

- 1) Thermochimie en cours et en exercices y compris déplacements d'équilibres. Note : la variance n'est plus au programme.
- 2) Ondes électromagnétiques dans le vide. Réflexion sur un métal parfait. Cavité électromagnétique. Cours et exercices.
- 3) Electromagnétisme dans les métaux, les plasmas. Coefficients de réflexion et de transmission en amplitude et en énergie.
- 4) Vitesse de phase et vitesse de groupe.

LOIS DU DÉPLACEMENT DES ÉQUILIBRES CHIMIQUES

- Facteurs d'équilibre.
- Déplacement d'équilibres : loi de Van't Hoff, loi de Le Châtelier, ajout d'un constituant actif ou non.

ÉLECTROMAGNÉTISME DANS LES MÉTAUX ET LES PLASMAS

I. Électromagnétisme dans un conducteur

- Conducteur ohmique. Loi d'Ohm locale.
- Équation différentielle temporelle vérifiée par la densité volumique de charge électrique (équation de relaxation). Conséquence : nullité de ρ .
- Comparaison courant de déplacement / courant de conduction. Équation de Maxwell - Ampère modifiée.
- Équations de diffusion pour \vec{E} et \vec{B} .
- Résolution dans un cas particulier sinusoïdal : effet de peau. Longueur de peau δ . Absorption de l'onde.
- Vecteur d'onde complexe : pseudo-OPPS. Propagation et atténuation. Règles de calcul avec les pseudo-OPPS.

II. Électromagnétisme dans un plasma

- Définition d'un plasma.
- Modèle : force magnétique négligeable, interactions entre particules du plasma négligeables. Expression des vitesses des électrons et des ions, densité de courant complexes, conductivité complexe $\underline{\gamma}$.
- Relation entre \underline{k} et ω . Discussion : propagation sans atténuation si $\omega > \omega_p$. Onde évanescence si $\omega < \omega_p$.

III. Vitesses de phase et de groupe

- Superposition d'OPPS : paquet d'onde. Paquets d'onde gaussien et rectangulaire.
- Vitesse de groupe : $v_g = \frac{d\omega}{dk}$

IV. Coefficients de réflexion et de transmission

- Coefficients de réflexion et de transmission en amplitude.
- Exemple de la réflexion d'une onde sur un métal réel.
- Coefficients de réflexion et de transmission en énergie.

QUESTIONS DE COURS

1. Déplacements d'équilibres chimiques : énoncer les lois de Van't Hoff et de Le Châtelier.
2. Définir un métal parfait et en donner les propriétés électromagnétiques en les justifiant.
3. Une OPPS incidente \vec{E}_i polarisée rectilignement arrivant de $-\infty$ sur un plan métallique parfait situé en $x = 0$, déterminer le champ électrique \vec{E}_r de l'onde réfléchie. Déterminer les champs magnétiques \vec{B}_i et \vec{B}_r , puis les champs résultants \vec{E} et \vec{B} .

4. Établir l'équation différentielle temporelle d'évolution de la densité volumique de charges dans un métal ohmique. Solution, constante de temps et conséquences.
5. Justifier la simplification de l'équation de Maxwell - Ampère dans un milieu conducteur ohmique. Établir les équations de diffusion pour \vec{E} et \vec{B} .
6. Établir la solution $\vec{E}(x, t) = \text{Re}[f(x) \exp(-i\omega t) \vec{u}_y]$ du champ électrique dans un métal réel occupant le demi espace $x > 0$ et vérifiant $\vec{E}(0, t) = E_m \cos(\omega t) \vec{u}_y$ en $x = 0$.
7. Définir un plasma et établir la relation constitutive reliant \vec{j} (en précisant toutes les hypothèses de travail) et \vec{E} (en notation complexe et en régime sinusoïdal forcé) avec toutes les hypothèses. En déduire l'expression de la conductivité complexe $\underline{\gamma}$.
8. Connaissant la relation $\vec{j} = \underline{\gamma} \vec{E}$ et l'expression de $\underline{\gamma}$ (donnée), établir la relation de dispersion reliant \underline{k} et ω dans le plasma. Expression de la pulsation de plasma ω_p .
9. Définir les vitesses de phase et de groupe. Expliquer la signification de la vitesse de phase et de la vitesse de groupe. Exemples dans un plasma et dans le vide.