Урок 91-92
Расширение Вселенной
(читать, основное законспектировать!)

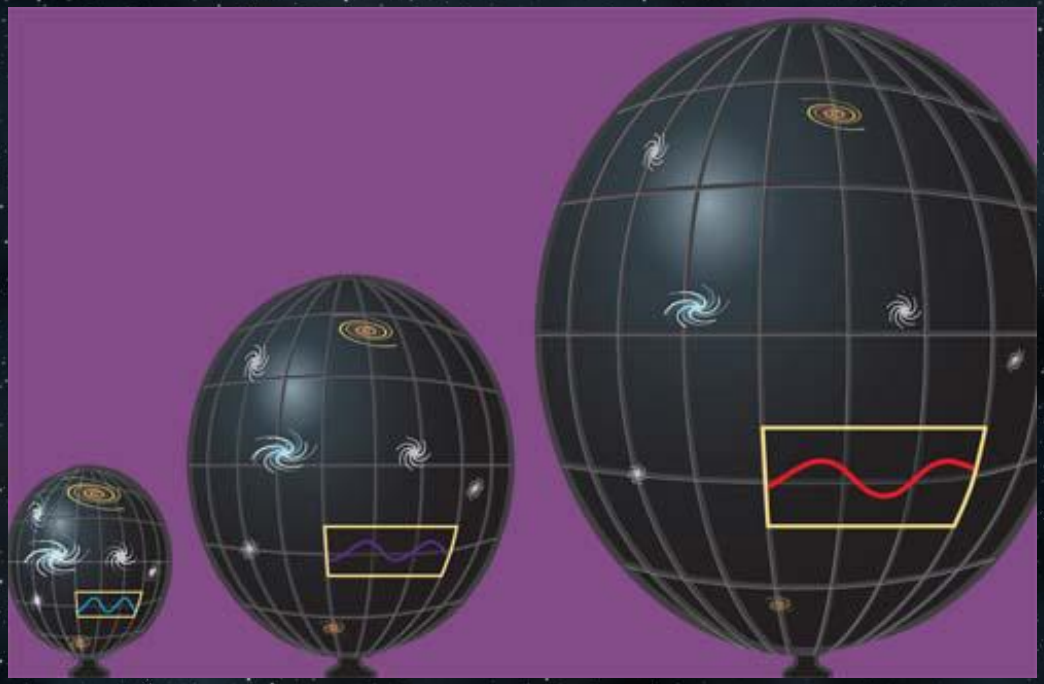
Стационарная Вселенная невозможна

- «Возможны случаи, когда Вселенная сжимается в точку (в ничто), затем снова из точки доводит радиус свой до некоторого значения...»

Александр Александрович Фридман

Что такое расширение ?

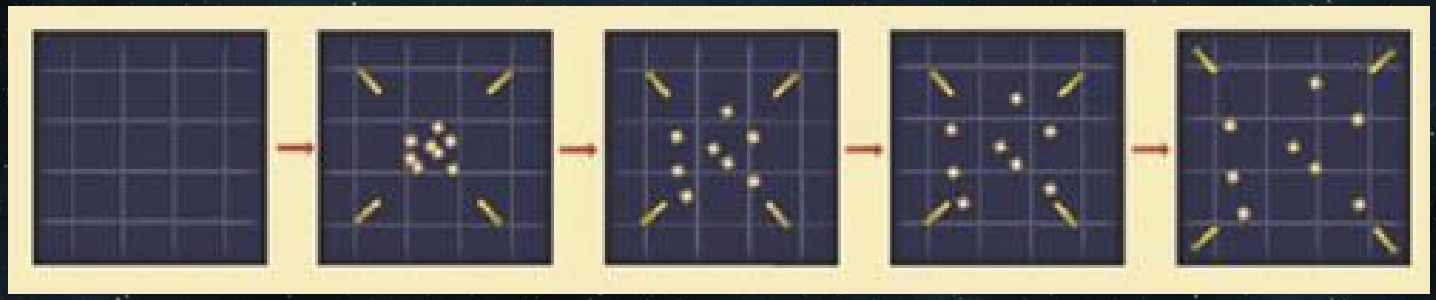
- Расширение Вселенной - одна из фундаментальных концепций современной науки-до сих пор получает различное толкование.



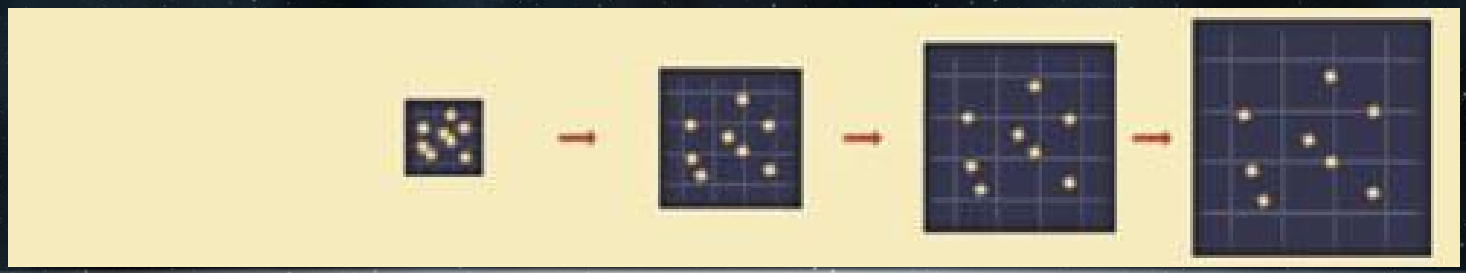
Раздувающийся воздушный шар – старая, но хорошая аналогия расширения Вселенной. Галактики, расположенные на поверхности шара, неподвижны, но поскольку Вселенная расширяется, расстояние между ними возрастает, а размеры самих галактик не увеличиваются.

На что был похож Большой взрыв?

- **НЕВЕРНО**: Вселенная родилась тогда, когда вещество, подобно бомбе, взорвалось в определенном месте. Давление было высоким в центре и низким в окружающей пустоте, что и вызвало разлет вещества.



- **ВЕРНО**: Это был взрыв самого пространства, который привел вещество в движение. Наше пространство и время возникло в Большом взрыве и начало расширяться. Нигде не было центра, т.к. условия всюду были одинаковыми, никакого перепада давления, характерного для обычного взрыва, не было.



Закон Хаббла (1929 год)

Закон всеобщего разбегания галактик — эмпирический закон, связывающий красное смещение галактик и расстояние до них линейным образом:

где z — красное смещение галактики, D — расстояние неё, H_0 — коэффициент пропорциональности, называемый постоянной Хаббла.

$$cz = H_0 D$$

При малом значении z выполняется приближённое равенство

$$cz = V_r$$

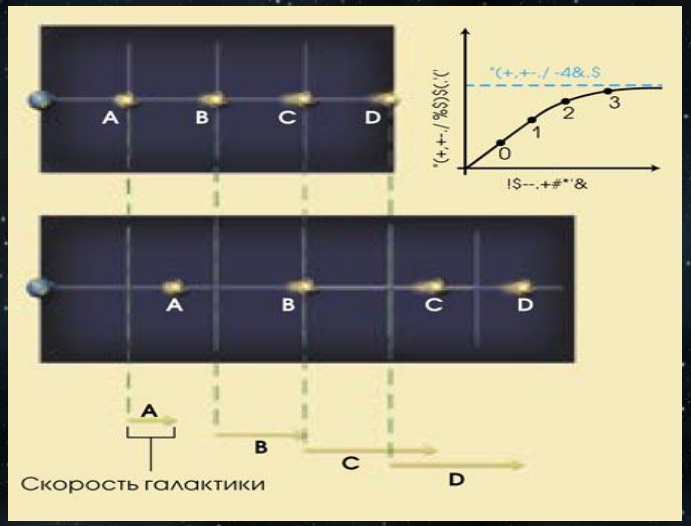
где V_r — скорость галактики вдоль луча зрения наблюдателя, c — скорость света. В этом случае закон принимает классический вид:

С помощью этого закона можно рассчитать так называемый Хаббловский возраст Вселенной:

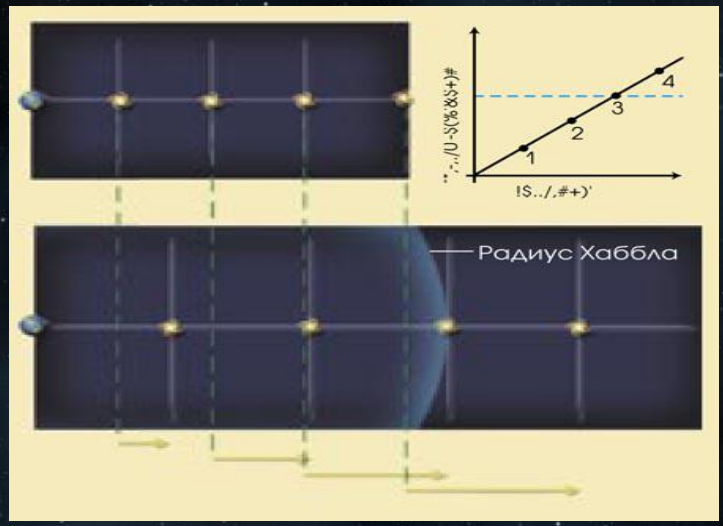
$$t_H = \frac{r}{V} = \frac{1}{H_0}$$

МОГУТ ЛИ ГАЛАКТИКИ УДАЛЯТЬСЯ СО СКОРОСТЬЮ ВЫШЕ СКОРОСТИ СВЕТА?

- **НЕВЕРНО**: Частная теория относительности Эйнштейна запрещает это. Рассмотрим область пространства, содержащую несколько галактик. Из-за ее расширения галактики удаляются от нас. Чем дальше галактика, тем больше ее скорость (красные стрелки). Если скорость света – предел, то скорость удаления должна в итоге стать постоянной.



- **ВЕРНО**: Разумеется, могут. Частная теория относительности не рассматривает скорость удаления. Скорость удаления бесконечно возрастает с расстоянием. Дальше некоторого расстояния, называемого хаббловским, она превышает скорость света. Это не является нарушением теории относительности, пос- кольку удаление вызвано не движением в пространстве, а расширением самого пространства.

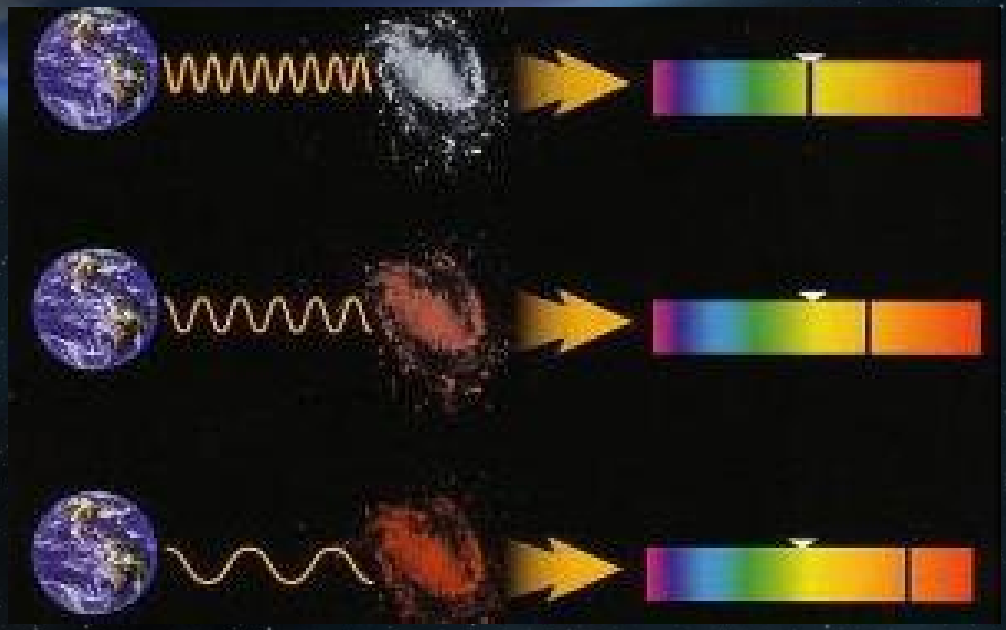


Растяжение фотонов

- **Космологическое (метагалактическое) красное смещение** — наблюдаемое для всех далёких источников (галактики, квазары) понижение частот излучения, свидетельствующее о динамическом удалении этих источников друг от друга и, в частности, от нашей Галактики, то есть о нестационарности (расширении) Метагалактики.

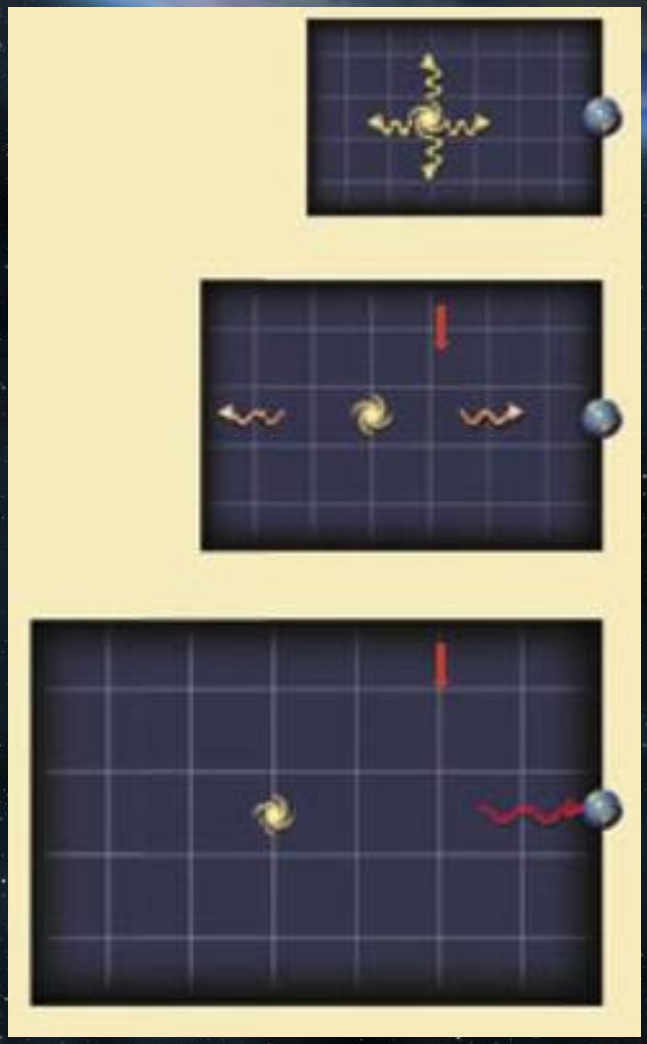
- Часто космологическое красное смещение связывают с эффектом Доплера. Однако, на самом деле, космологическое красное смещение происходит несколько по-другому, оно связано с расширением пространства согласно ОТО. В наблюдаемое красное смещение от галактик вносит вклад как космологическое красное смещение из-за расширения пространства Вселенной, так и красное или фиолетовое смещения эффекта Доплера вследствие собственного движения галактик. При этом на больших расстояниях вклад космологического красного смещения становится преобладающим.

Растяжение фотонов



- Чем дальше от Земли находится та или иная галактика, тем выше скорость ее удаления от нас и, соответственно, тем сильнее смещены к красному концу линии ее спектра.

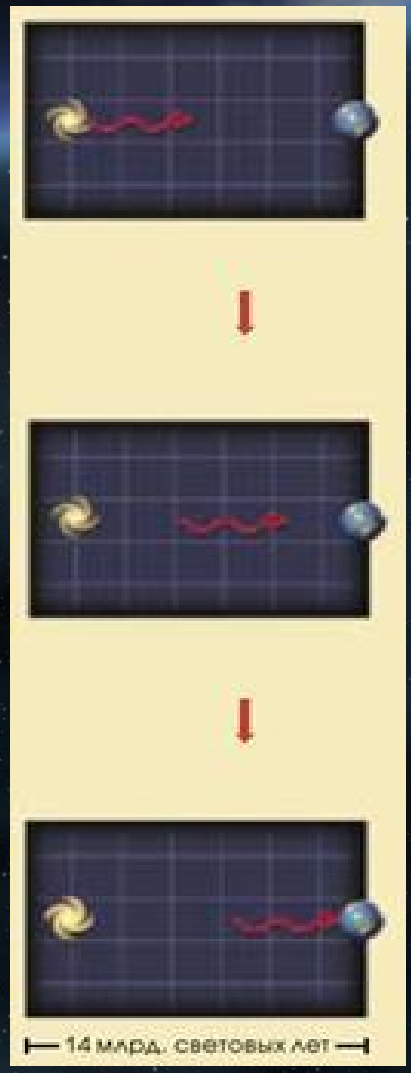
ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ЛИ КОСМИЧЕСКОЕ КРАСНОЕ СМЕЩЕНИЕ – ЭТО ДОППЛЕРОВСКОЕ СМЕЩЕНИЕ?



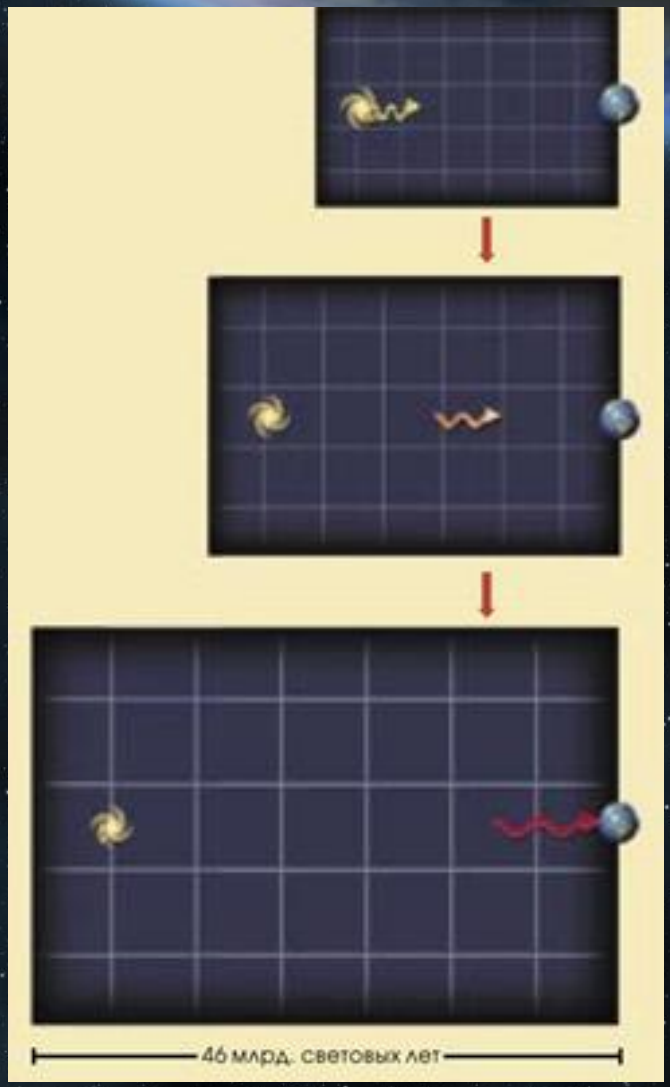
- Нет, красное смещение не имеет никакого отношения к эффекту Доплера. Галактика почти неподвижна в пространстве, поэтому испускает свет одинаковой длины волны во всех направлениях. За время пути длина волны становится больше, поскольку пространство расширяется. Поэтому свет постепенно краснеет. Наблюдатель принимает свет, измеряет его красное смещение и вычисляет скорость галактики.

Насколько велика наблюдаемая Вселенная?

- **НЕВЕРНО**: Вселенной 14 млрд. лет, поэтому наблюдаемая ее часть должна иметь радиус 14 млрд. световых лет.Рассмотрим самую далекую из наблюдаемых галактик – ту, чьи фотоны, испущенные сразу после Большого взрыва, только теперь достигли нас. Световой год – это расстояние, проходимое фотоном за год. Значит, фотон преодолел 14 млрд. световых лет



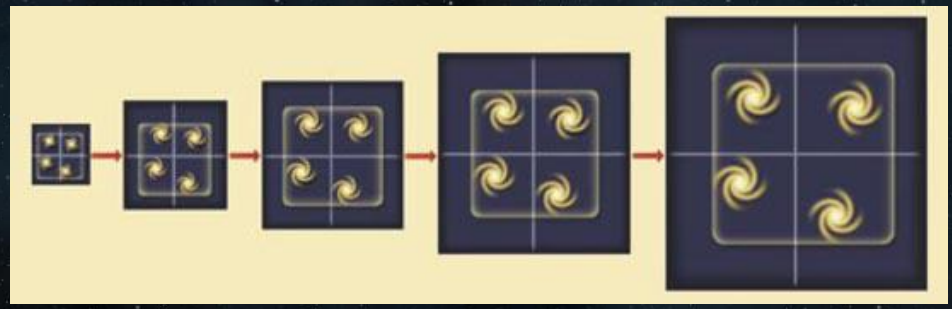
Насколько велика наблюдаемая Вселенная?



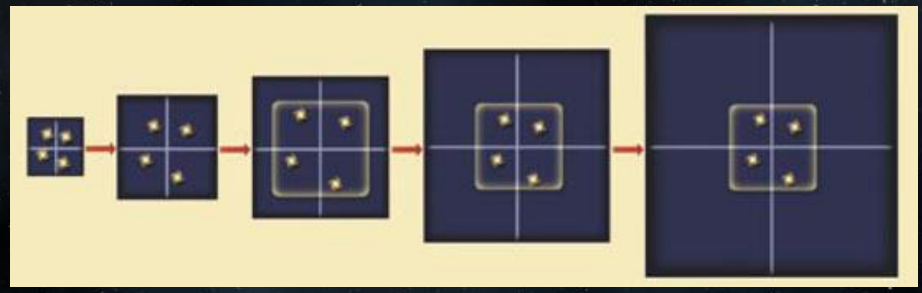
- **ВЕРНО**: Поскольку пространство расширяется, наблюдаемая область имеет радиус больше, чем 14 млрд. световых лет. Пока фотон путешествует, пространство, которое он пересекает, расширяется. К моменту, когда он достигает нас, расстояние до испустившей его галактики становится больше, чем просто вычисленное по времени полета, – приблизительно втрое больше

А объекты во Вселенной тоже расширяются?

- **НЕВЕРНО**: Да. Расширение заставляет Вселенную и все находящееся в ней увеличиваться. В качестве объекта рассмотрим скопление галактик. Раз Вселенная становится больше, то и скопление – также. Граница скопления (желтая линия) расширяется

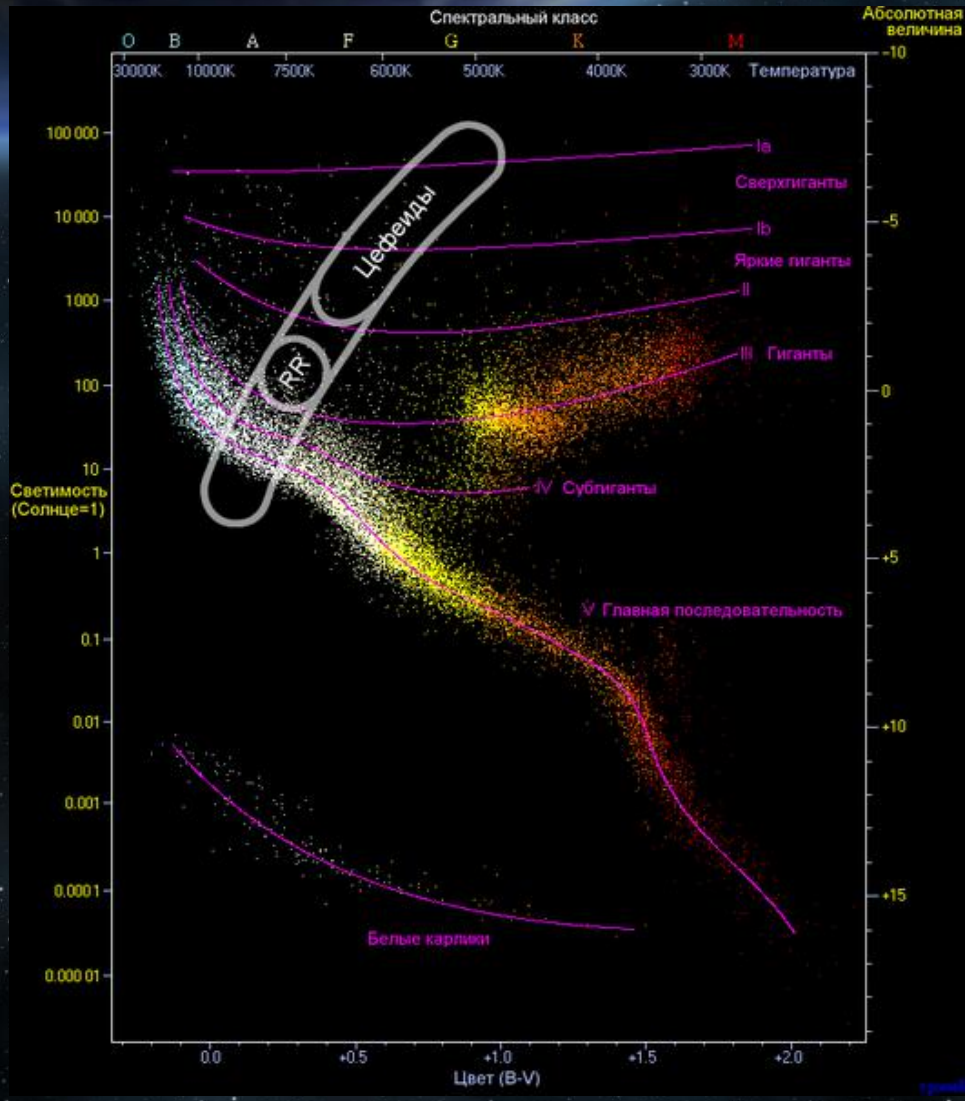


- **ВЕРНО**: Нет. Вселенная расширяется, но связанные объекты в ней не делают этого. Соседние галактики сначала удаляются, но в конечном счете их взаимное притяжение пересиливает расширение. Формируется скопление такого размера, которое соответствует его равновесному состоянию.



«Стандартные свечи»

- **Цефеи́ды** — класс пульсирующих переменных звёзд с довольно точной зависимостью период—светимость, названный в честь звезды δ Цефея. Одной из наиболее известных цефеид является Полярная звезда

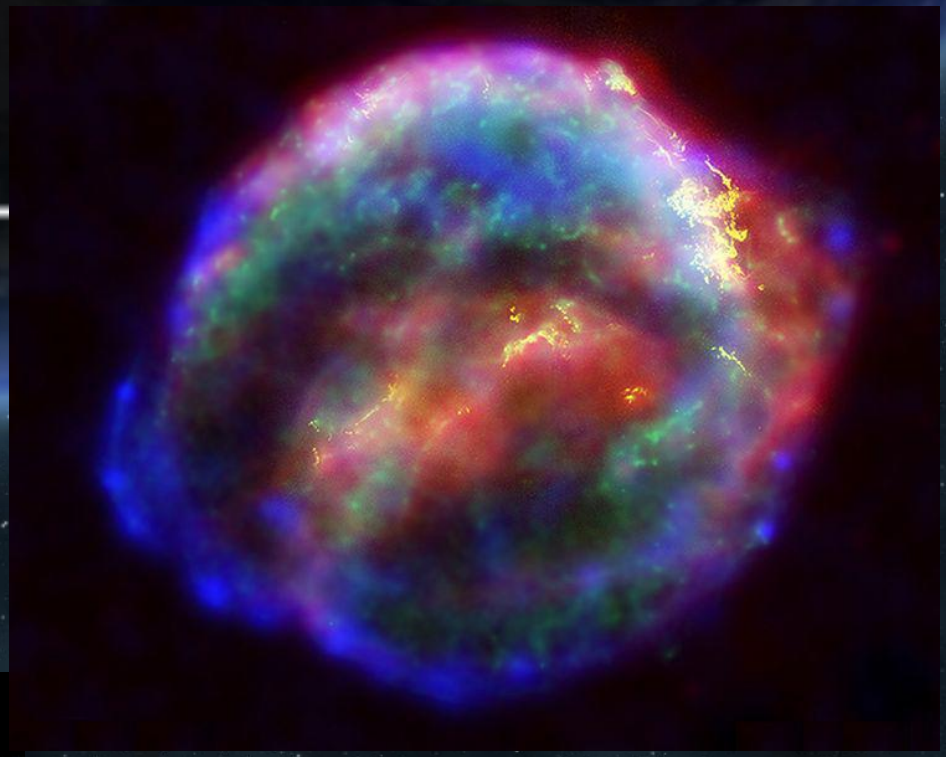


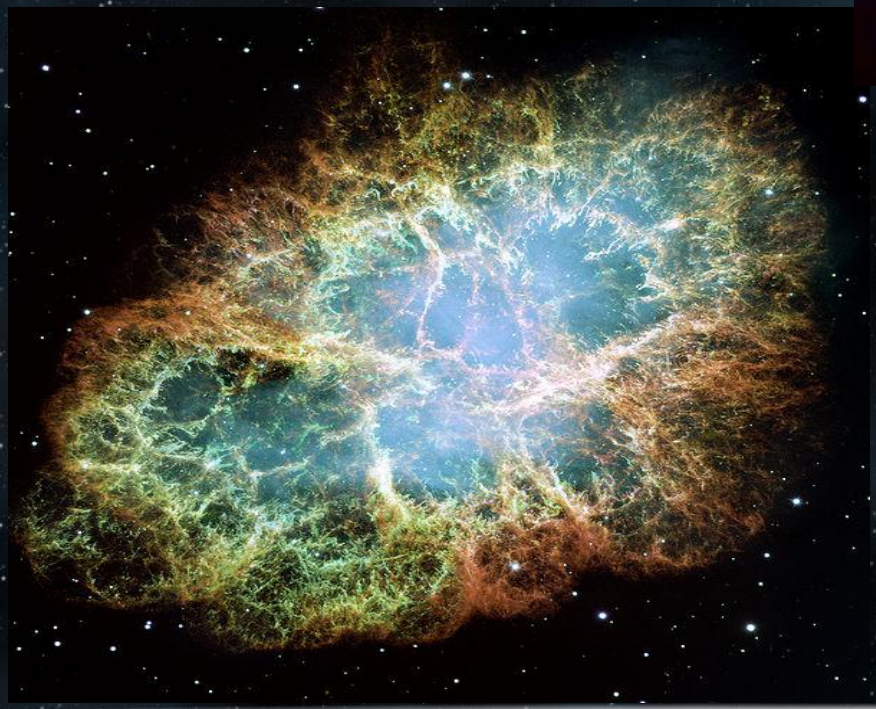
«Стандартные свечи»

- **Сверхно́вые звёзды** — звёзды, блеск которых при вспышке увеличивается на десятки звёздных величин в течение нескольких суток. Поэтому *сверхновые* можно регистрировать из очень далёких галактик вплоть до красных смещений $z \sim 1$ (~ 1000 Мпк), и даже больше.

- В 1994 году на периферии далекой галактики NGC 4256 вспыхнула сверхновая. На снимке видно, что по яркости она была сравнима со всей галактикой.

- Остаток сверхновой Кеплера

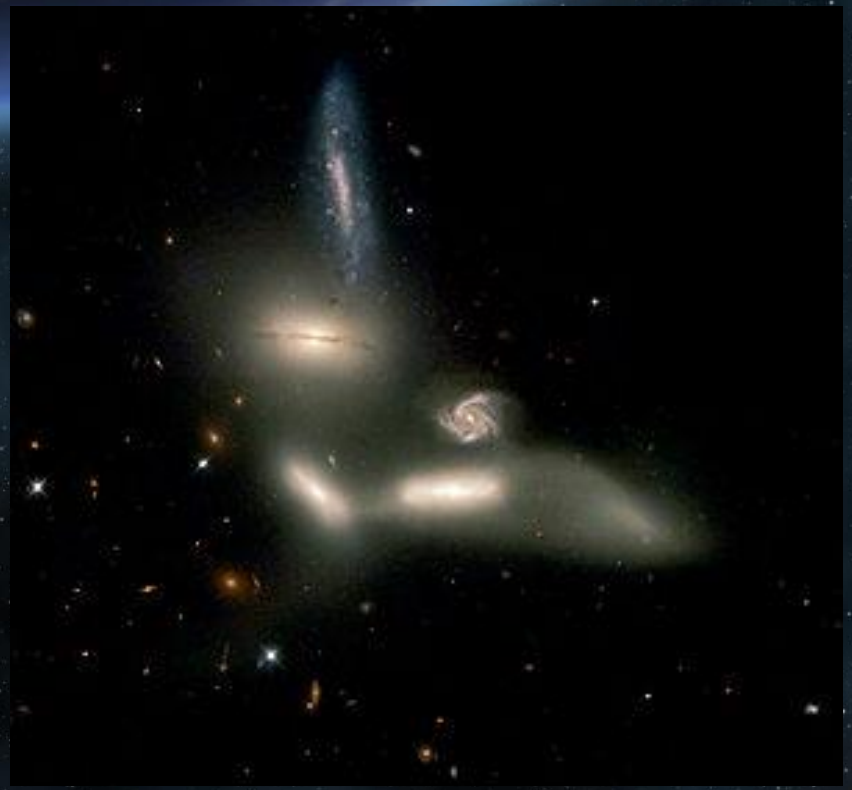




- Крабовидная туманность, как остаток сверхновой SN 1054

Скрытая (темная) масса

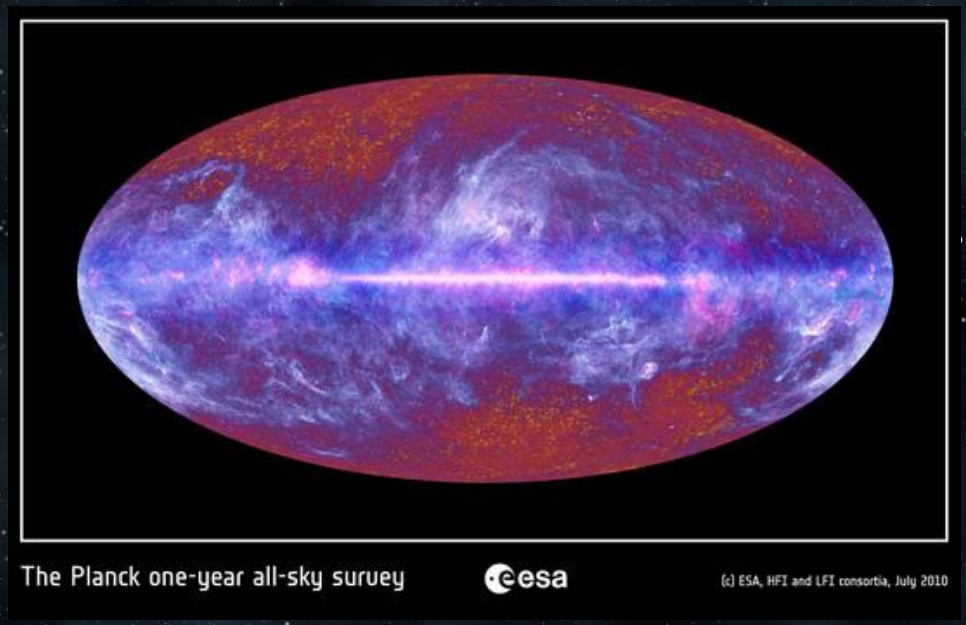
- В 30-е годы астроном Фриц Цвикки изучал движение связанной группы галактик, каждая из которых движется настолько быстро, что должна была бы покинуть группу, так как их общее тяготение примерно в 10 раз меньше того, что могло бы их удержать. Тем не менее они остаются в составе группы. Суммарную массу звезд, газа и пыли в галактиках ученые умеют определять. Она недостаточна. Оставалось предположить, что есть еще какая-то темная масса, что-то, чего астрономы не замечают.



- Секстет Сейферта как пример группы галактик

Реликтовое излучение

- **Микроволновое фоновое излучение** (cosmic microwave background radiation, CMBR), так же известное как реликтовое, считается своеобразным эхом Большого взрыва, в результате которого образовалась Вселенная, в том виде, в котором она известна нам. средняя температура реликтового излучения не превышает 2,7 кельвина

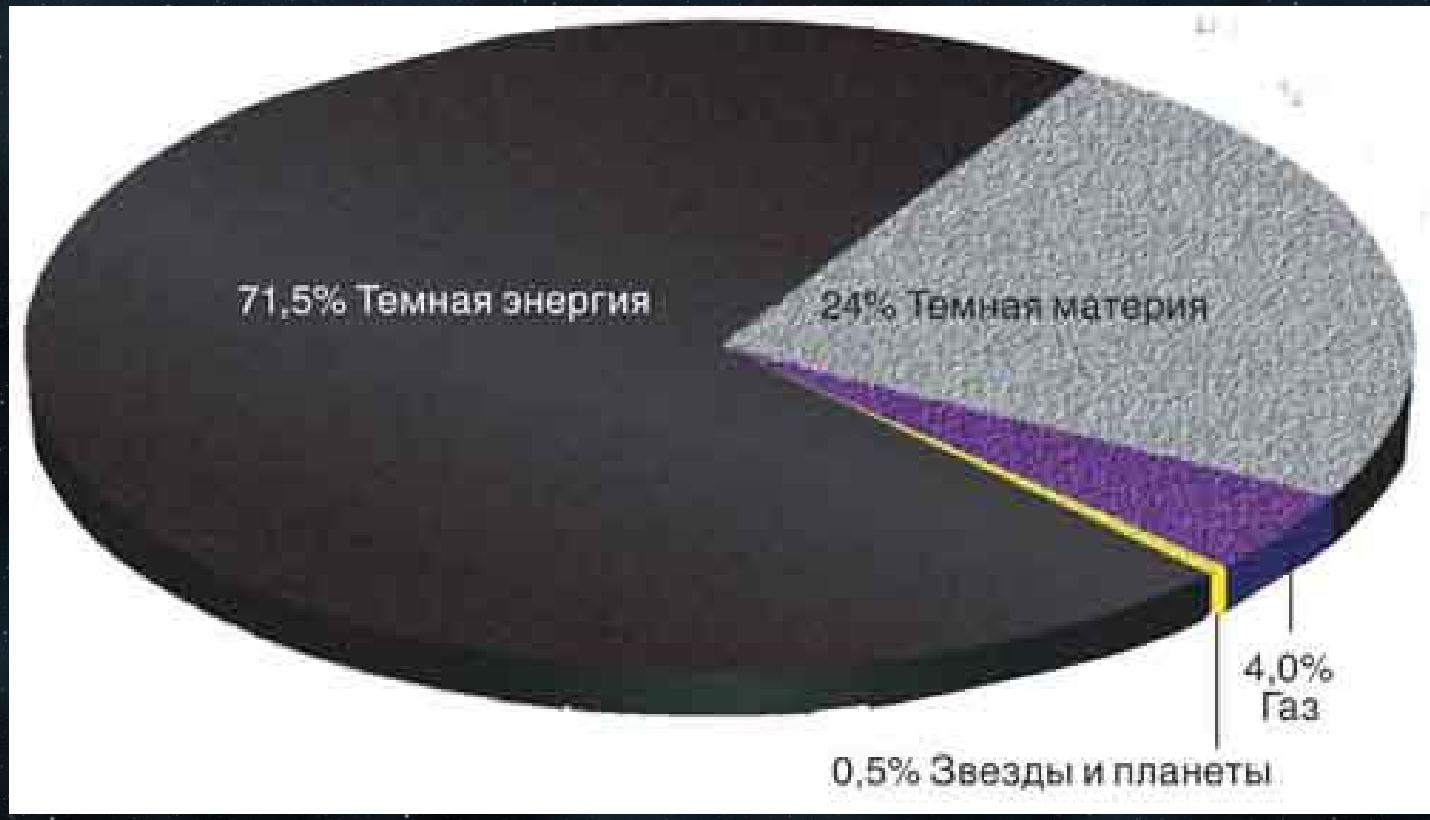


- **Телескоп Планк составил полную карту реликтового излучения Вселенной.**

На представленном изображении видна яркая полоса, пересекающая плоскость карты. Эта область носит название «диск Галактики» - там формируется подавляющее большинство звезд Млечного пути. Более светлые пятна снизу и сверху от диска являются тем самым реликтовым излучением, возраст которого оценивается в 13,7 млрд лет.

Темная масса Вселенной - что про нее известно?

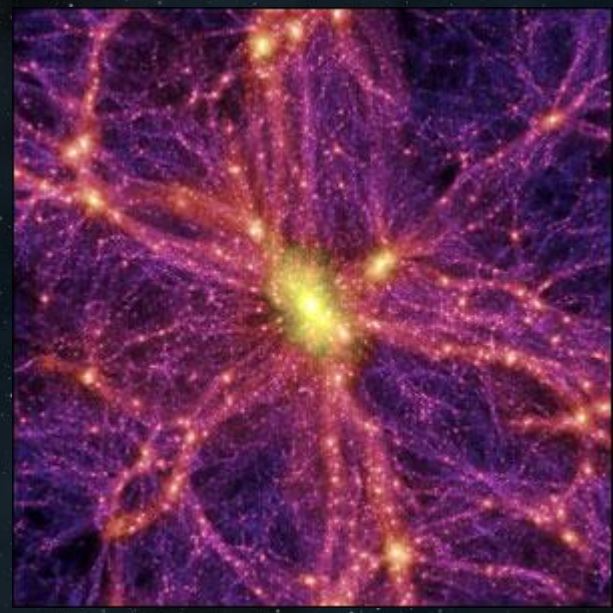
- *ВСЕЛЕННАЯ СОСТОИТ в основном из темной энергии и темной материи; природа обеих неизвестна. Обычное вещество, из которого сформированы звезды, планеты и межзвездный газ, составляет лишь малую долю.*



Темная масса Вселенной – что про нее известно?

Темная материя - общее название астрономических объектов, недоступных прямым наблюдениям, то есть не испускающие электромагнитного излучения достаточной для наблюдений интенсивности, но наблюдаемым косвенно по гравитационным эффектам.

- Со временем часть скрытой массы удалось обнаружить. Так, согласно последним наблюдениям, в число объектов составляющих скрытую массу входят остывшие белые карлики, нейтронные звезды, межгалактический газ, возможно черные дыры. Однако, по оценкам теоретиков, и этих объектов существенно недостаточно



Темная масса Вселенной – что про нее известно?

- Темная масса Вселенной в 6 раз превышает массу материи обычной – той, что видят и что пока не замечают глаза и приборы.
- Темная масса распределена более равномерно, охватывающем Галактику гигантской сферой. В этом смысле вокруг и внутри нашей звездной системы находится еще одна галактика.
- Темная масса никак не взаимодействует с излучением любых видов, никак не светит сама и ничего не поглощает. Но она подвержена закону всемирного тяготения и проявляет себя, концентрируясь вокруг галактик и других массивных объектов.
- Темная масса уже существовала в момент Большого взрыва. Без нее наш мир не мог возникнуть.