

## Космологическая временная линия

**Rosa M. Ros, Beatriz García, Ricardo Moreno, Pilar Orozco, Juan Antonio Prieto, Ivo Jokin**

International Astronomical Union, Polytechnical University of Catalonia, Spain, ITeDA and National Technological University, Argentina, Colegio Retamar, Spain, Diverciencia, Spain, Municipal Center for Extracurricular Activities, Dolna Mitropolia Municipality, Bulgaria.

### Сводка

История Вселенной насчитывает 13800 миллионов лет. В этот период времени Вселенная преобразовала энергию в атомы первичных элементов в рекордно короткие сроки. Атомы образовали звезды, а они, в свою очередь, преобразовали материал для производства примерно 100 элементов, составляющих периодическую таблицу. Химические элементы были организованы, но чтобы получить пребиотический материал, который позже привел к различным формам жизни, которые мы знаем на Земле, процесс был долгим и сложным. Можно сказать, что жизнь является следствием ряда факторов, которые ее произвели и позволили ей развиваться. Знать моменты, которые были фундаментальными вехами для появления жизни на протяжении всей истории Вселенной, приблизиться к инструментам, которые астрономы изобрели, построили и установили, даже за пределами Земли, для изучения возможности существования жизни за пределами единственного места во Вселенной, где она была обнаружена, и открыть для себя теории, которые пытаются объяснить, как, когда и где возникла жизнь, является миссией этого семинара.

### Цели

- Визуализируйте историю Вселенной через временную шкалу
- Поймите важность процесса, который был необходим для формирования жизни
- Понять адаптацию жизни к множеству разнообразных условий

### Космологическое введение

Вселенная — единственная система, изолированная от природы: она не обменивается ни энергией, ни материей с окружающей средой, потому что она является средой.

Подсчитано, что Вселенная возникла 13800 миллионов лет назад в результате высвобождения энергии. Процесс рождения и эволюции Вселенной, а также возможные сценарии ее конечного назначения были рассмотрены на семинаре «Эволюция Вселенной».

Помимо изучения Вселенной в целом, интересно расширить предложение, связанное с масштабными моделями, которые позволяют нам понять, что означает возраст Космоса,

но в то же время ввести фундаментальную концепцию для человеческого вида: жизнь, одна из характеристик или уникальных свойств Вселенной.

Вопрос о происхождении жизни и, как следствие, о существовании разумной жизни, находится в центре внимания экзо- и астробиологии; Это необычное событие, которое можно изучить с научной точки зрения, с целью понять, как оно произошло на Земле и как оно могло произойти в другом месте.

Поиск жизни является общей целью в астрономии и астрофизике, и, следовательно, помещение предмета в космологическую шкалу позволяет нам понять длинный промежуток времени, который отделяет происхождение Вселенной от появления самых примитивных форм жизни.

Для поиска жизни у нас есть некоторые инструменты, которые являются основой работы в астробиологии и астрохимии.

В процессе образования и рождения звезды из гравитационного коллапса облака межзвездного газа и пыли может образоваться планетная система с остатками вещества из этого облака.

Точно так же, как мы можем узнать состав рассматриваемой звезды, изучая ее спектр, можно узнать существование и химический состав планетарной атмосферы в случае Солнечной системы или экзопланет в случае экзопланетных или внесолнечных систем. Каждый химический элемент, каждая молекула имеет определенный и уникальный спектр.

Если планета или экзопланета имеет атмосферу, и если спектр звезды известен, когда свет от этой звезды проходит через атмосферу экзопланеты, он будет частично поглощен химическими элементами в этой атмосфере. Таким образом, мы сможем определить химический состав любой атмосферы.

Примером этого являются недавние открытия телескопа Джеймса Веба, который создает различные экзопланетные системы.

Пример: о том, как можно подойти к поиску жизни, можно привести следующее. в детальном моделировании экзопланеты WASP-39b, сделанном благодаря наблюдениям веб-телескопа, выяснилось, что  $\text{SO}_2$  в ее атмосфере образуется в результате фотохимии, что чрезвычайно важно, поскольку фотохимия имеет основополагающее значение для процветания жизни на Земле, поскольку она связана с производством  $\text{O}_3$  (озона), с фотосинтезом и с выработкой витамина D, фундаментального для человеческого организма.

С нулевого момента на временной шкале, которую мы предложим, прошло всего около 100 секунд до превращения того, что было всей энергией, в атомы. Для появления жизни сначала должны были возникнуть галактики, затем звезды, они должны были преобразовать химические элементы, обогатить межгалактическую и межзвездную среду, и должны были быть созданы условия, чтобы неупорядоченные молекулы были

упорядочены для формирования сложных структур, которые могли бы размножаться и, наконец, уступить местожизни.

В следующих разделах мы увидим этот долгий процесс, который, если он не является чудом, является следствием эволюции Космоса.

## Задание 1: Хронология

Речь идет о визуализации временной шкалы истории Вселенной на ленте. используя в качестве единицы измерения один метр, равный одному миллиарду лет ( $1\text{ м} = 10^9$  лет, т.е.  $10\text{ см} = 10^6$  лет).

По мере развития науки и появления более точных инструментов определение величин, важных для истории Вселенной, таких как время и расстояние, может привести к определенным изменениям в периоды, в которые происходят наиболее значительные события в Космосе. Помните, что то, что мы знаем о Вселенной, является статистическим, все больше и больше наблюдений может заставить нас пересмотреть все наши результаты.

Взрыв Бинга, большой взрыв, произошел 13800 миллионов лет назад ( $13,8 \cdot 10^9$  лет), затем за короткий промежуток времени, 10-45 секунд, не очень хорошо известно, что произошло, потому что вы даже не можете применить теорию относительности Эйнштейна, это так называемая эра Планка.



Рис.1: Простое представление временной шкалы на ленте длиной 13,8 м. Некоторые предметы сшиты между собой, что облегчает взаимосвязь и сравнение значений и позволяет зафиксировать масштаб.

После  $10^{-35}$  Большого взрыва начинается ИНФЛЯЦИЯ, которая реагирует на экспоненциальное расширение Вселенной. Через микросекунду ( $10^{-6}$  секунд) после Большого взрыва начинается формирование первичного бульона (состоящего из различных элементарных частиц).

Через 3 минуты после Большого взрыва начинается первичный нуклеосинтез «Н ». Вся эта первая часть не может быть представлена на временной шкале проблемой масштабирования, поскольку мы считаем, что 1 миллиметр эквивалентен миллиону лет, секунд или минут невидимы. По этой причине он не отображается на временной шкале, а представлен отдельно.

Через 100 миллионов лет (через 10 см), то есть 13700 миллионов лет назад, образовались первые первичные элементы. Еще через 100 миллионов лет, или еще через 10 см,  $13,6 \cdot 10^9$  лет назад образовались первые молекулы, и среди них первые молекулы воды.

Примерно, также в этот промежуток времени, через 13600 миллионов лет образовались первые звезды и несколько позже, 13100 миллионов лет назад первые галактики. Через сто миллионов лет сформировался примитивный Млечный Путь ( $13,0 \cdot 10^9$  лет) (рис. 1).

В течение примерно 8400 миллионов лет (8,4 метра: в нашем масштабе  $10^{-9}$  лет равняется одному метру) происходит ряд одновременных явлений. Первые звезды эволюционируют, порождая различные взрывы, которые выбрасывают различные типы атомов, и появляется разнообразие первичных элементов периодической таблицы. В то же время продолжают формироваться новые звезды, которые также эволюционируют, и возникают разные типы объектов, на разных этапах эволюции.



2: 4600 миллионов лет назад образуется Солнце и вместе с ним появляются разные тела Солнечной системы, в частности Земля и скалистые планеты образовались 4560 миллионов лет назад. Примерно через 20 миллионов лет возникло магнитное поле Земли, которое служит защитой от различных излучений, опасных для жизни, какой мы ее знаем.

Через вышеупомянутые 8,4 миллиона лет, то есть  $4,6 \cdot 10^9$  лет назад, происходит формирование нашего Солнца, а также образование первых спиртов. Группы ОН необходимы позже, потому что они появляются при образовании многих молекул, которые будут важны для достижения конституции ДНК.

Примерно через 3 см, 4570 миллионов лет назад, родилась Солнечная система, на 4 мм позже, 4566 миллионов лет назад, образовались газообразные планеты, а на 6 мм позже, 4560 миллионов лет назад, образовались Земля и другие скалистые планеты (рис. 2).

Примерно через 2 см из этого возникло магнитное поле Земли 4540 миллионов лет назад, с чем оно представляло собой защиту от различных видов радиации, вредных для жизни на нашей планете.

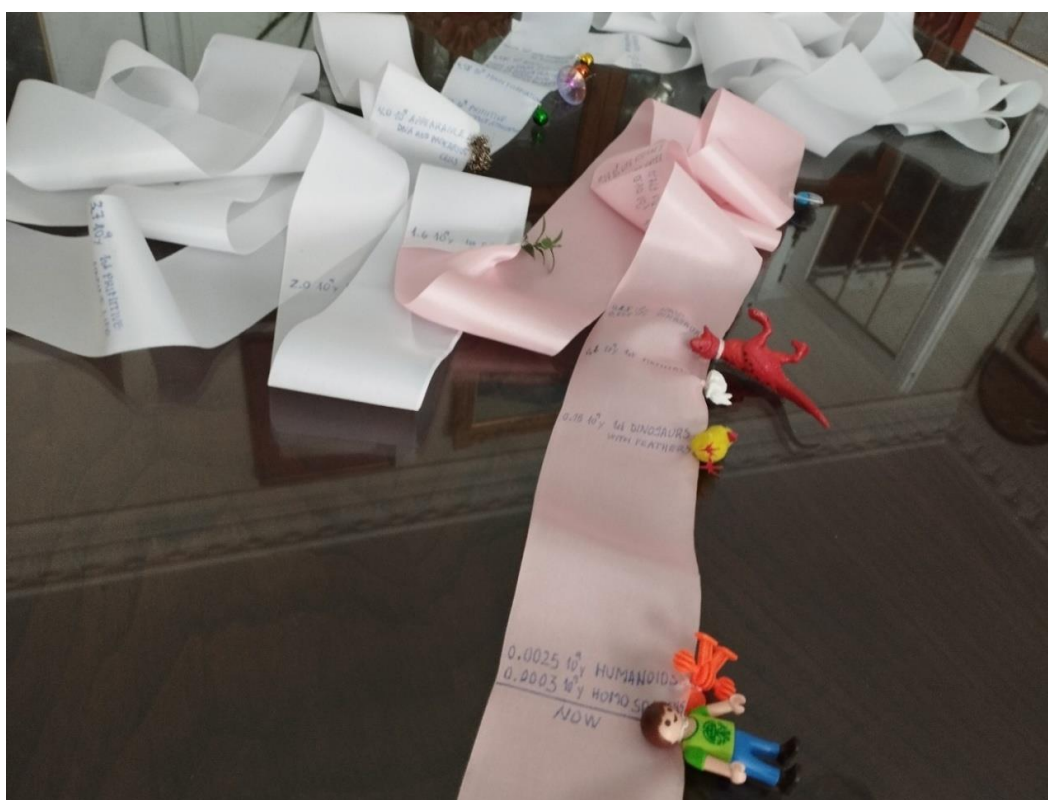


Рис.3: Линия пуста от начала до появления первых зеленых растений. В розовом цвете с этого момента и до настоящего времени.

Впоследствии, на высоте 6 см, около 4480 миллионов лет назад началось формирование Луны, составляющей систему Земля-Луна в пределах нашей планетной системы.

Всего 3 см спустя, 4450 миллионов лет назад, образовалась примитивная атмосфера Земли.

$4.1 \cdot 10^9$  лет назад, это после 45 см, произошла Поздняя Интенсивная Бомбардировка, которая затронула тела Солнечной системы, а также Землю и Луну.

4000 миллионов лет назад ( $4,0 \cdot 10^9$  лет), то есть через 10 см, появляются Первые Прокариотические Клетки (без ядра) и появляется молекула ДНК.

Через 2 метра, это 2 миллиарда лет назад, начинается жизнь, дышащая кислородом O<sub>2</sub>.

После 40 см,  $1,6 \cdot 10^9$  лет назад начинается появление зеленых растений на нашей планете, то есть вступает в игру функция хлорофилла (рисунок 3).

За пределами 90 см или 90 миллионов лет, то есть 700 миллионов лет назад ( $0,7 \cdot 10^9$  лет), начинают появляться первые специализированные ткани и органы.

Через 18 см, в течение  $0,52 \cdot 10^9$  лет появляются окаменелости трилобитов, хорошо известные всем нам.

Через 5 млн. лет, то есть на 5 см позже, за 470 млн. лет происходит первый выход животных из воды в наземную зону.

Всего через 7 см, 400 миллионов лет назад, появляются аммониты (известные окаменелости).

Спустя 3 мм, 397 миллионов лет назад, на Земле появляются первые позвоночные.

Если мы переместимся на 14,7 см, то примерно 250 миллионов лет назад появятся наутили, животные, которых до сих пор можно встретить на нашей планете.

Только через 5 миллионов, это на 5 мм позже, 245 миллионов лет назад, появляются первые динозавры.

Через 4,5 см, 200 миллионов лет назад, появляются первые млекопитающие, изначально они были небольшими, хотя позже появляются более крупные.

Через 5 см, от этого 150 миллионов лет назад, появляются первые пернатые динозавры, предки наших птиц. На самом деле, одними из наименее развитых и наиболее близких к древним крылатым динозаврам являются простые цыплята, которые есть в наших загонах (рис. 3).

За пределами 14,75 см, то есть через 14,75 миллиона лет,  $0,0025 \cdot 10^9$  лет назад = 2,5 миллиона лет = 2 500 000 лет, появляются первые гуманоиды.

Всего через 2,2 мм, то есть всего  $0,0003 \cdot 10^9$  лет назад =  $0,3 \cdot 10^6$  лет = 300 000 лет, появляется Homo sapiens.

## Галактики-каннибалы

Галактики - это группы звезд, связанных друг с другом гравитацией, которые вращаются сами по себе. Различные группы галактик образуют нити, где активность образования новых галактик очень активна.

Все скопления галактик включены в большой космический балет, где они встречаются, сталкиваются, и каннибализм больших галактик над меньшими заставляет молодые галактики соревноваться за получение свободного газа, который остается для образования новых звезд (рис. 4).

Таким образом, самые богатые области звездообразования соответствуют областям больших столкновений, где большими победителями всегда являются более крупные

галактики. Вся эта активность происходит в нитевидных областях Вселенной, оставляя большие пространства, более свободные от материи (рис. 5).

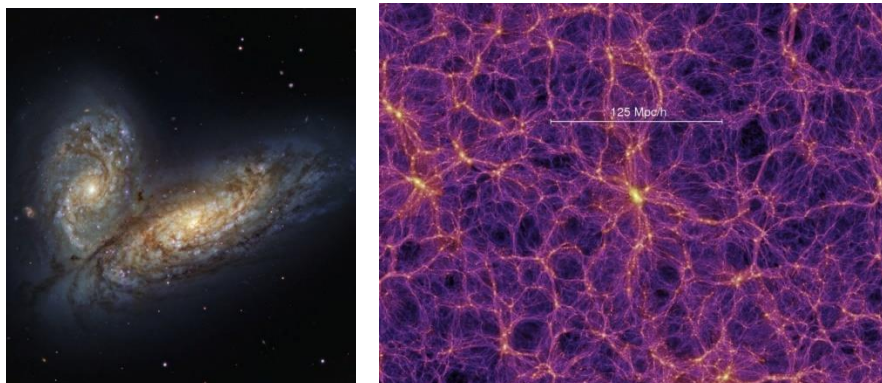


Рис.4: Столкновение галактик-каннибалов (Фото: ESO). Рис. 5: Моделирование нитевидной структуры Вселенной (Фото: Springel et al.)

## Упражнение 2: Нитевидная модель

Нитевидную структуру Вселенной можно смоделировать с помощью подноса или блюда, куда можно поместить воду с моющим средством. Вводя пару соломинок, чтобы потягивать безалкогольные напитки, вы действуете в обратном направлении, продувая через них воздух и, таким образом, получая большое количество пузырьков за очень короткое время.

Как видно в модели с большими мыльными пузырями, большая часть мыльной жидкости располагается в местах пересечения пузырьков, порождая участки более или менее нитевидного вида.

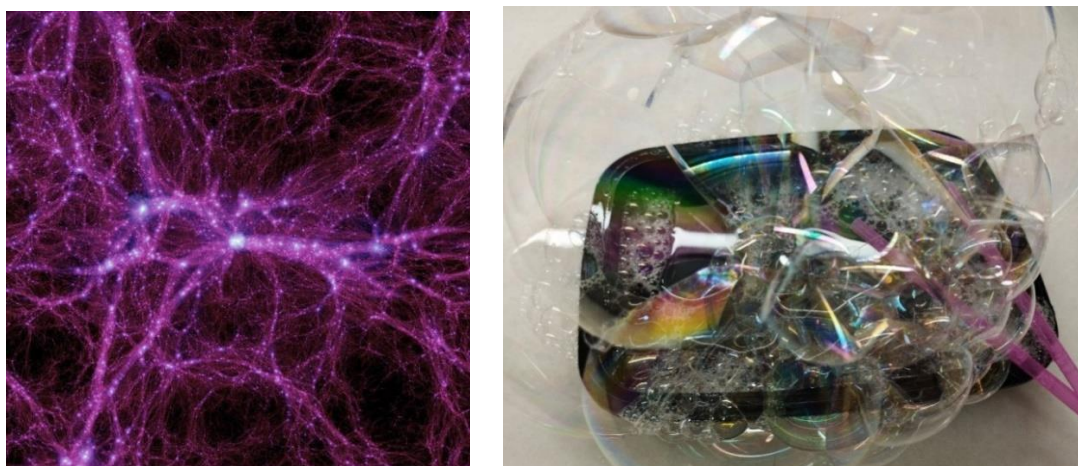


Рис. 6: Моделирование нитевидной структуры Вселенной (Фото: Illustris Project). Рис. 7: Моделирование вышеупомянутой структуры в нитях с использованием воды и моющего средства.

## Классификация галактик

Существуют спиральные, перемыченные, эллиптические, сферические и неправильные галактики, которые обычно классифицируются в соответствии с их морфологией в известной последовательности Хаббла. Как упоминалось выше, эта классификация обращает внимание только на ее форму и не соответствует ее эволюции.

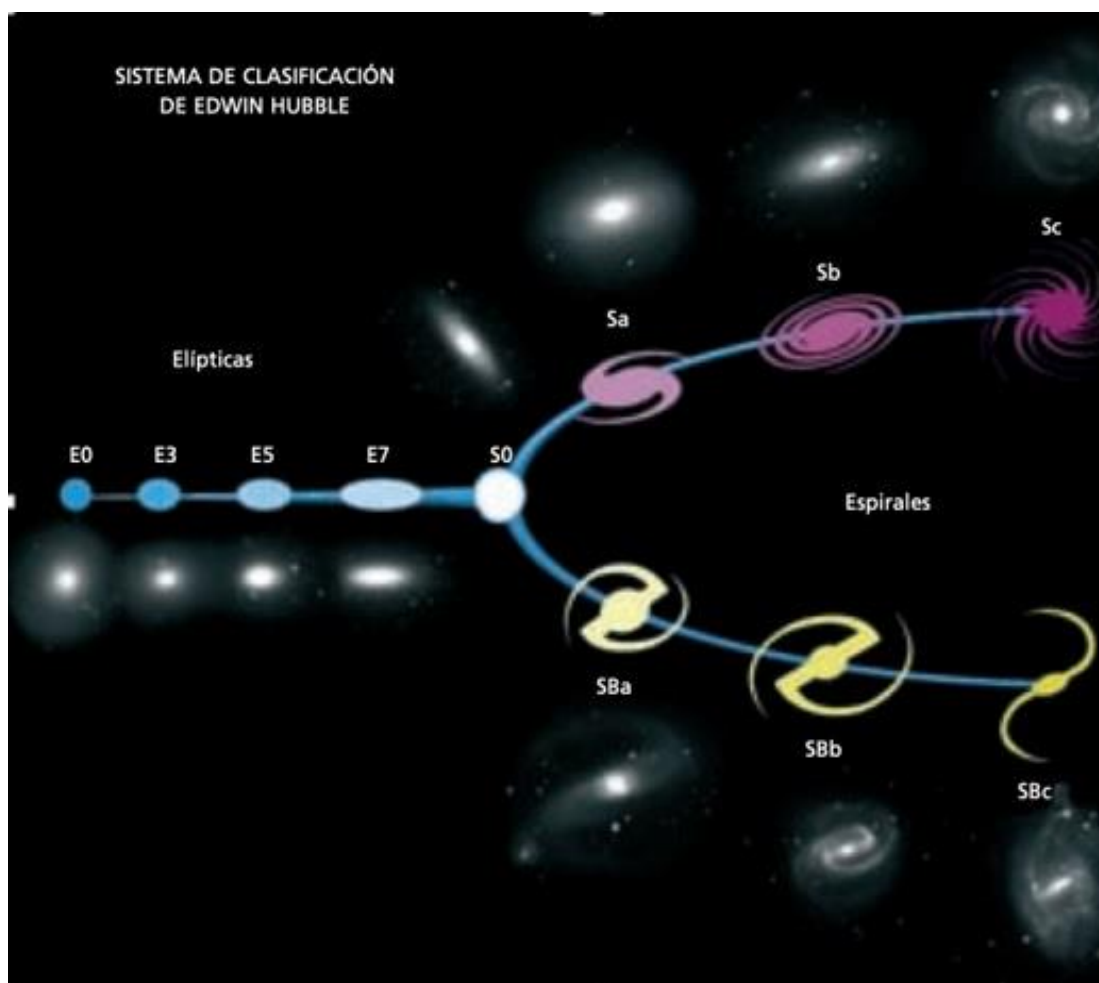


Рис.8: Система классификации Эдвина Хаббла (Фото: NASA-ESO)

## Упражнение 3: Моделирование формирования спиральных галактик

Модель спиральных галактик (рис. 9а ) может быть изготовлена из стакана, полного воды, и продукта, имеющего очень мелкие зерна, например, бикарбонат натрия (рис. 9б), поваренную соль (NaCl), хотя она легче растворяется в воде, и песок (рис. 9в), если он очень мелкий, даже пропущенный через сито.





Инжир. 9а. Галактика NGC 5457  
(ЕКА/Хаббл)



Инжир. 9б. Галактика с  
бикарбонатом.



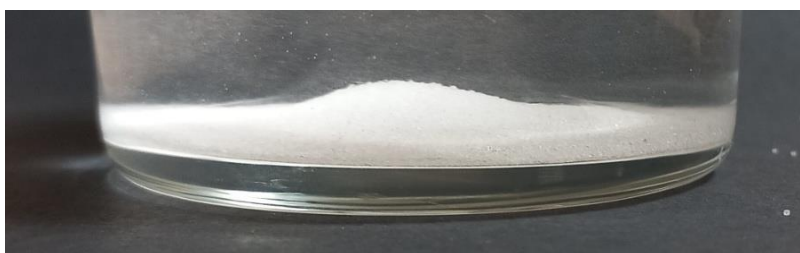
Инжир. 9в. Галактика с песком.

Размешайте воду из стакана чайной ложкой и с энергией, прекратите помешивать, влейте столовую ложку средства и дождитесь, пока зерна осядут. Вы получаете центральную кучу и спиральные рукава, очень похожие на галактики.

Глядя на стекло сбоку, модель также имитирует форму галактик, видимых ребром, с центральной выпуклостью (рис. 10 а, b и с).



Рис.10а, Модель песчаной галактики, вид сбоку.



Инжир. 10б. Бикарбонатная модель, также видна сбоку.



Инжир. 10в. Галактика NGC 4565 с центральной выпуклостью (Фото: ESO/NASA)

Если вы продолжаете медленно двигаться, вы можете смоделировать спиральные рукава и получить что-то похожее на эллиптические галактики, другой тип галактик в последовательности Хаббла (рис. 8). Наша модель сама по себе не может воспроизвести галактики с перемычкой.

## Обитаемая зона в галактиках

В центральной зоне галактик наблюдается высокий уровень энергии, происходят массивные гамма-всплески и огромные очень энергичные и бурные события, которые делают жизнь невозможной. С другой стороны, в районе края галактики ощущается недостаток атомов тяжелее водорода и гелия, которые необходимы для жизни, поэтому обитаемая зона соответствует круглой области наподобие камеры автомобильной шины и соответствует области, по которой движется Солнце. Обитаемая зона в галактиках обычно расположена в радиусе от 23000 до 30000 а.л. от центра галактики (Солнце находится на высоте 27000 а.л.).

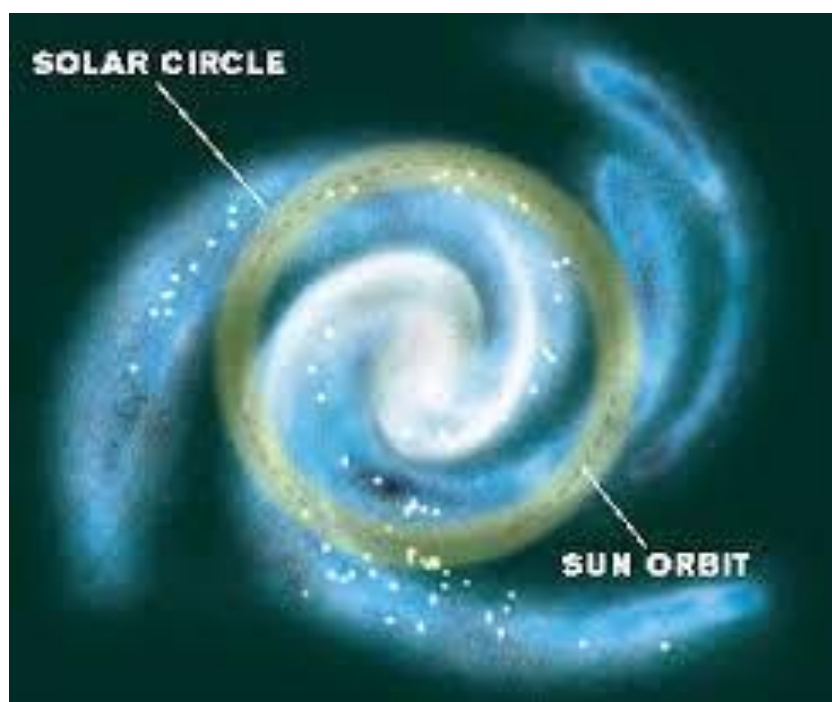


Рис.11: Обитаемая зона галактики (Фото: НАСА)

## Плазма и магнитное поле

В межгалактической среде, в межзвездной среде и в самих звездах материя обычно находится в плазменном состоянии. Эта плазма состоит из электронов, протонов, частиц высоких энергий и ионизированного газа.



Рис. 12а: Туманность Вуаль (Кредит Хаббла), Рис. 12b: Комета C/2002 E3 (Фото: Рикис Бабянскас и Карлос Вискаильяс)

На Земле есть материя в таком состоянии, как молния, внутренняя часть люминесцентных ламп или энергосберегающих ламп, мониторы и телевизионные экраны, плазменные шарики или пламя свечи.



13а, 13б и 13с: В плазменном шаре, в пламени и в люминесцентной трубке есть вещество в плазменном состоянии

Это также плазма солнечного ветра, поток заряженных частиц, которые высвобождаются из короны Солнца по всей Солнечной системе, во всех направлениях. Поток этих частиц изменчив, на него сильно влияет солнечная активность, которая производит солнечные пятна и вспышки. Солнечный ветер может искривлять плазму хвостов комет, которые всегда направлены против Солнца.

На Земле он может генерировать геомагнитные бури и порождает полярные сияния (огни на севере и юге). Частицы солнечного ветра движутся с большой скоростью и с большим количеством энергии, обладают большой проникающей способностью и могут повредить ДНК клеток. Магнитное поле Земли образует магнитосферу, которая действует как защитный щит, как зонтик, отклоняя заряженные частицы, столь опасные для жизни, не давая им достичь поверхности Земли.

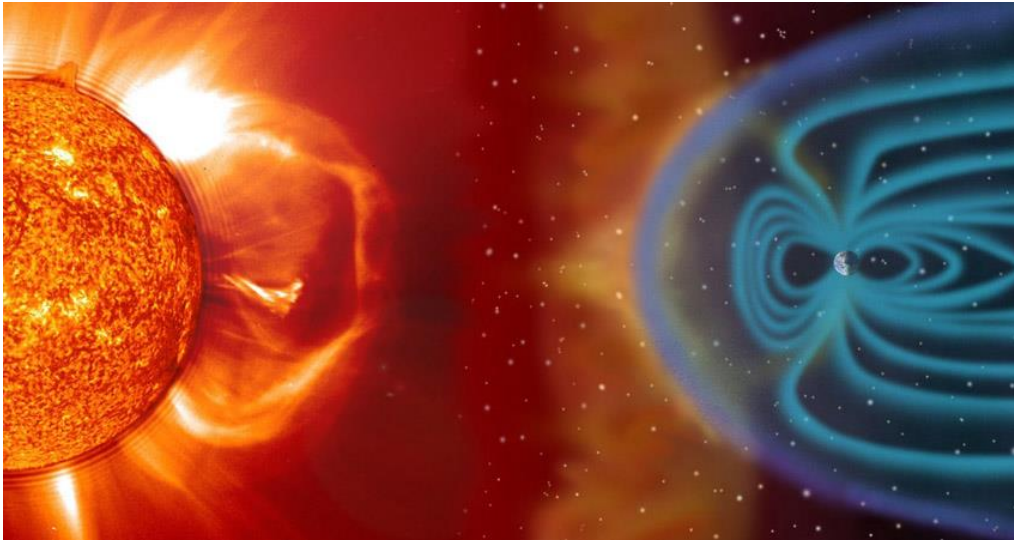


Рис.14: Магнитное поле Земли служит щитом или зонтиком от солнечного ветра.

Когда на Солнце происходят сильные корональные выбросы, интенсивность солнечного ветра сильно возрастает, и он может пробить магнитосферу Земли. В этих случаях часть солнечного ветра достигает атмосферы в районах вблизи полюсов, создавая прекрасное северное сияние (в северном полушарии) и южное сияние (в южном полушарии).

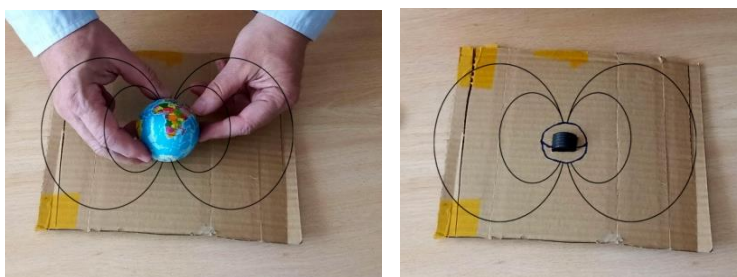
Энергия этих частиц возбуждает атомы в атмосфере, заставляя их электроны испускать фотоны разной длины волны. Если частицы имеют высокую энергию, кислород производит зеленый/желтый свет, а если они имеют низкую энергию, красный/фиолетовый свет. В случае азота он производит голубоватый или красно-фиолетовый свет на нижних краях полярных сияний.



15a и 15b: Различные цвета полярных сияний зависят от ионизации кислорода и азота. (Кредиты , С.Экко, Финляндия)

## Упражнение 4: Магнитное поле Земли

Мы можем визуализировать магнитное поле Земли с помощью магнита, который представляет магнитное поле Земли, и компаса, с помощью которого мы проходим через силовые линии поля. Достаточно понять, что стрелка магнита расположена «касательной» к силовым линиям магнитного поля (рис. 17а, 17б и 17в).



17а, 17б Модель магнитного поля Земли с некоторыми представленными силовыми линиями.



Рис.17а, 17б, 17в: С помощью компаса СИЛОВЫЕ ЛИНИИ «рисуются» (стрелка компаса всегда касательна к силовым линиям).

Внутри пластиковой сферы помещаем магнит, завернутый в бумажную салфетку. Он олицетворяет Землю. Мы рассыпаем возле полюсов железные опилки, которые очень хорошо визуализируют силовые линии магнитного поля в этой области.



Рис.18: Магнит внутри пластиковой сферы, как модель магнитного поля Земли.



19a и 19b: С помощью железных опилок визуализируются силовые линии в полярных областях. Именно в этих районах происходят полярные сияния.

## Происхождение жизни на Земле

Принято считать, что происхождение жизни на Земле восходит к более чем 3 миллиардам лет назад, эволюционируя от самых простых микробов до большой сложности с течением времени. Но как первые организмы развивались в единственном известном доме жизни во Вселенной?

Наука остается нерешенной и противоречивой относительно точного происхождения жизни, даже само определение жизни ставится под сомнение и переписывается. Некоторые из многих научных теорий о происхождении жизни на Земле, которые находятся в силе:

- Одной из наиболее распространенных теорий является та, которая предполагает, что жизнь, возможно, началась в гидротермальных жерлах, которые можно найти в глубоком океане, обычно на расходящихся континентальных плитах, и которые проливают ключевые элементы для жизни, такие как углерод и водород. Вытесненные жидкости охлаждаются, проходя через земную кору, поглощая растворенные газы и минералы, такие как углерод и водород. Теперь мы знаем, что эти жерла, богатые химической и тепловой энергией, горячими и щелочными, имеют большое разнообразие видов (рис. 20a и 20б).

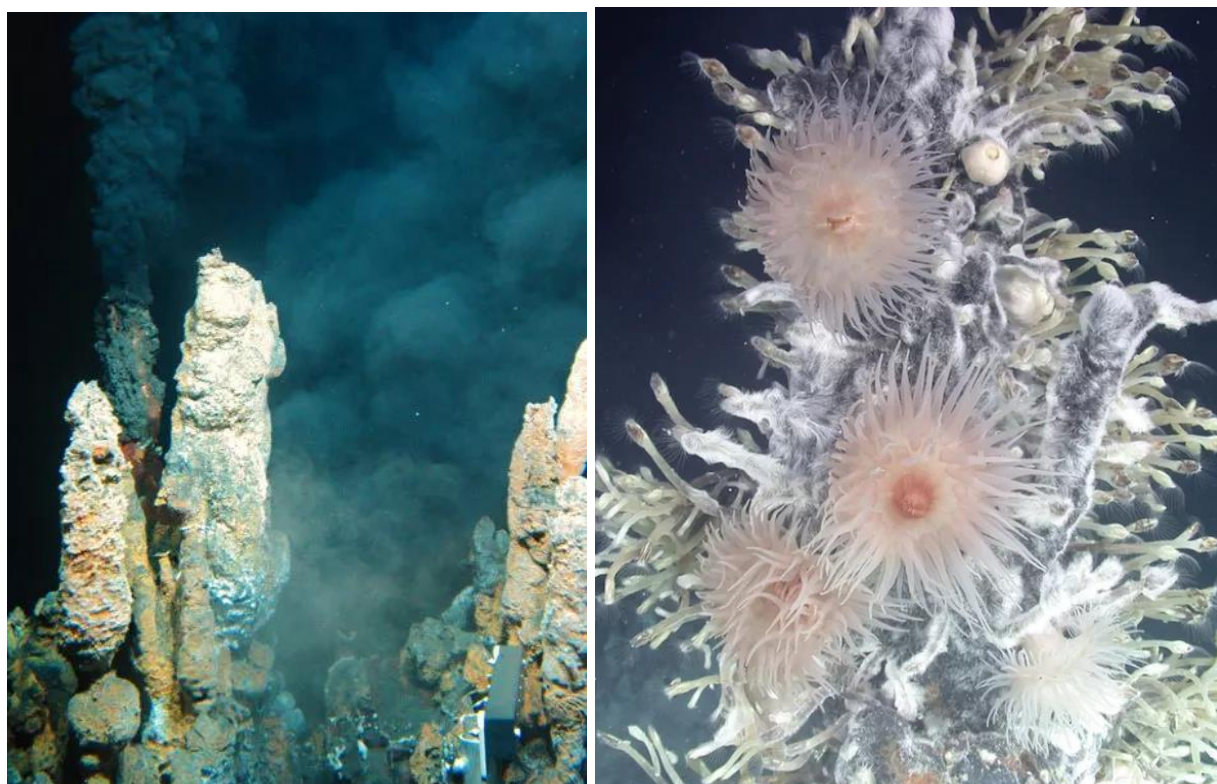


Рис. 20а: Жизнь, возможно, зародилась в гидротермальных жерлах, где кислая морская вода встретилась со щелочной жидкостью из земной коры (Фото: Океанографический институт Вудс-Хоул). Рис. 20b: Анемоны процветают в теплых водах жерл (Фото: Консорциум НКРЭ ЧЭССО)

- Молния, возможно, дала искру, необходимую для начала жизни. Электрические искры могут генерировать аминокислоты и сахара из атмосферы, заряженной водой, метаном, аммиаком и водородом. За миллионы лет могут образоваться более крупные и сложные молекулы. Хотя с тех пор исследования показали, что ранняя атмосфера Земли на самом деле была бедна водородом, ученые предположили, что вулканические облака в ранней атмосфере могли содержать метан, аммиак и водород, а также электрические разряды, первые молекулы жизни могли быть найдены в глине, минеральные кристаллы в глине могли расположить органические молекулы в организованном порядке. Однако эта теория не была продемонстрирована категорически (рис. 21а и 21б).
- 3 миллиарда лет назад лед, возможно, покрывал океаны и способствовал зарождению жизни, поскольку считается, что органические соединения более стабильны при низких температурах. Лед также мог защитить хрупкие органические соединения от действия ультрафиолетового света и космических ударов. Сегодня мы знаем, что в мерзлой почве, известной как вечная мерзлота, есть формы жизни в спящем состоянии.

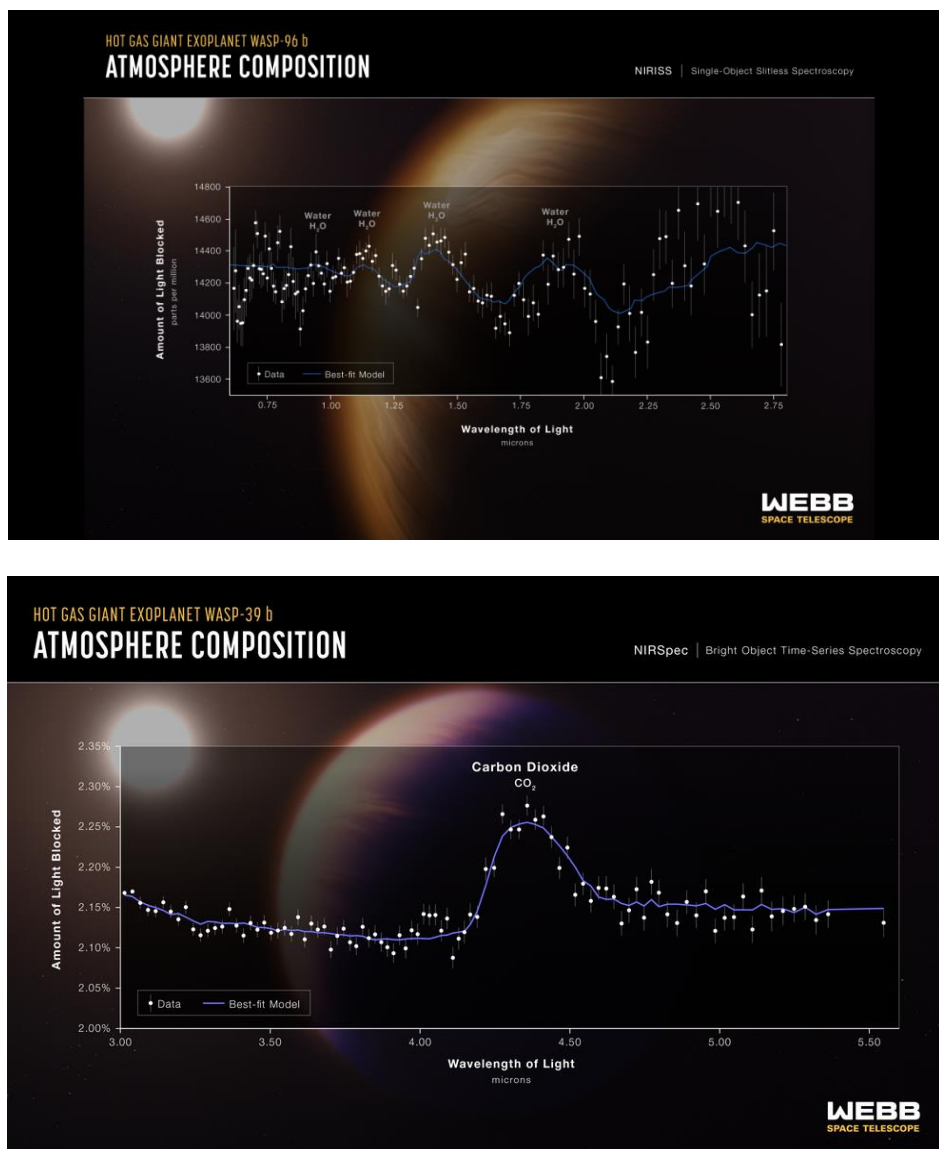


Рис 21а. Спектры экзопланетных атмосфер, полученные с помощью телескопа Джеймса Веба. WASP-96 b (вверху) Рис 21b: отмечено присутствие молекулы воды; WASP-39 b (внизу): полоса углекислого газа, не находящаяся в центре спектра. Обратите внимание, что эти спектры являются спектрами пропускания, а длины волн соответствуют ближнему инфракрасному диапазону, то есть полосы появляются за пределами видимой области электромагнитного спектра.

Но также можно было бы утверждать, что жизнь начинается за пределами Земли и прибыла бы путем обмена камнями в течение миллионов лет благодаря воздействию комет, астероидов, метеоритов в рамках теории, называемой панспермией. Защищенные от условий космического пространства микробы могли выжить, застряв в скалах, но к вопросу нужно отнестись очень серьезно, потому что также возможно, что достигнув Земли, внеземной материал будет загрязнен ранее существовавшей жизнью на Планете, как это произошло со знаменитым метеоритом ALH 84001 (рис. 22), для которого недавние исследования, Финансируемый программой астробиологии NASA, он



показывает, что органический материал в нем был сформирован не биологически, а в результате геохимических взаимодействий между водой и горной породой.

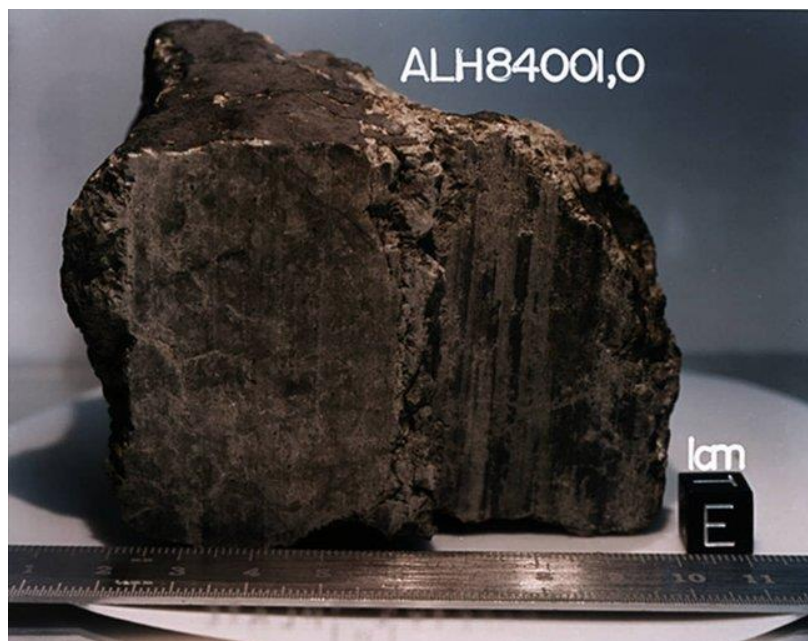


Рис. 22. Метеорит ALH 84001: прибывший с Марса, был главным героем преждевременного объявления о жизни, прибывающей с этой планеты. Сегодня мы знаем, что то, что обнаруживается как органическое вещество, не имеет биологического происхождения.

Однако, даже если бы панспермия была правдой, вопрос о том, как зародилась жизнь на Земле, изменился бы только на то, как жизнь зародилась в другом месте на Универе.

Исследование экстремальных условий на Земле привело к открытию многочисленных мест обитания, которые считались непригодными для жизни всего несколько лет назад. Интерес к разнообразию и экологии экстремальных сред вырос по нескольким причинам не только из-за потенциального использования экстремофилов и их компонентов в биотехнологических процессах (таких как биоминирование, биоремедиация), но и из-за поиска пределов существования жизни.

Первые живые виды, должно быть, были простыми формами жизни, которые служили связующим звеном между первым организмом (например, бактериями) и жизнью, какой мы ее знаем.

Как известно, невозможно просто сложить некоторые химические элементы в пробирку и ожидать, что новый тип жизни появится спонтанно. Происхождение жизни — это событие, которое занимает миллионы лет, но как только оно начинается, жизнь может размножаться экспоненциально и адаптироваться к областям планеты, которые могут сильно отличаться от того, где она возникла.

## Микрометеориты

Твердый материал, происходящий из Солнечной системы, формировал луны и планеты. Эта аккреция еще не закончилась, и около 5 тонн материала из космоса все еще падают на Землю. Эти метеоры проходят через экзосферу и термосферу с высокой скоростью без труда, потому что эти слои не очень плотные. Но когда они достигают мезосферы, плотность увеличивается, и возникает большое трение, которое может расплавить материал. При охлаждении в стратосфере и тропосфере на конце они представляют собой шарообразную форму, иногда с бороздками, а иногда с мелкими пузырьками с эффектом быстрого затвердевания.

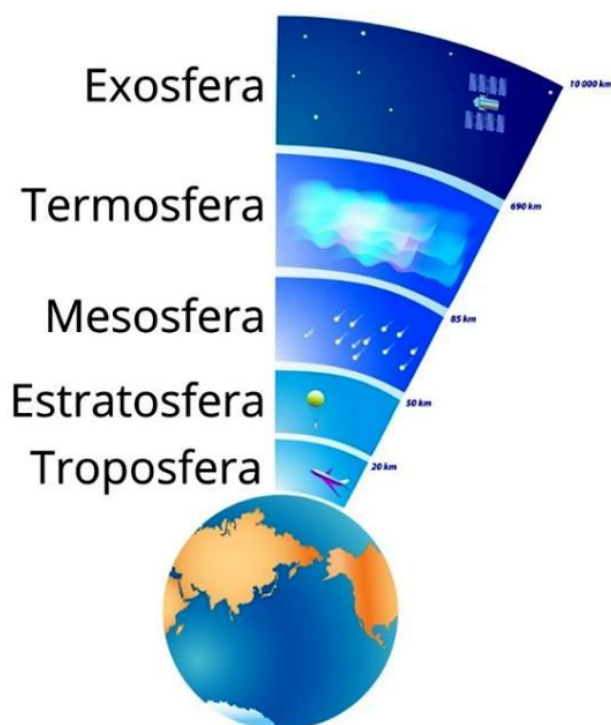


Рис. 23 Слои атмосферы (Фото: Lifeder)

## Упражнение 5: Моделирование сферических микрометеоритов.

Наполните высокую цилиндрическую прозрачную емкость подсолнечным маслом в качестве колонки. С помощью шприца (рис. 24а и 24б) капают несколько капель воды или колы (потому что ее цвет выглядит лучше). Первоначальное физическое состояние воды или безалкогольного напитка приводит к немедленному образованию небольших сфер, которые медленно падают вниз по масляному столбу.



Рис.24 а: Капельница с помощью шприца, Рис.24б: Колонна, в которой формируются сферы.

## Упражнение 6: Поиск микрометеоритов

Микрометеориты могут быть получены в материале, который постоянно оседает на крышах, дорогах и т. Д. Когда идет дождь, вода смывает их через водосточные желоба крыш и в канавы улиц или маршрутов. Его собирают на листе бумаги с помощью кисточки немного песка с тех участков.



Рис. 25а: Надороге общего пользования вы можете найти канавы или желоба с песком, где мы можем найти метеориты. Рис. 25б: Мы собираем эту крупу с бумагой, чтобы проанализировать ее.

Затем магнит пропускают под лист бумаги с материалом: будет хорошо видно, как мелкие частицы ферромагнита притягиваются к магниту (рис. 26). Не отделяя магнит, переверните бумагу, и весь песок отвалится, кроме тех мелких темных частиц, которые будут притягиваться магнитным полем магнита. Переверните бумагу и снимите магнит. Там могут быть возможные микрометеориты.



Рис.26а и 26б: Пропуская магнит под лист бумаги, перетаските ферромагнитный материал

При просмотре образца с помощью камеры мобильного телефона с максимальным увеличением частицы, которые являются микрометеоритами, имеют сферическую форму, как маленькие шарики.

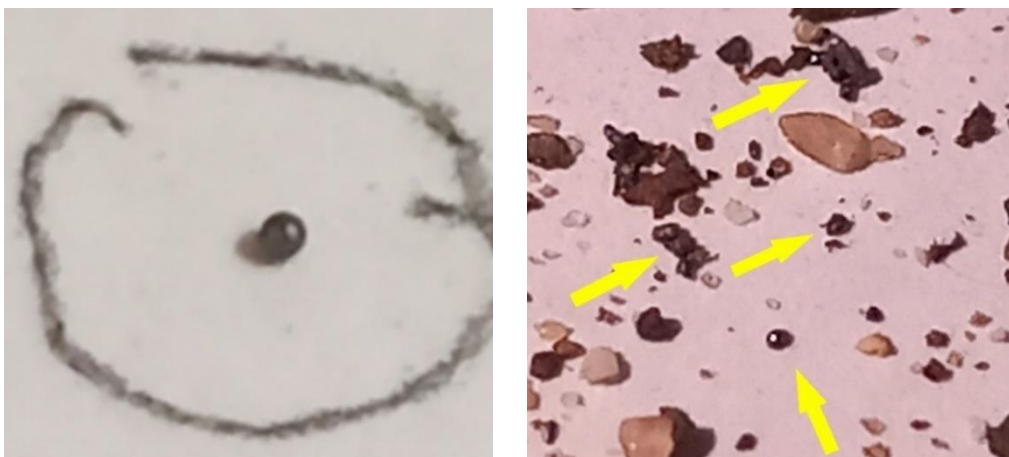


Рис.27а: Фотография одного изолированного микрометеорита с помощью мобильной камеры, Рис.27б: Фотография с несколькими микрометеоритами с использованием одной и той же камеры;

Также можно строить простые «ловушки». Для этого необходимы следующие элементы: кухонный поднос и прозрачная целлофановая бумага (кухонная пленочная бумага). Накройте лоток целлофановой бумагой, загнув края или приклеив целлофан под ним, чтобы он не разлетелся (рис. 28а, 28б и 28с).



Рис.28а: Лоток, целлофановая бумага и скотч для склеивания, Рис.28б: Приклеивание целлофановой бумаги на обратную сторону лотка, Рис.28в: Микрометеоритная «ловушка», установленная в саду.

Поместите лоток немного подальше от земли, чтобы окружающая пыль или присутствие животных не загрязнили образец (рис. 28с), в месте, где нет сильного ветра и где ничто не закрывает небо. Оставьте это средство на открытом воздухе как минимум на неделю. Бумага начнет выглядеть «грязной». В конце недели переложите весь накопленный материал на лист бумаги. Магнит проходит под ним и анализируется камерой телефона.

Также есть возможность подготовить индивидуальную ловушку для каждого ученика. Вам понадобится бумажный стаканчик, веревка, чтобы связать его, и небольшой магнит.



Рис.29а и 29б: Стекло перевязано нитью и маленьким магнитом внутри. Рис.29в: Студент с помощью стекла ищет микрометеориты.

Чтобы подготовить ловушку для каждого ученика, перевязываем стакан ниткой и помещаем внутрь стакана маленький магнит. Ученики передвигаются по территории школьного двора с магнитными чашками. Затем они снимают магнит, и если есть частицы железа (микрометеориты), они упадут на белый лист бумаги. Студенты наблюдают с помощью камер своих телефонов, чтобы найти микрометеориты, идентифицируя их как крошечные сферы.

## Классификация экстремофилов

Экстремофил - это организм, часто микроорганизм, который живет в экстремальных условиях, то есть в тех обстоятельствах, которые сильно отличаются от тех, с которыми сталкивается большинство земных форм жизни.

До недавнего времени считалось, что в тех местах, где, как мы теперь знаем, растут экстремофилы, жизнь невозможна. Например, в чрезвычайно холодных районах Антарктиды, в очень кислых и богатых металлами водах Рио-Тинто или в чрезвычайно сухой и богатой тяжелыми металлами пустыне Атакама. Но было показано, что есть организмы, которые живут во всех этих областях.

Астробиологи НАСА и ЕКА изучают на земле (Антарктида, пустыня Атакама, шахты Рио-Тинто и т. д.), как развивается или адаптируется жизнь, чтобы понять, как она возникла.

Антарктида, по большей части, холодная и пустынная, однако нескольким группам ученых удалось найти большое количество жизни под ее поверхностью. Они обнаружили микробов-экстремофилов, живущих на глубине 36 м с температурой  $-20^{\circ}\text{C}$  в соленой воде (которая не замерзает из-за высокой концентрации соли), другая группа обнаружила на глубине 800 м целую экосистему при полном отсутствии света (рис. 30).



Рис.30: Различные научные группы находят экстремофилов под поверхностью Антарктиды

Некоторые экстремофилы живут в отсутствие воды или способны противостоять высыханию, живя с очень малым количеством. Как почвенные микробы пустыни Атакама.

Есть очень впечатляющее явление: цветущая пустыня. Это самая сухая пустыня в мире, в годы, когда осадков выпадает больше, чем обычно, а затем появляется холодный фронт большого количества и разнообразия цветов (до 14 разновидностей), который сохраняется в течение нескольких месяцев.

Район добычи полезных ископаемых Рио-Тинто с первого века до нашей эры эксплуатировался Римской империей, и ситуация сегодня, после сотен лет открытой добычи, где добывались тяжелые минералы, представляет большой интерес для изучения жизни в экстремальных условиях.



Рис.31: Фотография августа 2022 г. После нескольких лет засухи последними годами были 2015 и 2017

Другие экстремофилы развиваются в средах с высокой кислотностью и высокой концентрацией металлов (железо, медь, кадмий, мышьяк, цинк, свинец). Реакции в этой реке катализируются ацидофильными бактериями, так что, если кислотность снижается, популяция бактерий размножается, что приводит к большему окислению сульфидов и большей кислотности в процессе, который обратен. Жители этого района знают, сколько будет дождей из-за изменений цвета реки (бактерии генерируют больше кислотности, чтобы поддерживать рН во время разлива реки).



Рис.32: Красные воды Рио Тинто, где обитают ацидофильные бактерии.



Рис.33: Эрика *andevalensis* широко распространена по всему району, ее корни в кислых почвах и с очень небольшим количеством питательных веществ

Имеются обширные ареалы кустарников *Erica Andevalencis*, или «шахтерского вереска», распространенных вдоль русла реки. Эти растения уходят корнями в очень кислые почвы с небольшим количеством питательных веществ. Даже некоторые растения растут на берегах реки с корнями, частично погруженными в кислую воду и почвы с высокой концентрацией меди и свинца.

Космические исследования требуют работы астробиологов в экстремальных районах, таких как Антарктида, пустыня Атакама или шахты Риотинто. Первым шагом многих протоколов, которые выполняются для обнаружения экстремофилов, является процесс извлечения ДНК, и по этой причине эта деятельность выполняется ниже.

## Деятельность 7: Экстракция ДНК

После наблюдения за тем, что жизнь существует в очень экстремальных условиях, было решено сделать тест ДНК, когда вы хотите обнаружить существование жизни. Остатки ДНК позволяют обнаружить существование жизни (нынешней или прошлой), и это используется для поиска жизни в космосе.

Молекула ДНК представляет собой очень длинную молекулу и уплотнена белками (как клубок) внутри клеток. Таким образом, чтобы обнаружить наличие останков ДНК, необходимо приготовить раствор, с помощью которого мы сможем разорвать обволакивающую оболочку клетки.



Мы продолжим в качестве примера извлечение ДНК спелого помидора, потому что его очень легко разжижать.

#### Решение для разрыва ячейки

В половине стакана воды растворяют чайную ложку соли (хлорида натрия), чтобы высвободить белки и, таким образом, высвободить ДНК, которая будет казаться белой из-за присутствия соли. Три чайные ложки пищевого натрия, чтобы поддерживать постоянный рН раствора и чтобы ДНК не разлагалась. Затем добавьте посудомоечную машину, пока вода не приобретет такой цвет, чтобы разорвать мембрану жировых клеток. Необходимо смешивать без вспенивания, чтобы хорошо видеть ДНК.

#### Приготовьте сок из клеток «помидора»

Мы начнем с извлечения двух столовых ложек томатной мякоти, раздавливания ее ложкой и раздавливания вилкой, пока не получим более или менее жидкое пюре (рис. 34).

Залейте томатное пюре раствором брейкера ячеек. В два раза больше объема раствора, чем томатного пюре. Чтобы разбить клетки, встряхните, стараясь не вспениться, и процедите, чтобы удалить крупные кусочки. Содержимое внутри клеток находится в соке, и именно там находится ДНК, которую мы хотим извлечь.



Рис.34: Готовим жидкое томатное пюре, приступаем к выливанию вдвое большего количества раствора из мембран, чтобы извлечь ДНК.

#### Сделать ДНК видимой

Когда есть много нитей ДНК, она выглядит как белое облако (соль придает ему беловатый цвет). Мы капаем спирт на стенку стакана с соком, потому что хотим, чтобы слой спирта оставался поверх сока, не смешиваясь с ним. Через три-четыре минуты образуется белое облако ДНК, которое слипается и становится видимым (поднимается вверх). Спирт добавляется потому, что ДНК не растворяется в спирте, и образуется облако ДНК, которое хорошо видно (рис. 35).

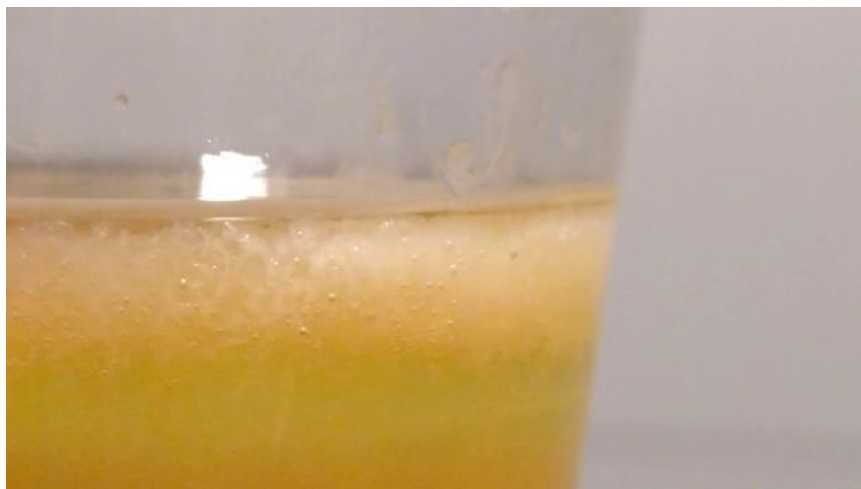


Рис.35: Облако ДНК очень хорошо видно, плавающее над смесью

## Библиография

- Arisa, E., Mazón, J. and Ros, R.M. 2012, Looking for the north, EU-UNAWA, Barcelona, Spain.
- Dill K.A. and Agozzino L. 2021, “Driving forces in the origins of life”, Open biology, Volume 11, <https://doi.org/10.1098/rsob.200324>
- Kostov, R. I., Kurchatov, V. 2001. Bulgarian meteorites – history and stage of study. – Geology and Mineral Resources, 8, 10, 16-20, Bulgaria.
- Larsen L., 2019, On the Trail of Stardust: The Guide to Finding Micrometeorites: Tools, Techniques, and Identification, Voyageur Press, Beverly, MA (USA).
- Levy M. et al. 2000, “Prebiotic Synthesis of Adenine and Amino Acids Under Europa-like Conditions”, Icarus, Volume 145, <https://doi.org/10.1006/icar.2000.6365>
- Martin W. 2008, “Hydrothermal vents and the origin of life”, Nature Reviews Microbiology, Volume 6, <https://doi.org/10.1038/nrmicro1991>
- Moreno, R., 2022, Experimentos para todas las edades, 3ª Edición. Editorial Rialp, Madrid (Spain).
- Declaration for scientists/researchers using the NHM Collection, 2013.
- La plus Grande Histoire jamais contée, Des Origines de l’Univers a la vie sur Terre, Belin, Paris, France, 2017.
  - <https://www.sciencefriday.com/articles/up-on-the-roof-a-handful-of-urban-stardust/>
  - <https://micro-meteorites.com/>
  - <https://www.astrogc.com/index-otros-projects-met.html>
  - <https://www.pbslearningmedia.org/resource/5762943c-af62-4a3b-8340-36660545628a/go-outside-and-play-micrometeorites-young-explorers/>