PGM DE COLLE n°19 MPI

Du 17/02 au 21/02

Chapitres concernés :

		Cours	TD	TP
MPI	EM5/6/7. Ondes électromagnétiques dans le vide / un plasma / un milieu ohmique	✓	✓	
	EM8. Rayonnement dipolaire électrique	✓		
	MQ1. Introduction à la physique quantique	✓		
MP2I	Propagation d'un signal Mouvements à force centrale	✓	✓	✓

Questions de cours :

MPI

1) ChEM5/6/7 : Simplifier les équations de Maxwell dans (*) une région vide de charge et de courant / un plasma / un milieu ohmique en régime lentement variable. Etablir puis commenter l'équation aux dérivées partielles vérifiée par le champ électrique dans (*) le vide / un plasma / un milieu ohmique. En déduire la relation de dispersion pour le champ $\underline{\vec{E}}(z,t) = E_0 e^{i(\omega t - \underline{k}z + \varphi_0)}\overrightarrow{e_x}$. Selon le cas, déterminer la nature de $\underline{k}$ (réel, imaginaire pur ou complexe) et préciser la nature de l'onde correspondante, le comportement de l'onde au sein du milieu. Donnée pour le plasma : conductivité complexe $\underline{\gamma} = -i\frac{n^* e^2}{m_e \omega}$.

2) ChEM7 : Définir « conducteur **parfait** ». Que peut-on dire des champs $\vec{E}$, $\vec{B}$ et $\vec{j}$ dans un tel milieu ?

3) ChEM7 : Soit un dioptre ① vide (z < 0) / ② conducteur parfait (z > 0), on écrit les champs électriques complexes incident et réfléchi sous la forme :

$$\underline{\overrightarrow{E_\iota}} = E_0 e^{i(\omega t - kz)}\overrightarrow{e_x} \quad et \quad \underline{\overrightarrow{E_r}} = \underline{\overrightarrow{E_{0r}}}.e^{i(\omega_r t + k_r z)}$$

Montrer que $\underline{\overrightarrow{E_r}} = -E_0 e^{i(\omega t + kz)}\overrightarrow{e_x}$.

Donnée : relation de passage en un point du dioptre $\overrightarrow{E_2} - \overrightarrow{E_1} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\vec{n}_{1\to 2}$

4) ChEM7 : En z < 0, les champs électriques et magnétiques incidents et réfléchis s'écrivent :

$\overrightarrow{E_\iota} = E_0 cos(\omega t - kz)\overrightarrow{e_x}$;$\overrightarrow{E_r} = -E_0 cos(\omega t + kz)\overrightarrow{e_x}$; $\overrightarrow{B_\iota} = \frac{E_0}{c}cos(\omega t - kz)\overrightarrow{e_y}$;$\overrightarrow{B_r} = \frac{E_0}{c}cos(\omega t + kz)\overrightarrow{e_y}$

Montrer que l'onde résultante est stationnaire en rappelant les caractéristiques d'une telle onde.

5) ChEM7 : Cavité à une dimension : on considère 2 plans conducteurs parfaits en $z = -a$ et $z = 0$ qui délimite du vide. Pour $z \in]-a, 0[$, on cherche $\vec{E}$ sous la forme $\vec{E}(z,t) = F(t)\cdot K(z)\cdot\overrightarrow{e_x}$. Appliquer la méthode de séparation des variables pour exprimer $F(t)$ et $K(z)$. Montrer que les conditions aux limites impose la quantification du nombre d'onde angulaire. Exprimer le champ $\vec{E}(z,t)$, commenter. En déduire les longueurs d'onde possibles, valider « graphiquement » cette expression.

Donnée : relation de passage en un point du dioptre $\overrightarrow{E_2} - \overrightarrow{E_1} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\vec{n}_{1\to 2}$

6) ChEM8 : Définir « **dipôle électrique oscillant** ». Citer des exemples de systèmes modélisables par un dipôle électrique oscillant. Citer les 3 échelles de longueur associées au dipôle oscillant et formuler les approximations reliant ces 3 échelles.

7) ChEM8 : Pour un moment dipolaire $\vec{p}(t) = p(t)\overrightarrow{u_z} = p_0\cdot\cos(\omega t + \psi)\,\overrightarrow{u_z}$, on a :

$\vec{E}(M,t) = \frac{\mu_0\sin(\theta)}{4\pi r}\cdot\ddot{p}\left(t - \frac{r}{c}\right)\cdot\overrightarrow{u_\theta} = -\frac{\mu_0\omega^2\sin(\theta)}{4\pi r}\cdot p_0\cdot cos(\omega t - kr + \psi)\overrightarrow{u_\theta}$ et

$\vec{B}(M,t) = \frac{\mu_0\sin(\theta)}{4\pi rc}\cdot\ddot{p}\left(t - \frac{r}{c}\right)\cdot\overrightarrow{u_\varphi} = -\frac{\mu_0\omega^2\sin(\theta)}{4\pi rc}\cdot p_0\cdot cos(\omega t - kr + \psi)\overrightarrow{u_\varphi}$ avec $\omega = kc$ et $\ddot{p} = \frac{d^2p}{dt^2}$.

① Vérifier la compatibilité du champ électromagnétique créé par le dipôle avec les symétries et les invariances du dipôle. ② Vérifier l'homogénéité des expressions des champs électrique et magnétique. ③ Montrer que cette onde EM a localement une structure d'onde plane.

8) ChEM8 : Pour un moment dipolaire $\vec{p}(t) = p(t)\overrightarrow{u_z} = p_0\cdot\cos(\omega t + \psi)\,\overrightarrow{u_z}$, on a :

$\vec{E} = -\frac{\mu_0\omega^2\sin(\theta)}{4\pi r}\cdot p_0\cdot cos(\omega t - kr + \psi)\overrightarrow{u_\theta}$ et $\vec{B} = -\frac{\mu_0\omega^2\sin(\theta)}{4\pi rc}\cdot p_0\cdot cos(\omega t - kr + \psi)\overrightarrow{u_\varphi}$

① Exprimer la valeur moyenne du vecteur de Poynting. ② Représenter l'indicatrice de rayonnement. ③ Exprimer la puissance moyenne rayonnée au travers d'une sphère de rayon r. Commenter *(discuter en particulier la dépendance des champs en $\frac{1}{r}$).*

(*) au choix du colleur

9) ChMQ1 : Dualité onde-particule pour la lumière : Décrire une expérience (effet photoélectrique) qui met en évidence la nécessité de la notion de photon et donner les relations de Planck-Einstein.

10) ChMQ1 : Dualité onde-particule pour la matière : Décrire une expérience (fentes d'Young) mettant en évidence le comportement ondulatoire de la matière et donner la relation de De Broglie. Pour une particule matérielle, présenter le critère distinguant les cas où les effets quantiques se manifestent et où ils sont négligeables.

11) ChMQ1 : Notion de fonction d'onde : définition, interprétation probabiliste, propriétés de la fonction d'onde et interprétation probabiliste des interférences de matière avec les fentes d'Young.

12) ChMQ1 : Enoncer l'inégalité de Heisenberg spatiale et donner une interprétation quantique au phénomène de diffraction des ondes lumineuses par une fente.

13) ChMQ1 : Décrire le modèle semi-classique de Bohr. Exploiter l'hypothèse de quantification du moment cinétique orbital : $\left\|\overrightarrow{L_O}(M)\right\| = n\hbar$ pour obtenir l'expression des niveaux d'énergie de l'électron de l'atome d'Hydrogène $E_n = \frac{-E_0}{n^2}$. En déduire que ce modèle permet d'interpréter le spectre d'émission de l'Hydrogène : raies de longueur d'onde telle que $\frac{1}{\lambda} = R_H.\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2}\right)$ avec $(n, p) \in \mathbb{N}^{*2}$. Citer les limites de ce modèle.

MP2I (liste non exhaustive de QC)

14) Onde stationnaire : expression générale et cas particulier des ondes stationnaires sinusoïdales. Définir nœuds et ventres de vibration. Exprimer la distance séparant 2 nœuds (ou 2 ventres) consécutifs.

15) Définir « force **centrale** » et donner des exemples. Soit un point M soumis à une force centrale, montrer que le moment cinétique est conservé. Donner les deux conséquences de la conservation du moment cinétique.

16) Enoncer les lois de Kepler et les adapter pour l'étude d'un satellite planétaire.

17) Mouvement circulaire d'un point M soumis à l'interaction gravitationnelle exercée par un point O. Prouver que le mouvement est uniforme et établir l'expression de la vitesse. Prouver la 3^{e} loi de Kepler. Etablir la relation entre l'énergie mécanique et le rayon de la trajectoire.

(*) au choix du colleur