

Космические джеты – ускорители частиц ультравысокоэнергичных космических лучей

Б.А. Трубников, В.П. Власов

Институт ядерного синтеза РНЦ «Курчатовский институт», Москва, 123182, Россия.

В работе рассмотрена модель космического джета, работающего в режиме МГД-сопла и униполярного индуктора. Показано, что «твердотельное» вращение (по закону Ферраро) винтовых магнитных силовых линий должно приводить к ускорению малой доли частиц плазмы до ультрарелятивистских энергий.

На первом этапе ускорение частиц происходит в МГД-сопле, в качестве которого рассматривается перемычка, которая образуется из-за того, что некоторые магнитные силовые линии выходят из аккреционного диска и затем возвращаются в него на другом удалении от оси. Такие линии должны наматываться на джет, что приводит к образованию перемычки, похожей на сопло Лавала.

Второй этап ускорения. Предполагаем, что скорости частиц, вылетевших из сопла, настолько велики, что они уже не отклоняются магнитным полем, и на них действует только униполярное электрическое поле в неподвижной системе координат: $\mathbf{E} = -[\mathbf{v}_\phi / c, \mathbf{B}] = (\Omega / 2\pi c) \nabla \Psi$. Магнитный поток Ψ можно выбрать в виде $\Psi = \Psi_0 \psi(\xi)$, где $\psi(\xi) = \xi = y / x^k$, при $k > 1$, $x = r / R_c$, $y = z / R_c$. где $R_c = 2\pi c / \Omega$ - радиус светового цилиндра. Мы предполагаем, что интересующими нас сверхбыстрыми частицами, доходящими до Земли, являются те частицы, которые пересекают и пронзают стенку светового цилиндра, выходя наружу. Если ввести безразмерную энергию $\varepsilon = (\gamma_{max} - \gamma_0) / \Gamma_0$, где $\Gamma_0 = e\Psi_0 / R_c mc^2$, то получим дифференциальный энергетический спектр ультравысокоэнергичных частиц (UNECR)

$$\frac{dq}{d\varepsilon} = \frac{const}{(\varepsilon^2 + k)\sqrt{\varepsilon^2 + k^2}} \approx const \cdot \varepsilon^{-n}$$

В интервале энергий $\sqrt{k} < \varepsilon < k$ показатель меняется от $n=2$ до $n=3$, что близко и к значению $n=2,75$ модели Скалли и Стекера [1] и к значению $n=2,7$ модели Березинского [2].

- [1] Scully S.T., Stecker F.W. *Astroparticle Physics*. 2002. V. 16. P. 271-278.
- [2] Beresinsky V.S. *Rep. On Lomonosov Session. Moscow. MSU*. 2005.