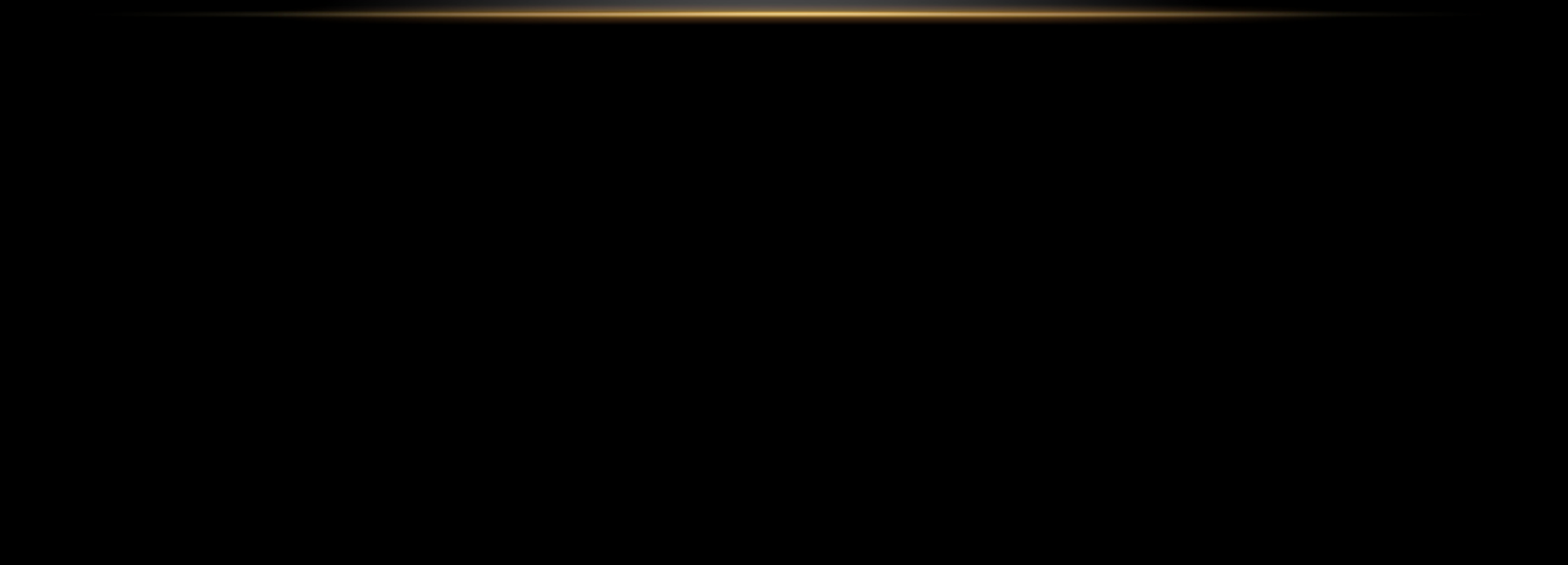


ВСЕЛЕННАЯ: ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ И ТЕМНАЯ ЭНЕРГИЯ.

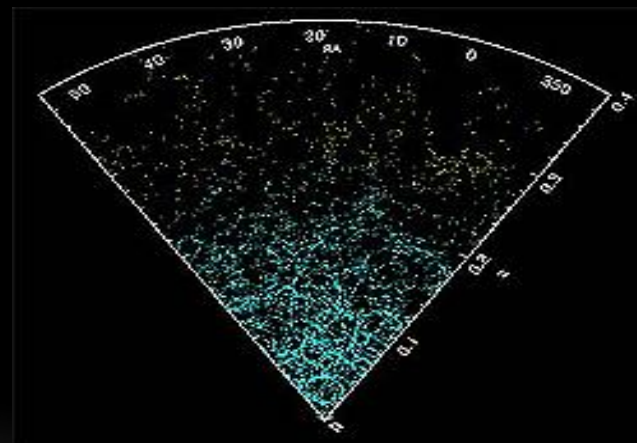


- В течение тысяч лет люди смотрели в ночное небо и верили, что основой нашей Вселенной является светящаяся материя. Сегодня ученые понимают, что не то, что доступно глазу, а то, что спрятано во мгле, скрывает ответы на загадки небес. Таинственная темная материя связывает звезды и галактики воедино. Странные частицы-вимпы, аксионы и махо участвуют в этом процессе. А темная энергия отталкивания расширяет пределы Вселенной, но ускоряет движение галактик навстречу трагическому будущему.



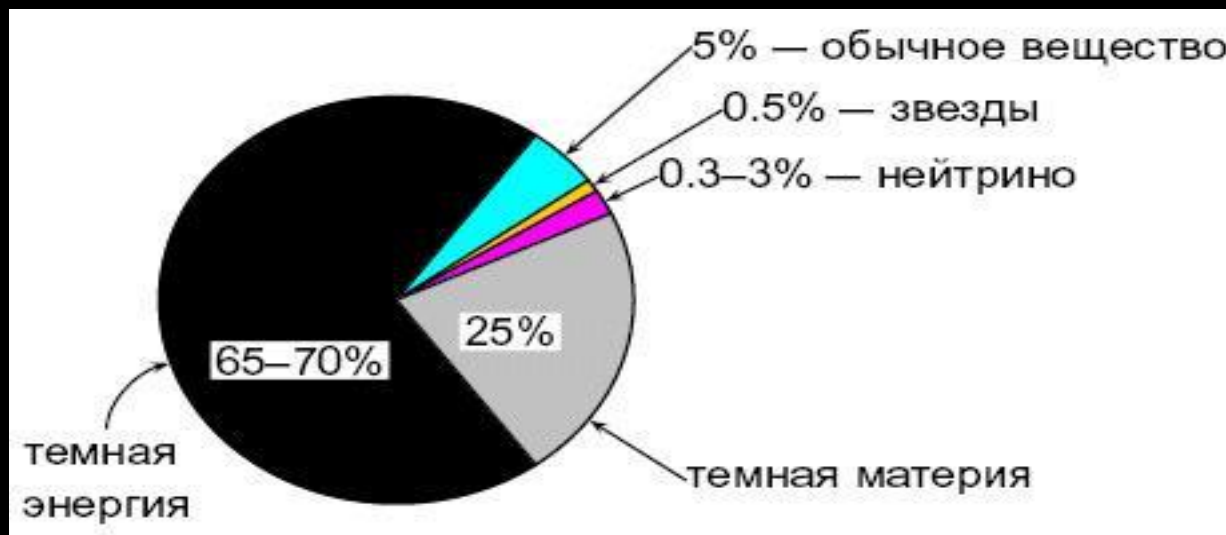
РАСШИРЯЮЩАЯСЯ ВСЕЛЕННАЯ

Вселенная в целом **однородна**: все области во Вселенной выглядят одинаково. Разумеется, это не относится к небольшим областям: есть области, где много звезд — это галактики; есть области, где много галактик, — это скопления галактик; есть и области, где галактик мало, — это гигантские пустоты. Но области размером 300 миллионов световых лет и больше выглядят все одинаково. Об этом однозначно свидетельствуют астрономические наблюдения, в результате которых составлена «карта» Вселенной до расстояний около 10 млрд световых лет от нас. Нужно сказать, что эта «карта» служит источником ценнейшей информации о современной Вселенной, поскольку она позволяет на количественном уровне определить, как именно распределено вещество во Вселенной.



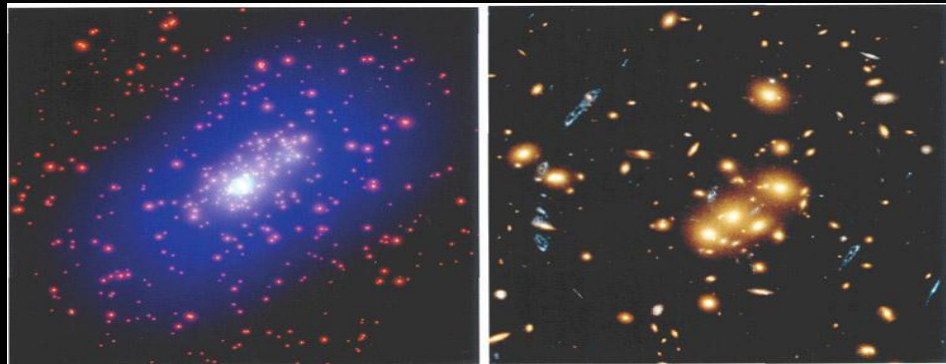
БАЛАНС ЭНЕРГИЙ В СОВРЕМЕННОЙ ВСЕЛЕННОЙ

- Итак, доля обычного вещества (протонов, атомных ядер, электронов) в суммарной энергии в современной Вселенной составляет всего 5%. Помимо обычного вещества во Вселенной имеются и реликтовые нейтрино — около 300 нейтрино всех типов в кубическом сантиметре. Их вклад в полную энергию (массу) во Вселенной невелик, поскольку массы нейтрино малы, и составляет заведомо не более 3%. Оставшиеся 90–95% полной энергии во Вселенной — «неизвестно что». Более того, это «неизвестно что» состоит из двух фракций — темной материи и темной энергии.



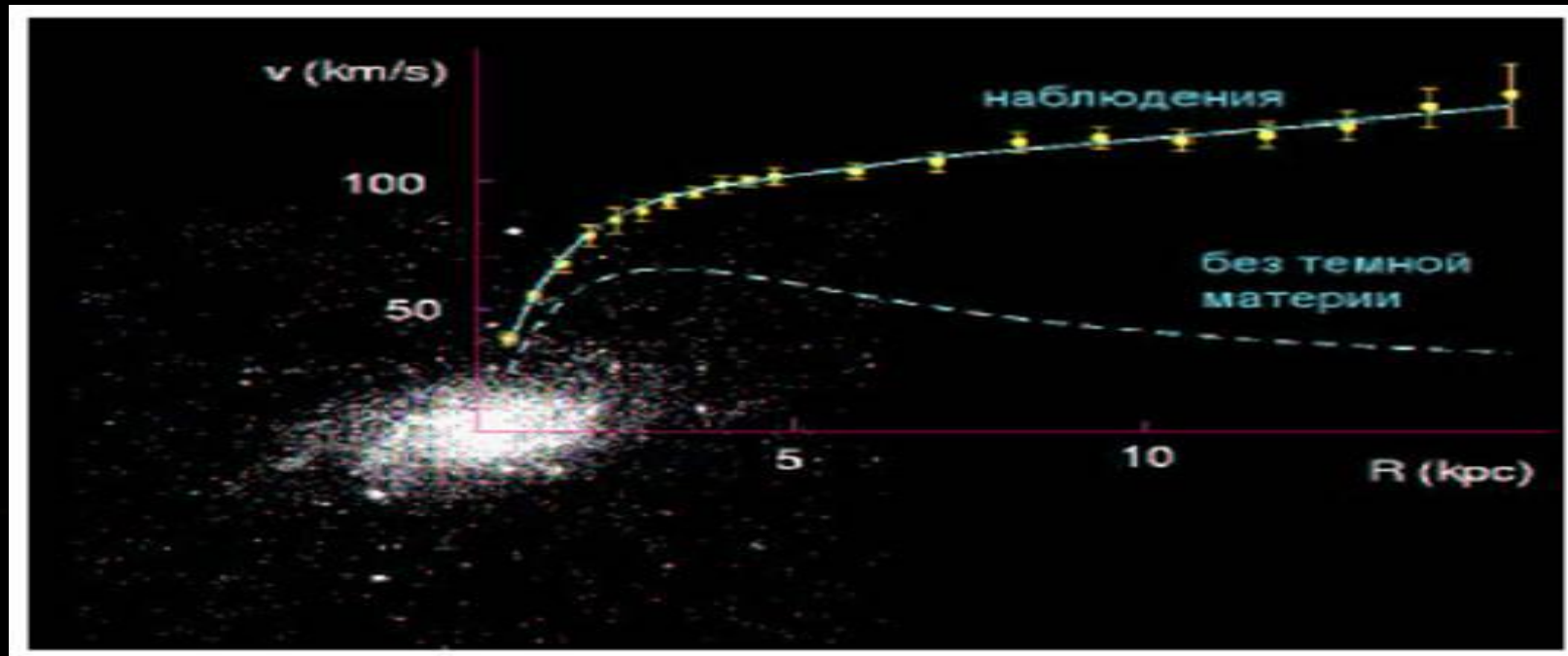
ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ

- Темная материя сродни обычному веществу в том смысле, что она способна собираться в сгустки (размером, скажем, с галактику или скопление галактик) и участвует в гравитационных взаимодействиях так же, как обычное вещество. Скорее всего, она состоит из новых, не открытых еще в земных условиях частиц.



- Помимо космологических данных, в пользу существования темной материи служат измерения гравитационного поля в скоплениях галактик и в галактиках. Имеется несколько способов измерения гравитационного поля в скоплениях галактик, один из которых — гравитационное линзирование.

- Гравитационное поле скопления искривляет лучи света, испущенные галактикой, находящейся за скоплением, т. е. гравитационное поле действует как линза. При этом иногда появляются несколько образов этой удаленной галактики; на левой половине они имеют голубой цвет. Искривление света зависит от распределения массы в скоплении, независимо от того, какие частицы эту массу создают. Восстановленное таким образом распределение массы показано на правой половине голубым цветом; видно, что оно сильно отличается от распределения светящегося вещества. Измеренные подобным образом массы скоплений галактик согласуются с тем, что темная материя вкладывает около 25% в полную плотность энергии во Вселенной. Напомним, что это же число получается из сравнения теории образования структур (галактик, скоплений) с наблюдениями.

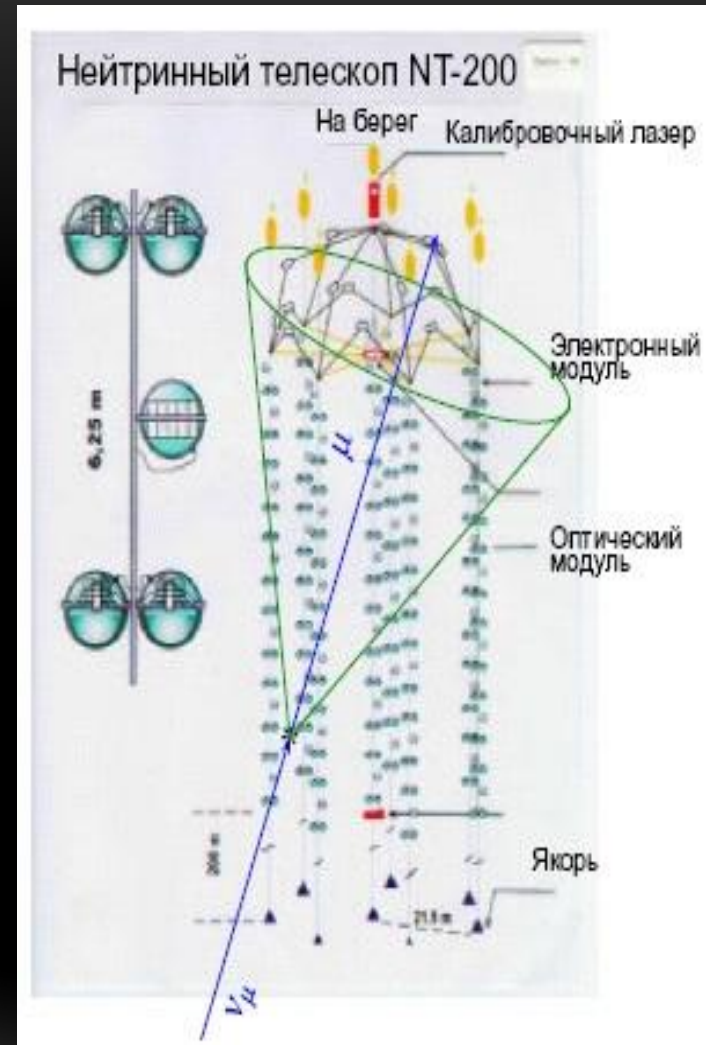


Что представляют из себя частицы темной материи? Ясно, что эти частицы не должны распадаться на другие, более легкие частицы, иначе бы они распались за время существования Вселенной. Сам этот факт свидетельствует о том, что в природе действует **новый**, не открытый пока **закон сохранения**, запрещающий этим частицам распадаться. Аналогия здесь с законом сохранения электрического заряда: электрон — это легчайшая частица с электрическим зарядом, и именно поэтому он не распадается на более легкие частицы (например, нейтрино и фотоны). Далее, частицы темной материи чрезвычайно слабо взаимодействуют с нашим веществом, иначе они были бы уже обнаружены в земных экспериментах. Дальше начинается область гипотез. Наиболее правдоподобной (но далеко не единственной!) представляется гипотеза о том, что частицы темной материи в 100–1000 раз тяжелее протона, и что их взаимодействие с обычным веществом по интенсивности сравнимо с взаимодействием нейтрино. Именно в рамках этой гипотезы современная плотность темной материи находит простое объяснение: частицы темной материи интенсивно рождались и аннигилировали в очень ранней Вселенной при сверхвысоких температурах (порядка 10^{15} градусов), и часть их дожила до наших дней. При указанных параметрах этих частиц их современное количество во Вселенной получается как раз такое, какое нужно.

Можно ли ожидать открытия частиц темной материи в недалеком будущем в земных условиях? Поскольку мы сегодня не знаем природу этих частиц, ответить на этот вопрос вполне однозначно нельзя. Тем не менее, перспектива представляется весьма оптимистической.

ТЕМНАЯ ЭНЕРГИЯ.

- Темная энергия — гораздо более странная субстанция, чем темная материя. Начать с того, что она не собирается в сгустки, а равномерно «разлита» во Вселенной. В галактиках и скоплениях галактик её столько же, сколько вне их. Самое необычное то, что темная энергия в определенном смысле испытывает **антигравитацию**. Мы уже говорили, что современными астрономическими методами можно не только измерить нынешний темп расширения Вселенной, но и определить, как он изменялся со временем. Так вот, астрономические наблюдения свидетельствуют о том, что сегодня (и в недалеком прошлом) Вселенная расширяется с ускорением: темп расширения растет со временем. В этом смысле и можно говорить об антигравитации: обычное гравитационное притяжение замедляло бы разбегание галактик, а в нашей Вселенной, получается, всё наоборот.



Такая картина, вообще говоря, не противоречит общей теории относительности, однако для этого темная энергия должна обладать специальным свойством — отрицательным давлением. Это резко отличает её от обычных форм материи. Не будет преувеличением сказать, что **природа темной энергии — это главная загадка фундаментальной физики XXI века.**



Один из кандидатов на роль темной энергии — вакуум. Плотность энергии вакуума не изменяется при расширении Вселенной, а это и означает отрицательное давление вакуума. Другой кандидат — новое сверхслабое поле, пронизывающее всю Вселенную; для него употребляют термин «квинтэссенция». Есть и другие кандидаты, но в любом случае темная энергия представляет собой что-то совершенно необычное.

- Другой путь объяснения ускоренного расширения Вселенной состоит в том, чтобы предположить, что сами законы гравитации видоизменяются на космологических расстояниях и космологических временах. Такая гипотеза далеко не безобидна: попытки обобщения общей теории относительности в этом направлении сталкиваются с серьезными трудностями.
- По-видимому, если такое обобщение вообще возможно, то оно будет связано с представлением о существовании дополнительных размерностей пространства, помимо тех трех измерений, которые мы воспринимаем в повседневном опыте.
- К сожалению, сейчас не видно путей прямого экспериментального исследования темной энергии в земных условиях. Это, конечно, не означает, что в будущем не может появиться новых блестящих идей в этом направлении, но сегодня надежды на прояснение природы темной энергии (или, более широко, причины ускоренного расширения Вселенной) связаны исключительно с астрономическими наблюдениями и с получением новых, более точных космологических данных. Нам предстоит узнать в деталях, как именно расширялась Вселенная на относительно позднем этапе её эволюции, и это, надо надеяться, позволит сделать выбор между различными гипотезами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

- Как часто бывает в науке, впечатляющие успехи физики частиц и космологии поставили неожиданные и фундаментальные вопросы. Мы сегодня не знаем, что представляет собой основная часть материи во Вселенной. Мы можем только догадываться, какие явления происходят на сверхмалых расстояниях, и какие процессы происходили во Вселенной на самых ранних этапах её эволюции. Замечательно, что на многие из этих вопросов ответы будут найдены в обозримом будущем — в течение 10–15 лет, а может быть, и раньше. Наше время — это время кардинального изменения взгляда на природу, и главные открытия здесь еще впереди.



Д/З-ЗАПИСАТЬ ГИПОТЕЗУ О ТЕМНОЙ
МАТЕРИИ И ТЕМНОЙ ЭНЕРГИИ

