

Capitolo 2 - Orbite di particelle cariche in campi magnetici

1 Moto delle particelle cariche nel campo magnetico terrestre

Si supponga che il campo magnetico della Terra abbia il valore $B = 3 \cdot 10^{-5} T$ all'equatore e diminuisca con la distanza dal centro della Terra come $1/r^3$, come per un dipolo magnetico. Ci siano poi, sul piano equatoriale, una popolazione isotropa di protoni con energia di 1 eV e una di elettroni con energia di 30 keV, ciascuna di densità $n = 10^7 m^{-3}$, ad una distanza dal centro della Terra pari a 5 raggi terrestri. Immaginando di potere trascurare la deriva dovuta alla curvatura delle linee di campo magnetico, determinare

- Le velocità di deriva di ioni ed elettroni dovute al gradiente del campo magnetico.
- La deriva degli elettroni è verso est o verso ovest?
- Il tempo impiegato da un elettrone a fare il giro completo della Terra.
- La densità di corrente attorno all'equatore. Questa corrente è dominata dal contributo degli ioni o degli elettroni?

2 Orbite in una macchina a confinamento toroidale

Negli esperimenti per la fusione, il plasma è confinato prevalentemente da un campo magnetico toroidale. Il toro di ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) ha un raggio maggiore $R_0=6.2$ m e minore $a=2$ m (si veda la figura 1). Si assuma che il campo magnetico sia soltanto toroidale e che il suo modulo decresca con il raggio maggiore secondo la legge $B(R) = B_0 R_0/R$ con $B_0=5.3$ T. Si supponga inoltre che i protoni e gli elettroni del plasma abbiano tutti la stessa energia cinetica di 10 keV e che la velocità parallela al campo magnetico $v_{||}$ sia pressochè identica alla velocità ortogonale al campo magnetico v_{\perp} .

- Quali derive ci si aspetta ed in quali direzione le particelle si allontanano dalle linee di campo?
- Se le particelle partono dall'asse del toro, quanto tempo impiegano ad uscire dal plasma? E quanti giri attorno al toro compiono prima di venire perse a causa del moto di deriva?

Sulla base di questi risultati, è concepibile un dispositivo per la fusione a geometria toroidale e con campo magnetico puramente toroidale?

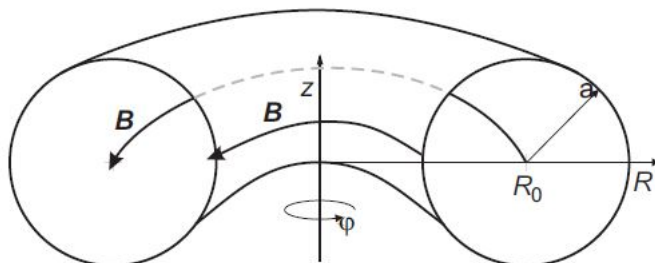


Figura 1: Rappresentazione schematica della geometria di un dispositivo a confinamento toroidale.

3 Specchio magnetico ed accelerazione di Fermi

Un protone di un raggio cosmico è intrappolato in uno specchio magnetico le cui estremità di avvicinano lentamente l'una all'altra (si veda la figura 2). Durante il moto il rapporto "di specchio" R_m tra il valore massimo B_{max} del campo magnetico e il valore al centro dello specchio B_0 si mantiene costante e pari a $R_m = B_{max}/B_0 = 5$. Inizialmente il protone ha energia cinetica $W = 1 \text{ keV}$ al centro dello specchio e uguali componenti della velocità parallela $v_{||}$ e perpendicolare v_{\perp} al campo magnetico.

- Ricordando la formula che definisce l'angolo di perdita per uno specchio magnetico, mostrare che il protone è inizialmente confinato nello specchio.
- Usando l'invarianza adiabatica del momento magnetico, determinare l'energia a cui il protone viene accelerato prima di lasciare lo specchio.

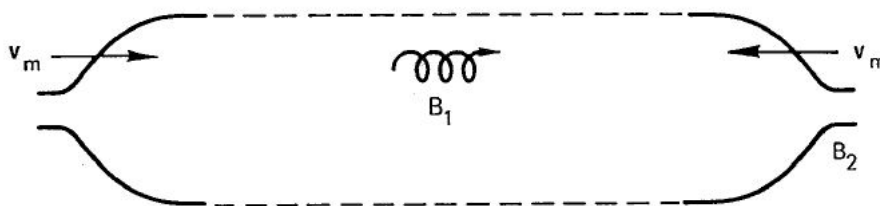


Figura 2: Schema di uno specchio magnetico in cui le estremità si avvicinano lentamente l'una all'altra.