

СТРОЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ

А. В. Минкевич

Белгосуниверситет

Космология – наука о жизни Вселенной

Важнейшие объекты Вселенной (галактики, скопления галактик)

пространственные масштабы:

парсек (пк), $1 \text{ пак} = 3,2616$ светового года, $1 \text{ кпк} = 1000 \text{ пак}$, $1 \text{ Мпс} = 1\,000\,000 \text{ пак}$.

Млечный Путь – спиральная галактика с перемычкой, диаметр - 100 000 св.лет, толщина - 3 000 св.лет (балдж), 1 000 св.лет (диск), число звезд – 200-400 млрд, расстояние от Солнца до галактического центра – 26 000 (1 400) св.лет

Типы галактик: эллиптические, спиральные, линзообразные, неправильные



Скопления галактик как наиболее крупные гравитационно-связанные системы

Размеры по диаметру – десятки миллионов световых лет

Скопление Местная Группа галактик – Млечный Путь, Галактика Андромеды, Галактика Треугольника, более 40 карликовых галактик

Ближайшее к Местной Группе галактик (15 – 22 Мпк) – Скопление Девы, включающее около 1 300 - 2 000 галактик

Скопление Волосы Вероники (Скопление Кома) на расстоянии 99 Мпк от Местной Группы галактик, включает более 1 000 галактик, диаметр около 17 Мпк.

Свойства современной Вселенной

● Крупномасштабная видимая Вселенная везде одинакова:
(масштаб более 100 Мпс), глубокие обзоры галактик:
Положение во Вселенной более 300 тысяч галактик,
расстояния до 10 миллиардов световых лет.

● Вселенная расширяется
Пространство растягивается во все стороны.
Галактики удаляются от нас; чем дальше галактика,
тем быстрее она от нас убегает (закон Хаббла – конец 1920-х).
Эффект Доплера: свет от далеких галактик приходит к нам покрасневшим
Точные измерения скорости расширения --- “стандартные свечи”

Сегодня расширение медленное: все расстояния увеличиваются вдвое за 12 миллиардов лет.

В прошлом Вселенная расширялась гораздо быстрее.

В будущем Вселенная будет более разреженной.

В прошлом вещество во Вселенной было гораздо более плотным.

Наивное продолжение эволюции назад во времени -- момент **Большого Взрыва**:

“начало”, бесконечная плотность вещества, бесконечная скорость расширения.

● Вселенная “теплая”

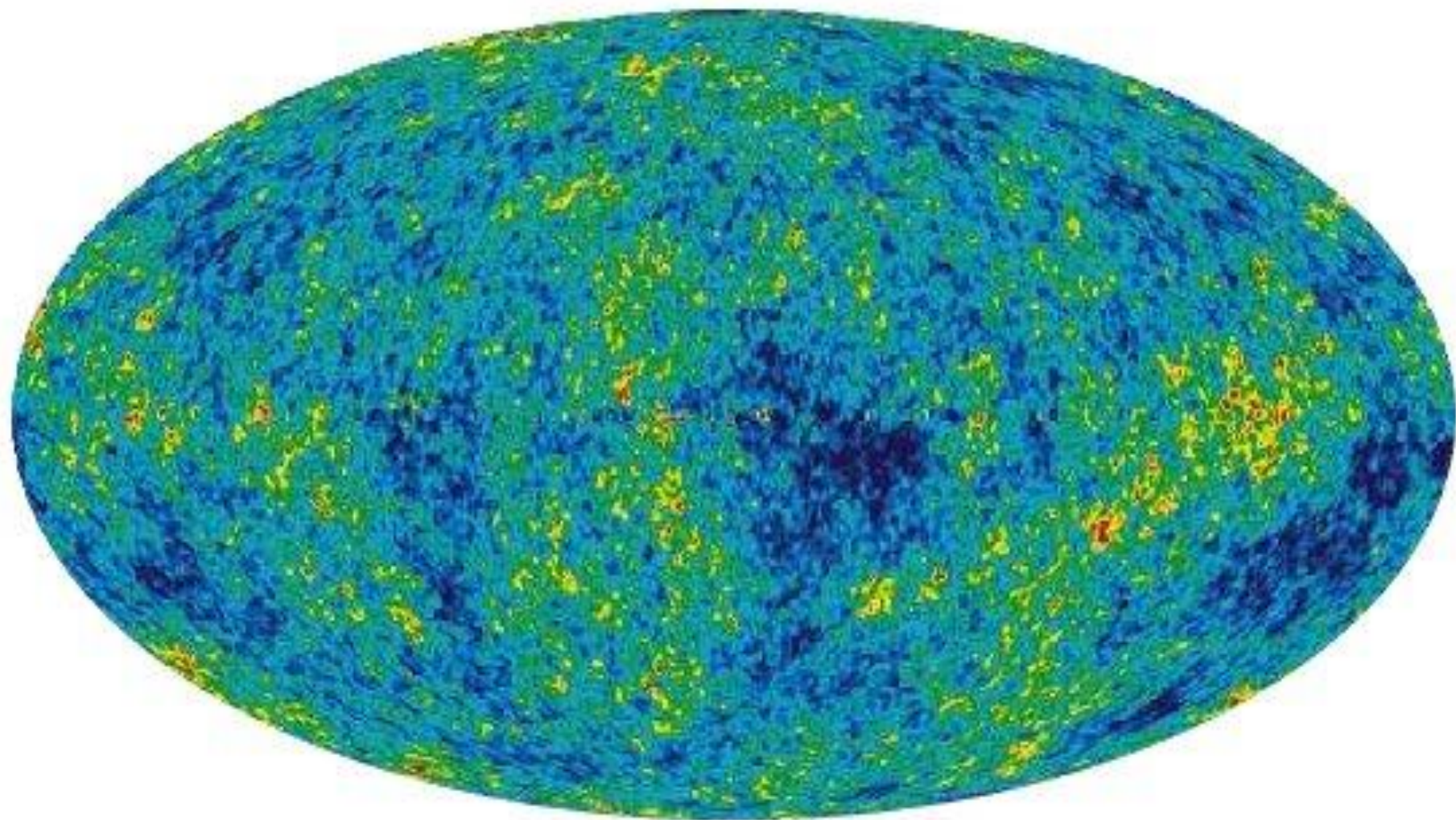
Заполнена тепловым электромагнитным излучением (Пензиас-Вильсон, 1950-е)

$T = 2,725$ градусов Кельвина (ниже температуры жидкого гелия)

В прошлом была гораздо более горячей. Остыла из-за расширения.

Измерения температуры реликтового излучения

Фотоснимок Вселенной в возрасте 300 000 лет (сегодня 14 млрд. лет)



Свойства современной Вселенной:

Видимая Вселенная везде одинаковая

Вселенная расширяется

Вселенная теплая

Наше пространство евклидово

Сумма углов треугольника = 180 градусов

Речь идет о треугольниках со сторонами

10 млрд. световых лет!

Скорость расширения



Евклидовость пространства



Теория гравитации (общая теория относительности)



Полная плотность массы материи= 10^{26} кг/м³

$$\varepsilon_{\text{полн}} = 5 \frac{(\text{масс протона}) \cdot c^2}{m^3}$$

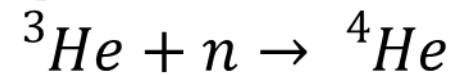
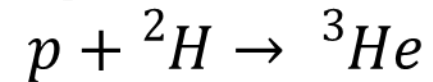
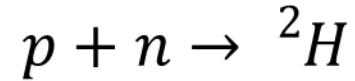
Ранняя Вселенная

Переход плазма – газ при $T = 300$ градусов, при возрасте Вселенной = 300 тыс. лет

Эпоха термоядерных реакций

T = миллиарды градусов

Возраст Вселенной + 1 секунда – 3 мин. !



примеси легких элементов измерены

Сравнение наблюдений примеси легких элементов с теорией

Проверка теоретического описания ранней Вселенной
через 1 секунду после Большого Взрыва

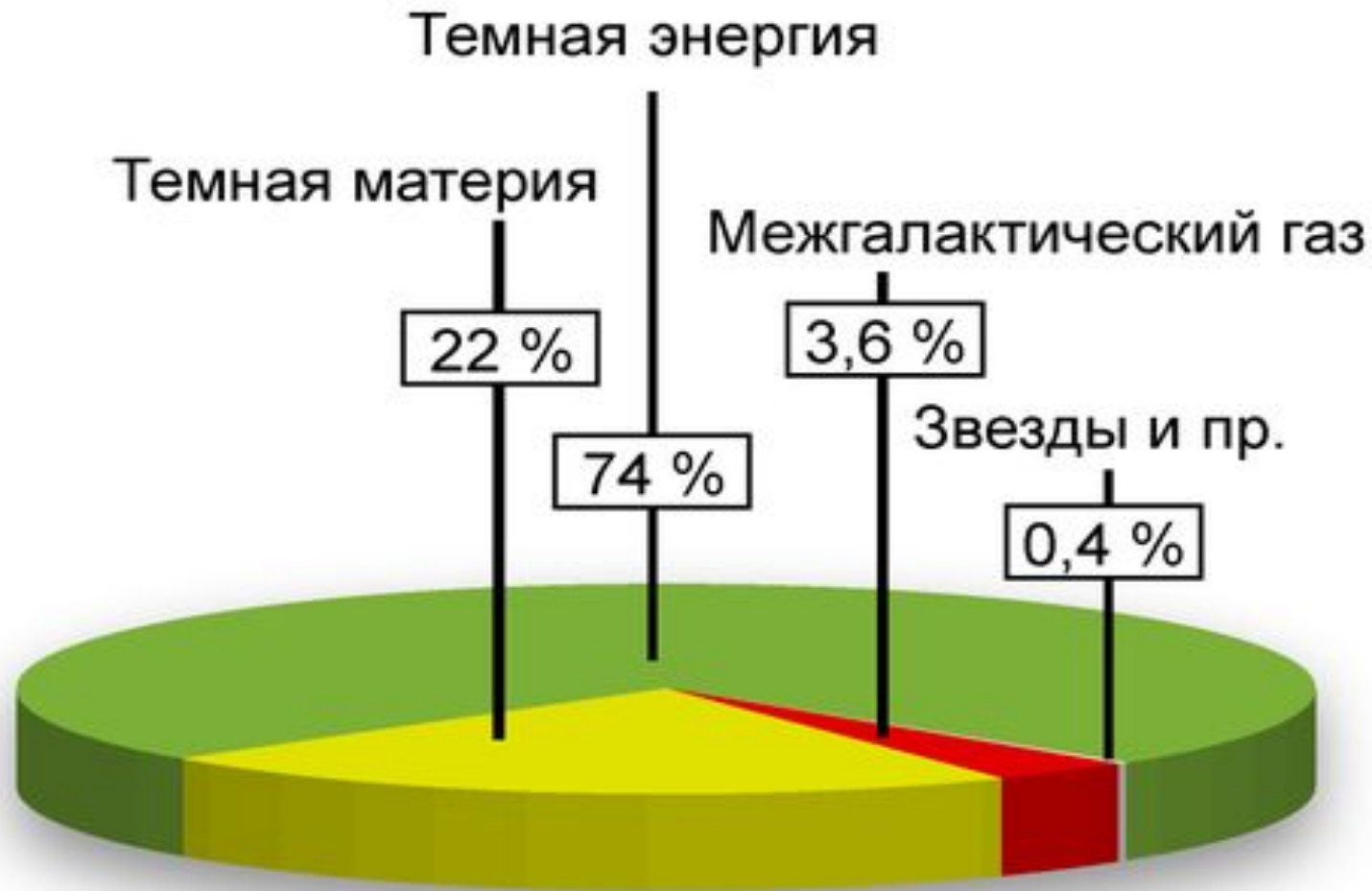
Плотность обычного вещества тогда  сейчас

$$n_B = 0,25 \frac{\text{протонов}}{m^3}$$

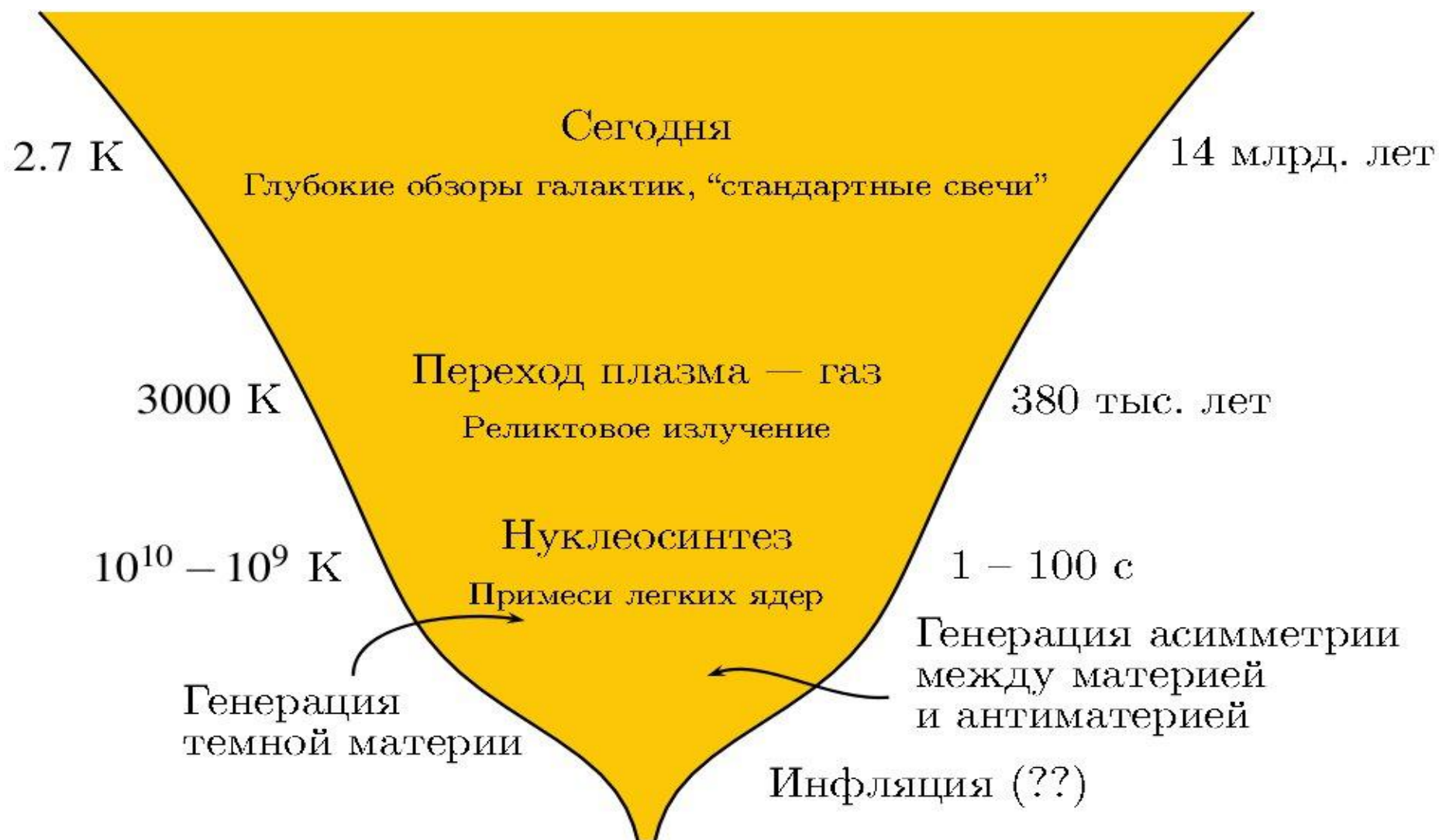
$$\varepsilon_B = 0,25 \frac{(\text{масс протона}) \cdot c^2}{m^3}$$

$$\frac{\varepsilon_B}{\varepsilon_{\text{полн}}} = 0,05$$

В современной Вселенной:



Этапы эволюции Вселенной



Проблемы современной космологии и физики

- I. Проблема начала Вселенной во времени
- II. Проблема темной материи и проблема темной энергии
- III. Асимметрия между материей и антиматерией во Вселенной

I: Попытки решения проблемы космологической сингулярности:
построение квантовой теории гравитации, альтернативные теории тяготения.

II: Попытки решения проблем темной материи и темной энергии

С какой целью были введены понятия темной материи и темной энергии?

Скорости вращения звезд на периферии галактик

Гравитационные силы в скоплениях галактик

Ускоренное космологическое расширение в современную эпоху

Природа темной материи – область гипотез

- Распространенная гипотеза – новые пока не открытые элементарные частицы (WIMP`s) массы $m = 100 - 1000$ масс протона, взаимодействующие слабо с обычным веществом

Пути поиска частиц темной материи:

- а) эксперименты в подземных лабораториях,
- б) ускорители-коллайдеры следующего поколения

LHC в CERN (Международный центр физики высоких энергий вблизи Женевы):
реакции столкновения протонов pp при энергиях $E = 7 + 7$ ТэВ
с возможным образованием новых частиц и регистрация продуктов их аннигиляции

- нейтрино высоких энергий (Подземный сцинтилляционный телескоп Баксанской нейтринной обсерватории ИЯИ РАН, Байкальский нейтринный телескоп)
- новая гравитация на астрофизических расстояниях (галактики, скопления галактик)

Природа темной энергии – величайшая загадка физики XXI века

- Энергия вакуума?
- Новое сверхслабое поле?
- Новая гравитация на космологических расстояниях?

Поиски решения проблемы асимметрии между материей и антиматерией (А.Д. Сахаров, В.А. Кузьмин).

Взаимопревращения (осцилляции) нейтрино, приводящий к изменению типа частиц.

Некоторые результаты исследований проблемы
космологической сингулярности и проблем темной энергии
и темной материи в Белгосуниверситете