

Examen 1h30

Exercice 1: A/ Questions de cours

1. Ecrire les formules pour la fréquence du plasma électronique et la fréquence du plasma ionique
2. Écrivez les équations de la longueur de Debye soit électronique ou ionique.
3. Donner le degré d'ionisation de plasma.

B/ Les densités et les températures de divers plasmas sont données dans le tableau ci-contre

Type de plasma	Densité n_0 [m^{-3}]	Température [eV]
Plasma interstellaire	10^7	10
Plasma ionosphérique	10^{12}	1
Décharge industriel	10^{19}	100

4. Calculez la longueur de Débye λ_D et la fréquence ω_p pour ces plasmas.

Données : $q_e = 1,6 \times 10^{-19} C$, $m_e = 9,109 \times 10^{-31} kg$, $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} C^2 m^{-1} J^{-1}$,
 $1J = 1 kg m^2 s^{-2}$, $K_B = 1.380 \times 10^{-23} J \cdot K^{-1}$, $1eV = 11604,52 K$

Exercice 2 :

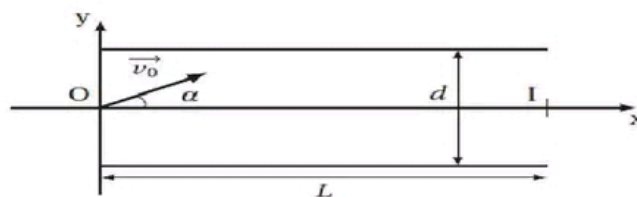
Considérons une charge positive q se déplaçant à vitesse \vec{V} dans un champ magnétique uniforme \vec{B} . Supposons que la force due au champ électrique est négligeable devant la force due au champ magnétique constant et imposé de l'extérieur. Le champ magnétique est dirigé suivant l'axe vertical oz tel que $\vec{B} = B \vec{k}$ et la vitesse de la particule est donnée par

$$\vec{V} = 2\vec{i} + 3\vec{j} + 4\vec{k}$$

- 1- Ecrire l'équation de Lorentz pour cette particule ;
- 2- Représentez graphiquement, le champ magnétique, la vitesse de la particule ainsi la force de Lorentz.

Exercice 3

Un électron ayant une vitesse initiale \vec{v}_0 faisant un angle α avec l'horizontale, pénètre en O dans une région de l'espace délimité par deux plaques horizontales de longueur L , séparées d'une distance d . Le champ électrique entre les plaques est $\vec{E} = E_0 \vec{u}_y$.



- Appliquons le principe fondamental de la dynamique à l'électron, trouver l'équation de trajectoire.

Correction d'examen physique des plasmas

Exercice 1 (8P)

A) Fréquence (pulsation) et longueur d'onde de Debye (électronique)

$$\omega_{pe} = \sqrt{\frac{n_e q_e^2}{\epsilon_0 m_e}} \quad (0,25)$$

$$\lambda_{De} = \sqrt{\frac{\epsilon_0 k_B T_e}{n_e q_e^2}} \quad (0,25)$$

B) Fréquence (pulsation) et longueur d'onde de Debye (ionique)

$$\omega_{pi} = \sqrt{\frac{n_i q_i^2}{\epsilon_0 m_i}} \quad (0,25)$$

$$\lambda_{Di} = \sqrt{\frac{\epsilon_0 k_B T_i}{n_i q_i^2}} \quad (0,25)$$

Le degré d'ionisation de plasma

$$\alpha_i = \frac{n_e}{n_e + n_0} \quad (0,25)$$

B/ λ_{D1} et ω_{p1} pour plasma interstellaire

$$\lambda_{D1} = 7,44 \text{ m} \quad (0,25)$$

$$\omega_{p1} = 1,76 \times 10^5 \text{ Hz} \quad (0,25)$$

λ_{D2} et ω_{p2} pour plasma ionosphère

$$\lambda_{D2} = 0,0074 \text{ m} \quad (0,25)$$

$$\omega_{p2} = 5,16 \times 10^4 \text{ Hz} \quad (0,25)$$

λ_{D3} et ω_{p3} pour plasma décharge industriel

$$\lambda_{D3} = 2,35 \times 10^{-5} \text{ m} \quad (0,25)$$

$$\omega_{p3} = 1,76 \times 10^{11} \text{ Hz} \quad (0,25)$$

Exercice 2 (3P)

1/ $\vec{B} = B \hat{k}$

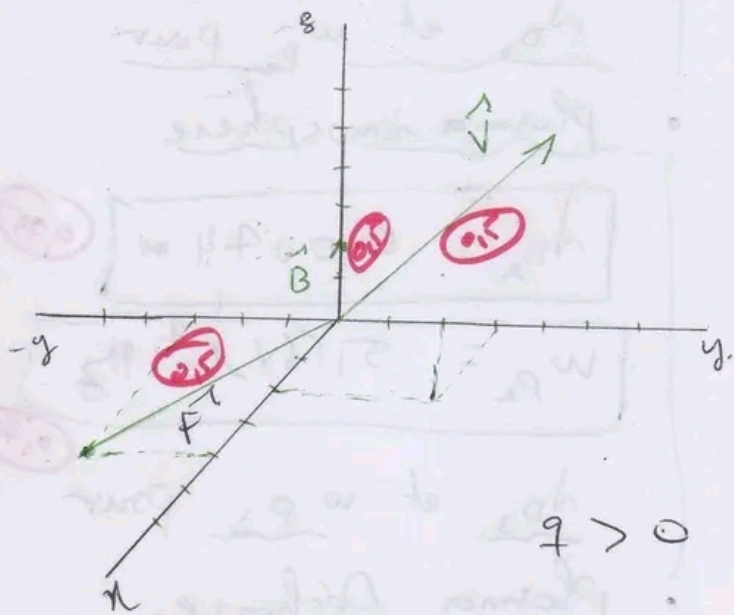
$$\vec{V} = 2\hat{i} + 3\hat{j} + 4\hat{k}$$

E est négligeable

Force de Lorentz dans ce cas est :

$$1) \vec{F} = q \vec{v} \wedge \vec{B} \quad (0,25)$$

2) Représentation des vecteurs.



$$\vec{F} = +q \begin{vmatrix} \vec{e}_1 & \vec{e}_2 & \vec{e}_3 \\ 2 & 3 & 1 \\ 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} \wedge \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ B & 0 \end{vmatrix} \quad (0,25)$$

$$\vec{F} = q(3B\vec{e}_1 - 2B\vec{e}_2)$$

Exercice 3 (9P)

Appliquons le principe fondamental de la dynamique à l'électron

$$m \vec{a} = -e E_0 \vec{u}_y \quad (0,25)$$

Le mouvement est uniformément accéléré avec :

$$\vec{a} = \frac{-e E_0 \vec{u}_y}{m} \quad (0,25)$$

projection sur (Oy)

puis intégrons en tenant compte des conditions initiales

$$y(0) = 0 \text{ et } \dot{y}(0) = v_0 \sin \alpha \quad (0,25)$$

$$\ddot{y} = \frac{-e E_0}{m} \Rightarrow \dot{y} = \frac{-e E_0}{m} t + v_0 \sin \alpha \quad (0,25)$$

$$\text{et } y = \frac{-e E_0}{2m} t^2 + v_0 t \sin \alpha \quad (0,25)$$

Projection sur (Ox) La même chose intégrons et tenons compte des conditions initiales

$$x(0) = 0 \text{ et } \dot{x}(0) = v_0 \cos \alpha \quad (0,25)$$

$$\ddot{x} = 0 \Rightarrow \dot{x} = v_0 \cos \alpha \text{ et } x = v_0 t \cos \alpha \quad (0,25)$$

Donc on a :

$$\begin{cases} x = v_0 t \cos \alpha \\ y = \frac{-e E_0}{2m} t^2 + v_0 t \sin \alpha \end{cases}$$

L'équation de trajectoire est une parabole

$$y = \frac{-e E_0 x^2}{2m v_0^2 \cos^2 \alpha} + x \tan \alpha \quad (1)$$