Phénomènes de transport

16 juin 2021

1 Diffusion de particules : diffusion du glycérol dans l'eau

Voir la référence : http ://ressources.agreg.phys.ens.fr/static/TP_chi/serie3/PhenomenesTransport.pdf

$$\alpha_m = \frac{(n_g - n_e)d}{2\sqrt{\pi D t}}$$

Pour un mélange 50/50 d'eau et de glycérol il faut multiplier par un facteur 1/2 l'expression de α_m. Voir BUP n°819

2 Conduction thermique

On peut utiliser la barre thermique en régime transitoire ou permanent. On rappelle l'équation de la chaleur unidimensionnelle : $\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{\rho c}\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$

Régime permanent En régime permanent, si on peut connaître la puissance électrique dégagée par effet Joule à la barre, et en imposant une température à l'extrémité opposée, on lie le flux thermique à la puissance dissipée par effet Joule U^2/R et on obtient :

$$\phi = \frac{\lambda S \Delta T}{e}$$

On peut aussi mesurer si besoin le flux thermique en réchauffant de l'eau en bout de barre (température initiale connue, on mesure la durée du chauffage, on déduit des mesures de température avant et après chauffage la quantité d'énergie qui a été fournie, on peut revenir à une puissance en watts).

On peut chercher à vérifier la constance du gradient de température dans la barre calorifugée, en le mesurant entre deux points que l'on déplace le long de la barre. Le régime permanent peut mettre une demi-heure à une heure pour s'établir.

Matériel de l'ENS Lyon : COCb : barre calorifugée en cuivre, diamètre 15mm longueur 630mm, 6 capteurs LM35DZ

Régime sinusoïdal forcé permanent Voir Thibierge. On doit attendre la fin du transitoire, cela peut prendre environ 1h. Une seule condition aux limites est imposée, à la limite $x = 0$, par le module Peltier : $-\lambda S \frac{\partial T}{\partial x}|_{x=0} = \Phi_0 \sin(\omega t)$.

La solution est une onde exponentiellement amortie de la forme :

$$T(x,t) = T_0 + \Delta T \mathrm{e}^{-x/\delta} \sin\left(\omega t - \frac{x}{\delta}\right)$$

avec $\delta = \sqrt{\frac{2\kappa}{\omega}}$; avec $\kappa = \frac{\lambda}{\rho c}$: on prendra $\lambda = 401\mathrm{W} \cdot \mathrm{m}^{-1} \cdot \mathrm{K}^{-1}$; $\rho = 8,96\mathrm{g} \cdot \mathrm{cm}^{-3}$ et $c = 0,385\mathrm{J} \cdot \mathrm{g}^{-1} \cdot \mathrm{K}^{-1}$ pour le cuivre.

Le module Peltier est traversé par un courant de fréquence 25mHz. On réalise une acquisition sur environ 3 minutes, sur les différents capteurs placés dans la barre. On obtient des oscillations dont l'amplitude est fonction de la distance au module Peltier (décroissance exponentielle, comme prévu dans la formule plus haut) ; on peut utiliser cette décroissance pour mesurer δ et revenir à λ. Il est également possible d'utiliser la phase de chaque signal.

Voir Quaranta II page 59, paragraphe 1.2.1 pour une autre expérience.

3 Rayonnement thermique

Vérification de la loi de Stefan : le corps noir, voir Sextant.

On emploie une thermopile de Moll.

4 Conductivité électrique

$\gamma = \frac{l}{S}\frac{I}{U}$ avec l la longueur du câble sur lequel la mesure est effectuée, S sa section, U la tension appliquée et I le courant mesuré. Il est en général préférable de farie une mesure quatre-points pour mesurer des petites résistances.

On peut imaginer faire des régressions linéaires si on peut avoir plusieurs câbles du même matériau.

Pour un métal, on peut imaginer mesurer la conductivité électrique pour différentes températures (on constatera qu'elle diminue lorsque la température augmente), voir la loi de Matthiessen concernant la résistivité ($\rho(T) = \rho_0(1+\alpha(T-T_0))$)

5 Autres pistes

Conductivité électrique : résistance d'enroulements de fils de longueurs variables.