

Fizyka rozbłysków słonecznych

- wykład nr X

skrót wybranych slajdów

Krzysztof Radziszewski

Instytut Astronomiczny, Uniwersytet Wrocławski

Przyczyny powstawania rozbłysków słonecznych

Niestabilność typu „rozrywania/pękania” i wyspy magnetyczne
(*Tearing-Mode Instability & Magnetic Island*)

W warstwach prądowych mogą pojawiać się **niestabilności opornościowe**, gdzie linie pola magnetycznego mogą przemieszczać się niezależnie od plazmy z powodu niezerowej oporności (przeciwnie do przypadku zerowej oporności i wmróżenia linii pola magnetycznego w plazmę).

W obszarach zachodzenia rekoneksji (gdzie liczba magnetyczna Reynoldsa osiąga duże wartości), mogą występować trzy różne typy opornościowej niestabilności:

- grawitacyjna (*gravitational*)
- „zmarszczkowa” (*rippling*)
- „rozdarciowa” (*tearing*) => (*Furth et al. 1963*)

Zaburzenia alfvenowskie mogą wywołać niestabilności, zanim mogłyby zostać ustabilizowane przez dyfuzję magnetyczną => gdy $\tau_d \gg \tau_A$ (t.j. dla dużych liczb

Reynoldsa $R_m = \frac{\tau_d}{\tau_A}$).

Przyczyny powstawania rozbłysków słonecznych

Niestabilność typu „rozrywania/pęknięcia” i wyspy magnetyczne
(*Tearing-Mode Instability & Magnetic Island*)

Zaburzenia alfvenowskie mogą wywołać niestabilności, zanim mogłyby zostać ustabilizowane przez dyfuzję magnetyczną => gdy $\tau_d \gg \tau_A$ (t.j. dla dużych liczb

Reynoldsa $R_m = \frac{\tau_d}{\tau_A}$).

τ_A - alfvenowski czas przejścia ($\tau_A = l/v_A$)

τ_d - skala czasowa dyfuzji ($\tau_d = l^2/\eta$),

$2l$ - długość warstwy prądowej

$\eta = (\nu \sigma)^{-1}$ - magnetyczna dyfuzyjność (*magnetic diffusivity*)

Przyczyny powstawania rozbłysków słonecznych

Niestabilność typu „rozrywania/pęknięcia” i wyspy magnetyczne
(*Tearing-Mode Instability & Magnetic Island*)

Niestabilność typu „rozrywania” tworzy **wyspy magnetyczne** w modelu 2D, oraz **sznury magnetyczne** w modelach 2.5D.

Dla niestabilności typu „rozrywania” (*tearing-mode instability*) **uwalnianie energii występuje podczas formowania się wysp magnetycznych.**

W 1995 roku Kleim wyznaczył czas narastania i tworzenia się niestabilności typu „rozrywania” (*tearing-mode instability*) dla warunków koronalnych ($n_e = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, $T = 2.5 \times 10^6 \text{ K}$, $B = 200 \text{ G}$, i najmniejszej warstwy prądowej o połówkowej szerokości: $l \approx 7 \times 10^3 \text{ cm}$), co dało wartość (czasu narastania):

$$\tau_G^{\text{tear}} \approx 0.4s$$

Otrzymana skala czasu narastania niestabilności jest porównywalna z czasem trwania pulsów obserwowanych podczas rozbłysków słonecznych w zakresie HXR oraz w czasie wybuchów radiowych typu III.

Przyczyny powstawania rozbłysków słonecznych

Niestabilność koagulacyjna (*Coalescence Instability*)

Charakterystyczny czas fazy „doskonałej” (procesu *ideal MHD*) stanowi przede wszystkim czas alfvenowskiego przejścia przez odległość λ_{coal} pomiędzy zbliżonymi do siebie włóknami warstwy prądowej:

$$\tau_{coal} = \zeta^{-1} \frac{\lambda_{coal}}{v_A}, \quad \zeta = \frac{u_{coal}}{v_A} \approx 0.1 - 1$$

gdzie u_{coal} jest prędkością zbliżających się do siebie włókien warstwy prądowej.

Dla warunków koronalnych ($n_e = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, $T = 2.5 \times 10^6 \text{ K}$, $\mathbf{B} = 200 \text{ G}$, oraz $\lambda_{coal} = 1000 \text{ km}$), przybliżony czas koagulacji wynosi:

$$\tau_{coal} \approx 0.2 - 2.0 \text{ s}$$

co znowu dobrze zgadza się z charakterystycznym czasem obserwowanych modulacji pulsów HXR oraz radiowych wybuchów typu III, związanych z wiązkami przyspieszanych do dużych prędkości elektronów podczas rozbłysków.