

ELFUTÓ ELEKTRONOK ÉS FÜTYÜLŐ HULLÁMOK KÖLCSÖNHATÁSA TOKAMAK PLAZMÁKBAN

2011. október 14.
Kólmár Anna

Tartalom

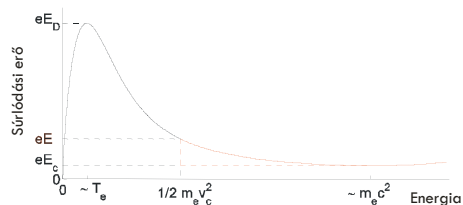
2/12

- Elfutó elektronok
- Az elektron-hullám kölcsönhatás elmélete
- Általános rezonancia feltétel
- Fütyülő és magnetoszonikus-fütyülő hullám
- Növekedési ráták diszrupciós és közel kritikus tér esetén

Elfutó elektronok és fütyülő hullámok kölcsönhatása tokamak plazmákban 2011.10.14.

Elfutó elektronok

3/12



- Diszrupciókban és fűrészfog-összeomlások (közel kritikus tér)
- Kölcsönhatás plazmahullámmal?

Elfutó elektronok és fütyülő hullámok kölcsönhatása tokamak plazmákban 2011.10.14.

Az elektron-hullám kölcsönhatás elmélete

4/12

$$\left(\varepsilon_{11} - \frac{k_{\parallel}^2 c^2}{\omega^2} \right) \cdot \left(\varepsilon_{22} - \frac{k^2 c^2}{\omega^2} \right) + \varepsilon_{12}^2 = 0 \quad \varepsilon = \underline{\underline{1}} + \underline{\underline{\chi}}^e + \underline{\underline{\chi}}^i$$

$$\left\{ \begin{aligned} &= \chi_{11}^r \left(\frac{k^2 c^2}{\omega^2} - \varepsilon_{22} \right) + \chi_{22}^r \left(\frac{k_{\parallel}^2 c^2}{\omega^2} - \varepsilon_{11} \right) - \\ &2\chi_{12}^r \cdot \varepsilon_{12} \end{aligned} \right.$$

→ $\delta\omega$ válasz → Növekedési ráta
Imaginárius rész

Elfutó elektronok és fütyülő hullámok kölcsönhatása tokamak plazmákban 2011.10.14.

Általános rezonanciafeltétel

5/12

- Elfutó elektron szuszceptibilitások: eloszlásfüggvény alapján, $\iiint$
- Megjelenik egy rezonancia: implicit!

$$p_{\text{par}} + \frac{n\omega_{ce} - \omega_0 \cdot \gamma(p_{\text{par}}, p_{\text{perp}})}{k_{\parallel} c} = 0$$

Ultrarelat. eset
 $\gamma \approx |p_{\text{par}}|$

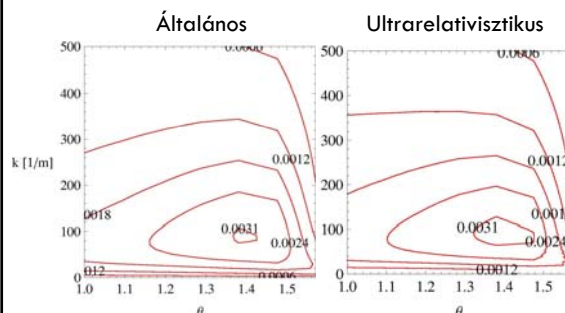
Általános eset

$$p_{\text{res}} = \frac{-k_{\parallel} c n \omega_{ce} \pm \omega_0 \sqrt{(k_{\parallel}^2 c^2 - \omega_0^2)(1 + p_{\text{perp}}^2) + (n^2 \omega_{ce}^2)}}{k_{\parallel}^2 c^2 - \omega_0^2}$$

Elfutó elektronok és fütyülő hullámok kölcsönhatása tokamak plazmákban 2011.10.14.

Általános és ultrarelativisztikus rezonanciafeltétel összehasonlítása

6/12

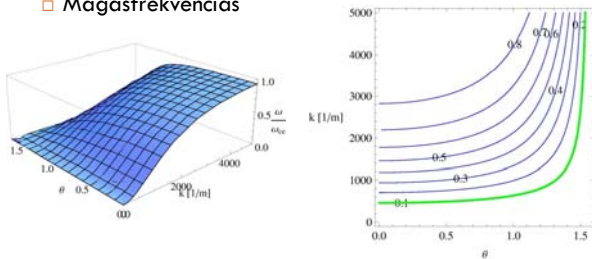


Elfutó elektronok és fütyülő hullámok kölcsönhatása tokamak plazmákban 2011.10.14.

Fütyülő hullám

7/12

- Alkalmazott közelítés: $\omega_{ci} \ll \omega \sim \omega_{ce}$
- Magasfrekvenciás

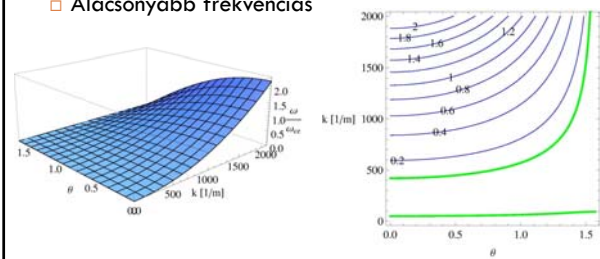


Elfutó elektronok és fütyülő hullámok kölcsönhatása tokamak plazmákban 2011.10.14.

Magnetoszonikus-fütyülő hullám

8/12

- Alkalmazott közelítés: $\omega_{ci} \ll \omega \ll \omega_{ce}$
- Alacsonyabb frekvenciás



Elfutó elektronok és fütyülő hullámok kölcsönhatása tokamak plazmákban 2011.10.14.

Mi indokolja a fütyülő hullám vizsgálatát?

9/12

- Rezonancia feltétel értelmes, ha: $p_{res} > 0$
- Ultrarelativistikus esetben ez:

$$p_{res} = \frac{-n\omega_{ce}}{k_{\parallel}c - \omega_0} \rightarrow k_{\parallel}c - \omega_0 > 0 \text{ és } n < 0 \text{ vagy } k_{\parallel}c - \omega_0 < 0 \text{ és } n > 0$$
- Relativisztikus esetben is vizsgálható:

$$k_{\parallel}c - \omega_0(k, \theta) > 0 \text{ és } n \leq 0$$

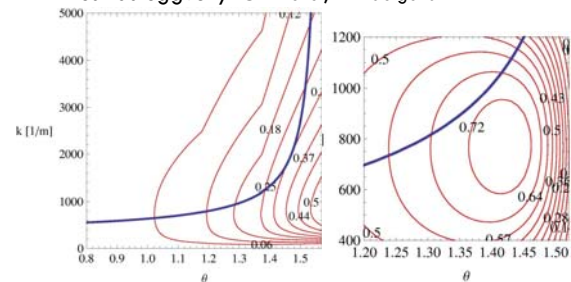
Fütyülő hullám

Elfutó elektronok és fütyülő hullámok kölcsönhatása tokamak plazmákban 2011.10.14.

Növekedési ráta diszrupciók esetén

10/12

- Eloszlásfüggvény: G. I. Pokol, PhD dolgozat

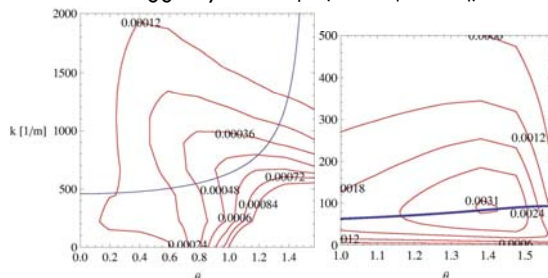


Elfutó elektronok és fütyülő hullámok kölcsönhatása tokamak plazmákban 2011.10.14.

Növekedési ráta közel kritikus tér esetén

11/12

- Eloszlásfüggvény: P. Sandquist, PoP 13(072108), 2006



Elfutó elektronok és fütyülő hullámok kölcsönhatása tokamak plazmákban 2011.10.14.

Összefoglalás

12/12

- Rezonanciafeltétel általános esetben (relativisztikus)
 - használható az ultrarelativistikus
- Fütyülő hullám vizsgálata elegendő
- A leginstabilabb hullám mindkét esetben:
 - magnetoszonikus-fütyülő hullám, merőleges terjedés
- Diszrupciós esetben: $k \approx 800$ 1/m hullámszámmal
- Közel kritikus térenél: $k \approx 100$ 1/m hullámszámmal

Elfutó elektronok és fütyülő hullámok kölcsönhatása tokamak plazmákban 2011.10.14.