

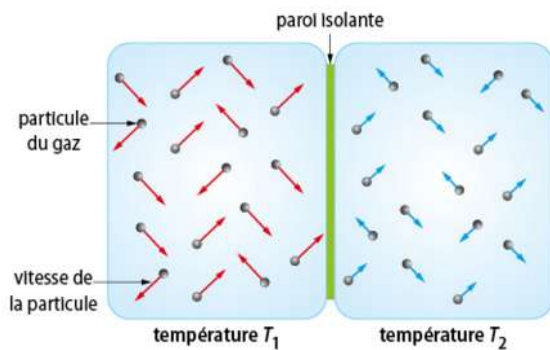


COURS n°8 « Modèle du gaz parfait et le premier principe de la thermodynamique »

Gaz parfaits

13 Mélange de deux gaz

1. Deux récipients de même volume séparés par une paroi isolante et amovible contiennent le même gaz. L'un d'eux est plus chaud que l'autre.



- Identifier, en justifiant la réponse, le récipient dans lequel la valeur de la température mesurée est la plus grande. En déduire le corps chaud et le corps froid.
 - La valeur de la masse volumique mesurée est-elle la même pour chaque gaz ? Justifier la réponse.
 - La valeur de la pression mesurée est-elle la même pour chaque gaz ? Justifier la réponse.
2. On retire la plaque amovible séparant les deux récipients. Un transfert de l'énergie thermique s'effectue jusqu'à l'équilibre thermique du corps chaud vers le corps froid.
- Proposer qualitativement une représentation du gaz à l'équilibre à l'échelle microscopique.
 - Quelle propriété des constituants microscopiques du gaz provoque cet échange d'énergie ?
 - Comparer les valeurs des températures T_1 , T_2 et T du gaz à l'équilibre thermique.

18 Ballon de baudruche

On introduit dans un ballon de baudruche 2,0 L d'hélium à 25 °C et à une pression de 1,1 bar.

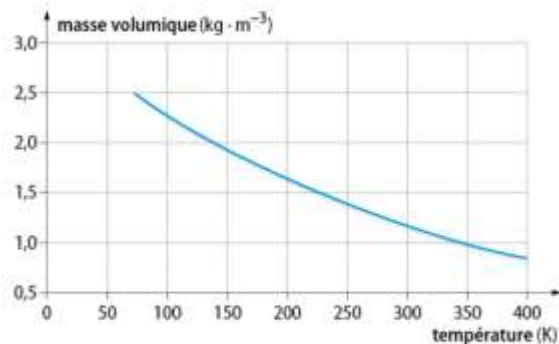
- Quelle est la quantité de matière d'hélium dans le ballon ?
- Le ballon éclate lorsque son volume devient supérieur à 3,0 L.
 - Placé sous une cloche à vide reliée à une pompe, quelle sera la valeur de la pression mesurée au moment où le ballon éclate ?



- À la pression de 1,1 bar, quelle serait la valeur de la température mesurée au moment où le ballon éclate ?
- Quelle masse d'hélium, à 25 °C et 1,1 bar, faut-il ajouter au ballon pour atteindre ce volume ?

14 Masse volumique de l'air

Pour de l'air sec sous pression atmosphérique normale (1 013 hPa), la température de fusion $\theta_{\text{fusion}} = -216,2 \text{ °C}$, la température d'ébullition $\theta_{\text{ébullition}} = -194,3 \text{ °C}$ et l'évolution de la masse volumique en fonction de la température est modélisée par le graphique suivant.



- Déterminer graphiquement la valeur de la masse volumique de l'air à 20 °C.
 - Pourquoi la courbe ne débute-t-elle qu'à partir de 78,9 K ?
2. À l'aide d'un raisonnement à l'échelle microscopique :
- expliquer pourquoi l'axe des abscisses ne possède aucune graduation de valeur négative ;
 - justifier la diminution de la valeur de la masse volumique de l'air en fonction de la température.

27 Masse volumique d'un gaz parfait

Une masse m d'un gaz parfait de masse molaire M est enfermée à la température T et à la pression P dans un récipient de volume V .

- Exprimer la masse volumique ρ du gaz parfait en fonction de M , P et T .
 - Comment évolue la valeur de la masse volumique d'un gaz parfait lorsque sa température augmente (à pression constante) ? lorsque sa pression augmente (à température constante) ?
 - Interpréter ces évolutions à partir des propriétés du gaz à l'échelle microscopique.
2. Calculer la valeur de la masse volumique de l'air :
- à 20 °C et sous une pression égale à 1,0 bar ;
 - au sommet de l'Everest sous 0,3 bar et - 40°C.
3. Comparer, dans les mêmes conditions de température et de pression, les valeurs de la masse volumique de l'air et de l'hélium.



Coups de pouce

- La masse volumique ρ est le rapport de la masse m du gaz et du volume V qu'il occupe.
- Convertir les températures en kelvin et les masses molaires en $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$.

18 Chocolat fouetté

Dans un récipient, 500 g de chocolat chaud encore liquide refroidissent et sont brassés à l'aide d'un fouet électrique.

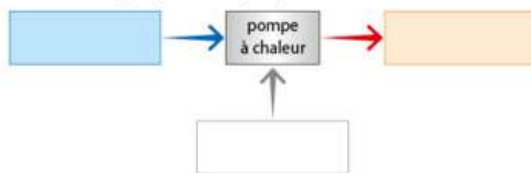


1. Effectuer l'étude énergétique du système (chocolat) en s'appuyant sur un diagramme énergétique.
2. a. Écrire le premier principe de la thermodynamique en justifiant que le système est au repos.
b. Distinguer le terme correspondant à la variation de l'énergie du système des termes correspondant à des transferts d'énergie entre le système et l'extérieur.
c. Sachant que l'énergie perdue par le chocolat en se refroidissant est de 50 kJ et que l'énergie reçue par le fouet est de 10 kJ, déterminer la variation d'énergie interne du système.

19 Pompe à chaleur

Une pompe à chaleur (PAC) est destinée à assurer le chauffage d'un local à partir d'une source de chaleur externe (l'air, le sol ou l'eau) dont la température est inférieure à celle du système à chauffer. Pour réaliser ce transfert thermique (non naturel), une dépense d'énergie est nécessaire : elle correspond au travail fourni par un compresseur à un fluide caloporteur (corps capable à la fois de s'écouler et d'échanger de l'énergie).

1. Recopier et compléter le schéma ci-dessous représentant le bilan énergétique de la pompe à chaleur.



2. Écrire le premier principe de la thermodynamique appliqué à la pompe à chaleur en justifiant que le système est au repos.

23 Café chaud dans un thermos

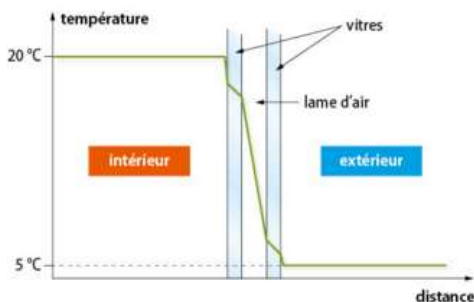
Dans une bouteille thermos, on verse 1,0 L de café à la température de 60 °C. La température de l'ensemble se stabilise à 52 °C. La capacité thermique et la masse volumique du café seront prises égales à celle de l'eau.

Données : capacité thermique massique de l'eau : $c_{eau} = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1,0 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$

1. Calculer la valeur de la variation d'énergie interne du café.
2. En supposant que la bouteille thermos est parfaitement isolée, déterminer la variation d'énergie interne du système (thermos + café).
3. En déduire la valeur de la variation d'énergie interne de la bouteille thermos.

24 Double vitrage

On a représenté ci-contre l'évaluation de la température à la traversée d'un double vitrage, pour un flux constant :



1. Dans quel sens se fait le transfert thermique ?
2. Comparer qualitativement les résistances thermiques du verre et de l'air.
3. De l'air ou du verre, quel est le meilleur isolant thermique ?

20 Pertes thermiques d'une habitation

Pour évaluer les pertes thermiques d'une habitation, on procède à l'expérience suivante : la masse m d'air à l'intérieur de la maison étant initialement à la température $T_1 = 19,0 \text{ °C}$, on coupe le système de chauffage pendant une durée $\Delta t = 1,00 \text{ h}$. On mesure une température finale $T_2 = 15,6 \text{ °C}$.

Données : capacité thermique massique de l'air : $c_a = 1\,000 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$; volume intérieur de la maison : $V = 400 \text{ m}^3$; masse volumique de l'air : $\rho = 1,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

1. Exprimer, puis calculer, la variation de l'énergie interne ΔU de l'air contenu dans la maison.
2. Interpréter le signe du résultat obtenu à la question précédente.

21 Mug de thé au micro-ondes

On réchauffe l'eau de son thé à l'aide d'un four à micro-ondes. Le volume d'eau dans le mug est de $V = 250 \text{ mL}$. Lorsque les micro-ondes atteignent les molécules d'eau, celles-ci se mettent à osciller. La mise en mouvement des molécules d'eau produit la chaleur nécessaire pour réchauffer les aliments. Le four est réglé sur la position de puissance $P = 900 \text{ W}$. La température de l'eau passe ainsi de 10 °C à 90 °C . On suppose que le four à micro-ondes est bien isolé.

Données : masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1,00 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$;
capacité thermique massique de l'eau : $c_{eau} = 4\,180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
l'énergie transférée à un système avec une puissance P pendant la durée Δt est : $E = P \cdot \Delta t$.

1. Calculer la variation d'énergie interne de l'eau contenue dans le mug.
2. Au bout de combien de temps l'eau du thé sera-t-elle prête ?

25 Bon choix d'isolant thermique

Afin de réduire les dépenses de chauffage et d'avoir un comportement écoresponsable, on cherche à améliorer l'isolation thermique d'une habitation. En effet, celle-ci possède un grenier non chauffé, on décide donc d'en isoler le sol.

Il existe de nombreux matériaux isolants caractérisés par leur conductivité thermique notée λ . Plus la conductivité thermique d'un matériau est élevée, plus il conduit facilement la chaleur.

Données :
- température du grenier : $\theta_1 = 5,0 \text{ °C}$;
- température de la maison : $\theta_2 = 20 \text{ °C}$;
- surface du sol du grenier : $S = 80 \text{ m}^2$;
- résistance thermique du sol du grenier non isolé : $R = 7,5 \times 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$;
- expression de la résistance thermique : $R = \frac{e}{\lambda \cdot S}$

avec e épaisseur (en m) et S surface (en m^2) de la paroi.

Nom du matériau	Laine de roche	Polystyrène extrudé	Liège naturel expansé	Cellulose
Conductivité thermique λ en $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	0,035	0,033	0,042	0,039

1. a. Dans quel sens s'effectue le transfert thermique dans l'habitation ?
b. Donner l'expression puis calculer le flux thermique Φ à travers le sol du grenier non isolé.
2. a. Quel serait un bon choix de matériau pour un isolant thermique ?
b. On veut diviser le flux thermique par 10. Sachant que lorsque plusieurs parois sont accolées, la résistance thermique totale est égale à la somme des résistances thermiques de chaque paroi, calculer la résistance thermique de l'isolant.
c. Tous les matériaux proposés s'achètent sous forme de panneaux rigides dans le commerce. Quelle épaisseur minimale doit posséder le panneau du matériau choisi ?

28 Refroidissement d'une tasse de café

On considère une tasse de café initialement à la température de 75 °C dans une pièce à 25 °C.

Après 5 minutes le café est à 50 °C.

On suppose que la vitesse de refroidissement du café est proportionnelle à la différence des températures (autrement dit que la température du café suit la loi de Newton) : cela signifie qu'il existe une constante $\gamma < 0$ telle que la température vérifie l'équation différentielle de premier ordre : $dT(t)/dt = \gamma(T(t) - T_{\text{amb}})$

1. Effectuer un bilan énergie pour le système (café).
2. Donner la valeur de T_{amb} .
3. Résoudre l'équation différentielle en donnant l'expression de $T(t)$ en fonction de γ .
4. a. Déterminer la valeur numérique de la constante de refroidissement γ .
b. En déduire l'expression générale de $T(t)$.

30 Dans un sauna

Un sauna, installé dans un centre nautique, est constitué d'une pièce équipée de cloisons en bois doublées d'un bon isolant thermique. Il reçoit de l'énergie thermique grâce à une résistance électrique se trouvant à l'intérieur de la pièce. Des pierres de lave de faible résistance thermique sont positionnées sur une grille au-dessus de la résistance.

Les personnes se trouvant dans le sauna peuvent, si elles le désirent, arroser ces pierres avec de l'eau qui s'évapore à leur contact.

La température extérieure au sauna est de 18 °C. Pour maintenir une température de 80 °C à l'intérieur du sauna, la résistance reçoit une puissance $P = 7,5$ kW pendant 1,0 minute, toutes les 5 minutes.

Donnée : La puissance (en W) correspond à une variation d'énergie (en J) par unité de temps (en s) : $P = \Delta E / \Delta t$.

1. Quelle énergie thermique reçoit le sauna pendant la minute de chauffe ?
2. Que vaut la résistance thermique du sauna ?



32 Crime dans une série TV

Dans une série TV policière, le corps d'une victime est trouvé sur lieu du crime à 2 h 20 une nuit d'hiver, dehors, où la température extérieure est de -5 °C. A l'heure de cette découverte macabre, la police scientifique relève que la température du corps est de 20 °C. Une demi-heure plus tard, quand il est retiré, sa température n'est plus que de 15 °C. En utilisant la loi de Newton, le médecin légiste va réussir à déterminer l'heure du crime.

Données : $T(\text{corps humain}) = 37$ °C ; loi thermique de Newton : $dT(t)/dt = -\gamma \cdot (T(t) - T_{\text{amb}})$.

1. Donner la valeur de T_{amb} .
2. Résoudre l'équation différentielle en donnant l'expression de $T(t)$ en fonction de γ .
3. a. Déterminer la valeur numérique de la constante γ .
b. En déduire l'expression générale de $T(t)$.
4. Déterminer l'heure du crime.

