Sujet n°1 Mohamed

Question de cours. TH3. Diffusion thermique

On assimile le corps d'un hérisson à une boule homogène de centre O, de rayon R enveloppé par une couche isolante d'épaisseur e représentant l'association du pelage et des épines de conductivité moyenne λ. La température extérieure est T_e. Le métabolisme du hérisson fournit une puissance $\mathscr{P}_{\text{métab}}$ lui permettant de maintenir sa température intérieure à T_i.

1. Que peut-on dire du flux thermique à travers la couche isolante ? Pourquoi ?
2. Établir l'expression de la résistance thermique de la couche isolante.
3. Établir l'expression de la température dans la couche isolante.

Exercice n°1 Diffusion dans un réacteur

Le fonctionnement du cœur d'un réacteur nucléaire limité par deux plans d'abscisse $x = \pm\dfrac{a}{2}$ et de section $\mathscr{S}$ est modélisé à 1D par :

- une production volumique par unité de temps σ de neutron provenant des réactions de fission, avec $\sigma = \dfrac{n^*(x,t)}{\tau}$ où $n^*(x,t)$ est la densité volumique de neutrons ;
- une zone de piégeage appelée couverture : pour $x \geq \dfrac{a}{2}$ ou $x \leq -\dfrac{a}{2}$, on a $n^* = 0$. La diffusion dans le cœur obéit à la loi de Fick avec un coefficient de diffusion D.

1. Établir l'équation vérifiée par $n^*(x,t)$.
   Quelle est la signification de τ ? Quelle serait l'évolution temporelle de n^* à x fixé sans le phénomène de diffusion ? Commenter.
2. Déterminer $n^*(x)$ en régime permanent. En déduire qu'il existe une condition liant τ à D et a. Que se passe-t-il si τ est inférieur à la valeur requise ? Exprimer $n^*(x)$ en fonction de $a, \mathscr{S}$ et N_0 le nombre total de neutrons dans le réacteur. Quelle est la densité maximale des neutrons ? Déterminer le flux de neutron vers les zones de couverture. Comparer le flux total sortant à la production totale de neutron.
3. Lors d'un arrêt d'urgence, des barres de piégeage plongent dans le coeur du réacteur. Le taux de production volumique global des neutrons peut alors être négatif (si le piégeage l'emporte sur la fission) : $\sigma = \dfrac{n^*(x,t)}{\tau'}$ avec τ' algébrique. Rechercher la solution de l'équation de diffusion sous la forme $n^*(x,t) = f(x)g(t)$. On suppose que le régime permanent était atteint à l'instant $t = 0$. En déduire le type de régime obtenu selon la valeur de τ'.
4. On note n^*_{p} la densité volumique des pièges et Σ la section efficace de piégeage. On suppose que les neutrons ont une vitesse de norme constante v. Déterminer σ le nombre de neutrons piégés par unité de volume et de temps. Comparer au modèle macroscopique.

Sujet n°2 Roman

Question de cours. TH2. Diffusion thermique

Chap TH3. Diffusion thermique – Équation de conservation

Établir, pour un milieu solide, l'équation locale traduisant le premier principe dans le cas d'un problème ne dépendant qu'une d'une seule coordonnée d'espace en coordonnées sphériques, sans production interne d'énergie.

1. Définir précisément le système.
2. Écrire les différents termes.
3. En déduire l'équation de diffusion thermique.

Exercice n°1 Diffusion dans un axone

On considère une cellule sphérique, créatrice de particules, liée à un axone assimilée à un tuyau de longueur L et de section S.

Cette diffusion de particules est caractérisée par le coefficient de diffusion D. Il y a consommation de particules le long du tuyau avec le coefficient α par seconde et par mètre-cube, uniforme et constant.

La concentration c en particules au niveau de la connexion de l'axone la cellule vérifie $c(x=0)=c_0$

1. Établir l'équation différentielle vérifiée par $c(x,t)$.
2. Quelle est la longueur maximale de l'axone en régime permanent ?

Sujet n°3 Irène

Question de cours. TH2. Diffusion thermique

Chap TH3. Diffusion thermique – Équation de conservation

Établir, pour un milieu solide, l'équation locale traduisant le premier principe dans le cas d'un problème ne dépendant qu'une d'une seule coordonnée d'espace en coordonnées cartésiennes, sans production interne d'énergie.

1. Définir précisément le système.
2. Écrire les différents termes.
3. En déduire l'équation de diffusion thermique.

Exercice n°1 Source sphérique

Une source sphérique, de centre O et de rayon r_0 émet de façon continue σ_0 neutrons par unité de surface et par seconde. La densité particulaire de neutrons n ne dépend que du rayon $r \in [r_0, +\infty[$ et du temps t.

On suppose le milieu non absorbant.

1. Déterminer l'expression du flux de diffusion à travers une sphère de rayon r en fonction de la densité particulaire n. On note D le coefficient de diffusion des neutrons.
2. Que peut-on dire de ce flux en régime stationnaire ? Donner alors son expression en fonction de σ_0 et r_0, puis déterminer la loi $n(r)$.

En fait, la source de neutrons est placée dans une enceinte sphérique de rayon $r_1 > r_0$, et le milieu compris entre r_1 et r_0 absorbe les neutrons à raison de K captures radiatives par seconde et par unité de volume.

3. Faire un bilan en considérant la tranche d'espace comprise entre r et $r+\mathrm{d}r$ dans le cas général $n(r,t)$ pour obtenir l'équation de diffusion vérifiée par n.
4. Dans le cas du régime stationnaire, quelle est la valeur de r_1 qui annule le flux de diffusion ?