

Programme de colle MP semaine 14

du 13/01 au 17/01 2025

Cours 18 : Ondes électromagnétiques dans les milieux matériels – Application à la propagation dans les plasmas

Généralités sur la propagation d'ondes dans un milieu matériel : milieu non absorbant et non dispersif ; milieu absorbant, milieu dispersif.

Exemple générique – Propagation d'une OPPH dans un câble coaxial avec pertes : équation de propagation ; relation de dispersion ; interprétation physique : milieu dispersif relié à $\text{Re}(k)$ ou à la vitesse de phase et milieu absorbant relié à $\text{Im}(k)$.

Ondes électromagnétiques dans un plasma : définition d'un plasma ; conductivité complexe d'un plasma ; relation de dispersion ; pulsation de coupure et vitesse de phase ; notion de vitesse de groupe, propagation d'un paquet d'onde ; application à la transmission des ondes radio.

Cours 19 : Interaction d'une onde électromagnétique avec un conducteur ohmique (Cours+Exos)

Propagation dans un conducteur ohmique : définition du conducteur ohmique ; neutralité du conducteur, courant de conduction et courant de déplacement ; équation de diffusion ; résolution en régime harmonique ; champ électromagnétique à l'intérieur du conducteur ; épaisseur de peau ; dispersion dans un conducteur ; modèle du conducteur parfait.

Réflexion sous incidence normale sur un plan conducteur parfait : nécessité d'une onde réfléchie ; densité surfacique ; onde stationnaire.

Cavité résonante 1D taillée dans un conducteur parfait : expression du champ électrique et commentaires.

Applications.

Cours 20 : Rayonnement dipolaire électrique

Modèle du dipôle oscillant ; approximation dipolaire ; approximation non relativiste ; approximation de la zone de rayonnement.

Rayonnement dipolaire électrique dans la zone de rayonnement : champs rayonnés (les formules ne sont pas à connaître, mais à savoir interpréter) ; structure du champ rayonné ; puissance rayonnée : indicatrice de rayonnement.

Diffusion du rayonnement électromagnétique : le phénomène de diffusion ; le modèle de l'électron élastiquement lié ; diffusion Rayleigh.

Questions de cours :

1. Signification de k complexe pour une OPPH.
2. Redémontrer l'expression de la conductivité complexe d'un plasma.
3. Énoncer et démontrer la relation de dispersion dans un plasma. Expliquer les propriétés de l'onde suivant les valeurs de la pulsation.
4. Dans un conducteur ohmique : équation de diffusion ; résolution en régime harmonique ; champ électromagnétique à l'intérieur du conducteur ; épaisseur de peau.
5. Réflexion sous incidence normale d'une OPPH polarisé rectilignement sur un plan conducteur parfait : nécessité d'une onde réfléchie ; redémontrer l'expression du champ réfléchi.
6. Donner et commenter les 3 approximations du modèle du dipôle oscillant.
7. Les formules des champs électriques et magnétiques rayonnés étant données, les interpréter.
8. Expliquer la diffusion Rayleigh et le bleu du ciel.

Programme prévisionnel de la semaine suivante :

Optique ondulatoire

Eléments du programme en rapport avec la colle :

Onde plane transverse électrique monochromatique dans un plasma dilué. Conductivité complexe du milieu. Pulsation de coupure. Ondes évanescentes.	Exprimer la conductivité complexe du milieu et établir la relation de dispersion. Décrire le phénomène de dispersion. Relier la fréquence de coupure aux caractéristiques du plasma et citer son ordre de grandeur dans le cas de l'ionosphère. Distinguer qualitativement les ondes évanescentes et les ondes progressives du point de vue du transport de l'énergie.
Vitesse de phase, vitesse de groupe. Propagation d'un paquet d'ondes dans un milieu linéaire faiblement dispersif.	Calculer la vitesse de groupe à partir de la relation de dispersion. Associer la vitesse de groupe à la propagation de l'enveloppe du paquet d'ondes.
Propagation d'une onde électromagnétique dans un milieu ohmique en régime lentement variable. Effet de peau.	Établir et interpréter l'expression de la longueur caractéristique d'atténuation de l'onde électromagnétique dans un milieu ohmique.
Réflexion sous incidence normale d'une onde plane, progressive et monochromatique polarisée rectilignement sur un plan conducteur parfait. Onde stationnaire.	Établir l'expression de l'onde réfléchie en exploitant les relations de passage fournies. Interpréter qualitativement la présence de courants localisés en surface. Reconnaître et caractériser une onde stationnaire.
Applications aux cavités à une dimension. Mode d'onde stationnaire.	Établir la condition de quantification des solutions. Mettre en œuvre un dispositif permettant d'étudier une onde électromagnétique, dans le domaine des ondes centimétriques.
Champ électromagnétique rayonné par un dipôle oscillant dans la zone de rayonnement. Puissance rayonnée.	Justifier l'intérêt du modèle du dipôle oscillant et citer des exemples dans différents domaines. Formuler et commenter les approximations reliant les trois échelles de longueur pertinentes. Analyser la structure du champ électromagnétique rayonné, les expressions des champs étant fournies, en utilisant des arguments généraux : symétrie, conservation de l'énergie et analyse dimensionnelle. Effectuer un bilan énergétique, les expressions des champs étant fournies. Représenter l'indicatrice de rayonnement. Détecter une onde électromagnétique rayonnée.
Diffusion d'une onde électromagnétique polarisée rectilignement par une molécule dans cadre du modèle de la charge élastiquement liée. Structure de l'onde diffusée. Puissance diffusée en fonction de la fréquence. Résonance. Domaine de Rayleigh.	Déterminer les caractéristiques du dipôle induit en régime établi, par l'action de l'onde incidente sur la molécule. Identifier les domaines de résonances et de Rayleigh. Citer des illustrations de la diffusion d'une onde électromagnétique par un milieu.