MP&I 2026 / 2027

Planning des colles de physique-chimie

Chaque programme s'obtient en ajoutant au programme de la semaine indiquée celui de la semaine précédente. *Au premier semestre , une question de cours sera systématiquement posée.* Si le cours n'est pas su, mettre une note inférieure à 08 /20.

A partir de janvier, des questions de cours seront posées à l'occasion des exercices ou en tant que telles.
NOUVEAU : A l'issue de la colle, le colleur donne un énoncé écrit à l'étudiant afin que ce dernier fasse un compte-rendu de colle pour le lundi suivant dans son « cahier de colles » .

SC7 Q1 du 9 au 13 novembre	**Équations de Maxwell** ----Principe de la conservation de la charge : formulation locale --- Équations de Maxwell: formulations locale et intégrale. Cohérence des équations de Maxwell entre elles. --- Compléments: incompatibilité Maxwell-Newton. ---- Equations de propagation (de d'Alembert) des champs E et B dans le "vrai" vide ----Compléments Hors.Prog: propagation du potentiel scalaire V et potentiel vecteur A, jauges de Lorentz et de Coulomb ----- Approximation des régimes quasi-permanents ------Cas des champs statiques : équations locales. Équation de Poisson et équation de Laplace de l'électrostatique ----- **Énergie électromagnétique: bloc 4.4.Energie du champ bélectromagnétique)** densité volumique d'énergie et vecteur de Poynting. Puissance cédée par le champ électromagnétique aux charges (forme locale de la loi de Joule). Savoir calculer L, C avec champs E ou B donnés	E 1à E 7	

SC 8-Q2 MPI du 17 au 21 novembre	------ Révisions (individuelles) d'optique géométrique de MP2I ------ Généralités sur les ondes - qualificatifs reliés aux notations mathématiques: plane, plane stationnaire, plane progressive sans ou avec attenuation , plane progressive monochromatique, polarisée rectilignement, longitudinale ou transverse - savoir passer de Re(E) à Re (B) grâce aux équations de M.F et M.A - notations complexes pour oppm (vecteur d'onde a priori complexe k qui sera determiné par l'équation de dispersion) Voir ProgELM pour le coté officiel **bloc 4.5 Propagation et rayonnement.** ------ Équations de propagation du champ électromagnétique. Cas particulier du "vrai" vide : équation de d'Alembert, « équivalence » des solutions mathématiques possibles (oplane stationnaire, oplane progressive, oplane progressive monochromatique toutes supposées polarisées rectilignement pour simplifier les calculs)	E 13 E 20

	------ Détermination de B(M,t) à partir de E(M,t) (et inversement) , du vecteur de Poynting et de la densité volumique d'énergie électromagnétique uniquement en notation REELLE… ------ Notions sur les États de polarisation d'une o.p.p.m. (tp lu 23 novembre)	

SC 9-Q1 MP du 23 au 28 novembre	------ Révisions (individuelles) d'optique géométrique de MPSI ------ Structure de l'onde plane progressive (non nécessairement monochromatique) ou d'une o.p.p.m dans le vide (ou non) ------ Détermination de B(M,t) à partir de E(M,t) (en utilisant ou non la relation de structure) , du vecteur de Poynting et de la densité volumique d'énergie électromagnétique uniquement en notation REELLE… Non « officiel »: Obtention et Interprétation d'une équation de dispersion quelconque (à partir des données densité volumique de charges =0 , j = gamma. E par exemple) ------Définitions de Vphase, Vgroupe, V énergie elm, notion d'indice (réel) d'un milieu Exemples traités: vide, milieu ohmique (metal uniquement) en régime lentement variable ------ Superposition de 2 ondes (champs E1 et E2 donnés) : détermination de Etot, Btot, vecteur Pi tot - Savoir refaire : Superposition de 2 ondes oppm (E1,B1, k1) et (E2,B2, k2) de polarisations E parallèles se propageant dans le vide : détermination de Etot(M,t), Btot(M,t), Pi(M,t) et comparaison avec Pi1+Pi2 . définition de l'éclairement (ou intensité) ---- ? 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. ------- ??Modèle scalaire de la lumière : (bloc 3.1 : 2 colonnes à comprendre parfaitement) Définitions de chemin optique, surfaces d'onde , train d'onde, longueur du train d'onde (ou de cohérence) , éclairement (ou intensite). -------- ?????Théorème de Malus et utilisation pour calculer des d.d.m (différence de marche ou de chemin optique) Le but est de savoir calculer très vite une d.d.m et de discuter de la position des franges claires ou sombres (comme en sup) . La formule de Fresnel n'est pas au programme de cette semaine ----- ? Effet Doppler	E14 à E16

PROGRAMME OFFICIEL MP et MPI

Bloc 4.3 : Équations de Maxwell

Principe de la conservation de la charge : formulation locale.	Établir l'équation locale de la conservation de la charge en coordonnées cartésiennes dans le cas à une dimension.
Équations de Maxwell : formulations locale et intégrale.	Associer l'équation de Maxwell-Faraday à la loi de Faraday. Citer, utiliser et interpréter les équations de Maxwell sous forme intégrale. Associer qualitativement le couplage spatio-temporel entre champ électrique et champ magnétique au phénomène de propagation. Vérifier la cohérence des équations de Maxwell avec l'équation locale de la conservation de la charge.
Équations de propagation des champs dans une région vide de charges et de courants.	Établir les équations de propagation à partir des équations de Maxwell.
Cas des champs statiques : équations locales.	Établir les lois locales des champs statiques à partir des équations de Maxwell.
Équation de Poisson et équation de Laplace de l'électrostatique.	Établir les équations de Poisson et de Laplace de l'électrostatique. Exprimer par analogie les équations de Poisson et de Laplace dans le cas de la gravitation.

Dans la partie « **Énergie du champ électromagnétique** », aucun modèle relatif à la loi d'Ohm locale n'est exigible ; l'accent est mis sur les échanges d'énergie entre la matière et le champ électromagnétique, sur l'utilisation du flux du vecteur de Poynting pour évaluer une puissance rayonnée à travers une surface et sur les bilans d'énergie et de puissance.

Notions et contenus	Capacités exigibles
4.4. Énergie du champ électromagnétique	
Force électromagnétique volumique. Puissance volumique cédée par le champ électromagnétique aux porteurs de charge.	Établir et utiliser l'expression de la puissance volumique cédée par le champ électromagnétique aux porteurs de charge.
Loi d'Ohm locale ; puissance volumique dissipée par effet Joule.	Analyser les aspects énergétiques dans le cas particulier d'un milieu ohmique.
Énergie électromagnétique volumique. Vecteur de Poynting. Bilan d'énergie.	Citer des ordres de grandeur de flux énergétiques moyens (flux solaire, laser…). Utiliser le flux du vecteur de Poynting à travers une surface orientée pour évaluer la puissance rayonnée. Effectuer un bilan d'énergie sous forme locale et intégrale. Interpréter chaque terme de l'équation locale de Poynting, celle-ci étant fournie.

La partie « **Propagation et rayonnement** » est l'occasion d'illustrer l'efficacité du formalisme local des équations de Maxwell en insistant sur les aspects qualitatifs et sur la variété des applications qui en découlent.
Si le modèle de l'onde plane est présenté dans le cadre de l'espace vide, les études des ondes électromagnétiques dans un plasma ainsi que dans un milieu ohmique permettent d'illustrer l'importance des couplages entre les champs, les charges et les courants. Elles sont également l'occasion d'enrichir les compétences des étudiants sur les phénomènes de propagation en

© Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, 2021
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

abordant, par exemple, l'effet de peau, le phénomène de dispersion, les notions de vitesse de groupe et de phase, de fréquence de coupure ou encore d'onde évanescente.
La réflexion d'une onde électromagnétique sur un métal parfait permet d'aborder la notion d'onde stationnaire. L'importance des conditions aux limites imposées sur la quantification des solutions est soulignée. La notion de densité de courant surfacique est introduite mais le calcul de l'intensité à travers un segment ne relève pas du programme.
L'étude du rayonnement dipolaire repose sur l'analyse et l'exploitation des expressions des champs, qui sont admises. Elle est l'occasion d'étudier une modélisation du phénomène de diffusion d'une onde électromagnétique par un atome et d'en analyser les conséquences.

Notions et contenus	Capacités exigibles
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.**
Onde plane transverse électrique monochromatique dans un plasma dilué. Conductivité complexe du milieu. Pulsation de coupure. Ondes évanescentes.	Exprimer la conductivité complexe du milieu et établir la relation de dispersion. Décrire le phénomène de dispersion. Relier la fréquence de coupure aux caractéristiques du plasma et citer son ordre de grandeur dans le cas de l'ionosphère. Distinguer qualitativement les ondes évanescentes et les ondes progressives du point de vue du transport de l'énergie.
Vitesse de phase, vitesse de groupe. Propagation d'un paquet d'ondes dans un milieu linéaire faiblement dispersif.	Calculer la vitesse de groupe à partir de la relation de dispersion. Associer la vitesse de groupe à la propagation de l'enveloppe du paquet d'ondes.
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.

© Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, 2021
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr