

Questions de cours - Thème 5

1 Aspect macroscopique du champ électrostatique

- Donner les définitions et unités de la densité linéique de charge λ , de la densité surfacique de charge σ et de la densité volumique de charge ρ .
- Calculer la charge totale d'une boule de rayon a dont la densité volumique de charge est $\rho(r) = \rho_0 \times \left(1 - \frac{r^2}{a^2}\right)$.
- Rappeler la loi de Coulomb. Dans quel(s) cas la force électrique entre deux corps est-elle attractive ? répulsive ?
- Tracer les lignes de champ électrique pour une sphère chargée positivement et pour une sphère chargée négativement.
- Tracer les lignes de champ électrique pour un cylindre infini chargé positivement et pour un cylindre infini chargé négativement.
- Tracer les lignes de champ électrique pour un plan infini chargé positivement et pour un plan infini chargé négativement.
- Définir ce qu'est un plan de symétrie des charges. Que peut-on dire du champ électrique en un point de ce plan ?
- Définir ce qu'est un plan d'antisymétrie des charges. Que peut-on dire du champ électrique en un point de ce plan ?
- Rappeler l'expression du principe de Curie et expliquer en quoi il s'applique à l'étude du champ électrique.

2 Théorème de Gauss

- Donner l'expression du théorème de Gauss en explicitant chacune des grandeurs ainsi que leurs unités respectives.
- Déterminer en tout point de l'espace l'expression du champ électrostatique créé par une boule de rayon a et de densité volumique de charge ρ_0 uniforme.
- Déterminer en tout point de l'espace l'expression du champ électrostatique créé par un cylindre infini de rayon a et de densité surfacique de charge σ_0 uniforme.
- Déterminer en tout point de l'espace l'expression du champ électrostatique créé par un plan infini de densité surfacique de charge σ_0 uniforme.

3 Tension et potentiel

- Donner la définition de la tension électrique U_{AB} entre deux points A et B . Après avoir rappelé en quoi consiste la conservation de la circulation du champ électrostatique, en déduire la loi d'additivité des tensions et la loi des mailles.
- Donner l'expression du gradient $\vec{\text{grad}} F$ d'un champ scalaire $F(x, y, z)$. Quelle est l'interprétation géométrique de $\vec{\text{grad}} F$?
- Donner le lien entre le potentiel électrique V et le champ électrique \vec{E} . Justifier qu'une tension peut être vue comme une différence de potentiels.
- Qu'est-ce qu'une équipotentielle ? À l'aide d'un schéma, expliciter le lien géométrique entre les lignes de champ électrique et ses équipotentielles.

4 Aspect local du champ électrostatique

- Donner l'expression de la divergence $\operatorname{div} \vec{A}$ d'un champ vectoriel $\vec{A}(x, y, z)$. Quelle est l'interprétation géométrique de $\operatorname{div} \vec{A}$?
- Rappeler l'équation de Maxwell-Gauss en explicitant chacun des termes ainsi que leurs unités respectives. Quelle est son interprétation physique ? À l'aide du théorème de Green-Ostrogradski, en déduire le théorème de Gauss.
- Donner l'expression du rotationnel $\operatorname{rot} \vec{A}$ d'un champ vectoriel $\vec{A}(x, y, z)$. Quelle est l'interprétation géométrique de $\operatorname{rot} \vec{A}$?
- Rappeler l'équation de Maxwell-Faraday de la statique en explicitant chacun des termes ainsi que leurs unités respectives. Quelle est son interprétation physique ?
- Qu'est-ce qu'un conducteur à l'équilibre électrostatique ? Citer et démontrer ses propriétés (valeur interne du champ électrostatique, valeur de la tension entre deux points quelconque du conducteur, localisation des charges).
- Énoncer le théorème de Coulomb ; représenter schématiquement ce théorème.

5 Condensateurs et capacité électrique

- Qu'est-ce qu'un condensateur plan ? Établir l'expression du champ électrique en son sein en négligeant les effets de bord. Après avoir rappelé la définition de la capacité d'un condensateur, en déduire son expression pour le condensateur plan. Quelle est son unité ?
- Soit un condensateur cylindrique de rayon interne a , de rayon externe $b > a$ et de longueur $L \gg b$. Établir l'expression du champ électrique en son sein, puis la capacité du condensateur cylindrique. En déduire sa capacité linéique.
- Donner le symbole d'un condensateur en électrocinétique, ainsi que le lien entre l'intensité i le parcourant et la tension u à ses bornes. Quels sont les ordres de grandeur des capacités de condensateurs utilisés en travaux pratiques ?
- Donner l'expression de l'énergie emmagasinée par un condensateur. En déduire l'expression de la densité volumique d'énergie électrique en prenant l'exemple du condensateur plan.

6 Conduction électrique

- Rappeler la définition de la densité volumique de courant. On explicitera chacun des termes ainsi que leurs unités. Que représente physiquement la densité volumique de courant ?
- Quelle est la définition de l'intensité du courant ? Quel lien peut-on établir par ailleurs entre l'intensité du courant et le débit de charges électriques ?
- Établir l'équation locale de conservation de la charge unidimensionnelle.
- Énoncer la loi d'Ohm locale, en explicitant chacun des termes ainsi que leurs unités respectives. Donner l'ordre de grandeur de conductivité électrique dans un métal.
- À partir de la loi d'Ohm locale, démontrer la loi d'Ohm intégrale $U = R \times i$. Donner l'expression de R en fonction de la conductivité électrique, de la section du conducteur (supposée uniforme) et de sa longueur.
- Donner l'expression de la puissance volumique cédée par des porteurs de charge à la matière environnante. Sous quelle forme l'énergie est-elle échangée ? Commenter le signe.