

Окологалактический газ и «потерянные барионы»

курсовая работа
студента 209 группы
Мартыненко Н.

Научный руководитель:
доктор физ.-мат. наук
С. В. Троицкий

Потерянные барионы

- ожидаемая масса:

$$M_{b(\text{theory})} = f_b M_{(\text{total})}$$

- оценки из наблюдений:

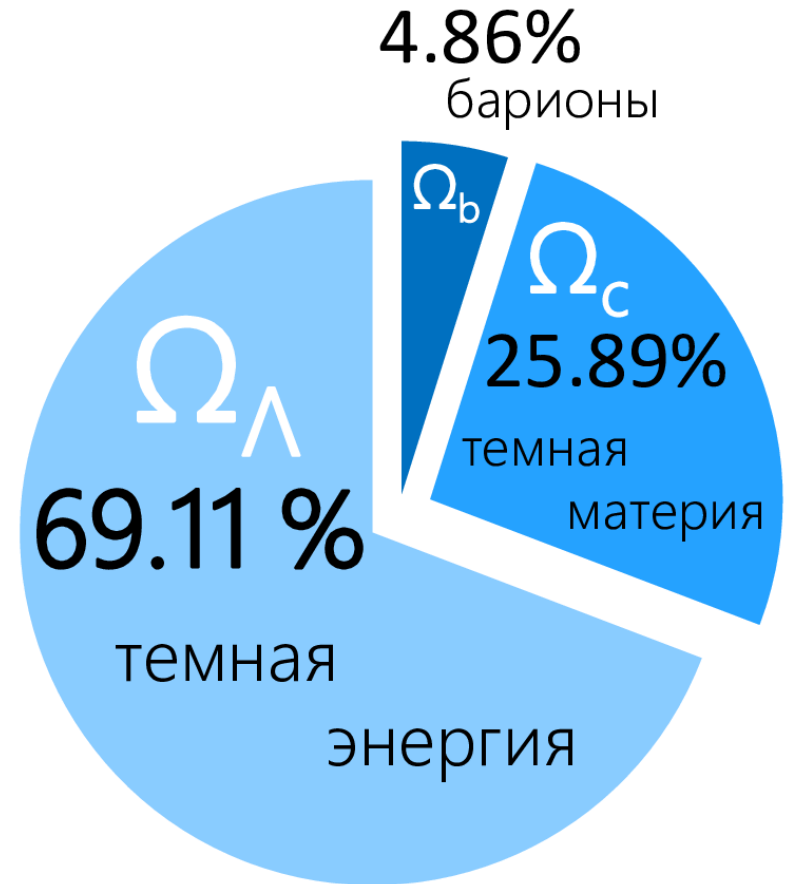
$$M_{b(\text{observed})} < M_{b(\text{theory})}$$

- дефицит барионов:

$$\begin{aligned} & [M_{b(\text{theory})} - M_{b(\text{observed})}] \\ & \approx \boxed{(1...3) \times 10^{11} M_{\odot}} \end{aligned}$$

- решение:

окологалактический газ?



$$\begin{aligned} & \Omega_b / (\Omega_b + \Omega_c) \\ & = f_b \approx 0.158 \end{aligned}$$

Методы оценки плотности

– спутниковые галактики:

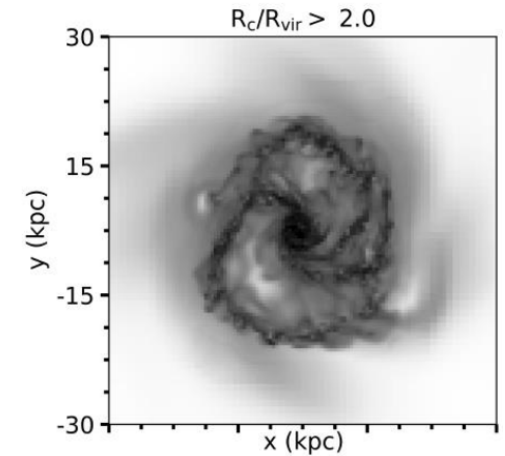
$$F_{\text{ram}} = \rho V^2, \rho \propto n_e$$

– спектральные линии:

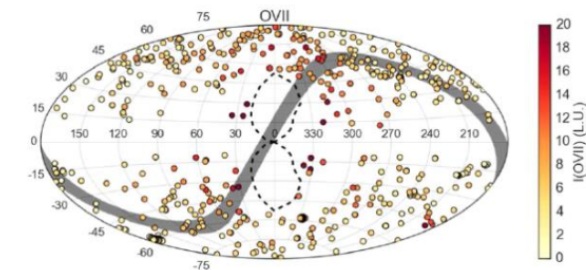
$$EW \Rightarrow N_{\text{element}} \propto \int Z(s) n_e(s) ds$$

– меры дисперсии пульсаров:

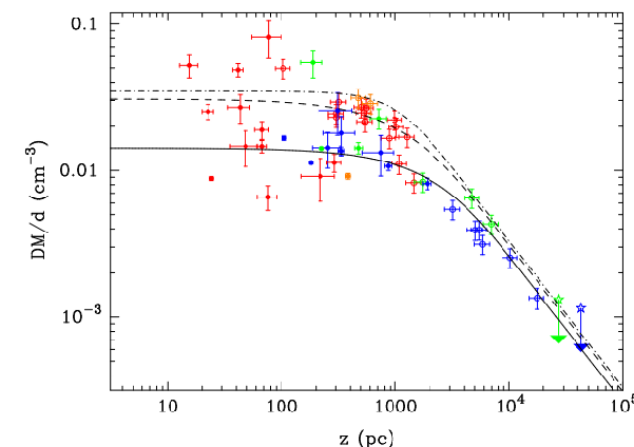
$$DM = \int n_e(s) ds$$



arXiv:1909.02744



arXiv:1412.3116



arXiv:0808.2550

Проблематика работы

- результаты разных методов оценки плотности не согласуются
- возможная причина: использование усредненной металличности $\langle Z \rangle = 0.3 Z_{\odot}$
- необходимо обратиться напрямую к измерениям и обработать их по-новому

Спутниковые галактики

– давление среды:

$$F_{\text{ram}} = \rho V^2, \rho \propto n_e$$

– условие «сдувания» газа:

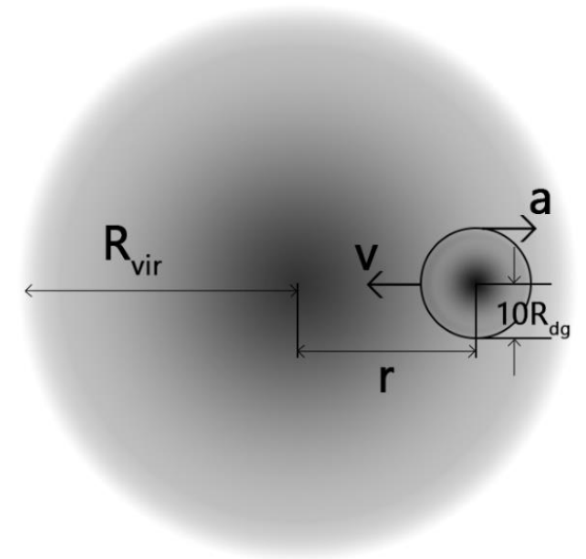
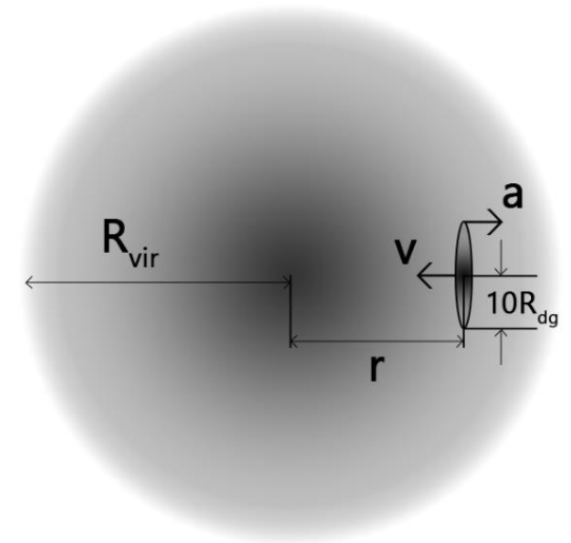
$$F_{\text{ram}} \geq F_{\text{res}}$$

– доля «сдутого» газа:

$$f_{\text{strip}} = 1 - (M_{\text{observed}} / M_{\text{total}})$$

– через измерение f_{strip} и параметры галактики можно оценить порядок n_e

– значения согласуются с результатами моделирования



Спутниковые галактики

– бета-профиль плотности:

$$n_e(r) = n_0 [1 + (r/r_c)^2]^{-3\beta/2}$$

– приближение $r \gg r_c \sim 1$ кпк:

$$n_e(r) \approx (n_0 r_c^{3\beta}) r^{-3\beta}$$

– статистическое описание:

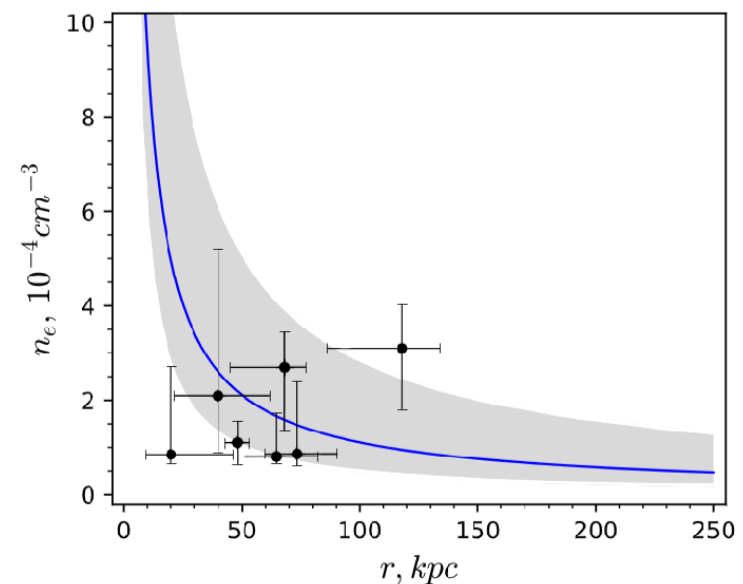
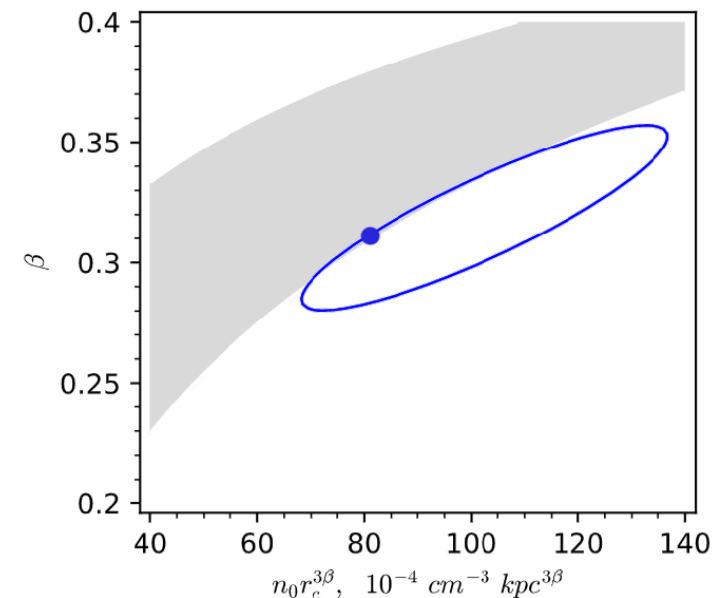
7 измерений* (r, n_e)

– область поиска параметров:

2 ограничения** средней n_e

* ApJ 541:675, ApJ 695:385, MNRAS 433:2749

** ApJ 714:320, ApJ 815:77



Спектр кислорода

– предыдущие работы:

$$Z = 0.3 Z_{\odot}$$

– профиль металличности:

$$\rho_{\text{NFW}}(r) \propto [r/r_0(1 + r/r_0)^2]^{-1} *$$
$$\Rightarrow \Phi_{\text{NFW}}(r)$$

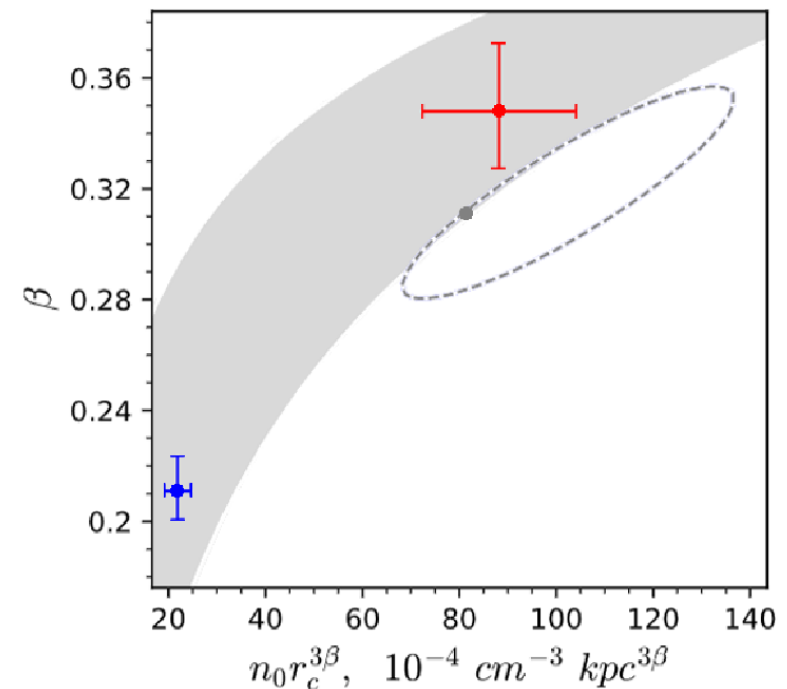
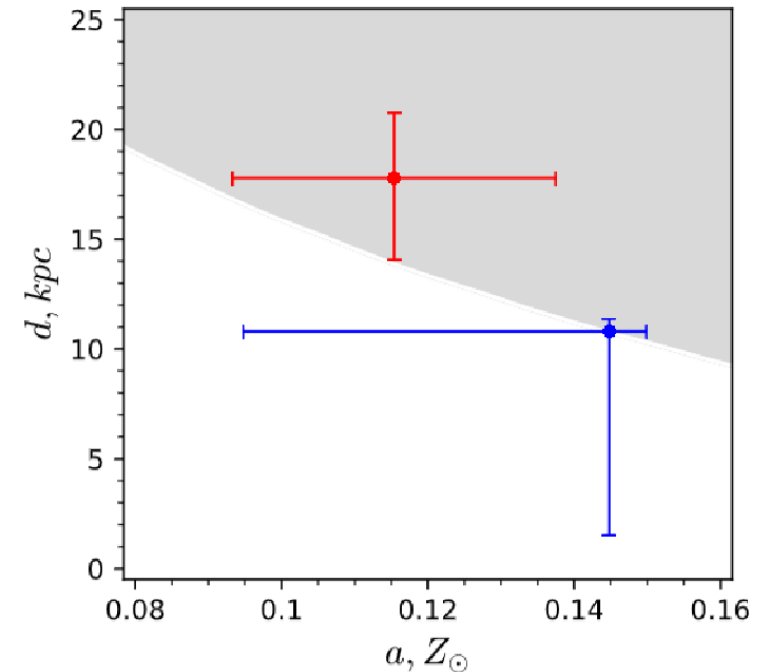
$$Z(r) \propto \exp[-\Phi_{\text{NFW}}(r)]$$

$$Z(r) = a[1+r/r_0]^{d/r}$$

a, d – свободные параметры

$r_0 = 10$ кпк – зафиксирован

* ApJ 462:563



Спектр кислорода

– профиль металличности:

$$Z(r) = a[1+r/r_0]^{d/r}$$

$r_0 = 10$ кпк (зафиксирован)

– статистическое описание:

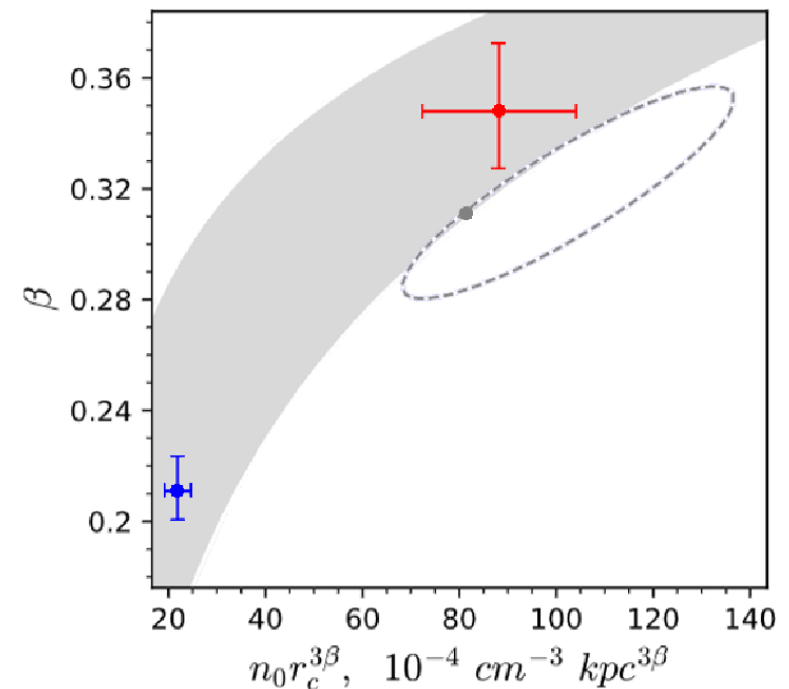
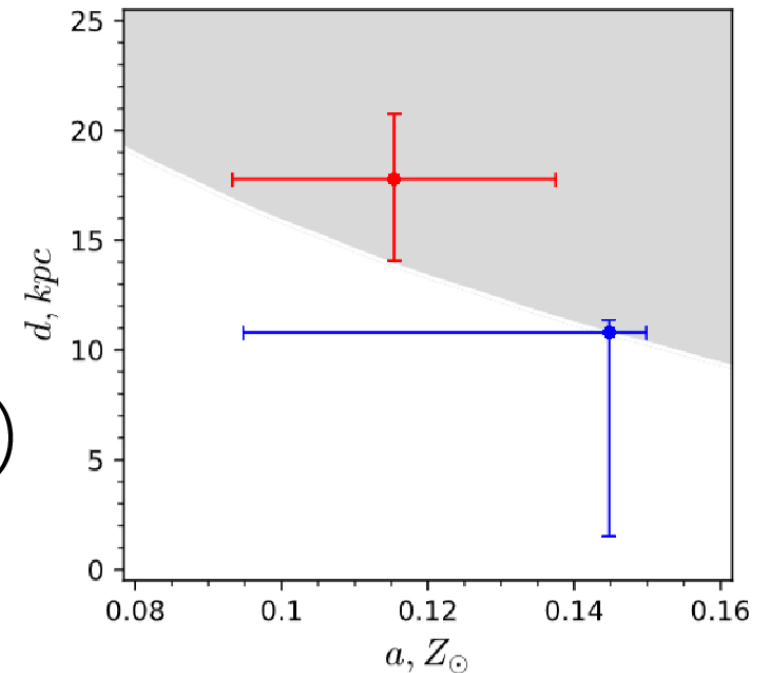
$$N_{\text{OVII}} \propto \int Z(r(s)) n_e(r(s)) ds$$

29 измерений* N_{OVII}

– две интерпретации линий:

- $\text{EW} \propto N_{\text{OVII}}$

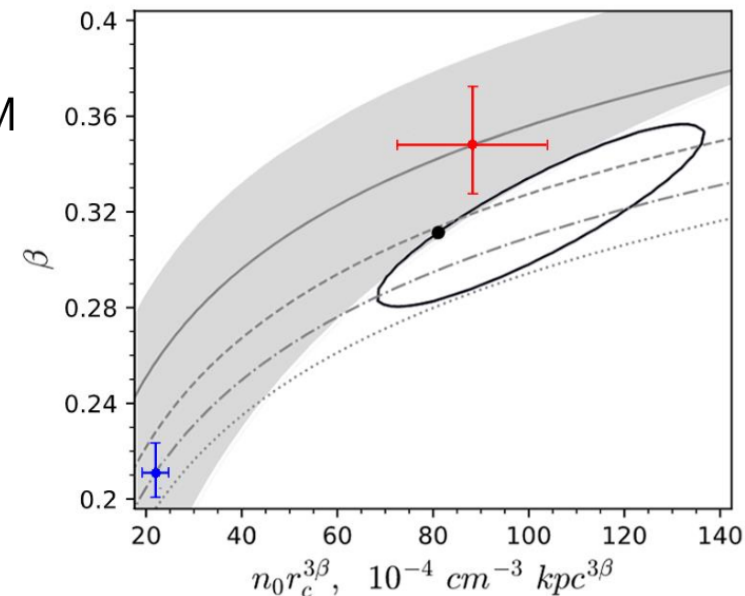
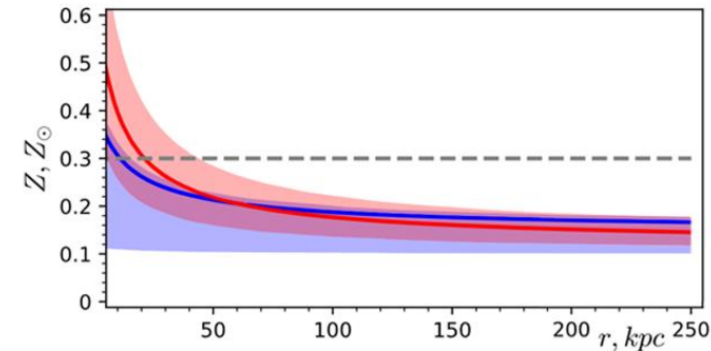
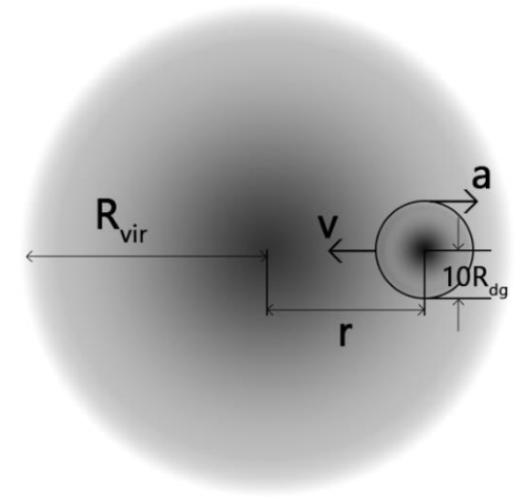
- доплеровское уширение



* ApJ 770:118

Итоги работы

- получена оценка плотности (задача о движении спутниковой галактики)
- предложен профиль металличности на основе распределения Больцмана и получены его параметры
- определены параметры бета-профиля тремя способами: на основе
 - (а) данных по спутниковым галактикам
 - (б) спектра OVII в двух интерпретациях:
 - 1) $EW \propto N_{\text{OVII}}$
 - 2) доплеровское уширение



Результаты

- согласованы два метода оценки электронной плотности

$$n_e \propto r^{-(0.84 \dots 1.12)}$$

- выявлена зависимость результата от типа линий

$$EW \stackrel{?}{\Rightarrow} N_{\text{OVII}}$$

- получена оценка металличности

$$Z(r > 50 \text{ кпк}) \sim (0.12 \dots 0.22) Z_{\odot}$$

- показано, что масса газа близка к массе потерянных барионов

$$M_{\text{gas}} \sim (1.0 \dots 2.5) \times 10^{11} M_{\odot}$$

