

Programme de colle MP semaine 15

du 19/01 au 23/01 2026

Cours 19 : Interaction d'une onde électromagnétique avec un conducteur ohmique

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.

Cours 21 : Généralités sur l'optique ondulatoire et interférences

Rappels d'optique géométrique.

Caractère ondulatoire de la lumière : sources ; récepteurs de lumière ; éclairage ou intensité (le programme les considère équivalents).

Modèle scalaire de la lumière : approximation scalaire ; théorème de Malus ; intensité lumineuse.

Propagation de l'onde lumineuse : chemin optique ; retard de phase dû à la propagation ; surfaces d'onde ; ondes planes ; ondes sphériques.

Superposition de deux ondes lumineuses : Terme d'interférence ; notion de train d'ondes ; conditions d'obtention d'interférences : sources synchrones, sources mutuellement cohérentes, différence de marche $<$ longueur de cohérence ; formule des interférences à 2 ondes ; figures d'interférences : franges brillantes, sombres, contraste ; utilisation de la notation complexe.

Questions de cours :

1. Dans un conducteur ohmique : équation de diffusion ; résolution en régime harmonique ; champ électromagnétique à l'intérieur du conducteur ; épaisseur de peau.
2. 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.
3. Donner et commenter les 3 approximations du modèle du dipôle oscillant.
4. Les formules des champs électriques et magnétiques rayonnés étant données, les interpréter.
5. Expliquer la diffusion Rayleigh et le bleu du ciel. On ne demandera pas de démonstration.
6. Optique géométrique : relation de conjugaison, conditions de Gauss, foyers secondaires...
7. Énoncé et démonstration de la formule d'interférence à 2 ondes. On privilégiera la démonstration avec la notation complexe.
8. Conditions d'interférence (sans démonstration). Pour 2 ondes, préciser quand on a interférence constructive ou destructive. Définir le contraste et l'intensité lumineuse.

Programme prévisionnel de la semaine suivante :

Dispositifs interférentiels

Eléments du programme en rapport avec la colle :

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.
3.1. Modèle scalaire des ondes lumineuses	
Modèle de propagation dans l'approximation de l'optique géométrique.	Utiliser une grandeur scalaire pour décrire un signal lumineux.

Chemin optique. Déphasage dû à la propagation. Surfaces d'ondes. Théorème de Malus (admis). Onde plane, onde sphérique ; effet d'une lentille mince dans l'approximation de Gauss.	Exprimer le retard de phase en un point (par rapport à un autre) en fonction de la durée de propagation ou du chemin optique. Associer une description de la formation des images en termes de rayon lumineux et en termes de surfaces d'onde. Utiliser la propriété énonçant que le chemin optique séparant deux points conjugués est indépendant du rayon lumineux choisi.
Modèle d'émission. Relation (admise) entre le temps de cohérence et la largeur spectrale.	Citer l'ordre de grandeur du temps de cohérence Δt de quelques radiations visibles. Utiliser la relation $\Delta f \cdot \Delta t \sim 1$ pour relier le temps de cohérence à la largeur spectrale $\Delta \lambda$ de la radiation.
Récepteurs. Intensité de la lumière.	Relier l'intensité à la moyenne temporelle du carré de la grandeur scalaire de l'optique. Citer l'ordre de grandeur du temps de réponse de quelques récepteurs de lumière. Mettre en œuvre des expériences utilisant un capteur photographique numérique.
3.2. Superposition d'ondes lumineuses	
Superposition de deux ondes incohérentes entre elles.	Justifier et utiliser l'additivité des intensités.
Superposition de deux ondes monochromatiques cohérentes entre elles : formule de Fresnel. Facteur de contraste.	Citer les principales conditions pour que le phénomène d'interférences apparaisse (ondes quasi synchrones, déphasage constant dans le temps ou très lentement variable). Établir et utiliser la formule de Fresnel. Associer un bon contraste à des ondes d'intensités voisines.