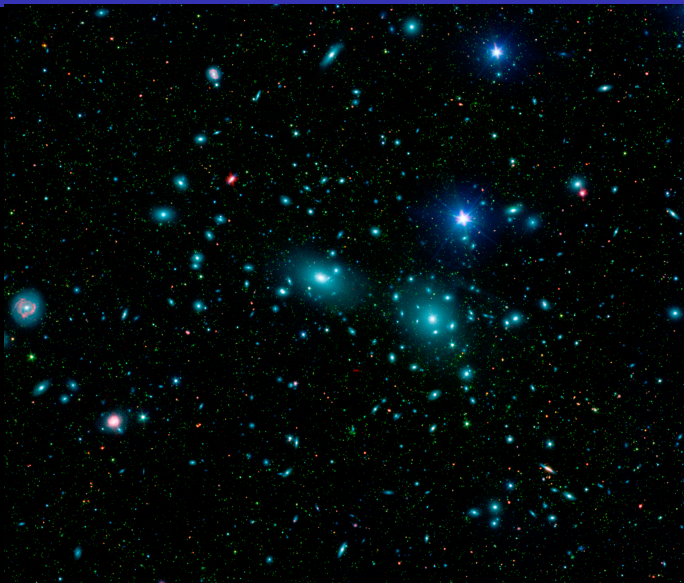


# Почему мы так уверены, что темная материя существует? (краткий обзор основных аргументов)

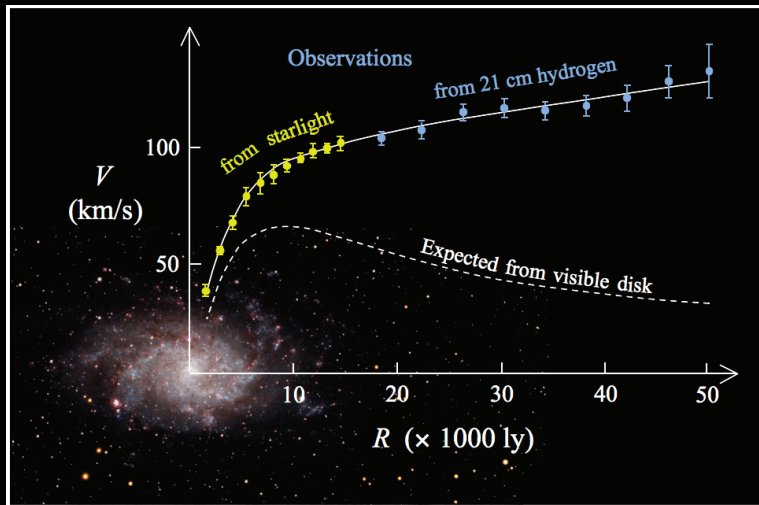
А. Н. Баушев

Лаборатория теоретической физики им. Боголюбова  
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

# Аргумент №1 (сильный): скрытая масса в скоплениях галактик



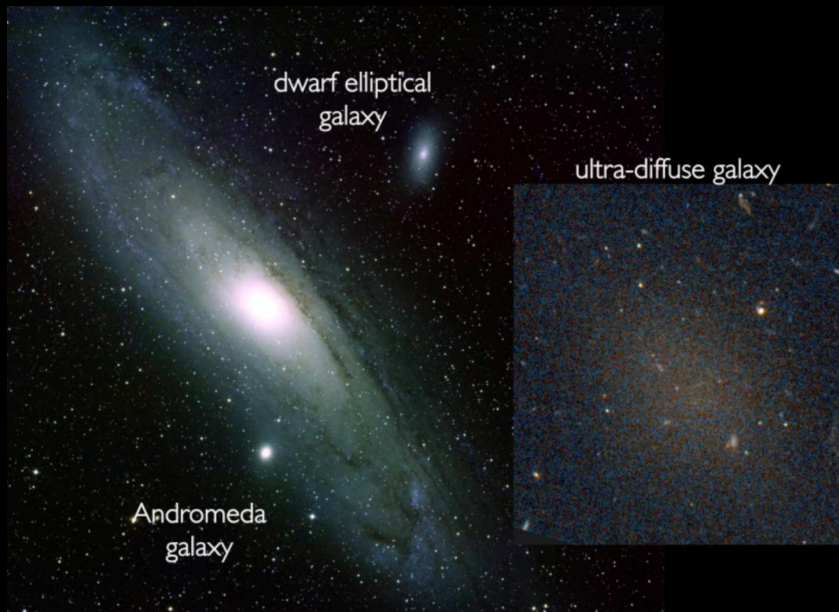
## Аргумент №2 (очень сильный): кривые вращения галактик



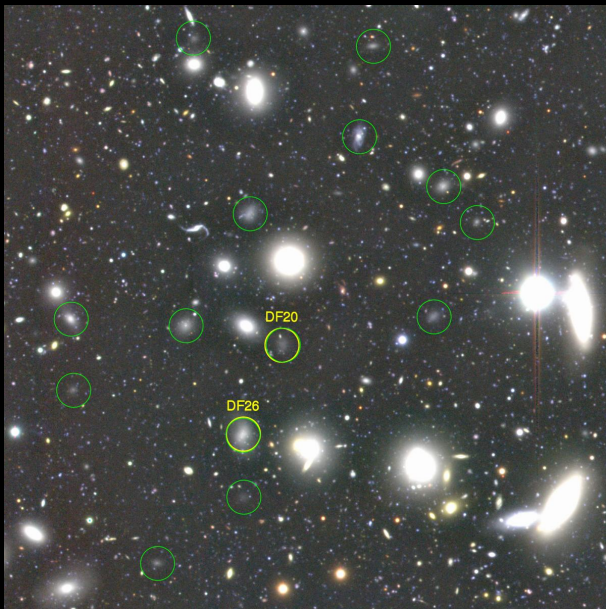
## Аргумент №3 (слабый): взаимодействующие галактики



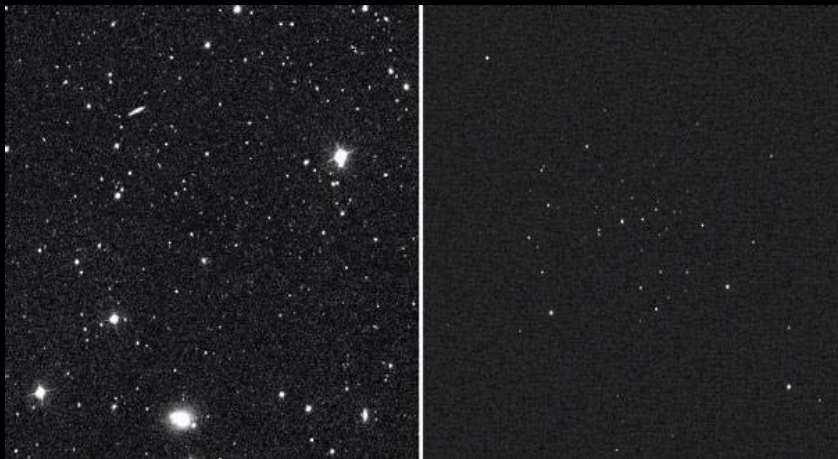
## Аргумент №4 (сильный): "Пустые" галактики (UDG)



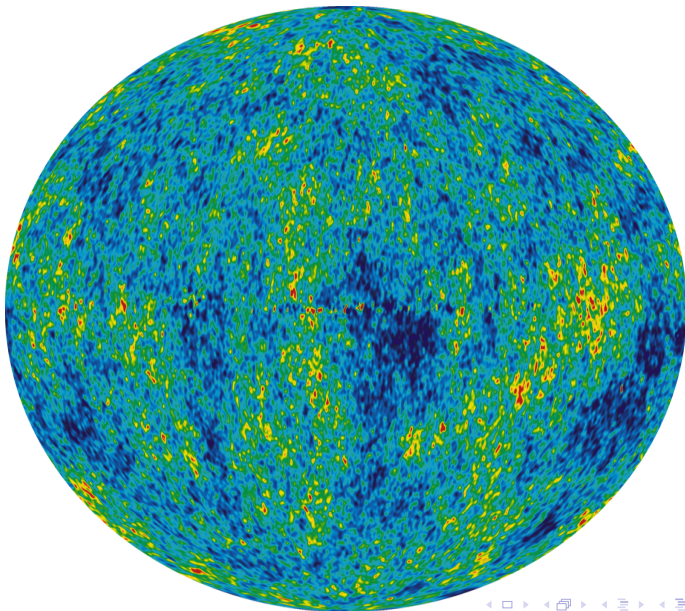
## Аргумент №4 (сильный): "Пустые" галактики (UDG)

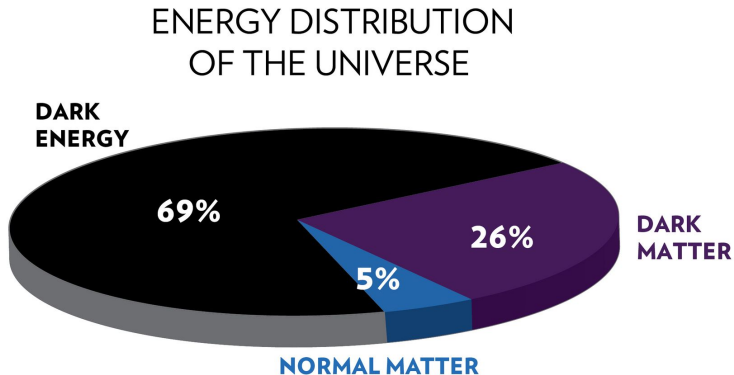


# Аргумент №5 (очень сильный): "Пустые" спутники Галактики

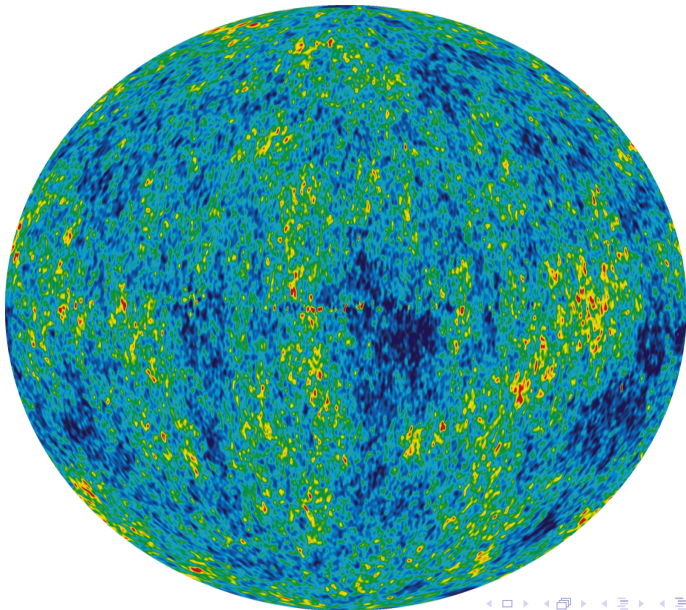


## Аргумент №6 (очень сильный): реликтовое излучение





## Аргумент №7 (очень сильный): рост структур



## Аргумент №7 (очень сильный): рост структур

Метрика Фридмановской вселенной в общем случае имеет вид  $ds^2 = c^2 dt^2 - a^2(t) dl^2$ , где  $a(t)$  - масштабный фактор. Вместо  $a(t)$  или  $t$  обычно используют красное смещение  $z + 1 = a_0/a(t)$ . Температура излучения во Вселенной  $T \propto a^{-1}(t) \propto (z + 1)$ .

Для реликтового излучения ( $z_r \sim 1200$ )  $\frac{\delta T}{T} \sim 10^{-5}$ .

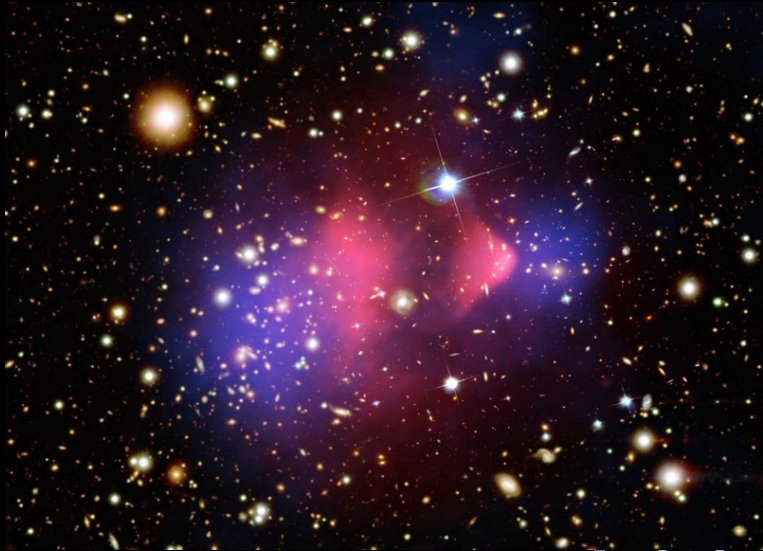
Относительное возмущение плотности "обычной" материи в этот момент  $\frac{\delta T}{T} \sim \frac{\delta \rho_b}{\rho_b} < 10^{-4}$ .

Из весьма общих соображений возмущения плотности после отсоединения реликтового излучения растут как  $\frac{\delta \rho}{\rho} \propto a(t)$ .

Если бы не было темной материи, возмущения плотности "обычного" вещества сейчас имели бы амплитуду

$$\frac{\delta \rho_b}{\rho_b} \sim z_r \cdot 10^{-4} \simeq 0.1.$$

# Аргумент №8 (очень сильный): скопление галактик 1E 0657-56 "Пуля"



Для объяснения большого массива результатов современных астрономических наблюдений необходима *либо*

1) **Темная материя** (какова бы ни была ее физическая природа)

*либо*

2) **Пересмотр законов гравитации и (или) законов динамики и других фундаментальных физических законов.** Приемлемые предложения такой модификации законов, объясняющие весь массив наблюдательных данных, в настоящее время отсутствуют.