

Fizyka rozbłysków słonecznych

- wykład nr XI

skrót wybranych slajdów

Krzysztof Radziszewski

Instytut Astronomiczny, Uniwersytet Wrocławski

Kinematyka cząstek

Podstawowe (relatywistyczne) równanie ruchu cząstek zawiera przyspieszenie przez pole elektryczne \mathbf{E} i siłę Lorenz'a wywieraną przez zewnętrzne pole magnetyczne \mathbf{B} .

$$\frac{d(m\gamma\mathbf{v})}{dt}(\mathbf{x}, t) = q \left[\mathbf{E}(\mathbf{x}, t) + \frac{1}{c} \mathbf{v} \times \mathbf{B}(\mathbf{x}, t) \right]$$

γ - relatywistyczny współczynnik Lorenz'a

Zaniedbując pole elektryczne ($E = |\mathbf{E}| = 0$) i zakładając jednolite (stałe) pole magnetyczne $\mathbf{B}(\mathbf{x}, t) = B$, możemy wyodrębnić kołowy ruch cząstki, która porusza się po orbicie kołowej z prędkością tangencjalną (styczną) v_{\perp} i promieniem obiegu R .

Promień obiegu R wynika bezpośrednio z powyższego równania (stosując związek proporcjonalności dla zmiany prędkości dv na orbicie kołowej, $dv/v_{\perp} = v_{\perp} dt / R$):

$$R = \frac{m\gamma c}{|q|B} v_{\perp}$$

Kinematyka cząstek

Możemy zatem zapisać wzór na częstotliwość obiegu [*ang.: gyrofrequency*], która jest niezależna od prędkości cząstki:

$$\Omega_g = 2\pi f_g = \frac{v_{\perp}}{R} = \frac{qB}{m\gamma c}$$

Podstawiając stałe możemy otrzymać przydatne i proste zależności na częstotliwości obiegu [*ang.: $f_g = gyrofrequency$*] dla elektronów i jonów:

$$\begin{aligned} f_{ge} &= 2.80 \times 10^6 B \quad [\text{Hz}] \\ f_{gi} &= 1.52 \times 10^3 B/\mu \quad [\text{Hz}] \end{aligned}$$

μ - masa cząsteczkowa jonu ($m_i = \mu m_p$)

Kinematyka cząstek

Dla typowego koronalnego pola magnetycznego: $B = 10 - 100$ Gs częstotliwość obiegu [gyrofrequency] dla elektronów, przybierają wartości:

$$f_{ge} \approx 28 - 280 \text{ MHz}$$

osiągając maksymalne wartości dla pola magnetycznego nad plamami ($B = 1000 - 2000$ Gs):

$$f_{ge} \approx 2.8 - 5.6 \text{ GHz}$$

Dla protonów wartość ta jest mniejsza o czynnik:

$$\frac{m_p}{m_e} = 1836$$

co daje (dla warunków koronalnych):

$$f_{gi} \approx 15 - 150 \text{ kHz}$$