Movimento de partículas.

Francisco Alberto Marcus

(albertus@if.usp.br)

Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Livro

Esta apresentação é a primeira de uma série do Grupo de Estudos Plasmáticos.

Baseada no capítulo 2 do livro:

INTRODUCTION TO
PLASMA PHYSICS AND
CONTROLLED FUSION
Vol. 1: Plasmas Physics

2ª edição (1984), de Francis F. Chen

Resumo da Apresentação

- Campos $\vec{E}$ e $\vec{B}$ uniformes.

- $\vec{E}=\vec{0}$

- E finito e constante

- Campo Gravitacional

- Campo Magnético não uniforme.

- Deriva pelo $\nabla\vec{B}$

- Deriva por curvatura de $\vec{B}$

Deriva por curvatura de $\vec{B}$.

Assumimos inicialmente, que as linhas de campo magnético tem curvatura constante com raio $\vec{R}_c$, figura 7.
A deriva do centro de guia aparece devido à força centrífuga resultante do movimento das partículas ao longo das linhas de campo curvas.

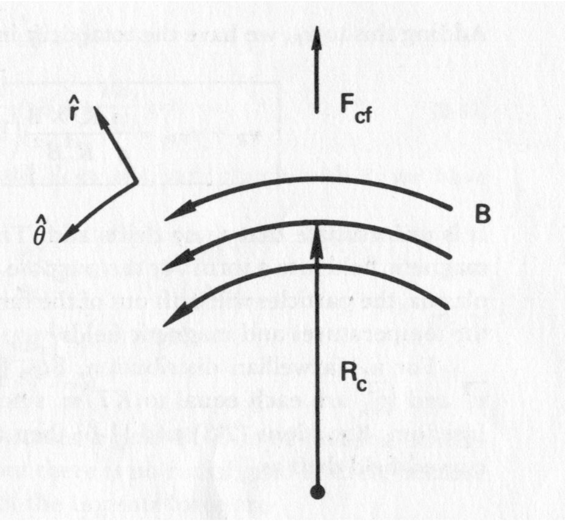

Figura 1: Campo magnético de curvatura constante.

Deriva por curvatura de $\vec{B}$.

Se $v_\parallel^2$ o quadrado da componente randômica da velocidade ao longo de $\vec{B}$, a força centrifuga média é dada por:

$$\vec{F}_c = \frac{mv_\parallel^2}{\vec{R}_c}\hat{r} = mv_\parallel^2 \frac{\vec{R}_c}{R_c^2} \tag{1}$$

De acordo com a eq.16,

$$\vec{v}_R = \frac{1}{q}\frac{\vec{F}_c \times \vec{B}}{B^2} = \frac{mv_\parallel^2}{qB^2}\frac{\vec{R}_c \times \vec{B}}{R_c^2} \tag{2}$$

$\vec{v}_R$ é chamado de deriva por curvatura.

Deriva por curvatura de $\vec{B}$.

Calculemos o gradiente de B devido à variação de $\mid B \mid$ quando levamos em conta o raio.
No vácuo $\nabla \times \vec{B} = \vec{0}$.
Em coordenadas cilíndricas $\nabla \times \vec{B}$ tem apenas a componente z, desde que $\vec{B}$ tem apenas a componente θ e $\nabla\vec{B}$ apenas a r.
Temos então,

$$\left(\nabla \times \vec{B}\right)_z = \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(rB_\theta\right) = 0 \quad B_\theta \propto \frac{1}{r} \tag{3}$$

Deriva por curvatura de $\vec{B}$.

Portanto

$$|B| \propto \frac{1}{R_c} \qquad \frac{\nabla |B|}{|B|} = -\frac{\vec{R}_c}{R_c^2} \tag{4}$$

Usando a equação (23) montamos

$$\vec{v}_{\nabla B} = \mp \frac{1}{2} \frac{v_\perp r_L}{B^2} \vec{B} \times |B| \frac{\vec{R}_c}{R_c^2} = \pm \frac{1}{2} \frac{v_\perp^2}{\omega_c} \frac{\vec{R}_c \times \vec{B}}{R_c^2 B} = \frac{1}{2} \frac{m}{q} v_\perp^2 \frac{\vec{R}_c \times \vec{B}}{R_c^2 B} \tag{5}$$

Deriva por curvatura de $\vec{B}$.

Adicionando este resultado a $\vec{v}_R$, temos que a deriva total resultante do campo magnético curvo é

$$\vec{v}_R + \vec{v}_{\nabla B} = \frac{m}{q}\frac{\vec{R}_c \times \vec{B}}{R_c^2 B}\left(v_\parallel^2 + \frac{1}{2}v_\perp^2\right) \tag{6}$$

Isto significa que curvar o campo magnético para confinar o plasma, causa a deriva das partículas na direção radial.