Cours

Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique ou un champ magnétique Résumé

Sciences-physiques MPSI$_3$

I La force de Lorentz

Une particule chargée de charge q placée dans un champ électrique $\overrightarrow{E}$ et un champ magnétique $\overrightarrow{B}$ subit une force :

$$\overrightarrow{F} = q(\overrightarrow{E} + \overrightarrow{v} \wedge \overrightarrow{B}).$$

La composante magnétique de la force a une puissance nulle, cette composante ne peut donc servir qu'à dévier la particule chargée.

La composante électrique de la force peut-elle servir à dévier et à accélérer une particule chargée.

II Mouvement dans un champ électrique seul

II.1 Accélération d'une particule

Dans le cas où la vitesse initiale $\overrightarrow{v}_0$ est colinéaire à $\overrightarrow{E}$, il faut utiliser le théorème de l'énergie cinétique :

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = qU.$$

Avec $E = U/d$ où d représente la distance entre les deux points où s'applique la différence de potentiel U.

II.2 Déviation d'une particule

Dans le cas général le PFD donne $m\overrightarrow{a} = q\overrightarrow{E}$ et $\overrightarrow{a} = \overrightarrow{E}/m$. C'est donc un mouvement à accélération constante, par conséquent la trajectoire de la particule est parabolique comme dans le cas de la chute libre dans le champ de pesanteur terrestre..

III Mouvement dans un champ magnétique seul

III.1 Cas où la vitesse initiale est perpendiculaire au champ magnétique

L'application du PFD donne un système d'équations différentielles couplées :

$$\begin{cases} \dot{v}_x = \frac{qB}{m} v_y \\ \dot{v}_y = -\frac{qB}{m} v_x \\ \dot{v}_z = 0 \end{cases}$$

Si $\vec{B} = B\vec{u}_z$. L'utilisation de la variable $u = \dot{x} + \imath\dot{y}$ permet d'obtenir une seule équation différentielle :

$$\dot{u} = -\imath \frac{qB}{m} u.$$

La résolution donne une trajectroire circulaire de rayon $R = \dfrac{mv_0}{|q|B}$ et de pulsation $\omega = \dfrac{|q|B}{m}$

III.2 Cas général

On ajoute à la solution précédente un mouvement uniforme selon l'axe Oz, c'est donc une trajectoire hélicoïdale.