

The background of the slide is a dark, deep blue space. On the left side, there are several vibrant, swirling light trails in shades of orange, red, yellow, and white, resembling nebulae or the paths of celestial bodies. On the right side, a bright, glowing star or distant galaxy is visible, emitting a strong blue and white light that creates a lens flare effect. The overall composition is dynamic and evokes a sense of cosmic expansion and exploration.

# Тема урока: Конечность и бесконечность Вселенной. Расширяющаяся Вселенная

Презентацию составил  
учитель физики  
МАОУ СОШ №22  
г. Тюмени А.А. Малахов



**Цель урока:** изучить строение и эволюцию Вселенной как  
целого

**Задачи урока:**

1. Определить такие понятия темы, как космология, Вселенная, Метагалактика;
2. Определить содержание космологического принципа, фотометрического парадокса, гравитационного парадокса;
3. Установить связь закона всемирного тяготения с представлениями о конечности и бесконечности Вселенной.



# 1. Актуализация опорных знаний

1.1. Прочитайте стихотворение Самуила

Маршака и проанализируйте его строки,

ответив на вопросы

# Только ночью видишь ты вселенную...



*Маршак Самуил Яковлевич*  
*1887-1964*  
Русский поэт и переводчик

Только ночью видишь ты  
вселенную.

Тишина и темнота нужна,  
Чтоб на эту встречу сокровенную,  
Не закрыв лица, пришла она.

## Вопросы:

1. Почему только ночью можно увидеть Вселенную?
2. Как может Вселенная «закрывать свое лицо»?
3. Назовите способы для лучшего рассмотрения лика Вселенной

# 1. Актуализация опорных знаний

## 1.2. Составь свою Вселенную, используя свои представления и предложенные свойства

| №  | Свойства Вселенной |                | Аргументы |  |
|----|--------------------|----------------|-----------|--|
| 1. | Конечна            | Бесконечна     |           |  |
| 2. | Ограничена         | Безгранична    |           |  |
| 3. | Статична           | Нестационарная |           |  |
| 4. |                    |                |           |  |

## 1.3. Определите основные свойства Вселенной



## **2. Организация усвоения новых знаний**



## ***Основные понятия космологии:***

- **Космология** – раздел астрономии, изучающий строение и эволюцию Вселенной как целого.
- **Вселенная** – окружающий нас мир, бесконечный во времени и в пространстве, имеющий разнообразные формы, которые способна принимать материя.
- **Метагалактика** – часть Вселенной, которая доступна нашим наблюдениям; размеры Метагалактики около 6 000 Мпс (... км).
- **Космологический принцип** – предположение об однородности и изотропности пространства (свойства реализуются, начиная с 50-100 Мпс). Однородность означает одинаковость всех свойств материи всюду в пространстве; изотропия – одинаковость их в любом направлении.

# Вопросы для обсуждения:

1. Почему вывод об однородности Вселенной в больших масштабах не опровергался обнаружением «сотового» ее строения и открытием гигантских космических «пустот»?

## Возможный ответ:

*Размеры подобных «пустот» гораздо меньше размеров Метагалактики («горизонт видимости» примерно равен 12-16 миллиардам световых лет; в данную область пространства можно разместить около 1000 «однородных ячеек»)*

Сотовая структура Метагалактики





## Вопросы для обсуждения:

2. Почему наблюдаемая область Вселенной конечна и всегда таковой будет оставаться?

### Возможный ответ:

*Любые физические взаимодействия могут распространяться со скоростью не превышающей скорость света. Мы не можем видеть объекты, расположенные от нас на таких расстояниях, которые световой луч не успевает преодолеть за время существования Вселенной*

**Эффе́кт До́плера** - изменение частоты и длины волн, регистрируемых приёмником, вызванное движением их источника и/или движением приёмника.



## 2.1. Прочитайте текст описывающий эффект Доплера и ответьте на вопросы.

### Эффект Доплера для звуковых волн

### Эффект Доплера для световых волн (или красное смещение)

Пример Движение машины с включенной сиреной

Движение далеких Галактик

Результаты наблюдения

Когда машина не движется относительно наблюдателя, тогда он слышит именно тот тон, который издаёт сирена. Но если машина будет приближаться к наблюдателю, то частота звуковых волн увеличится, и наблюдатель услышит более высокий тон, чем на самом деле издаёт сирена. А когда машина проедет дальше и будет уже отдаляться, а не приближаться, то наблюдатель услышит более низкий тон.

Красное смещение для галактик было обнаружено американским астрономом В. Слайфером в 1912—1914; в 1929 Э. Хаббл открыл, что Красное смещение для далёких галактик больше, чем для близких, и возрастает приблизительно пропорционально расстоянию (закон Хаббла). В результате красного смещения происходит уменьшении энергии приходящих фотонов.

## Вопросы для обсуждения:

1. Можно ли «слышать» и «видеть» эффект Доплера? Приведите примеры.



### Возможный ответ:

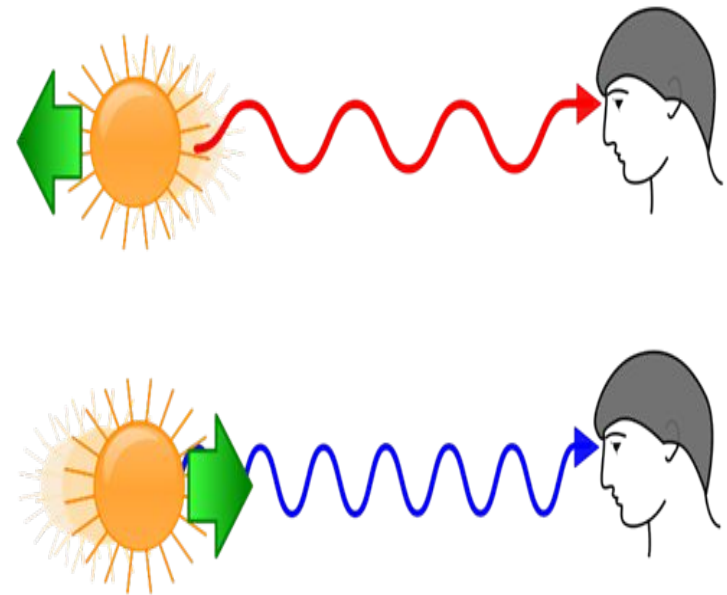
Акустический эффект Доплера можно слышать, как изменение тона звука свистка проносящегося мимо платформы поезда. «Видеть» эффект можно, хотя бы в ванне или пруду. Периодически погружая палец в воду, чтобы на поверхности образовались волны, равномерно перемещайте его в одном направлении. Следуя друг за другом, гребни волн в направлении движения пальца будут сгущаться, т. е. длина волны станет меньше обычной, в направлении назад — больше.

## Вопросы для обсуждения:

2. Почему линии в спектрах далеких галактик смещены в красную сторону?

### Возможный ответ:

Это явление получило название «метagalактическое красное смещение». Оно интерпретируется согласно принципу Доплера как увеличение средних расстояний между галактиками. Причиной этого является, по современным воззрениям, огромный взрыв, происшедший 10—20 млрд лет назад и приведший к разбеганию галактик.

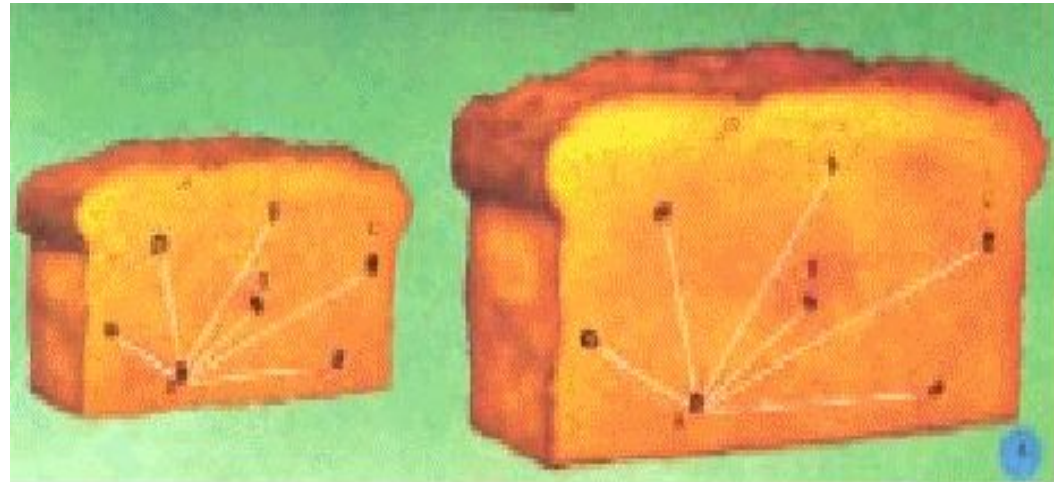


## Вопросы для обсуждения:

3. Почему красное смещение, определенное по большому числу галактик, растет ступенчато с расстоянием?

### Возможный ответ:

Этот наблюдательный факт доказывает ячеистую структуру Метагалактики.



Сравнение Вселенной с пирогом. Поднимающееся тесто – это пространство, а изюмины в нем – галактики, которые удаляются друг от друга



4. Почему несколько ближайших галактик имеет фиолетовое смещение?

### Возможный ответ:

Пекулярные скорости этих галактик больше скоростей разбегания галактик.



**2.2. Сформулируйте ответы на вопросы после рассмотрения содержания *фотометрического и гравитационного парадоксов* (работа производится в группах; каждая группа изучает один из парадоксов, в дальнейшем один из представителей группы пересказывает его суть, решение, а так же отвечает на поставленные вопросы).**



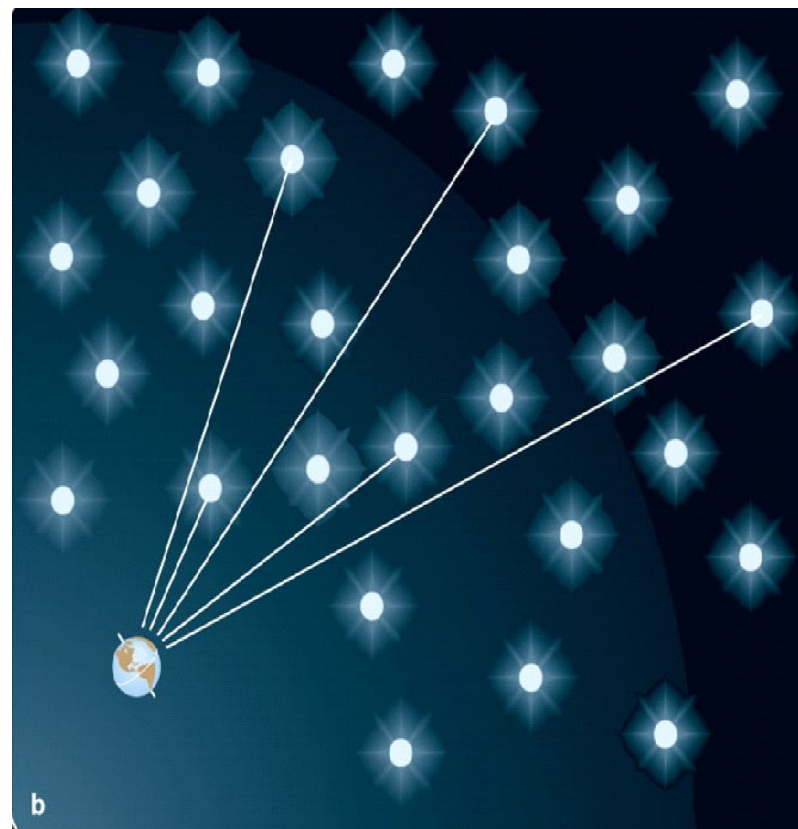


**Генрих Вильгельм Маттеус Ольберс** (11.10.1758 – 02.03.1840) -  
немецкий астрономом, врач и физик

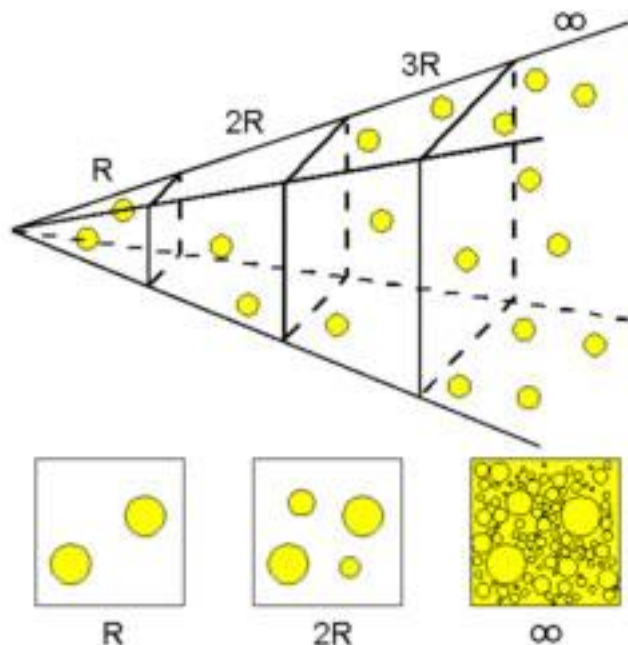
**Сущность парадокса Ольберса:** «Почему небо ночью темное, хотя звезд во Вселенной «не меряно»? Для сравнения, представьте себя в лесу, перед Вами «стена» деревьев, между ними и просвета-то не увидишь...»



# Почему небо ночью темное?



# Фотометрический парадокс (подробно изложен немецким ученым Генрихом Ольберсом в 1826 году)



- Для объяснения парадокса Ольберс предположил, что в межзвездном пространстве имеется рассеянное вещество, которое поглощает свет далеких звезд

***А Вы как думаете?***

1. По мнению многих ученых (например, Н. Коперника, Т. Браге) парадокса не существует, т.к. Вселенная конечна и ограничена сферой неподвижных звезд;
2. Вклад в уменьшении яркости ночного неба вносит красное смещение в спектрах галактик.

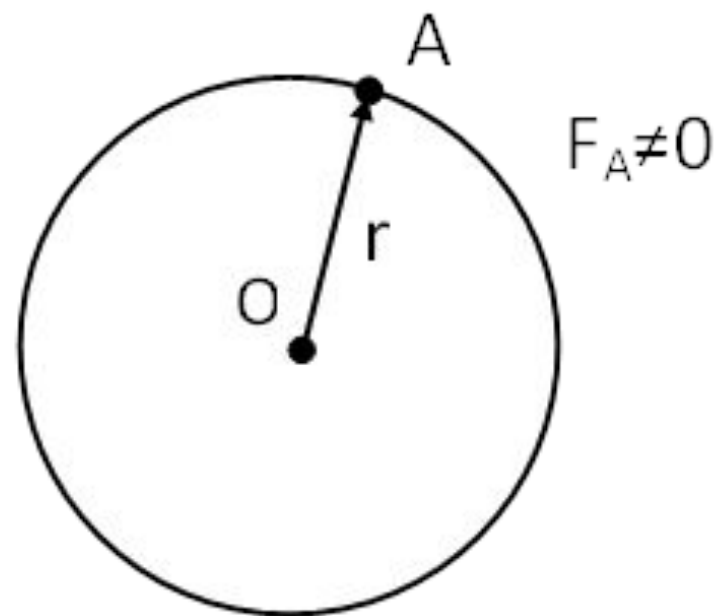
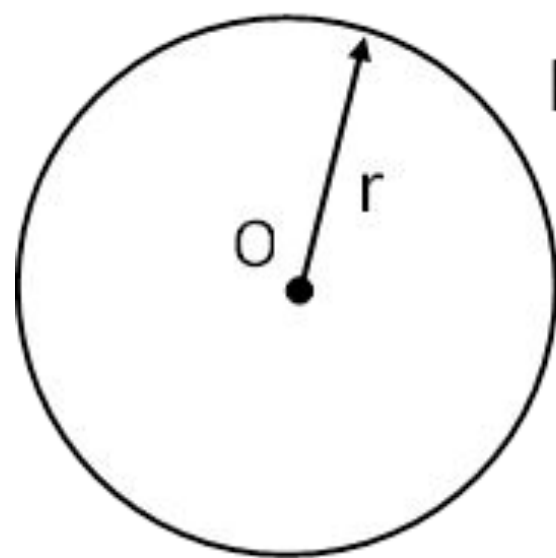
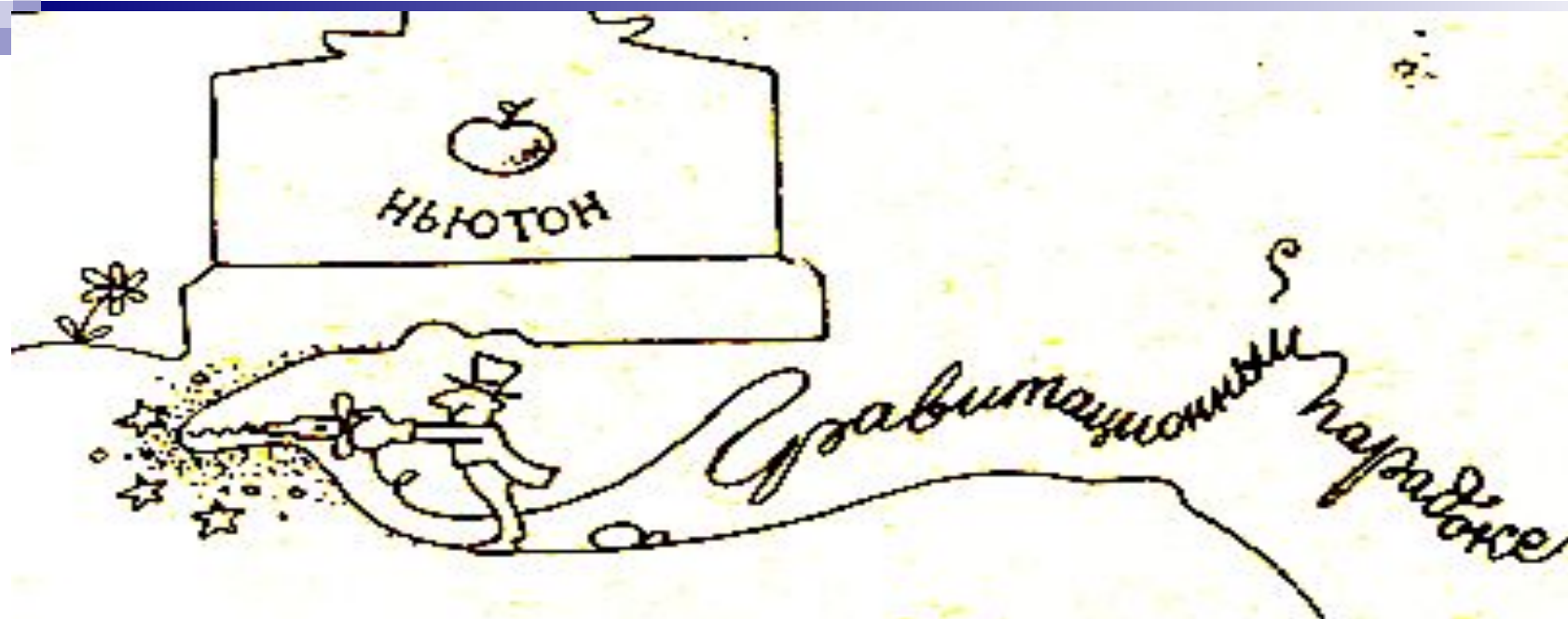


# Сущность гравитационного парадокса, сформулированного в 1895г немецким астрономом Х. Зеелигером:



**ЗЕЛИГЕР, ХУГО (1849–1924) -  
немецкий астроном**

- согласно ньютоновской теории тяготения, в бесконечной Вселенной при бесконечно большой ее массе сила тяготения в любой точке пространства не имеет определенной конечной величины.



## Возможные решения парадокса:

- 1. Предположение конечной массы вещества во Вселенной.** Анализ предположения показал, что подобный «звёздный остров» со временем, под действием взаимовлияния звёзд, либо соединится в одно тело, либо рассеется в бесконечной пустоте (И. Ньютон).
- 2. Современная трактовка.** Ньютоновская теория тяготения неприменима для расчёта сильных полей тяготения. В ОТО гравитационный парадокс отсутствует, т.к. сила тяготения в ОТО есть локальное следствие неевклидовой геометрии, поэтому сила всегда однозначно определена и конечна (А. Эйнштейн, А.А. Фридман).

## Вопросы для обсуждения:

1. Какое противоречие рассматривает гравитационный парадокс?

*Возможный вариант ответа.*

**Нельзя однозначно рассчитать силу гравитации в заданной точке:** если ее вычислять, суммируя силы, действующие на точку с массой  $m$ , которые создаются концентрическими слоями с центром в этой же точке, то получится нуль; если осуществлять расчет для концентрических слоев с центром в другой точке, удаленной на расстояние  $r$  от данной, то сила тяготения окажется равной силе, с которой шар радиусом  $r$  притягивает точку, расположенную на его поверхности.

## Вопросы для обсуждения:

2. Если гравитационный парадокс имеет место, то справедлив ли закон всемирного тяготения? Ответ поясните.

*Возможный вариант ответа.*

Во-первых, ньютоновская теория тяготения, неприменима для расчета сильных полей тяготения и уточняется в ОТО. Во-вторых, опыт показывает, что в реальной нестационарной Вселенной тяготение определяется в основном близкими массами (гравитационное влияние далеких масс пренебрежимо мало).



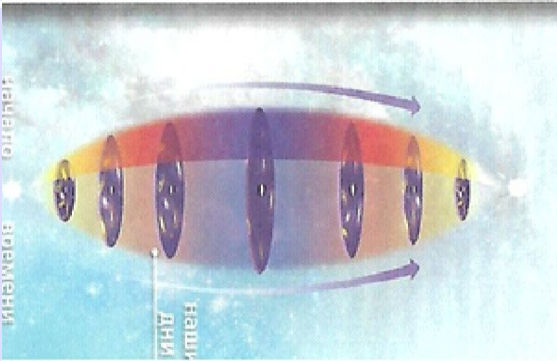
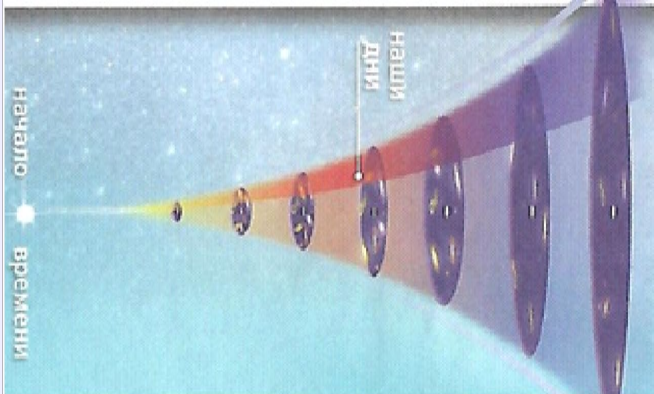
## Вопросы для обсуждения:

3. Выскажите свое мнение к возможным двум решениям парадокса.

*Возможный вариант ответа.*

*Во-первых*, эйнштейновская релятивистская теория уточнила закон Всемирного тяготения для сильных гравитационных полей и стала базой современной космологии. *Во-вторых*, опыт показывает, что в реальной нестационарной Вселенной тяготение определяется в основном близкими массами и гравитационное влияние далёких масс пренебрежимо мало, то есть гравитационный парадокс отсутствует.

# Космологическая модель Вселенной

| Критическое значение средней плотности                                                                                                                                                                                                                         | Среднее значение плотности вещества во Вселенной | Модели эволюции Вселенной                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| $\rho_{кр} = \frac{3H^2}{8\pi G}$ $\approx 10^{-26} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$ $H = 2,4 \cdot 10^{-18} \text{с}^{-1},$ <p>постоянная Хаббла,</p> $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2},$ <p>гравитационная постоянная</p> | $\rho > \rho_{кр}$                               |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                | $\rho < \rho_{кр}$                               |                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                | $\rho = \rho_{кр}$                               |  |

## Радиус метagalактики (метод оценки)

$$R_M = \frac{c}{H} = \frac{3 \cdot 10^5 \text{ км/с}}{75 \text{ км/(с} \cdot \text{Мпк)}} = 4 \cdot 10^3 \text{ Мпк} = 1,3 \cdot 10^{10} \text{ св. лет},$$

$$\text{или } R_M = 1,24 \cdot 10^{26} \text{ м.}$$

## Средняя наблюдаемая плотность вещества (метод оценки)

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{N n M_\odot}{\frac{4}{3} \pi R^3} = \frac{10^{11} \cdot 10^{11} \cdot 10^{30} \text{ кг}}{\frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (1,24 \cdot 10^{24} \text{ м})^3} = 1,3 \cdot 10^{-27} \text{ кг/м}^3,$$

$$\text{или } \rho = 1,3 \cdot 10^{-29} \text{ г/см}^3.$$

## **Проблема скрытой массы во Вселенной**

**Скрытая масса** (темная материя, темное вещество) — совокупность астрономических объектов, недоступных прямым наблюдениям современными средствами (вещество не испускающее электромагнитного или нейтринного излучения достаточной для наблюдения интенсивности и не поглощающего их).

### **Пример обоснования существования скрытой массы**

Вычисленная масса отдельных галактик, вокруг которых наблюдалось движение их спутников (других маленьких галактик или газовых облаков), движущихся на расстояниях далеко за видимой границей галактики, и масса, определенная по движению звезд на видимой границе галактики различались примерно в десять раз.

### 3.Подведение итогов урока

#### 3.1. Определите некоторые свойства нестационарной Вселенной:

А) В основе модели нестационарной Вселенной лежит обнаружение

красного смещения для далеких галактик .

Б) Расширение метагалактики: скорость удаления далеких объектов определяется законом Хаббла:

$$v = \underline{H \cdot r}, \text{ где } \underline{H=72}.$$

В) Дальнейшее поведение Метагалактики определяется ее средней плотностью.

1. Почему разбегаются галактики, хотя в то время, когда произошел Большой взрыв, их еще не существовало?

**Ответ:**

*Галактики образовались из разлетающегося вещества и сохранили его импульс*



## 2. Почему Вселенная нестационарна?

### Ответ:

*Основная сила в космосе — это гравитация, которая стремится собрать все вещество. Равновесие при действии только сил тяготения невозможно. В зависимости от величины начальной скорости вещество может неограниченно расширяться или расширяться с замедлением*

3. Влияет ли космологическое расширение Метагалактики на расстояние между Землей и:  
а) Луной; б) центром Галактики; в) галактикой М31 в созвездии Андромеды; г) центром местного сверхскопления галактик?

**Ответ:**

*В космологическом расширении не участвуют гравитационно-связанные системы (Солнечная система, галактика, скопления галактик). Поэтому в этих случаях космологическое расширение не влияет на расстояния между Землей и указанными объектами.*

### 3.2. Вопросы для фронтального обсуждения:

4. Может ли быть бесконечное расширение Вселенной?

**Ответ:**

*Если средняя плотность вещества Вселенной будет меньше критической плотности  $\rho_{кр} = 3 \cdot 10^{-27}$  кг/м<sup>3</sup>, то Вселенная будет бесконечно расширяться. Современные оценки средней плотности видимого вещества дают значение  $\rho = 3 \cdot 10^{-28}$  кг/м<sup>3</sup>. Учет скрытой массы может увеличить эту величину. Таким образом, вопрос о будущем Вселенной еще не решен.*



# **Домашнее задание:**

**§ 34, 35; вопросы**

## Литература:

1. Гусев Е.Б. Сборник вопросов и качественных задач по астрономии: Кн. для учащихся / Е.Б Гусев. – М.: Просвещение, 2002. – 173 с.
2. Чаругин В.М. Астрономия 10-11 классы : учеб. для общеобразоват. организаций : базовый уровень / В.М. Чаругин. – М.: Просвещение, 2018 – 144 с.
3. <http://class-fizika.ru/prd12.html>
4. <http://www.krugosvet.ru/>