

1. En chimie, un exercice de cinétique chimique peut être posé (révisé en DM).
2. En cours et en exercices : conduction thermique.

Lois de la conduction thermique

I. Flux thermique - Loi de Fourier

- Orientation d'une surface. Flux d'un champ vectoriel à travers une surface. Exemples en symétrie sphérique et cylindrique.
- Vecteur densité de courant thermique. Flux thermique à travers une surface.
- Loi de Fourier. Conductivité thermique. Ordres de grandeur. Nécessité du signe "—" dans la loi de Fourier.

II. Bilans d'énergie

- Bilans d'énergie en coordonnées cartésiennes, sphériques et cylindriques en raisonnant sur des tranches élémentaires.
- Généralisation à 3 dimensions. Introduction de la divergence d'un champ vectoriel et du laplacien d'un champ scalaire.

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = -\operatorname{div} \vec{j}_Q \text{ et } \rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \Delta T$$

- Équation de diffusion thermique avec un terme source décrit par une densité volumique de puissance p_{vol} . Savoir établir l'équation de diffusion thermique avec un terme source en appliquant le premier principe à une tranche ou à une coquille élémentaire. Généralisation à 3D :

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = -\operatorname{div} \vec{j}_Q + p_{\text{vol}} \text{ et } \rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \Delta T + p_{\text{vol}}$$

- Relations de passage à une interface entre deux solides : continuité de la température et continuité de la composante normale de $\vec{j}_Q$.

III. Conducto-convection - Loi de Newton

- Conducto-convection à une interface solide - fluide. Loi de Newton, coefficient de conducto-convection h . La loi de Newton doit être connue. Exemple d'une ailette de refroidissement cylindrique. Résolution dans le cas d'une longueur infinie et d'une longueur finie.

IV. Résistances thermiques

- Cas du régime stationnaire sans terme source :

$$\Delta T = 0 \text{ et } \operatorname{div} \vec{j}_Q = 0$$

- Définition d'un champ vectoriel à flux conservatif. Théorème d'Ostrogradski. Ligne de champ, tube de champ, conservation du flux le long d'un tube de champ.
- Résistance thermique en régime stationnaire. Cas d'une barre de longueur L soumise à des températures constantes T_1 et T_2 à ses deux extrémités. Loi d'Ohm thermique. Résistance thermique R_{th} et conductance thermique G_{th} . La résistance thermique d'une barre $R_{\text{th}} = \frac{L}{\lambda S}$ doit être connue. Analogies avec l'électrocinétique.
- Association de résistances thermiques en série et en parallèles. Application : simple et double vitrage.
- Cas général dans d'autres géométries. Exemple de la résistance thermique d'une coquille sphérique et d'une coquille cylindrique.

Questions de cours :

Les éléments de surface et de volume dans les trois systèmes de coordonnées doivent être connus.

1. Expression (sans démonstration) de $\overrightarrow{\text{grad}} f$ dans chacun de ces trois systèmes de coordonnées. Expression de $\text{div } \vec{a}$ et de Δf (laplacien) en coordonnées cartésiennes. On donnera la définition de Δf .
2. Définition et propriétés de $\vec{j}_Q$. Loi de Fourier. Donner quelques ordres de grandeur de conductivités thermiques. Discuter la présence du signe "–" dans la loi de Fourier.
3. Établir l'équation de diffusion thermique dans un des trois systèmes de coordonnées (au choix du colleur) en appliquant le premier principe à des tranches ou des coquilles élémentaires.
4. Relations de passage à une interface solide - solide. Démontrer la continuité de la composante normale de $\vec{j}_Q$.
5. Énoncer la loi de Newton à une interface solide - fluide. Donner la relation de passage à cette interface et la démontrer.
6. Établir l'équation vérifiée par $T(x, t)$ dans une ailette de refroidissement cylindrique de rayon R en raisonnant sur une tranche élémentaire comprise entre x et $x + dx$.
7. Définir un champ vectoriel à flux conservatif. Énoncer le théorème d'Ostrogradski. Faire le lien avec le flux sortant à travers une surface fermée.
8. Calculer la résistance thermique d'une tige isolée thermiquement sur sa surface latérale dans un modèle où $T = T(x)$.
9. Énoncer les lois d'association série et parallèle des résistances thermiques. Les démontrer dans le cas d'une association série ou parallèle de barres (au choix du colleur).