

# Проблемы конформной гравитации как альтернативы тёмной материи

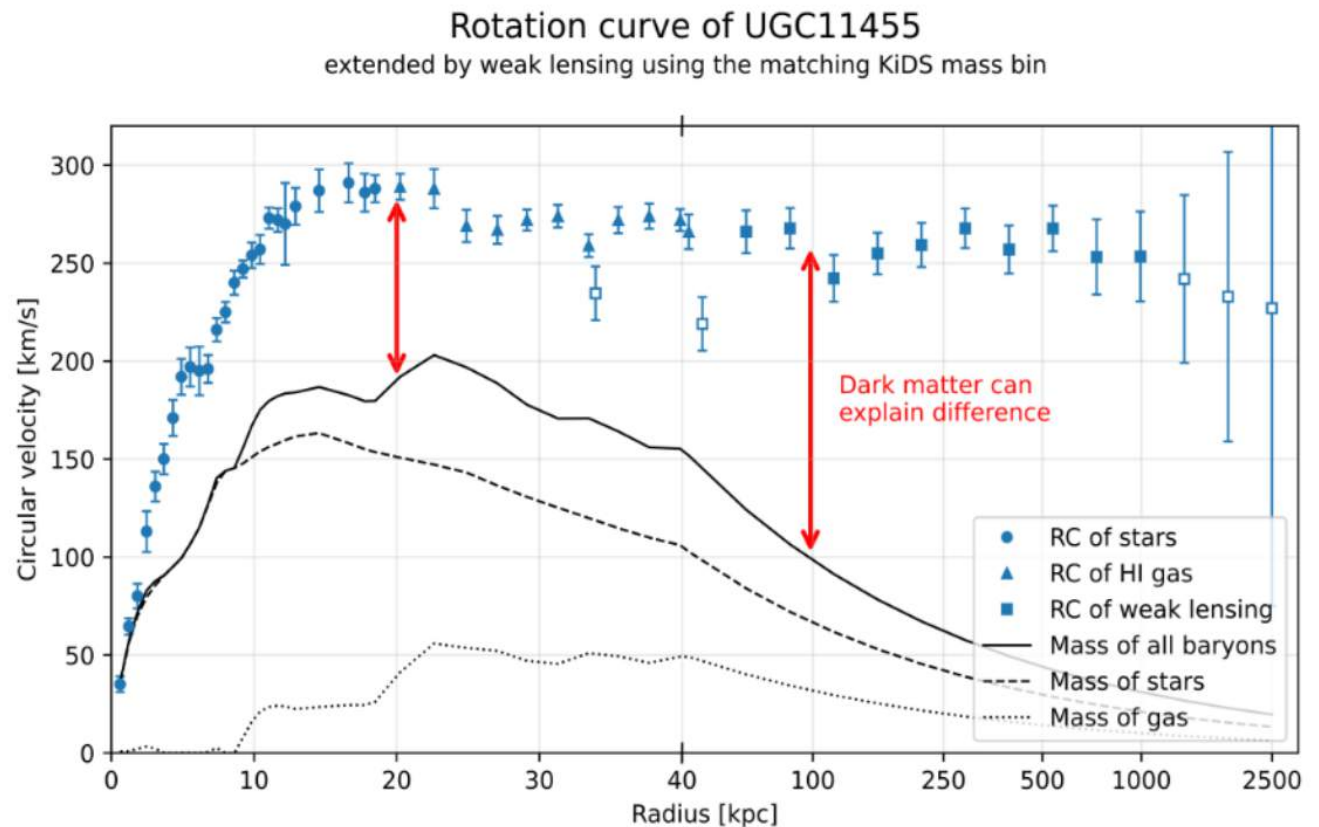
Лихачева Злата Константиновна

Научный руководитель

член-корр. РАН, доктор физ.-мат. наук,  
Горбунов Дмитрий Сергеевич

# Введение

- Конформная гравитация – альтернативная теория гравитации с высшими производными. Рассмотрению проблем теории конформной гравитации посвящена данная курсовая работа.



# Общее представление о теории

- Действие в конформной гравитации:

$$I_W = -\alpha_g \int d^4x \sqrt{-g} C^{\lambda\mu\nu\kappa} C_{\lambda\mu\nu\kappa} = -2\alpha_g \int d^4x \sqrt{-g} \left[ R_{\mu\kappa} R^{\mu\kappa} - \frac{1}{3} (R_\alpha^\alpha)^2 \right]$$

где  $C_{\lambda\mu\nu\kappa}$  представляет собой тензор кривизны Вейля:

$$C_{\lambda\mu\nu\kappa} = R_{\lambda\mu\nu\kappa} - \frac{1}{2} (g_{\lambda\nu} R_{\mu\kappa} - g_{\lambda\kappa} R_{\mu\nu} - g_{\mu\nu} R_{\lambda\kappa} + g_{\mu\kappa} R_{\lambda\nu}) + \frac{1}{6} R (g_{\lambda\nu} g_{\mu\kappa} - g_{\lambda\kappa} g_{\mu\nu})$$

# Общее представление о теории

- Функция распределения вещества, предлагаемая Ф.Манхеймом:

$$f(r) = -2\gamma \frac{\delta(r)}{r^2} - \frac{3\beta(2 - 3\beta\gamma)}{2} \left[ \nabla^2 - \frac{r^2}{12} \nabla^4 \right] \left[ \frac{\delta(r)}{r^2} \right]$$

Конформный потенциал:

$$\varphi(r) = -\frac{\beta}{r} + \frac{\gamma r}{2} - \frac{\kappa r^2}{2}$$

# Феноменологическая закономерность

- Универсальное феноменологическое соотношение

$$\frac{v^2}{c^2 r} \Big|_{\text{last}} = \frac{\gamma_0}{2} + \frac{\gamma^* N^*}{2} + \frac{\beta^* N^*}{r^2} - \kappa r,$$

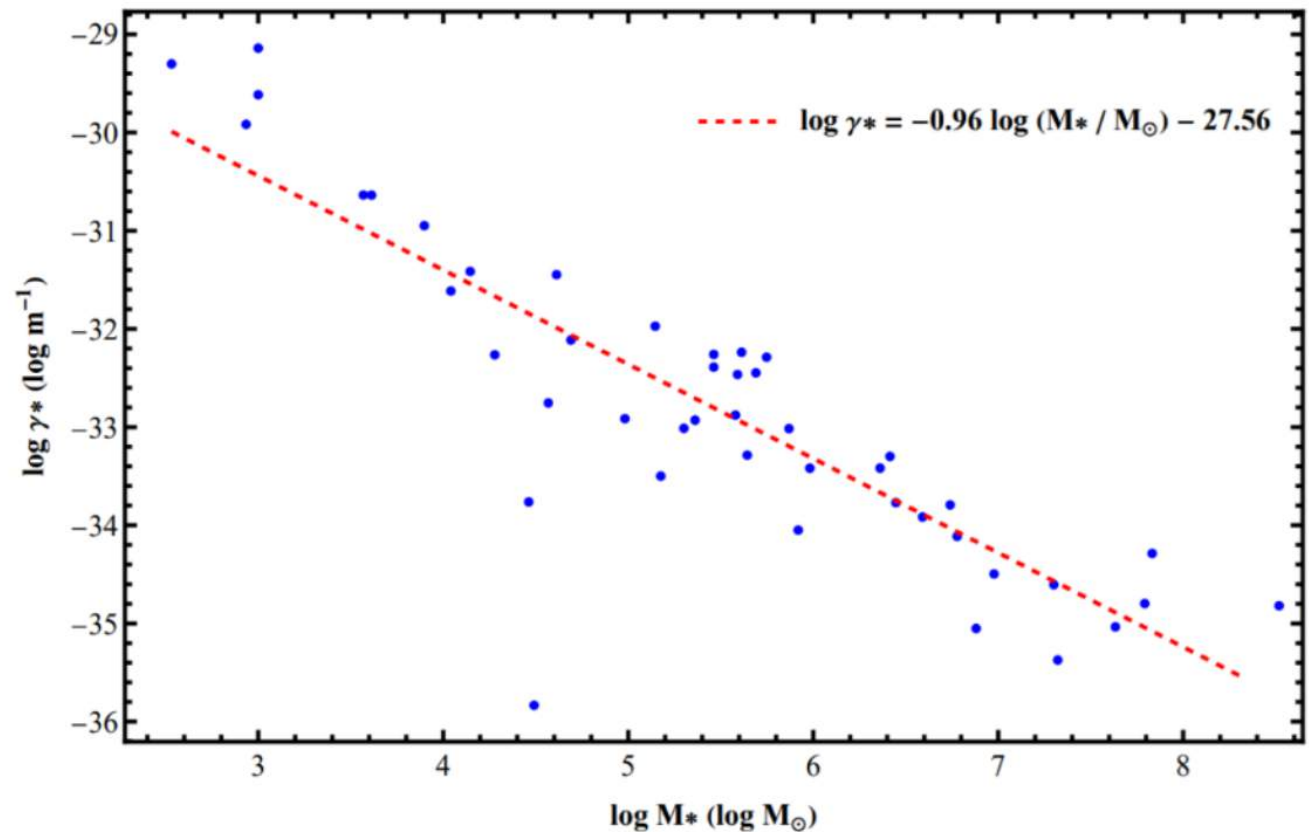
где  $N^* = \frac{M}{M_{\odot}}$ ,  $\beta^* = \frac{M_{\odot} G}{c^2}$

$$\gamma_0 = 3.06 \times 10^{-30} \text{ см}^{-1}, \quad \gamma^* = 5.42 \times 10^{-41} \text{ см}^{-1}, \quad \beta^* = 1.48 \times 10^5 \text{ см},$$

$$\kappa = 9,54 \times 10^{-54} \text{ см}^{-2}$$

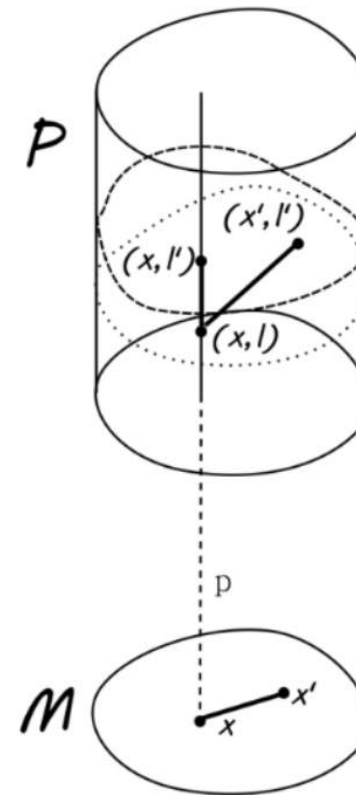
# Критика конформной гравитации

- Работа Li-Xue Yue, Da-Ming Chen: "Test of conformal gravity as an alternative to dark matter from the observations of elliptical galaxies", 2025.



# Критика конформной гравитации

- Работа М. С. Campigotto, A. Diaferio, L. Fatibene: "Conformal gravity: light deflection revisited and the galactic rotation curve failure", 2017.



# Критика конформной гравитации

Из статьи М. С. Campigotto,  
A. Diaferio, L. Fatibene:

$$\gamma = 0$$

$$\gamma = \gamma_0 + \gamma^* N^*$$

Противоречие:

$$\gamma^* = -\gamma_0 \frac{M_\odot}{M} < 0$$

(хотя в статьях Li-Xue Yue, Da-Ming Chen были получены исключительно положительные значения  $\gamma^*$ )

# Численное моделирование

- Уравнение Джинса, записанное в рамках Общей Теории Относительности

$$\frac{\partial(\rho\sigma^2)}{\partial r} + \frac{2\rho(r)\beta\sigma^2}{r} = -\rho(r)\frac{GM(r)}{r^2}$$

Его модификация в конформной гравитации:

$$\frac{\partial(\rho\sigma^2)}{\partial r} + \frac{2\rho(r)\beta\sigma^2}{r} = -\rho(r) \left( \frac{N^*\beta^*c^2}{r^2} + \frac{N^*\gamma^*c^2}{2} + \frac{\gamma_0c^2}{2} - \kappa rc^2 \right)$$

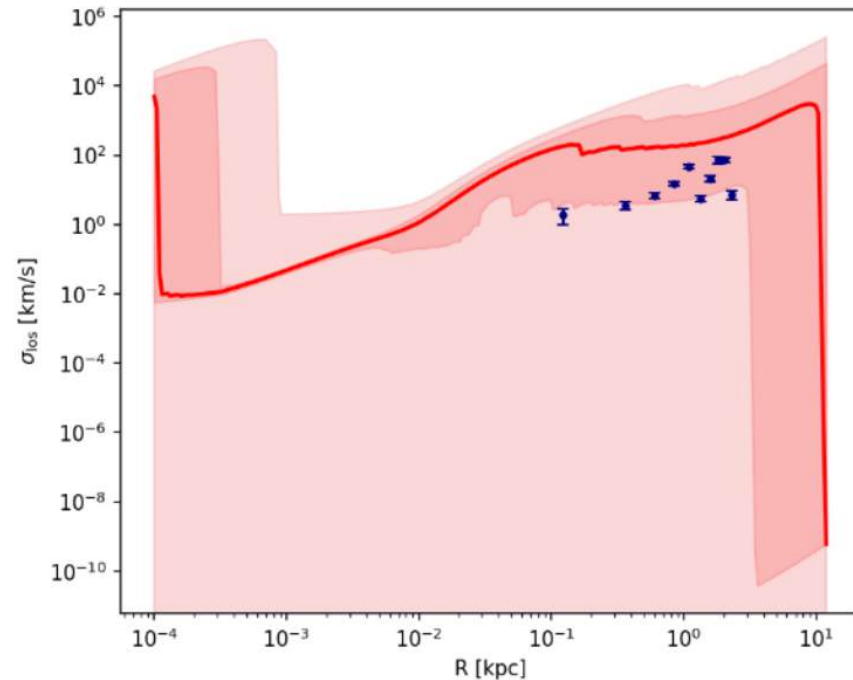
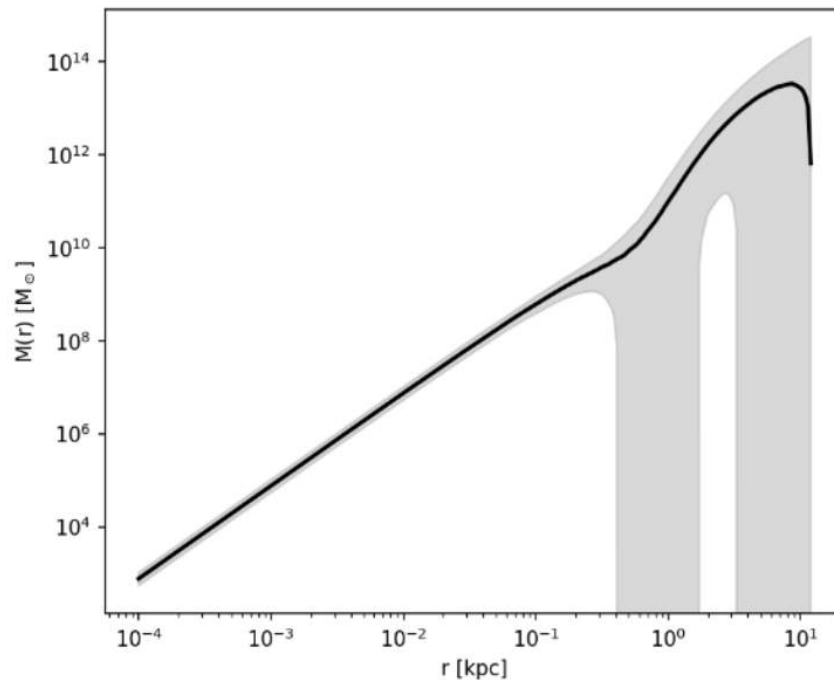
# Численное моделирование

- Результаты моделирования, проведённого в модифицированной версии GravSphere с помощью Nested Sampling:

Название галактики	$\gamma_0, \text{см}^{-1}$	$\gamma^*, \text{см}^{-1}$	$\kappa, \text{см}^{-2}$	$\chi_{\text{red}}^2$
Antlia II	$(1.76^{+1.07}_{-1.17}) \times 10^{-27}$	$(3.86^{+3.41}_{-2.34}) \times 10^{-41}$	$(4.18^{+3.76}_{-2.45}) \times 10^{-49}$	11.737
Sextans dSph	$(1.65^{+1.12}_{-1.12}) \times 10^{-27}$	$(2.36^{+0.17}_{-0.16}) \times 10^{-37}$	$(9.04^{+0.82}_{-0.70}) \times 10^{-49}$	33.188
Draco dSph	$(1.61^{+1.12}_{-1.09}) \times 10^{-27}$	$(3.78^{+0.47}_{-0.46}) \times 10^{-38}$	$(3.58^{+0.20}_{-0.18}) \times 10^{-49}$	393.305
Литературные значения	$3.06 \times 10^{-30}$	$5.42 \times 10^{-41}$	$9,54 \times 10^{-54}$	—

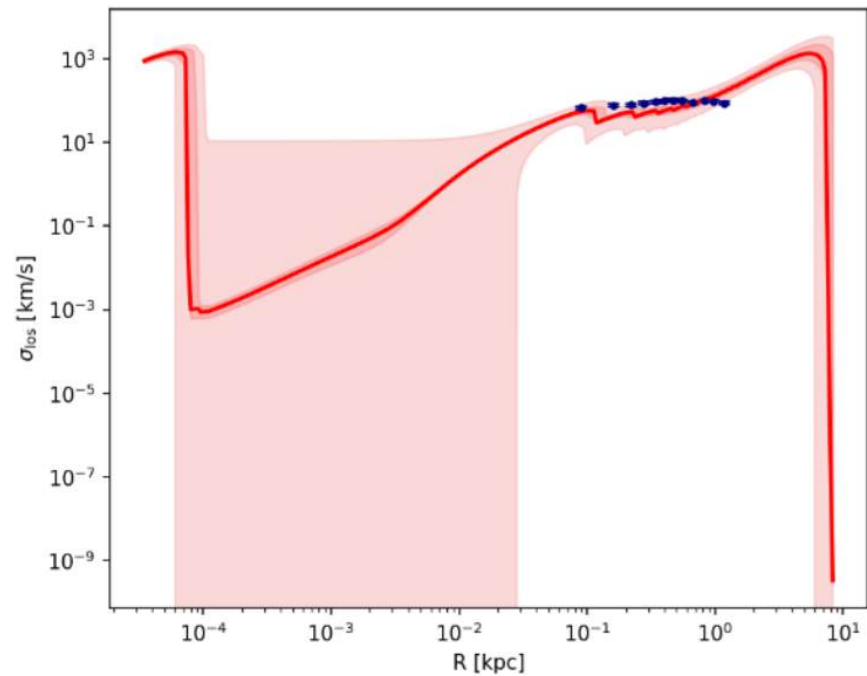
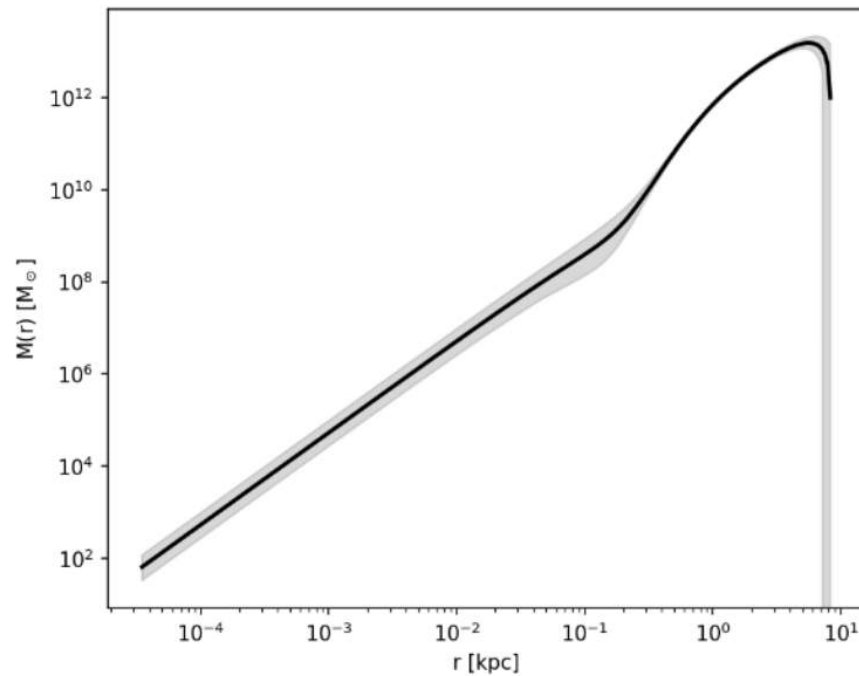
# Численное моделирование

- Профили эффективной массы, создаваемой конформной гравитацией, и лучевой дисперсии скоростей для галактики Antlia II



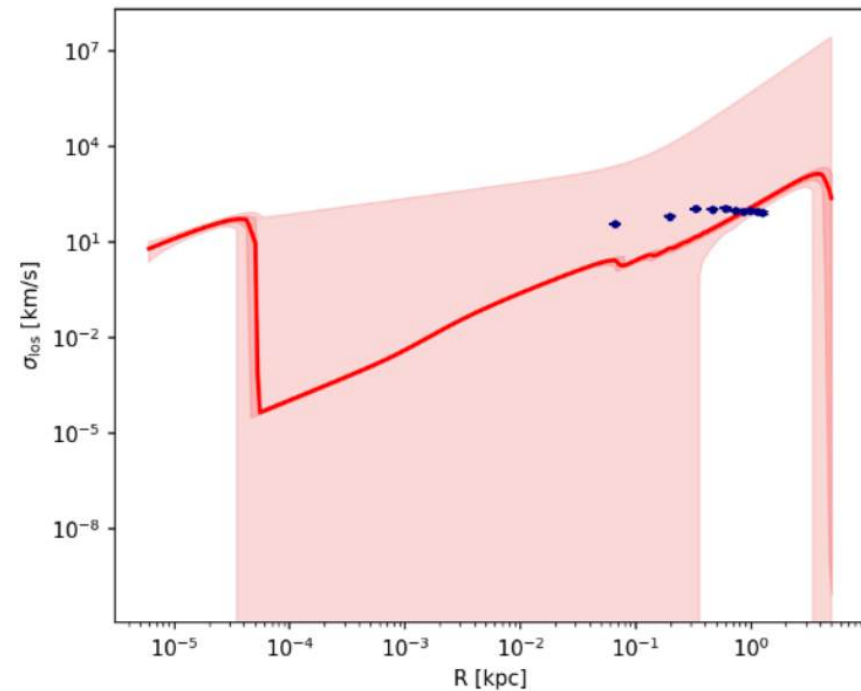
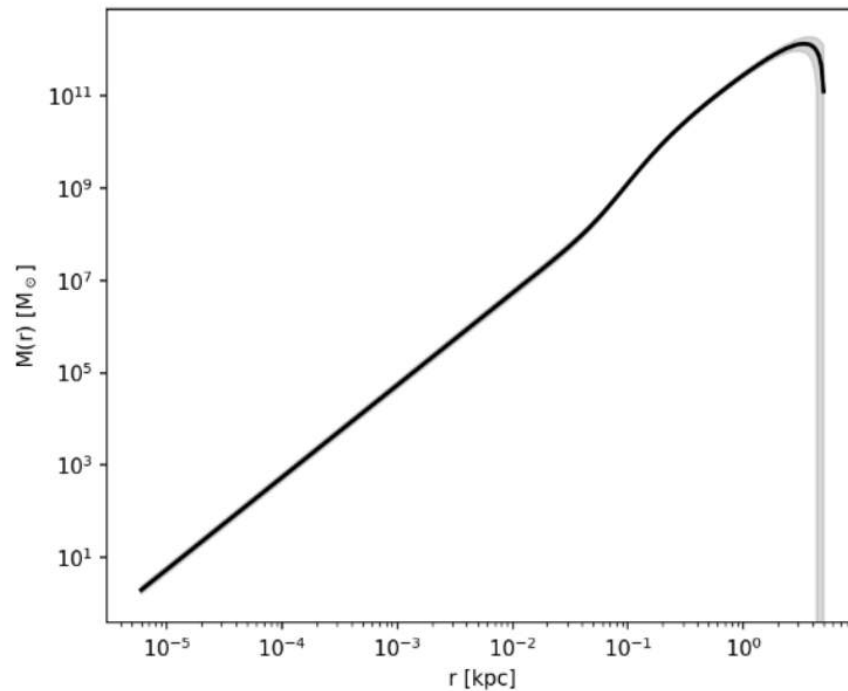
# Численное моделирование

- Профили эффективной массы, создаваемой конформной гравитацией, и лучевой дисперсии скоростей для галактики Sextans



# Численное моделирование

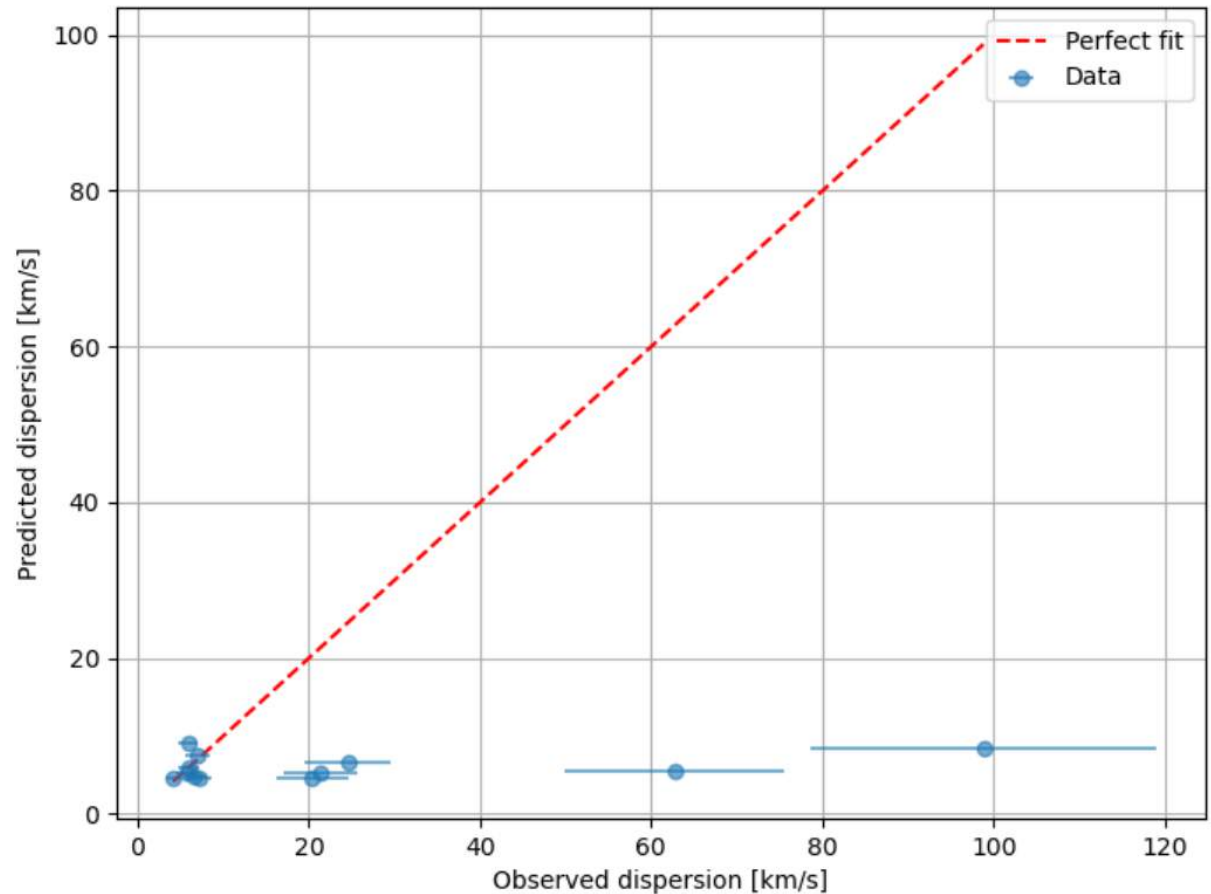
- Профили эффективной массы, создаваемой конформной гравитацией, и лучевой дисперсии скоростей для галактики Draco



# Численное моделирование

- Сравнение наблюдаемых и предсказанных значений лучевой дисперсии скоростей для галактики Antlia II

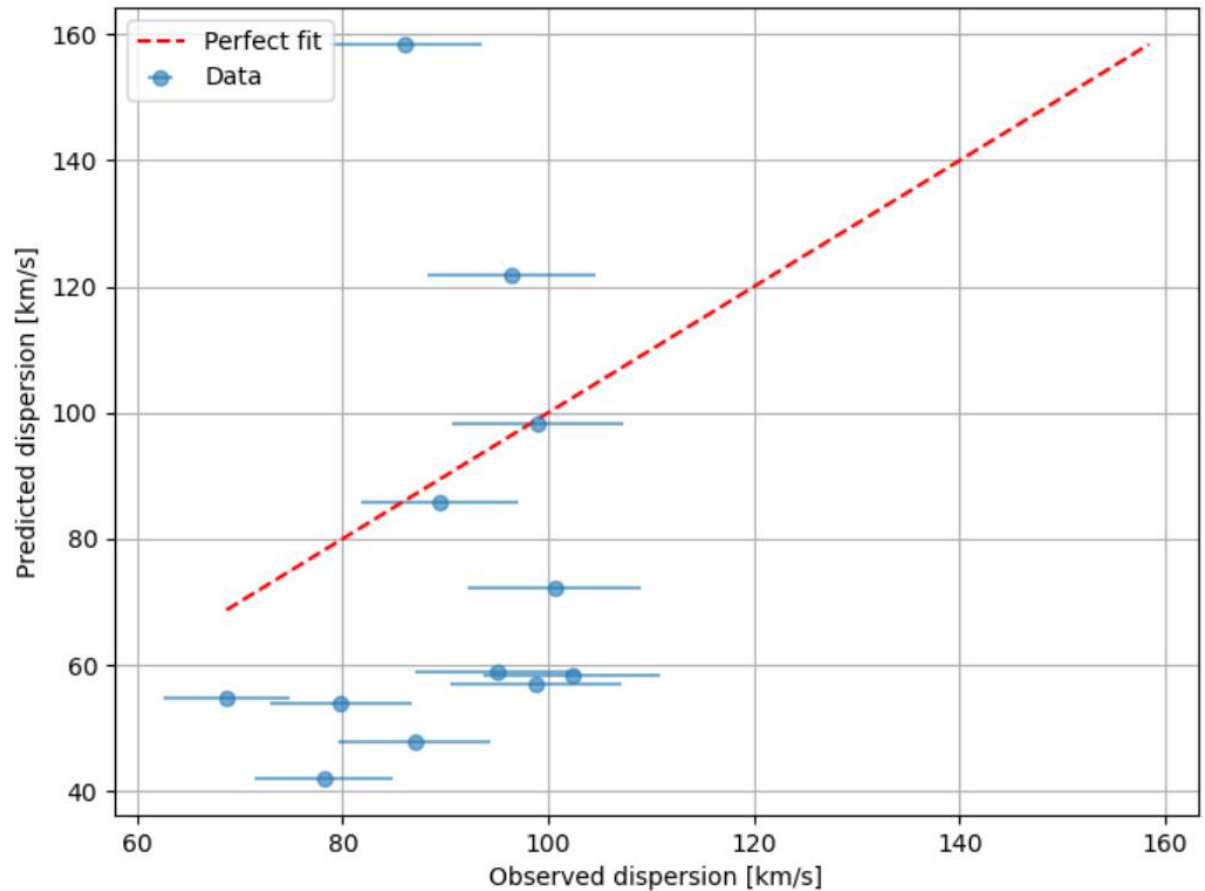
$$\chi_{\text{red}}^2 \approx 11.7$$



# Численное моделирование

- Сравнение наблюдаемых и предсказанных значений лучевой дисперсии скоростей для галактики Sextans

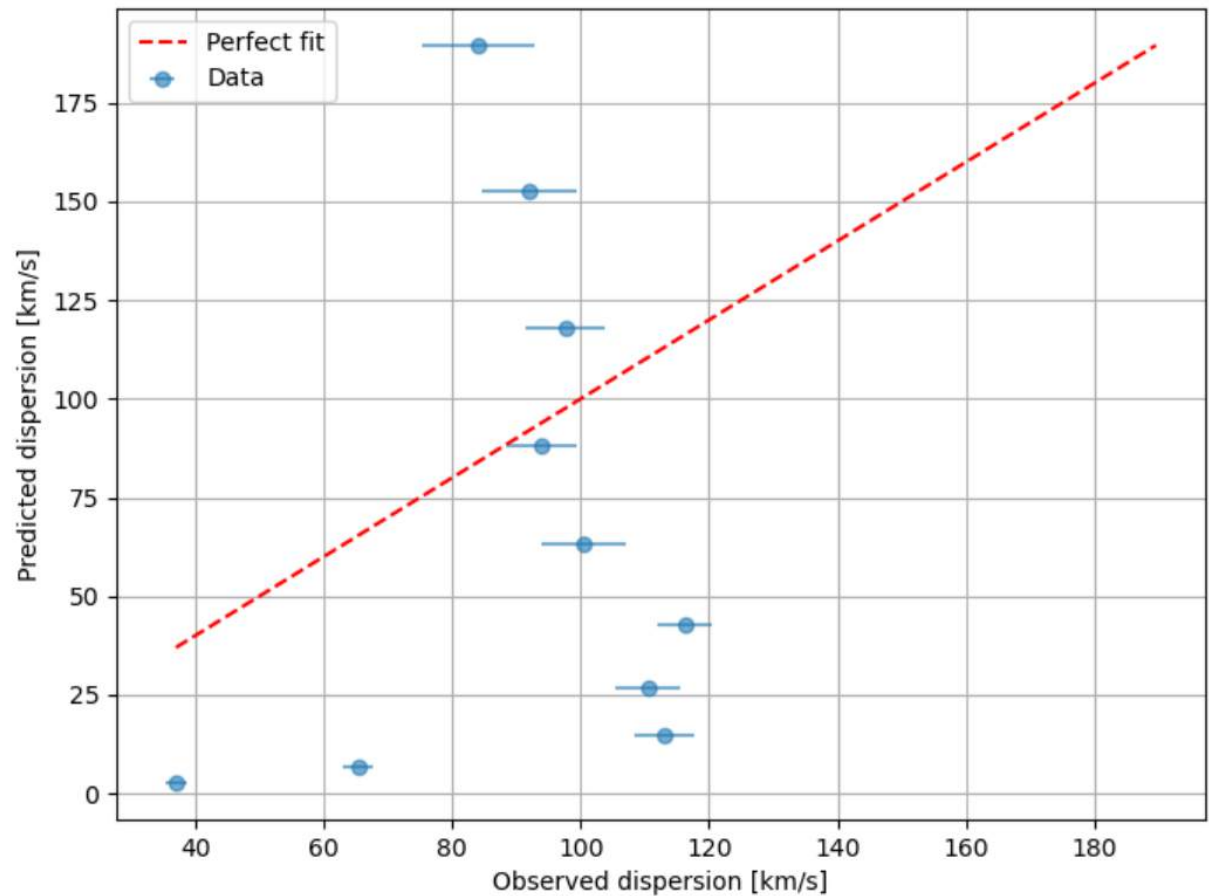
$$\chi_{\text{red}}^2 \approx 33.2$$



# Численное моделирование

- Сравнение наблюдаемых и предсказанных значений лучевой дисперсии скоростей для галактики Draco

$$\chi_{\text{red}}^2 \approx 393$$



# Заключение

- В данной работе была проанализирована теория конформной гравитации. Разобраны теоретические проблемы этой теории, а также проведено численное моделирование динамики карликовых сфероидальных галактик с помощью метода Gravsphere, модифицированного для конформной гравитации.
- Неспособность корректного моделирования динамики движения галактик может объясняться как упрощённостью модели, так и невозможностью теории конформной гравитации описать наблюдаемую динамику движения звёзд в галактиках.

Спасибо за внимание!

