

Chapitre 16 : Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique ou magnétique

I) Force de Lorentz

Force électrique, force magnétique

Puissance, action, ordre de grandeur sur un électron, comparaison avec le poids

$$\mathcal{P}(\vec{F}_m) = 0$$

$$\vec{F}_e = q\vec{E} ; \vec{F}_m = q\vec{v} \wedge \vec{B} \perp \vec{v}$$

$$mg \ll |F_e| \text{ et } |F_m|$$

II) Mouvement dans un champ électrique uniforme permanent

II.1) Equation du mouvement

parabole (ou rectiligne si $\vec{v}_0 \parallel \vec{E}$)

II.2) Aspect énergétique

$$\vec{F} = q\vec{E} = -q \text{grad } E_p \text{ avec } E_p = qV$$

$$\vec{E} = -q \text{grad } V \text{ orienté vers les potentiels décroissants}$$

Théorème de l'E_c $\Delta E_c = W(\vec{F}_e) = -\Delta E_p = -\Delta(qV) = qU$ (où $U = -\Delta V$)

Production d'un champ électrique uniforme

$$\vec{E} = -\frac{\Delta V}{\Delta x} \vec{u}_x = -\frac{U}{d} \vec{u}_x$$

II.3) Exercice : électron dévié entre les plaques d'un oscilloscope

III) Mouvement dans un champ magnétique uniforme permanent

III.1) Le mouvement est uniforme (dém)

$$\text{TEC : } \frac{dE_c}{dt} = \mathcal{P}(\vec{F}_m) = (q\vec{v} \wedge \vec{B}) \cdot \vec{v} = 0 \Rightarrow E_c = \text{cte} \Rightarrow \boxed{v = \text{cte}}$$

III.2) Etude de la trajectoire dans le cas où $\vec{v}_0 \perp \vec{B}$

a) Observations

mvt circulaire uniforme

b) Calcul du rayon R et de la vitesse angulaire ω_c (pulsation cyclotron) (dém)

$$m\vec{a} = q\vec{v} \wedge \vec{B} \perp \vec{B} = B\vec{u}_y \xrightarrow{\text{mvt plan}} \text{sur } \vec{e}_N : m\frac{v^2}{R} = |q|vB$$

$$\text{repère de Frenet : } \vec{a} = \frac{v^2}{R} \vec{e}_N \quad \text{d'où } \boxed{R = \frac{mv}{|q|B}} = \text{cte (cercle)}$$

$$\text{et } v = R\omega_c \rightarrow \boxed{\omega_c = \frac{v}{R} = \frac{|q|B}{m}}$$

III.3) Exercice : étude de la trajectoire dans le cas où $\vec{v}_0$ et $\vec{B}$ non $\perp$

$$R = \frac{mv_{0\perp}}{|q|B}$$

$\vec{B} \uparrow$  mvt hélicoïdal

IV) Applications

IV.1) Spectromètre de masse

IV.2) Cyclotron

} accélération sous $\vec{E}$ ($\Delta E_c = qU$)
déviations sous $\vec{B}$

V) Exercices : effet d'un frottement

1) q dans $\vec{E}$ et $\vec{F}_f = -k_1\vec{v}$

Donner $\vec{v}(t)$

$$m\frac{d\vec{v}}{dt} = q\vec{E} - k_1\vec{v} \rightarrow \vec{v}(t) = \frac{q\vec{E}}{k_1} + \vec{A}e^{-t/\tau} \rightarrow \vec{v}_{\text{lim}} = \frac{q\vec{E}}{k_1}$$

2) q dans $\vec{B}$ et $\vec{F}_f = -k_1\vec{v}$

a) trouver $v(t)$

$$\text{TEC} \rightarrow v(t) = v_0 e^{-t/\tau} \xrightarrow{t \rightarrow \infty} 0$$

b) trouver la position finale, décrire le mouvement.

Projeter TAM sur $\vec{x}$ et $\vec{y}$ et intégrer 1 fois entre $t=0$ et $t=+\infty$.