

LP30 : RAYONNEMENT DIPOLAIRE ÉLECTRIQUE

Prérequis

- équation de Maxwell (ondes électromagnétiques dans le vide)
- modèle de l'électron élastiquement lié
- analyse vectorielle
- notion d'OPPM

Idées directrices à faire passer

- hypothèses du modèle du dipôle rayonnant
- une charge doit être accélérée pour rayonner
- dégager la structure des champs rayonnés
- une charge doit être accélérée pour rayonner

Commentaires du jury

- le calcul du champ rayonné doit être présenté de manière synthétique en dégageant clairement les hypothèses (et en les discutant)
- la discussion des résultats (forme du champ, polarisation...) doit être menée.
- il faut se garder du temps pour les applications qui sont importantes dans cette leçon

Bibliographie

- [1] Cap Prépa physique PC-PC*, Pearson
- [2] J'intègre, PC-PC*, Dunod

Introduction Reprendre celle du Cap Prépa

- on a étudié la propagation des OEM mais comment les produire ?
- grande importance technologique, en particulier en télécoms
- explique les phénomènes de diffusion du rayonnement EM par les milieux matériels

I Champ rayonné par un dipôle

1 Position du problème [2]

- expression de \vec{p} + condition de validité de l'approximation dipolaire
- calcul non relativiste
- calcul dans la zone de rayonnement (grande distance devant λ)
- schéma clair sur transparent de la configuration du problème (repérage angulaire)

2 Champs dans la zone de rayonnement et commentaires physique [2]

- donner sans aucune démonstration la forme des champs dans la zone de rayonnement
- ensuite reprendre les commentaires fait dans le Dunod
- rayonnement non isotrope
- décroissance en $1/r$
- dérivée seconde de \vec{p} , donc accélération des charges !
- les symétries permettaient d'intuiter l'orientation de E et B

3 Puissance rayonnée [2]

- calcul de $\vec{\Pi}$ et diagramme de rayonnement
- calcul de la puissance surfacique : $dP = \vec{\Pi} \cdot \vec{u}_r r^2 d\Omega$
- $P_{\text{tot}} = \int dP$
- $\langle P_{\text{tot}} \rangle$
- commentaires physiques

II Rayonnement dipolaire microscopique

1 diffusion par des dipôles élémentaires [2]

- la matière est polarisable sous l'effet d'un champ extérieur (y compris d'une OEM)
- montrer sur transparent le modèle de l'électron élastiquement lié (point de vue classique)
- dire qu'on isole un unique dipôle (comportement indépendant)
- PFD et obtention de \vec{p} -> filtre passe bas
- ODG de ω_0 et τ dans le modèle -> expression simplifiée de \vec{p}

2 effet chromatique [2]

- montrer la manipulation : tube contenant une suspension diffusante -> on observe bien la diffusion préférentielle du bleu (le faisceau non diffusé prend une teinte orangée)
- on utilise alors notre modèle pour expliquer
- réexporter la partie précédente -> établir $\langle P \rangle$ comme une fonction de I et ω^4 -> explique alors la couleur bleue du ciel!
- expliquer le Soleil rouge le soir. Selon le temps restant, faire avec les mains ou faire un bilan de puissance sur une tranche dz pour obtenir une longueur caractéristique de diffusion que l'on déterminera

3 Polarisation par diffusion [2]

- faire l'expérience : donner des polariseurs au jury et leur proposer d'observer le tube bien orthogonalement à sa longueur
- explication bien faite dans le Dunod -> si on observe dans la direction orthogonale à l'éclairage solaire, la lumière est théoriquement totalement polarisée
- conclure : la diffusion produit une lumière polarisée à partir d'une lumière non polarisée

III rayonnement d'antenne

1 Rayonnement d'une antenne de petite taille [1]

- montrer que dans l'ARQS, on peut lier \vec{p} et \vec{j}
- ARQS valable pour des antennes tel que $\ell \ll \lambda$
- un \vec{j} variable fournit donc l'équivalent d'un dipôle oscillant
- expliciter alors $\langle P_{\text{ray}} \rangle$ et introduire la résistance de rayonnement
- montrer la dépendance en ℓ -> intérêt d'une grande antenne (sans dépasser $\lambda/2$ pour ne pas avoir d'interférences destructives)

| En pratique, $\ell \simeq \lambda$, l'ARQS n'est donc pas vérifiée et le calcul est plus délicat

2 Rayonnement d'une antenne réelle [1]

- poser le problème (schéma sur transparent)
- expliquer le principe de la discrétisation
- écrire le champ électrique élémentaire
- faire le DL à grande distance (dans la zone de rayonnement de l'antenne)
- écrire le champ total rayonné en un point (sous forme intégrale)
- donner la forme de la distribution de courant dans l'antenne
- ne pas chercher à faire le calcul mais expliquer l'idée de fréquence propre (pour éviter des effets d'interférences destructives)
- donner les diagrammes de rayonnement

conclusion : ouvrir sur le rayonnement cyclotron (regarder dans panorama de la physique)

Q/R

-
1. Pourquoi avoir choisi de traiter le problème avec le potentiel vecteur ?
 2. Forme du champ rayonnée. Polarisation.
 3. Pourquoi utilise-on en pratique des antennes $\lambda/2$?
 4. Qu'est-ce qu'un onduleur dans un synchrotron ?
 5. Peut-on faire un modèle équivalent mais qui engendre des polarisations circulaires ?