

MOOC (ASTRO)PHYSIQUE I : ÉLECTROMAGNÉTISME

J.M. Malherbe *

Automne 2016

PLAN DU COURS

*LESIA, Observatoire de Paris, PSL Research University, CNRS, Université Pierre et Marie Curie, Université Denis Diderot, 92195 Meudon cedex, France

SEMAINE 1

Introduction (I)

I.I Présentation du cours et des enseignants

- Présentation du cours
- Plan du cours
- Présentation des enseignants

I.I Structure du cours et navigation

- Structure du cours
- Navigation
- Réalisation des exercices
- Vidéo
- Pages de la plateforme
- Forum - Discussion

Analyse vectorielle A (AV-A)

AV-A.0 Introduction

AV-A.I Champs et produits scalaires et vectoriels

- Champs scalaire et vectoriel, et produit scalaire
- Produit vectoriel
- Exemple de champs scalaires
- Exemples de champs vectoriels

AV-A.II Dérivées, différentielle, gradient et potentiel

- Dérivées partielles et différentielle
- Gradient
- Exemple de gradient
- Potentiel

SEMAINE 2

Électromagnétisme A (ELM A)

ELM-A.0 Introduction

ELM-A.I Force de Lorentz

- Force de Lorentz
- Orientation de la force magnétique

ELM-A.II Travail et puissance

Travail et puissance de la force de Lorentz
 Loi de conservation de l'énergie mécanique
 Application : Le canon à électrons

ELM-A.III Mouvement dans un champ électrique uniforme et constant

Équations horaires
 Exemple
 Application : Oscilloscope à écran cathodique
 Application : Expérience de Millikan

ELM-A.IV Mouvement dans un champ magnétique uniforme et constant

Vitesse de dérive et vitesse de giration
 Pulsation gyromagnétique et rayon de giration
 Application : Effet de miroirs magnétiques
 Application : Chambre à bulles
 Application : Cyclotron et synchrotron

SEMAINE 3

ELM-A.V Équations horaires du mouvement dans un champ magnétique uniforme et constant

Équations horaires
 Application : Guidage par un champ magnétique

ELM-A.VI Oscillateur harmonique dans un champ magnétique : effet Zeeman

Introduction
 Équations horaires du mouvement
 Écart de pulsations et mesure du champ magnétique à distance
 Exemple de mesure du champ magnétique à distance

ELM-A.VII Oscillateur harmonique excité par une onde électromagnétique

Effet d'une onde
 Section efficace d'interaction matière-rayonnement
 Application : Profil d'amortissement d'une raie en fréquence
 Application : Exploration du profil des raies
 Application : Exploration en altitude

SEMAINE 4

Analyse vectorielle B (AV B)

AV-B.0 Introduction

AV B.I Opérateurs

- Opérateur divergence
- Exemples d'opérateur gradient et divergence
- Opérateur rotationnel
- Exemple de rotationnel
- Opérateur Laplacien

AV-B.II Coordonnées

- Coordonnées cartésiennes
- Coordonnées cylindriques
- Coordonnées sphériques

AV-B.III Lignes de champs et lignes et surfaces équipotentielles

- Lignes de champs
- Lignes et surfaces equipotentielles
- Exemple

AV-B.IV Circulation et flux

- Circulation
- Flux à travers une surface fermée
- Flux à travers une surface ouverte

AV-B.V Théorèmes de Stokes et d'Ostrogradski

- Théorème de Stokes
- Théorème d'Ostrogradski
- Exemple d'utilisation du théorème d'Ostrogradski

SEMAINE 5

Électromagnétisme B (ELM B)

ELM-B.0 Introduction

- Introduction
- Historique

ELM B.I Équations de Maxwell locales et globales

- Les équations de Maxwell locales
- Relation champs-potentiels et équation de conservation de la charge
- Milieu conducteur et charge électrique
- Équations de Maxwell globales dans un milieu conducteur
- Comparaison équations locales - équations globales

SEMAINE 6

- ELM-B.II Ondes dans le vide, dans un diélectrique et dans un plasma
 - Équations de Maxwell et ondes électromagnétiques dans le vide
 - Équations de Maxwell dans le vide
 - Composantes électrique et magnétique de l'onde
 - Spectre des ondes électromagnétiques
 - Équations de Maxwell et ondes électromagnétiques dans un diélectrique, dans un plasma
 - Milieu LHI et solution OPPH
 - Paquet d'ondes
 - Exemples
 - Application : Ondes dans la couronne solaire

SEMAINE 7

- ELM-B.III(a) Régime stationnaire : l'électrostatique
 - Équations de Maxwell en régime stationnaire
 - Électrostatique
 - Champ et potentiel électrostatiques
 - Théorème de Gauss de l'électrostatique
 - Utilisation du théorème de Gauss
 - Analogie électrostatique/gravitation
 - Analogie
 - Théorème de Gauss de la gravitation

SEMAINE 8

- ELM-B.III(b) Régime stationnaire : la magnétostatique
 - Loi de Biot et Savart
 - Exemple : Les champs potentiels
 - Dipôle magnétique
 - Théorème d'Ampère de la magnétostatique
 - Application : Champ magnétique crée par un cylindre infini

SEMAINE 9

- ELM-B.IV Force de Laplace
 - Force de Laplace
 - Application : Protubérances solaires
 - Illustration vidéo : Les protubérances
- ELM-B.V Loi d'Ohm
 - Loi d'Ohm pour un milieu conducteur

ELM-B.VI Approximation des Régimes Quasi Stationnaires (ARQS)

ARQS et Loi des noeuds

Loi de Faraday

Exemple d'induction magnétique

Loi d'Ohm généralisée pour un circuit

Exemple : Induction dans un circuit fermé

SEMAINE 10

ELM-B.VII Équation de conservation de l'énergie électromagnétique

Vecteur de Poynting et conservation de l'énergie

Application : Plasma d'électrons mobiles

Application : Forme globale de l'équation de conservation de l'énergie électromagnétique

Application : Spire de courant dans un champ magnétique extérieur

Application : Transport de l'énergie par une onde en milieu LHI

Applications