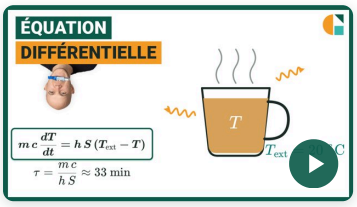
Établir l'équation différentielle de la température avec la loi de Newton

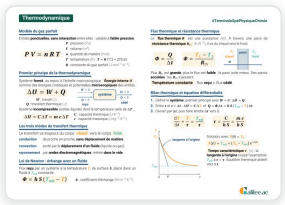
Thermodynamique • Compétence 8 • Terminale spécialité physique-chimie



Vidéo du cours et deux exercices gratuits supplémentaires !

Exercices corrigés pas à pas, sur la page de la compétence.

galilee.ac/V/T14-8



La fiche de cours

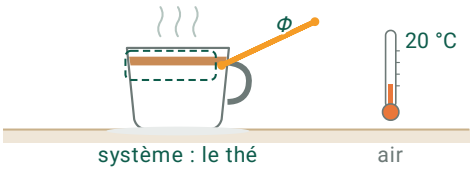
Tout le chapitre sur une page.

galilee.ac/F/thermodynamique

Exercice 1

Le thé : les étapes de la démonstration

Une tasse contient $200\ \text{g}$ de thé à $90\ ^\circ\text{C}$, dans de l'air à $T_{ext} = 20\ ^\circ\text{C}$. Le flux thermique reçu par le thé suit la loi de Newton $\Phi = h\,S\,(T_{ext} - T)$, avec $h = 20\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ et $S = 0{,}035\ \text{m}^2$. Le thé ne reçoit aucun travail. Donnée : $c = 4\,180\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.



1) Écrire le premier principe appliqué au thé entre les instants t et $t + \Delta t$.

2) Exprimer le transfert thermique reçu par le thé pendant la durée Δt à l'aide du flux.

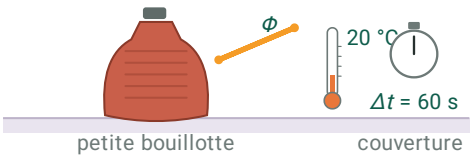
3) Que représente $T_{ext} - T$ dans la loi de Newton ?

4) Calculer le flux thermique reçu par le thé à l'instant initial, avec son signe.

5) Calculer le temps caractéristique $\tau = \dfrac{m\,c}{h\,S}$, avec 2 chiffres significatifs.

Exercice 2 Une minute de refroidissement

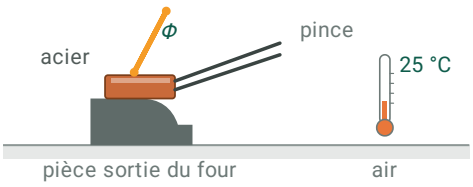
Une tasse contient $0{,}30\ \text{kg}$ de chocolat chaud à $80\ ^\circ\text{C}$, dans de l'air à $20\ ^\circ\text{C}$. Le flux reçu par le chocolat suit la loi de Newton $\Phi = h\,S\,(T_{ext} - T)$, avec $h\,S = 0{,}80\ \text{W}\cdot\text{K}^{-1}$. On étudie la première minute, pendant laquelle on considère le flux constant. Donnée : $c = 4\,180\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.



1) Calculer le flux thermique reçu par le chocolat, avec son signe.
2) Calculer le transfert thermique Q reçu pendant cette minute, avec son signe.
3) Calculer la variation ΔT de la température du chocolat pendant cette minute.
4) En déduire la température du chocolat au bout d'une minute, au dixième de degré près.

Exercice 3 Type bac : la pièce d'acier qui refroidit

Une pièce d'acier de masse $m = 0{,}50\ \text{kg}$ sort d'un four à $180\ ^\circ\text{C}$ et refroidit dans de l'air à $T_{ext} = 25\ ^\circ\text{C}$. Le flux thermique qu'elle reçoit suit la loi de Newton $\Phi = h\,S\,(T_{ext} - T)$. Données : $c = 470\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; $h = 30\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$; $S = 0{,}022\ \text{m}^2$.



1) Établir l'équation différentielle vérifiée par la température T de la pièce et la mettre sous la forme $\dfrac{\text{d}T}{\text{d}t} + \dfrac{T}{\tau} = \dfrac{T_{ext}}{\tau}$.
2) Donner l'expression du temps caractéristique τ en fonction de m, c, h et S.
3) Calculer τ, avec 2 chiffres significatifs.
4) Calculer le flux thermique reçu par la pièce à la sortie du four, avec son signe.
5) Que peut-on faire pour que la pièce refroidisse plus vite ?

Établir l'équation différentielle de la température avec la loi de Newton

Thermodynamique • Compétence 8 • Terminale spécialité physique-chimie

Exercice 1 Le thé : les étapes de la démonstration

1) $\Delta U = W + Q$ avec $W = 0$: il reste $\Delta U = Q$. Le flux Φ est une puissance, pas une énergie.

$\boxed{\Delta U = Q}$

2) Le flux est l'énergie reçue par seconde : pendant Δt, $Q = \Phi \times \Delta t$.

$\boxed{Q = \Phi \times \Delta t}$

3) $T_{ext} - T$ est l'écart de température entre l'air et le thé à l'instant t. Ce n'est pas la variation ΔT de la température du thé pendant Δt.

$\boxed{\text{l'écart de température entre l'air et le thé}}$

4) $\Phi = h\,S\,(T_{ext} - T)$ à l'instant initial :

$\boxed{\Phi = 20 \times 0{,}035 \times (20 - 90) = -49 \text{ W}}$

Le flux reçu est négatif : le thé, plus chaud que l'air, cède de l'énergie.

5) Avec $m = 0{,}20$ kg :

$\boxed{\tau = \dfrac{0{,}20 \times 4\,180}{20 \times 0{,}035} \approx 1{,}2 \times 10^{3} \text{ s}}$

Exercice 2 Une minute de refroidissement

1) $\Phi = h\,S\,(T_{ext} - T) = 0{,}80 \times (20 - 80) = -48$ W. Il est négatif : le chocolat cède de l'énergie.

$\boxed{\Phi = -48 \text{ W}}$

2) $Q = \Phi \times \Delta t$ avec $\Delta t = 60$ s :

$\boxed{Q = -48 \times 60 = -2\,880 \text{ J}}$

3) Premier principe, sans travail : $\Delta U = Q$, et $\Delta U = m\,c\,\Delta T$, donc $\Delta T = \dfrac{Q}{m\,c}$.

$\boxed{\Delta T = \dfrac{-2\,880}{0{,}30 \times 4\,180} \approx -2{,}30 \text{ K}}$

4) $T = 80 - 2{,}30 \approx 77{,}7$ °C.

C'est exactement le raisonnement qui mène à l'équation différentielle : on le refait sur une durée de plus en plus courte.

$\boxed{T \approx 77{,}7 \text{ °C}}$

Exercice 3 Type bac : la pièce d'acier qui refroidit

1) Premier principe entre t et $t+\Delta t$, sans travail : $m\,c\,\Delta T = h\,S\,(T_{ext}-T)\,\Delta t$. On divise par $m\,c\,\Delta t$, on fait tendre Δt vers zéro, puis on passe le terme en T à gauche :

$$\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t}+\frac{h\,S}{m\,c}\,T=\frac{h\,S}{m\,c}\,T_{ext}$$

$$\boxed{\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t}+\frac{T}{\tau}=\frac{T_{ext}}{\tau}}$$

2) Par identification :

$$\boxed{\tau=\frac{m\,c}{h\,S}}$$

3) $\tau=\dfrac{0{,}50\times 470}{30\times 0{,}022}\approx 3{,}6\times 10^{2}\ \mathrm{s}$

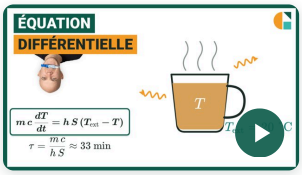
$$\boxed{\tau\approx 3{,}6\times 10^{2}\ \mathrm{s}}$$

4) $\Phi=30\times 0{,}022\times(25-180)\approx -1{,}0\times 10^{2}\ \mathrm{W}$. Le flux reçu est négatif : la pièce cède de l'énergie à l'air.

$$\boxed{\Phi\approx -1{,}0\times 10^{2}\ \mathrm{W}}$$

5) Refroidir plus vite, c'est diminuer $\tau=\dfrac{m\,c}{h\,S}$: il faut augmenter h ou S. Augmenter la masse ou diminuer h allongerait le refroidissement.

$$\boxed{\text{augmenter h ou S}}$$



Vidéo du cours et deux exercices gratuits supplémentaires !

Exercices corrigés pas à pas, sur la page de la compétence.

galilee.ac/V/T14-8

Loi de Newton, équation différentielle : exercices corrigés PDF (Terminale spécialité physique-chimie). Établir l'équation différentielle vérifiée par la température d'un système avec la loi phénoménologique de Newton, flux proportionnel à l'écart entre la température extérieure et celle du système : premier principe entre t et t + Δt, Q = Φ Δt, signe du flux reçu, temps caractéristique τ = m c / (h S), refroidissement d'une pièce d'acier. Méthode en vidéo et exercices interactifs corrigés sur galilee.ac.