

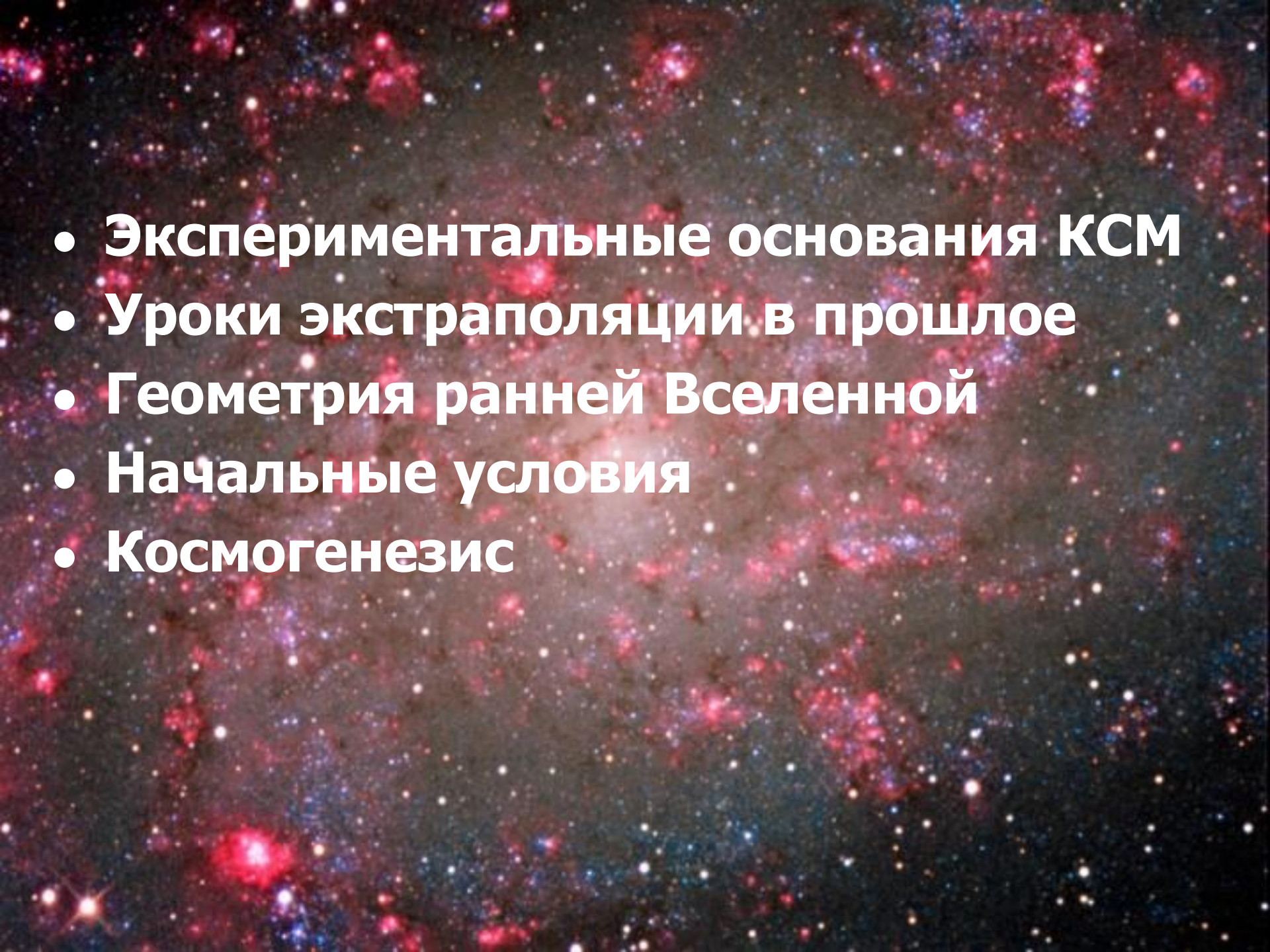
СПАС 2 ноября 2011

**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**

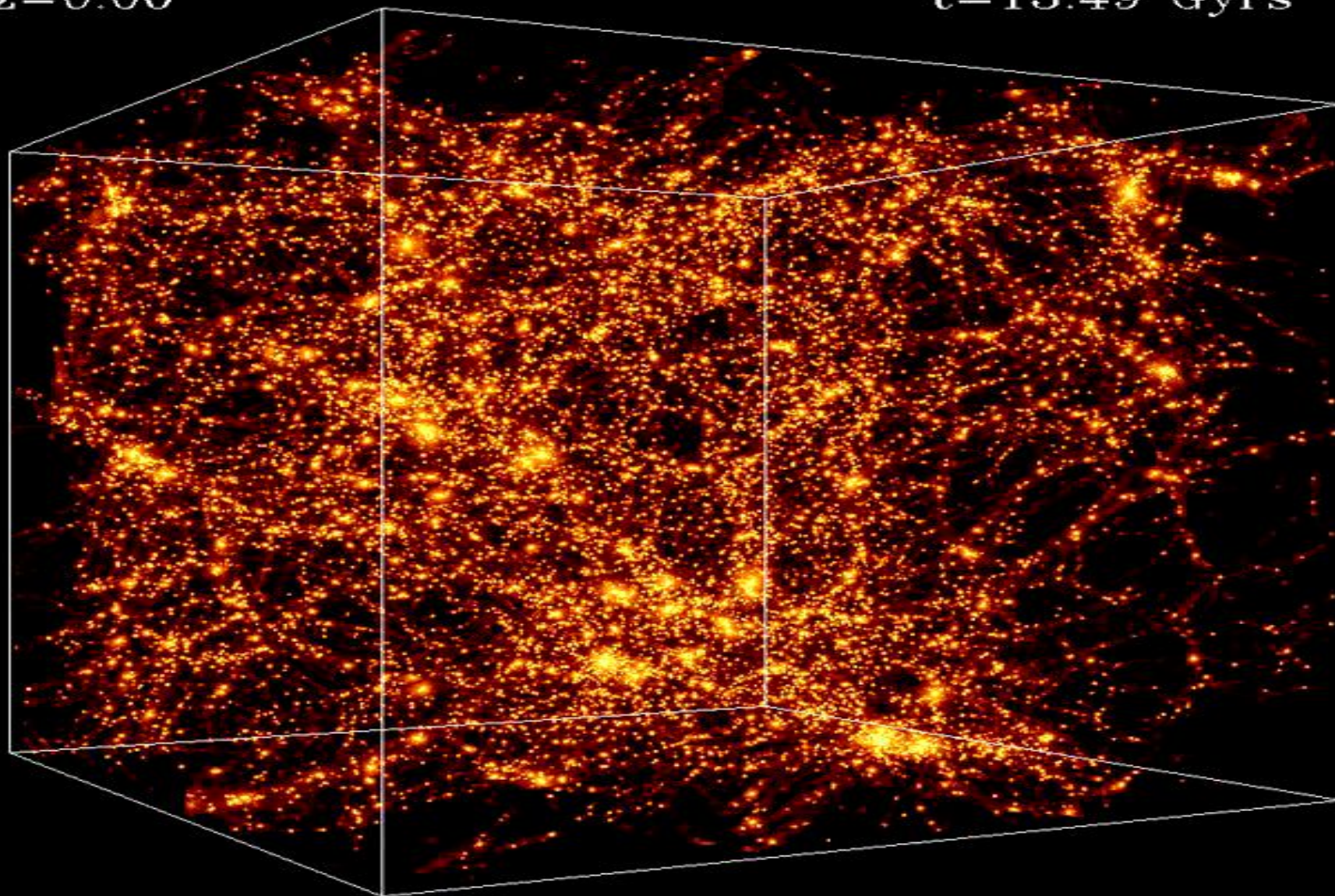
**Барионы радиационно остывают и оседают к центрам
галактик, достигая вращательного равновесия**

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

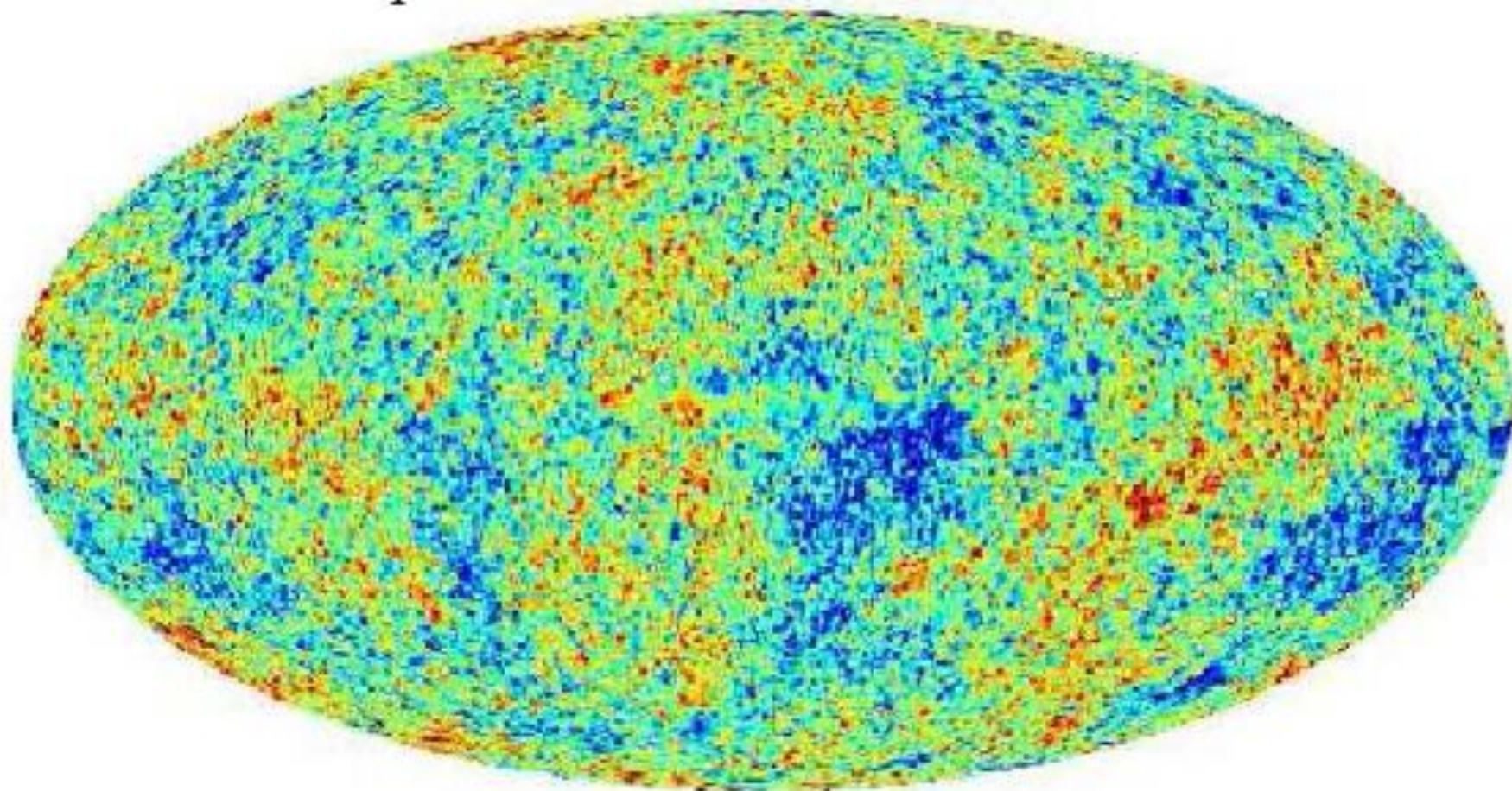
Моделирование структуры

$z=0.00$

$t=13.49$ Gyrs



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



- 200 μ K

200 μ 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

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

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

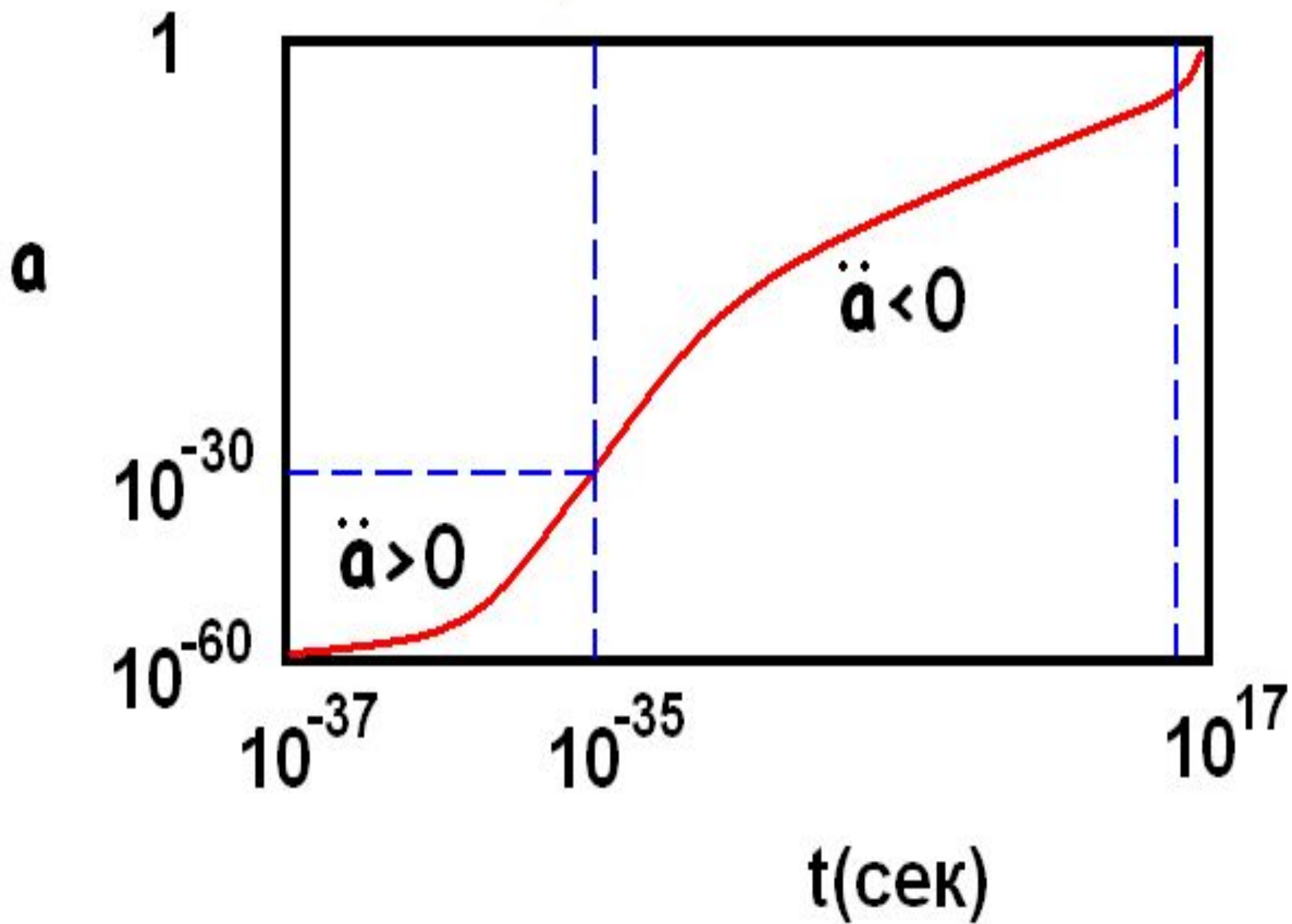
$$H_0^{-1} = 14 \text{ Gyr} = 10^{33} \text{ eV}^{-1}$$

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

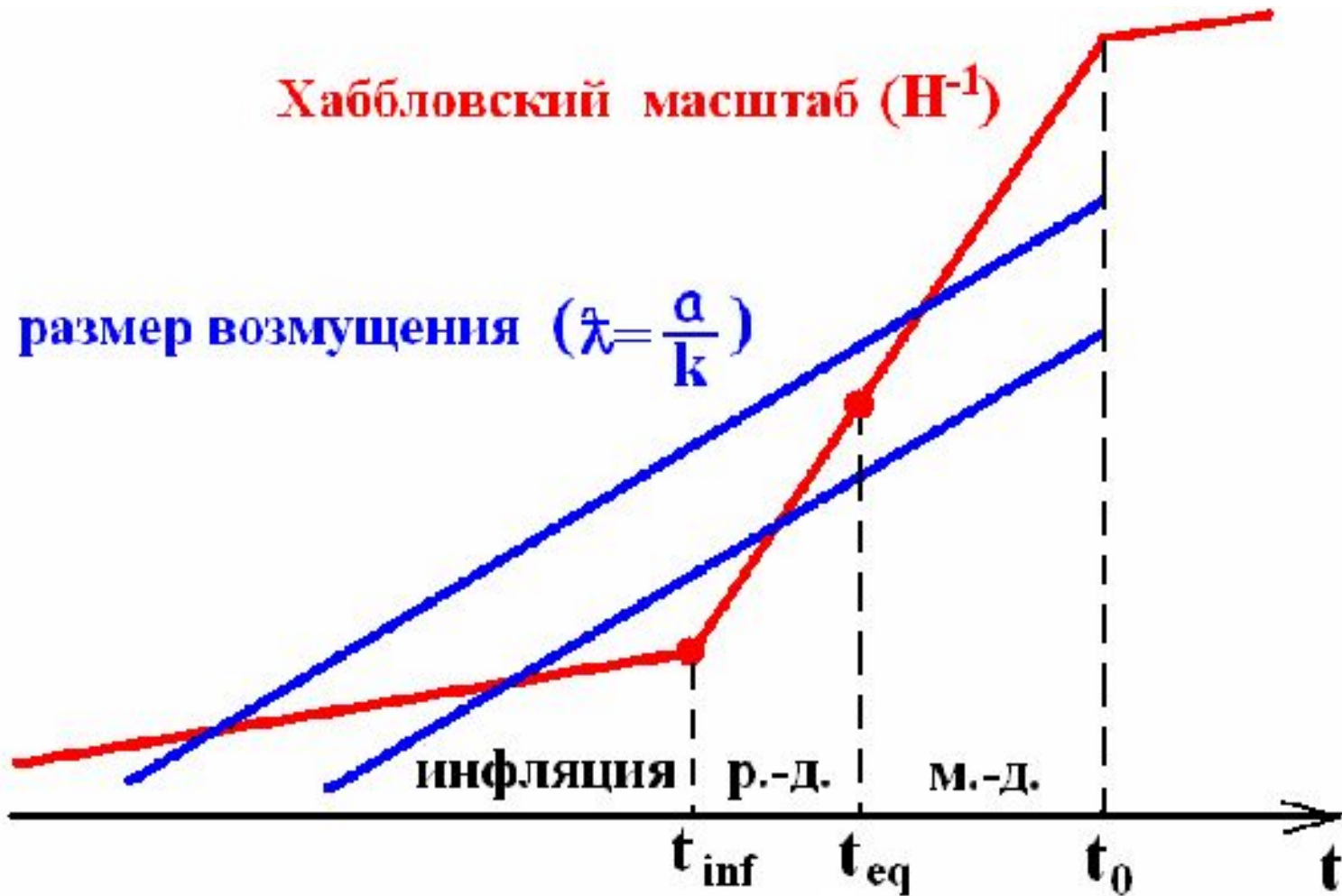
урок 1: Вселенная большая

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 → заправка для структуры ТМ
(галактики, скопления, войды..)

S+T+V → заправка 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 Фрийдмана сводится к квантово-механической задаче об элементарных осцилляторах $\omega = \beta k$, находящихся во внешней поле $\alpha(\eta)$ в пространстве Минковского (η, 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

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

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

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

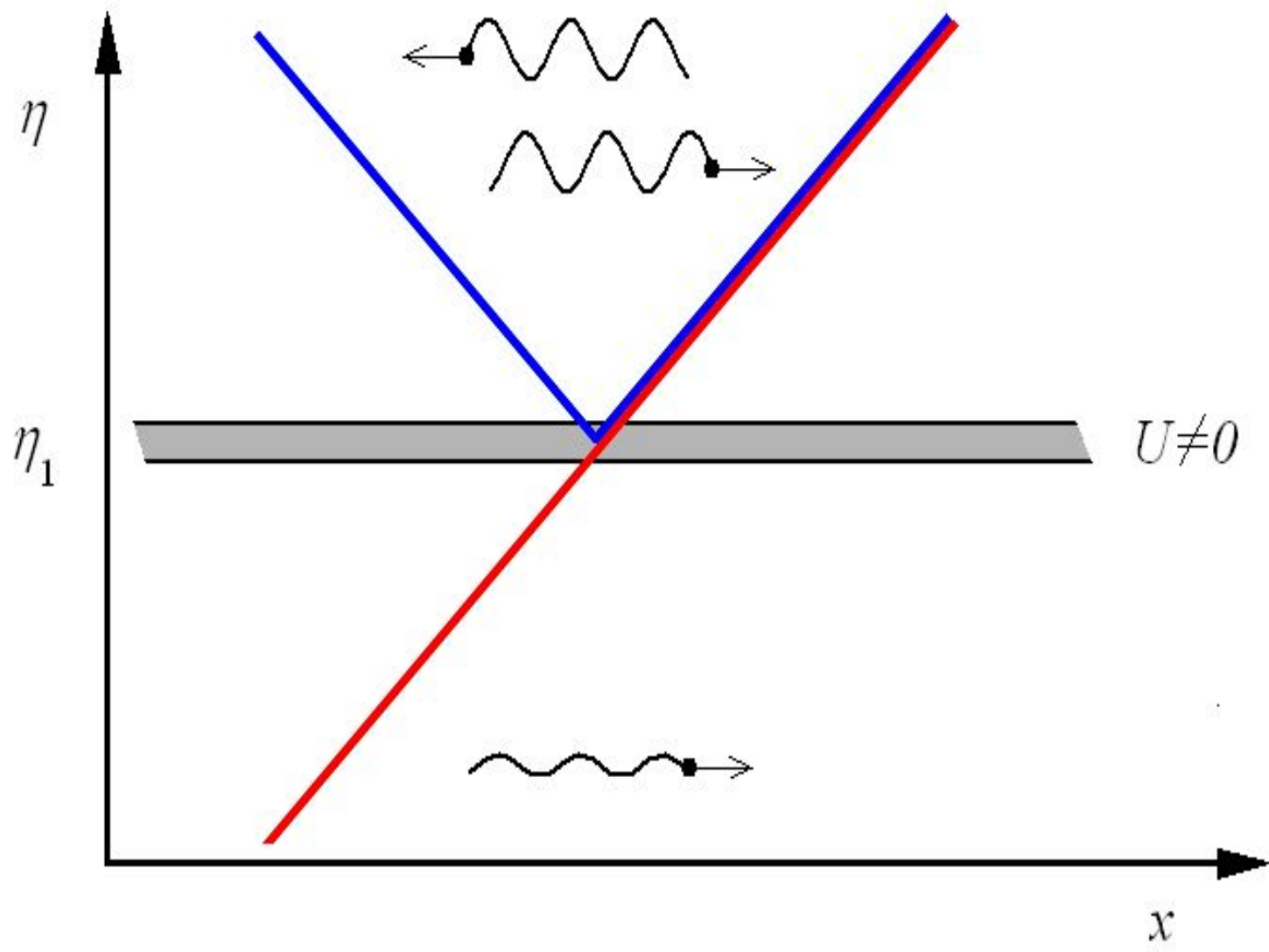
адиабатическая зона
(свободные колебания)

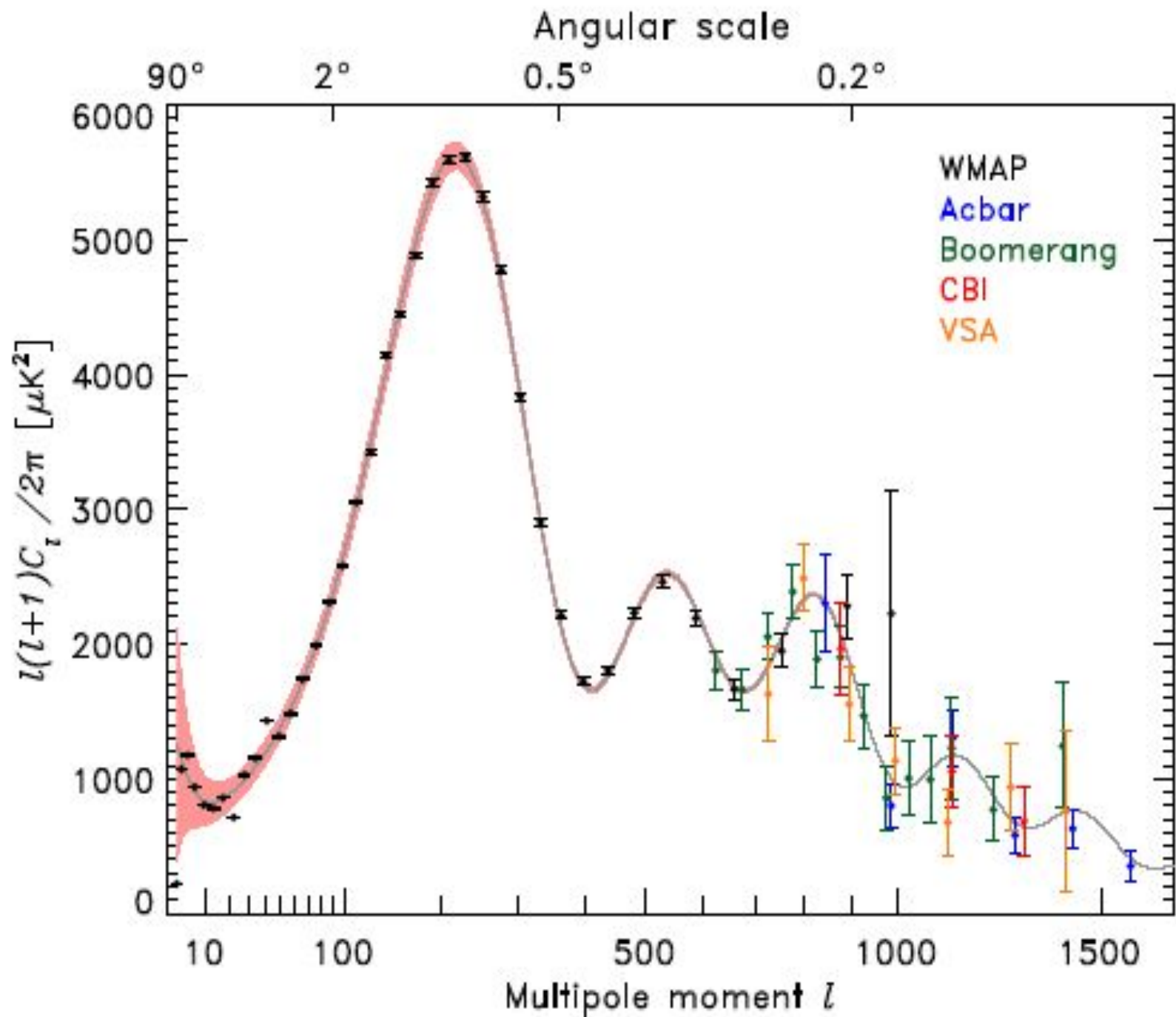
$$q \propto (\alpha \sqrt{\beta})^{-1} \exp\left(-i \int \omega d\eta\right)$$

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

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)

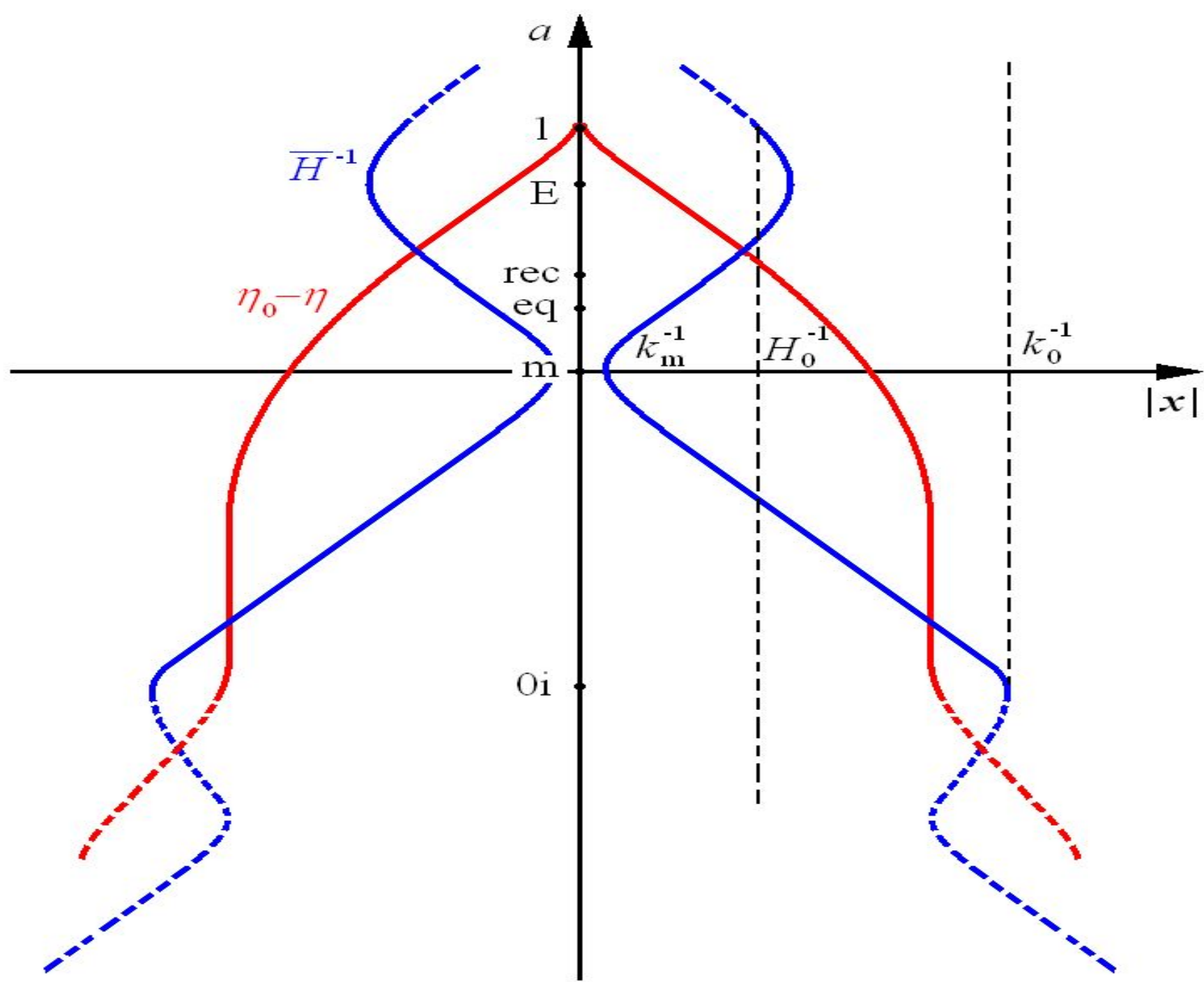
Образование структуры это
разрушение хаббловского потока

$\dot{a} < 0$ (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/пло)

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 коллапса 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, Φ - действительные ограниченные функции (t, r)

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

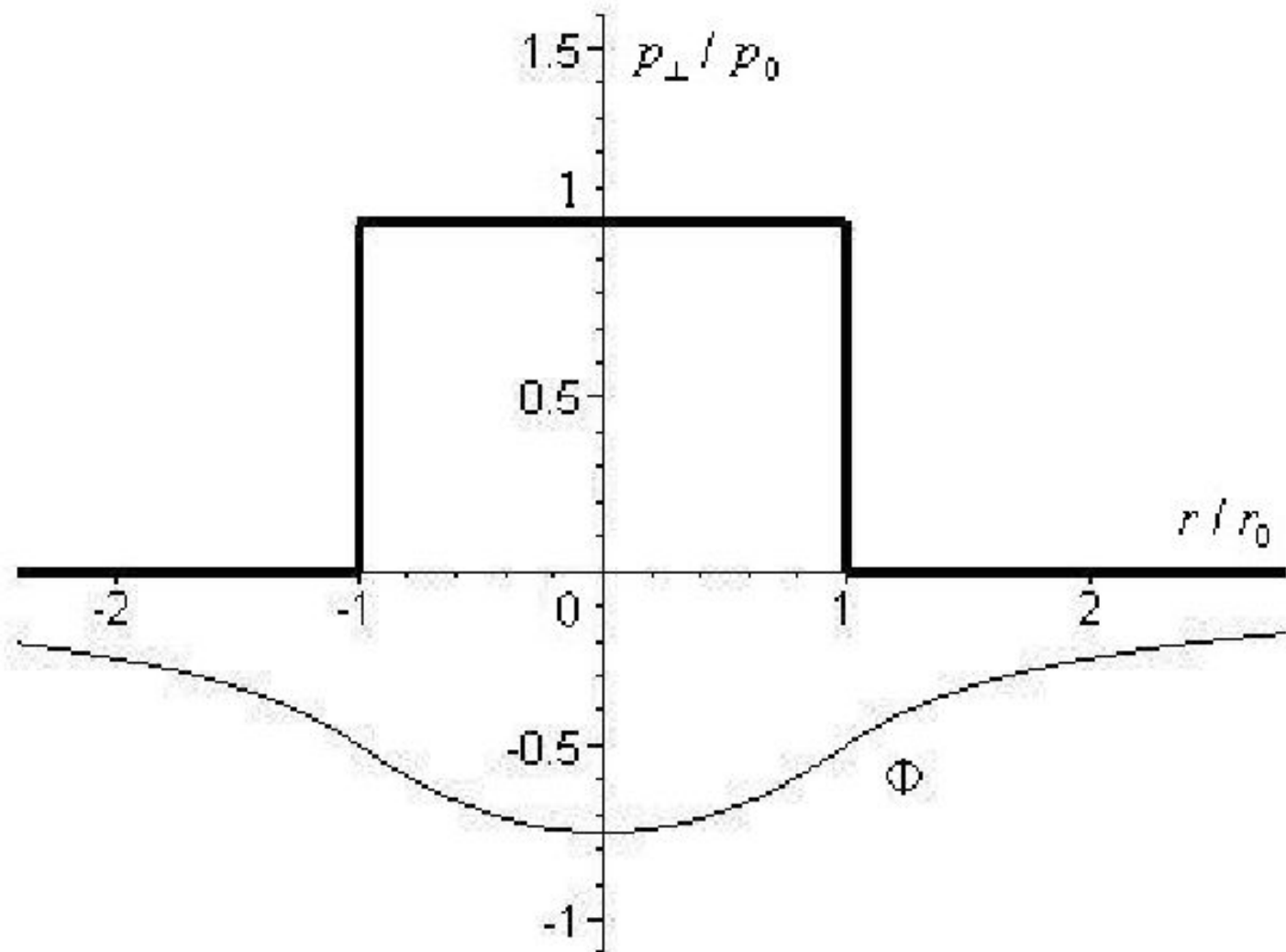
$$m(t, r) = 4\pi \int_0^r T_t^t r^2 dr$$

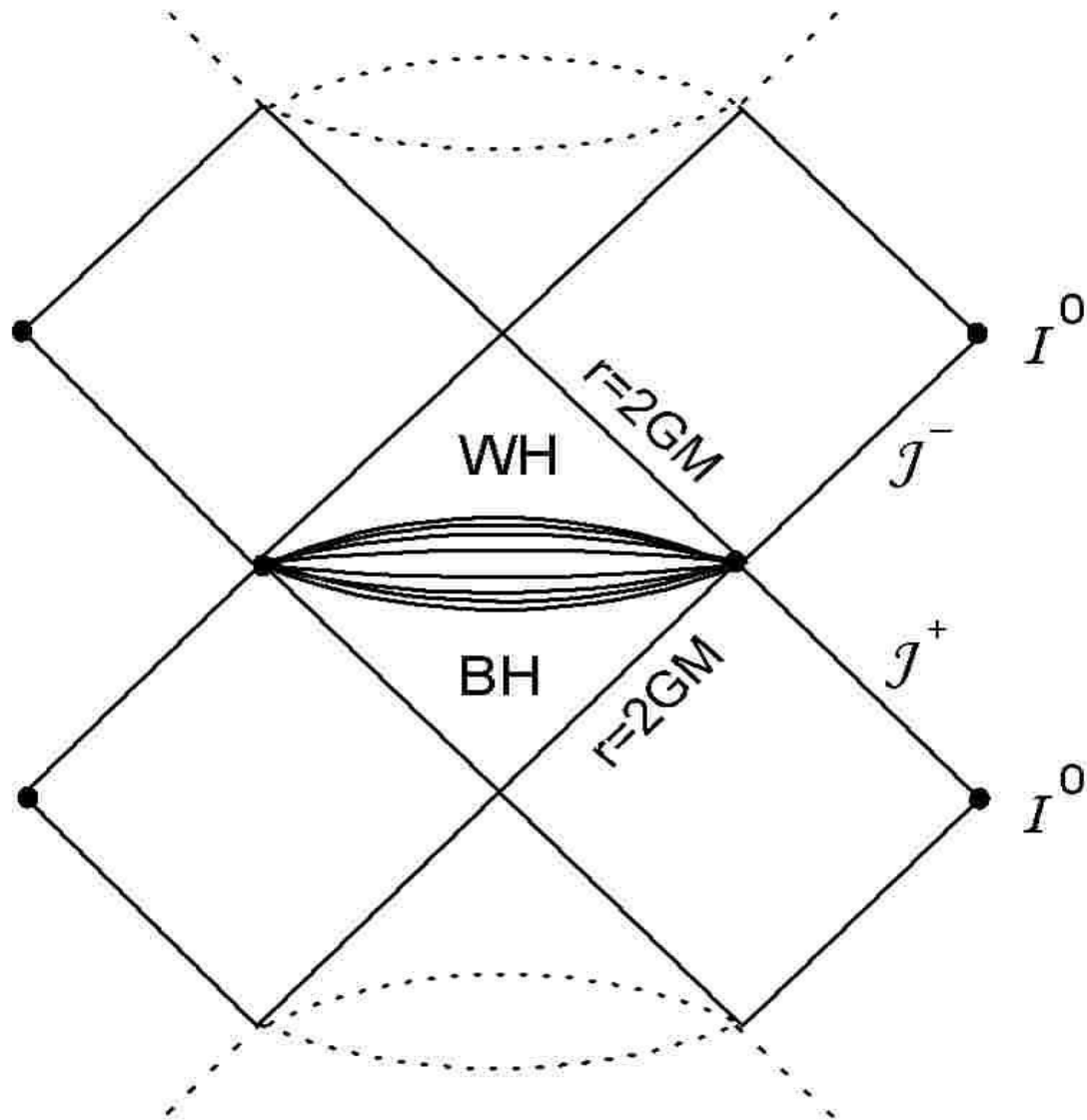
интегрируемая функция в $r = 0$

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

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

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





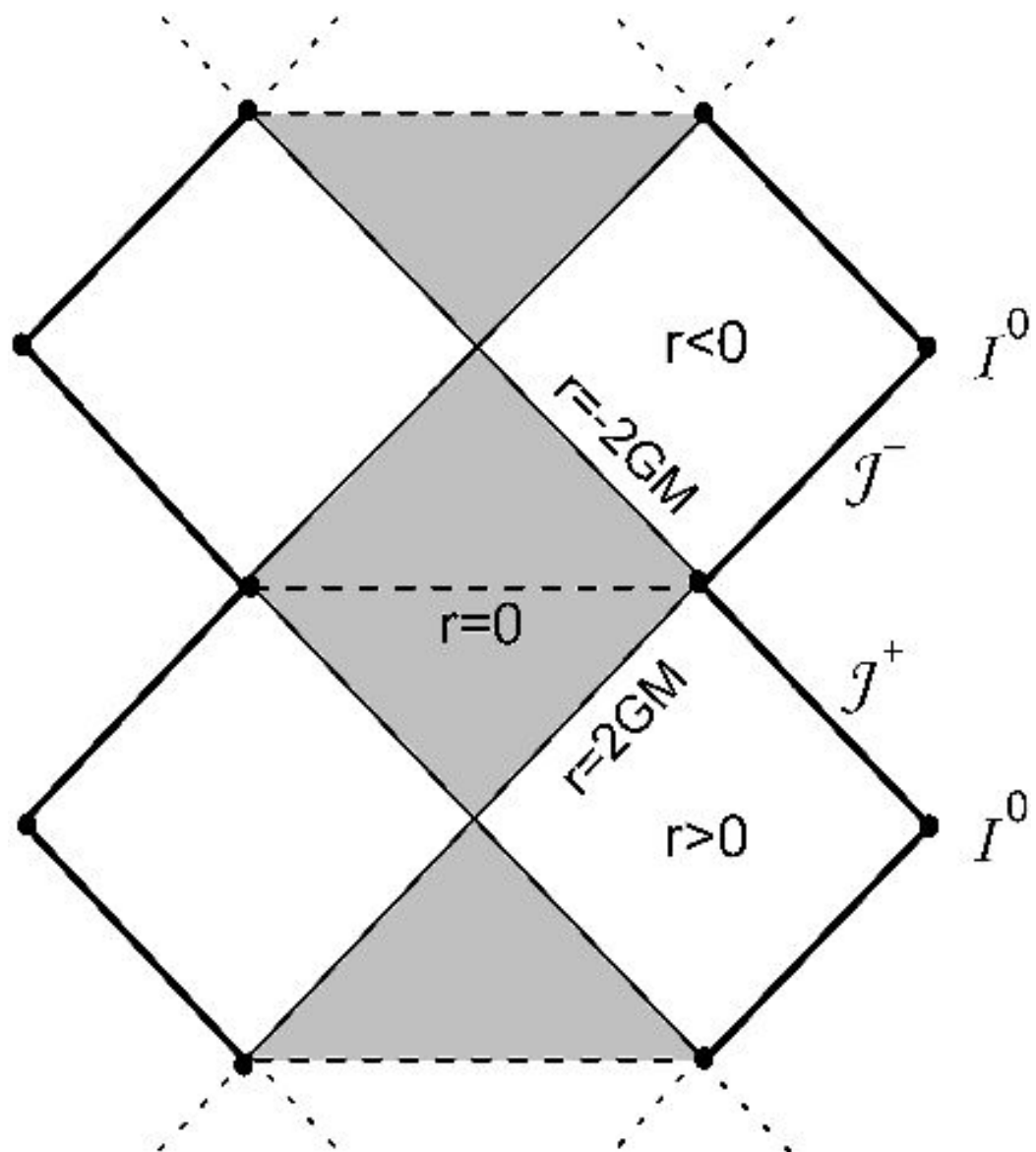
“Вечная” черная/белая дыра
 (область, занятая материей $r < r_0$)

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

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

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

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

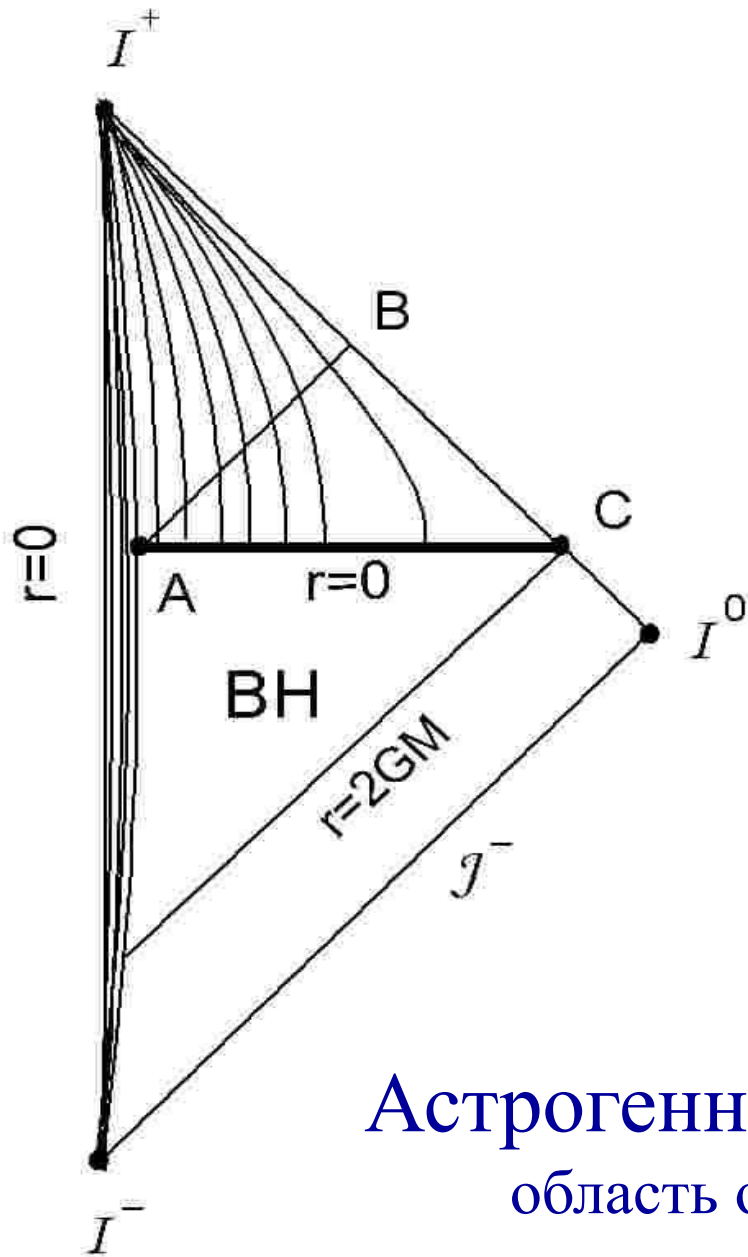


Приливные силы конечны

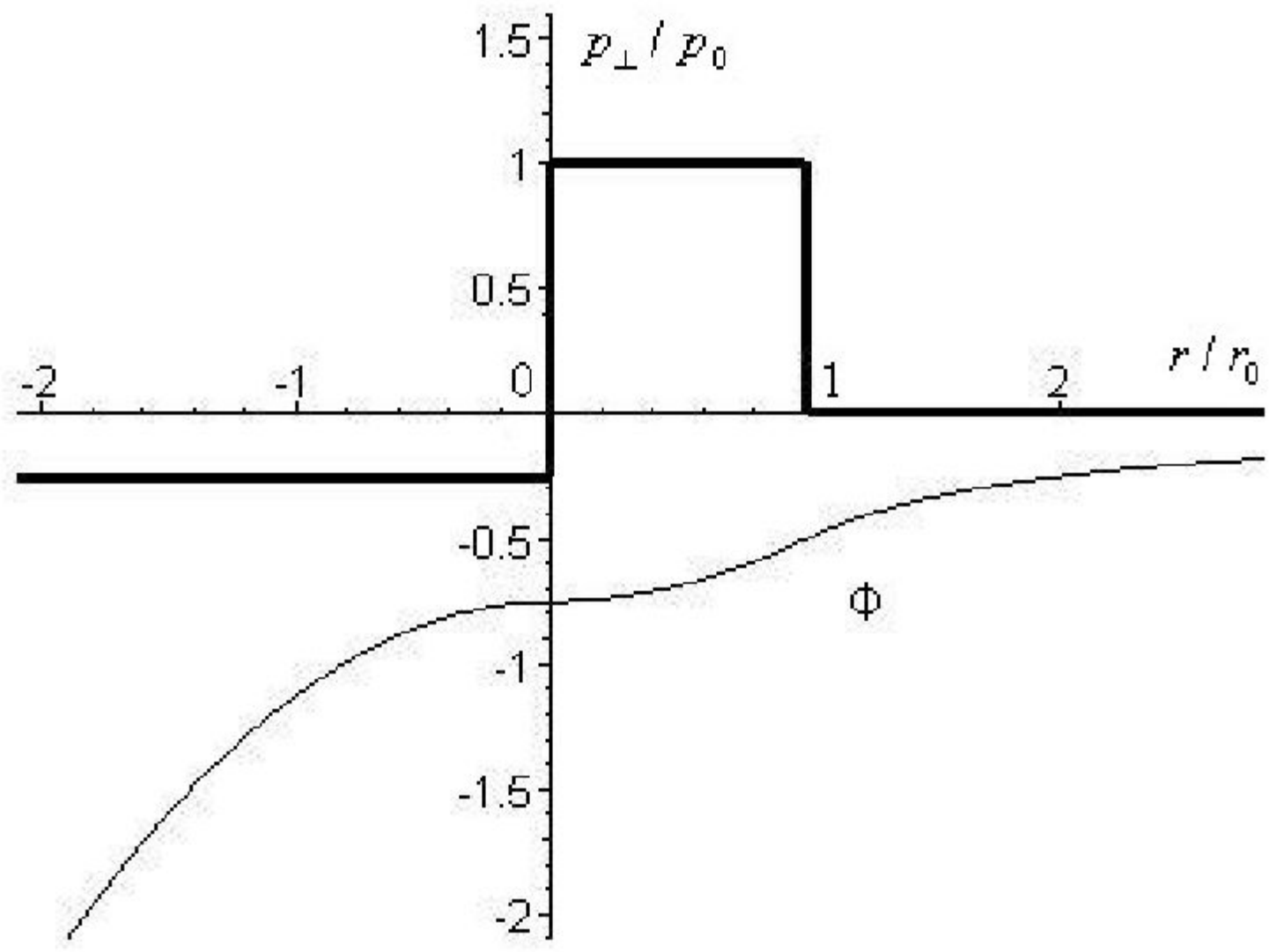
$$R_{\hat{t}\hat{r}\hat{t}\hat{r}} = \Phi'' \quad , \quad R_{\hat{t}\hat{\theta}\hat{t}\hat{\theta}} = R_{\hat{t}\hat{\phi}\hat{t}\hat{\phi}} = \frac{\Phi'}{r}$$

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

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



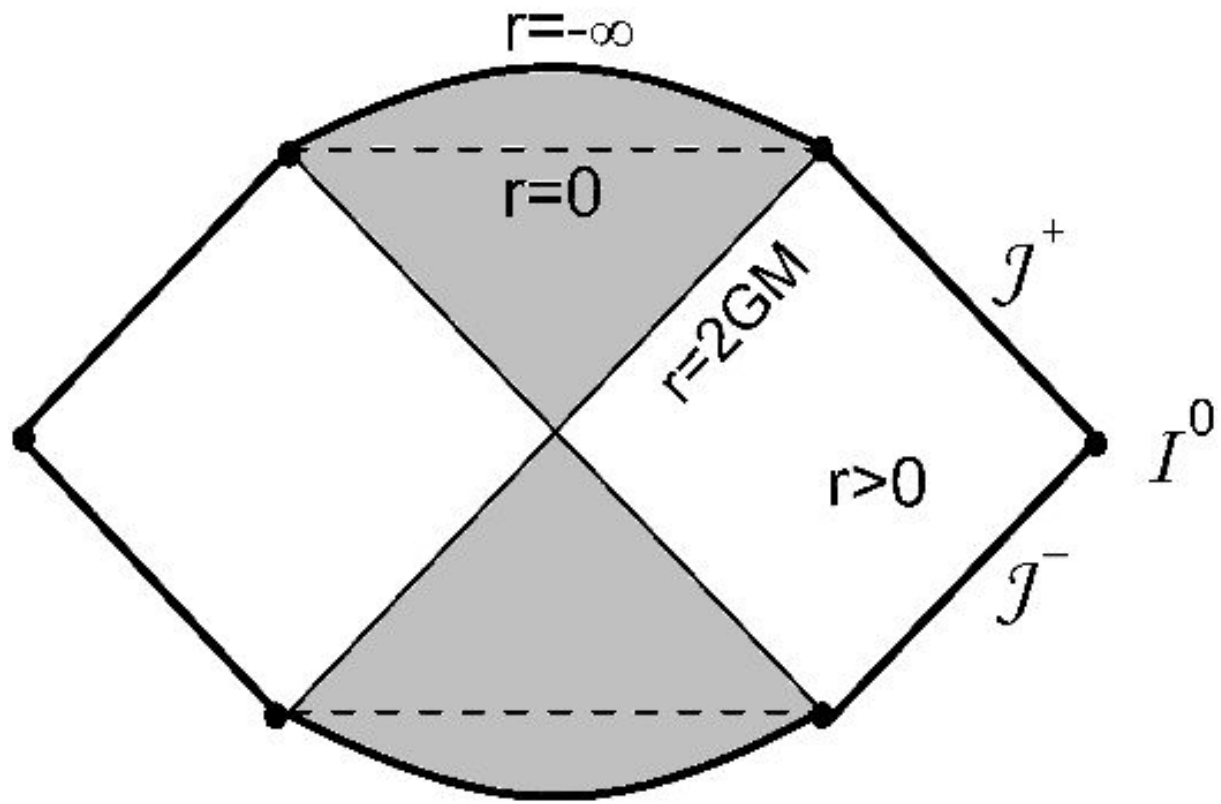
Астрогенная вселенная ABC –
 область однородной космологии



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

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

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



A large, white, parabolic satellite dish antenna is mounted on a complex metal support structure inside a large industrial building. The dish is composed of many small, rectangular panels. A central feed horn is visible at the top of the dish. The building's interior features a high ceiling with a network of steel beams and walkways. Several bright lights are visible on the upper level. The word "Выводы" (Conclusions) is written in large, bold, 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**