

Programme de colles de physique Semaine du 11 au 15 décembre

Le champ électrostatique

Programme	Capacités exigibles
<p>Cas d'une charge ponctuelle : loi de Coulomb, champ électrique créé, potentiel électrostatique.</p> <p>Champs et potentiels créés par des distributions de charge : ensemble de charges ponctuelles, distributions volumiques, surfacique et linéique de charges.</p> <p>Les équations de Maxwell en électrostatique : circulation du champ électrique, différence de potentiel, théorème de Gauss.</p> <p>Propriétés topographiques. Lignes de champ : définition, propriétés. Équipotentielle : définition, propriétés.</p> <p>Exemples d'application du théorème de Gauss.</p> <p>Distribution à symétrie sphérique : détermination du champ électrostatique (par le théorème de Gauss) et du potentiel. Le champ créé à l'extérieur de la boule chargée est identique à celui d'une charge ponctuelle.</p> <p>Distribution à symétrie cylindrique : détermination du champ électrostatique par application du théorème de Gauss, détermination du potentiel.</p> <p>Plaque infinie : détermination du champ électrostatique (par le théorème de Gauss et l'équation de Maxwell-Gauss) et du potentiel. Cas particulier du plan infini chargé en surface.</p> <p>Modèle du condensateur plan : champ électrostatique et potentiel, capacité, densité volumique d'énergie.</p>	<p>Citer l'ordre de grandeur du champ créé par le noyau sur l'électron dans un atome d'hydrogène.</p> <p>Associer la circulation de \vec{E} au travail de la force $q\vec{E}$. Utiliser le théorème de Stokes. Associer les propriétés locales $\text{rot } \vec{E} = \vec{0}$ dans tout l'espace et $\vec{E} = -\text{grad } V$.</p> <p>Associer l'évolution de la norme de \vec{E} à l'évasement des tubes de champ loin des sources. Déduire les lignes équipotentielles d'une carte de champ électrostatique, et réciproquement. Évaluer le champ électrique à partir d'un réseau de lignes équipotentielles. Associer la relation $\vec{E} = -\text{grad } V$ au fait que les lignes de champ sont orthogonales aux surfaces équipotentielles et orientées dans le sens des potentiels décroissants.</p> <p>Choisir une surface adaptée et utiliser le théorème de Gauss.</p> <p>Exprimer l'énergie de constitution du noyau en construisant le noyau par adjonction progressive de charges apportées de l'infini. Relier les ordres de grandeur mis en jeu : rayons et énergies. Justifier la nécessité de l'interaction forte.</p> <p>Établir l'expression du champ créé.</p> <p>Établir l'expression du champ créé. Déterminer la capacité du condensateur. Citer l'ordre de grandeur du champ disruptif dans l'air. Associer l'énergie d'un condensateur apparue en électrocinétique à une densité volumique d'énergie.</p>

Application du théorème de Gauss au champ de gravitation : analogie avec le champ électrostatique. Application au champ de gravitation créé par une boule de masse volumique uniforme : le champ extérieur est identique à celui d'un point matériel, métré gravitationnel.

Mettre en évidence les analogies formelles entre les forces électrostatique et gravitationnelle pour en déduire l'analogie des propriétés des champs

Dipôle électrostatique

Programme

Définitions : dipôle, moment dipolaire.

Potentiel et champ créé par un dipôle dans l'approximation dipolaire : calcul du potentiel et du champ (expressions en coordonnées sphériques et expressions intrinsèques), équation des lignes de champ et des équipotentielles, carte du champ.

Actions subies par un dipôle rigide dans un champ électrique extérieur : résultante et moment dans un champ uniforme puis dans un champ non uniforme lentement variable, énergie potentielle d'interaction.

Interactions ion-molécule et molécule-molécule.

Dipôle induit : définition de la polarisabilité. *La détermination de la polarisabilité avec le modèle de Thomson n'est plus au programme.*

Capacités exigibles

Décrire les conditions de l'approximation dipolaire.

Établir l'expression du potentiel V . Comparer la décroissance avec la distance du champ et du potentiel dans le cas d'une charge ponctuelle et dans le cas d'un dipôle. Tracer l'allure des lignes de champ.

Prévoir qualitativement l'évolution d'un dipôle rigide dans un champ d'origine extérieure \vec{E} .

Expliquer qualitativement la solvatation des ions dans un solvant polaire.

Associer la polarisabilité et le volume de l'atome en ordre de grandeur.

Magnétostatique

Programme

Équations de Maxwell de la magnétostatique, conséquences sur le flux et sur la circulation, théorème d'Ampère.

Invariances et symétries du champ magnétique : les plans de symétrie des distributions de courant sont des plans d'antisymétrie de \vec{B} , et réciproquement.

Propriétés topographiques : définition des lignes de champ, différences entre les cartes de champ électrostatique et magnétostatique.

Exemples d'application du théorème d'Ampère : nappe de courant plane épaisse infinie, modèle limite du plan infini

Câble cylindrique infini à courant axial, modèle limite du fil infini.

Capacités exigibles

Associer l'évolution de la norme de \vec{B} à l'évaluation des tubes de champ.

Exploiter les propriétés de symétrie des sources (rotation, symétrie plane) pour prévoir des propriétés du champ créé.

Justifier qu'une carte de lignes de champs puisse ou non être celle d'un champ magnétostatique ; repérer d'éventuelles sources du champ et leur signe/sens.

Choisir un contour fermé et une surface et les orienter pour appliquer le théorème d'Ampère. Utiliser une méthode de superposition. Déterminer le champ créé par un câble rectiligne infini. Calculer et connaître le champ créé par un fil rectiligne infini.

Solénoïde infini (*On admet la nullité du champ extérieur*), inductance propre, densité volumique d'énergie magnétique.

Établir et citer l'expression du champ à l'intérieur d'un solénoïde long. Établir les expressions de l'inductance propre et de l'énergie d'une bobine modélisée par un solénoïde. Associer cette énergie à une densité d'énergie volumique.

Dipôle magnétostatique

Programme	Capacités exigibles
<p>Rappels de sup' : moment d'une boucle de courant plane, actions subies par un moment magnétique dans un champ magnétique uniforme et énergie potentielle.</p> <p>Comparaison des cartes de champ des dipôles électrostatique et magnétostatique, expression du champ magnétique du dipôle par analogie,</p> <p>Dipôles magnétiques atomiques : rapport gyromagnétique, magnéton de Bohr, aimants permanents.</p> <p>Actions subies par un moment magnétique dans un champ magnétique lentement variable et énergie potentielle. Précession de Larmor.</p> <p>Expérience de Stern et Gerlach : présentation de l'expérience, mouvement des atomes dans un modèle classique, mise en évidence de la quantification du moment magnétique</p>	<p>Relier le moment magnétique d'un atome d'hydrogène à son moment cinétique. Construire en ordre de grandeur le magnéton de Bohr par analyse dimensionnelle. Évaluer l'ordre de grandeur maximal du moment magnétique volumique d'un aimant permanent.</p> <p>Prévoir qualitativement l'évolution d'un dipôle rigide dans un champ magnétostatique d'origine extérieure.</p> <p>Décrire l'expérience de Stern et Gerlach et expliquer ses enjeux.</p>

Équations de Maxwell – Cours uniquement

Programme	Capacités exigibles
<p>Les équations de Maxwell dans le vide en régime variable</p> <p>Conséquences des équations de Maxwell : linéarité, cas du régime stationnaire, nouvelle expression du potentiel V (<i>cette relation est donnée pour la culture scientifique, le potentiel vecteur n'étant pas au programme</i>), équation de conservation de la charge, complément sur les symétries de (ρ, \vec{j}) et conséquences sur (\vec{E}, \vec{B}).</p> <p>Formes intégrales des équations de Maxwell : théorème de Gauss, théorème d'Ampère généralisé, conservation du flux de \vec{B}, loi de Faraday.</p>	<p>Utiliser les équations de Maxwell sous forme locale.</p> <p>Utiliser une méthode de superposition. Établir l'équation locale de conservation de la charge à partir des équations de Maxwell.</p> <p>Utiliser les équations de Maxwell sous forme intégrale. Faire le lien entre l'équation de Maxwell-Faraday et la loi de Faraday.</p>

Bilan énergétique : puissance transmise aux porteurs de charges, établissement de l'équation de Poynting à partir des équations de Maxwell, bilan énergétique, expression du vecteur de Poynting par identification. Exemple : fil infini conducteur en régime permanent.

L'approximation des régimes quasi-stationnaires : établissement de l'équation de propagation du champ, célérité de l'onde, ARQS (on néglige le délai de propagation), ARQS à dominante magnétique (les sources de \vec{E} sont négligeables devant les sources de \vec{B}), simplification de l'équation de conservation de la charge et de l'équation de Maxwell-Ampère par ordre de grandeur.

Effet de peau.

Utiliser les grandeurs énergétiques pour faire des bilans d'énergie électromagnétique.

Établir les équations de propagation des champs électrique et magnétique dans le vide. Expliquer le caractère non instantané des interactions électromagnétiques. Discuter l'approximation des régimes quasi stationnaires. Simplifier les équations de Maxwell et l'équation de conservation de la charge et utiliser les formes simplifiées. Étendre le domaine de validité des expressions des champs magnétiques obtenues en régime stationnaire.

TP

Goniomètre à réseau + diagramme de rayonnement d'un émetteur ultrason (1/2 classe).