁶O, ¹²C et ¹H.

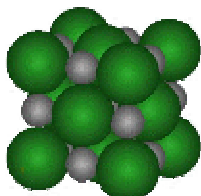
Nombre d'Avogadro : 6,0·10²³ mol⁻¹.

La masse de la Terre est d'environ 6,0·10²⁴ kg.

Intensité de la pesanteur : $g \cong 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

4 Cohésion du chlorure de sodium

Un cristal de chlorure de sodium est composé d'ions Na⁺ (en gris) et d'ions Cl⁻ (en vert).



Représentation d'un cristal de chlorure de sodium

La distance entre deux ions Na⁺ est la même que la distance entre deux ions Cl⁻ : 0,40 nm.

La distance entre un ion Na⁺ et un ion Cl⁻ est de 0,28 nm.

1. En assimilant les ions à des corps ponctuels, calculer la valeur des forces s'exerçant entre :

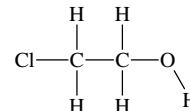
- Deux ions Na⁺ ;
- Deux ions Cl⁻ ;
- Un ion Na⁺ et un ion Cl⁻.

2. Justifier la cohésion du cristal de chlorure de sodium.

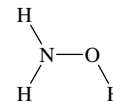
5 Cohésion des solides moléculaires

Données : $\chi(\text{H}) = 2,2$; $\chi(\text{C}) = 2,6$; $\chi(\text{N}) = 3,0$; $\chi(\text{O}) = 3,4$; $\chi(\text{Cl}) = 3,2$

1. La molécule de 2-chloroéthanol représentée ci-dessous comporte-t-elle des liaisons polarisées ? Lesquelles ?



2. Les molécules d'hydroxylamine représentée ci-dessous peuvent-elles former des liaisons hydrogène ? Si oui, représenter les liaisons hydrogène qui peuvent s'établir entre deux molécules.



Correction

Ex.1

- Le couple (6 mbar ; 10 °C) se situe dans une zone où l'eau n'existe que sous forme de vapeur. De la glace placée dans ces conditions se sublimerait mais ne passerait pas à l'état liquide.
- Plus la pression est élevée, plus la température d'ébullition de l'eau augmente. Dans une cocotte minute, la pression est plus élevée que la pression atmosphérique, donc la température d'ébullition de l'eau est supérieure à 100 °C. De ce fait, les aliments cuisent plus vite.

Ex.2

1. Pour traiter ce genre de question, il faut bien distinguer les étapes d'augmentation de température sans changement d'état et la ou les étapes de changement d'état à température constante.
Ici, il y a trois étapes :

1. échauffement de la glace de -3 °C à 0 °C : $E_1 = c_{\text{glace}} \cdot m_{\text{glace}} \cdot \Delta\theta = 2,06 \times 500 \times 3 = 3090 \text{ J}$

2. fusion : $E_2 = L_{\text{fusion}} \cdot m_{\text{glace}} = 334 \times 500 = 167\,000 \text{ J}$

3. eau liquide à 0 °C → eau liquide à 20 °C : $E_3 = c_{\text{eau}} \cdot m_{\text{eau}} \cdot \Delta\theta = 4,18 \times 500 \times 20 = 41800 \text{ J}$

L'énergie totale nécessaire a été de 212 kJ (en gardant 3 chiffres significatifs).

2. Il n'y a aucun échange d'énergie entre l'intérieur et l'extérieur d'un calorimètre. Donc l'énergie gagnée par les glaçons est égale à l'énergie perdue par l'eau.

On néglige l'énergie échangée avec le calorimètre.

On suppose que tous les glaçons ont complètement fondu.

Le mélange est donc uniquement constitué d'eau liquide à la température inconnue θ_f .

Énergie gagnée par les glaçons : $E_1 = c_{\text{glace}} \cdot m_{\text{glaçons}} \times 18 + L_{\text{fusion}} \cdot m_{\text{glaçons}} + c_{\text{eau}} \cdot m_{\text{glaçons}} \cdot \theta_f$

Énergie perdue par l'eau : $E_2 = c_{\text{eau}} \cdot m_{\text{eau}} \cdot |\theta_f - 25|$

Toutes les grandeurs sont connues, sauf θ_f . Il suffit donc de poser l'équation $E_1 = E_2$ et d'isoler θ_f .

On trouve $\theta_f = 20,6 \text{ °C}$

Ex. 3

• Il s'agit d'abord d'estimer le nombre d'électrons, et donc de protons, que contient un corps humain.

Un corps de 70 kg contient 45,5 kg d'oxygène, 12,6 kg de carbone et 7 kg d'hydrogène.

Soit, en quantité de matière : 2,8 kmol de O ; 1,1 kmol de C et 7 kmol de H.

Cela représente une quantité de protons de $2,8 \times 8 + 1,1 \times 6 + 7 = 36$ kmol

Soit $36 \cdot 10^3 \times 6,0 \cdot 10^{23} = 2,2 \cdot 10^{28}$ protons (et autant d'électrons).

• Une différence de 1% entre le nombre de protons et le nombre d'électrons correspond à 1% de $2,2 \cdot 10^{28}$ soit $2,2 \cdot 10^{26}$ électrons (en plus ou en moins).

• La charge électrique qui est résulte serait de $2,2 \cdot 10^{26} \times 1,6 \cdot 10^{-19} = 3,5 \cdot 10^7$ C

• La force électrique entre deux objets ayant cette charge et distant d'un bras (disons, 0,7 m), serait de : $F = 9 \cdot 10^9 \times (3,5 \cdot 10^7)^2 / 0,7^2 = 2,3 \cdot 10^{25}$ N

• D'autre part, le poids d'un objet ayant la masse de la terre serait de $P = m \cdot g = 6 \cdot 10^{24} \times 10 = 6 \cdot 10^{25}$ N

Conclusion : on voit donc que l'affirmation n'est pas tout à fait vraie, néanmoins, il s'agit bien de deux forces du même ordre de grandeur !

Ex. 4

1. Entre deux ions Na^+ : $F = 1,44 \cdot 10^{-9}$ N (répulsive)

Entre deux ions Cl^- : $F = 1,44 \cdot 10^{-9}$ N (répulsive)

Entre un ion Cl^- et un ion Na^+ : $F = 2,95 \cdot 10^{-9}$ N

2. Les forces de répulsion entre deux ions de même nature sont plus faible que les forces de répulsion entre des ions de charge opposée, d'où la cohésion du cristal.