

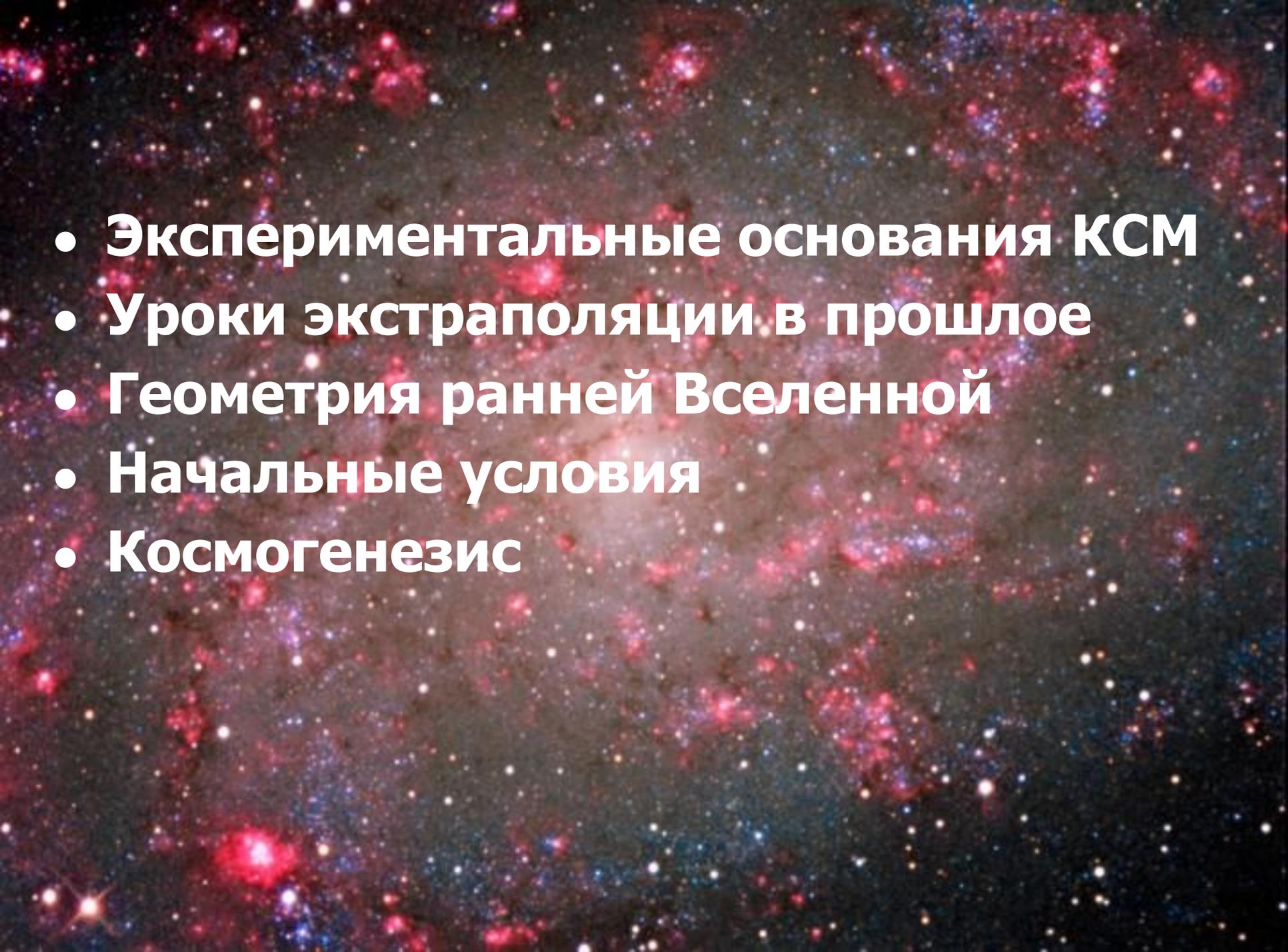
*СПАС 2 ноября 2011*

**Геометрии с интегрируемой  
сингулярностью:  
черные/белые дыры и  
астрогенные вселенные**

*В. Н. Лукаш, В. Н. Строков*

*со: Е. В. Михеева*

*Астрокосмический Центр ФИАН*

- 
- **Экспериментальные основания КСМ**
  - **Уроки экстраполяции в прошлое**
  - **Геометрия ранней Вселенной**
  - **Начальные условия**
  - **Космогенезис**



# **Стандартная модель**

**Структурированная материя – ТМ (25%)**

**Неструктурированная материя – ТЭ (70%)**

# Экспериментальные основания КСМ



**Где находится небарионная ТМ ?**

**Ответ: Небарионная ТМ находится  
в гравитационно-связанных системах**

**слабовзаимодействующие частицы  
не диссипируют как барионы**

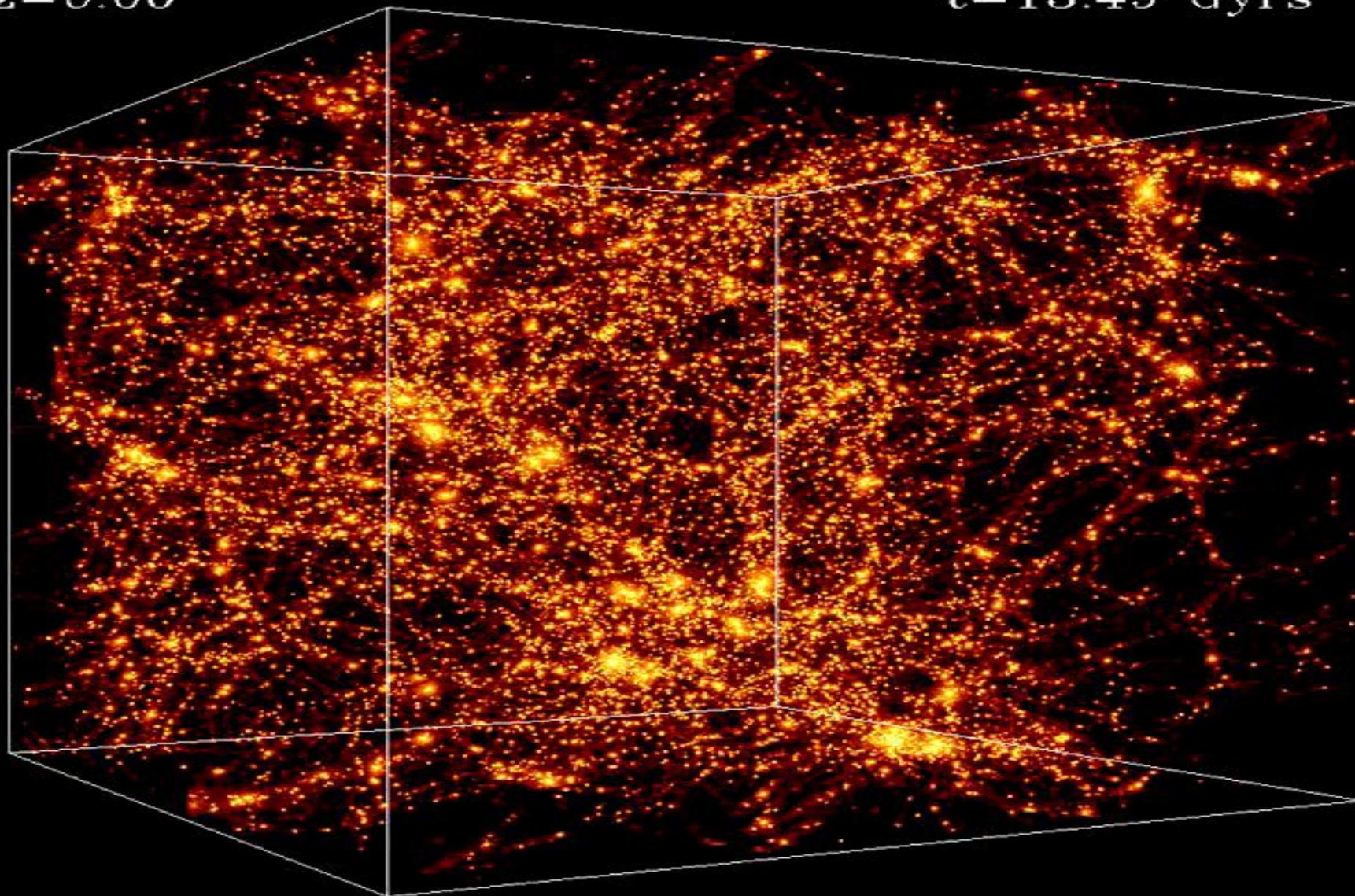
**Барионы радиационно остывают и оседают к центрам  
галактик, достигая вращательного равновесия**

**Темная материя группируется вокруг светящегося  
вещества галактик в масштабе около 200 кпк**

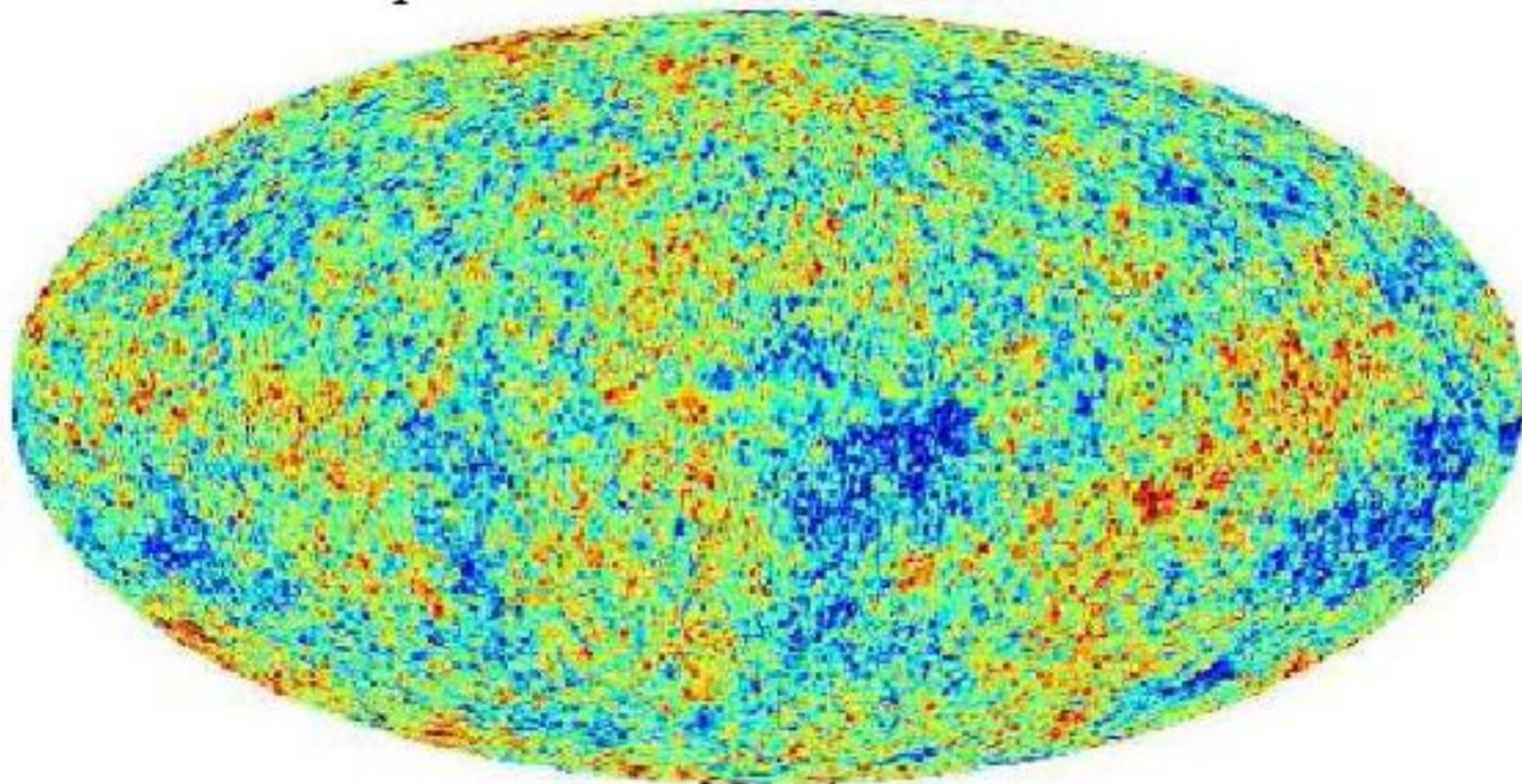
# Моделирование структуры

$z=0.00$

$t=13.49$  Gyrs



$$T = 2.725^{\circ}\text{K}, \quad \frac{\delta T}{T} \sim 10^{-5}$$



- 200 $\mu$ K

200 $\mu$ K

WMAP

**Наблюдаем развитие структуры во  
времени → определяем независимо**

**начальные условия**

**геометрию ранней Вселенной**

**и условия развития**

**космологическую модель**

# Геометрия ранней Вселенной

(начальная структура гравитационного поля и энергии-импульса материи)

- Нулевой порядок *диаграмма Хаббла*

$\mathbf{a}(t)$

- Первый порядок *структура*

**S-мода** (возмущения плотности)

$\mathbf{S}(\mathbf{k})$

**T-мода** (гравитационные волны)

$\mathbf{T}(\mathbf{k})$

**V-мода** (вихревые возмущения )

$\mathbf{V}(\mathbf{k})$

Ранняя Вселенная детерминирована !

# Нулевой порядок

$$\frac{H}{H_0} = 10^{61} \frac{H}{M_P} = \left( \frac{10^{-4}}{a^4} + \frac{0.3}{a^3} + 0.7 \right)^{1/2} \Rightarrow \frac{10^{-2}}{a^2}$$

$$\gamma \equiv -\frac{\dot{H}}{H^2} = \frac{2 \times 10^{-4} + 0.4}{10^{-4} + 0.3a + 0.7a^4} \subset (2, 0.4)$$

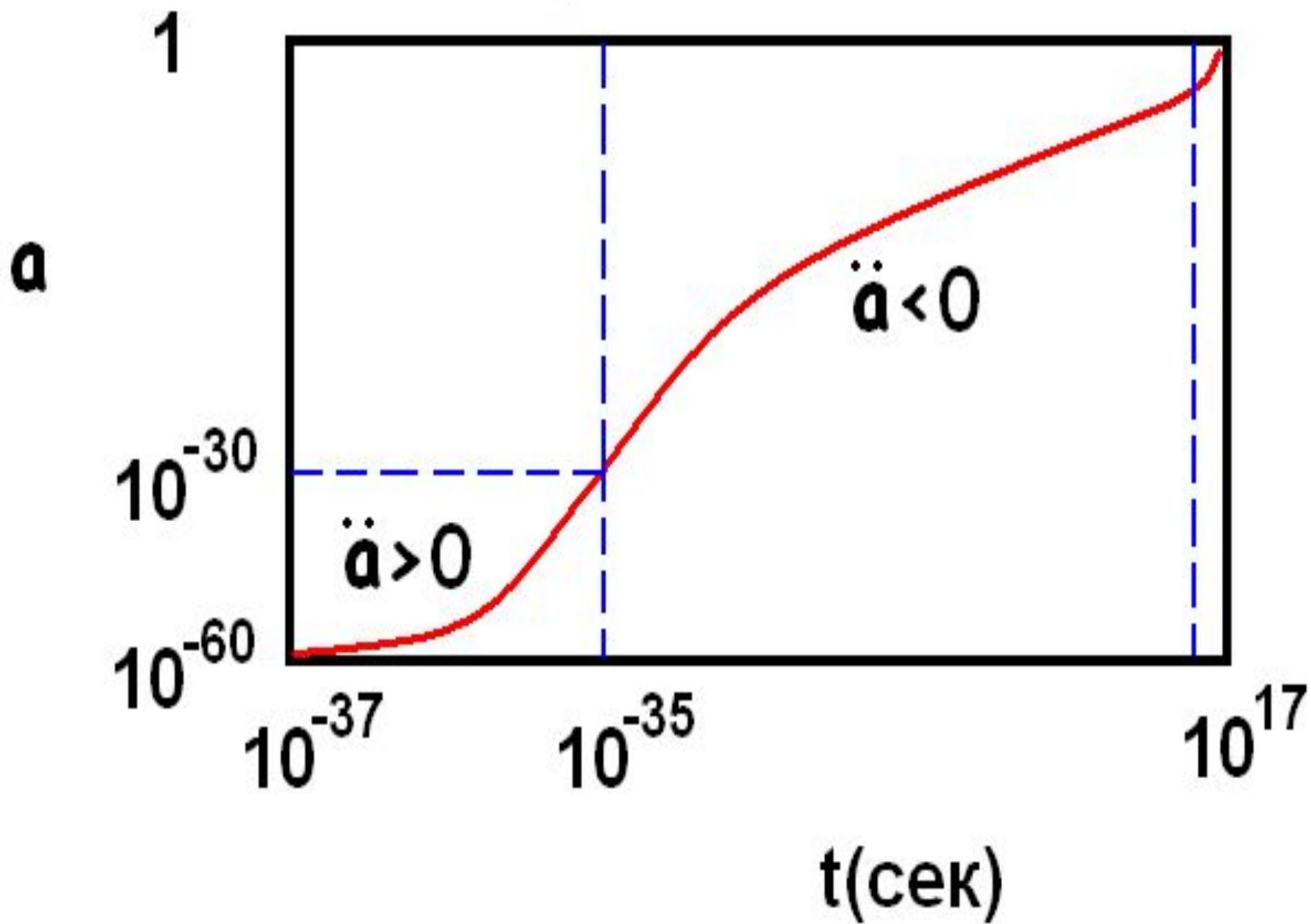
$$H_0^{-1} = 14 \text{ Gyr} = 10^{33} \text{ eV}^{-1}$$

$$M_P = 10^{19} \text{ GeV} = 10^{33} \text{ cm}^{-1}$$

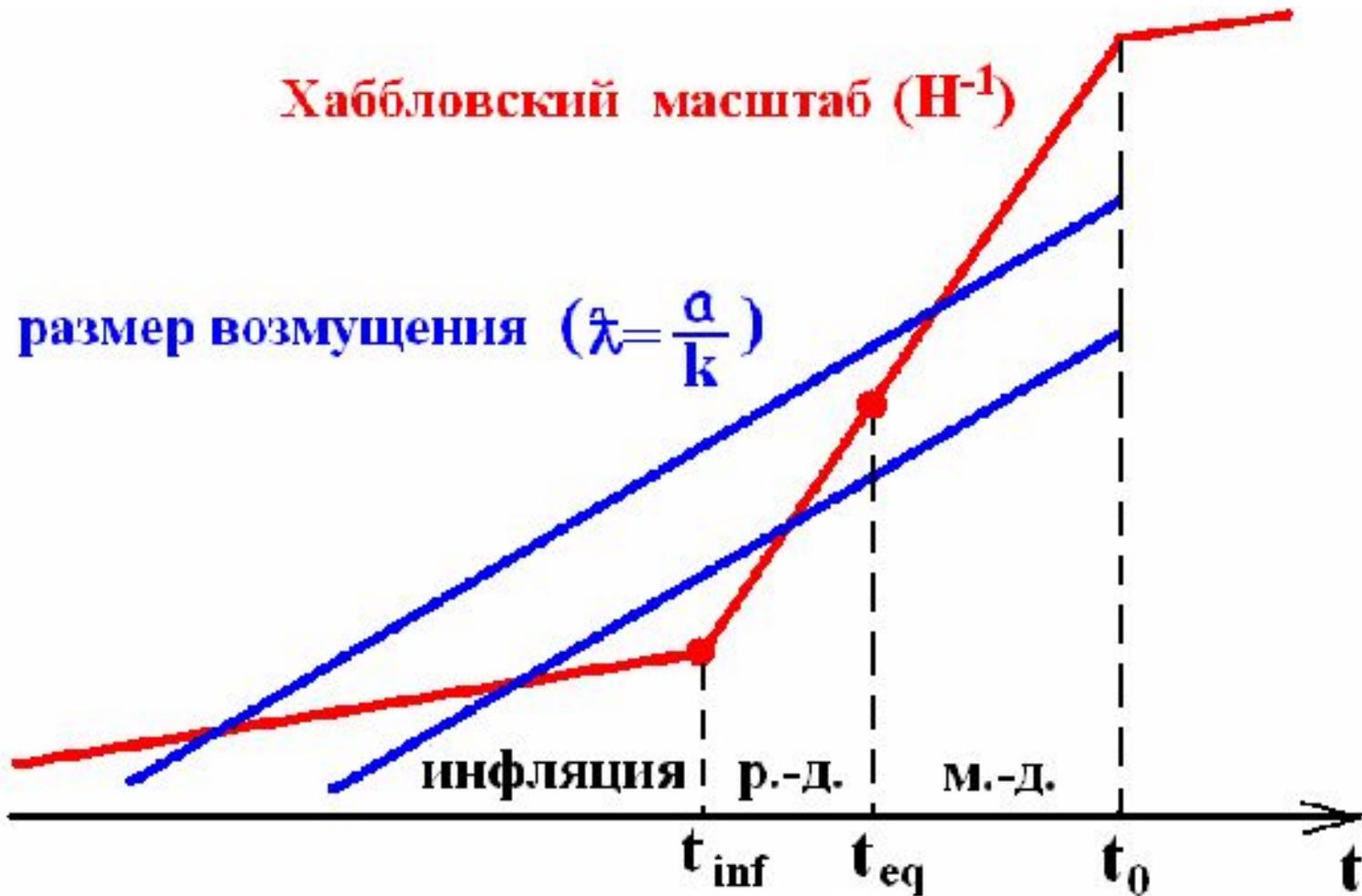
# **урок 1: Вселенная большая**

**С начала радиационно доминированной стадии физический размер Вселенной превосходил фундаментальный масштаб в  $10^{30}$  раз**

**Столь большой фактор можно объяснить существованием предшествовавшей короткой стадии инфляции ( $\gamma < 1$ )**



# урок 2: непричинные возмущения



# урок 3: гауссовы возмущения

## Первый порядок

**S** → затравка для структуры ТМ  
(галактики, скопления, войды..)

**S+T+V** → затравка для структуры РИ  
(анизотропия и поляризация)

$$T/S < 0,1$$

# Квантово-гравитационное происхождение начальных космологических возмущений

*рождение безмассовых полей из вакуума под  
действием гравитационного поля*

- **Рождение материи** (Гриб, Старобинский 1970e)
- **Генерация T-моды** (Грищук 1974)
- **Генерация S-моды** ( В Н Л 1980 )

Проблема генерации S и T мод  
космологических возмущений в модели  
Фридмана сводится к квантово-механической  
задаче об элементарных осцилляторах  $\omega = \beta k$ ,  
находящихся во внешней поле  $\alpha(\eta)$  в  
пространстве Минковского  $(\eta, x)$

$$S_k = \int L_k d\eta, \quad L_k = \frac{\alpha^2}{2k^3} (q'^2 - \omega^2 q^2)$$

$Q_T$  - поперечно-бесследовая компонента метрического тензора

$$\alpha^2 = \mathbf{a}^2 / 8\pi G, \quad \beta = 1$$

$Q_S$  - суперпозиция кулоновской компоненты грав. поля и потенциала скорости

$$\alpha^2 = \mathbf{a}^2 \gamma / 4\pi G \beta^2, \quad \beta = c_s / c$$

# Эволюция элементарных осцилляторов

$$\bar{q} = \frac{\alpha}{k} q, \quad U = \frac{\alpha''}{\alpha}, \quad \omega = \beta k, \quad \mathbf{f} \equiv U / \omega^2$$

$$\bar{q}'' + (\omega^2 - U) \bar{q} = 0$$

$$|\mathbf{f}| \ll 1$$

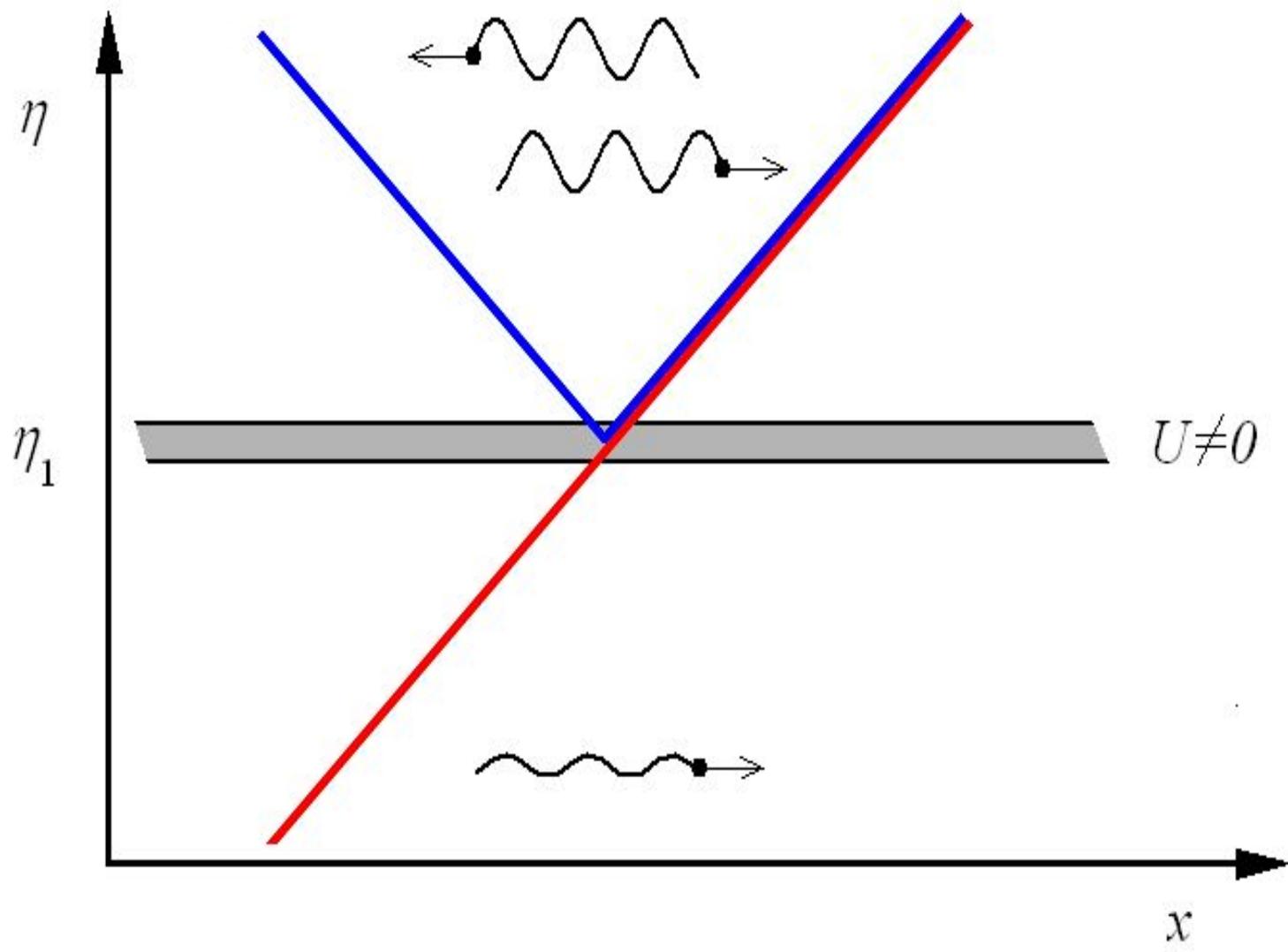
адиабатическая зона  
(свободные колебания)

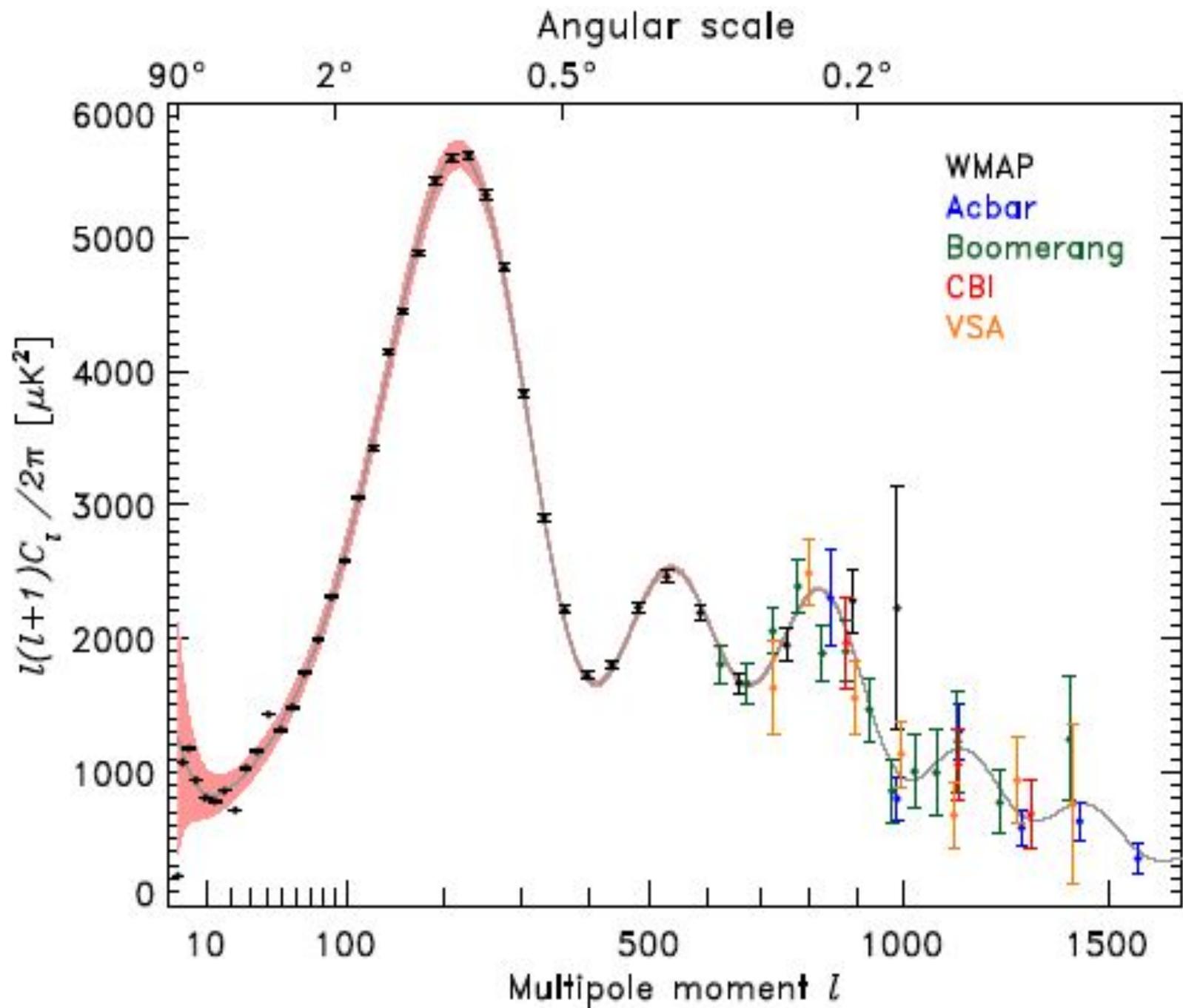
$$q \propto (\alpha \sqrt{\beta})^{-1} \exp\left(-i \int \omega d\eta\right)$$

$$\mathbf{f} \geq 1$$

параметрическая зона (заморозка)

$$q \propto \text{const}$$





# Общий результат

$$T = \frac{H^2}{M_{\text{P}}^2}, \quad \frac{T}{S} = 4\gamma$$

Ожидается ( $T/S < 0,1$ ):

$$H < 10^{13} \text{ ГэВ}, \quad \gamma < 0,02$$

*Инфляционный Большой взрыв ( $\gamma < 1$ )*

**Для рождения  $S$  нужны энергии  
Великого объединения**

**для генерации малого  $T/S$  нужна  
инфляционная ранняя Вселенная**

## урок 4: свидетельство ТМ

Происхождение ТМ связано  
с барионной асимметрией

подсказка:  $\epsilon_V \cong \epsilon_{TM}$  сейчас  
и в момент образования

# урок 5: свидетельство ТЭ

(структурный аргумент: КМС + РИ)

$$\rho_{\text{ТМ}} / \rho_{\text{с}} < 0,3$$

Более 70% энергии Вселенной остается  
нескученной  $\rightarrow p \approx -p$  (темная энергия)

**ТЭ - слабовзаимодействующая субстанция,  
заполняющая все пространство Вселенной**

***Сверхслабое поле***

*Принципиально ничем не  
отличается от инфлатона  
(только другие параметры)*

**Мы наблюдаем релаксацию полей**

Образование Вселенной это  
создание хаббловского потока

$$\dot{\mathbf{v}} = H \dot{\mathbf{r}}, \quad H = \dot{a} / a$$

$\dot{a} > 0$  (антиколлапс или инфляция)

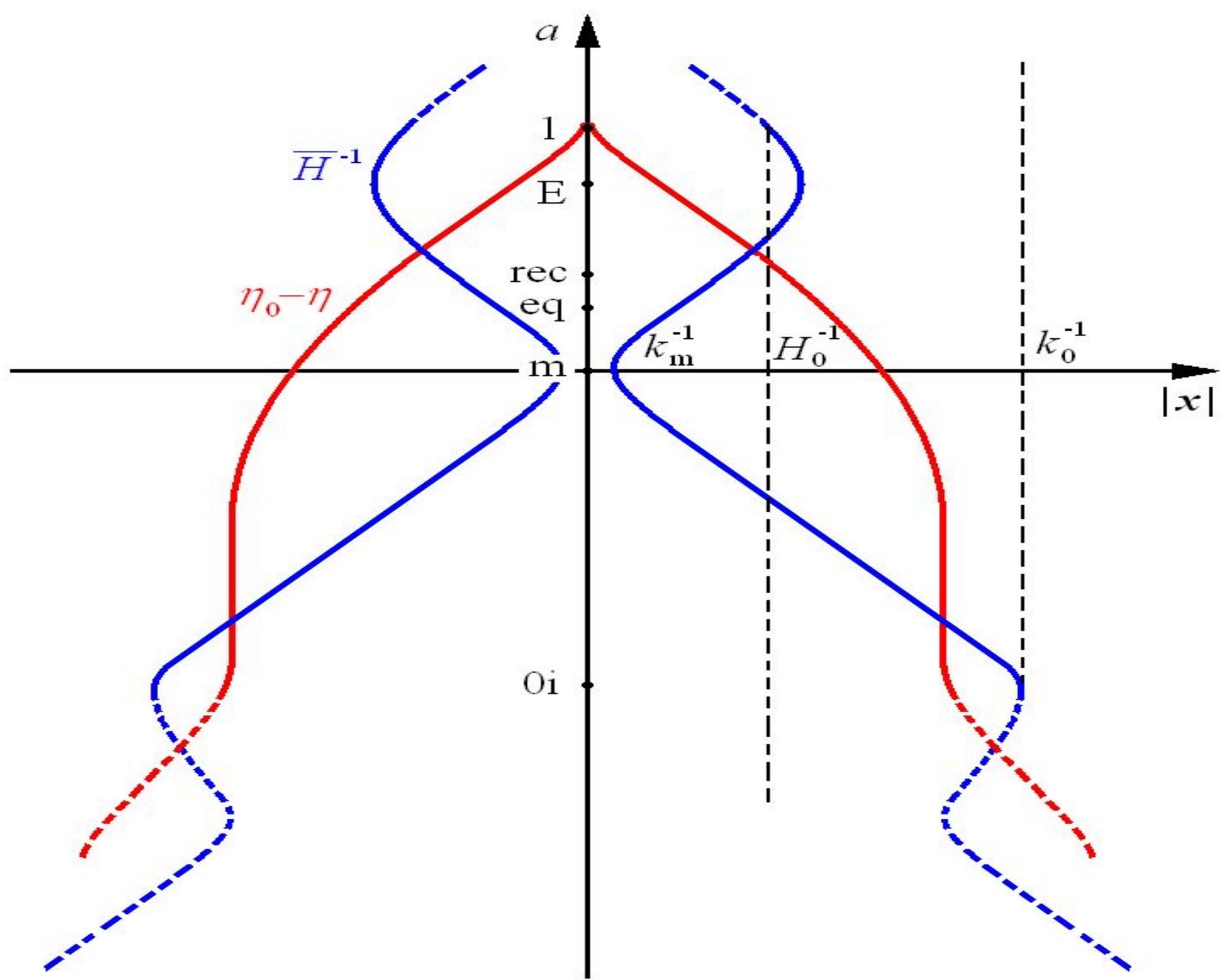
Образование структуры это  
разрушение хаббловского потока

$\dot{a} < 0$  (коллапс: гало, черные дыры)

# **урок 6: эволюция Вселенной**

- \* за 14 млрд лет - две стадии инфляции**
- \* их могло быть больше, сходные причины**
- \* простейшая причина стадий инфляции -  
сверхслабые массивные поля**
- \* инфляция создает и восстанавливает  
хаббловские потоки**

**История Вселенной это история  
образования и распада массивных полей**



# **урок 7: космогенезис**

**Космологический постулат (универс)**

**Множественные миры (мультиверс)**

**Инфляция не отвечает на вопросы**

**Как возникают большие плотности?**

**Почему происходит расширение?**

**Какова начальная симметрия?**

**Наша догадка: причина космологического расширения в гравитационной неустойчивости**

# *Парадигмы космогенезиса*

*Космологический постулат (universe: одн+изот)*

*Рождение Вселенной из «ничего» («ложный» вак)*

*Инфляция сама создает квазихаббловский поток*

*Множественные миры (multiverse на инфляции)*

*Вечная инфляция (субпланковские кривизны/плотности)*

**Космологический постулат заменен на постулаты (1)**

***сверхбольших кривизн/плотностей (2)***

***импульса на расширение материи***

# *Наша концепция космогенезиса*

*Множественные вселенные образуются в T-  
областях Ч/Б дыр в ходе коллапсе звезд ,  
скоплений и других компактных  
астрофизических объектов на конечном  
стадии их эволюции в материнской Вселенной*

# Основные положения

- (1) *Сверхбольшие кривизны/плотности достигаются в процессе **гравитационного коллапса***
- (2) *Импульс на расширение – **инверсия коллапса**  
Интегрируемые сингулярности в  $T$ -областях Ч/Б позволяют продлить геодезические через  $r = 0$  и восстановить геодезически полную геометрию*
- (3) *Квазихаббловский поток формируется из материи, рожденной **квантово-гравитационным** образом в  $T$ -областях Ч/Б дыр и подхваченной инфляцией*

# Интегрируемые сингулярности

Общая метрика в эйлеровых координатах:

$$ds^2 = N^2 (1 + 2\Phi) dt^2 - \frac{dr^2}{1 + 2\Phi} - r^2 d\Omega$$

$N, \Phi$  - действительные ограниченные функции  $(t, r)$

$$\Phi = -\frac{G m(t, r)}{r}, \quad m(t, 0) = 0$$

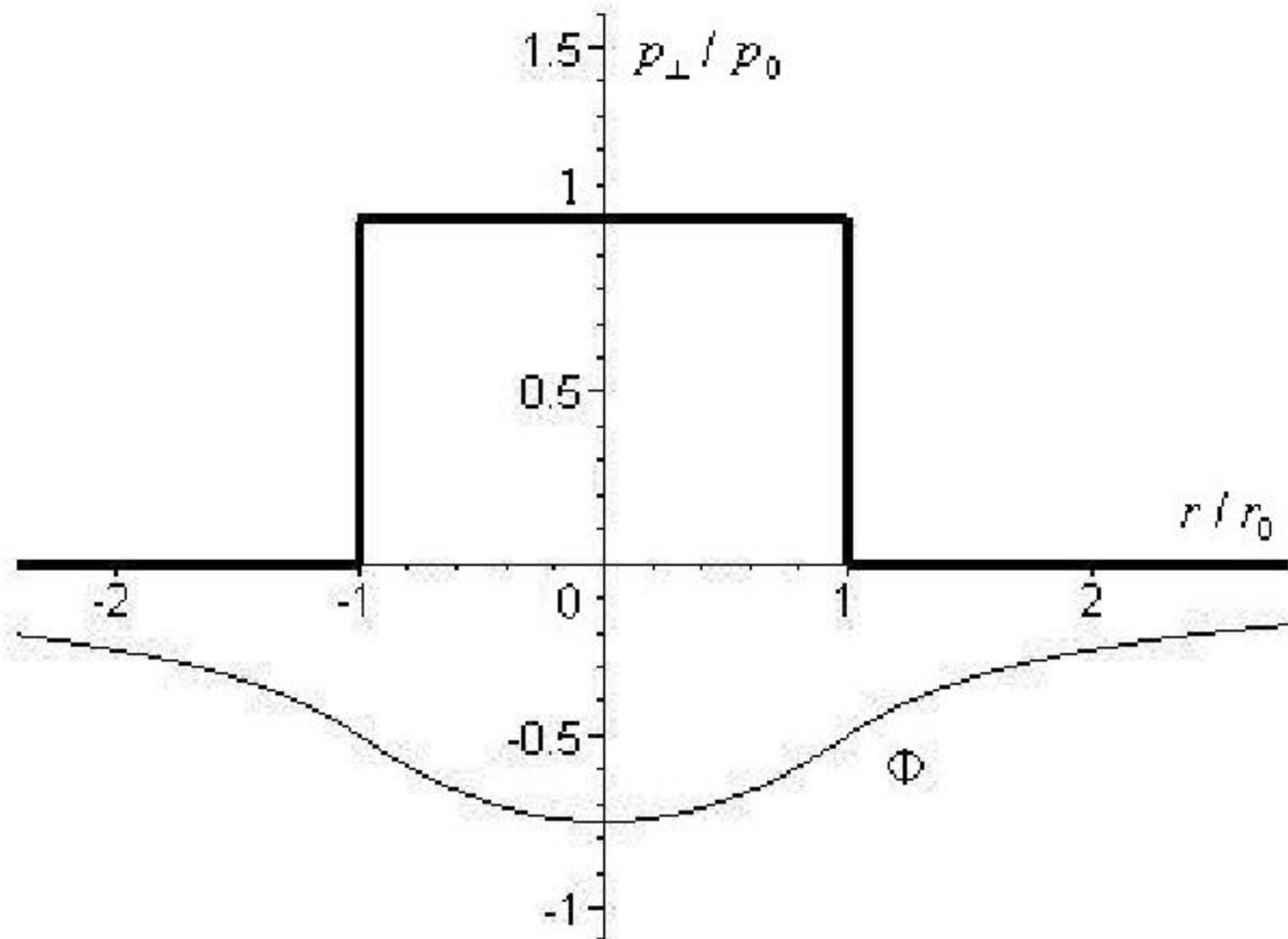
$$m(t, r) = 4\pi \int_0^r T_t^t r^2 dr$$

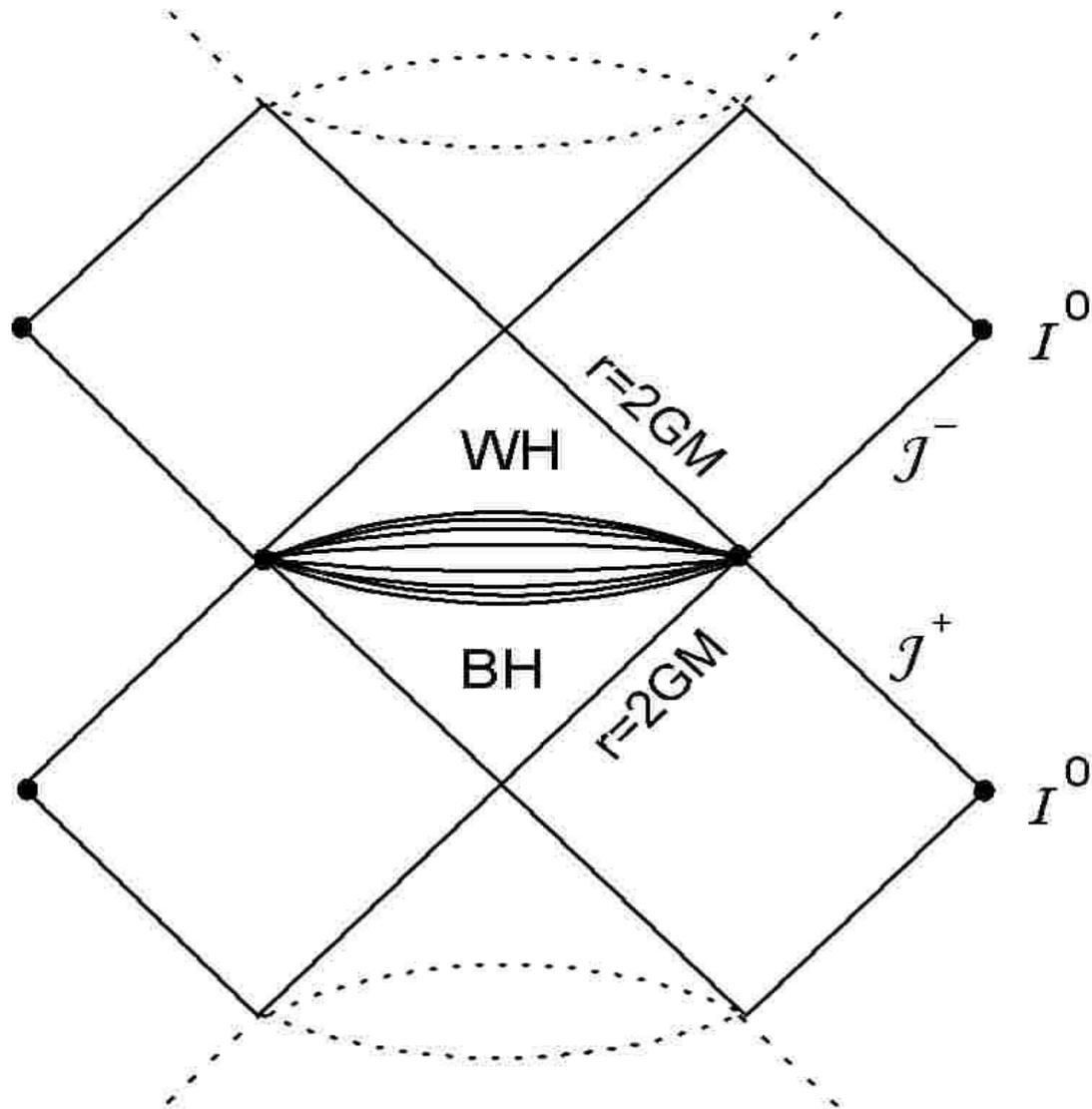
*интегрируемая функция в  $r = 0$*

$$\frac{d(\epsilon r^2)}{r dr} = -2 p_{\perp}$$

$$p_{\perp}^{(A)} = p_0 \cdot \theta(r r_0 - r^2) - p_1 \cdot \theta(-r)$$

$$p_{\perp}^{(B)} = p_0 \cdot \theta(r_0^2 - r^2)$$





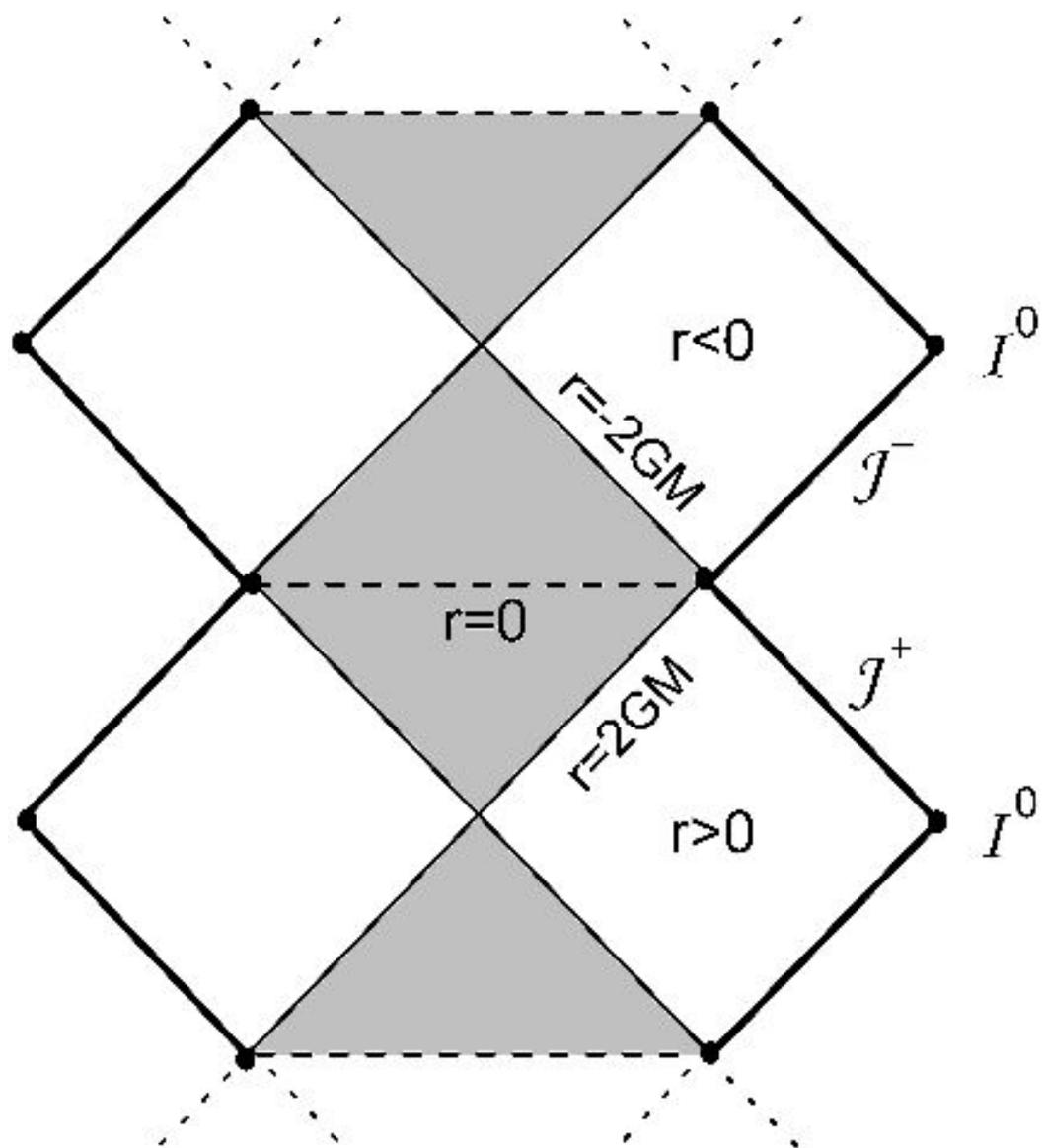
“Вечная” черная/белая дыра  
 (область, занятая материей  $r < r_0$ )

$$r_0 \rightarrow 0: \quad \varepsilon = 2p_{\perp} = M \frac{\delta(r)}{2\pi r^2}$$

$$r_0 \rightarrow 2GM: \quad H^{-1} = 2\sqrt{2GM}$$

$$r = -2GM \sin(H\tau), \quad \varepsilon = \frac{3H^2}{8\pi G} \cot^2(H\tau)$$

$$ds^2 = d\tau^2 - \frac{1}{2} \left( \cos^2(H\tau) dt^2 + \frac{\sin^2(H\tau)}{H^2} d\Omega \right)$$

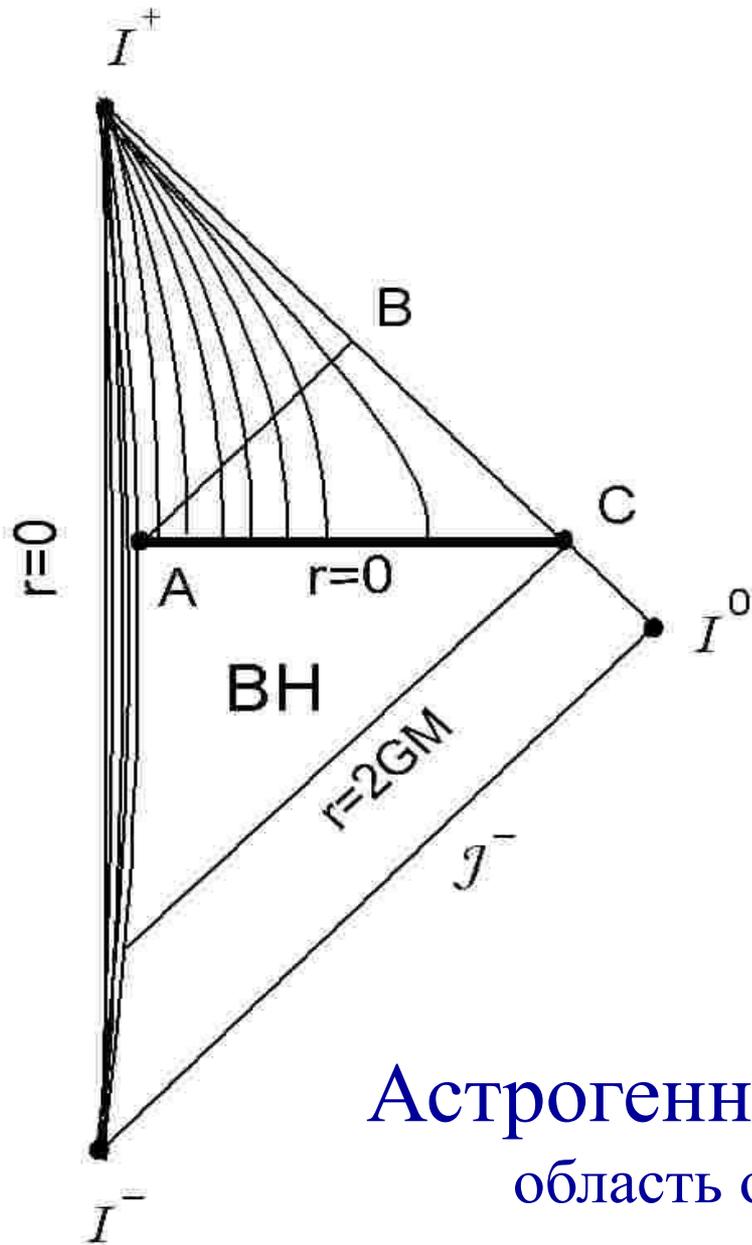


# Приливные силы конечны

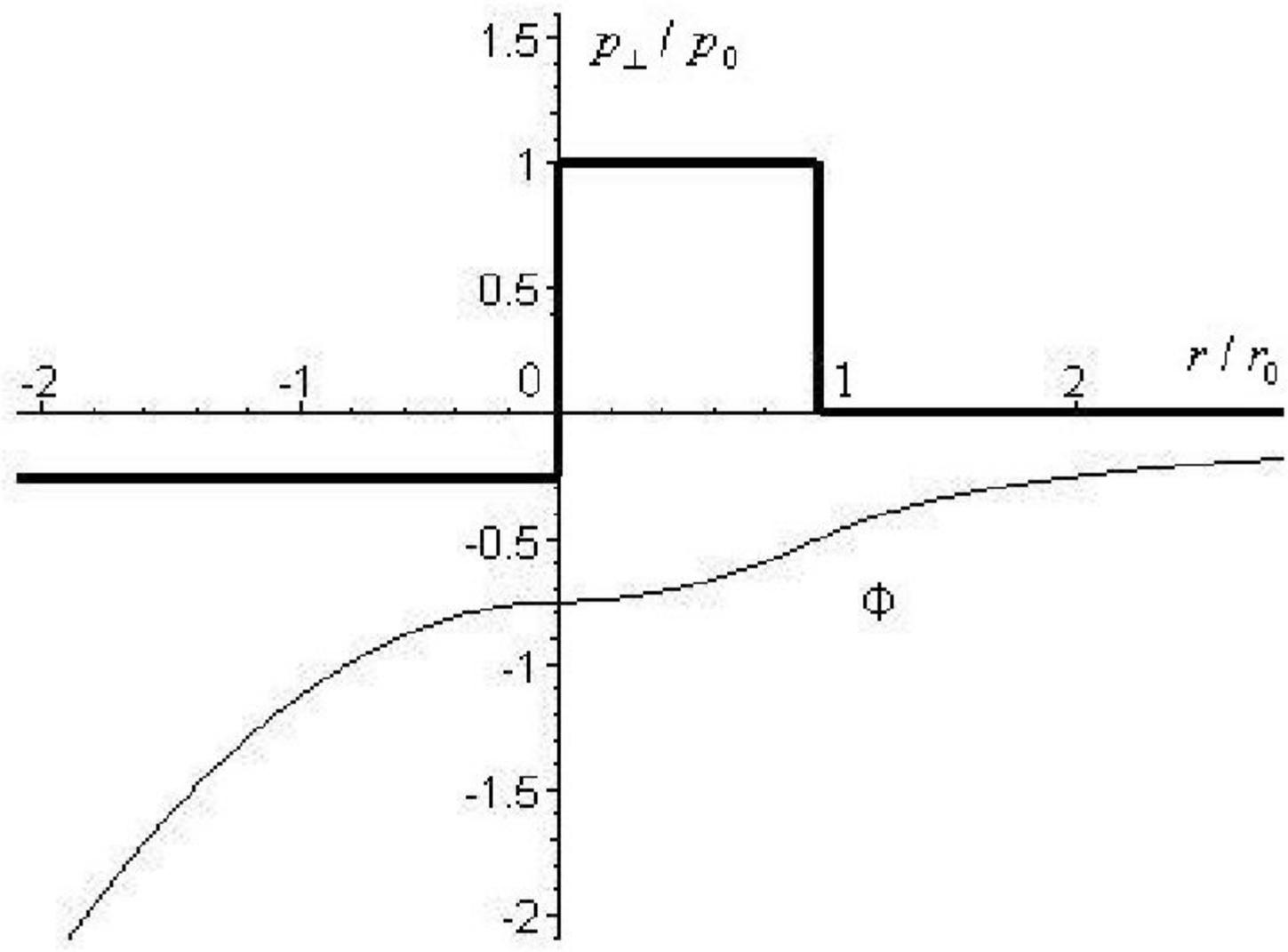
$$R_{\hat{t}\hat{r}\hat{t}\hat{r}} = \Phi'' \quad , \quad R_{\hat{t}\hat{\theta}\hat{t}\hat{\theta}} = R_{\hat{t}\hat{\phi}\hat{t}\hat{\phi}} = \frac{\Phi'}{r}$$

$$R_{\hat{\theta}\hat{\phi}\hat{\theta}\hat{\phi}} = -\frac{2\Phi}{r^2} \quad , \quad R_{\hat{r}\hat{\theta}\hat{r}\hat{\theta}} = R_{\hat{r}\hat{\phi}\hat{r}\hat{\phi}} = -\frac{\Phi'}{r}$$

$$\frac{D^2 \xi^i}{d r^2} = R_{\hat{r}\hat{i}\hat{r}\hat{j}} \xi^j \propto \frac{GM}{r_0} \xi^i$$



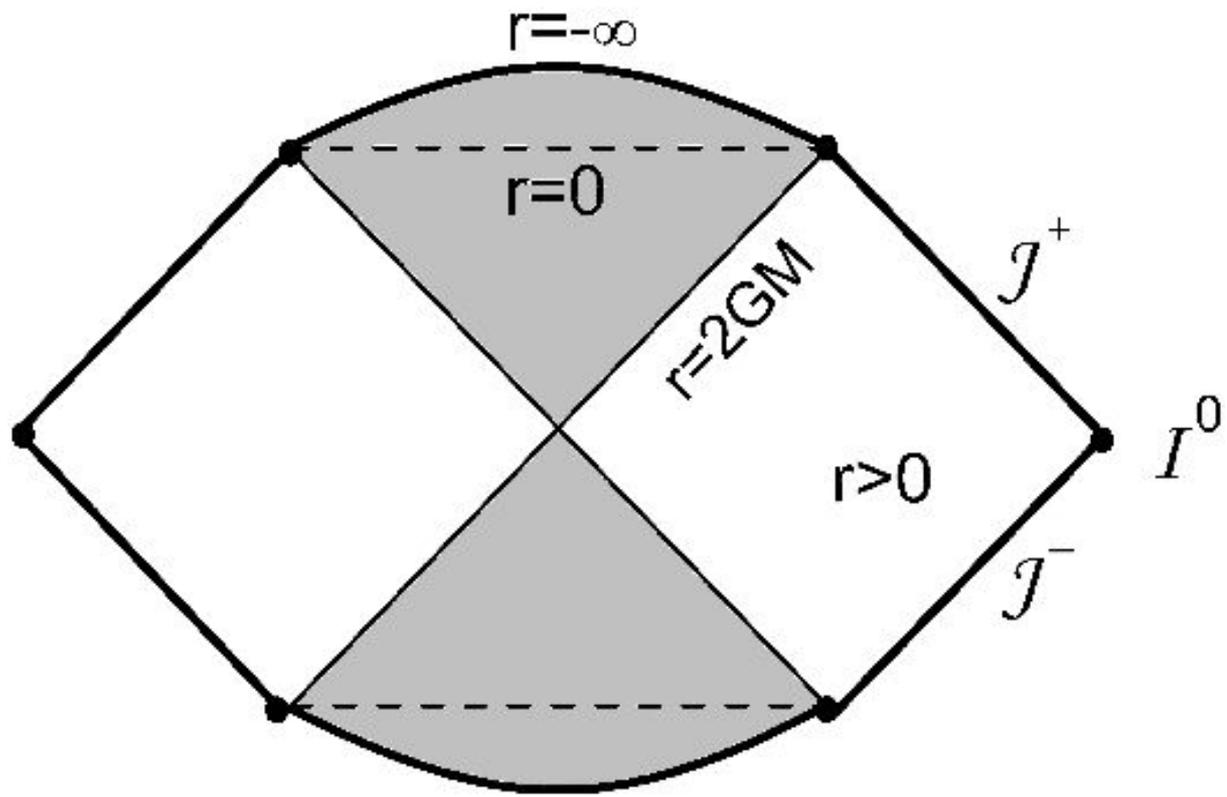
Астрогенная вселенная  $ABC$  –  
 область однородной космологии



$$r = -\frac{\sinh(H_1\tau)}{\sqrt{2}H_1}, \quad \varepsilon = \frac{3H_1^2}{8\pi G} \coth^2(H_1\tau),$$

$$ds^2 = d\tau^2 - \frac{1}{2} \left( \coth^2(H_1\tau) dt^2 + \frac{\sinh^2(H_1\tau)}{H_1^2} d\Omega \right)$$

$$H_1 = \sqrt{\frac{8\pi G p_1}{3}}$$



A large parabolic satellite dish antenna is shown inside a building. The dish is made of many small panels and is mounted on a complex metal structure. A central mast with a receiver is positioned at the focus of the dish. The building has a corrugated metal interior wall and a walkway with railings is visible in the background. The word "Выводы" (Conclusions) is written in large yellow Cyrillic letters across the center of the dish.

**Выводы**

*Экстраполяция стандартной  
космологической модели в прошлое  
позволила всем убедиться в  
детерминированности ранней Вселенной и  
восстановить ее начальные условия*

- (1) Сверхбольшие кривизны/плотности
- (2) Импульс в сторону расширения
- (3) Квазихаббловский поток материи

# *Астрогенная космология*

**генераторами многочисленных  
вселенных являются коллапсирующие  
компактные объекты, завершившие  
эволюцию в материнской Вселенной**