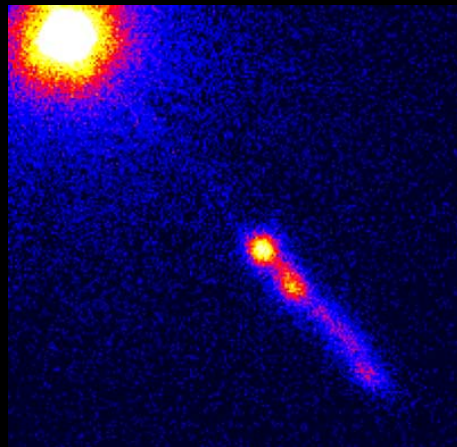


Определение **угла** джета квазара 3C273
с картинной плоскостью
и **излома** в электронном спектре
по рентгеновскому, оптическому и
радиоизлучению его узлов

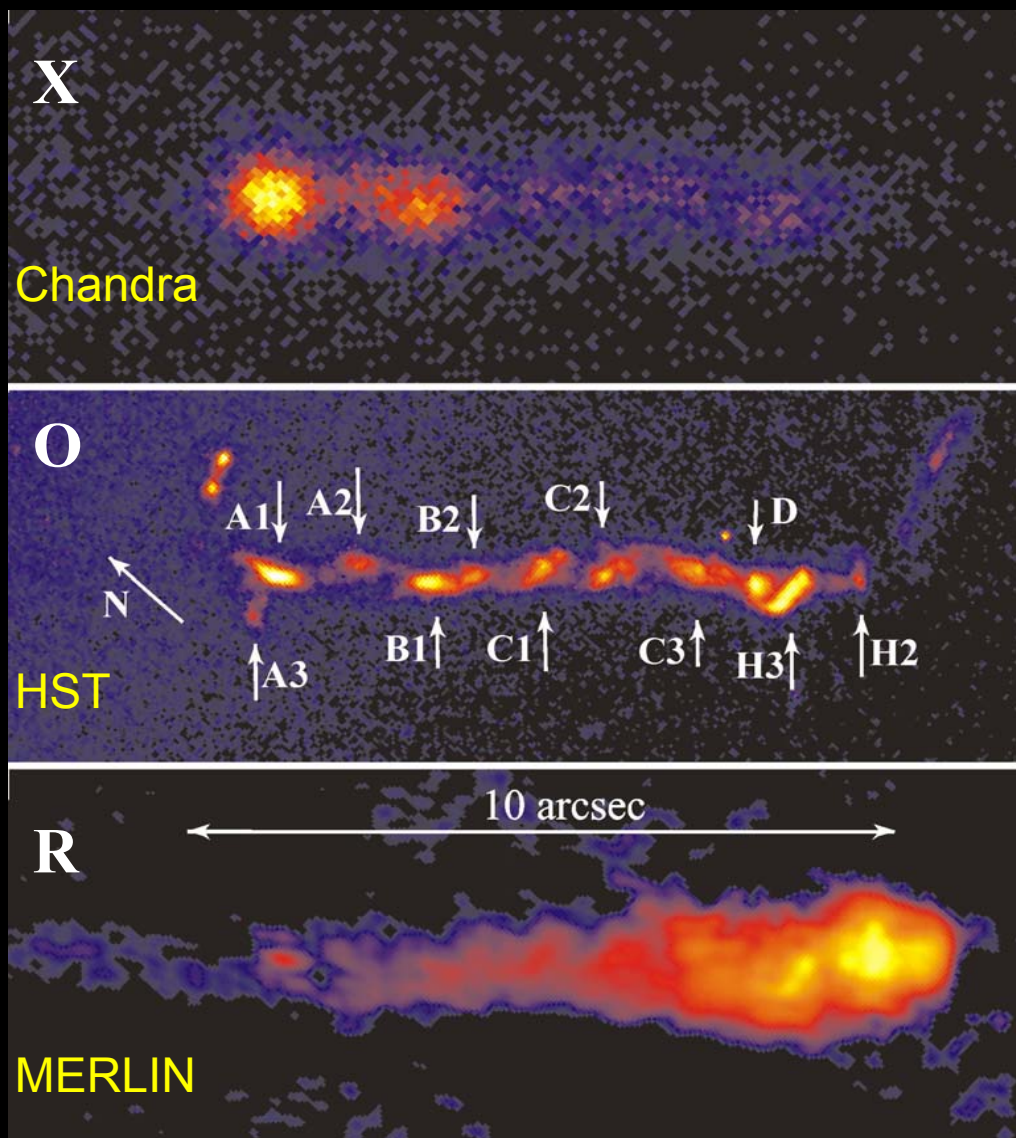
^{1,2}Банникова Е.Ю., ^{1,2}Конторович В.М., ²Михайлова М.С.

¹Радиоастрономический институт НАН Украины

²Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина

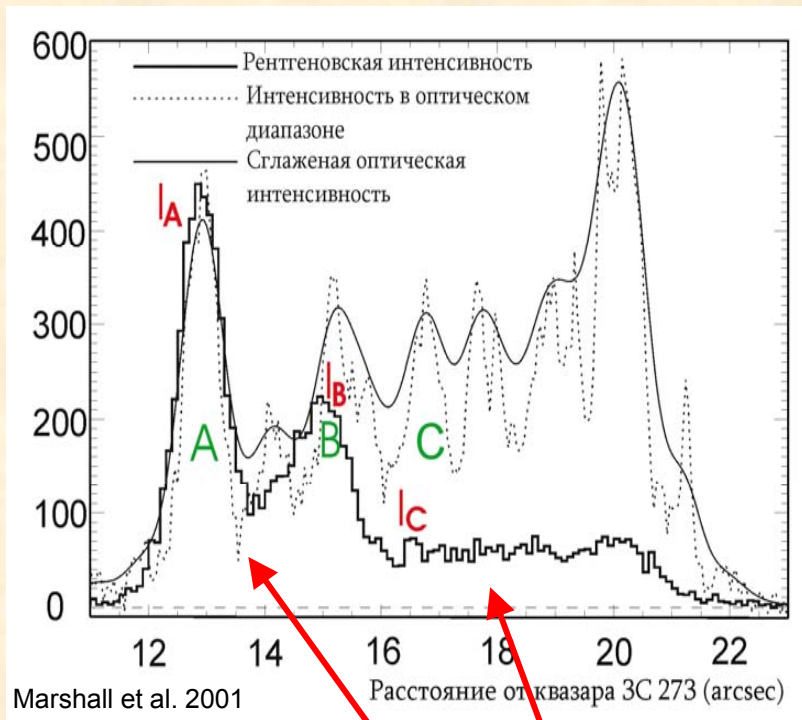


Наблюдаемое распределение интенсивности вдоль джета в различных спектральных диапазонах



Распределение интенсивности в разных диапазонах существенно отличается:

в X-диапазоне уменьшается с удалением от квазара, а в R-диапазоне увеличивается.



Наблюдаемое излучение узлов джета в рентгеновском диапазоне с использованием данных оптического и радиоизлучения узлов позволяет определить **расположение** джета в пространстве.

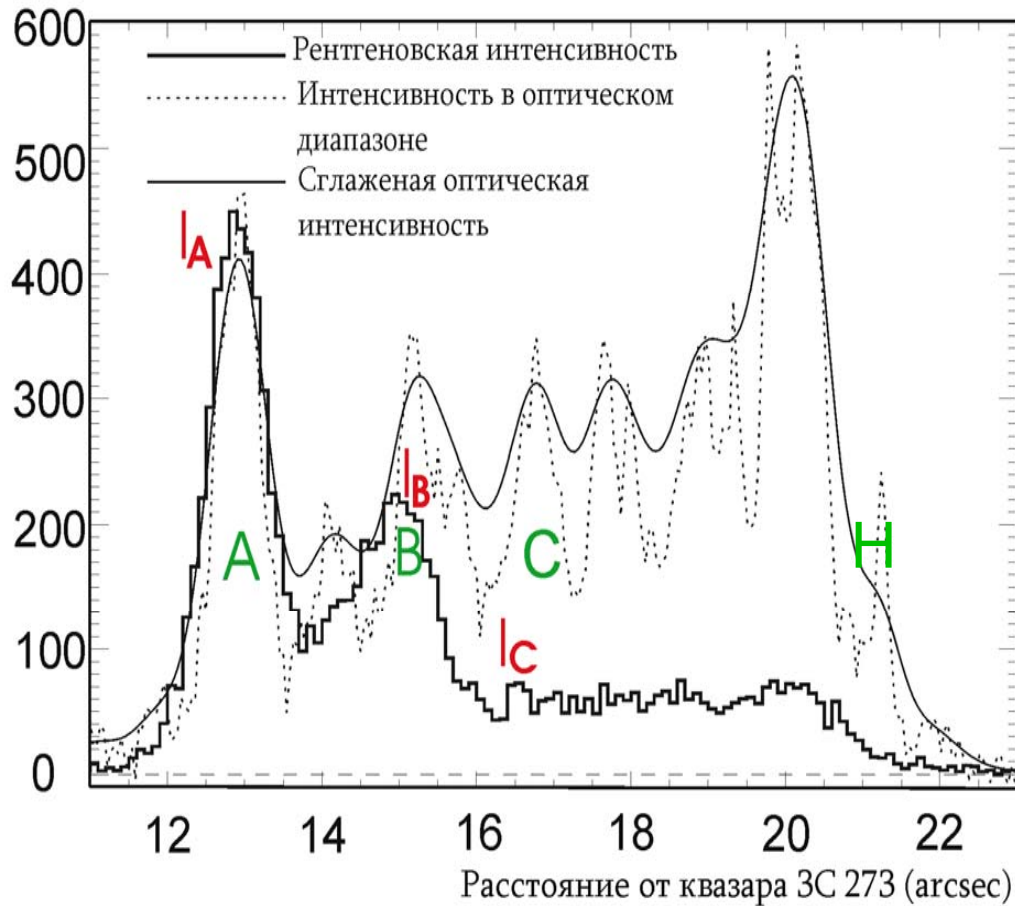
Фундаментальным для этого является интерпретация X-излучения как обратного комптоновского рассеяния для **ближних** (на излучении квазара) и **дальних** (на реликтовом фоне) **узлов** (Банникова, Конторович 2003)

и условия **конкуренции** этих механизмов на узлах **В** и **С**

(Банникова, Михайлова 2007)

(Михайлова, Банникова, Конторович 2007)

Предлагаемая модель образования рентгеновского излучения в джете 3C273



Распределение интенсивности в оптическом и рентгеновском диапазонах вдоль джета по работе Marshall et al. 2001.

$$W_{ES}^A, W_{ES}^B > W_{CMB}$$

$$W_{ES}^C < W_{CMB}$$

(Банникова, Конторович 2003)

W_{ES} — плотность энергии излучения квазара

W_{CMB} — плотность энергии реликтового излучения

$$I_{IC} \propto N \cdot W$$

Зная наблюдаемые отношения интенсивности X-излучения на узлах, проведена оценка светимости квазара 3C273:

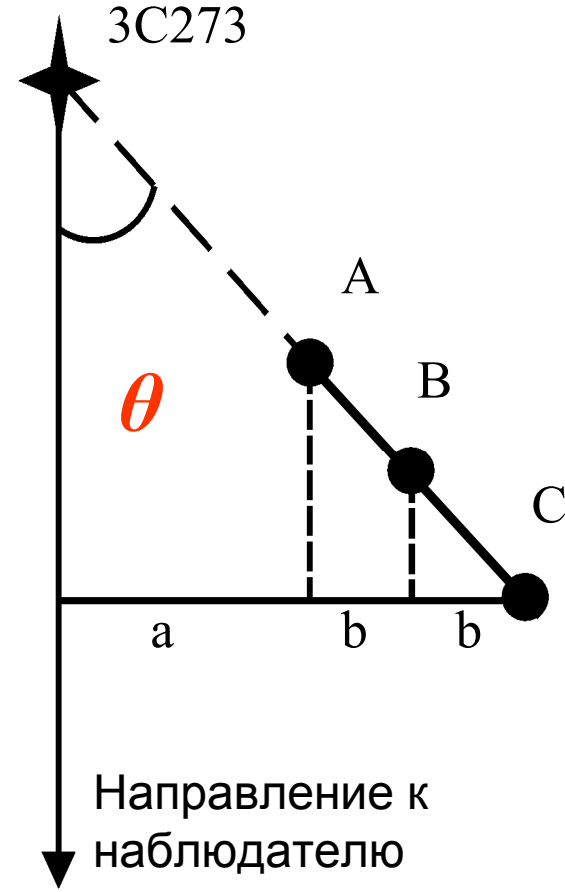
$$W_{ES}^A = 8W_{CMB} \cdot 1/2$$

$$L = 4\pi cr_A^2 W_{ES}^A \approx 10^{46} \text{ (эрг с}^{-1}\text{)}$$

Полученная светимость совпадает с наблюдаемой

Определение угла между осью джета и лучом зрения

$$W_{ES}^C < W_{CMB} < W_{ES}^B$$



$$W_{ES} = \frac{\Sigma \cdot \sin^2 \theta}{c \xi^2 (R'')^2}$$

R'' – расстояние от квазара до узла в угловых секундах

$$\xi = 1/206265$$

$\Sigma = 5.3 \cdot 10^{-10}$ (эрг см⁻² с⁻¹) – интегральная ПЛОТНОСТЬ ПОТОКА (Perry et al. 1986)

$$\frac{\xi^2 c \cdot W_{CMB}}{\Sigma} \cdot (a+b)^2 < \sin^2 \theta < \frac{\xi^2 c \cdot W_{CMB}}{\Sigma} \cdot (a+2b)^2$$

$$29^\circ < \theta < 33^\circ$$

$$\frac{b}{a} \approx 0.15$$

Угол θ заключён в узких пределах из-за малого расстояние между узлами по сравнению с расстоянием до квазара

Плотности потока радио и рентген. излучения

Потери энергии электрона
на излучение

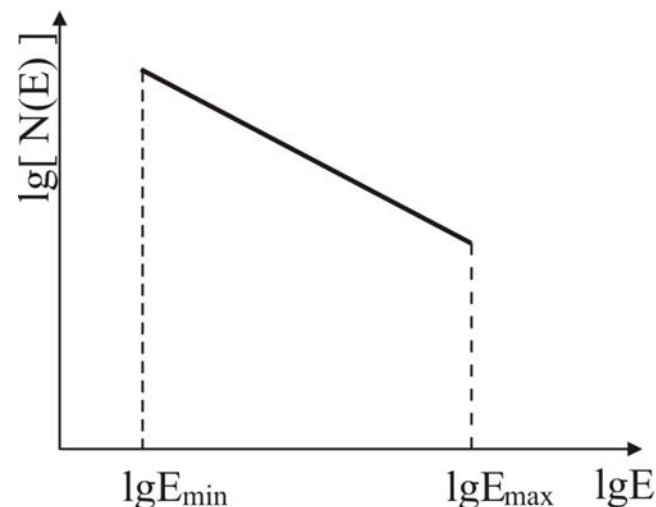
$$\left(-\frac{dE}{dt} \right)_{Syn, IC} \propto \Gamma^2 \cdot W_{H, ph}$$

$$\tilde{\omega} = \begin{cases} \omega_H & \text{— R-излучение (Syn)} \\ \omega_{ph} & \text{— X-излучение (IC)} \end{cases}$$

$$\alpha = \frac{\gamma - 1}{2} \quad \text{— спектральный индекс}$$

Распределение электронов
по энергии

$$N(E) = \mathcal{K} E^{-\gamma}$$



$$F_{Syn, IC} = \frac{2}{3} (\gamma - 1) c \sigma_T W_{H, CMB} V \mathcal{N} \Gamma_{min}^{\gamma-1} \frac{1}{\tilde{\omega}} \left(\frac{\omega_{Syn, IC}}{\tilde{\omega}} \right)^{-\alpha} \frac{1}{D^2}$$

D – расстояние до 3C273
749 Мпк

V – объем узла

\mathcal{N} – концентрация
электронов в узле

Определение напряжённости магнитного поля в дальних узлах джета

Из сравнения плотности потока в R- и X- диапазонах для дальних узлов

$$\frac{F_{IC}}{F_{Syn}} \approx \frac{W_{CMB}}{W_H} \left(\frac{\omega_H}{\omega_{CMB}} \right)^{1-\alpha} \left(\frac{\omega_{IC}}{\omega_{Syn}} \right)^{-\alpha} \quad W_H = \frac{H^2}{8\pi}$$

следует

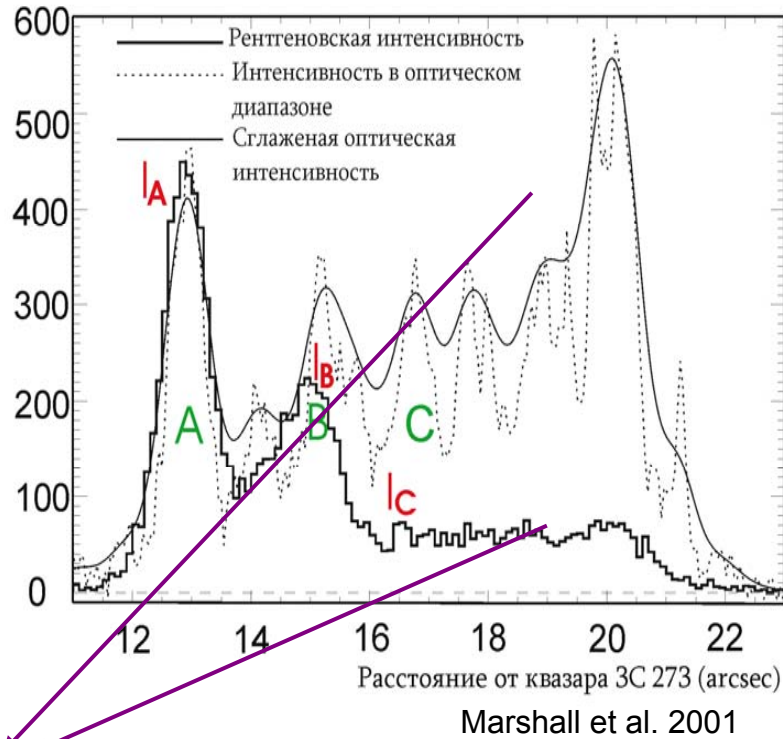
$$H \approx \left[8\pi \left(\frac{e}{mc} \right)^{1-\alpha} W_{CMB} \omega_{CMB}^{\alpha-1} \frac{F_{Syn}}{F_{IC}} \left(\frac{\omega_{IC}}{\omega_{Syn}} \right)^{-\alpha} \right]^{1+\alpha}$$

Отсюда используя данные плотностей потоков для разных частот
(Uchiyama et al. 2006, Jester et al. 2004)

и спектральный индекс в радиодиапазоне $\alpha \approx 0.8$ (Conway et al. 1993)

получаем значения **напряжённости магнитного поля** в дальних узлах джета

Излом в энергетическом спектре электронов

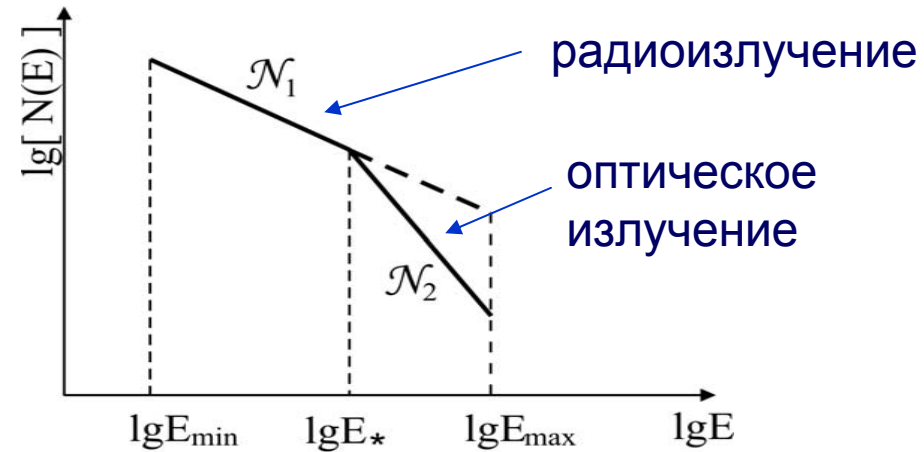


Отсутствие вклада синхротронных фотонов на IC означает ограничение на энергетический спектр электронов и свидетельствует о наличии **излома** в спектре

$$W_{R-Syn} < W_{CMB}$$

Модель энергетического спектра электронов с изломом:

$$N(E) = \begin{cases} \mathcal{K}_1 E^{-2}, & E_{\min} < E < E_* \\ \mathcal{K}_2 E^{-4}, & E_* < E < E_{\max} \end{cases}$$



Из выражения для плотности потока синхротронного излучения получим гамма-фактор излома:

$$\Gamma_*^2 = \frac{F_2}{F_1} \omega_1^{-\alpha_1} \omega_2^{\alpha_2} \tilde{\omega}^{\alpha_1 - \alpha_2}$$

F_1 – синхротронное радиоизлучение

F_2 – синхротронное оптическое излучение

Определение концентрации релятивистских электронов в узлах джета 3C273

Концентрация электронов находится по измеряемой плотности потока:

$$F_{Syn} = \frac{2}{3} (\gamma - 1) c \sigma_T W_H V \mathcal{N} \Gamma_{min}^{\gamma-1} \frac{1}{\tilde{\omega}} \left(\frac{\omega_{Syn}}{\tilde{\omega}} \right)^{-\alpha} \frac{1}{D^2}$$

$$N(E) = \begin{cases} \mathcal{K}_1 E^{-2}, & E_{min} < E < E_* \\ \mathcal{K}_2 E^{-4}, & E_* < E < E_{max}, \end{cases}$$

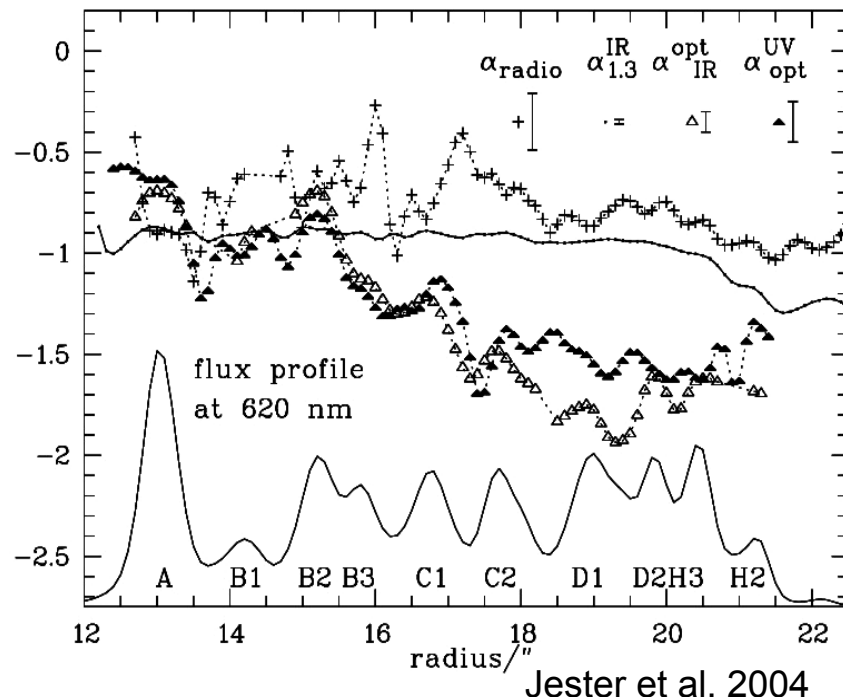
Для **оптического** синхротронного излучения:

$$\gamma_2 = 4 \quad (\alpha_2 = 1.5)$$

Для синхротронного излучения в **радиодиапазоне**:

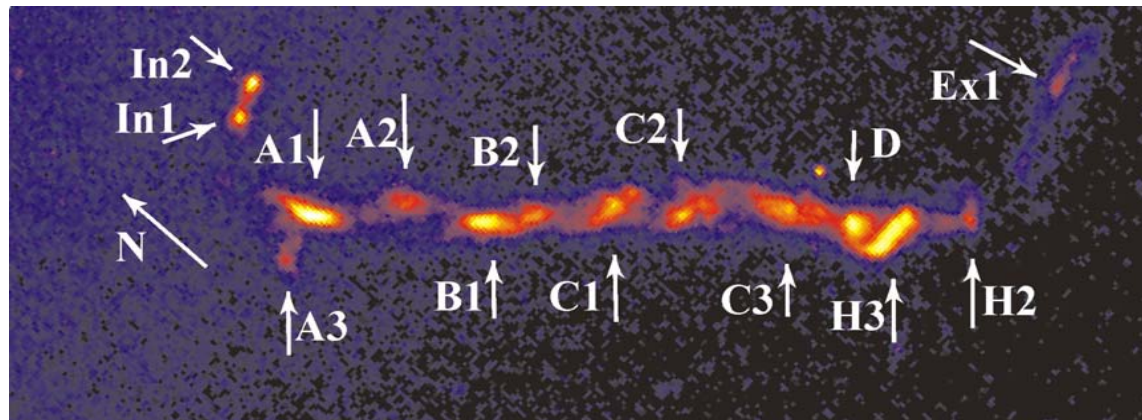
$$\gamma_1 = 2 \quad (\alpha_1 = 0.5)$$

$$\mathcal{N} = \mathcal{N}_1 + \mathcal{N}_2$$



Оценка параметров в дальних узлах джета 3C273

Узел	Магнитное поле, Гс	Г-фактор излома	Частота излома, ν_* , Гц	$\mathcal{N}_1 \Gamma_{\min}$, см^{-3}	\mathcal{N}_2 , см^{-3}
C1	$1.5 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^{12}$	$1.5 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-8}$
C2	$1.5 \cdot 10^{-6}$	$7 \cdot 10^5$	$3.1 \cdot 10^{12}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-8}$
C3	$2.7 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^5$	$1.8 \cdot 10^{12}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-8}$
D/H3	$3.2 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^5$	$3.4 \cdot 10^{12}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-8}$
H2	$1 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^5$	$3.8 \cdot 10^{12}$	$0.8 \cdot 10^{-2}$	$1.5 \cdot 10^{-9}$



Выводы

- На **дальних** от квазара **узлах** джета рентгеновское излучение возникает за счет обратного Комpton-эффекта на фотонах **реликтового излучения**.
- Рентгеновское излучение **ближайших** к ядру **узлов** А и В возникает за счет обратного комптоновского рассеяния на квантах **излучения квазара**.
- Используя **конкуренцию** этих механизмов, **впервые** определен **угол** между осью джета и лучом зрения.
- Получены оценки напряженности **магнитного поля** и **концентрации** релятивистских электронов в удаленных от квазара узлах
- Показано, что **энергетический спектр электронов** имеет **излом**