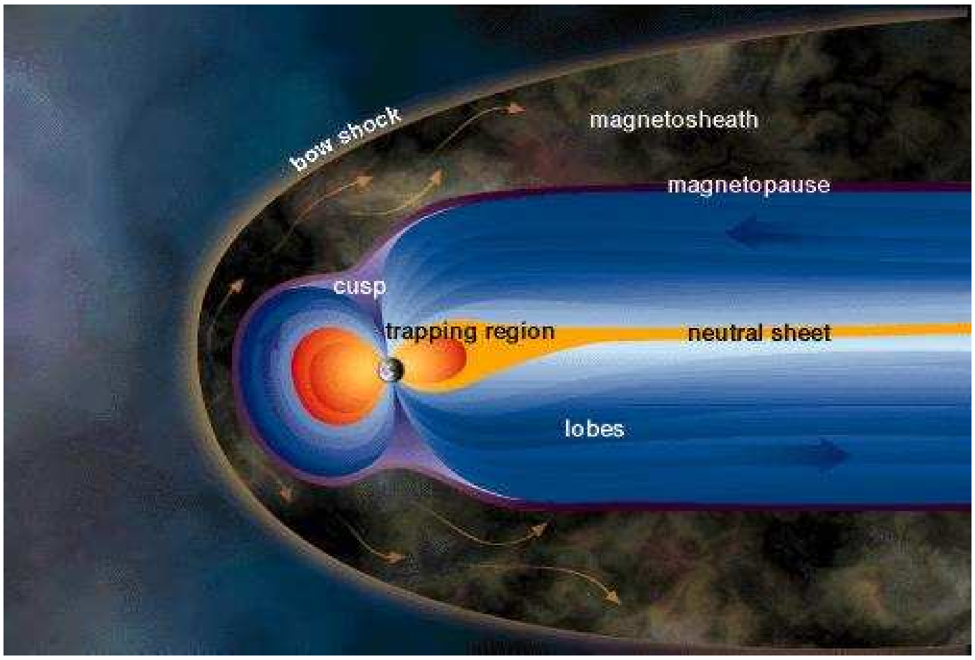
Simulări cu particule-test în distribuții neadiabatice ale câmpului magnetic: aplicații pentru fizica magnetosferei terestre

Marius M. Echim, A. Blăgău, H. Comişel, O. Marghitu, D. Constantinescu
Institutul de Științe Spațiale, București, România



http://venus.nipne.ro/members/echim/uni3.html

OBIECTIVE :

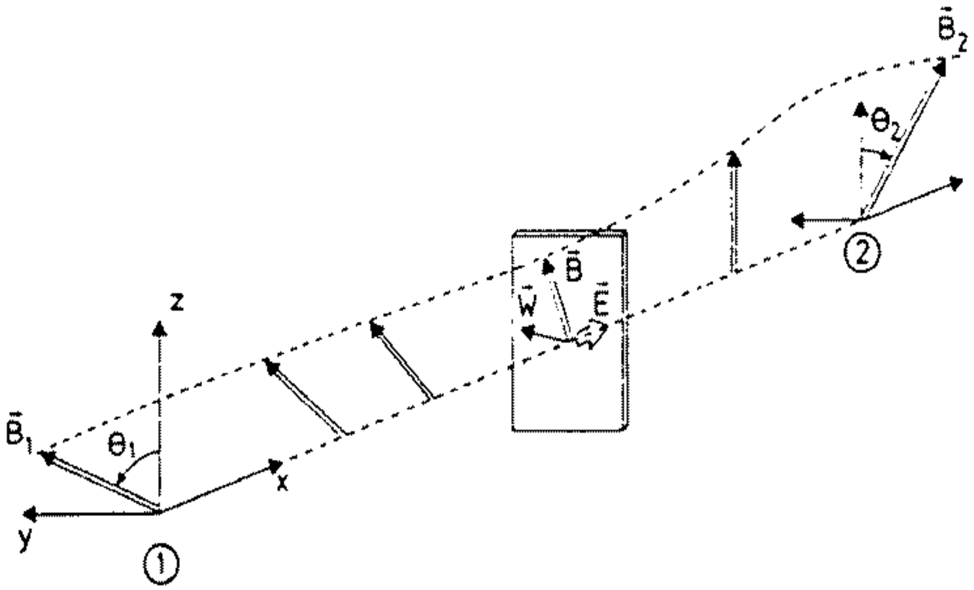
- Integrarea numerică a ecuației Newton-Lorentz, pentru electroni și ioni;

- Vizualizarea orbitelor și a evoluției temporale pentru parametrii de interes;

- Integrarea numerică a orbitelor aproximative (MHD ideală si drift de ordinul I) în distribuții de câmp electromagnetic specifice magnetopauzei aproximată ca o discontinuitate tangențiala;

- Testarea distribuțiilor alternative: câmp electric specific unei neomogenități din plasma vîntului solar în convecție uniformă înspre magnetopauză; compararea orbitelor ionilor și electronilor și studiul efectelor introduse de raza Larmor finită.

Distribuția câmpului magnetic:



1D:

$$\boldsymbol{B}(x) = \frac{\boldsymbol{B}_1}{2} erfc\left(\frac{x}{L}\right) + \frac{\boldsymbol{B}_2}{2}\left[2 - erfc\left(\frac{x}{L}\right)\right] \quad (1)$$

3D:

$$\boldsymbol{B}(\boldsymbol{r}_{MP}) = \frac{\boldsymbol{B}_1}{2} erfc\left(\frac{\boldsymbol{r}_{MP}}{L}\right) + \frac{\boldsymbol{B}_2}{2}\left[2 - erfc\left(\frac{\boldsymbol{r}_{MP}}{L}\right)\right] \quad (2)$$

cu

$$r_{MP} = r_0 \left(\frac{2}{1+\cos\theta}\right)^{\alpha} \quad (3)$$

Distribuția câmpului electric:

- componenta perpendiculară: câmp electric de (auto)polarizare în masa plasmei, datorat driftului diferențial al electronilor și ionilor constituenți (*Schmidt, 1960; Lemaire, 1985*)

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\boldsymbol{E}\times\boldsymbol{B}}{B^2}\right)+\frac{\overline{\mu^+}+\overline{\mu^-}}{m^+}\boldsymbol{\nabla}\,|\boldsymbol{B}|\cong 0 \qquad (4)$$

Cazul A: câmp uniform (favorabil reconexiunii magnetice)
Cazul B: câmp neuniform care conservă driftul de ordin zero

$$\boldsymbol{U}_E=\frac{\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r})\times\boldsymbol{B}(\boldsymbol{r})}{B^2}=c^{st}$$

Cazul C: câmp neuniform care conservă momentul magnetic

$$\mu=\frac{m|\boldsymbol{v}-\boldsymbol{w}_{gc}|_{\perp}^2}{2B}$$

- componenta paralelă: straturi duble de natură electrostatică produse de variațiile longitudinale ale paramentrilor macro ai plasmei (stratificare în viteze, inomogenități ale densității și/sau temperaturii la interfața de discontinuitate (*Block, 1972; Lemaire and Scherer, 1978; Raadu, 1988; Carlqvist, 1995*)

Ecuații și aproximații

Ecuația de mișcare pentru particula încărcată:

$$\frac{d^2\boldsymbol{r}}{dt^2} = \frac{q}{m}\left[\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r}) + \frac{d\boldsymbol{r}}{dt} \times \boldsymbol{B}(\boldsymbol{r})\right] \tag{5}$$

Ecuația de mișcare pentru centrul de ghidare:

în direcția perpendiculară:

$$\boldsymbol{v}_{gc,\perp} = \frac{\boldsymbol{E}\times\boldsymbol{B}}{B^2} + \frac{m{V_\perp}^2}{2qB^3}\boldsymbol{B}\times\boldsymbol{\nabla}(B) + \frac{m{v_\parallel}^2}{qB^5}\boldsymbol{B}\times(\boldsymbol{B}\cdot\boldsymbol{\nabla})\,\boldsymbol{B} + \frac{m}{qB^2}\boldsymbol{B}\times\frac{d}{dt}\left(\frac{\boldsymbol{E}\times\boldsymbol{B}}{B^2}\right) \tag{6}$$

respectiv în direcția paralelă:

$$\frac{dv_{gc,\parallel}}{dt} = \frac{q}{m}E_\parallel - \frac{\mu}{m}\frac{\partial B}{\partial s} + \boldsymbol{v}_E\cdot\left(\frac{\partial \boldsymbol{b}}{\partial t} + v_{gc,\parallel}\frac{\partial \boldsymbol{b}}{\partial s} + \boldsymbol{v}_E\cdot\boldsymbol{\nabla}\boldsymbol{b}\right) \tag{7}$$