

L1/SMD - ELECTROMAGNETISME – S1

Jean-Marie.Malherbe@obspm.fr

1) Rappels ou compléments de mathématiques (en bleu)

produit scalaire (exemple : travail, puissance d'une force)

produit vectoriel (exemple : moment d'une force, moment cinétique)

produit mixte

Qu'est ce qu'un champ scalaire ? vectoriel ? (exemple : champs de pression, de vitesse du vent)

2) Champ électrique et champ magnétique

Définition du champ électrique et du champ magnétique par leur action sur une charge : la force de Lorentz

Travail et puissance de la force

Potentiel et relation avec le champ : $E = - \text{grad } V$ (au passage : l'opérateur gradient)

Energie de la charge (cinétique, potentielle)

Action : accélération/freinage par le champ électrique, déviation par le champ magnétique

Exemple/TD : éruption solaire, cyclotron (particules accélérées par E et guidées par B)

3) Electrostatique : les charges sources de champ électrique

Charges ponctuelles :

loi de Coulomb, potentiel électrique, orientation du champ, force entre 2 charges, énergie

potentielle de 2 charges

dipôle électrostatique : moment dipolaire, champ du dipôle à grande distance (sans démonstration),

allure des lignes de champ ; interaction ion-dipôle et force en $1/r^3$; moment dipolaire induit ;

interaction dipôle-dipôle et force de Van der Waals en $1/r^7$

Charges réparties :

Notion de flux d'un champ à travers une surface fermée

Théorème de Gauss (sans démonstration)

Application : sphère chargée en surface, champ sur la sphère, à l'intérieur, à l'extérieur

Extension du résultat précédent : théorème de Coulomb (sans démonstration)

Exemple ou TD : le pouvoir des pointes, la foudre et le paratonnerre

Condensateur plan : champ électrique, charge, capacité $C = \epsilon_0 S/l$ définie par $q = C U$, énergie électrique

Extension : densité d'énergie électrique $\frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$ (sans démonstration)

Exemple/TD : l'électrosphère ; le condensateur cumulonimbus-sol

Analogie électrostatique/gravitation :

Analogie et théorème de Gauss

4) Magnétostatique : les courants sources de champ magnétique

Intensité du courant et mouvement des électrons

Orientation du champ magnétique par rapport au courant (règle des 3 doigts, main droite)

Exemple : orientation du champ magnétique autour d'un fil rectiligne, sur l'axe d'une spire circulaire

Notion de circulation d'un champ sur un contour fermé

Théorème d'Ampère (sans démonstration)

Application : Champ magnétique dans un solénoïde, flux, inductance $L = \mu_0 N^2 S / l$ définie par $\Phi = L i$, énergie magnétique

Extension : densité d'énergie magnétique $\frac{1}{2} B^2 / \mu_0$ et pression magnétique (sans démonstration)

Exemple/TD : équilibre pression gazeuse/magnétique (taches solaires, confinement des machines à fusion, comparaison au confinement gravitationnel du cœur solaire)

Force de Laplace subie par un courant dans un champ magnétique

Exemple/TD : les protubérances solaires et la sustentation magnétique

Dipôle : moment magnétique, champ du dipôle à grande distance (sans démonstration), allure des lignes de champ, force subie par un dipôle dans un champ magnétique

Exemple : inversions du moment magnétique de la Terre et du Soleil

5) Circuit ohmique en régime permanent, résistance

Equation du mouvement des électrons et loi d'OHM, $U = R I$

Conductivité des métaux $\gamma = ne^2 \tau / m$ et résistance d'un conducteur $R = l / \gamma S$

Puissance Joule $P = R I^2$

6) Induction magnétique : le flux magnétique variable source de courant

Flux du champ magnétique à travers un circuit fermé

Loi de Faraday (fem $\mathcal{e} = - d\Phi / dt$ sans démonstration), courant induit $I = \mathcal{e} / R$

Equation d'énergie du circuit, puissance Joule, puissance des forces de Laplace ($-eI$)

Loi de Lenz et prévision du sens du courant induit

Exemple/TD : le sens du courant dans une spire plongée dans un champ variable

Exemple/TD : circuit fixe dans un champ magnétique variable, induction dans les lignes à haute tension par les éruptions solaires

TD : Circuit déformable dans un champ magnétique fixe, rails de Laplace et freinage par induction, bilan énergétique (conversion énergie cinétique/Joule)

Principe de l'alternateur à une bobine (courant monophasé) et à 3 bobines (courant triphasé)

TD : puissance instantanée en courant monophasé (fluctuante) et triphasé (non fluctuante)

Energie électrique produite en France et dans le monde par les centrales électriques ; répartition (nucléaire, fossile, renouvelable) ; énergie totale consommée par l'humanité, comparaison à l'énergie délivrée par le Soleil à la Terre

Principe du transformateur