

I Chapitre T2 : Diffusion de particules

Questions de cours

- Débit de particule, distinction entre vecteur densité de courant de particules de diffusion et de convection, loi de Fick, sens physique et ordre de grandeur.
- Établir l'équation locale de bilan de particules avec ou sans terme source en géométrie cartésienne ou cylindrique ou sphérique (au choix du colleur) dans le seul cas unidimensionnel. Préciser l'équation la plus générale.
- Établir l'équation de diffusion de particules à 1D. Analyser cette équation en ordre de grandeur. Présenter un cas de résolution en régime stationnaire.
- Modèle de la marche aléatoire : présentation, lien avec la description microscopique du processus de diffusion, puis établissement d'une équation de diffusion associée lors du passage à une description mésoscopique.

Savoir-faire exigibles

- Exprimer le flux de particules traversant une surface orientée en utilisant le vecteur \vec{j}_N .
- Etablir l'équation locale traduisant un bilan de particules dans le cas d'un problème ne dépendant que d'une seule coordonnée d'espace en coordonnées cartésiennes, cylindriques et sphériques, éventuellement en présence de sources internes. Utiliser la notion de flux pour traduire les échanges spatiaux dans ces bilans. Utiliser l'opérateur divergence et son expression fournie pour exprimer le bilan local de particules dans le cas d'une géométrie quelconque.
- Utiliser en régime stationnaire la conservation du flux sous forme locale ou globale en l'absence de source interne.
- Utiliser la loi de Fick.
- Citer l'ordre de grandeur d'un coefficient de diffusion dans un gaz dans les conditions usuelles.
- Etablir l'équation de la diffusion en l'absence de source interne. Utiliser l'opérateur laplacien et son expression fournie pour écrire l'équation de la diffusion dans le cas d'une géométrie quelconque.
- Analyser une équation de diffusion en ordres de grandeur pour relier des échelles caractéristiques spatiale et temporelle.
- Mettre en place un modèle probabiliste discret à une dimension de la diffusion (marche au hasard) et évaluer le coefficient de diffusion associé en fonction du libre parcours moyen et de la vitesse quadratique moyenne.
- *Numérique : Simuler la marche au hasard d'un grand nombre de particules à partir d'un centre et caractériser l'étalement spatial de cet ensemble de particules au cours du temps.*

II Chapitre EM1 : Sources du champ électromagnétique

Questions de cours

- Établir l'expression du courant électrique en fonction du vecteur densité de courant électrique en géométrie 1D cartésienne.
- Établir l'équation locale de conservation de la charge à une dimension cartésienne. Donner sans démonstration l'équation locale dans le cas général.
- Montrer en régime stationnaire que le flux du vecteur densité de courant volumique est nul à travers une surface fermée. Expliciter les conséquences associées.
- Déterminer l'expression de la conductivité électrique dans le cadre du modèle de Drüde. Citer un ordre de grandeur en régime stationnaire.
- Déterminer l'expression de la résistance électrique d'un conducteur cylindrique avec un courant axial.
- Déterminer l'expression de la puissance volumique cédée aux porteurs de charges mobiles et interpréter.

Savoir-faire exigibles

- Exprimer la densité volumique de charge et le vecteur densité de courant en fonction de la vitesse moyenne des porteurs de charge, de leur charge et de leur densité volumique. Relier l'intensité du courant et le flux du vecteur densité de courant.
- Établir l'équation traduisant la conservation de la charge dans le seul cas d'un problème unidimensionnel en géométrie cartésienne. Citer et utiliser une généralisation admise en géométrie quelconque utilisant l'opérateur

divergence, son expression étant fournie.

- Exploiter le caractère conservatif du vecteur densité de courant en régime stationnaire ; relier cette propriété à la loi des noeuds de l'électrocinétique.
- Établir l'expression de la conductivité électrique à l'aide d'un modèle microscopique, l'action de l'agitation thermique et des défauts du réseau étant décrite par une force de frottement fluide linéaire. Discuter de l'influence de la fréquence sur la conductivité électrique.
- Établir l'expression de la résistance d'une portion de conducteur filiforme.
- Interpréter qualitativement l'effet Hall dans une géométrie parallélépipédique.
- Exprimer la puissance volumique dissipée par effet Joule dans un conducteur ohmique.

III Chapitre EM2 : Electrostatique (sans les dipôles électrostatiques et sans l'analogie avec la gravitation)

Questions de cours

- Symétries et invariances pour le champ électrostatique.
- Énoncer l'équation de Maxwell-Gauss et l'interpréter.
- Énoncer l'équation de Maxwell-Faraday en régime variable et la simplifier dans le cas de l'électrostatique. Citer les conséquences pour \vec{E} .
- Topographie du champ électrostatique : équipotentielles, lignes de champ, propriétés, exemples.
- Théorème de Gauss : énoncé et application à une distribution volumique au choix du colleur.
- Démontrer l'expression du champ électrique dans un condensateur plan (de manière complète !). En déduire l'expression de la capacité.
- Dans le cas du condensateur plan, démontrer l'expression de la densité volumique d'énergie électrique.

Savoir-faire exigibles

- Exprimer le champ électrostatique et le potentiels créés par une distribution discrète de charges.
- Citer quelques ord de champs électrostatiques (en particulier, le champ disruptif de l'air).
- Exploiter des propriétés de symétrie des sources (symétrie plane, conjugaison de charges) et d'invariances (par translation, par rotation) pour prévoir des propriétés du champ créé.
- Citer les équations de Maxwell-Gauss et Maxwell-Faraday en régime variable et en régime stationnaire.
- Relier l'existence du potentiel scalaire électrique au caractère irrotationnel de \vec{E} .
- Exprimer une différence de potentiel comme une circulation du champ électrique.
- Justifier qu'une carte de champ puisse être ou non celle d'un champ électrostatique. Repérer, sur une carte de champ électrostatique, d'éventuelles sources du champ, et leur signe.
- Associer l'évasement des tubes de champ à l'évolution de la norme de E en dehors des sources.
- Représenter les lignes de champ connaissant les surfaces équipotentielles et inversement. Justifier l'orientation des lignes de champ dans le sens des potentiels décroissants. Évaluer la norme du champ électrostatique à partir d'un réseau de surfaces équipotentielles.
- Choisir une surface adaptée et utiliser le théorème de Gauss.
- Établir la relation entre l'énergie potentielle d'une charge ponctuelle et le potentiel.
- Exprimer l'énergie de constitution d'un noyau en construisant le noyau par adjonction progressive de charges apportées de l'infini.
- Établir le champ électrique créé par un plan infini uniformément chargé en surface.
- Établir l'expression du champ créé par un condensateur plan, ainsi que sa capacité.
- Déterminer l'expression de la densité volumique d'énergie électrostatique dans le cas du condensateur plan, à partir de l'énergie du condensateur.