

Programme de colle MP semaine 12

du 16/12 au 20/12 2024

Cours 16 : Introduction à la physique des ondes

Equations de d'Alembert : corde vibrante ; ondes le long d'une ligne bifilaire ; ondes électromagnétiques dans le vide.

Solutions de l'équation de D'alembert unidimensionnelle : notion d'onde et de surface d'onde ; ondes progressives, interprétation physique ; ondes progressives harmoniques (OPPH) ; ondes stationnaires. Modes propres : oscillations libres, cas d'une corde fixée à ses 2 extrémités; oscillations forcées, corde de Melde.

Cours 17 : Ondes électromagnétiques dans le vide

Réduction de la solution de l'équation de d'Alembert 3D en OPPH : l'OPPH n'a pas de réalité physique, notation complexe et opérateurs vectoriels, les différents domaines des ondes électromagnétiques.

Structure des OPPH dans le vide : équation de Maxwell et conséquences, relation de dispersion, relations de structure.

Polarisation des OPPH : reconnaître une polarisation rectiligne, elliptique ou circulaire (droite ou gauche) ; lumière naturelle et phénomènes de polarisation, polariseurs, loi de Malus.

Propagation de l'énergie des OPPH : densité d'énergie électromagnétique d'une OPPH, vecteur de Poynting, vitesse de propagation de l'énergie.

Questions de cours :

1. Retrouver l'équation de d'Alembert pour la corde vibrante.
2. Retrouver l'équation de d'Alembert pour le champ électromagnétique.
3. Retrouver par la méthode de séparation des variables, la forme générale d'une onde stationnaire. Indiquer la position des nœuds et des ventres.
4. Trouver les modes propres d'une corde fixée à ses 2 extrémités. Représenter le mode fondamental ainsi que les 3 premiers harmoniques. En déduire les fréquences propres.
5. Retrouver la forme de la corde de Melde (dont les conditions aux limites sont : $y(0;t)=a\cos\omega t$ et $y(L;t) = 0$). Quand peut-il y avoir résonance ?
6. A partir des équations de Maxwell, retrouver la structure (direction, couplage des champs) des OEPPH dans le vide, ainsi que la relation de dispersion.
7. Calculer la moyenne temporelle de la densité d'énergie électromagnétique et du vecteur de Poynting d'une OEPPH. Démontrer que l'énergie d'une OPP se propage à la vitesse de la lumière.

Eléments du programme en rapport avec la colle :

| 4.5. Propagation et rayonnement | |
|---|---|
| Onde plane dans l'espace vide de charge et de courant ; onde plane progressive et aspects énergétiques. | Citer les solutions de l'équation de d'Alembert à une dimension. Décrire la structure d'une onde plane et d'une onde plane progressive dans l'espace vide de charge et de courant. |
| Onde plane progressive monochromatique. Relation de dispersion. | Expliquer le caractère idéal du modèle de l'onde plane monochromatique. Déterminer la relation de dispersion. Citer les domaines du spectre des ondes électromagnétiques et leur associer des applications. Exprimer le vecteur de Poynting et l'énergie électromagnétique volumique associés à une onde plane progressive monochromatique. Effectuer une étude énergétique dans le cas d'une onde plane progressive monochromatique. |
| Onde plane progressive monochromatique polarisée rectilignement ou circulairement. | Reconnaître une onde polarisée rectilignement ou circulairement. Utiliser des polariseurs et étudier quantitativement la loi de Malus. |