

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГОРЛОВСКИЙ АВТОТРАНСПОРТНЫЙ ТЕХНИКУМ»
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

по учебной дисциплине

ОДБ.11 АСТРОНОМИЯ

специальности: 23.02.01 Организация перевозок и управление на транспорте
(автомобильном), 23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт
автомобильного транспорта, 23.02.05 Эксплуатация транспортного
электрооборудования и автоматики (на автомобильном транспорте)

Рассмотрено и утверждено
на заседании цикловой комиссии
«Физико-математические,
общетехнические дисциплины и
компьютерная техника»
Протокол №1 от «29» августа 2019 года
Председатель цикловой комиссии
_____ Е.А. Брагина

Разработала преподаватель
ГПОУ «ГАТТ» ГОУВПО «ДонНТУ»
И.С. Баркова

1. Введение в астрономию

Лекция № 1. Предмет астрономии. История развития астрономии.

План

1. Предмет астрономии. История развития астрономии.
2. Структура и масштабы Вселенной.
3. Отрасли астрономии.

Литература:

1. Воронцов-Вельяминов Б.А. Астрономия. 11 кл.: Учеб. для общеобразоват. учеб. заведений / Б.А. Воронцов-Вельяминов, Е.К. Страут. – 4-е изд., стереотип. – М. : Дрофа, 2003. – 224 с.
2. Порфирьев В.В. Астрономия : Учеб. для 11 кл. общеобразоват. учреждений В.В. Порфирьев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : 2003. – 174 с.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что изучает астрономия?
2. С какой наукой тесно связана астрономия?
3. Назовите три фактора, стимулировавших зарождение и развитие астрономии.
4. Какие практические вопросы она помогала решать?
5. Какой из стимулов развития астрономии для Вас самый убедительный? Почему?
6. Кто из древнегреческих ученых разработал первую, достаточно стройную картину мироздания?
7. Охарактеризуйте геоцентрическую модель мира.
8. Охарактеризуйте гелиоцентрическую модель мира.
9. Назовите имена выдающихся астрономов и их вклад в развитие астрономии.
10. Какой ученый в России пропагандировал идеи гелиоцентризма?
11. Как переводится с греческого языка слово «планета»?
12. Охарактеризуйте известные вам отрасли астрономии.
13. Что такое астрология?
14. Почему, по Вашему мнению, астрология не является наукой?
15. Как именно астрономия влияет на формирование мировоззрения человека?

1. Предмет астрономии. История развития астрономии.

Астрономия (от греч. «astron» – «звезда», «nomos» – «закон») – наука о небесных телах и их системах, о законах их движения, строения и развития, а также о строении и развитии Вселенной в целом.

Сейчас известно, что во Вселенной кроме звезд существует еще много других космических тел и их систем – планет, астероидов, комет, галактик, туманностей. Поэтому астрономы изучают все объекты, которые расположены за пределами Земли, и их взаимодействие между собой. Слово «космос» в переводе с греческого означает порядок, в отличие от хаоса, где царит беспорядок. То есть еще в Древней Греции ученые понимали, что во Вселенной действуют законы, поэтому на небе существует определенный порядок. В наше время под словом космос мы представляем себе Вселенную.

Астрономия изучает всю совокупность небесных светил: планеты и их спутники, кометы и метеорные тела, Солнце, звезды, звездные скопления, туманности, галактики, а также вещества и поля, которые заполняют пространство между светилами.

Астрономия – одна из древнейших наук. Первые астрономические записи, найденные в древнеегипетских гробницах, датируются XX-XVII вв. до н.э. Так, известно, что уже за 3000 лет до н.э. египетские жрецы по первому утреннему появлению ярчайшей звезды земного звездного неба Сириус определяли время наступления разлива реки Нил. В древнем Китае за 2000 лет до н.э. видимые движения Солнца и Луны были так хорошо изучены, что китайские астрономы предсказывали наступление солнечных и лунных затмений.

Было, по крайней мере, три причины, которые обусловили и стимулировали зарождение и развитие астрономии.

Первый и, безусловно, самый древний стимул – это практические потребности людей. Для первобытных кочевых племен, которые занимались охотой, очень важным обстоятельством было чередование темных безлунных и светлых лунных ночей, что требовало наблюдений за изменением фаз Луны.

С ритмической сменой времен года был связан летний цикл жизни земледельцев. Для народов Междуречья, Египта, Китая очень важным было предсказание разливов крупных рек, в долинах которых они жили. А это требовало как наблюдений за высотой Солнца над горизонтом в течение года, так и сопоставления событий на Земле с видом звездного неба. Опираясь на эти наблюдения, люди уже издавна разработали определенные системы отсчета времени – календари. Наблюдая за восходом Солнца утром

и его заходом вечером, они смогли выделить для ориентации в пространстве одно из главных направлений – направление восток-запад. Слово «ориентироваться» происходит от латинского «ориенс», что означает «восток», а также «восход Солнца». Для ориентации ночью люди запоминали расположение на небе ярких звезд и их отдельных характерных групп, выясняли условия видимости светил на небе в течение года.

Вторым стимулом для тщательных наблюдений звездного неба, а в целом – для накопления астрономических знаний и развития астрономии, были астрологические предсказания.

Уже в III тыс. до н.э. древние вавилоняне внимательно следили за движением так называемых «блуждающих светил», которые, в отличие от неподвижных звезд, не сохраняли постоянное положение на небе, а двигались, перемещаясь из созвездия в созвездие. От древних греков до нас дошло их общее название – планеты, от римлян – собственные названия: Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн. К числу планет в те времена относили еще и Солнце и Луну, потому что они также «блуждали» по небу.

Не зная истинных причин движения планет на небе, древние наблюдатели составили представление, согласно которому Солнце, Луна и упомянутые пять светил являются «предвестниками воли богов». Например, на клинописных табличках, датируемых 2300 до н.э., написано: «Если Венера появляется на востоке в месяце Айяр и Большие и Малые Близнецы окружают ее, и все четыре, как и она, темные, царь Элама будет поражен болезнью и не останется в живых».

Более 4000 лет назад зародилась астрология – необоснованные с позиций современной науки попытки по положению планет на небе предвидеть ход событий на земле, погоду, урожай, мир или войну для государства, судьбу правителя, а впоследствии – и каждого человека

Третьим, наверное, самым главным стимулом для развития астрономии было неудержимое желание человеческой мысли проникнуть в суть вещей, понять настоящее положение Земли и человека во Вселенной, познать законы, по которым движутся светила и которые определяют их рождение, строение и дальнейшее развитие. То есть астрономия удовлетворяла потребность человека в объяснении происхождения и развития окружающего мира.

Играя огромную мировоззренческую роль, астрономия всегда занимала видное место в духовной жизни человечества.

Вот что писал по этому поводу А. Пуанкаре: «Астрономия полезна, потому что она возвышает нас над нами самими; она полезна, потому что она величественна; она полезна, потому что она прекрасна. Она показывает нам,

какой ничтожный человек телом и как величественен он духом, ибо ум его в состоянии постичь сияющие бездны, где его тело – лишь темная точка, в состоянии наслаждаться их безмолвной гармонией. Так приходим мы к осознанию своего могущества, и это осознание ... делает нас сильнее».

Астрономия зарождалась в разных уголках планеты: в Междуречье, Китае, Египте – везде, где, осознав себя, человек организовывал свою жизнь в определенной общности. Конечно, в те времена ответы на вопросы о строении и происхождении окружающего мира и о месте Земли в нем люди давали на основании своих непосредственных впечатлений и ощущений. Поэтому не случайно сложилось представление о том, что Земля неподвижна и находится в центре мира. Как очевидный факт принималось, что Солнце, Луна и весь небосвод вращаются вокруг нее.

Долгое время у людей не было оснований сомневаться даже в том, что Земля плоская. Земля издавна считалась центром мироздания. Землю удерживала какие-то мифические животные – черепахи, слоны, киты. Первый древнегреческий философ Фалес Милетский считал, что земля плавает в мировом океане.

Результаты длительных наблюдений, в частности видимых движений Луны, Солнца, планет, передавались из поколения в поколение. Со временем они помогли смоделировать движения этих светил и благодаря этому вычислять их положение среди звезд на много лет вперед. Совершенно это удалось сделать греческому ученому Клавдию Птолемею около 150 г. н.э. Его геоцентрическая модель мира была так тщательно проработана, что ее использовали почти 1500 лет.

Первая научная геоцентрическая система мира начала формироваться в трудах Аристотеля и других ученых древней Греции. Свое завершение она получила в работах древнегреческого астронома Птолемея. Согласно этой системе в центре мира расположена Земля (от греч. Гея – Земля), откуда и название геоцентрическая. Вселенная ограничена хрустальной сферой, на которой расположены звезды. Между Землей и сферой движутся планеты, Солнце и Луна (рис. 1). Древние считали, что равномерное круговое движение – это идеальное движение, и что небесные тела именно так и движутся.

Но наблюдения показывали, что Солнце и Луна движутся неравномерно и для устранения этого очевидного противоречия, пришлось предположить, что они движутся по окружностям, центры которых не совпадают ни с центром Земли, ни между собой. Еще более сложное петлеобразное движение планет пришлось представить как сумму двух круговых равномерных движений. Петлеобразное движение планет еще

долгое время оставалось загадкой и нашло свое объяснение только в учении великого польского астронома Николая Коперника



Клавдий Птолемей
(87-165 н.э.)

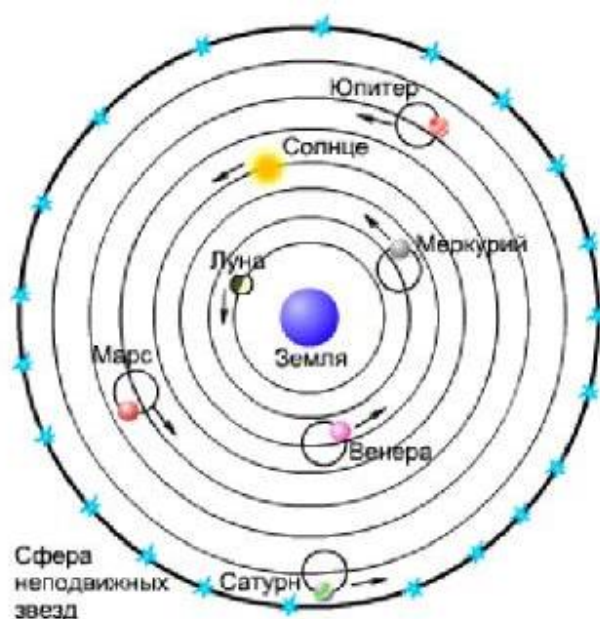


Рисунок 1 – Система мира Птолемея (геоцентрическая)

Уже в древности многие астрономы пытались построить гелиоцентрическую систему, поместив в центр мира Солнце. Но их попытки были отвергнуты. Гелиоцентрическая система мира впервые была изложена в книге гениального польского астронома Николая Коперника «Об обращении небесных сфер», вышедшей в свет в 1543 г.

В ходе научной революции XVII в. оказалось, что геоцентризм несовместим с астрономическими фактами и противоречит физике; постепенно сложилась гелиоцентрическая система мира, пионером в создании которой был Коперник. Он «сдвинул Землю, остановив Солнце».

Гелиоцентрическая система мира (от греч. Гелиос – Солнце) – теория устройства системы мира, согласно которой в центре мира находится Солнце, планеты, в том числе и Земля, обращаются вокруг Солнца по круговым орбитам, а Луна обращается вокруг Земли и одновременно с ней вокруг Солнца (рис. 2).

Гелиоцентрическая система позволила освободиться (хотя и не полностью) от ряда произвольных и противоречивых допущений, которых требовала система Птолемея, и объяснить наблюдаемые факты с единой точки зрения. Фактически Коперник сформулировал новый принцип научного исследования, определивший на многие годы путь развития науки.

Согласно этому принципу то, что мы видим, необязательно совпадает с тем, что происходит на самом деле. Новое учение впервые отвергло лежащее в основе любой религии представление о принципиальном отличии

«земного» – низкого и порочного от «небесного» – чистого и возвышенного. Земля была сведена в ряд обычных планет, а человек потерял свой статус «центра мироздания». Произошёл разрыв науки с теологией, открылся путь для материалистического познания природы.

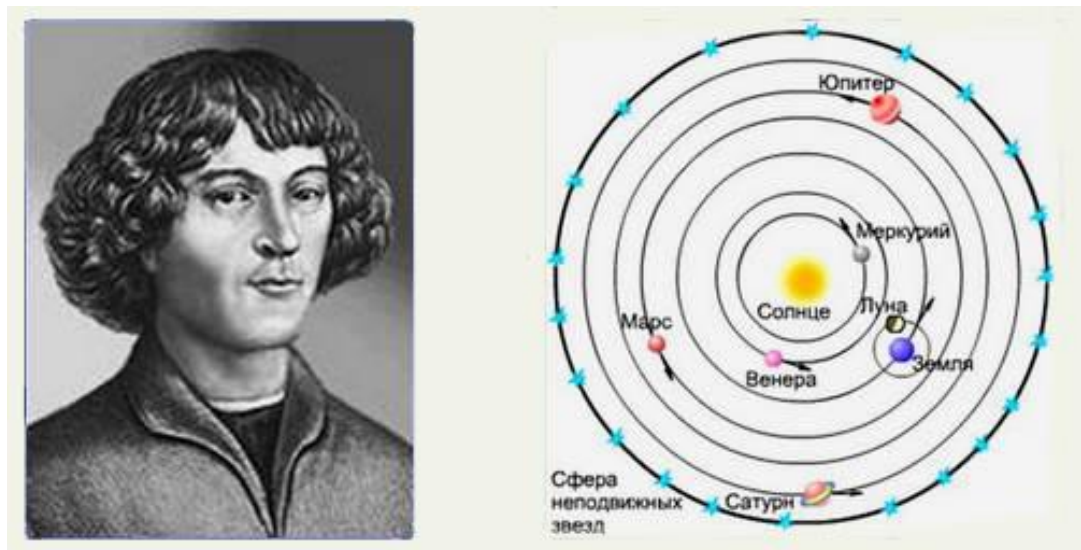


Рисунок 2 – Система мира Коперника (гелиоцентрическая)

Важнейший шаг в направлении развития материалистического мировоззрения был сделан Джордано Бруно, сформулировавшим идею о бесконечности Вселенной, о тождественной природе Солнца и звёзд, о множественности обитаемых миров.

Окончательная победа коперниканства связана с именами И. Кеплера и Г. Галилея. Выдающийся немецкий астроном и математик Иоганн Кеплер получил в наследство от датского астронома Тихо де Браге результаты многолетних наблюдений за движением планеты Марс. Обработав их, Кеплер сформулировал новые законы движения планет. Важнейшим выводом учёного было то, что планеты движутся по эллипсам и неравномерно. Это положение позволило окончательно отказаться от произвольных допущений, сохранившихся в теории Коперника от птолемеевой системы мира.

7 января 1610 г. знаменитый итальянский учёный Галилео Галилей впервые направил на небо свой телескоп. Уже в первые ночи наблюдений Галилей обнаружил, что существует огромное количество слабых, недоступных для невооружённого глаза звёзд. Выяснилось, что Млечный Путь состоит из слабых звёзд, угловые расстояния между которыми настолько малы, что их изображения на сетчатке глаза сливаются и образуют сплошную туманную полосу. Галилей установил, что в отличие от звёзд планеты обладают видимыми в телескоп дисками, что Венера светит отражённым светом Солнца и, подобно Луне, меняет свой вид, представляясь

то полным диском, то серпом. Галилей увидел горы на Луне и определил их высоту, а у Юпитера обнаружил четыре спутника (до сих пор называемые галилеевыми), которые обращаются вокруг него, подобно Луне, обращающейся вокруг Земли. Открытия Галилея непосредственно подтвердили теорию Коперника.

Нужно сказать, что открытия Галилея были признаны не сразу. Часть учёных отнеслись к ним весьма скептически. Некоторые даже отказывались смотреть в телескоп, поскольку считали все увиденное Галилеем просто оптическими иллюзиями.

Но так продолжалось недолго. Господствующая католическая церковь резко осудила Галилея и заставила уже далеко не молодого учёного отречься от своих взглядов. Только недавно церковь признала осуждение Галилея трагической ошибкой.

Появление небесной механики обязано гению И. Ньютона, открывшего закон всемирного тяготения. С этого момента стало возможным точно рассчитывать движение небесных тел. Исаак Ньютон, обобщив законы Кеплера о движении планет, открыл закон всемирного тяготения и заложил основы небесной механики.

Уильям Гершель (1738-1822) – создал модель нашей Галактики – гигантской, но конечных размеров системы звезд.

Йозеф Фраунгофер (1787-1826) – впервые использовал спектральный анализ в астрономии.

Эдвин Хаббл (1889-1953) – доказал, что за пределами нашей Галактики есть бесчисленное число других таких же звездных систем и этот мир галактик расширяется.

Альберт Эйнштейн (1879-1955) – создал теорию относительности, которая стала фундаментом космологии.

2. Структура и масштабы Вселенной.

Вы уже знаете, что наша Земля со своим спутником Луной, другие планеты и их спутники, кометы и малые планеты обращаются вокруг Солнца, что все эти тела составляют Солнечную систему. В свою очередь, Солнце и все другие звезды, видимые на небе, входят в огромную звездную систему – нашу Галактику. Самая близкая к Солнечной системе звезда находится так далеко, что свет, который распространяется со скоростью 300 000 км/с, идет от нее до Земли более четырех лет. Звезды являются наиболее распространенным типом небесных тел, в одной только нашей Галактике их насчитывается несколько сотен миллиардов. Объем,

занимаемый этой звездной системой, так велик, что свет может пересечь его только за 100 тыс. лет.

Во Вселенной существует множество других галактик, подобных нашей. Именно расположение и движение галактик определяет строение и структуру Вселенной в целом. Галактики так далеки друг от друга, что невооруженным глазом можно видеть лишь три ближайшие: две – в Южном полушарии, а с территории России всего одну – туманность Андромеды. От наиболее отдаленных галактик свет доходит до Земли за 10 млрд. лет. Значительная часть вещества звезд и галактик находится в таких условиях, создать которые в земных лабораториях невозможно. Все космическое пространство заполнено электромагнитным излучением, гравитационными и магнитными полями, между звездами в галактиках и между галактиками находится очень разряженное вещество в виде газа, пыли, отдельных молекул, атомов и ионов, атомных ядер и элементарных частиц.

Как известно, расстояние до ближайшего к Земле небесного тела – Луны составляет примерно 400 000 км. Наиболее удаленные объекты располагаются от нас на расстоянии, которое превышает расстояние до Луны более чем в 10 раз.

Попробуем представить размеры небесных тел и расстояния между ними во Вселенной, воспользовавшись хорошо известной моделью – школьным глобусом Земли, который в 50 млн. раз меньше нашей планеты. В этом случае мы должны изобразить Луну шариком диаметром примерно 7 см, находящимся от глобуса на расстоянии около 7,5 м. Модель Солнца будет иметь диаметр 28 м и находиться на расстоянии 3 км, а модель Плутона – самой далекой планеты Солнечной системы – будет удалена от нас на 120 км. Ближайшая к нам звезда при таком масштабе модели будет располагаться на расстоянии примерно 800 000 км, т.е. в 2 раза дальше, чем Луна. Размеры нашей Галактики сократятся примерно до размеров Солнечной системы, но самые далекие звезды все же будут находиться за ее пределами.

3. Отрасли астрономии.

Современная астрономия настолько развитой наукой, делится на более десяти отдельных дисциплин, в каждой из которых используются только ей присущие методы исследований, типы инструментов, понятийный аппарат.

Астрометрия разрабатывает методы измерения положений небесных светил и угловых расстояний между ними, она же решает проблему измерения времени.

Небесная механика выясняет динамику движения небесных тел: планет, природных и искусственных спутников, комет, метеорных тел, астероидов, двойных и кратных звезд под действием сил гравитации.

Астрофизика изучает физическую природу небесных тел, физические процессы, происходящие в них, строение и эволюцию как отдельных небесных тел, так и их систем.

Практическая астрономия объясняет электромагнитное излучение небесных тел.

Теоретическая астрономия интерпретирует эти наблюдения в рамках математических моделей, которые строятся на основе известных законов физики.

Звездная астрономия – изучает собственные движения звезд в Галактике, а также их блеск, цвет, спектры, пространственное распределение и тому подобное.

Вопросами происхождения и развития небесных тел занимается космогония, а развитием Вселенной в целом – космология (от греч. «космос» – «Вселенная», «гонос» – «происхождение», «логос» – «учение»).

Еще с древнейших времен человек интересовался небесными явлениями – движением Солнца, Луны, планет и звезд, появлениями комет и метеоров, солнечными и лунными затмениями. Собственно, это были первые астрономические наблюдения, которые способствовали становлению астрономической науки. Зато астрология (от греч. «астрон» – «звезда», «логос» – «слово»), возникшая в Месопотамии во 2-м тысячелетии до н.э., была тесно связана с астральными культами. В эллинистическую эпоху стали составлять гороскопы, по которым якобы можно было предсказать судьбу человека согласно положениям небесных светил в момент его рождения. С момента своего зарождения и до сих пор астрология – псевдонаука. Однако стоит заметить: для составления гороскопов надо было знать положение светил, и это заставляло астрологов наблюдать за планетами и звездами, а, следовательно, накапливать астрономические знания. Отдельные известные астрономы прошлых времен (например, И. Кеплер) в силу тех или иных обстоятельств уделяли определенное внимание астрологии. Хотя по мере накопления знаний о природе Вселенной и психологии человека была признана ненаучность астрологии, но и в наше время есть люди, которые верят в астрологические предсказания.

Современная астрономия, оставаясь фундаментальной наукой, имеет огромное прикладное значение и непосредственно связана с научно-техническим прогрессом человечества. Изучение различных небесных тел, которые могут находиться в условиях и очень высоких, и очень низких

температур, плотностей и давлений, обогащает важными данными «земные» науки – физику, химию и т.п.

Законы небесной механики положены в основу теории движения космических аппаратов, а практическую космонавтику представить без астрономии вообще невозможно. Для примера достаточно назвать достижения в области ракетной техники, которые завершились созданием искусственных спутников и космических кораблей. Эти достижения, в свою очередь, вызвали мощное развитие радиоэлектроники.

И в наше время астрономия решает ряд практических задач. К числу таких задач относятся: обеспечение общества точным временем, вычисление и составление календаря, определение географических координат пунктов на Земле.

Кроме того, астрономия является одной из главных наук, благодаря которым создается научная картина мира – система представлений об общих законах строения и развития Вселенной и её отдельных частей. И эта научная картина мира, в большей или меньшей степени, становится элементом мировоззрения каждого человека.

Выводы:

Астрономия – это наука, которая изучает различные космические тела и их системы, а также процессы, происходящие при взаимодействии этих тел между собой. В течение последнего тысячелетия представления людей о Вселенной существенно изменились – от геоцентрической системы мира Птолемея с хрустальными сферами вокруг Земли, до современной величественной картины безграничного космоса. Астрономия тесно связана с другими естественными науками – физикой, химией, математикой, биологией, философией, потому что на Земле и в космосе действуют одни и те же законы природы. В нашей Вселенной ничего вечного не существует – образуются и взрываются звезды и планеты, рождаются и гибнут цивилизации... Вечным остается только один вопрос: Почему существует Вселенная, и почему в этом странном мире мы живем?

2. Основы практической астрономии

Лекция № 2. Звезды и созвездия. Небесные координаты. Годичное движение Солнца по небу.

План

1. Небесная сфера и ее элементы.
2. Обозначения и названия звезд. Звездные величины.
3. Основные точки и линии небесной сферы.
4. Небесные координаты.
5. Видимое годичное движение Солнца.

Литература:

1. Воронцов-Вельяминов Б.А. Астрономия. 11 кл.: Учеб. для общеобразоват. учеб. заведений / Б.А. Воронцов-Вельяминов, Е.К. Страут. – 4-е изд., стереотип. – М. : Дрофа, 2003. – 224 с.
2. Порфирьев В.В. Астрономия : Учеб. для 11 кл. общеобразоват. учреждений В.В. Порфирьев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : 2003. – 174 с.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое небесная сфера?
2. Что называют созвездием? Сколько созвездий насчитывается на небесной сфере и когда уточнены их границы?
3. Как обозначаются звезды в созвездиях?
4. Что такое видимая звездная величина и кто ввел это понятие?
5. Что называют абсолютной звездной величиной?
6. Звездная величина Веги равна 0,14, а звездная величина Денеба составляет 1,33. Какая из этих звезд ярче?
7. Какие вы знаете основные точки и линии небесной сферы?
8. Охарактеризуйте горизонтальную систему небесных координат.
9. Охарактеризуйте экваториальную систему небесных координат.
10. Назовите основную причину смены дня и ночи.
11. Что называют видимым годичным движением Солнца?
12. Что называют эклиптической?
13. Как называются точки пересечения небесного экватора с эклиптической?
14. Что такое Зодиак?

1. Небесная сфера и ее элементы.

Звездное небо! Наверное, нет человека, которого бы не поражало его изящное совершенство, его непостижимая красота и таинственность. Недаром древние греки дали всей звездной Вселенной название космос, что означает – украшение. И это не удивительно! В своё время Коперник высказался с восхищением: «...что может быть прекраснее небосвода, который вмещает в себя всё прекрасное?». Размышляя над строением звёздной Вселенной, философ Аристотель утверждал: «Вселенная – совершенна, а поэтому сферическая, потому что сфера – единственная совершенная фигура».

В тёмную безлунную ночь человеку представляется, что он находится в центре огромного плоского круга, накрытого полусферой, на которой расположены светящиеся точки – звезды. Продолжая наблюдения, можно заметить, что полусфера поворачивается и все новые звезды появляются на востоке, в то время как другие исчезают на западе.

Образ сферы возникает потому, что человек не способен оценивать расстояние до предмета, превышающее 4-5 км. Все предметы, расположенные дальше, кажутся нам удалёнными на это расстояние. Сфера, на которой, как нам кажется, расположены звезды, и называется небесной сферой.

Сегодня мы знаем, что нет сферы над нашими головами, знаем, что звезды очень далеки от нас, и понятие небесной сферы осталось, потому что оказалось очень удобным при изучении видимых движений светил и определении их взаимных расположений на небе.

Небесная сфера – воображаемая сфера произвольного радиуса, в центре которой находится наблюдатель и на которую спроектированы все светила так, как их видит наблюдатель в определенный момент времени с определенной точки пространства.

Небесную сферу можно представить в виде огромного глобуса (произвольного радиуса), похожего на глобус Земли, но рассматривается он изнутри. Центр небесной сферы совпадает с глазом каждого отдельного наблюдателя. Как и на земном глобусе, на небесной сфере можно нарисовать условные линии и определенные точки, что позволяет ввести систему небесных координат.

На первый взгляд число звёзд кажется бесконечно большим. В действительности же невооружённым глазом можно увидеть на всем небе около 6000 звёзд, а одновременно не более 2000, так как половина небесной

сферы закрыта Землёй и у горизонта всегда существует дымка, скрывающая многочисленные слабые звезды.

Видимое расположение звезд на небе меняется чрезвычайно медленно. Без точных измерений заметить его на протяжении сотен и даже тысяч лет невозможно. Вероятно, еще на заре цивилизации люди, стремясь как-то разобраться во множестве звезд и запомнить их расположение, мысленно объединяли их в определенные фигуры. Вспомните, как часто мы находим в контурах облаков, гор или деревьев очертания людей, животных или даже фантастических существ.

Это обстоятельство позволило в незапамятные времена нарисовать по самым ярким звездам первые характерные «звездные узоры» – созвездия. Большинство их названий, которые используются и сегодня, – это наследие от древних греков.

Первые созвездия получили наименования по названиям животных (Рак, Лев, Овен и др.), более поздние – по именам героев известных мифов (Персей, Андромеда, Геркулес и др.) или по названиям тех предметов, которые они напоминали (Лира, Стрела, Северная Корона и др.). Так, в произведении Птолемея «Альмагест» перечислены 48 созвездий.

На южном небе, т. е. на той части неба, которая не видна в средних широтах северного полушария, созвездия выделялись уже в период Великих географических открытий, что отразилось в их названиях (Микроскоп, Компас и др.), а также после изобретения телескопа.

Примерно в конце XVI – начале XVII в. появились более точные карты неба. На этих картах созвездия изображались красивыми рисунками (рис. 1). Но небесная сфера изображалась так, как мы видели бы её снаружи. Это объяснялось тем, что ещё со времён Древних Египта и Вавилона звёздное небо изображалось в виде небесного глобуса. На современных картах неба созвездия показаны так, как мы видим их в действительности, т. е. так, как они видны из центра небесной сферы.



Рисунок 1 – Созвездие Ориона в атласе польского астронома Яна Гевелия

«Созвездиям давались имена и очертания как бы нарочно, с целью породить возможно большую путаницу и неудобства. Бесчисленные змеи извиваются длинными кольцами, удержать которые не в силах ни одна память, на всем пространстве небесного свода; медведи, львы и рыбы, большие и малые, безнадежно путают номенклатуру» (Д. Гершель. «Очерки астрономии»). Эти слова известного астронома наглядно характеризуют положение с небесной номенклатурой уже в XIX в.

В результате этого число созвездий достигло 132. Полное отсутствие системы привело к тому, что каждый астроном признавал только свою систему созвездий. Создалась невероятная путаница.

Чтобы её избежать, в 1922 г. Международный астрономический союз постановил оставить 88 созвездий с их традиционными названиями и принял решение называть созвездием область неба, ограниченную установленными границами. Все звезды в этих границах (а не только образующие фигуру созвездия), видимые как невооружённым глазом, так и в телескоп, считаются принадлежащими этому созвездию (рис. 9). Были подтверждены и уточнены и правила наименований звёзд в созвездиях.

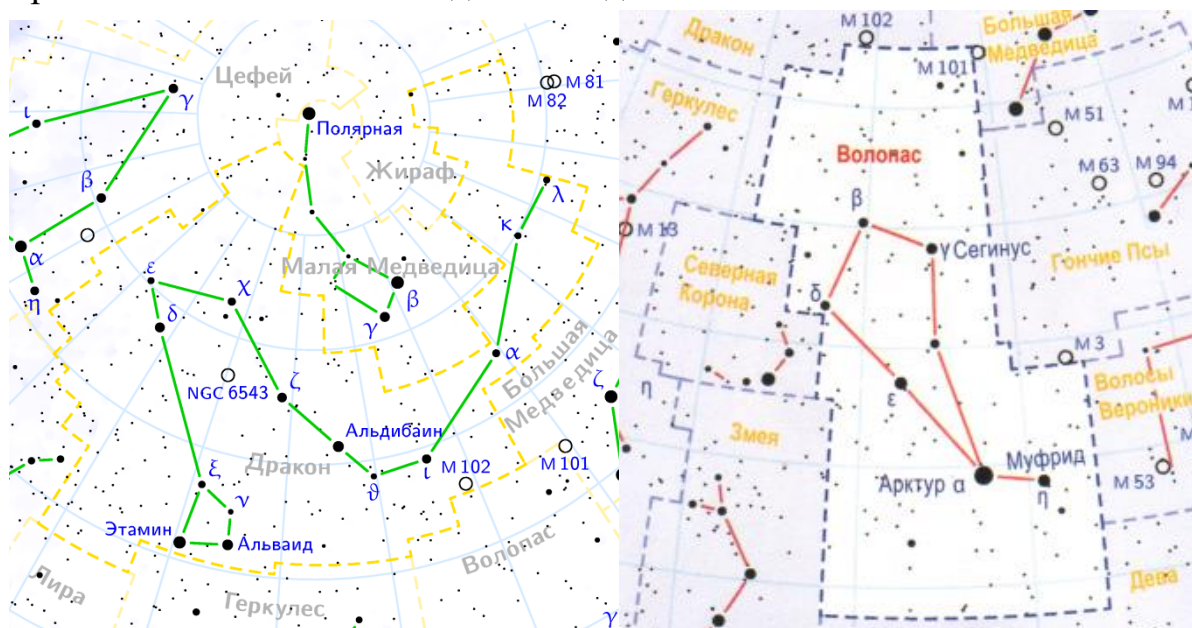


Рисунок 2 – Созвездия на карте звездного неба

Созвездие – это определенный участок звездного неба с четко очерченными границами, охватывающий все принадлежащие ему светила и имеющий собственное название.

Слово «созвездие» (от лат. constellatio) означает «коллекция (или группа) звезд». В древности «созвездиями» называли группы звезд, которые помогали запоминать узор звездного неба и с его помощью ориентироваться на местности и во времени. У каждого народа были свои традиции разделения звездного неба на созвездия.

Следует понимать, что созвездие – это не определенная область в космическом пространстве, а лишь некоторый диапазон направлений с точки зрения земного наблюдателя. Поэтому неправильно говорить: «Космический корабль полетел в созвездие Пегас»; правильно будет сказать: «Космический корабль полетел в направлении созвездия Пегас». Звезды, образующие узор созвездия, расположены от нас на самых разных расстояниях. Кроме звезд в определенном созвездии могут быть видны и очень далекие галактики, и близкие объекты Солнечной системы – все они в момент наблюдения относятся к данному созвездию. Но со временем небесные объекты могут перемещаться из одного созвездия в другое. Быстрее всего это происходит с близкими и быстро движущимися объектами: Луна проводит в одном созвездии не более двух-трех суток, планеты – от нескольких дней до нескольких лет; и даже некоторые близкие звезды за последнее столетие пересекали границы созвездий.

О каждом существе, которое древние представляли в узор конкретной группы звезд и именем которого называли это созвездие, слагалась определенная легенда. Например: сын греческого бога морей Посейдона, Орион, был храбрым и умелым охотником. Не было зверя, которого он не мог бы поймать. Разъяренная богиня Артемида, покровительница зверей, подослала к Ориону ядовитого Скорпиона, от укуса которого он погиб. И Зевс, главный в пантеоне греческих богов, забрал на небо и Ориона, превратив его в зимнее созвездие, и Скорпиона, поместив его на летнем небе, чтобы тот никогда не догнал Ориона.

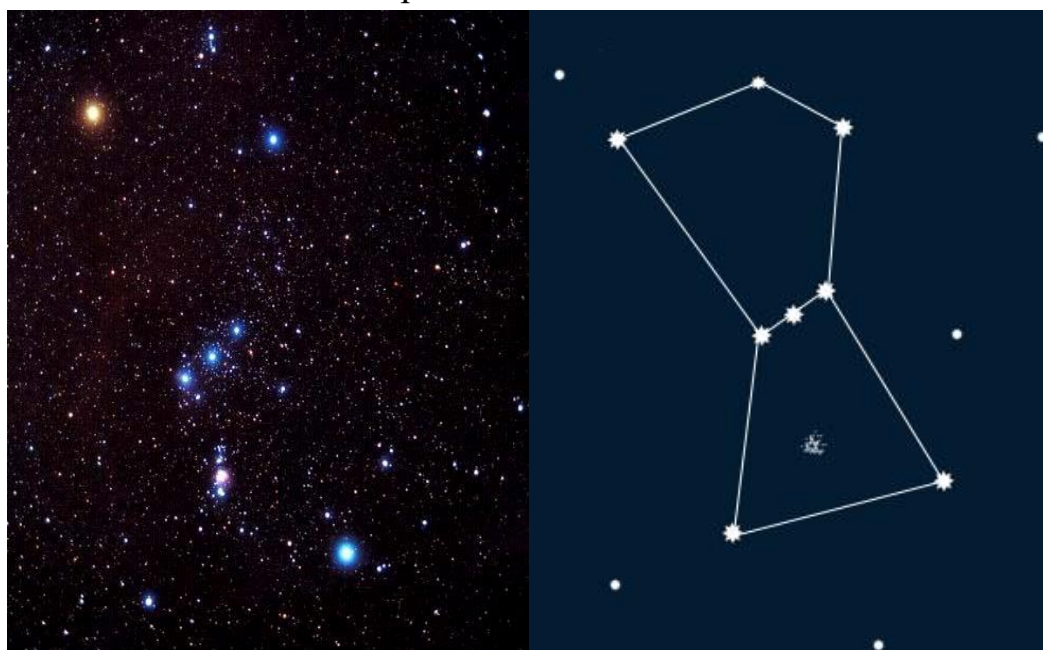


Рисунок 3 – Созвездие Орион

В некоторых созвездиях выделяют меньшие группы звезд, например Плеяды и Пады в созвездии Тельца, Ковш в созвездии Большой Медведицы и др.



Рисунок 4 – Зодиакальные созвездия

2. Обозначения и названия звезд. Звездные величины.

Астрономы прошлого довольствовались тем, что определяли положение отдельных звезд на рисунке существом, которое они «видели» в узоры той или иной их группы (например, звезда Сердце Скорпиона).

Впоследствии яркие звезды получили собственные названия (их насчитывается 275). Из них только 15% – греческие названия и 5% – латинские, а 80% – это арабские названия. Переводя трактаты арабских астрономов, европейские ученые, очевидно, специально оставляли их для использования. Почти 500 лет назад звезды в каждом созвездии были обозначены буквами греческого алфавита α (альфа), β (бета), γ (гамма) и т.д. По мере уменьшения их яркости. Правда, в отдельных случаях порядок обозначений «перепутан», и кое-где переставлены буквы для слабых и ярких звезд. Например, в созвездии Близнецов яркая звезда Поллукс обозначена буквой β , тогда как слабая – Кастор – буквой α .

Например, в арабских трактатах звезды созвездия Лебедь названы принятым в те времена способом: Денеб – «Яркая на хвосте», Садр – «Грудь». Так они называются и сейчас. Название ближайшей к нам звезды Проксима переводится с греческого как «ближайшая».

Все звезды Ковша имеют собственные арабские имена: Дубхе (α Большой Медведицы) значит «медведь»; Мерак (β) – «поясница»; Фекда (γ) – «бедро»; Мегрец (δ) – «начало хвоста»; Алиот (ϵ) – смысл не ясен; Мицар (ζ) – «кушак». Последнюю звезду в ручке Ковша называют Бенетнаш или

Алькаид (η); по-арабски «ал-каид банат наш» значит «предводитель плакальщиц».

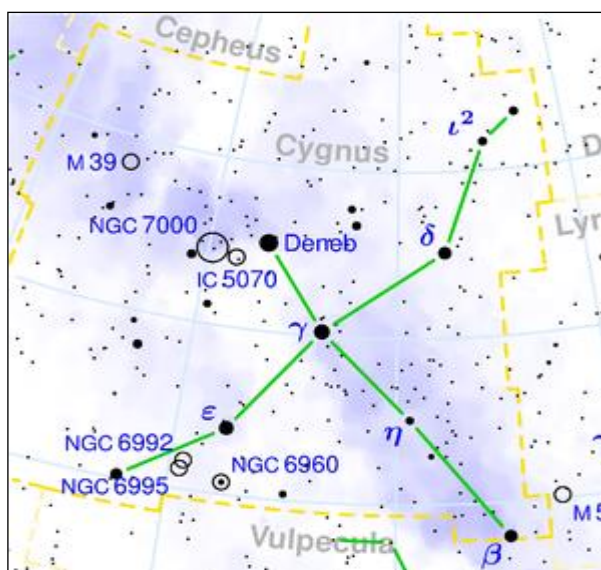


Рисунок 5 – Созвездие Лебедь
Денеб (α Cyg) – хвост курицы.
Альбирео (β Cyg) – клюв курицы.
Дженни (ϵ Cyg) – крыло.
Садр (γ Cyg) – грудь.

То, что одни звезды ярче, а другие менее яркие, было замечено давно. С целью классификации звезд по их блеску древнегреческий ученый Гиппарх ввел понятие видимой звездной величины (это понятие к физическим размерам звезды не имеет никакого отношения). Самые яркие звезды он выделил в группу звезд 1-й величины, немного слабее – 2-й, а едва заметные – 6-й величины.

Так, например, средняя звезда в ручке ковша Большой Медведицы называется Мицар, что по-арабски означает «конь». Эта звезда второй величины обозначается β Большой Медведицы. Рядом с Мицаром можно видеть более слабую звездочку четвертой величины, которую называли Алькор – «всадник». По этой звезде проверяли качество зрения у арабских воинов несколько веков тому назад.

Когда ученые стали располагать приборами для измерения величины потока света, приходящего от звезд, оказалось, что от звезды первой величины света приходит в 2,5 раза больше, чем от звезды второй величины, от звезды второй величины в 2,5 раза больше, чем от звезды третьей величины, и т.д. Несколько звезд были отнесены к звездам нулевой величины, потому что от них света приходит в 2,5 раза больше, чем от звезд первой величины. А самая яркая звезда всего неба – Сириус (α Большого Пса) получила даже отрицательную звездную величину -1,5. Измерения

светового потока от звезд позволяют теперь определить их звездные величины с точностью до десятых и сотых долей. Было установлено, что поток энергии от звезды первой величины в 100 раз больше, чем от звезды шестой величины. К настоящему времени звездные величины определены для многих сотен тысяч звезд.

С изобретением телескопа ученые получили возможность увидеть более слабые звезды, от которых приходит света гораздо меньше, чем от звезд шестой величины. Шкала звездных величин все дальше и дальше уходит в сторону их возрастания по мере того, как увеличиваются возможности телескопов. Так, например, хаббловский космический телескоп позволил получить изображение предельно слабых объектов – до тридцатой звездной величины.

Видимая звездная величина – это безразмерная астрономическая величина, характеризующая видимый блеск или яркость небесного тела с точки зрения земного наблюдателя. Чем ярче объект, тем меньше числовое значение его звездной величины. Поэтому звездные величины растут в направлении отрицательных значений.

Впоследствии было принято звездные величины обозначать буквой m (от лат. «магнитуда» – «величина»), которая проставляется как показатель степени справа вверху цифры, указывающей ее числовое значение. Таким образом, вместо того чтобы говорить об освещенности, создаваемой звездой, астрономы говорят: «блеск звезды равен m звездным величинам». Звездная величина в научных текстах обозначается в виде 2^m .

Современная шкала уже не ограничивается шестью звездными величинами или только видимым светом. Очень яркие объекты могут иметь отрицательную звездную величину. Например, Сириус, самая яркая звезда небесной сферы, имеет звездную величину $-1,47^m$, а Солнце – -26^m .

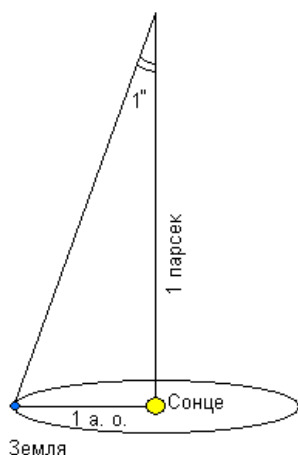
Истинная светимость Сириуса (от греч. *seirios*, «ярко горящий») незначительно превосходит солнечную – всего в 23 раза (светимости многих других звезд в сотни и тысячи раз выше солнечной). Почему же тогда эта бело-голубая звезда выглядит столь яркой? Причина в том, что Сириус – одна из ближайших к нам звезд: расстояние до него всего 8,6 световых лет. В Древнем Египте Сириус называли Звездой Нила, поскольку его первый утренний восход предвещал разлив Нила в дни летнего солнцестояния. К тому же Сириус и само созвездие уже 5000 лет назад ассоциировалось с собакой; его древнейшее шумерское название – Собака Солнца; греки называли его просто «собакой», а римляне – «собачкой» (*Canicula*, отсюда летний период отдыха – каникулы).

Однако видимая звездная величина не дает информации о действительной мощности источника света (например, близкая свеча лучше освещает текст, чем далекая электрическая лампочка). Поэтому для характеристики звезд введена абсолютная звездная величина M .

Абсолютная звездная величина – это такая видимая звездная величина астрономического объекта, которую имел бы объект, если бы он находился на расстоянии 10 парсеков (32,6 св.л.) от наблюдателя при отсутствии поглощения света.

Абсолютная звездная величина вводится для сравнения яркости объектов, независимо от расстояния до них, и растет в направлении отрицательных значений.

Парсек – расстояние, с которого средний радиус земной орбиты (равный 1 а.е.), перпендикулярный лучу зрения, виден под углом $1''$ (одна угловая секунда).



Астрономическая единица длины или просто астрономическая единица (сокращенно «а.е.») – единица расстояния в астрономии, равная среднему расстоянию от Земли до Солнца. 1 а.е. равна $149\,597\,870\,691 \pm 30$ метров ($\sim 149\,600\,000$ км).

1 световой год составляет $9460730472580,8$ км $\approx 9,46 \cdot 10^{15}$ м.

3. Основные точки и линии небесной сферы.

Для определения положения светила на небе необходима определенная система координат, подобная той, что используется на поверхности Земли.

Способ построения сетки географических координат известен: на поверхности Земли выделены две точки – географические полюса, через них проведено дуги географических меридианов, один из них принят за начальный («нулевой»); проведен также земной экватор – большой круг, все точки которого равноудалены от полюсов.

* Географические координаты

Широтой точки φ называется угол, образованный отвесной линией в данной точке и плоскостью экватора.

Долготой точки λ называют двугранный угол, заключенный между плоскостью начального (Гринвичского) меридиана и плоскостью меридиана, проходящего через данную точку.

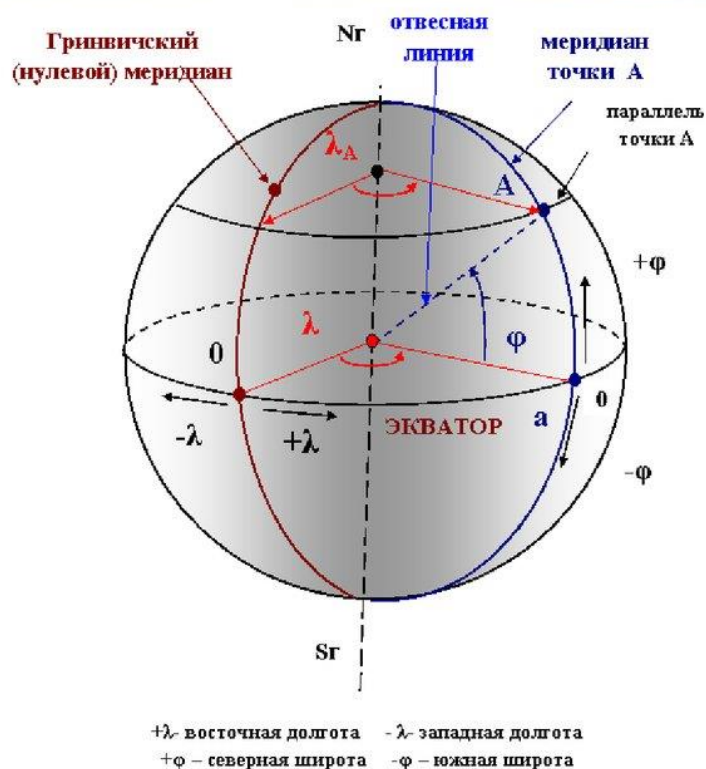


Рисунок 6 – Географические координаты

Земля имеет почти шарообразную форму. Воображаемая прямая, вокруг которой вращается Земля, называется осью вращения. Ось вращения пересекает поверхность Земли в двух точках: в северном географическом полюсе N и в южном S.

Большой круг на поверхности Земли, плоскость которого перпендикулярна оси вращения называется земным экватором. Он делит поверхность Земли на два полушария: северное и южное. Малые круги, плоскости которых параллельны плоскости земного экватора, называются географическими параллелями.

Определение основных точек и линий небесной сферы начинают с самого простого – с установления вертикального направления. Отвесная линия пересекается с небесной сферой в двух точках, которые называются зенит и надир. Эти названия заимствованы в арабских наблюдателей: зенит – «вершина», надир – «направление ноги».

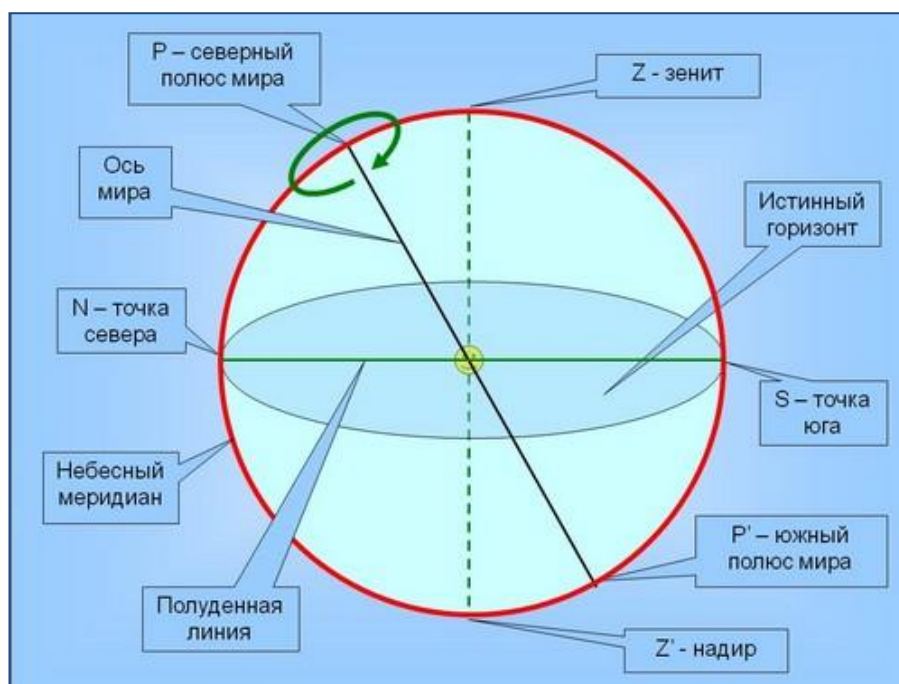


Рисунок 7 – Основные точки и линии небесной сферы

Зенит – это верхняя точка пересечения отвесной линии с небесной сферой, **надир** – нижняя точка (противоположная зениту).

Плоскость, перпендикулярная к отвесной линии и проходящая через центр небесной сферы, называется **плоскостью математического горизонта**, а линия ее пересечения с небесной сферой называется **математическим горизонтом**.

Небесная сфера вращается вокруг линии, которая называется **осью мира**; точки пересечения оси мира с небесной сферой называются полюсами мира. Полюс, в отношении которого небесная сфера вращается против часовой стрелки (для наблюдателя, находящегося в центре сферы), называют **Северным полюсом мира**, противоположный ему – **Южным полюсом мира**.

Небесный экватор – большой круг, плоскость которого проходит через центр вспомогательной сферы перпендикулярно оси мира. Он разделяет поверхность вспомогательной сферы на два полушария: северное и южное.

Небесный меридиан – большой круг, проходящий через зенит, надир, северный и южный полюса мира. Он разделяет вспомогательную небесную сферу на два полушария: восточное и западное.

Пересечение небесного меридиана с математическим горизонтом дает две точки: **точку севера N** и **точку юга S**.

Прямая, соединяющая точки севера и юга называется **полуденной линией**.

Математический горизонт пересекается с небесным экватором в **точке востока E** и **точке запада W**.

Большой круг, проходящий через полюсы мира и через светило M, называют **кругом склонений**.

Вертикаль (круг высоты) – большой круг, проходящий через зенит и надир.

4. Небесные координаты.

Положение небесных светил на небесной сфере определяется с помощью двух астрономических координат. Существуют различные системы астрономических координат, которые отличаются лишь выбором плоскости отсчета и началом отсчета. В задачах всегда можно осуществить переход от одной системы к другой.

Горизонтальная система координат

Основные элементы: круг математического горизонта (NS), вертикальная линия (ZZ') и точка юга (S),

- т. М обозначим положения светила, координаты которого необходимо определить,
- точку пересечения окружности высоты с горизонтом обозначим M',
- из центра сферы О проведем радиусы в точки М и M'.

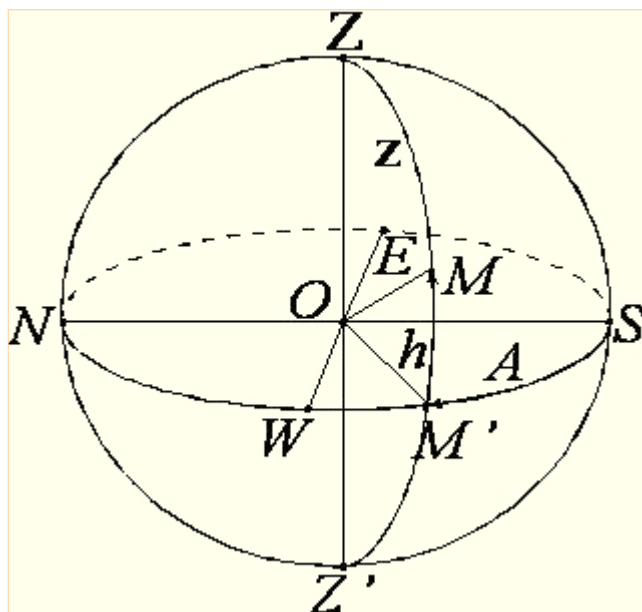


Рисунок 8 – Горизонтальная система координат

Центральный угол MOM', или дуга MM' определяет расстояние светила от горизонта и называется высотой светила (h). Высоту отсчитывают от горизонта до светила. Возможные значения h: $0^\circ \div 90^\circ$ – если светило находится над горизонтом, $0^\circ \div -90^\circ$ – под горизонтом в невидимой полусфере.

Высотой светила h называется его угловое расстояние от математического горизонта.

Вместо высоты удобно использовать угол ZOM , или дугу ZM – зенитное расстояние (z). Зенитное расстояние отсчитывают от зенита до светила. Возможные значения: $0^\circ \div 180^\circ$. Итак, $h+z = 90^\circ$.

Зенитным расстоянием z называется угловое расстояние светила от зенита.

Положение круга высоты определяется двугранным углом между кругами небесного меридиана и высоты, измеряется центральным углом SOM' или дугой SM' и называется азимутом (A). Отсчитывается по кругу горизонта от точки юга S на запад к кругу высоты. Возможные значения: $0^\circ \div 360^\circ$.

Азимутом A называется угловое расстояние круга высоты светила от точки юга.

Высота и азимут меняются в течение суток, так как связаны с пунктом наблюдения.

Недостаток горизонтальной системы координат: в результате вращения небесной сферы горизонтальные координаты непрерывно изменяются, поэтому вместе с горизонтальными координатами светила необходимо указывать время их определения.

Экваториальная система координат

Основные элементы: круг экватора (QQ'), ось мира (PP') и южная точка экватора Q ,

- вспомогательная небесная сфера,
- рисуем ось мира PP' , небесный экватор, для удобства вертикаль ZZ' и полуденную линию NS ,
- обозначим на сфере положения светила т. M ,
- круг склонения (большой полукруг, проходящей через точки P , M , P'),
- точку пересечения окружности склонения и экватора обозначим M' ,
- проведем прямую OM (мировой луч зари) и т. O соединим с т. M' .

Центральный угол MOM' , или дуга $M'M$ в плоскости большого круга называется склонением (δ). Склонение отсчитывается от экватора к светилу. Возможные значения $0^\circ \div 90^\circ$ – в северном полушарии и $0^\circ \div -90^\circ$ в южном полушарии.

Склонением светила δ называется угловое расстояние его от экватора.

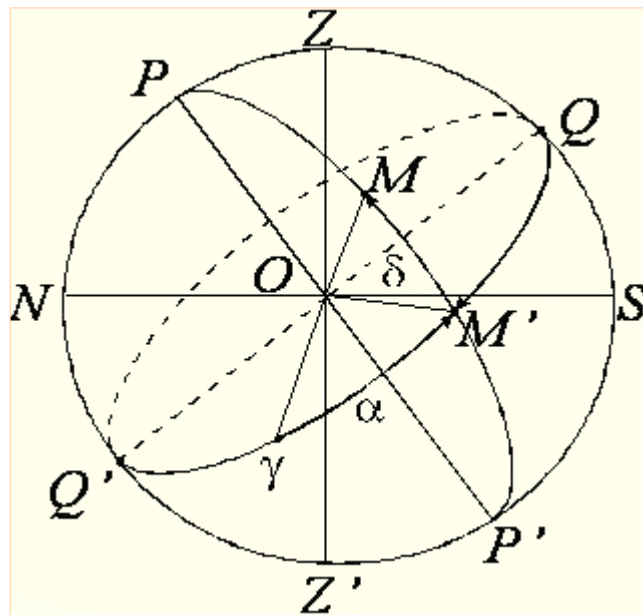


Рисунок 9 – Экваториальная система координат

Центральный угол в плоскости экватора QOM' , который измеряется двугранным углом между кругами склонения светила и небесного меридиана, называется часовым углом (t). Часовой угол отсчитывается от южной точки экватора к кругу склонений по часовой стрелке (на запад). Возможные значения: $0^\circ \div 360^\circ$, или $0h \div 24h$ ($1h = 15^\circ$).

Часовым углом t называется угловое расстояние круга склонений от южной точки небесного меридиана.

Склонение не зависит от суточного вращения Земли. Часовой угол изменяется пропорционально времени. Эта система в основном используется при определении времени по наблюдению звезд.

Прямое восхождение (α) – центральный угол $\gamma OM'$ между кругом склонения и направлением в точке весеннего равноденствия, лежит в плоскости небесного экватора. Отсчитывается от $t.\gamma$ против часовой стрелки. Возможные значения: $0^\circ \div 360^\circ$, или $0h \div 24h$.

В отличие от других координат α измеряется в особой часовой мере углов. Окружность делится на 24 ч (24^h), час – на 60 мин (60^m), минута – на 60 с (60^s). Соотношения между градусной и часовой мерами даны в таблице.

1^h	15°	1°	4^m
1^m	$15'$	$1'$	4^s
1^s	$15''$		

Прямым восхождением α называется угловое расстояние круга склонения от $t.\gamma$.

Обе координаты не зависят от вращения Земли. Экваториальная система используется при составлении астрономических каталогов небесных объектов.

5. Видимое годовое движение Солнца.

Вспомните из курса географии, почему существуют климатические пояса? Так как Земля имеет шарообразную форму, то солнечные лучи падают под разными углами на разные участки Земли, следовательно, эти участки по-разному прогреваются.

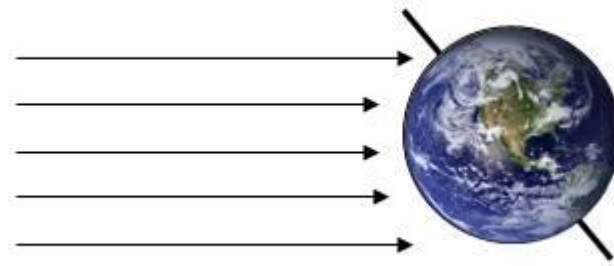


Рисунок 10

Например, на полярные области лучи падают вскользь, поэтому солнечная энергия не поглощается и поверхность не нагревается. А на экваториальные области лучи падают отвесно, и поглощаются полностью. Климат данной местности зависит от количества поглощенной солнечной энергии.

Чтобы объяснить причины смены сезонов года, рассмотрим движение Земли по орбите вокруг Солнца в течение года. Заметим, что орбита Земли практически не отличается от круга, поэтому расстояние от Земли до Солнца не сильно меняется в течение года. Земная ось наклонена к плоскости земной орбиты под углом $66^{\circ}33'$ и сохраняет свое направление в пространстве неизменным. В результате трех причин: движения Земли, наклона оси вращения и постоянства угла наклона во времени, периодически меняются условия обогрева земных полушарий, то есть происходит смена сезонов года.

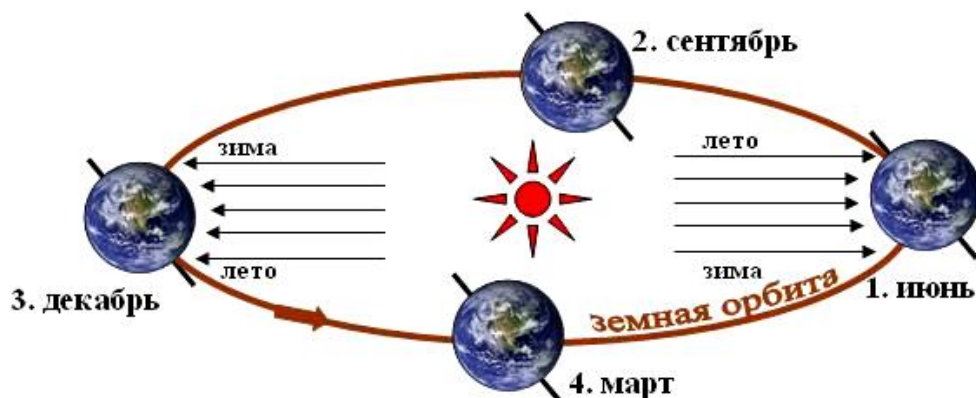


Рисунок 11 – Смена времен года

Допустим, 22 декабря Земля находится в точке 1 своей орбиты. В северном полушарии в это время лето. В противоположной точке орбиты 3 – лучи падают отвесно на южное полушарие, значит, лето наступило в южном полушарии.

Земля вращается вокруг Солнца по эллиптической орбите. Это движение происходит в направлении вращения Земли вокруг ее оси, то есть против часовой стрелки, если смотреть с северного полюса на юг. Ось Земли сохраняет неизменное направление в пространстве. Мы не чувствуем ни движения вокруг Солнца, ни движения самой Земли вокруг оси. Движение вокруг оси воспринимается наблюдателем на «неподвижной» Земли как движение Солнца относительно звезд в направлении с запада на восток, то есть в противоположную сторону суточного движения небесной сферы. Это явление называется годичным движением Солнца.



Рисунок 12

Непосредственно наблюдать движение Солнца относительно звезд невозможно, так как днем не видно звезд. Но перемещение Солнца можно заметить, наблюдая в течение достаточно долгого времени размещение созвездий в одно и то же время после захода Солнца (например, в полночь).

Плоскость, в которой движется Земля вокруг Солнца, совпадает с плоскостью видимого годичного движения Солнца относительно звезд и называется *плоскостью эклиптики*. Пересечение этой плоскости с небесной сферой называется *эклиптикой*.

Эклиптика – это большой круг, размещенный на небесной сфере, по которому происходит видимое годичное движение Солнца. Прямая, проходящая через центр небесной сферы и перпендикулярна к плоскости

эклиптики, называется *осью эклиптики*. Точки пересечения этой прямой с небесной сферой называются полюсами эклиптики. Полюс, расположенный в северном полушарии, называется северным полюсом эклиптики, противоположный – южным. Северный полюс эклиптики расположен между Полярной звездой и Вегой.

Проводя измерения зенитной расстояния или высоты Солнца в полдень (полдень), то есть в момент его верхней кульминации на одной и той же широте установлено, что склонение Солнца в течение года меняется в пределах от $23^{\circ}27'$ до $-23^{\circ}27'$, два раза в год проходя через ноль. Эклиптика наклонена к экватору под углом, определяется углом между осями мира и эклиптики $\varepsilon = 23^{\circ}27'$.

Эклиптика пересекается с небесным экватором в двух точках – точках равноденствия. Точка, в которой Солнце в своем годичном движении переходит из южного полушария в северное (с северного шара в южное) называется точкой весеннего равноденствия – 21 марта (осеннего равноденствия – 23 сентября).

Точки эклиптики, наиболее удаленные от экватора называются точками солнцестояния. Точка солнцестояния, лежащая в северном полушарии называется точкой летнего (22 июня) (зимнего 22 декабря) солнцестояния.

Эклиптика проходит по 12 созвездиям (по числу месяцев в году), из которых 11 имеют названия живых существ (реальных или мистических) и поэтому все 12 созвездий называются зодиакальными (от греческого слова «зодиакос» – зверь).

Весь пояс зодиакальных созвездий называется Зодиаком. Протяженность зодиакальных созвездий вдоль эклиптики разная: наибольшая (40°) у Тельца, Девы, Скорпиона; по созвездию Скорпиона (5°). Поэтому эклиптика разделена на 12 равных дуг по 30° .



Рисунок 13

Отсчет знаков зодиака начинается с т. весеннего равноденствия. Весной Солнце последовательно проходит по созвездиям Рыбы, Овен, Телец; летом – Близнецы, Рак, Лев; осенью – Дева, Весы, Скорпион (также Змееносц) а зимой – Стрелец, Козерог, Водолей.

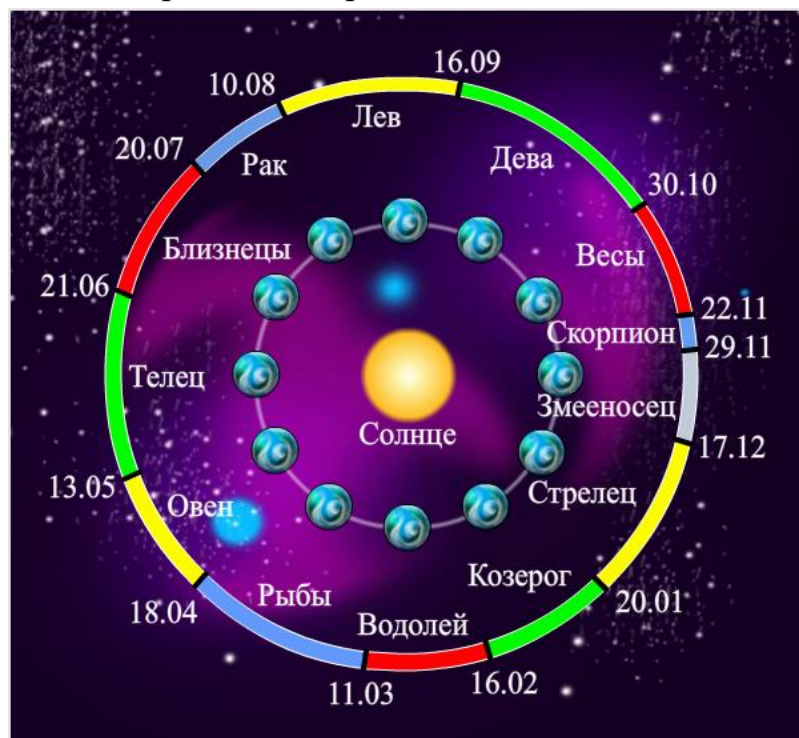


Рисунок 14

Только не надо думать, что Солнце реально оказывается в этих созвездиях. Оно оказывается на фоне этих созвездий для наблюдателя с Земли. Это происходит, потому что Земля вращается вокруг Солнца. Например, с 21 января по 19 февраля, мы видим Солнце на фоне созвездия Водолея. Понять это довольно просто. Попробуйте расставить несколько фигурок или картинок полукругом. В центр этого полукруга положите небольшой шарик. Если вы будете смотреть на шарик под разными углами, то он будет оказываться на фоне разных картинок.

3. Солнечная система

Лекция № 3. Солнечная система. Система Земля-Луна.

План

1. Строение Солнечной системы.
2. Наша планета Земля.
3. Естественный спутник Земли – Луна.

Литература:

1. Воронцов-Вельяминов Б.А. Астрономия. 11 кл.: Учеб. для общеобразоват. учеб. заведений / Б.А. Воронцов-Вельяминов, Е.К. Страут. – 4-е изд., стереотип. – М. : Дрофа, 2003. – 224 с.
2. Порфирьев В.В. Астрономия : Учеб. для 11 кл. общеобразоват. Учреждений В.В. Порфирьев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: 2003. – 174 с.

Вопросы для самоконтроля:

1. Перечислите основные физические характеристики Земли.
2. Как называется форма нашей планеты?
3. Где на земной поверхности тела движутся быстрее всего?
4. Как называется путь, который проходит Земля вокруг Солнца?
5. Чему равна скорость, с которой Земля движется вокруг Солнца?
6. Чему равен радиус Земли? Почему экваториальный радиус Земли длиннее полярного?
7. Какие оболочки Земли вам известны?
8. На какие отдельные зоны делится атмосфера? Каковы принципы этого деления? Каков состав атмосферы Земли?
9. Что такое парниковый эффект и как он проявляется в установлении температуры поверхности нашей планеты?
10. Что вы знаете о внутреннем строении Земли?
11. Как называется оболочка Земли, состоящая из земной коры и верхней части мантии?
12. Что такое сидерический и синодический период обращения Луны и чему он равен?
13. По каким причинам поверхность Луны густо покрыта кратерами и не похожа на поверхность Земли?
14. Почему вода на поверхности Луны не может существовать в жидком состоянии?
15. Почему с поверхности Земли мы видим только одно полушарие Луны?

1. Строение Солнечной системы.

Все тела, движущиеся вокруг Солнца, образуют в совокупности планетную систему, которая называется Солнечной. В ее состав входят: восемь больших планет и их спутники (179); наверное, несколько десятков тысяч малых тел или астероидов размерами от 10 до 1000 км; кометы; множество метеорных тел с размерами меньше 1 км – так называемых метеороидов; межпланетная пыль и газ.

Солнечная система состоит из Солнца, 8 больших планет с их спутниками, более 100 000 малых планет, или астероидов, огромного числа комет (по некоторым данным, их более 100 млрд), бесчисленного количества мелких метеорных тел, межпланетной пыли и газа. Происхождение, эволюция, законы движения всех тел, входящих в Солнечную систему, полностью определяются центральным телом – Солнцем. Точно определить границу Солнечной системы невозможно, но многие исследователи проводят её на расстоянии 100 тыс. а. е. от Солнца.

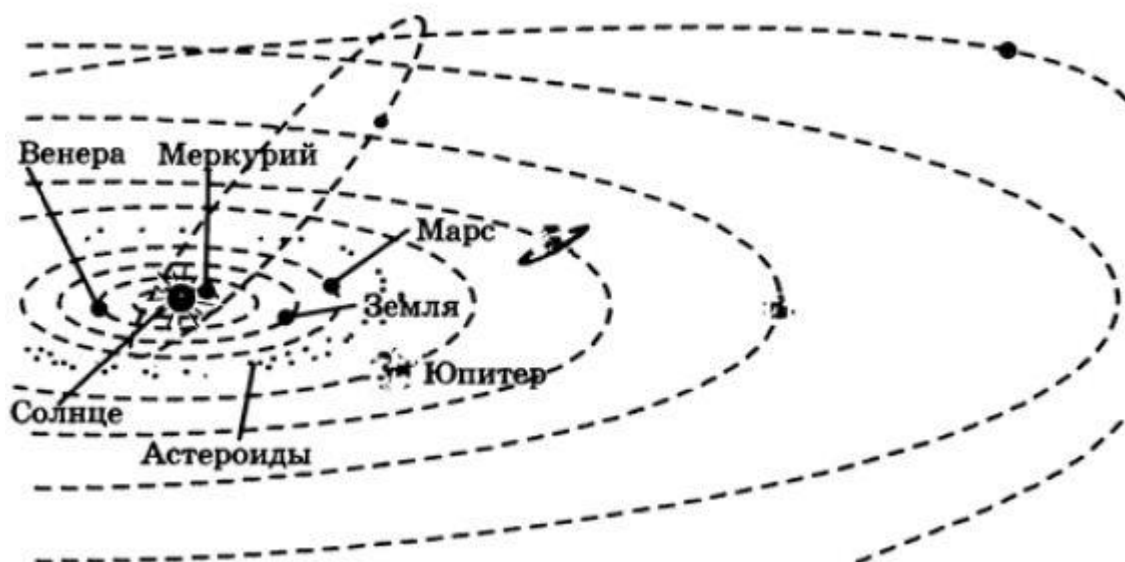


Рисунок 1 – Строение Солнечной системы

Основная масса вещества Солнечной системы (исключая само Солнце) содержится в восьми больших планетах. Все они движутся по орбитам, близким к кеплеровым, плоскости которых наклонены к плоскости солнечного экватора под небольшими углами, за исключением орбиты Меркурия (7°) и карликовой планеты Плутона (19°). Вращение Солнца вокруг своей оси и обращение планет вокруг него происходят в одном направлении. Расстояния между орбитами планет закономерно возрастают по мере удаления от Солнца.

По своим характеристикам большие планеты делятся на две группы: планеты земной группы – Меркурий, Венера, Земля и Марс, планеты-гиганты

– Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. Эти группы как бы разделены поясом астероидов.

С 14 по 25 августа 2006 года в Праге проходила XXVI Ассамблея Международного астрономического союза — международная конференция, организованная Международным астрономическим союзом.

24 августа участниками ассамблеи было принято решение изменить определение термина «планета». Теперь официально планетой Солнечной системы называется небесное тело, удовлетворяющее всем следующим условиям:

- обращающееся по орбите вокруг Солнца (то есть не являющееся спутником другого тела);
- обладающее достаточной гравитацией, чтобы иметь форму, близкую к шару;
- вблизи орбиты которого имеется «пространство, свободное от других тел».

Последнее уточнение насчет свободного пространства, добавленное на ассамблее, означает, что на орбите планеты нет небесных тел, не являющихся её спутниками.

Ассамблея явно декларировала, что Плутон не является планетой. Он удовлетворяет только двум первым критериям, использовавшимся ранее, и не удовлетворяет новому критерию. Его классификация изменена на «карликовая планета». К этой группе также отнесли Эриду и Цереру.

Различия между планетами обеих групп обусловлены их массами, химическим составом и удаленностью от Солнца. Если планеты земной группы имеют сравнительно небольшие размеры, большую плотность и состоят в основном из плотных веществ, то планеты-гиганты, наоборот, имеют большие размеры, малую плотность и состоят в основном из газов.

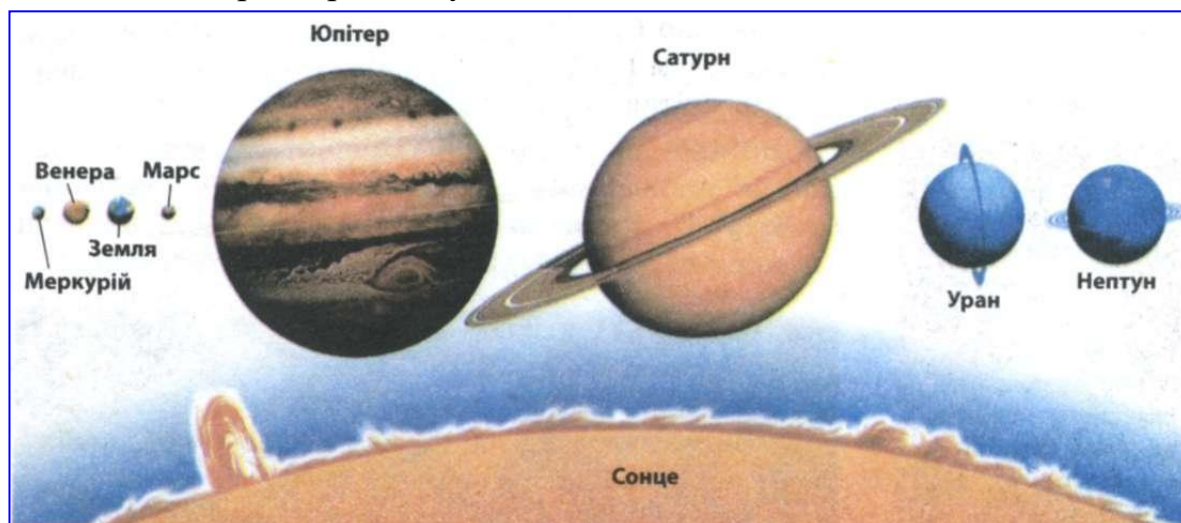


Рисунок 2 – Солнечная система

Относительно Земли планеты делятся на внутренние, или нижние, и внешние, или верхние.



Рисунок 3

2. Наша планета Земля.

Земля участвует в двух пространственных движениях: вращается вокруг оси и движется вокруг Солнца со средней скоростью 30 км/с на среднем расстоянии 149 600 000 км.

Благодаря движению Земли по орбите с периодом 365 суток 5 часов 48 мин 46 с Солнце, отражая это движение, перемещается по небу среди звезд с тем же периодом в направлении, противоположном суточному вращению неба, с запада на восток.

В первом приближении Землю можно считать шаром. Но из-за вращения, которое вызывает появление центробежной силы, она несколько сплюснута у полюсов и выпуклая у экватора. Поэтому ближе к настоящей формы Земли будет эллипсоид вращения, полученный вращением эллипса вокруг малой оси.

Известный ученый В. И. Вернадский назвал такую форму геоид («землеподобный»). Геоид – это фигура, поверхность которой всюду перпендикулярна направлению силы тяжести. Полярный радиус Земли

составляет 6357 км, а экваториальный – 6378 км, то есть больше полярного на 21 км (рис.22).

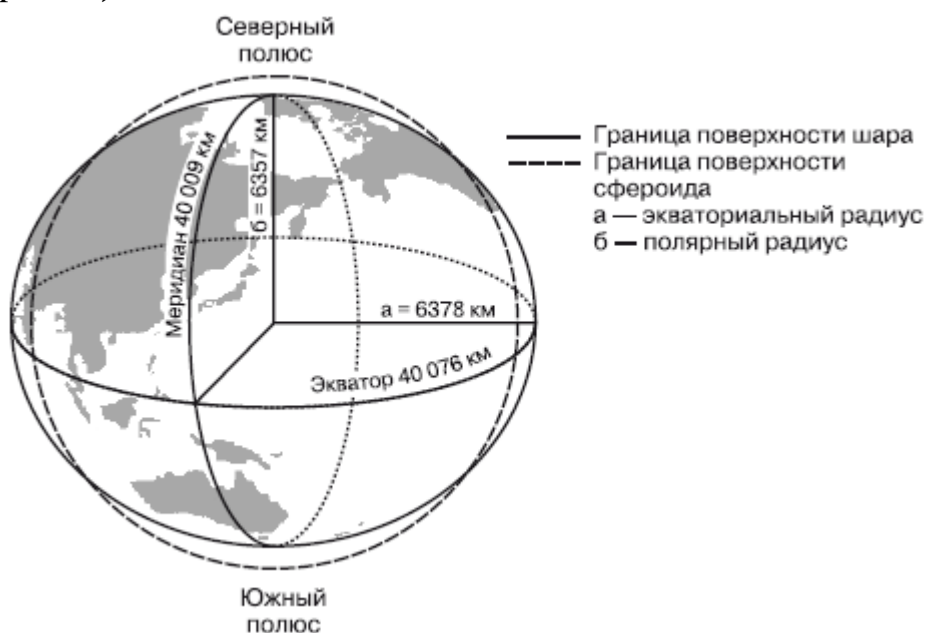


Рисунок 4 – Форма Земли

Скорость движения точек земной поверхности при ее вращении вокруг собственной оси разная на разных широтах: максимальная на экваторе – 465 м/с – и нулевая на полюсах. Соответственно и ускорение силы земного притяжения на разных широтах разное: минимальное на экваторе – $9,78 \text{ м/с}^2$, максимальное на полюсах – $9,83 \text{ м/с}^2$.

Изучая нашу планету, ученые уже давно выделили ряд присущих ей оболочек. Отдаленной и самой протяженной оболочкой Земли является магнитосфера – участок околоземного пространства, физические свойства которой определяются магнитным полем Земли и его взаимодействием с потоками заряженных частиц. Магнитное поле Земли образует магнитосферу, простирающуюся на 70-80 тыс. км в направлении Солнца. Она экранирует поверхность Земли, защищает от вредного влияния заряженных частиц, высоких энергий и космических лучей, определяет характер погоды.

Земля окружена воздушной оболочкой – атмосферой, которая не имеет четких границ и по своим физическим свойствам на разных высотах делится на тропосферу (высота 9-17 км от полюса к экватору, температура уменьшается с высотой до $-55 \text{ }^{\circ}\text{C}$), стратосферу (до 55 км, температура возрастает до $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$), мезосферу (до 85 км, температура уменьшается до $-85 \text{ }^{\circ}\text{C}$) и термосферу (от 90 км и выше, температура снова возрастает). С учетом электрических свойств атмосферы на высоте 70-400 км выделяют ионосферу, где воздух сильно ионизированный.

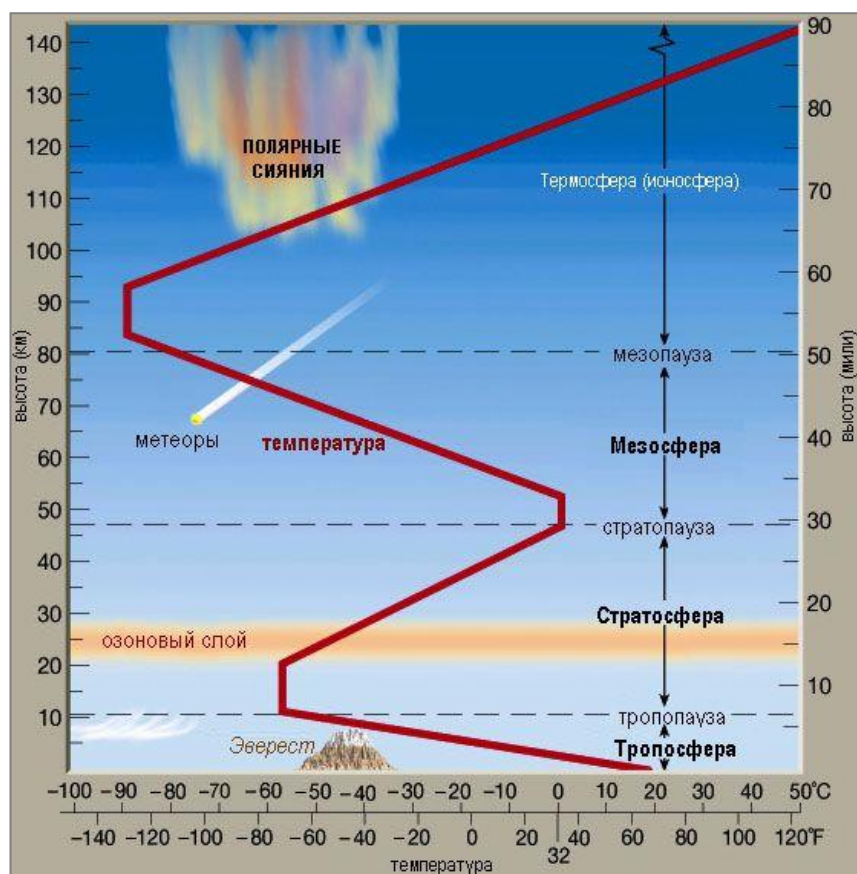


Рисунок 5 – Атмосфера Земли

Главные составляющие (по массе) воздуха: азот – 78%, кислород – 21%, аргон – 0,93%, углекислый газ – 0,03%, озон и водяной пар. Другие газы имеющиеся в количестве, меньшем 0,01%.

Атмосфера Земли постоянно рассеивается в космическом пространстве, но она пополняется за счет вулканической деятельности и испарения воды с поверхности морей и океанов. Время от времени меняется соотношение количества газов в атмосфере.

Состояние атмосферы оказывает большое влияние на климат, в частности количество водяного пара и углекислого газа, которые в ней содержатся. Значительное повышение содержания водяного пара вызывает увеличение облачности, а, следовательно, уменьшение количества солнечного тепла, поступающего на поверхность. А изменение содержания углекислого газа CO_2 вызывает ослабление или усиление парникового эффекта, при котором углекислый газ частично поглощает тепло, излучаемое Землей в космос, задерживает его в атмосфере и повышает тем самым температуру поверхности и нижних слоев атмосферы.

Известно, что явление парникового эффекта играет решающую роль в смягчении климата Земли. При его отсутствии средняя температура планеты была бы на 30-40 °C ниже, чем есть на самом деле, и составляла бы не +15 °C, а -15 °C, а то и -25 °C. При таких средних значениях температуры океаны

очень быстро покрылись бы льдом, превратившись в огромные морозильники, и жизнь на планете стала бы невозможной. Следовательно, уменьшение в воздухе содержания CO_2 ослабляет парниковый эффект и оказывает содействие похолоданию. Влияют на количество углекислого газа много причин, среди них основными являются вулканическая деятельность и жизнедеятельность земных организмов.

Под атмосферой лежат гидросфера и литосфера – оболочки, на которых существует практически все живое на Земле.

Под гидросферой понимают совокупность всей воды на Земле в твердом, жидком и газообразном состоянии. Больше всего воды в жидком состоянии. Она образует Мировой океан, вмещающий 97% всей поверхностной воды и покрывает 71% земной поверхности. 2,5% воды приходится на лед, а на озера, реки и атмосферную влагу – всего 0,5%.

Литосфера – это верхняя твердая оболочка Земли. Она полностью покрывает недра планеты. Однако с помощью сейсмических волн, распространяющихся в теле планеты во время землетрясений, было выяснено внутреннее строение Земли. Исходя из скорости распространения сейсмических волн, земные недра разделяют на следующие слои: кора (материковая и океаническая) толщиной от 5 км под океанами до 70-80 км под высокими горами; мантии – верхняя и нижняя общей толщиной до 2900 км; внешнее ядро (до 2100 км толщиной) внутреннее ядро радиусом до 1300 км.

Внутри мантии, на глубине 100–250 км под континентами и 50-100 км под океанами, находится слой повышенной пластичности вещества, так называемая астеносфера. Ученые предполагают, что мантия состоит из магния, железа и кремния и имеет очень высокую температуру – до 2000 °C.

Установлено, что температура горных пород с глубиной возрастает: в среднем на 1 °C на каждые 33 м в глубь Земли. Увеличение температуры происходит главным образом за счет распада радиоактивных элементов, входящих в состав земного ядра. Ядро Земли – пока загадка для науки. С определенной достоверностью можно говорить лишь о его радиусе – 3500 км и температуре – около 4000 °C.

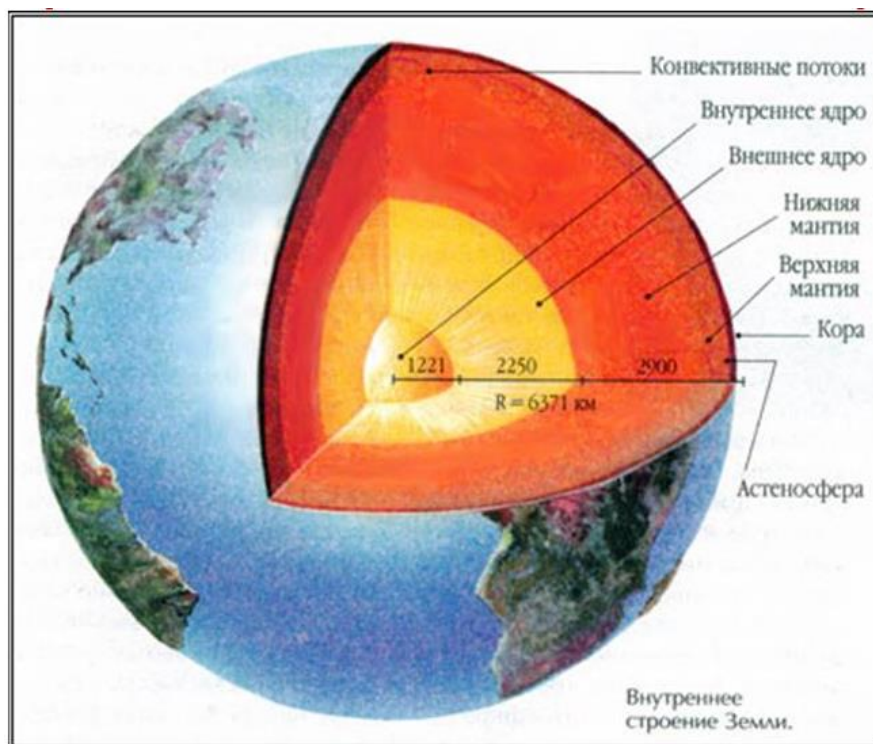


Рисунок 6 – Внутреннее строение Земли

Земля имеет богатый химический состав. 90% ее массы приходится на железо, кислород, магний и кремний. Земная кора почти наполовину состоит из кислорода, входящего в состав различных окислов, и на четверть – из кремния. Значительный процент приходится также на алюминий. Кислород, кремний и алюминий образуют самые распространенные в природе соединения – кремнезем и глинозем.

Самым распространенным компонентом мантии является кремнезем в составе силикатов. Относительно ядра, то оно, вероятно, состоит из железа с примесью никеля и серы или никеля и кремния.

Все оболочки Земли и внешние, и внутренние – постоянно движутся и изменяются.

Существенно меняет свой вид твердая поверхность Земли из-за действия Солнца, ветра и воды на горные породы, а также через тектонические процессы, происходящие в недрах.

3. Естественный спутник Земли – Луна.

Луна – ближайшее к Земле небесное тело, которое находится от нее на среднем расстоянии 384400 км и имеет радиус 1738 км. Масса Луны значительно уступает массе Земли, а сила тяжести на её поверхности примерно в 6 раз меньше, чем на Земле. Отношение массы Луны к массе Земли составляет 1:81. Луна не имеет также заметного магнитного поля. Считается, что возраст Луны около 4,4 млрд. лет.

Гипотезы о происхождении Луны

Гипотеза первая

На ранних стадиях существования Земли у нее была система колец вроде той, что имеется у Сатурна. Возможно, Луна образовалась из них?

Гипотеза вторая (центробежного разделения)

Когда Земля была еще совсем юной и состояла из расплавленных пород, она вращалась так быстро, что из-за этого растянулась, приобрела форму груши, а затем верхняя часть этой «груши» оторвалась и превратилась в Луну. Эту гипотезу в шутку называют «дочерней».

Гипотеза третья (столкновения)

Когда Земля была молодой, она подверглась удару какого-то небесного тела, размер которого составлял половину размера самой Земли. В результате этого столкновения огромное количество вещества было выброшено в космическое пространство, а впоследствии из него сформировалась Луна. Эта гипотеза была предложена Уильямом Хартманом и Дональдом Дэвисом в 1975 году. По их предположению, протопланета (её называли Тейя) размером примерно с Марс столкнулась с протоземлей на ранней стадии её формирования, когда Земля имела примерно 90% нынешней массы. Удар пришёлся не по центру, а под углом, почти по касательной. В результате большая часть вещества ударившегося объекта и часть вещества земной мантии были выброшены на околоземную орбиту. Из этих обломков собралась протолуна и начала обращаться по орбите с радиусом около 60 000 км. Земля в результате удара получила резкий прирост скорости вращения (один оборот за 5 часов) и заметный наклон оси вращения.

Гипотеза четвертая (захвата)

Земля и Луна образовались независимо, в разных частях Солнечной системы. Когда Луна проходила близко к земной орбите, она была захвачена гравитационным полем Земли и стала её спутником. Эту гипотезу в шутку называют «супружеской».

Гипотеза пятая (совместного образования)

Земля и Луна образовались одновременно, в непосредственной близости друг от друга (в шутку – «сестринская» гипотеза).

Гипотеза шестая (многих лун)

Несколько маленьких лун были захвачены гравитацией Земли, затем они столкнулись друг с другом, разрушились, и из их обломков образовалась нынешняя Луна.

Гипотеза седьмая (испарения)

Из расплавленной протоземли была выпарена в пространство значительная масса вещества, которое затем остыло, сконденсировалось на орбите и образовало протолуну.

Каждая из этих гипотез имеет свои «за» и свои «против». В настоящее время основной и более приемлемой считается гипотеза столкновения. Рассмотрим ее подробнее.

Если на Луну смотреть невооружённым глазом, то она видна как небольшой (угловой диаметр $0,5^\circ$) серебристый диск. Луна очень тёмное тело: она отражает только 7,3% падающего на него света. Цвет её поверхности, как свидетельствуют астронавты, сильно зависит от условий освещённости, но в основном он темно-коричневый, иногда с зеленоватым оттенком. Цветовые контрасты на Луне очень слабы.

Синодический период вращения Луны (29,5 земных суток) – промежуток времени, через который происходит изменение фаз.

Сидерический период обращения Луны (27,3 земных суток) – время обращения Луны вокруг Земли относительно звезд.

Период обращения Луны вокруг оси равен периоду её обращения вокруг Земли. И поэтому Луна всегда повернута к Земле одной стороной. Вращение такого типа называется синхронным. Однако, хотя в каждый данный момент наблюдатель на Земле видит ровно половину поверхности Луны, из-за особенностей её движения по орбите самом деле можно видеть не 50%, а 60% поверхности.

Несмотря на то, что Луна расположена почти на таком же расстоянии от Солнца, как Земля, и единица её поверхности получает такое же количество энергии, что и единица поверхности Земли, физические условия на этих космических телах существенно отличаются. Главная причина таких различий связана с тем, что сила тяжести на Луне меньше земной в 6 раз, поэтому она не может удержать у поверхности отдельные молекулы газов. В течение миллиардов лет погода на Луне одинакова: 2 недели светит Солнце и поверхность нагревается до температуры $+130^\circ\text{C}$, а затем после двухнедельной ночи поверхность охлаждается и температура на рассвете падает до -160°C . При высокой дневной температуре молекулы газов покидают сферу притяжения Луны, поэтому там невозможно существование густой атмосферы. На Луне даже днем темное небо, как в межпланетном пространстве, там не бывает ни ветров, ни дождей. Смены времен года не происходит, потому что ось вращения Луны почти перпендикулярна плоскости орбиты.

Из-за отсутствия атмосферы поверхность Луны подвергается непрерывной метеоритной бомбардировке. Ведь даже самые маленькие

метеорные тела, масса которых измеряется долями грамма и миллиграммами, достигают поверхности Луны (на Земле они сгорают в верхних слоях атмосферы) и врезаются в неё со скоростью не менее 2 км/с.

Поверхность Луны подвергается непрерывным воздействиям солнечного ультрафиолетового, рентгеновского и корпускулярного излучений. Эти воздействия приводят к раздроблению горных пород и образованию реголита – грунта, не имеющего земных аналогов.

Крупные детали поверхности Луны можно видеть с Земли даже невооруженным глазом. К ним относятся светлые и темные участки. Первым наблюдал Луну в телескоп Галилей, он и назвал темные участки морями. Это название по традиции сохранилось, хотя известно, что в лунных морях нет воды. Моря на Луне образовались после извержения вулканов. Они имеют более темный цвет, потому что по химическому составу там больше железа, а на светлых участках больше алюминия.

В лунных морях никогда не было воды, они представляют собой огромные впадины глубиной до 3 км, дно которых покрыто темной лавой. Моря занимают около 40% площади видимой стороны. На обратной стороне Луны морей практически нет (только небольшие моря – Море Мечты и Море Москвы), но есть подобные морям понижения, не покрытые лавой.

Лунные моря образуют рисунок человеческого лица, который можно увидеть в полнолуние.

Светлые участки – материки – занимают около 60% видимой с Земли лунной поверхности. Это неравные, гористые районы, пересеченные горными хребтами. Большинство из них имеют земные названия: Карпаты, Кавказ, Альпы и тому подобное. Наибольшая разница в высотах на Луне 11 км, а по регионам она колеблется в пределах 4-6 км. На отдельных участках лунной поверхности также трещины и рвы, длинные и крутые обрывы, загадочные формы, напоминающие русла высохших рек.

Однако самыми эффектными деталями лунной поверхности являются кратеры, которые носят имена выдающихся ученых.

Когда заканчивалось образование планет, на их поверхности выпадало очень большое количество метеоритов и астероидов, в том числе и огромных. Сталкиваясь с поверхностью образующейся планеты, они взрывались и образовывали гигантские воронки, которые отождествляются с современными лунными кратерами.

Интенсивная бомбардировка поверхности Луны закончилась, но метеориты продолжали падать. Но большие тела, которые могут образовать кратер, падают теперь на Луну чрезвычайно редко. За все время

телескопических наблюдений образовалось всего два или три новых небольших кратера, да и то полной уверенности в этом нет.

Аналогичные процессы происходили, очевидно, и на других планетах, в том числе и на Земле. Но на Земле воздух и вода сглаживают следы страшных катастроф, и к настоящему времени геологи нашли только несколько «звёздных ран» на поверхности нашей планеты. Так, Гудзонов залив в Северной Америке является следом падения несколько миллионов лет назад небольшого астероида.

Кратеров на видимой с Земли стороне Луны насчитывается около 30000. Наибольшие среди них – кратер Клавий диаметром 235 км и Гримальди – 200 км. На фотографиях с космических аппаратов кратеров диаметром от 60 см насчитывается более 200000. У некоторых кратеров хорошо видны яркие лучи, где вещество отражает до 20% падающего на нее света. Самые известные среди таких кратеров – Тихо и Коперник.

Все крупные детали рельефа Луны получили собственные имена и названия. Большинство их было дано в XVII в. польским астрономом Я. Гевелием. Для морей он выбрал произвольные названия (Море Ясности, Океан Бурь и др.), кратерам дал имена крупнейших учёных (Птолемей, Коперник, Аристарх и др.), горным цепям – названия земных гор (Апеннины, Альпы, Кавказ). Эти названия утвердились, и только в 1972 г. к ним добавилось новое: место прилунения первой лунной экспедиции было названо Морем Познанным.

Около 40% невидимой с Земли лунной поверхности оставались недостижимыми для исследований до тех пор, пока советская межпланетная станция «Луна-3» (в 1959 г.) не осуществила облет вокруг Луны. Выяснилось, что на обратной стороне Луны есть такие же детали рельефа, что и на видимой, но в меньшем количестве. Самый большой кратер – Циолковский (диаметр 789 км). На правах первооткрывателей учёные СССР дали названия объектам обратной стороны Луны. Моря были названы Морем Москвы и Морем Мечты, кратеры получили имена крупнейших учёных и космонавтов (Циолковский, Ферми, Королев, Гагарин и др.).

С начала космической эры исследований в астрономии на Луну было отправлено более 60 космических аппаратов. Два из них доставили на Луну самоходные аппараты «Луноход-1» и «Луноход-2», а девять были пилотируемы американскими астронавтами (из них шесть аппаратов совершили мягкую посадку).

Луна стала первым и пока единственным космическим телом, на которое ступила нога человека. 16-24 июля 1969 года экипаж «Аполлона-11» впервые в истории совершил посадку на поверхность Луны.



Рисунок 7

Первым человеком, который 20 июля 1969 ступил на Луну, был американский астронавт Нейл Армстронг. Вместе с Эдвином Олдрином они совершили мягкую посадку в лунном модуле корабля «Аполлон-11» на западной окраине Моря Спокойствия, тогда как третий астронавт Майкл Коллинз, оставался на орбите Луны. С тех пор и до декабря 1972 12 исследователей США провели на поверхности Луны всего около 300 часов, установили там различные научные приборы, собрали и доставили на Землю 400 кг образцов лунного грунта.

Исследования показали, что поверхность Луны почти полностью покрыта тонким слоем пыли и обломками камней. Этот слой называли реголитом (с греч. – раздробленный камень). Толщина реголита меняется от места к месту и составляет в среднем несколько метров. Анализ реголита принес неожиданные результаты: размеры этих частиц – от микрометров до метров; по химическому составу микрочастицы наполовину состоят из оксидов кремния и являются фактически маленькими стеклянными шариками, которые образовались после падения микрометеоритов. Образцы лунных пород имеют магматический происхождения, их химический состав в целом такой же, как и состав земных пород, но с недостатком никеля и кобальта и преимуществом железа, титана, циркония и иттрия. В лунных породах особенно много кремнезема, глинозема, окиси железа и кальция. Возраст лунных пород составляет 3-4,6 млрд лет.

Луна представляет собой спокойное в тектоническом отношении небесное тело. Бурная эпоха в её формировании закончилась еще 3,16 млрд лет назад. В 1958 г. сотрудники Крымской астрофизической обсерватории М. Козырев и В. Езерский наблюдали в телескоп извержения газов из кратера Альфонс. А в ноябре 1971 группа американских исследователей обнаружила в районе Океана Бурь действующий гейзер.

Лекция № 4. Планеты земной группы. Планет-гиганты.

План

1. Меркурий.
2. Венера.
3. Марс.
4. Юпитер.
5. Сатурн.
6. Уран.
7. Нептун.

Литература:

1. Воронцов-Вельяминов Б.А. Астрономия. 11 кл.: Учеб. для общеобразоват. учеб. заведений / Б.А. Воронцов-Вельяминов, Е.К. Страут. – 4-е изд., стереотип. – М. : Дрофа, 2003. – 224 с.
2. Порфирьев В.В. Астрономия : Учеб. для 11 кл. общеобразоват. учреждений В.В. Порфирьев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: 2003. – 174 с.

Вопросы для самоконтроля:

1. В чем состоит сходство и в чем непохожесть планет земной группы?
2. Чему равны солнечные сутки на Меркурии? на Венере? На Марсе?
3. Почему на Венере парниковый эффект проявляет себя значительно сильнее, чем на Земле?
4. Действительно ли на поверхности Марса есть каналы в том смысле, как это представляли себе астрономы сто лет назад?
5. С поверхности какой планеты земной группы никогда нельзя увидеть Солнце?
6. На каких планетах земной группы в облаках обнаружена серная кислота?
7. На поверхности какой планеты земной группы наблюдается самый длинный день?
8. Какая планета земной группы имеет самую густую атмосферу?
9. На поверхности какой планеты земной группы наибольшая продолжительность солнечных суток?
10. Почему Меркурий не может содержать постоянную атмосферу?
11. Какая планета вращается вокруг оси в противоположном по сравнению с Землей направлении?
12. На каких планетах земной группы происходит смена времен года?
13. Венера размещается дальше от Солнца, чем Меркурий, но почему температура на ее поверхности выше, чем на Меркурии?
14. Рассчитайте свой вес на поверхности Меркурия, Венеры и Марса.

15. По каким характерным признакам планеты-гиганты выделено в отдельную группу?
16. Какие планеты излучают в космос больше энергии, чем получают от Солнца?
17. Чем объясняется выделение дополнительной энергии из недр планет-гигантов?
18. Почему Юпитер можно считать очень похожим на звезду? Что собой представляет Большое Красное Пятно на Юпитере?
19. Что вызывает гелиевые дожди на Сатурне?
20. Какие планеты вращаются вокруг оси в обратном направлении?
21. На какой из этих планет наблюдается наибольшая продолжительность дня?

1. Меркурий.

Планетам земной группы свойственны сравнительно небольшие размеры и массы, большая средняя плотность (для Меркурия, Венеры и Земли соответственно 5,4, 5,2 и 5,5 г/см³, для Марса 3,97 г/см³) и твердая поверхность. Практически одинаковые значения плотностей свидетельствуют о сходстве соотношений содержания химических элементов, из которых образованы недра планет.

Еще одна особенность планет земной группы: они медленно вращаются вокруг своих осей. Звездные сутки на Меркурии длятся около 59 земных суток, а на Венере, как было обнаружено в 1966 г. радиолокационным методом – 243,2 земных суток, причем вращается она вокруг оси в обратном направлении, то есть по часовой стрелке, если смотреть на нее со стороны северного полюса, а не против, как большинство планет Солнечной системы. Земля и Марс вращаются вокруг осей значительно быстрее, соответственно за 23 ч 56 мин и 24 ч 37 мин. Но это все равно намного медленнее, чем планеты-гиганты.

Меркурий – самая близкая к Солнцу планета. На текущий момент (после того как Плутон был «разжалован» в карликовые планеты) Меркурий является самой маленькой из восьми планет нашей Солнечной системы.

Физические характеристики Меркурия

Средний радиус	2439,7 ± 1,0 км (0,38 земного)
Площадь поверхности	7,48·10 ⁷ км ² (0,147 земной)
Объём	6,083·10 ¹⁰ км ³ (0,056 земного)
Масса	3,33·10 ²³ кг (0,055 земной)
Средняя плотность	5,43 г/см ³ (0,984 земной)
Ускорение свободного падения на экваторе	3,7 м/с ² (0,377g)
Первая космическая скорость	3,1 км/с
Вторая космическая скорость	4,25 км/с
Экваториальная скорость вращения	10,892 км/ч (3,026 м/с)
Среднее расстояние от Солнца	0,387 а.е. (58 млн. км).

Меркурий, как и другие планеты, представляется земному наблюдателю яркой звездой, светящейся спокойным светом, периодически появляющейся к западу или востоку от Солнца. Поскольку он никогда не удаляется от Солнца более чем на 28°, наблюдать его довольно трудно.

Также планета находится на самом близком расстоянии от Солнца, в связи с чем совершает оборот вокруг нашего светила намного быстрее остальных планет. Видимо, именно последнее качество и послужило поводом назвать ее в честь самого быстрого посланника Богов по имени Меркурий, незаурядного персонажа из легенд и мифов Древнего Рима, обладающего феноменальной скоростью.

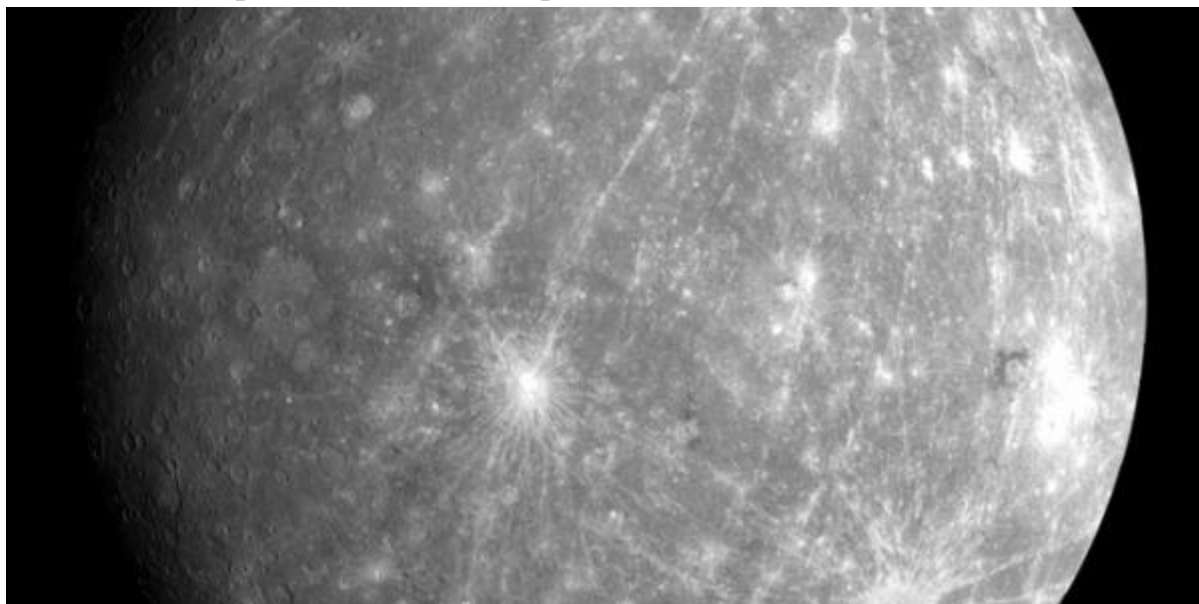


Рисунок 3 – Меркурий

По размерам он не намного больше от Луны: его экваториальный радиус составляет 2439 км, а сила притяжения в 2,6 раза меньше земной. Меркурий движется по орбите со средней скоростью 47,9 км/сек с периодом 87,97 земных суток по вытянутой эллиптической орбите с эксцентриситетом 0,21. Ось вращения Меркурия наклонена к плоскости его орбиты на 83° , то есть только на $7''$ отклоняется от перпендикуляра.

Поскольку период осевого вращения Меркурия составляет $2/3$ периода обращения вокруг Солнца, то за каждые свои два года он делает три оборота относительно звезд и один оборот относительно Солнца. То есть, одни солнечные сутки на этой планете длятся почти два ее года.

Орбита Меркурия (как и Плутона) отличается от орбит других планет большим наклоном к эклиптике и большим эксцентриситетом. Эллиптическая орбита Меркурия заставляет его приближаться к Солнцу на 47 млн км., а удаляться на 70 млн км. Она сильно вытянута, поэтому в перигелии (наименьшее расстояние от Солнца) планета движется намного быстрее, чем в афелии (наибольшее расстояние от Солнца). Приводит это к замечательному эффекту. На долготах 0° и 180° в течение одних суток можно наблюдать три восхода и три захода Солнца. Правда, это бывает только тогда, когда Меркурий проходит перигелий и только на указанных долготах.

Из-за большой вытянутости орбиты Меркурия кажется, что Солнце удивительным образом движется по его небосводу. В своем движении оно может ускоряться или замедляться, останавливаться и даже двигаться в обратном направлении.

В некоторых районах Меркурия можно наблюдать еще более поразительное явление: через некоторое время после восхода, поднявшись на небольшую высоту над горизонтом, Солнце, как бы «забыв» что-то важное за горизонтом, спешит назад, заходит там, где взошло и снова восходит. Такая же картина происходит и на западе: Солнце заходит, потом снова восходит на небосводе, поднимается на небольшую высоту и снова заходит.

Продолжительность дня и ночи и погода на Меркурии не меняются, потому что его ось вращения почти перпендикулярна плоскости орбиты, и изменений времен года на нем не происходит.

Из-за отсутствия атмосферы и близости к Солнцу физические условия на поверхности Меркурия очень суровые. Для него свойственны резкие перепады температуры в течение суток. Дневная температура достигает $+430^{\circ}\text{C}$, но в течение трехмесячной ночи поверхность этой планеты сильно охлаждается, и температура на рассвете снижается до -170°C .

Меркурий имеет очень разреженную газовую оболочку, которая в основном состоит из гелия, а также водорода (он представлен в гораздо меньшем количестве), есть незначительное количество аргона, неона, ксенона. Концентрация частиц такая, как в земной атмосфере на высоте 700 км. Эта газовая оболочка не является собственной атмосферой планеты: силой своего притяжения Меркурий захватывает частицы солнечного ветра, которые в среднем через 200 суток покидают планету, а на их место поступают новые.



Рисунок 4 – Атмосфера Меркурия

Грунт Меркурия очень раздроблен и имеет низкую теплопроводность, поэтому уже на глубине нескольких десятков сантиметров температура не меняется.

Из-за значительной близости к Солнцу наблюдать подробности на поверхности Меркурия с Земли было невозможно. Несмотря на то, что планета была известна людям еще с незапамятных времен, первое изображение Меркурия было получено только в 1974 году, когда космический аппарат «Маринер 10» передал первые изображения, на которых удавалось разобрать кое-какие особенности рельефа. После этого началась долгосрочная активная фаза по изучению этого космического тела и спустя несколько десятков лет, в марте 2011 года орбиты Меркурия достиг космический аппарат под названием Messenger, после чего, наконец, человечество получило ответы на многие вопросы.

В 1974-1975 гг. АМС «Маринер-10» (США) передала на Землю около 10000 снимков Меркурия. На этих снимках хорошо видно, что поверхность Меркурия сплошь покрыта кратерами, чем он очень похож на Луну. Вот только кратеры расположены гуще и они более плоские, чем на Луне. На Меркурии нет характерных для Луны морей, но есть совершенно новые детали – огромные, длиной в несколько сотен (иногда до тысячи) километров скалообразные обрывы высотой до 2-3 км.

В результате анализа данных наблюдений ученым удалось выявить три существенные особенности поверхности Меркурия.

Первая особенность – огромное количество ударных кратеров, которые постепенно образовывались на поверхности в течение миллиардов лет. Так называемый бассейн «Калорис» является самым крупным из кратеров, его диаметр 1550 км.

Вторая особенность – наличие равнин между кратерами. Считается, что эти гладкие участки поверхности были созданы в результате движения лавовых потоков по планете в прошлом.

И, наконец, третьей особенностью являются скалы, разбросанные по всей поверхности и достигающие от нескольких десятков до нескольких тысяч километров в длину и от ста метров до двух километров в высоту.



Рисунок 5 – Поверхность Меркурия

Неожиданно было обнаружено магнитное поле Меркурия, напряженность которого составляет около 1% напряженности магнитного поля у поверхности Земли. Наличие магнитного поля позволяет предположить, что Меркурий имеет достаточно большое металлическое ядро, размеры которого могут достигать $\frac{2}{3}$ диаметра планеты. Считается, что в ядре сосредоточено до 80% всей массы Меркурия, и этим определяется его наибольшая средняя плотность среди всех планет Солнечной системы.



Рисунок 4 – Внутреннее строение Меркурия

Выводы:

1. Меркурий был известен человечеству с древнейших времен. Несмотря на то, что точная дата его обнаружения неизвестна, первые упоминания о планете, как полагают, появились около 3000 г. до н.э. у шумеров.
2. На Меркурии нет смены времен года.
3. Год на Меркурии составляет 88 земных дней, а день на Меркурии составляет 176 земных дней. Меркурий практически полностью заблокирован Солнцем приливными силами, но с течением времени совершает медленное вращение планеты вокруг своей оси.
4. Меркурий вращается так быстро вокруг Солнца, что некоторые ранние цивилизации полагали, что это на самом деле две разные звезды, одна из которых появляется в первой половине дня, а другая в вечернее время.
5. Имея диаметр 4879 км, Меркурий является самой маленькой планетой в Солнечной системе, а также является одной из пяти планет, которую можно увидеть в ночном небе невооруженным взглядом.
6. После Земли, Меркурий является второй по плотности планетой в Солнечной системе. Несмотря на небольшие размеры, Меркурий очень плотный, так как состоит в основном из тяжелых металлов и камня. Это позволяет отнести его к планетам земной группы.
7. Гравитационные силы планеты составляют 38% от гравитационных сил Земли. Это означает, что Меркурий не в состоянии удерживать атмосферу, которая у него есть, а та, что остается, сдувается солнечным ветром. Тем не менее, все те же самые солнечные ветры привлекают к Меркурию газовые частицы, пыль от микрометеоритов и образуют радиоактивный распад, что в некотором роде образует атмосферу. На Меркурии Вы смогли бы подпрыгнуть в три раза выше, и вам легче было бы поднять тяжелые объекты.
8. Меркурий не имеет спутников или колец из-за его слабой силы притяжения и отсутствия атмосферы.
9. Существовала теория, что между орбитами Меркурия и Солнца есть не открытая еще планета Вулкан, однако ее присутствие так и не было доказано.
10. Орбита Меркурия представляет собой эллипс. Он имеет самую эксцентричную орбиту в Солнечной системе.
11. Меркурий является только вторым по максимальным температурам среди планет Солнечной системы. Первое место занимает Венера, несмотря на то, что находится дальше от Солнца, чем Меркурий. Однако Меркурий занимает первое место по изменениям экстремальных температур – в диапазоне от -170 °C в течение ночи до 430 °C в течение дня.

12. На Меркурии не существует сезонов. Ось Меркурия имеет наименьший угол наклона среди всех других планет, что исключает возможность существования сезонов.
13. Меркурий имеет большое железное ядро, которое составляет около 40% от его объема (ядро Земли составляет всего 17% от объема нашей планеты). Радиус ядра варьируется 1800 до 1900 км. Сегодня ученые считают, что ядро находится в постоянно расплавленном состоянии.
14. Результаты измерений «Маринера-10»: Меркурий имеет очень слабое магнитное поле, его напряженность составляет около 1% от магнитного поля Земли.

2. Венера.

Венера вторая в Солнечной системе и ближайшая к Земле планета. С периодом 224,7 земных суток она движется вокруг Солнца на среднем расстоянии 108200000 км по почти круговой орбите. Сила тяжести на Венере составляет 0,9 силы тяжести на Земле. Ось вращения планеты лишь на 3' отклоняется от перпендикуляра к плоскости ее орбиты.

Название «Венера» планета получила в честь римской богини любви и красоты. Еще во времена древних римлян люди уже знали, что Венера является одной из четырех, отличающихся от Земли планет. Именно самый высокий показатель яркости планеты, заметность Венеры, сыграли свою роль в том, что она была названа в честь богини любви, что позволило годами ассоциировать планету с любовью, женственностью и романтикой.

Долгое время считалось, что Венера и Земля – это планеты близнецы. Причиной тому было их сходство по размерам, плотности, массе и объему. Однако позже ученые выяснили, что, несмотря на очевидную схожесть данных планетарных характеристик, планеты очень сильно отличаются друг от друга. Речь идет о таких параметрах как атмосфера, вращение, температура поверхности и наличие спутников (у Венеры их нет).

Физические характеристики Венеры

Средний радиус	6051,8 ± 1,0 км
Площадь поверхности	4,60·10 ⁸ км ² (0,902 земной)
Объём	9,38·10 ¹¹ км ³ (0,857 земного)
Масса	4,87·10 ²⁴ кг (0,815 земной)
Средняя плотность	5,24 г/см ³
Ускорение свободного падения на экваторе	8,87 м/с ² (0,904g)
Первая космическая скорость	7,328 км/с

Вторая космическая скорость	10,363 км/с
Экваториальная скорость вращения	6,52 км/ч
Среднее расстояние от Солнца	0,72 а.е. (108 млн. км).
Скорость вращения по орбите:	35 км/с



Рисунок 5 – Венера

Венера очень медленно вращается вокруг оси в обратном направлении с периодом 243 земных суток. Поскольку периоды вращения вокруг оси и вокруг Солнца оказались близкими, и вращение происходит в противоположном направлении, то за один свой год Венера только дважды успевает осуществить оборот вокруг оси по отношению к Солнцу. В результате солнечные сутки на Венере продолжаются 117 земных суток.

Еще в 1761 г. во время прохождения Венеры по диску Солнца Ломоносов выяснил, что эта планета имеет атмосферу. Она оказалась такой плотной, что через нее поверхность планеты увидеть невозможно. Мощный облачный слой отражает в космос 75% солнечного света (для сравнения: Земля отражает 36% солнечного света). Поэтому по своей яркости на земном небосклоне Венера занимает третье место после Солнца и Луны. Это единственная планета, от света которой земные предметы могут отбрасывать тень.

Выяснилось, что температура на поверхности планеты достигает 780 К, а давление – порядка 80-100 атм. Главная составляющая атмосферы – углекислый газ, 96% по объему. Кроме того, в состав атмосферы входит много других газов, не типичных для земного воздуха: угарный газ, метан, аммиак, двуокись серы, соляная и плавиковая кислоты, ацетилен, этан.

Наличие в атмосфере Венеры большого количества углекислого газа вызывает явление парникового эффекта, которое проявляется значительно сильнее, чем на Земле. Из-за высокого коэффициента отражения солнечного света облачным слоем поверхность Венеры получает меньше солнечной энергии, чем земная. Но из-за интенсивного поглощения большим количеством углекислого газа тепловой радиации в нижних слоях атмосферы за миллиарды лет существования планеты поверхность разогрелась так, что камни буквально светятся.

Дневная температура атмосферы ниже, чем температура поверхности, а ночью она становится еще ниже – -420 К . В связи с высокой температурой на Венере нет воды. Более того, конденсированные на большой высоте капли дождя испаряются, не достигая поверхности.

С начала 1970-х годов эту планету исследовали более 20 АМС. В частности, АМС «Венера-9» (СССР, 1975 г.) передала на Землю первые изображения поверхности Венеры. Очень интересную информацию было получено с помощью радиолокаторов АМС «Магеллан» (США, 1990 г.). Были обнаружены гигантские кратеры, сотни потухших вулканов с диаметрами до 50 км, просторные низменности и плато, высокие горные массивы. Полученные данные свидетельствуют о том, что в прошлом Венера пережила период высокой тектонической активности, но в наше время ее продолжение не имеет никаких признаков. Поверхность Венеры усеивает более тысячи вулканов или вулканических центров диаметром более 20 километров. Вулканические потоки лавы создали длинные извилистые каналы, простирающиеся на сотни километров.

Венера имеет два больших высокогорных района: «Земля Иштар», расположенная в северной полярной области планеты и сопоставима по размерам с Австралией, и «Земля Афродиты», расположенная вдоль экватора горная гряда длиной более 10000 километров. Гора Максвелла, самая высокая гора на Венере, сравнима по размерам с земным Эверестом и находится на восточной окраине «Земли Иштар».

Где-то в начале-середине прошлого столетия комиссия Международного астрономического союза (МАС) по номенклатуре деталей рельефа Венеры решила давать деталям поверхности планеты только женские имена. Поэтому на карте Венеры были запечатлены Деметра, Елена, Клеопатра, Маат, Иштар, Мона Лиза, Гера, Лада, Снегурочка, Афродита, Фрейя, Феба... короче, все дамочки, когда-либо появлявшиеся в воображении великих умов древности, начиная от древнегреческой (и не только) мифологии и заканчивая знаменитостями современности.

И один только горный массив на северном полушарии, возвышающийся надо всем и вся своими 11 километрами, носит гордое имя физика Джеймса Максвелла – видать, это самый заметный элемент рельефа, и название своё он получил ещё до решения МАС. Так что иногда всю планету называют огромным гаремом Максвелла.

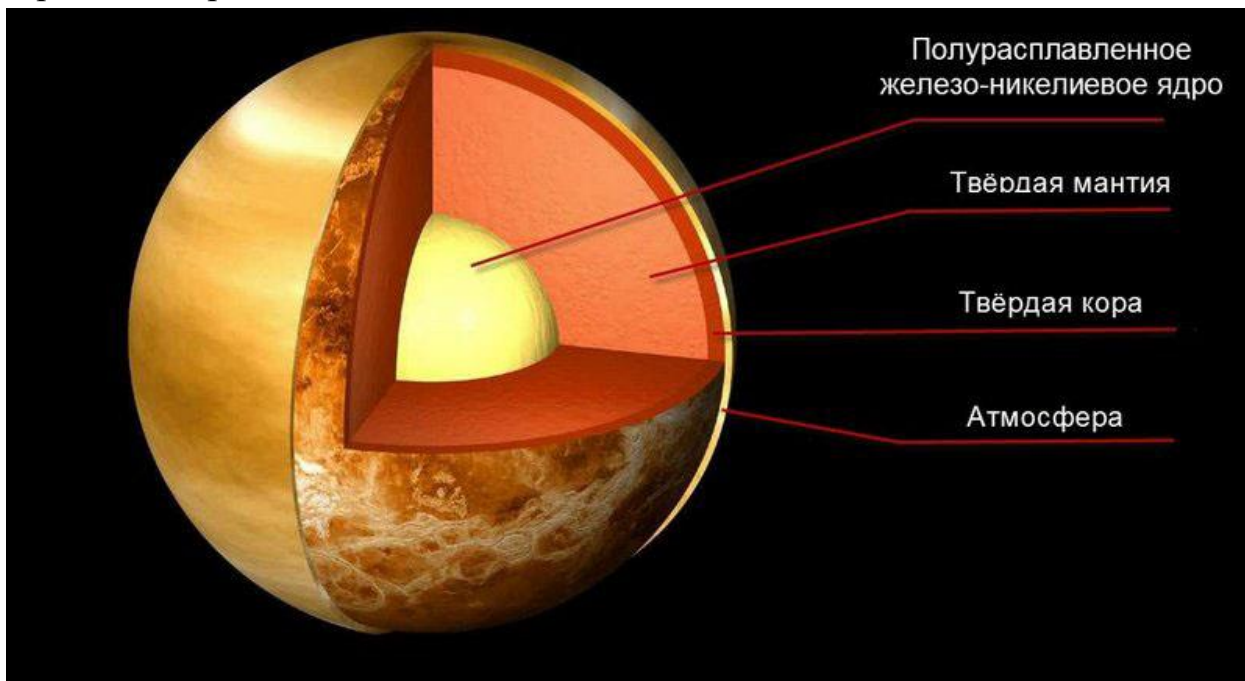


Рисунок 6 – Внутреннее строение Венеры

Выводы:

1. Венера является третьим по яркости природным объектом на небосклоне Земли после Луны и Солнца. Планета имеет видимую величину от -3,8 до -4,6, что делает ее видимой даже в ясный день.
2. Венеру иногда называют «утренней звездой» и «вечерней звездой». Это связано с тем, что представители древних цивилизаций принимали эту планету за две разных звезды, в зависимости от времени суток.
3. Один день на Венере дольше, чем один год. Из-за медленного вращения вокруг своей оси день длится 243 земных дня. Оборот по орбите планеты занимает 225 земных дней.
4. Венера названа в честь римской богини любви и красоты. Считается, что древние римляне назвали ее так из-за высокой яркости планеты, что в свою очередь могло прийти от времен Вавилона, жители которого называли Венеру «яркая королева неба».
5. У Венеры нет спутников и колец.
6. Миллиарды лет назад, климат Венеры мог быть похож на земной. Ученые считают, что Венера когда-то обладала большим количеством воды и океанами, однако из-за высоких температур и парникового эффекта вода

выкипела, и поверхность планеты в настоящее время слишком раскалена и враждебна для поддержания жизни.

7. Венера вращается в противоположном направлении по отношению к другим планетам. Большинство других планет вращаются вокруг своей оси против часовой стрелки, однако Венера, как и Уран, вращается по часовой стрелке. Это известно как ретроградное вращение и, возможно, было вызвано столкновением с астероидом или другим космическим объектом, который изменил направление ее вращения.
8. Венера является самой горячей планетой в Солнечной системе со средней температурой поверхности 462°C . Кроме того, Венера не имеет наклона своей оси, что означает, что на планете нет сезонов. Атмосфера очень плотная и содержит 96,5% углекислого газа, который задерживает тепло и вызывает парниковый эффект, который испарил источники воды миллиарды лет назад.
9. Температура на Венере практически не меняется при смене дня и ночи. Это происходит из-за слишком медленного движения солнечного ветра по всей поверхности планеты.
10. Возраст венерианской поверхности составляет около 300-400 миллионов лет. (Возраст поверхности Земли составляет около 100 миллионов лет).
11. Атмосферное давление Венеры в 92 раза сильнее, чем на Земле. Это означает, что любые небольшие астероиды, входящие в атмосферу Венеры будут раздавлены огромным давлением. Это объясняет фактор отсутствия небольших кратеров на поверхности планеты. Данное давление эквивалентно давлению на глубине около 1000 км в океанах Земли.

3. Марс.

Марс – четвертая планета Солнечной системы, которая с периодом 687 земных суток движется вокруг Солнца на среднем расстоянии 228 млн км. По размерам Марс почти вдвое, а по массе – в девять раз меньше Земли, сила притяжения на Марсе составляет 0,39 земной.

Физические характеристики Марса

Средний радиус	3389,5 км
Площадь поверхности	144 371 391 км ² (0,283 земной)
Объём	$1,63 \cdot 10^{11}$ км ³ (0,151 земного)
Масса	$6,42 \cdot 10^{23}$ кг (0,107 земной)
Средняя плотность	3,9 г/см ³ (0,714 земной)
Ускорение свободного падения на экваторе	3,711 м/с ² (0,378 g)

Первая космическая скорость	3,6 км/с
Вторая космическая скорость	5,03 км/с
Экваториальная скорость вращения	868,22 км/ч
Среднее расстояние от Солнца	1,52 а.е. (228 млн. км).
Скорость вращения по орбите:	24,13 км/с

Как и остальные планеты в Солнечной системе (не считая Земли) Марс назван в честь мифологической фигуры – римского бога войны. В дополнение к его официальному названию Марс иногда называют Красной планетой, что связано с коричнево-красным цветом его поверхности. При всем этом Марс является второй самой маленькой планетой в Солнечной системе после Меркурия.

Ось его вращения наклонена к плоскости орбиты под углом 25° , благодаря чему на Марсе происходит смена времен года, а продолжительность суток лишь на 20 мин. меньше земной.

Направление на точку перигелия Марса близко к направлению на точку афелия Земли. Поэтому когда обе планеты в своем движении вокруг Солнца оказываются вблизи этих точек одновременно, то есть Марс находится в противостоянии к Земле, расстояние между ними становится наименьшим – 56 млн км. Такое взаимное положение Земли и Марса называется большим противостоянием.

Во время большого противостояния в 1877 году итальянский астроном Джованни Скиапарелли сообщил об открытии им на поверхности Марса четких линий, будто бы пересекающих марсианские пустыни, и дал им название каналы. Было даже высказано предположение, что это сооружения, созданные разумными существами для транспортировки воды от полюсов планеты в обезвоженные приэкваториальные районы.



Рисунок 7 – Марс

Наблюдения Скиапарелли долго не находили подтверждения и оставались под сомнением, так как надо было ждать благоприятных условий для наблюдений над Марсом. Эти условия повторяются через 15 или 16 лет и оппозиция 1877 года была одним из этих удачных моментов. Следующий благоприятный момент был в 1892 году, и Скиапарелли снова подтвердил свои прежние наблюдения. Теперь Марсом заинтересовались и многие другие, из среды которых особенно выдвинулся Персиваль Ловелл.

Трудно было поверить, что молодой американский консул в Японии, Персиваль Ловелл, которого впереди ожидала блестящая карьера дипломата, заинтересуется каналами Марса. Однако неожиданное произошло. В 1892 году, познакомившись с открытиями Скиапарелли, Ловелл бросает дипломатическую службу и принимает решение всю дальнейшую жизнь посвятить изучению Марса.

Для того чтобы раскрыть тайну марсианских каналов, нужен крупный телескоп и отличные атмосферные условия. В течение двух лет Ловелл отыскивает на Земле подходящее место для своей будущей обсерватории. Его выбор падает на уединенное селение Флагстафф, расположенное на высоком плоскогорье Аризонской пустыни.

Две тысячи двести метров над уровнем моря, необыкновенно прозрачный, спокойный воздух и, наконец, триста ясных ночей в году – таковы особенности того уголка земного шара, где Ловелл на собственные средства построил обсерваторию. Для наблюдений он построил большой телескоп с отверстием в 60 см (24 дюйма). Объектив его был отшлифован фирмой Альвана Кларка, создавшей наилучшие и наибольшие объективы в мире. Можно еще заметить, что по мнению фирмы объектив, доставленный ею Ловеллу, наилучший из всех отшлифованных ею объективов.

Двадцать лет, проведенных Ловеллом в Аризонской пустыне, – это два десятилетия непрерывных наблюдений Марса, наблюдений, которые привели к поразительным открытиям.

Свои представления Ловелл изложил в книге «Марс как пристанище жизни» в 1908 году. Его паранаучная теория о существовании на Марсе высокоразвитой цивилизации не была принята современниками.

С развитием более мощных телескопов в начале двадцатого века астрономы смогли увидеть марсианскую поверхность более четко и определить, что эти прямые линии были всего лишь оптической иллюзией. В результате все более ранние предположения о жизни на Марсе остались без доказательств.

Марс имеет разреженную атмосферу. Это позволяет изучать его поверхность непосредственно с Земли.

Атмосфера на Марсе очень разреженная, ее давление у поверхности составляет в среднем 0,006 давления земной атмосферы. По составу она напоминает атмосферу Венеры: 95% принадлежит углекислому газу, около 4% – азоту и аргону. Основным компонентом в обеих средах является двуокись углерода (95% для Марса, 97% для Венеры), но есть большое отличие – парниковый эффект на Марсе отсутствует, поэтому температура на планете не превышает 20 °С, в отличие от 480 °С на поверхности Венеры. Такая огромная разница связана с разной плотностью атмосфер этих планет. Атмосфера Венеры чрезвычайно толстая, тогда как Марс обладает довольно тонким атмосферным слоем. Проще говоря, если бы толщина атмосферы Марса была более значительна, то он напоминал бы Венеру.

Кислорода и водяного пара в атмосфере Марса меньше 1%, однако в ней есть облака из кристалликов льда, так что она редко бывает полностью прозрачной.

Скорость ветра, как правило, небольшая, но иногда достигает значения 40-50 м/с, и тогда ветер поднимает марсианскую пыль высоко вверх, образуя пылевую бурю. Сильные пыльные бури могут длиться по несколько месяцев и полностью закрывать поверхность. Из-за небольшой силы притяжения даже после окончания пылевой бури в воздухе висит значительное количество пылинок, окрашивающих небо в розовый цвет.

Полярные шапки, которые изменяют свои размеры в зависимости от марсианского времени года, состоят из твердой углекислоты. Летом она испаряется, оставляя небольшой участок водяного льда толщиной в несколько сотен метров. Считается, что вся вода на Марсе находится в связанном состоянии на полярных шапках и в слое вечной мерзлоты.



Рисунок 8 – Атмосфера Марса

На Марсе никогда не выпадает дождь, потому что водяного пара в атмосфере в 100 раз меньше, чем на Земле. На самой поверхности Марса вода в жидком состоянии не замечена, так как при давлении 0,006 атм. температура кипения воды снижается до + 3 °С. То есть как только на поверхности образуется небольшая лужа, то вода закипает и испаряется. Запасов воды в виде снега и льда под поверхностью Марса может быть намного больше – если бы равномерно ее распределить по поверхности, то глубина такого моря могла бы достигать несколько сотен метров. Руслы высохших рек на поверхности свидетельствуют о том, что в прошлом на Марсе была более густая атмосфера, выпадали дожди, и вероятно существовала жизнь. Климат на Марсе мог измениться из-за столкновения с астероидом.

Марсианский грунт – это мелкодисперсный материал (реголит), в котором содержится 15-20% кремния, 12-16% железа, около 10% фосфора, 7% марганца и кобальта, а также кальций, хром, никель, ванадий, титан, молибден, цирконий и др. Ни одна из известных земных горных пород не совпадает по составу с марсианскими.

Красный цвет марсианской поверхности обусловлен большим количеством окислов железа, то есть обыкновенной ржавчины. Поэтому панорамы марсианской равнины, переданные в разные годы американскими станциями, – это оранжево-красная пустыня, покрытая многочисленными камнями с резкими краями.



Рисунок 9 – Поверхность Марса

У экватора планеты расположена главная геологическая особенность Марса – вулcano-тектонический регион Фарсида, который, кроме того, является важнейшим погодообразующим фактором на планете. Это

вулканическое плато, которое возвышается над окружающей территорией на высоту до 4-5 км.

Поверхность Марса обладает двумя значительными особенностями, которые, по интересному стечению обстоятельств, связаны с различиями в полушариях планеты. Дело в том, что северное полушарие имеет достаточно гладкий рельеф и всего несколько кратеров, тогда как южное полушарие буквально испещрено возвышенностями и кратерами разной величины. Помимо топографических различий, обозначающих разницу в рельефе полушарий, есть и геологические, – исследования указывают на то, что области в северном полушарии гораздо более активны, нежели в южном.

На поверхности Марса находится самый большой из известных на сегодняшний день вулканов – Гора Олимп и самый крупный из известных каньонов – долина Маринер. В Солнечной системе пока не найдено ничего более грандиозного. Высота Горы Олимп составляет 27 километров (это в три раза выше Эвереста, самой высокой горы на Земле), диаметр основания 600 километров, а диаметр жерла вулкана – 75 км.

Длина долины Маринер составляет 4000 километров, ширина 200 километров, а глубина почти 7 километров.

С начала 1960 г. к Марсу было направлено около трех десятков АМС. Высококачественные изображения поверхности планеты открыли для землян новый образ Марса. Оказалось, что Марс, как и Луна, покрытый кратерами. Есть на Марсе также беспорядочно расположенные холмы и пропасти, разного рода образования, похожие на русла высохших рек, системы узких трещин, горные районы и отдельные горы вулканического происхождения.

Много ценной информации получили астрономы от марсохода «Соджорнер», который работал на поверхности Марса во второй половине 1997 года. В частности, он передал на Землю около 40 стереоскопических снимков поверхности планеты.

И самый главный и неутешительный для землян результат экспедиции «Соджорнер» заключается в отрицательном ответе на сакраментальный вопрос – есть ли жизнь на Марсе? Её не обнаружено!

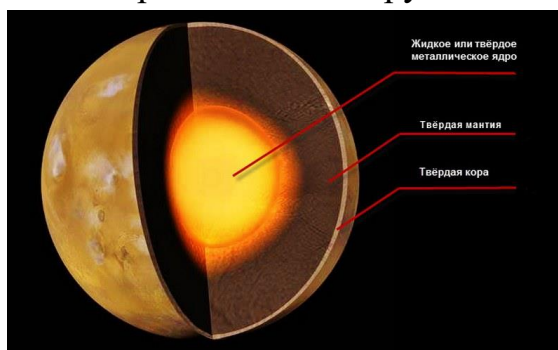


Рисунок 10 – Внутреннее строение Марса

Подобно другим планетам земной группы, в интерьере Марса выделяют три слоя: кора, мантия и ядро. Не смотря на то, что точные измерения еще не сделаны, ученые сделали определенные прогнозы о толщине коры Марса на основании данных о глубине долины Маринер. Глубокая, обширная система долины, расположенной в южном полушарии, не могла бы существовать, если бы кора Марса не была значительно толще земной. Предварительные оценки указывают на то, что толщина коры Марса в северном полушарии составляет порядка 35 километров и около 80 километров в южном.

Спутники Марса. 2 августа Холл впервые увидел спутник, впоследствии названный Деймосом, а 17 августа он открыл Фобос. Имена спутников – Фобос и Деймос – в переводе с древнегреческого означают соответственно «страх» и «ужас». Это, по легенде, сыновья бога войны Ареса (Марса), вечные спутники своего отца.

Спутники Марса – мелкие небесные тела, по форме напоминающие картофелины. Размеры Фобоса составляют 28x20x18 км, Деймоса – 16x12x10 км. Поверхности спутников испещрены кратерами гораздо сильнее, чем поверхность Марса. Природа этих образований до сих пор остается невыясненной.

Выводы:

1. Марс является четвертой планетой от Солнца и последней из планет земной группы. Расстояние от Солнца составляет около 227940000 километров.
2. Планета названа в честь Марса – римского бога войны. У древних греков он был известен как Арес. Считается, что такую ассоциацию Марс получил из-за кроваво-красного цвета планеты. Благодаря цвету, планета также была известна и у других древних культур. Первые китайские астрономы называли Марс «Звездой Огня», а древнеегипетские жрецы обозначали его как «Ее Desher», что означает «красный».
3. Массив суши на Марсе и на Земле очень похож. Несмотря на то, что Марс занимает только 15% объема и 10% массы Земли, он имеет сопоставимый с нашей планетой массив суши как следствие того, что вода покрывает около 70% поверхности Земли. При этом поверхностная сила тяжести Марса составляет около 37% тяжести на Земле. Это означает, что теоретически на Марсе можно прыгать в три раза выше, чем на Земле.
4. Только 16 из 39 миссий на Марс были успешными. Начиная с миссии «Марс 1960А», запущенной в СССР в 1960 году, на Марс было отправлено в общей сложности 39 спускаемых орбитальных аппаратов и

марсоходов, но только 16 из этих миссий были успешными. В 2016 году был запущен зонд в рамках российско-европейской миссии «ЭкзоМарс», основными целями которого будет поиск признаков жизни на Марсе, изучение поверхности и рельефа планеты и составление карты потенциальных опасностей от окружающей среды для будущих пилотируемых полетов на Марс.

5. Обломки с Марса были обнаружены на Земле. Считается, что следы некоторого количества марсианской атмосферы были найдены в метеоритах, отскочивших от планеты. После того, как покинули Марс эти метеориты долгое время, в течение миллионов лет, летали по Солнечной системе среди других объектов и космического мусора, но были захвачены гравитацией нашей планеты, попали в ее атмосферу и рухнули на поверхность. Изучение этих материалов позволило ученым узнать очень многое о Марсе еще до начала космических полетов.
6. В недалеком прошлом люди были уверены, что Марс является домом для разумной жизни. Во многом на это повлияло обнаружение прямых линий и канав на поверхности Красной планеты итальянским астрономом Джованни Скиапарелли. Он считал, что такие прямые линии не могут быть созданы природой и являются результатом разумной деятельности. Однако позже было доказано, что это не более чем оптическая иллюзия.
7. Самая высокая планетарная гора известная в Солнечной системе находится на Марсе. Она носит название Гора Олимп и возвышается на 27 километров в высоту. Считается, что это вулкан, который был сформирован миллиарды лет назад. Ученые нашли достаточно много свидетельств того, что возраст вулканической лавы объекта достаточно невелик, что может быть доказательством того, что Олимп все еще может быть активным. Тем не менее есть гора в Солнечной системе, которой Олимп уступает по высоте, – это центральный пик Реясилвия, расположенный на астероиде Веста.
8. На Марсе происходят пылевые бури – самые обширные в Солнечной системе. Это связано с эллиптической формой траектории орбиты планеты вокруг Солнца. Овальная форма орбиты приводит к свирепым пылевым штормам, которые охватывают всю планету и могут длиться в течение многих месяцев.
9. Солнце выглядит примерно в половину своего визуального земного размера, если смотреть на него с Марса. Когда Марс находится ближе всего к Солнцу на своей орбите, а его южное полушарие обращено к Солнцу, на планете наступает очень короткое, но невероятно жаркое лето. При этом на северном полушарии наступает короткая, но холодная зима.

Когда планета находится дальше всего от Солнца и повернута к нему северным полушарием, Марс переживает долгое и мягкое лето. На южном полушарии при этом наступает продолжительная зима.

10. За исключением Земли, ученые считают Марс наиболее подходящей для жизни планетой.
11. Марсиане и инопланетяне с Марса достаточно долгое время были основными кандидатами на роль внеземных пришельцев, что сделало Марс одной из самых популярных планет Солнечной системы.
12. Марс это единственная в системе планета, кроме Земли, на которой есть полярные льды. Под полярными шапками Марса была обнаружена вода в твердом состоянии.
13. Так же как и на Земле на Марсе есть сезоны, но длятся они в два раза дольше. Это происходит потому, что Марс наклонен по своей оси примерно на 25,19 градусов, что близко к значению наклона оси Земли (22,5 градуса).
14. Марс не имеет магнитного поля. Некоторые ученые считают, что оно существовало на планете около 4 миллиардов лет назад.
15. Две луны Марса, Фобос и Деймос, были описаны в книге «Путешествия Гулливера» автором Джонатаном Свифтом. Это было за 151 год до того, как они были открыты.

4. Юпитер.

Основное отличие планет-гигантов от планет земной группы – их существенно больше массы и размеры. В то же время плотности планет этой группы значительно меньше, чем у планет земной группы, что свидетельствует о разнице химического состава. Все планеты-гиганты имеют мощные водородно-гелиевые атмосферы с примесью аммиака и метана (до 0,1%), а также крупные системы спутников и колец. Планеты этой группы вращаются вокруг оси гораздо быстрее, чем планеты земной группы.

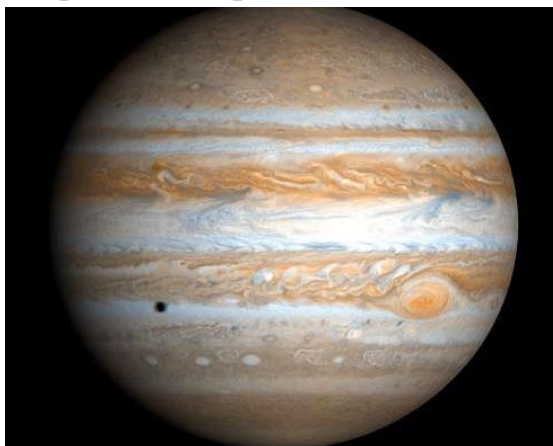


Рисунок 11 – Юпитер

При этом Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун также довольно четко делятся между собой на две группы. Юпитер и Сатурн имеют большие размеры, меньшие плотности и меньшие периоды вращения, чем Уран и Нептун.

Четкое разделение планет-гигантов на две группы – это очень важный экспериментальный факт, который требует обязательного объяснения современной теории происхождения и эволюции Солнечной системы.

Юпитер – самая большая планета Солнечной системы, которая с периодом 11,86 земных лет вращается вокруг Солнца на расстоянии около 5,2 а.е. Юпитер быстрее всех остальных планет вращается вокруг своей оси – звездные сутки на Юпитере длятся 9 ч 50 мин. Из-за быстрого вращения его экваториальный радиус (71400 км) значительно превышает полярный (66900 км) – планета заметно сплюснута у полюсов. Масса Юпитера и сила тяжести на его поверхности соответственно в 318 и 2,5 раза больше земных показателей. Средняя плотность составляет $1,3 \text{ г/см}^3$.

Даже в небольшой телескоп на Юпитере хорошо заметны светлые и темные полосы, простирающиеся параллельно экватору. Они сравнительно устойчивы в течение дней и недель, но постепенно меняются с годами. Это указывает на их облачную природу и на относительно устойчивый тип атмосферной циркуляции. Полосы имеют разнообразную окраску, которая меняется со временем. Период обращения Юпитера, определенный по движениям деталей, расположенных на разных широтах, оказывается разным: он увеличивается с увеличением широты.

В 1831 г. в южном полушарии Юпитера было обнаружено знаменитое Большое Красное Пятно (БКП). О нем было известно и раньше, потому что есть свидетельства наблюдений Гука, на рисунках которого, выполненных еще 1664-1672 гг., тоже есть пятно. БКП ориентировано вдоль параллели и имеет размеры $15000 \times 30000 \text{ км}$, а сто лет назад эти размеры были вдвое больше. Это пятно – это мощный антициклон, который вращается против часовой стрелки. Вращение внутри пятна происходит за 6 земных суток. Возникновение и существование БКП связано с разной скоростью движения атмосферных масс, между которыми оно находится: массы, расположенные выше, движутся против часовой стрелки медленнее, чем те, что ниже. Из-за трения верхняя часть БКП немного тормозится, а нижняя – ускоряется, что и приводит к образованию этого удивительно устойчивого вихря.

На глубине 20000 км водород переходит в металлическое состояние, и его физические свойства напоминают расплавленный металл, который хорошо проводит электрический ток. Такое агрегатное состояние водорода (плотность 4 г/см^3 при давлении 106 атм) на Земле не существует. Благодаря

электрическому току, генерируемому в этой металлической оболочке, возникает мощное магнитное поле, поэтому вокруг Юпитера образуются радиационные пояса, которые в 104 раза интенсивнее земных. Юпитер является мощным источником радиоизлучения. В центре Юпитера существует твердое ядро, подобное по химическому составу к планетам земной группы, которое может состоять из скальных пород.

По данным на 2017 год, у Юпитера известно 69 спутников – наибольшее значение среди всех планет Солнечной системы. Четыре ближайших к планете спутника Адрастея, Метида, Амальтея и Теба диаметром от 40 до 270 км находятся в пределах 1-3 радиусов Юпитера и резко отличаются по размерам от следующих за ними 4 спутников, расположенных на расстоянии от 6 до 26 радиусов Юпитера. Они были открыты в самом начале семнадцатого века почти одновременно Симоном Марием и Галилеем, но их принято называть галилеевыми спутниками Юпитера.

Ио – спутник Юпитера, самый близкий к планете из четырех галилеевых спутников. Имеет особенно бурную вулканическую активность. Ио был открыт Галилео Галилеем в 1610 году с помощью его первого в истории телескопа. Первые фото Ио из космоса сделаны станцией «Пионер-11», которая пролетала мимо Юпитера в декабре 1974 года.

По данным косвенных исследований поверхность спутника представлена породами. Недра содержат силикатные горные породы. На Ио зафиксировано до 8-10 активных вулканов на поверхности – крутые уступы и обрывы.

Европа – спутник Юпитера, наименьший из четырех галилеевых спутников. Практически вся поверхность Европы покрыта сетью трещин, длина которых в отдельных случаях достигает 1500 км. Наверное, внешняя оболочка Европы до глубин от 10 до 100 км состоит из водяного льда. Она отражает до 70% солнечного света, а потому средняя температура поверхности Европы ниже, чем у Ио, и составляет 120 К.

Ганимед – самый большой среди спутников Юпитера и вообще в Солнечной системе. Существует предположение, что он в значительной степени состоит из воды или льда. Его поверхность отражает до 40% солнечного света и имеет температуру 140 К.

Каллисто – четвертый из галилеевых спутников, интересен тем, что его отвёрнутая от Юпитера сторона покрыта кратерами. Считают, что их возраст составляет 4 млрд лет, и возникли они в результате мощной метеоритной бомбардировки на ранней стадии существования Солнечной системы. Каллисто – темный спутник, потому что его поверхность – лед, загрязненный

пылью, – отражает лишь 20% солнечного света. Поэтому и температура на его поверхности самая высокая среди галилеевых спутников – 150 К.

Все галилеевы спутники по своим размерам приближаются к планетам, их средние плотности больше, чем у Юпитера, а периоды их осевого вращения и обращения вокруг Юпитера почти совпадают.

В марте 1979 «Вояджер-2» открыл вокруг Юпитера кольцо. Оно напоминает кольца Сатурна, но значительно меньше по размерам и очень тонкое.

5. Сатурн.

Сатурн – вторая планета-гигант и шестая планета в Солнечной системе. Во многом подобная Юпитеру, она вращается вокруг Солнца с периодом 29,5 земных лет на расстоянии около 9,5 а.е. Звездные сутки на Сатурне длится 10 ч 32 мин 45 с. Из-за быстрого вращения он также сплюснутый у полюсов: полярный радиус планеты меньше экваториального. Как и у Юпитера, периоды его вращения в разных широтах не одинаковы. Масса Сатурна в 95 раз больше массы Земли, а сила тяжести в 1,12 раза больше земной, магнитное поле мощнее в тысячу раз.

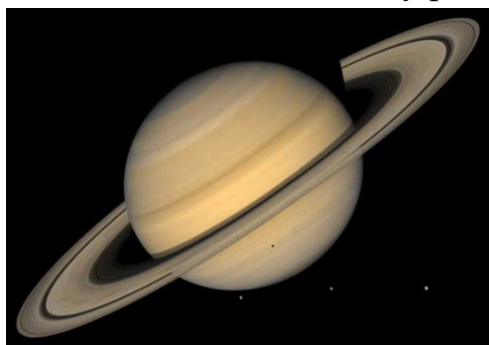


Рисунок 12 – Сатурн

Сатурн имеет удивительно низкую плотность, ниже плотность воды всего $0,7 \text{ г/см}^3$. И если бы нашелся такой огромный океан из воды, куда можно было бы погрузить Сатурн, он бы не утонул. Такая маленькая плотность свидетельствует о том, что, как и остальные планеты-гиганты, Сатурн преимущественно состоит из водорода и гелия.

В атмосфере Сатурна содержится 94% водорода и 6% гелия (по объему). Считается, что Сатурн имеет небольшое ядро из силикатов и железа, покрытое льдом и глубоким слоем жидкого водорода. На 2017 год у Сатурна известно 62 естественных спутника, крупнейший из которых – Титан.

Верхние слои облаков получают энергию как от Солнца, так и из глубины Сатурна. В результате взаимодействия этих потоков энергии

возникают сильные ветры, направленные преимущественно с запада на восток и скорость которых достигает 400 м/с. Из-за ветров образуются темные полосы облаков, которые расположены параллельно экватору.

Визитной карточкой Сатурна являются его знаменитые кольца, опоясывающие планету вокруг экватора и состоящие из множества ледяных частиц с размерами от долей миллиметра до нескольких метров. Существует три основных кольца, названных А, В и С. Они заметны без особых проблем с Земли. Есть названия и у более слабых колец – D, E, F. При ближайшем рассмотрении колец оказывается множество. Между кольцами существуют щели, где нет частиц. Одна из щелей, которую можно увидеть в средний телескоп с Земли (между кольцами А и В), названа щелью Кассини. В ясные ночи с более мощными телескопами можно увидеть и менее заметные щели.

Кольца Сатурна – концентрические образования различной яркости, которые как бы вложены друг в друга и создают единую плоскую систему небольшой толщины, расположенную в экваториальной плоскости Сатурна. Кольца вокруг Сатурна впервые наблюдал Галилео Галилей в 1610 году, но из-за низкого качества телескопа он принял видимые по краям планеты части колец за спутники Сатурна. Поэтому честь открытия колец Сатурна принадлежит Гюйгенсу. Это произошло через 46 лет после наблюдений Галилея.

6. Уран.

Уран – седьмая от Солнца большая планета Солнечной системы, относящаяся к планетам-гигантам. Названа планета в честь античного божества Урана, олицетворяющего небо и поднебесное пространство. Уран был отцом Кроноса (или Сатурна – в римском пантеоне). Уран был открыт английским астрономом У. Гершелем в 1781 году.



Рисунок 13 – Уран

Уран почти в 4 раза больше Земли. Вокруг Солнца планета обращается за 84,01 земного года, а период вращения вокруг оси составляет 17 ч 14 мин 24 с. При этом, если другие планеты можно сравнить с вращающимися

волчками, то Уран больше похож на катящийся шар. Объясняется это тем, что плоскость экватора планеты наклонена к плоскости его орбиты на $97,86^\circ$. То есть планета вращается ретроградно, «лёжа на боку слегка вниз головой». Такой большой угол наклона приводит к уникальной в Солнечной системе смене времен года – полярные круги располагаются почти на экваторе, а тропики – у полюсов. Это означает, что Солнце освещает один из полюсов планеты почти 42 земных года, в то время как на другом полюсе столько же длится полярная ночь. Правда, жары там не бывает, потому Уран получает от Солнца гораздо меньше энергии, чем Земля, и температура верхних слоев атмосферы не поднимается выше -215°C .

Средний радиус Урана составляет 25 362 километра. Масса планеты в 14,6 раза больше массы Земли. Однако её средняя плотность составляет всего $1,27\text{ г/см}^3$.

Подобно другим планетам-гигантам, атмосфера Урана состоит в основном из водорода, гелия и метана, хотя их доли несколько ниже по сравнению с Юпитером и Сатурном. Теоретическая модель строения Урана такова: его поверхностный слой является газожидкой оболочкой, под которой находится ледяная мантия (смесь водяного и аммиачного льда), а еще глубже – ядро из твердых пород. Масса мантии и ядра составляет примерно 85-90% всей массы Урана. Зона твердого вещества достигает $3/4$ радиуса планеты.

Уран имеет 27 спутников. Все они получили названия в честь персонажей из произведений Уильяма Шекспира и Александра Поупа.

7. Нептун.

Нептун – восьмая по удаленности от Солнца, четвертая по величине и третья по массе планета Солнечной системы, относится к планетам-гигантам. Ее орбита пересекается с орбитой Плутона в некоторых местах. Также орбиту Нептуна пересекает комета Галлея.



Рисунок 14 – Нептун

Нептун в 4 раза больше Земли. Он движется вокруг Солнца с периодом 164,8 земных лет на расстоянии 30 а.е. и имеет экваториальный период вращения 17 ч 42 мин. Наклон его оси вращения к плоскости орбиты составляет 29°, масса в 17 раз больше земной, а экваториальный радиус составляет 24800 км. Средняя плотность Нептуна наибольшая среди всех планет-гигантов – 1,66 г/см³.

Температура поверхности планеты составляет около 38 К. Нептун имеет химический состав, пожалуй, подобный Урану: различные «льды» или затвердевшие газы, содержащие около 15% водорода и небольшое количество гелия. Как и Уран, и в отличие от Юпитера с Сатурном, Нептун, возможно, не имеет четкого внутреннего расслоения. Но наиболее вероятно, что у него есть небольшое твердое ядро (равное по массе Земле).

Атмосфера Нептуна – это, в основном, водород и гелий с небольшой примесью метана. Синий цвет Нептуна является результатом поглощения красного света в атмосфере этим газом, как на Уране. В атмосфере Нептуна были обнаружены явления, схожие с земными полярными сияниями.

Подобно типичным газовым планетам, Нептун известен сильными бурями и вихрями, быстрыми ветрами.

Атмосфера Нептуна состоит из водорода (примерно 67%), гелия (31%) и метана (2%). Нептун также имеет кольца – два широких и два узких.

На 2017 год у планеты обнаружено 14 естественных спутников. Интересно, что крупнейший спутник Нептуна – Тритон – был открыт английским астрономом Уильямом Ласселом всего через 17 дней после открытия планеты.

Планеты-гиганты по химическому составу напоминают звезды, они не имеют твердой поверхности, поэтому на них никогда не сделают посадку пилотируемые космические корабли. Под холодными облаками гиганты имеют горячие недра, температура которых достигает десятков тысяч градусов. Одной из тайн остается источник внутренней энергии планет-гигантов, так как все они, за исключением Урана, излучают в космос больше энергии, чем получают от Солнца.

4. Солнце и звезды

Лекция № 5. Солнце – ближайшая звезда. Физические характеристики и строение Солнца.

План

1. Основные сведения о Солнце.
2. Строение Солнца и источники его энергии.
3. Проявления солнечной активности.
4. Влияние солнечной активности на Землю.

Литература:

1. Воронцов-Вельяминов Б.А. Астрономия. 11 кл.: Учеб. для общеобразоват. учеб. заведений / Б.А. Воронцов-Вельяминов, Е.К. Страут. – 4-е изд., стереотип. – М. : Дрофа, 2003. – 224 с.
2. Порфирьев В.В. Астрономия : Учеб. для 11 кл. общеобразоват. учреждений В.В. Порфирьев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: 2003. – 174 с.

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте общую характеристику Солнца.
2. Какие из химических элементов наиболее распространены на Солнце?
3. Охарактеризуйте процессы, происходящие в ядре Солнца.
4. Назовите основные слои в строении Солнца.
5. Что является источником энергии Солнца?
6. Охарактеризуйте зону радиации и конвективную зону Солнца.
7. Из каких слоев состоит атмосфера Солнца?
8. Охарактеризуйте Солнечную атмосферу.
9. Что вызывает появление пятен на Солнце?
10. Что такое число Вольфа?
11. Что такое протуберанцы?
12. Откуда берется энергия солнечных вспышек?
13. Как солнечная активность влияет на организм человека?

1. Основные сведения о Солнце.

Солнце – одна из миллиардов звезд нашей Галактики, центральное светило в Солнечной системе, возраст которого около 5 млрд. лет. Оно дает Земле тепло и свет, поддерживает жизнь на нашей планете. Солнце находится на близком расстоянии от Земли – всего 150 млн. км, поэтому мы видим его в форме диска. Изучение Солнца имеет очень важное практическое значение для развития земной цивилизации.

Солнце излучает электромагнитные волны разной длины, которые нашим глазом воспринимаются как белый свет. На самом деле, белый свет состоит из целого спектра электромагнитных волн от красного цвета до фиолетового, но Солнце излучает больше энергии в желто-зеленой части спектра, поэтому астрономы называют Солнце желтой звездой. Солнце – раскаленный плазменный шар, типичная звезда-карлик спектрального класса G2.

Масса Солнца равна $2 \cdot 10^{30}$ кг, что в 330 000 раз больше массы Земли. Радиус $7 \cdot 10^8$ м, что в 109 раз превышает радиус Земли, причём полярный и экваториальный диаметры различаются не более, чем на 10 км. Если бы наше светило было полым, то внутри Солнце смогло бы уместить более миллиона Земель. Но Солнце не является полым космическим объектом. Оно наполнено раскаленными горячими газами, масса которых составляет более 99,8 % массы от всей Солнечной системы. Кроме огромной массы, на Солнце самая высокая температура в Солнечной системе. На поверхности она может достигать 5 500 градусов по Цельсию, а в ее ядре, невероятных 15,5 млн. градусов по Цельсию.

Объём Солнца превышает земной в 1,3 миллиона раз. Средняя плотность $1,4 \cdot 10^3$ кг/м³, хотя в центре Солнца она достигает 150 г/см³. Ускорение свободного падения на поверхности Солнца равно 274 м/с². Сила тяжести на поверхности Солнца в 28 раз больше чем на Земле. Поэтому человек, который весит на Земле 60 кг, будет весить 1680 кг на Солнце. Попросту говоря, мы будем раздавлены собственным весом.

Период вращения (синодический) изменяется от 27 суток на экваторе до 32 суток у полюсов. Солнце вращается вокруг оси, наклоненной к плоскости земной орбиты на 82° 45'.

Солнце – ближайшая к нам звезда. Среднее расстояние от Земли примерно 149,6 млн. км (1 астрономическая единица). Солнце удерживает вокруг себя все остальные тела Солнечной системы своим тяготением.

Солнце по своей орбите движется со скоростью 220 километров в секунду. Солнце – одна из 100 миллиардов звёзд нашей Галактики,

расположено почти на окраине Млечного пути в 24000-26000 световых лет от центра галактики, и поэтому ему требуется 225-250 миллионов лет, чтобы сделать один полный оборот по орбите вокруг центра Млечного Пути.

Солнце состоит из водорода (~73 % от массы и ~92 % от объёма), гелия (~25 % от массы и ~7 % от объёма) и других элементов с меньшей концентрацией: железа, никеля, кислорода, азота, кремния, серы, магния, углерода, неона, кальция и хрома.

2. Строение Солнца и источники его энергии.

Солнце – огромный раскаленный плазменный шар, имеющий сложное строение внешних и внутренних слоев. В результате физических процессов, протекающих в недрах Солнца, непрерывно выделяется энергия, которая передается внешним слоям и распределяется на всё большую площадь. В результате по мере приближения к поверхности температура солнечной плазмы постепенно снижается. В зависимости от температуры и характера процессов, определяемых этой температурой, Солнце условно разделяют на такие области с различным физическим состоянием вещества и распределением энергии: *ядро, зона радиации, конвективная зона и атмосфера.*

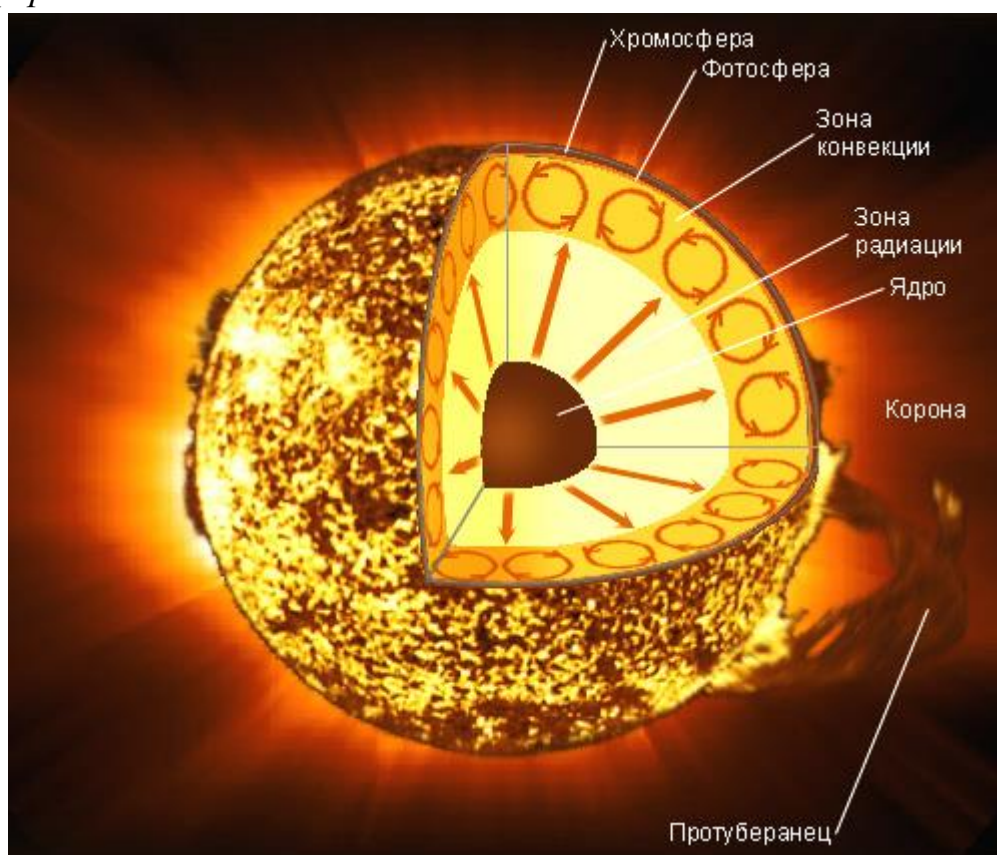


Рисунок 1 – Строение Солнца

Центральная область (ядро) занимает относительно небольшой объем, но благодаря большой плотности ядра, которая увеличивается к центру, там сосредоточена значительная часть массы Солнца.

В ядре происходит ядерная реакция превращения водорода в гелий. В ходе этих реакций высвобождается энергия, которая в итоге высвечивается с поверхности Солнца в видимой области спектра. Для того, чтобы два ядра водорода столкнулись друг с другом и вступили в реакцию, их энергия должна быть достаточной для преодоления электрических сил отталкивания, действующих между всеми одинаково заряженными частицами. По этой причине реакция превращения водорода в гелий может протекать только при очень высокой температуре, когда все частицы имеют очень большую кинетическую энергию. Температура в самом центре Солнца составляет порядка 15 миллионов градусов, а плотность плазмы равна 150 г/см^3 . Это примерно в 10 раз выше, чем плотность золота или свинца. По мере удаления от центра Солнца плотность и температура вещества уменьшаются. По этой причине ядерные реакции почти полностью прекращаются за внешней границей ядра (примерно 175 000 км от центра, что составляет 1/4 солнечного радиуса). Температура солнечного вещества на внешней границе ядра составляет только половину от значения температуры в центре, а плотность плазмы падает до 20 г/см^3 .

В звездах, подобных Солнцу, ядерные реакции происходят путем трехступенчатого процесса, называемого протон-протонным или pp циклом. Его суть состоит в том, что из четырех протонов получается ядро гелия. При этом выделяются пара позитронов и пара нейтрино, а также 26,7 МэВ энергии.

Основной источник энергии – протон-протонный цикл – очень медленная реакция (характерное время $7,9 \cdot 10^9$ лет), так как обусловлена слабым взаимодействием. Подсчитано, что в каждую секунду в недрах Солнца 564 млн. т водорода преобразуются в 560 млн. т гелия, а остальные 4 млн. т водорода превращаются в излучение. Термоядерная реакция будет происходить до тех пор, пока не иссякнут запасы водорода. В настоящее время они составляют около 60 % массы Солнца. Запасов ядерного топлива хватит еще на пять миллиардов лет, после чего Солнце постепенно превратится в белый карлик.

Центральные части Солнца будут сжиматься, разогреваясь, а тепло, передаваемое при этом внешней оболочке, приведет к ее расширению до размеров, чудовищных по сравнению с современными: Солнце расширится настолько, что поглотит Меркурий, Венеру и будет тратить «горючее» в сто раз быстрее, чем в настоящее время. Это приведет к увеличению размеров

Солнца; наша звезда станет красным гигантом, размеры которого сравнимы с расстоянием от Земли до Солнца! Жизнь на Земле исчезнет или найдет пристанище на внешних планетах.

Мы, конечно, будем заранее поставлены в известность о таком событии, поскольку переход к новой стадии займет примерно 100–200 миллионов лет. Когда температура центральной части Солнца достигнет 100 000 000 К, начнет сгорать и гелий, превращаясь в тяжелые элементы, и Солнце вступит в стадию сложных циклов сжатия и расширения. На последней стадии наша звезда потеряет внешнюю оболочку, центральное ядро будет иметь невероятно большую плотность и размеры, как у Земли. Пройдет еще несколько миллиардов лет, и Солнце остынет, превратившись в белый карлик.

В зоне **лучистого равновесия**, или зоне радиации, окружающей ядро на расстоянии до $2/3R_{\odot}$, энергия распространяется путем последовательного поглощения и последующего переизлучения веществом квантов электромагнитной энергии.

В **конвективной зоне** (от верхнего слоя зоны радиации, почти до самой видимой границы Солнца – фотосферы) энергия передается уже не излучением, а посредством конвекции, то есть путем перемешивания вещества, когда образуются своеобразные отдельные ячейки, которые немного отличаются друг от друга температурой и плотностью.

Атмосферой считаются внешние слои Солнца, которые условно разделены на три оболочки.

Глубокий слой атмосферы Солнца, состоящий из газов, – **фотосфера** (от греч. – сфера света), 200-300 км толщиной, воспринимается нами как поверхность Солнца. Плотность газов в фотосфере в миллионы раз меньше плотности воздуха у поверхности Земли, а температура фотосферы уменьшается с высотой. Средний слой фотосферы, излучение которого мы воспринимаем, имеет температуру 5780 К. В солнечный телескоп можно наблюдать структуру фотосферы, в которой конвекционные ячейки имеют вид светлых и темных зерен – гранул.

Над фотосферой расположена хромосфера (от греч. – цветная сфера), где атомами различных веществ образуются темные линии поглощения в спектре Солнца. Общая толщина хромосферы составляет 10-15 тыс. км, а температура в ее верхних слоях достигает 100000 К. Над хромосферой размещен внешний слой атмосферы Солнца – солнечная корона, температура которой достигает нескольких миллионов градусов. Вещество короны, постоянно вытекающее в межпланетное пространство, называется солнечным ветром.

3. Проявления солнечной активности.

Солнечная активность – совокупность физических изменений, которые происходят на Солнце. Внешние проявления солнечной активности – солнечные пятна, факелы, флоккулы, протуберанцы и тому подобное. Признаками циклической солнечной активности являются пятна и факелы в фотосфере, вспышки в хромосфере и протуберанцы в солнечной короне.

Время от времени в отдельных областях фотосферы темные промежутки между гранулами увеличиваются, образуя округлые поры. Некоторые из них превращаются в большие темные пятна, окруженные полутенью, состоящие из продольных, радиально вытянутых фотосферных гранул.

Пятно – не постоянное образование: количество и форма пятен все время меняется. Обычно пятна образуются группами.

Пятна возникают в результате возмущений отдельных участков магнитного поля Солнца. В начале этого процесса пучок магнитных линий «прорывается» сквозь фотосферу в область короны и тормозит конвекционное движение плазмы в грануляционных ячейках, препятствуя в этих местах переносу энергии из внутренних областей наружу. Первым в этом месте возникает факел, чуть позже и западнее – маленькая точка, называемая порой, размером несколько тысяч километров. В течение нескольких часов величина магнитной индукции растет (при начальных значениях 0,1 тесла), и размер и количество пор увеличивается. Они сливаются друг с другом и формируют одно или несколько пятен. В период наибольшей активности пятен величина магнитной индукции может достигать 0,4 тесла.

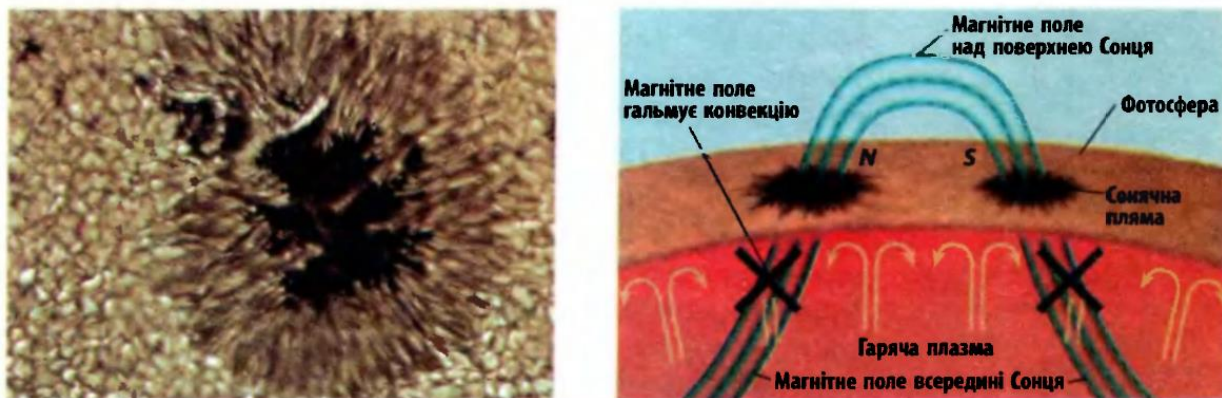


Рисунок 2 – Солнечные пятна

Пятна связаны между собой магнитными силовыми линиями подобно полюсам магнита – каждое пятно имеет свою полярность. Так же, как невозможно разделить северный и южный полюса магнита, так и солнечные

пятна существуют только парами, которые имеют различные магнитные полярности. Если учесть полярность пятен, то цикл солнечной активности длится примерно 22 года.

Перемещение пятен по видимому диску Солнца позволило Галилео Галилею сделать вывод о том, что Солнце вращается вокруг своей оси. Температура в пятнах ниже, чем в прилегающих к ним участках фотосферы (~ 3700 К); в больших пятнах температура равна 4500 К. Размер пятен в среднем составляет 40 000 км, встречаются пятна, диаметр которых равен ~ 180 000 км. Срок жизни отдельных пятен достигает нескольких месяцев, в то время как группа пятен может существовать всего несколько часов. Еще в 1908 году было доказано, что в солнечном пятне магнитное поле концентрируется, а его магнитная индукция может в тысячи раз превышать ее значения в местах спокойной поверхности и составляет $\sim 0,5$ Тл. Сильное магнитное поле тормозит выход горячего солнечного вещества из недр, поэтому температура поверхности Солнца в этом месте снижается. Магнитные силовые линии, выходящие из пятен, иногда распространяются далеко в хромосферу и даже корону.

У края солнечного диска вокруг пятен наблюдаются светлые образования, почти незаметные, если пятно находится ближе к центру солнечного диска. Это **факелы** – участки, где солнечная энергия выходит из недр больше, чем в пятне (пятно – своеобразная «магнитная пробка», которая не всегда может «удержать» солнечное вещество).

Очень часто над солнечными пятнами в хромосфере происходят **вспышки** – яркое проявление солнечной активности. В годы максимальной солнечной активности происходит в 10 вспышек в сутки, а в годы минимальной – ни одной. Вспышка начинается с быстрого повышения температуры до $4 \cdot 10^7$ К, что приводит к всплеску мягкого рентгеновского излучения. По современным представлениям вспышка – внезапное выделение энергии, накопленной в магнитном поле активной зоны. Появляется мощное электромагнитное излучение в рентгеновском, ультрафиолетовом и радиодиапазоне, а в межпланетное пространство летят узкие пучки частиц высоких энергий со скоростями от 3000 до 30000 км/с. В мощных вспышках рождаются космические лучи – электроны, протоны, нейтроны, α -частицы, движущиеся с огромными скоростями. Небольшие вспышки развиваются в течение 5-10 минут, мощные – до 7:00. За это время на участке Солнца протяженностью 1000 км излучается энергия эквивалентная энергии, которую излучает Солнце со всей поверхности за одну секунду, или энергии, которую получает Земля от Солнца за год.

Для прогноза космической погоды важно, что вероятность вспышки на Солнце растёт, когда группа неподалёку расположенных пятен начинает увеличиваться в размерах. Постоянные наблюдения за эволюцией пятен ведут специалисты обсерватории SOHO, которая предназначена специально для солнечных наблюдений.

В короне Солнца наблюдаются огромные по своим размерам образования – **протуберанцы**. Протуберанцы – исключительно разнообразные по своей форме и характеру движения облака плотных газов по сравнению с плотностью вещества короны. Протуберанцы – вещество, которое поднимается над фотосферой и удерживается над ней благодаря магнитному полю Солнца.



Рисунок 3 – Протуберанец

Выбросы из солнечной короны являются наиболее мощными «взрывами», которые происходят в Солнечной системе. Астрономы и климатологи изучают их влияние вместе с солнечной атмосферой на глобальную среднюю температуру Земли.

Исследования показывают, что температура атмосферы нашей планеты зависит от магнитного поля, которое образует поток заряженных частиц, летящих от Солнца, но главным образом – от магнитных процессов в солнечной короне. Причем после достижения максимальной магнитной активности Солнца происходит снижение средней температуры земной атмосферы.

Примерно в середине XIX века было установлено, что в разные годы количество пятен на Солнце не одинаковое. Если их много – это год

солнечной активности. Количество активных областей и групп пятен на Солнце периодически изменяется в среднем в течение 11,1 лет. Это явление называется **циклом солнечной активности**. В начале цикла пятен мало, потом их количество увеличивается сначала далеко от экватора, а затем все ближе к нему.

Мерой пятнообразующей деятельности Солнца является число Вольфа: $W = 10g + f$, где g – количество групп пятен, f – общее количество всех пятен, которые в данный момент есть на диске Солнца. Расчеты числа Вольфа выполняют ежедневно: находят среднее значение числа Вольфа за месяц, за год, строят графики изменения числа Вольфа из года в год.

Встречаются случаи нарушения 11-летнего цикла солнечной активности: промежутки между двумя максимумами могут быть от 7,5 до 16 лет. Нумерация циклов началась с 1755 года.

Максимальное число Вольфа $W_{\max}$ от цикла к циклу неодинаково. Вероятно, существует столетний цикл солнечной активности – наблюдается определенная повторяемость $W_{\max}$ через 80-90 лет. Ученые высказывают предположение тысячелетнего цикла солнечной активности.

Следует отметить, что до сих пор окончательно не выяснены причины таких фундаментальных факторов, определяющих космическую погоду, как одиннадцатилетняя периодичность солнечной активности и двадцатидвухлетняя периодичность «переворачивания» магнитных полюсов Солнца.

4. Влияние солнечной активности на Землю.

Проявлениям солнечной активности соответствуют некоторые геофизические явления:

- Магнитное поле потоков заряженных частиц, ускоренных во вспышках, искажает конфигурацию магнитного поля Земли, то есть вызывает магнитную бурю, что приводит к проникновению заряженных частиц в нижние слои земной атмосферы (~ 100 км) в результате чего возникают полярные сияния;

- Во время магнитной бури возмущения геомагнитного поля индуцируют в земной коре, металлических предметах, проводниках большие, хаотично направленные токи, которые могут стать причиной аварийности в телеграфно-телефонных линиях связи, а также причиной порчи электроприборов. Токи, индуцированные в земной коре, провоцируют землетрясения в сейсмоактивных зонах;

- Коротковолновое рентгеновское излучение Солнца усиливает ионизацию ионосферы, существенно влияет на условия распространения радиоволн, периодически нарушая радиосвязь;

- Активные процессы на Солнце, влияя на атмосферу и магнитное поле Земли, косвенно влияют на сложные процессы органического мира – биосферы. Механизм этих воздействий в настоящее время изучается учеными.

Влияние солнечной активности на возникновение заболеваний установил еще в 20-х годах А.Л. Чижевский. Его считают основоположником науки гелиобиологии. С тех пор проводятся исследования, накапливаются научные данные, подтверждающие влияние солнечных и магнитных бурь на здоровье. Замечено, что ухудшение состояния больных максимально проявляется, во-первых, сразу после солнечной вспышки и, во-вторых, – с началом магнитной бури. Это объясняется тем, что примерно через 8 минут после начала солнечной вспышки солнечный свет (а также рентгеновское излучение) достигают атмосферы Земли и вызывают там процессы, влияющие на функционирование организма, а примерно через сутки начинается сама магнитосферная буря Земли.

Из всех заболеваний, которые подвержены воздействию этих бурь, прежде всего были выделены сердечно-сосудистые, поскольку их связь с солнечной и магнитной активностью была наиболее очевидной. Проводились сопоставления зависимости количества и тяжести сердечно-сосудистых заболеваний от многих факторов внешней среды (атмосферное давление, температура воздуха, осадки, облачность, ионизация, радиационный режим и т.д.), но достоверная и устойчивая связь сердечно-сосудистых заболеваний выявляется именно с хромосферными вспышками и геомагнитными бурями.

Во время магнитных бурь проявлялись субъективные симптомы ухудшения состояния больных, учащались случаи повышения артериального давления, ухудшалось коронарное кровообращение, что сопровождалось отрицательной динамикой ЭКГ. Исследования показали, что в день, когда на Солнце происходит вспышка, число случаев инфаркта миокарда увеличивается. Оно достигает максимума на следующий день после вспышки (примерно в 2 раза больше по сравнению с магнитоспокойными днями).

Исследования сердечного ритма показали, что слабые возмущения магнитного поля Земли не вызывали увеличения числа нарушений сердечного ритма. Но в дни с умеренными и сильными геомагнитными бурями нарушения ритма сердца происходят чаще, чем при их отсутствии. Это относится как к наблюдениям в состоянии покоя, так и при физических нагрузках.

Наблюдение за больными гипертонической болезнью показали, что часть больных реагировала за сутки до наступления магнитной бури. Другие чувствовали ухудшение самочувствия в начале, середине или по окончании геомагнитной бури. Только на вторые сутки после бури артериальное давление у больных стабилизировалось.

Выявлена связь солнечной активности и с функционированием других систем организма, с онкозаболеваниями. Было установлено, что в годы снижения солнечной активности заболеваемость злокачественными опухолями возрастала. Наибольшая заболеваемость раком имела место в период спокойного Солнца, наименьшая – при самой высокой солнечной активности. Предполагают, что это связано с тормозящим действием солнечной активности на малодифференцированные клеточные элементы, в том числе на раковые клетки.

Во время магнитной бури чаще начинаются преждевременные роды, а к концу бури увеличивается число быстрых родов. Ученые также пришли к выводу, что уровень солнечной активности в год рождения ребенка существенно отражается на его конституционных особенностях.

Исследованиями в разных странах на большом фактическом материале было показано, что число несчастных случаев и травматизма на транспорте увеличивается во время солнечных и магнитных бурь, что объясняется изменениями деятельности центральной нервной системы. При этом увеличивается время реакции на внешние световые и звуковые сигналы, появляется заторможенность, медлительность, ухудшается сообразительность, увеличивается вероятность принятия неверных решений.

Проводились наблюдения влияния магнитных и солнечных бурь на больных, страдающих психическими заболеваниями, в частности, маниакально-депрессивным синдромом. Было установлено, что у них при высокой солнечной активности преобладали маниакальные фазы, а при низкой – депрессивные. В такие дни увеличивается количество случаев суицида, что анализировалось по данным вызовов скорой помощи.

Лекция № 6. Физические характеристики звезд. Классификация звезд. Эволюция звезд.

План

1. Физические характеристики звезд.
2. Классификация звезд.
3. Эволюция звезд.

Литература:

1. Воронцов-Вельяминов Б.А. Астрономия. 11 кл.: Учеб. для общеобразоват. учеб. заведений / Б.А. Воронцов-Вельяминов, Е.К. Страут. – 4-е изд., стереотип. – М. : Дрофа, 2003. – 224 с.
2. Порфирьев В.В. Астрономия : Учеб. для 11 кл. общеобразоват. учреждений В.В. Порфирьев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : 2003. – 174 с.

Вопросы для самоконтроля:

1. По каким критериям можно характеризовать звезды?
2. Назовите известные вам типы звезд.
3. Звезды какого цвета имеют низкую температуру?
4. Какие звезды имеют самую высокую температуру на поверхности, и к какому спектральному классу они принадлежат?
5. В чем заключается разница между видимыми и абсолютными звездными величинами?
6. Как астрономы измеряют температуру звезд?
7. Существуют ли звезды, масса которых меньше массы Земли? Радиус каких звезд меньше радиуса Земли?
8. Годовой параллакс Веги (α Лиры) равен 0,12". Каково расстояние до нее в парсеках и световых годах?
9. Когда параметры звезды остаются постоянными?

1. Физические характеристики звезд.

Чтобы любоваться звёздным небосводом, совсем не обязательно описывать все звёзды и выяснять их физические и химические характеристики – они красивы сами по себе. Но если рассматривать звёзды как природные объекты, естественный путь к их познанию лежит через измерения, сопоставление их свойств и составление классификации.

Мы живем в относительно спокойной области Вселенной, именно поэтому жизнь на Земле возникла и существует в продолжение такого огромного (по человеческим меркам) промежутка времени. Однако, с точки зрения исследования звезд этот серьезный минус. На многие парсеки вокруг расположены только неяркие и невыразительные светила, подобные нашему Солнцу. А все редко встречающиеся типы звезд находятся очень далеко. Поэтому разнообразие мира звезд долгое время оставалось скрытым от человеческого глаза. Изобретение мощных астрономических приборов, позволило осознать насколько все звезды разные.

Звезда – это пространственно обособленная, гравитационно связанная, непрозрачная для излучения масса вещества, в которой в значительных масштабах происходили, происходят или будут происходить термоядерные реакции превращения водорода в гелий.

Основными характеристиками звезды, которые могут быть тем или иным способом определены из наблюдений, являются мощность ее излучения (в астрономии светимость), масса, радиус, температура и химический состав атмосферы. Зная данные параметры, вычисляется возраст звезд. Перечисленные параметры изменяются в очень широких пределах. Кроме того, они взаимосвязаны.

Удаленность звезд. Звезды расположены в миллионы раз дальше, чем Солнце, поэтому горизонтальные параллаксы звезд соответственно в миллионы раз меньше, и измерить такие малые углы еще никому не удавалось. Для измерения расстояний до звезд астрономы вынуждены определять годовые параллаксы, связанные с орбитальным движением Земли вокруг Солнца.

Вследствие того что звезды от нас очень далеки, лишь в первой половине XIX в. удалось обнаружить их годичный параллакс и вычислить расстояние. Еще Аристотель, а затем Коперник знали, какие наблюдения за положением звезд надо провести, чтобы обнаружить их смещение в том случае, если Земля движется. Для этого необходимо наблюдать положение какой-либо звезды из двух диаметрально противоположных точек ее орбиты. Очевидно, что направление на эту звезду за это время изменится, причем тем

больше, чем ближе к нам расположена звезда. Так что это кажущееся (параллактическое) смещение звезды будет служить мерой расстояния до нее.

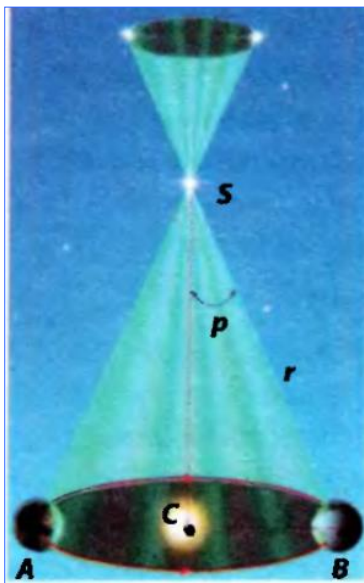


Рис. 1. Годичный параллакс

В точке C расположено Солнце; A , B – положение Земли на орбите с интервалом в 6 месяцев $BC = 1$ а.е. – расстояние от Земли до Солнца (большая полуось земной орбиты) S – звезда, к которой нужно определить расстояние; p – годичный параллакс звезды.

Годичным параллаксом (p) принято называть угол, под которым со звезды виден радиус (r) земной орбиты, перпендикулярный лучу зрения (рис. 1). Этот угол столь мал (менее $1''$), что ни Аристотелю, ни Копернику его обнаружить и измерить не удалось, поскольку они вели наблюдения без оптических приборов.

Единицами расстояний до звезд являются парсек и световой год.

Парсек – это такое расстояние, на котором параллакс звезд равен $1''$. Отсюда и название этой единицы: пар – от слова «параллакс», сек – от слова «секунда».

Световой год – это такое расстояние, которое свет, распространяясь со скоростью $300\,000$ км/с, проходит за 1 год.

1 пк (парсек) = $3,26$ светового года.

Определив расстояние до звезды и количество приходящего от нее излучения, можно вычислить ее светимость.

Светимость звезд. Всю информацию о звездах мы можем получить только на основе исследования приходящего от них излучения. Для этого используется спектральный анализ.

Наиболее значительно звезды отличаются друг от друга по своей светимости (мощности излучения): некоторые излучают энергии в несколько миллионов раз больше, чем Солнце, другие – в сотни тысяч раз меньше.

Определив расстояние до звезды и количество приходящего от нее излучения, можно вычислить ее светимость.

Светимость – это полная энергия, излучаемая звездой в единицу времени.

Солнце кажется нам самым ярким объектом на небе только потому, что оно находится гораздо ближе всех остальных звезд. Самая близкая из них альфа Центавра расположена в 270 тыс. раз дальше от нас, чем Солнце. Если

находиться на таком расстоянии от Солнца, то оно будет выглядеть примерно таким, как наиболее яркие звезды созвездия Большой Медведицы.

Цвет и температура звезд. Самый простой метод измерения температуры звезды заключается в определении ее цвета. Правда, невооруженным глазом можно определить только цвет ярких звезд; чувствительность нашего глаза к восприятию цветов при слабом освещении очень мала. Цвет слабых звезд можно определить с помощью бинокля или телескопа.

Температуру наружных слоев звезды, от которых приходит излучение, можно определить по спектру. Как известно, цвет нагретого тела зависит от его температуры. Иначе говоря, положение длины волны, на которую приходится максимум излучения, с повышением температуры смещается от красного к фиолетовому концу спектра (рис. 2). Следовательно, по распределению энергии в спектре можно определить температуру наружных слоев звезды. Как оказалось, эта температура для различных типов звезд заключена в пределах от 2500 до 50 000 К.

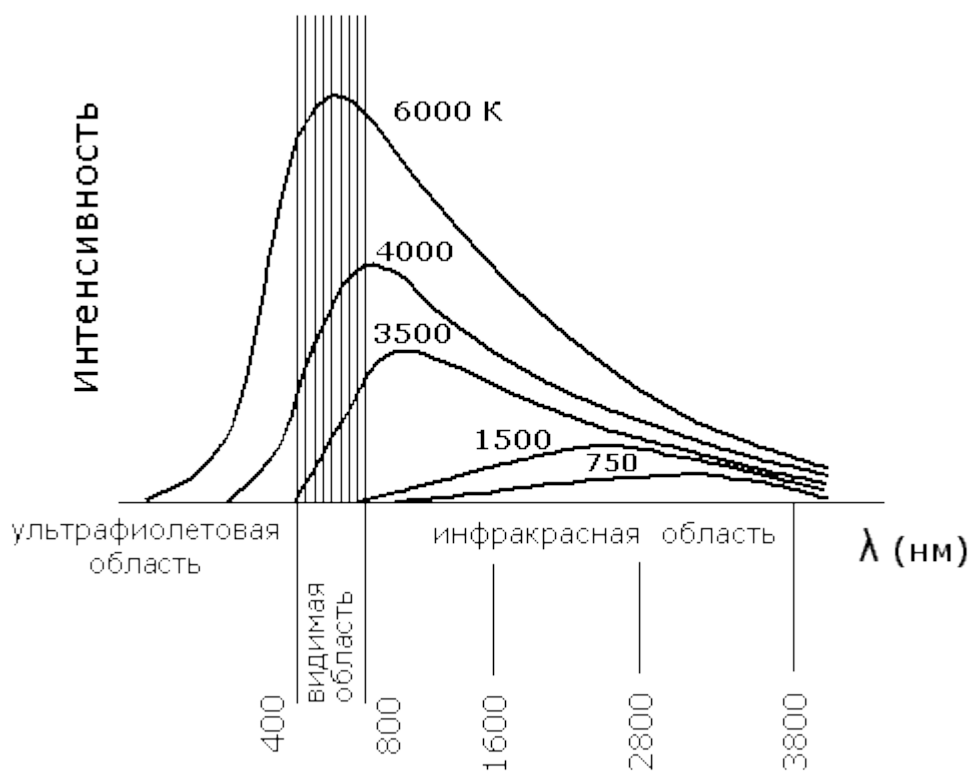


Рисунок 2 – Интенсивность излучения звезд

Масса звезд. По известной светимости и температуре звезды можно рассчитать площадь ее светящейся поверхности и тем самым определить ее размеры. Оказалось, что гигантские звезды в сотни раз превосходят Солнце по диаметру, а звезды-карлики в десятки и сотни раз меньше него.

В то же время по массе, которая является важнейшей характеристикой звезд, они отличаются от Солнца незначительно. Среди звезд нет таких,

которые имели бы массу в 100 раз больше Солнца, и таких, у которых масса в 10 раз меньше, чем у Солнца.

В зависимости от массы и размеров звезд они различаются по своему внутреннему строению, хотя все имеют примерно одинаковый химический состав (95–98 % их массы составляют водород и гелий).

Солнце существует уже несколько миллиардов лет и мало изменилось за это время, поскольку в его недрах все еще происходят термоядерные реакции, в результате которых из четырех протонов (ядер водорода) образуется альфа-частица (ядро гелия, состоящее из двух протонов и двух нейтронов). Более массивные звезды расходуют запасы водорода значительно быстрее (за десятки миллионов лет). После «выгорания» водорода начинаются реакции между ядрами гелия с образованием устойчивого изотопа углерод-12, а также другие реакции, продуктами которых являются кислород и ряд более тяжелых элементов (натрий, сера, магний и т.д.). Таким образом, в недрах звезд образуются ядра многих химических элементов, вплоть до железа.

Образование из ядер железа ядер более тяжелых элементов может происходить только с поглощением энергии, поэтому дальнейшие термоядерные реакции прекращаются. У наиболее массивных звезд в этот момент происходят катастрофические явления: сначала стремительное сжатие (коллапс), а затем мощный взрыв. В результате звезда сначала значительно увеличивается в размерах, ее яркость возрастает в десятки миллионов раз, а затем сбрасывает в космическое пространство внешние слои. Это явление наблюдается как **вспышка сверхновой звезды**, на месте которой остается небольшая быстро вращающаяся нейтронная звезда – **пульсар**.

Химический состав звезд был выяснен благодаря спектральному анализу, что дало доказательства физического единства мира – на звёздах не обнаружено ни одного неизвестного химического элемента.

Наиболее обильным элементом в звёздах является водород. Приблизительно втрое меньше содержится в них гелия. Тем не менее, говоря о химическом составе звёзд, чаще всего имеют в виду содержание элементов тяжелее гелия. Доля тяжёлых элементов невелика (около 2%), но они, как правило, являются определяющими для размера, температуры, и светимости звезды.

После водорода и гелия на звёздах наиболее распространены те же элементы, которые преобладают в химическом составе Земли: кислород, углерод, азот, железо и др. Химический состав различный у звёзд разного возраста. В самых старых звёздах доля элементов тяжелее гелия значительно

меньше, чем на Солнце. В некоторых звёздах содержание железа меньше солнечного в сотни и тысячи раз. Звёзд, где этих элементов было бы больше, чем на Солнце, сравнительно немного. Эти звёзды (многие из них двойные), как правило, являются необычными и по другим параметрам: температуре, напряжённости магнитного поля, скорости вращения. Некоторые звёзды выделяются по содержанию какого-нибудь одного элемента или группы элементов. Таковы, например, бариевые или ртутно-марганцевые звёзды.

Химические элементы тяжелее гелия образовались в результате термоядерных и ядерных реакций в недрах очень массивных звёзд, при вспышках новых и сверхновых звёзд предыдущих поколений. Изучение зависимости химического состава от возраста звёзд позволяет пролить свет на историю их образования в различные эпохи, на химическую эволюцию Вселенной в целом.

Оказалось, что все звёзды имеют почти одинаковый химический состав, так как основные химические элементы во Вселенной – водород и гелий, а основное отличие различных спектральных классов обусловлена температурой звездных фотосферы.

Важную роль в жизни звезды играет её **магнитное поле**. С магнитным полем связаны практически все проявления солнечной активности: пятна, вспышки, факелы и др. На звёздах, магнитное поле которых значительно сильнее солнечного, эти процессы протекают с большей интенсивностью. В частности, переменность блеска некоторых таких звёзд объясняют появлением пятен, аналогичных солнечным, но закрывающих десятки процентов их поверхности. Однако, физические механизмы, обуславливающие активность звёзд, ещё не до конца изучены.

2. Классификация звезд.

На основе многочисленных снимков спектров звезд, полученных в США на Гарвардской обсерватории, в начале XX в. была разработана детальная классификация звездных спектров, которая легла в основу современной спектральной классификации.

В Гарвардской классификации спектральные типы (классы) обозначены буквами латинского алфавита: O, B, A, F, G, K и M. Поскольку в эпоху разработки этой классификации связь между видом спектра и температурой не была еще известна, то после установления соответствующей зависимости пришлось изменить порядок спектральных классов, который первоначально совпадал с алфавитным расположением букв.

По температуре звезды разделили на 7 спектральных классов (рис. 3) и обозначили буквами латинского алфавита: O, B, A, F, G, K, M (английская поговорка: «Oh, Be A Fine Girl, Kiss Me» – «будь красивой девушкой, поцелуй меня »).

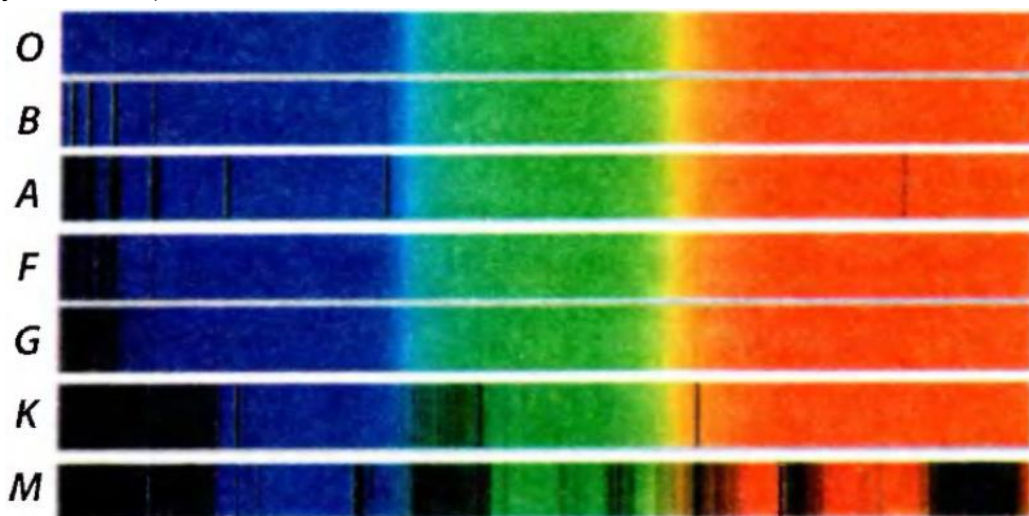


Рисунок 3 – Спектральные классы звезд

Самую высокую температуру на поверхности имеют синие звезды спектрального класса O, которые излучают больше энергии в синей части спектра. Каждый спектральный класс делится на 10 подклассов: A0, A1 ... A9. Обычно в диапазоне каждой звезды есть темные линии поглощения, которые образуются в разреженной атмосфере звезды и в атмосфере Земли и показывают химический состав этих атмосфер.

Солнце по физическим параметрам относится к средним звездам – оно имеет среднюю температуру, среднюю светимость и т. Д. По статистике, среди большого количества разнообразных тел больше таких, которые имеют средние параметры. Например, если измерить рост и массу большого количества людей, которые имеют разный возраст, то больше будет людей со средними величинами этих параметров. Астрономы решили проверить, много ли в космосе таких звезд, как наше Солнце. Для этой цели Эйнар Герцшпрунг (1873-1967, Голландия) и Генри Расселл (1877-1955, США) предложили диаграмму, на которой можно обозначить место каждой звезды, если известны ее температура и светимость. Названная диаграммой спектр-светимость, или диаграммой Герцшпрунга-Рессела, она имеет вид графика, на котором по оси абсцисс отмечают спектральный класс или температуру звезды, а по оси ординат – светимость (рис 4).

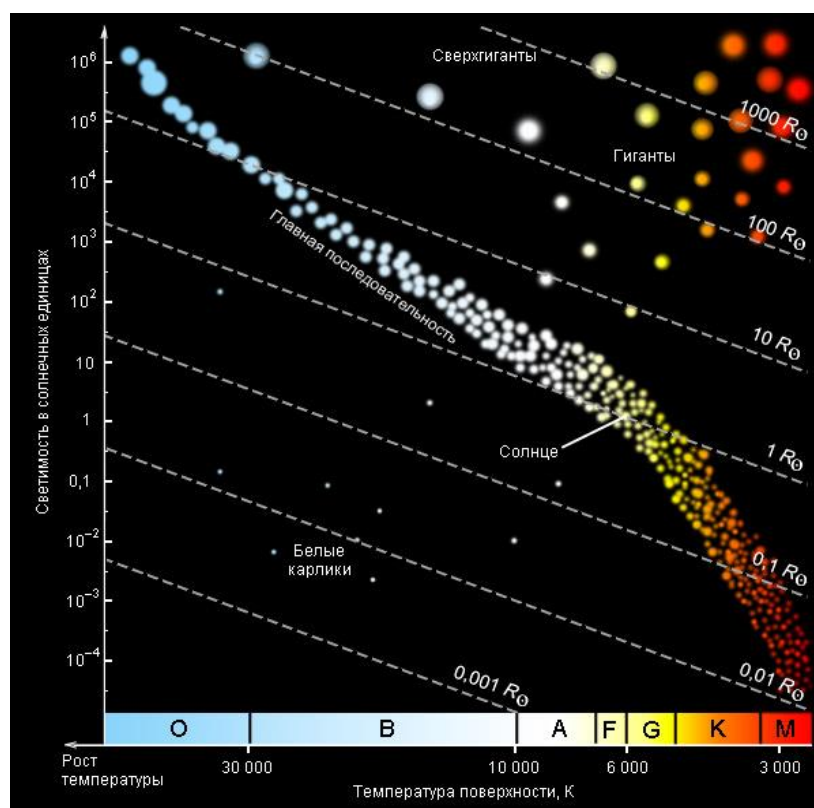


Рисунок 4 – Диаграмма Герцшпрунга-Ресселла

Рассматривая эту диаграмму, мы видим, что звезды разбросаны по ней неравномерно: преобладающее число их расположено по направлению от левого верхнего края, где сосредоточены голубые горячие звезды высокой светимости, к правому нижнему, занимаемому слабосветящимися красными звездами. Это так называемая главная последовательность – включает в себя 90% всех наблюдаемых звезд (в т.ч. и Солнце). Она претерпевает разрыв в области спектрального класса G и делится, на две части.

Вторая группа звезд, менее четко выраженная, располагается у спектральных классов G, K и M, немного ниже абсолютной величины 0. Это звезды-гиганты. Выше лежат звезды большой отрицательной абсолютной величиной, т. е. очень яркие звезды – сверхгиганты.

Если посмотреть, как распределены звезды класса M, т.е. холодные звезды, то здесь бросается в глаза их неравномерное распределение: среди этих звезд имеются, либо очень яркие звезды-гиганты, либо очень слабые звезды-карлики, а средних по размерам звезд вовсе не имеется.

Если расположить звезды на диаграмме в соответствии с их светимостью и температурой, то окажется, что по этим характеристикам можно выделить несколько типов (последовательностей) звезд: сверхгиганты, гиганты, главная последовательность, белые карлики и т.д. Наше Солнце вместе со многими другими звездами относится к числу звезд главной последовательности.

Если Солнце – средняя звезда, то на диаграмме должно быть скопления точек вблизи того места, которое занимает Солнце. То есть большинство звезд должны быть желтого цвета с такой же светимостью, как Солнце. Каково же было удивление астрономов, когда оказалось, что в космосе не нашли звезды, которую можно считать копией Солнца.

Большинство звезд на диаграмме расположены в узкой полосе, которую называют главной последовательностью. Диаметры звезд главной последовательности отличаются в несколько раз, а их светимость по закону Стефана-Больцмана определяется температурой поверхности. К этой полосе входят Солнце и Сириус. Существенная разница в температуре на поверхности звезд разных спектральных классов объясняется разной массой этих светил: чем больше масса звезды, тем больше ее светимость. Например, звезды главной последовательности спектральных классов О и В в несколько раз массивнее Солнца, а красные карлики имеют массу в десятки раз меньше, чем солнечная.

Отдельно от главной последовательности на диаграмме располагаются белые карлики (слева внизу) и красные сверхгиганты (справа сверху), которые имеют примерно одинаковую массу, но значительно отличаются по размерам. Гиганты спектрального класса М имеют почти такую же массу, как белые карлики спектрального класса, поэтому существенно отличается средняя плотность этих звезд. Например, радиус красного гиганта Бетельгейзе в 400 раз больше, чем радиус Солнца, но масса этих звезд почти одинакова, поэтому красные гиганты спектрального класса М имеют среднюю плотность в миллионы раз меньше, чем плотность земной атмосферы.

Типичным представителем белых карликов является спутник Сириуса, радиус которого почти такой, как радиус Земли, а плотность имеет фантастическую величину $3 \cdot 10^6$ г/см³, то есть наперсток вещества белого карлика весил бы на Земле 10000 Н. Еще большую плотность имеют нейтронные звезды и черные дыры.

Белые карлики – звезды, имеющие радиус в сотни раз меньше солнечного и плотность в миллионы раз больше плотности воды.

Красные карлики – звезды с массой меньше, чем солнечная, но больше, чем у Юпитера. Температура и светимость этих звезд остаются постоянными в течение десятков миллиардов лет.

Красные гиганты – звезды, имеющие температуру 3000 – 4000 К и радиус в десятки раз больше, чем солнечный. Масса этих звезд не намного больше массы Солнца. Такие звезды не находятся в состоянии равновесия.

Главная загадка диаграммы спектр-светимость заключается в том, что в космосе астрономы еще не нашли хотя бы две одинаковые звезды, которые имеют одинаковые физические параметры – массу, температуру, светимость, радиус. Например, многие звезды принадлежат к спектральному классу С (Капелла, α Кентавра и т.д.), но нет звезд, которые были бы точно такими, как Солнце. Наверное, в течение эволюции звезды меняют свои физические параметры, поэтому маловероятно, что мы сможем найти в космосе еще одну звезду, которая зародилась одновременно с нашим Солнцем, имея тождественные начальные параметры. В диаграмме спектр-светимость спрятана тайна эволюции звезд: некоторые звезды только что родились, другие имеют средний возраст, и, кроме того, многие звезды заканчивают свое существование грандиозными вспышками.

Физические характеристики звезд: светимость, температура, радиус, плотность – существенно различаются между собой. Между этими характеристиками существует взаимосвязь, которая отражает эволюционный путь звезды. Солнце по своим параметрам относится к желтым звездам, которые находятся в состоянии равновесия и не меняют своих размеров в течение миллиардов лет. В космосе существуют звезды-гиганты, которые в тысячи раз больше, чем Солнце, и звезды-карлики, радиус которых меньше, чем радиус Земли. Итак, мы знаем теперь, что все элементы, которые входят в состав нашей планеты и всего живого на ней, образовались в результате термоядерных реакций, идущих в звездах. Поэтому звезды являются не только самыми распространенными во Вселенной объектами, но и самыми важными для понимания явлений и процессов, происходящих на Земле и за ее пределами.

3. Эволюция звезд.

Астрономы создали теорию эволюции звезд благодаря тому, что в космосе можно наблюдать миллиарды звезд разного возраста. Это немного похоже на то, как за несколько часов можно описать рост и развитие дерева, которое существует десятки лет, – надо только пойти в лес и изучить деревья разного возраста. Вселенная – это своеобразный космический парк, в котором звезды рождаются, некоторое время светят, а затем погибают. Трудно увидеть звезду до ее рождения, пока она не начнет светиться в видимой части спектра. Звезды зарождаются вместе с планетами с разреженных газопылевых облаков, которые образуются после взрыва старых звезд. С помощью современных телескопов астрономы обнаружили в космосе сотни таких огромных газопылевых туманностей, где происходит образование молодых миров.

Судьба звезды и продолжительность её жизни зависят от начальной массы зародыша звезды – протозвезды. Если она в несколько раз больше, чем масса Солнца, то при гравитационном сжатии образуются горячие звезды спектральных классов О и В. Протозвезды с такой начальной массой, как масса Солнца, во время гравитационного сжатия нагреваются до температуры 6000 К. Протозвезды с массой в несколько раз меньше, чем солнечная, могут превратиться только в красных карликов. Наименьшая масса, необходимая для начала термоядерных реакций в недрах звезды, составляет почти 0,08 массы Солнца. Объекты меньшей массы никогда в звезды не превратятся – они будут излучать энергию только в инфракрасной части спектра. Такие космические тела мы наблюдаем даже в Солнечной системе – это планеты-гиганты Юпитер, Сатурн, Нептун. Возможно, что в межзвездном пространстве количество таких холодных инфракрасных тел (их еще называют коричневыми карликами) может быть намного больше, чем видимых звезд.

Звезда в состоянии гравитационного равновесия

В течение своей долгой жизни каждая звезда может как увеличивать, так и уменьшать все свои основные параметры – температуру, светимость и радиус. Звезды на главной последовательности находятся в состоянии гравитационного равновесия, когда внешние слои за счет гравитации давят к центру, в то время как давление нагретых газов действует в противоположном направлении – от центра. Звезда в состоянии гравитационного равновесия не меняет своих параметров, потому что интенсивное излучение энергии с поверхности компенсируется источником энергии в недрах – термоядерными реакциями. Такой процесс продолжается до тех пор, пока половина водорода в ядре не превратится в гелий, и тогда интенсивность термоядерных реакций может уменьшиться. Продолжительность такой стационарной фазы в жизни звезды, когда ее параметры долгое время остаются постоянными, зависит опять-таки от ее массы.

Расчеты показывают, что такие звезды, как Солнце, в состоянии равновесия светят не менее 10 млрд лет. Более массивные звезды спектральных классов О, В, в недрах которых термоядерные реакции протекают интенсивнее, в равновесии светят 100 млн лет, а дольше «мерцают» маленькие красные карлики – их возраст может превышать 10^{11} лет.

Переменные звезды

Переменные звезды в течение определенного времени могут менять свою яркость. Различают такие типы переменных звезд: блеск звезды может

изменяться в кратных системах, когда происходят периодические затмения объектов, которые имеют разную светимость. Примером такой переменной звезды является Алголь – известная двойная звезда β Персея; другой тип переменных звезд называют физически переменными. Изменение яркости таких звезд связано с тем, что термоядерные реакции в центре звезды со временем будут протекать не так интенсивно, в случае нарушения гравитационного равновесия будет заметно изменение ее размеров и температуры на поверхности. На диаграмме спектр-светимость такие звезды не имеют постоянного положения и смещаются с главной последовательности вправо.

Из различных типов физически переменных звезд привлекают внимание цефеиды. Их название происходит от созвездия, в котором впервые заметили такую переменную звезду – Цефея. Расчеты периода изменения яркости показали, что цефеиды меняют свой радиус, поэтому их можно считать своеобразными маятниками, которые колеблются в своем гравитационном поле. Период пульсаций зависит от массы и радиуса звезды, например, Цефея пульсирует с периодом 5,4 суток.

Пульсации приводят к тому, что цефеида со временем превращается в гиганта, который может постепенно сбросить свою оболочку. Такие объекты астрономы ошибочно называли планетарными туманностями – когда-то считали, что так рождается новая планетная система. Горячее ядро такой планетарной туманности постепенно сжимается и превращается в белого карлика.

Новые и Сверхновые звезды

Звезды с массой в несколько раз больше, чем солнечная, заканчивают свою жизнь грандиозным взрывом. В 1054 г. китайские астрономы наблюдали чрезвычайно яркую новую звезду, которую было видно днем в течение нескольких недель. Эту необычную звезду заметили также летописцы в Киевской Руси, потому что это был год смерти Ярослава Мудрого.

Считалось, что появление новой звезды предвещало «Божье знамение» на печальное событие в жизни Руси. Сегодня на том месте, где вспыхнула эта таинственная звезда, видно туманность Краб. Звезды спектральных классов O и B, которые в течение нескольких дней увеличивают свою яркость в сотни миллионов раз, называют Новыми. Иногда Новая излучает почти столько же энергии, сколько выделяют вместе все звезды в галактике – такие звезды называются Сверхновыми. Туманность Краб в созвездии Тельца является остатком такой сверхновой, вспыхнувшей 4 июля 1054 г. Вернее, если учесть, что туманность Краб размещается на

расстоянии 6500 св. лет от Земли, то вспышка сверхновой произошла еще 7500 лет назад.

Новая звезда – взрывопеременная двойная звезда, которая внезапно увеличивает свою светимость в $100 - 100000000$ раз ($10^2 - 10^7$ раз).

Сверхновая – звезда, светимость которой увеличивается за несколько дней в миллиарды раз.

Последнюю вспышку Сверхновой астрономы наблюдали в прошлом тысячелетии 24 февраля 1987 году в соседней галактике – Большом Магеллановом Облаке. Взорвалась гигантская звезда спектрального класса, которая несколько недель светила ярче всех звезд в галактике. Примерно за 20 часов до вспышки Сверхновой было зарегистрировано ударную волну нейтринного потока, который длилась 13 с и по мощности была в десятки тысяч раз больше, чем энергия в оптическом диапазоне. Таким образом, в 1987 году астрономы впервые получили информацию о далеком космическом событии, которое произошло почти 200000 лет назад.

После вспышки звезды все планеты, вращающиеся вокруг нее, испаряются и превращаются в газопылевую туманность, из которой в будущем может образоваться новое поколение звезд. То есть во Вселенной наблюдается своеобразный круговорот вещества: звезда – вспышка звезды – туманность – и снова рождение молодых звезд.

После вспышки Новой или Сверхновой остается ядро, в котором отсутствует источник энергии. Такая звезда постепенно уменьшает свой радиус и светит только благодаря гравитационному сжатию – потенциальная энергия звезды превращается в тепло. При сжатии масса остается постоянной, поэтому увеличивается плотность, и звезда превращается в белого карлика.

Если начальная масса звезды была в несколько раз больше, чем солнечная, то белый карлик может превратиться в нейтронную звезду, радиус которой не превышает нескольких десятков километров, а плотность достигает фантастической величины 10^{15} г/см³. Первую нейтронную звезду случайно открыли в Кембриджском университете в 1967 г. С помощью небольшой антенны астрономы зарегистрировали радиосигнал, повторяющийся с постоянным периодом в 1 с. Ночью в том направлении, откуда поступали импульсы, не было видно ни одной звезды, поэтому астрономы даже выдвинули гипотезу, что радиосигнал искусственного происхождения от внеземной цивилизации. Затем наблюдения показали, что такие периодические сигналы поступают на Землю от сотен других невидимых источников, которые были названы пульсарами. Один из пульсаров был обнаружен даже в центре знаменитой туманности Краб.

Пульсары и нейтронные звезды

Современные теоретические расчеты показывают, что пульсары и нейтронные звезды – это одни и те же объекты. Периодические сигналы пульсаров объясняются большой угловой скоростью вращения нейтронной звезды вокруг оси.

Пульсар – источник электромагнитных волн, который излучает энергию в виде импульсов с определенным периодом.

Вследствие сжатия нейтронной звезды должен выполняться закон сохранения момента импульса. Этот закон часто демонстрируют на льду фигуристы, когда надо вызвать быстрое вращение своего тела вокруг оси. Спортсмены сначала начинают медленно вращаться вокруг оси с вытянутыми в разные стороны руками. Затем постепенно руки подводят к туловищу, при этом угловая скорость вращения резко возрастает. Такой же рост угловой скорости наблюдается при уменьшении радиуса звезды. Например, сейчас Солнце вращается вокруг своей оси с периодом примерно 28 суток. Если бы радиус Солнца уменьшился до 10 км, то его период вращения был бы равен 1 с.

При гравитационном сжатии настолько возрастает напряженность магнитного поля звезды, что она «выпускает» излучения только через магнитные полюса в виде своеобразных «прожекторов», которые описывают в космосе огромный конус. Возможно, что в Галактике существуют миллионы нейтронных звезд, но зарегистрировано только несколько сотен в виде пульсаров, поскольку большинство таких «прожекторов» не направлены на Землю.

Черные дыры

Черные дыры образуются на последней стадии эволюции звезд с массой больше чем $3M_{\odot}$. Такое странное название связано с тем, что эти тела должны быть невидимыми, потому что не выпускают за свои пределы свет. С другой стороны, такие объекты втягивают все из окружающего пространства. Если космический корабль попадет на границу черной дыры, то вырваться из ее поля тяготения он не сможет, потому что вторая космическая скорость у ее поверхности равна скорости света 300000 км/с.

Черная дыра не выпускает из поля тяготения ни элементарных частиц, ни электромагнитные волны. Радиус черной дыры зависит от ее массы, и может быть от нескольких сантиметров или метров до миллиардов километров.

Подобных черных дыр, или своеобразных звездных могил, в космосе может насчитываться даже больше, чем обычных звезд. Получить информацию о черной дыре можно с помощью её гравитационного поля,

которое бесследно не может исчезнуть. Представьте себе, что космический корабль приближается к черной дыре. Его скорость должна постепенно возрастать до скорости света. Но согласно теории относительности скорость материального тела, масса покоя которого отличается от нуля, никогда не достигнет скорости света. То есть воображаемый космический корабль никогда не долетит до предела черной дыры, поскольку время для космонавтов на борту корабля будет замедляться. Если космонавты будут поддерживать связь с Землей с помощью радио, то замедление времени проявится в том, что сигналы с корабля будут поступать все реже и реже. С другой стороны, космонавты на космическом корабле будут наблюдать совсем другое течение времени – сигналы от землян будут поступать все чаще и чаще. То есть космонавты на корабле, который падает в черную дыру, могли бы увидеть далекое будущее нашего мира, но они не смогут передать нам информацию о нашем будущем, потому что сигнал через границу черной дыры никогда не достигнет Земли ...

5. Стрoение и эволюция Вселенной

Лекция № 7. Стрoение Вселенной. Эволюция Вселенной.

План

1. Стрoение Вселенной.
2. Стрoение нашей Галактики.
3. Место Солнечной системы в Галактике.
4. Другие звездные системы – Галактики.
5. Эволюция Вселенной.
6. Большой Взрыв и возраст Вселенной.
7. Жизнь во Вселенной.
8. Антропный принцип.

Литература:

1. Воронцов-Вельяминов Б.А. Астрономия. 11 кл.: Учеб. для общеобразоват. учеб. заведений / Б.А. Воронцов-Вельяминов, Е.К. Страут. – 4-е изд., стереотип. – М. : Дрофа, 2003. – 224 с.
2. Порфирьев В.В. Астрономия : Учеб. для 11 кл. общеобразоват. учреждений В.В. Порфирьев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : 2003. – 174 с.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что в переводе с греческого языка означает слово Галактика?
2. Какие форму и размеры имеет наша Галактика?
3. Чем отличаются между собой диаграммы спектр-светимость для шаровых и рассеянных скоплений?
4. Что находится в центре Галактики?
5. определяет Галактический год?
6. Какие звезды входят в плоскую составляющую Галактики?
7. Какие структуры имеют галактики?
8. Почему положение Солнца и Земли в Галактике можно считать привилегированным?
9. Как с помощью закона Хаббла можно измерить расстояние до галактик?
10. Что означает в астрономии Большой Взрыв?
11. Когда произошел Большой Взрыв?
12. Когда образовалась Солнечная система?
13. В каком месте космоса произошел Большой Взрыв?
14. Чему равна средняя температура Вселенной?
15. Какова судьба закрытой Вселенной?
16. Что ждет в будущем открытую Вселенная?

17. О чем свидетельствует реликтовое излучение Вселенной?
18. Каков возраст Вселенной?
19. Назовите этапы эволюции Вселенной.
20. Что такое антропный принцип?
21. Над проблемой работает международная организация SETI?
22. Какую роль играют космические катастрофы в эволюции жизни на Земле?
23. Какие существуют основания для поисков жизни вне Солнечной системы?
24. Сколько времени современные космические корабли должны лететь до ближайшей звезды?
25. Можно ли с помощью современных радиотелескопов установить контакт с внеземными цивилизациями?

1. Строение Вселенной.

Вселенная – весь объективно существующий мир; все сущее; все, что мы можем наблюдать и все, что мы можем представить себе на основе современных научных теорий. Вселенная не имеет ни начала, ни конца, она всегда существовала и будет существовать; она бесконечна в пространстве и вечно во времени. Вселенная непрерывно изменяется, развивается, эволюционирует.

В самом крупном масштабе строение Вселенной представляет собой расширяющееся пространство, заполненное губкообразной клочковатой структурой. Стенки этой губчатой структуры Вселенной представляют собой скопления миллиардов звёздных галактик. Расстояния между ближайшими друг к другу галактиками составляют обычно около миллиона световых лет. Каждая звёздная галактика составлена из сотен миллиардов звёзд, которые обращаются вокруг центрального ядра. Размеры галактик составляют до сотен тысяч световых лет. Звёзды состоят в основном из водорода, который является самым распространённым химическим элементом во Вселенной.

Единой точки зрения, является ли Вселенная бесконечной или конечной в пространстве и объёме, не существует. Тем не менее, наблюдаемая Вселенная, включающая все местоположения, которые могут воздействовать на нас с момента Большого взрыва, конечна, поскольку конечна скорость света. Границей космического светового горизонта является расстояние 24 Гигапарсека. Действительное расстояние до границы наблюдаемой Вселенной больше благодаря всё увеличивающейся скорости расширения Вселенной и оценивается в 93 миллиарда световых лет.

2. Строение нашей Галактики.

Первые исследования нашей Галактики как звездной системы начал Уильям Гершель. Российский ученый В. Струве (1793-1864) писал: «Явление Млечного Пути столь загадочное с первого взгляда, что мы должны почти отказаться от желания его объяснить. Однако ученый никогда не должен отступать ни перед темнотой явления, ни перед трудностями исследования». Одной из причин такого пессимизма было то, что мы находимся внутри этой гигантской звездной системы. Ее края недостижимы для изучения или учитывая малую мощность средств исследований, или же потому, что в решающих направлениях далекие звезды экранируются густыми комплексами газово-пылевых облаков. Поэтому задачу астронома сравнивают с усилием человека, который должен описать строение большого неизвестного города, оказавшись на перекрестке двух улиц в его центре.

Настоящее открытие Галактики как физического объекта произошло в 1924 г., когда Э. Хаббл доказал, что она – лишь один из многих подобных ей звездных миров. Обогащение представлений о Галактике началось с 60-х годов XX в. после создания мощных наземных и космических телескопов.

Млечный Путь – это относительно яркая серебристо-белая полоса на звездном небе, которую древние греки называли «галактикос» (от греч. «Гала» – «молоко»). В северном полушарии неба Млечный Путь проходит через созвездия Близнецов, Тельца, Возничего, Кассиопеи, Цефея и Лебедя. В этом созвездии он раздваивается и двумя полосами проходит через созвездие Орла, а дальше, в южном полушарии неба через созвездия Щита, Стрельца, Змееносца и Скорпиона. Описав дугу в 25° от Южного полюса мира, в Украине он появляется над горизонтом в созвездии Большого Пса и Единорога, переходя в северное полушарие неба через созвездия Ориона.

Кольцо Млечного Пути образуют ближайшие к нам звезды Галактики, так как звездная система имеет вид диска или двояковыпуклой линзы. Для первых ее исследователей это кольцо создавало впечатление, что Солнце находится в центре Галактики. Как увидим далее, это совсем не так.

При обсуждении строения Галактики еще У. Гершель через середину Млечного Пути провел воображаемую плоскость, впоследствии названную галактической. Подсчитывая количество звезд, которые видны в телескоп в каждом из 1083 небольших, но одинаковых участков неба, расположенных на разных угловых расстояниях от упомянутой плоскости, Гершель построил первую модель Галактики. В этой модели Галактика выглядела в виде диска диаметром 5800 и толщиной 1100 св. лет. Теперь можно сказать, что он уменьшил размеры Галактики в 17 раз, потому что не учел поглощения света звезд межзвездным газом, о котором тогда было неизвестно.

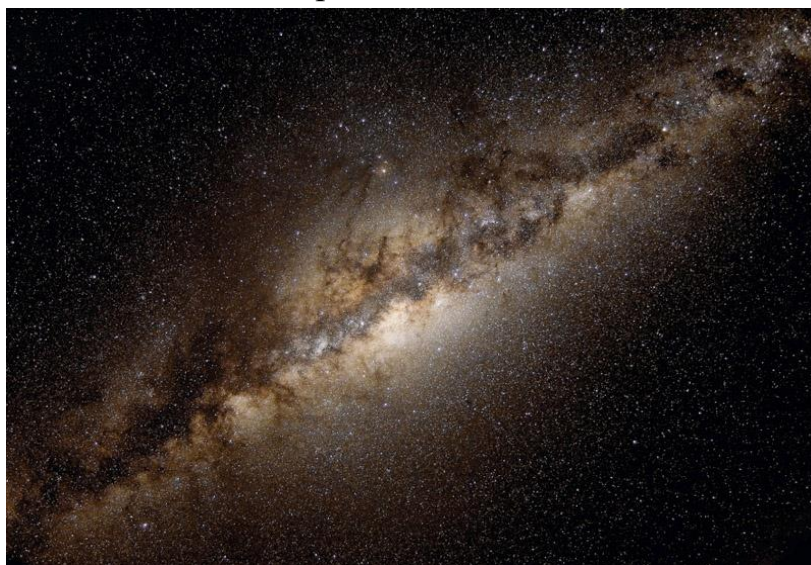


Рисунок 1 – Наша Галактика

Галактику часто изображают как звездную систему в виде огромного блина, в котором звезды движутся в одной плоскости. На самом деле Галактика имеет сферическую форму с диаметром почти 300000 св. лет, но большинство звезд большой светимости размещаются примерно в одной плоскости, поэтому их видно на небе как туманную светлую полосу, которую называют Млечный Путь.

Обратите внимание, что все яркие звезды (созвездие Орион, Лебедь, Лира, Орел) располагаются в полосе Млечного Пути. В этой плоскости располагается значительная часть газопылевых туманностей, из которых образуются новые поколения звезд и планет. Все эти объекты формируют так называемую плоскую составляющую Галактики, в которую входит и Солнечная система.

Старые звезды малой светимости, которые входят в шаровидные скопления, относятся к сферической составляющей Галактики. По химическому составу звезды шаровых скоплений содержат в сотни раз меньше тяжелых химических элементов, чем Солнце, потому что это звезды первого поколения, которые сформировались вместе с образованием Галактики еще 10 – 15 млрд лет назад. Зарождение молодых звезд и планетных систем сейчас происходит только в плоскости Галактики, где газопылевые туманности образуются после взрыва Новых и Сверхновых звезд.

Согласно современным представлениям, наша Галактика имеет форму плоского линзообразного диска. Его диаметр составляет около 30 кпк, а толщина – около 4 кпк. Звёздный диск Галактики имеет структуру в виде спиральных ветвей – рукавов. В середине диска есть заметное утолщение – балдж (от английского слова «вздутие»). В центральной части Галактики располагается её ядро, скрытое от нас плотными газопылевыми облаками и звёздами.

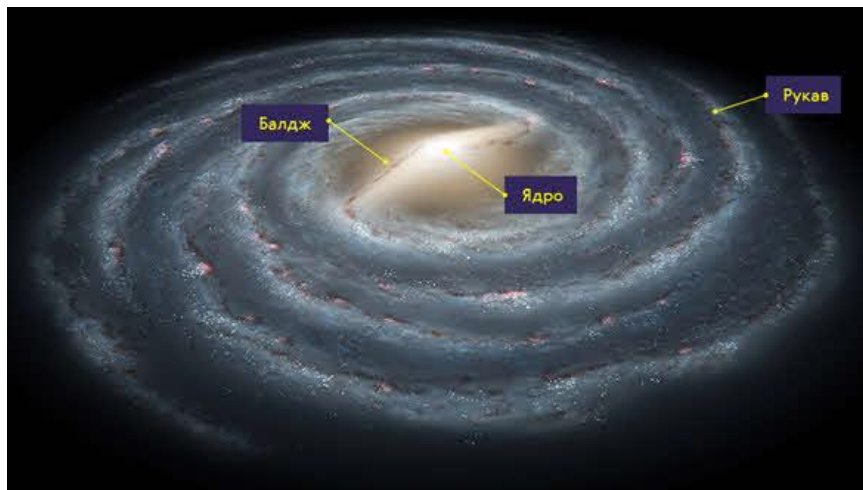


Рисунок 2 – Строение Галактики

Ядро представляет собой высокоплотный объект (вероятнее всего, сверхмассивную чёрную дыру), окружённый горячим радиоизлучающим газовым облаком диаметром не более 1,8 пк. По некоторым оценкам, масса галактического ядра в $4,31 \cdot 10^6$ раз больше массы Солнца.

Часть звёзд нашей Галактики не входит в состав диска, а образует его сферическую составляющую – **звёздное гало**. Оно имеет сферическую форму и состоит в основном из очень старых звёзд, разреженного горячего газа и тёмной материи. Гало выходит за пределы Галактики на 5–10 тысяч световых лет.

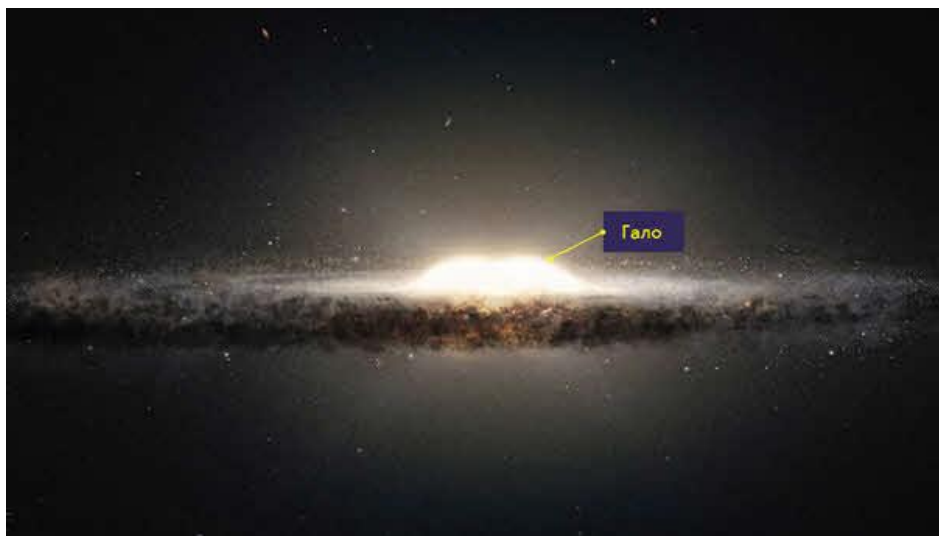


Рисунок 3 – Гало

Масса всей Галактики оценивается примерно в полтриллиона масс Солнца.

Исследование звёзд в нашей звёздной системе показало, что в ней есть как и очень молодые звёзды (возрастом около 100 тысяч лет), так и очень старые звёзды, возраст которых сравним с возрастом самой Галактики (13,2 млрд лет).

Основными структурными составляющими нашей звёздной системы являются **звёздные скопления**. Так принято называть гравитационно-связанные группы звёзд, которые имеют общее происхождение и движутся в поле тяготения Галактики как одно целое.

По внешнему виду они делятся на две группы: рассеянные и шаровые скопления.

Рассеянное звёздное скопление – это не имеющая правильной формы сравнительно неплотная группа, содержащая от нескольких десятков до нескольких тысяч звёзд, образованных из одного молекулярного облака и имеющих примерно одинаковый возраст.

В нашей Галактике обнаружено более 1100 рассеянных скоплений вблизи галактического центра. Однако считается, что их может быть гораздо

больше. Типичный возраст рассеянных скоплений оценивается в несколько сотен миллионов лет, и состоят они в основном из бело-голубых звёзд главной последовательности.

Самыми известными рассеянными скоплениями, видимыми невооружённым глазом, являются Плеяды, Гиады и Скопление Альфа Персея.



Рисунок 4 – Гиады

Шаровым скоплением называется звёздное скопление, в котором содержится до миллиона звёзд, тесно связанных гравитацией. Они обладают симметричной сферической формой и характеризуются увеличением концентрации звёзд к центру скопления.

Шаровые скопления образуют протяжённое гало вокруг центра Галактики, сильно концентрируясь к нему. На 2017 год открыто 158 шаровых скоплений. Их звёздное население состоит из давно проэволюционировавших звёзд – красных гигантов и сверхгигантов. Возраст шаровых скоплений может достигать 11–13 миллиардов лет.

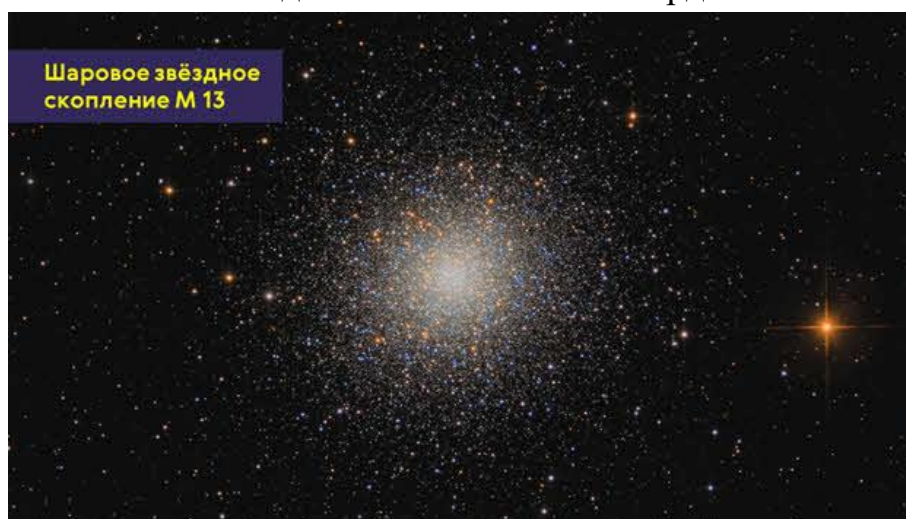


Рисунок 5

В июне 2011 года стало известно об открытии нового класса скоплений в созвездии Лиры (NGC 6791), который сочетает в себе признаки и шаровых, и рассеянных скоплений.

Группы звёзд, которые не связаны силами гравитации, или слабосвязанных молодых звёзд, объединённых общим происхождением, называют **звёздными ассоциациями**.

Таким образом, существование в Галактике звёздных скоплений и ассоциаций различных возрастов указывает на то, что звёзды формируются не в одиночку, а группами, а сам процесс звёздообразования продолжается и по сей день.

Мы уже с вами знаем, что долгое время видимые на небе звёзды считались неподвижными объектами. Лишь в 1718 году английский астроном Эдмунд Галлей решил сравнить положения звёзд его времени с теми, которые были описаны ещё в каталоге Гиппарха во II в. до н. э. Каково же было удивление учёного, когда он обнаружил, что яркие звёзды Сириус и Порцион сместились примерно на $0,7^\circ$. А у Арктура это смещение составило более 1° .

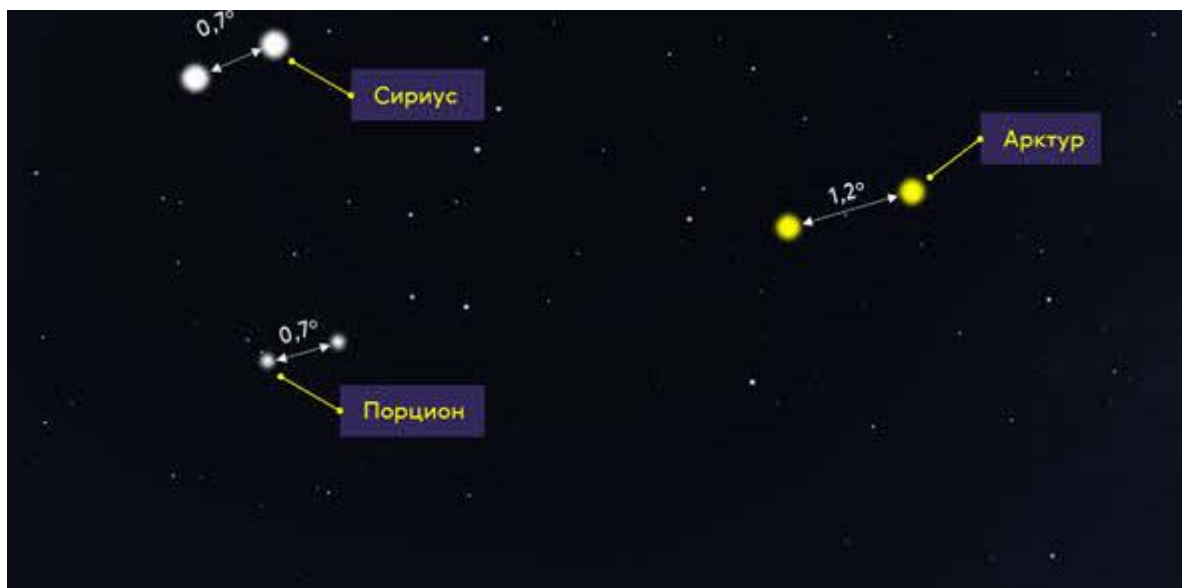


Рисунок 6

На основании этих данных Галлей выдвинул предположение о том, что звёзды движутся в пространстве относительно Солнца. Скорость, с которой движется звезда в пространстве относительно Солнца, называется **пространственной скоростью**. В общем случае вектор пространственной скорости направлен под некоторым углом к лучу зрения наблюдателя.

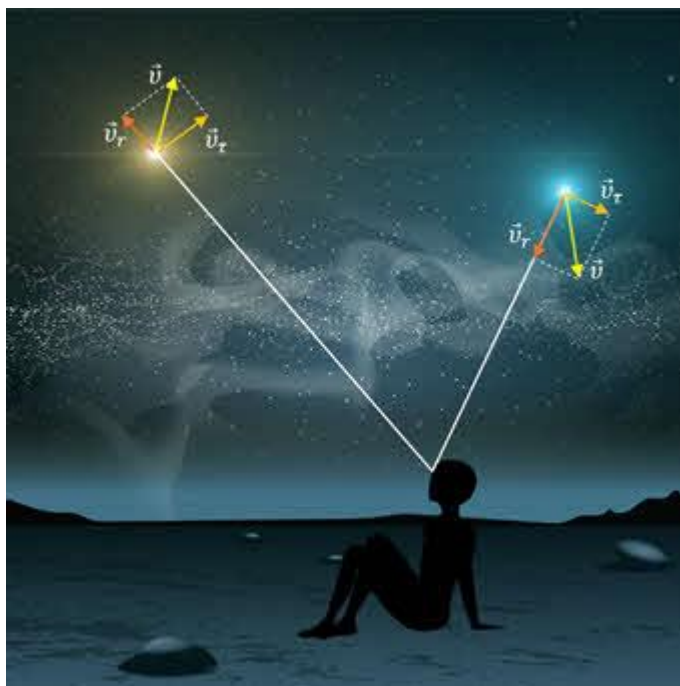


Рисунок 7

В настоящее время смещения звёзд определяют по фотографиям одного и того же участка неба, сделанных с интервалом несколько лет и даже десятков лет. Но даже в этом случае смещение большинства звёзд очень невелико. И чтобы его определить, используют специальные микроскопы. Но на протяжении десятков тысяч лет собственные движения звёзд существенно сказываются на их положении, вследствие чего меняются привычные нам очертания созвездий.

Анализ собственных движений звёзд привёл к обнаружению движения и нашего Солнца. Оказалось, что оно движется к точке в созвездии Геркулеса со скоростью около 19,4 км/с. Эта точка называется **апексом Солнца**. Соответственно, диаметрально противоположная ей точка называется **антиапексом**.

Также изучение лучевых скоростей звёзд в различных направлениях от Солнца позволило профессору Казанского университета Мариану Альбертовичу Ковальскому в 1857 году доказать вращение нашей звёздной системы и сформулировать законы этого вращения. Оказалось, что все звёзды диска Галактики обращаются вокруг её ядра по орбитам, близким к круговым, по ходу часовой стрелки (если смотреть на Галактику со стороны её северного полюса). При этом угловая скорость вращения убывает по мере удаления от центра. А вот линейная скорость вращения сначала возрастает с удалением от центра Галактики, достигая максимума (около 220 км/с) на расстоянии Солнца, после чего очень медленно начинает убывать. Так,

например, наше Солнце совершает один оборот вокруг ядра Галактики примерно за 220 миллионов лет.

3. Место Солнечной системы в Галактике.

Согласно последним научным оценкам, расстояние от Солнца до галактического центра составляет $26\,000 \pm 1\,400$ световых лет, в то время как, согласно предварительным оценкам, наша звезда должна находиться на расстоянии около 35000 световых лет от перемычки. Это означает, что Солнце расположено ближе к краю диска, чем к его центру. Вместе с другими звёздами Солнце вращается вокруг центра Галактики со скоростью 220 – 240 км/с, делая один оборот примерно за 200 млн лет. Таким образом, за всё время существования Земля облетела вокруг центра Галактики не более 30 раз.

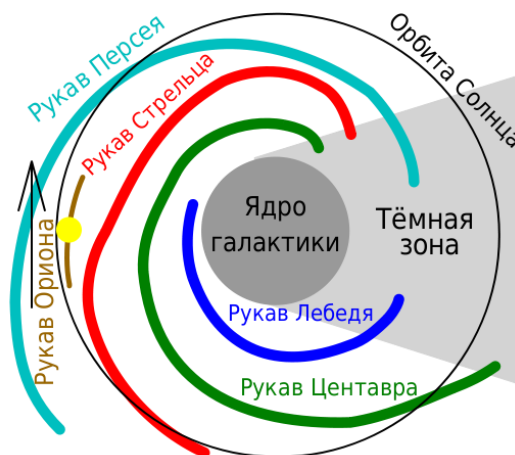


Рисунок 8

В окрестностях Солнца удаётся отследить участки двух спиральных рукавов, которые удалены от нас примерно на 3 тыс. световых лет. По созвездиям, где наблюдаются эти участки, им дали название рукав Стрельца и рукав Персея. Солнце расположено почти посередине между этими спиральными ветвями. Но сравнительно близко от нас (по галактическим меркам), в созвездии Ориона, проходит ещё один, не очень чётко выраженный рукав – рукав Ориона, который считается ответвлением одного из основных спиральных рукавов Галактики.

Скорость вращения Солнца вокруг центра Галактики почти совпадает со скоростью волны уплотнения, образующей спиральный рукав. Такая ситуация является нетипичной для Галактики в целом: спиральные рукава вращаются с постоянной угловой скоростью, как спицы в колёсах, а движение звёзд происходит с другой закономерностью, поэтому почти всё звёздное население диска то попадает внутрь спиральных рукавов, то

выпадает из них. Единственное место, где скорости звёзд и спиральных рукавов совпадают – это так называемый коротационный круг, и именно на нём расположено Солнце.

Для Земли это обстоятельство чрезвычайно важно, поскольку в спиральных рукавах происходят бурные процессы, образующие мощное излучение, губительное для всего живого. И никакая атмосфера не смогла бы от него защитить. Но наша планета существует в сравнительно спокойном месте Галактики и в течение сотен миллионов (или даже миллиардов) лет не подвергалась воздействию этих космических катаклизмов. Возможно, именно поэтому на Земле смогла родиться и сохраниться жизнь.

4. Другие звездные системы – Галактики.

В нашей звёздной системе находится около 200 – 400 миллиардов звёзд и ярких туманностей. Из числа этих объектов в состав Галактики не входит лишь слабо заметное туманное пятно, видимое в созвездии Андромеды и напоминающее по форме пламя свечи. В 1924 году Эдвин Хаббл с помощью крупнейшего телескопа того времени обнаружил, что туманность Андромеды находится от нас на расстоянии более двух миллионов световых лет и представляет собой систему из огромного числа звёзд.



Рисунок 9

Последующее изучение других известных на то время туманностей показало, что все они также являются удалёнными гигантскими звёздными системами. Так были открыты новые объекты Вселенной – галактики.

В настоящее время под **галактиками** понимают гигантские гравитационно-связанные системы звёзд и межзвёздного вещества, расположенные вне нашей Галактики.

Интересно, что к началу 90-х годов XX века астрономам было известно всего около 30 галактик. Однако после запуска космического телескопа «Хаббл» и ввода в строй 10-метровых наземных телескопов число известных галактик резко возросло. И хотя их точное количество во Вселенной до сих пор неизвестно, но, по всей видимости, их порядка двух триллионов.

Диаметр большинства известных галактик колеблется от 5 до 250 килопарсек. Но есть среди них и супергиганты, как, например, галактика IC 1101. Она имеет диаметр более 600 килопарсек. И на 2017 год являлась самой большой из известных галактик.

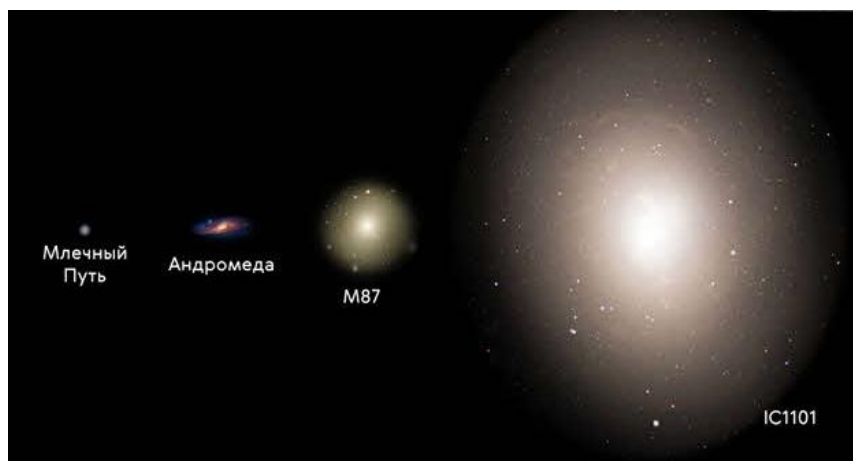


Рисунок 10

Глядя на фотографии удалённых галактик нетрудно заметить, что они отличаются большим многообразием.

В 1936 году Эдвин Хаббл предложил классифицировать галактики по внешнему виду. Согласно этой классификации, существует четыре основных вида галактик: эллиптические галактики (тип E), линзовидные галактики (тип S0), спиральные галактики (тип S) и неправильные галактики (Irr).



Рисунок 11

Эллиптические галактики – это класс галактик с хорошо выраженной сферической или эллипсоидной структурой. Наибольшее число звёзд в таких галактиках располагается вблизи её центра и плавно убывает к краю. Эллиптические галактики содержат только жёлтые и красные звёзды, практически не имеют газа, пыли и молодых звёзд высокой светимости.

По внешнему виду эллиптические галактики отличаются друг от друга в основном одной чертой – большим или меньшим сжатием. В связи с этим Хаббл предложил к буквенному обозначению галактики добавлять цифру от нуля до семи, которая характеризует эксцентриситет эллипса. Так, например, галактики E0 имеют практически шарообразную форму, а E7 – заметно вытянутую. Однако следует помнить, что число показывает не реальную форму галактики, а лишь её проекцию на небесную сферу.

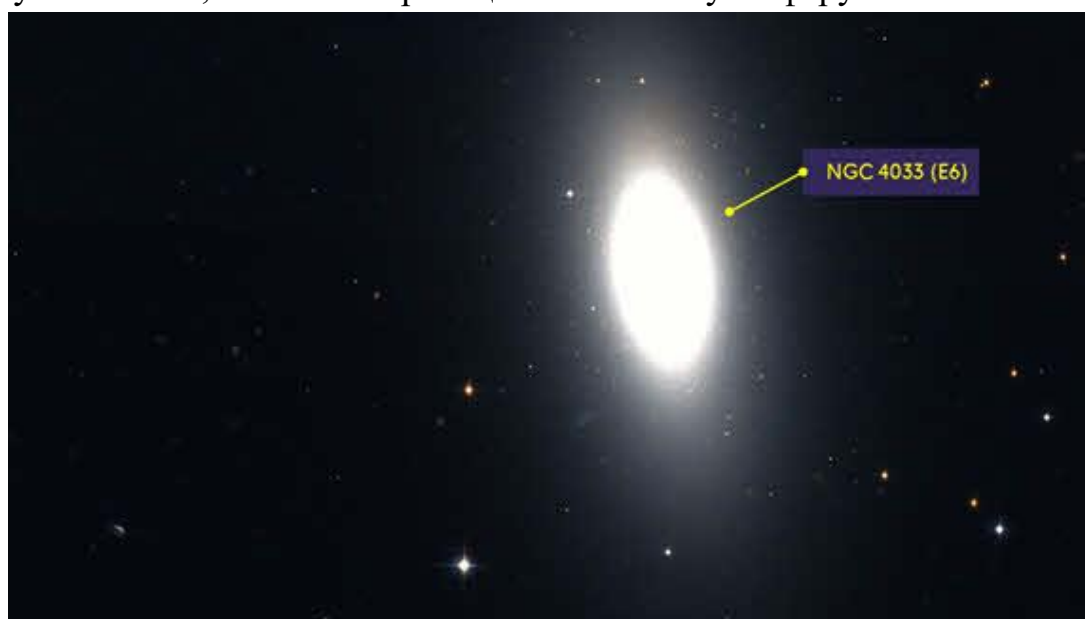


Рисунок 12

Одним из основных типов галактик являются **спиральные галактики**. На их долю приходится около 55 % от общего числа всех изученных галактик. Они представляют собой сильно сплюснутые системы с центральным уплотнением – балджем, (в котором находится ядро галактики) – и заметной спиральной структурой. Диск спиральной галактики окружён большим сферическим гало. Оно состоит в основном из старых звёзд, сосредоточенных в шаровых скоплениях.



Рисунок 13

Спиральные же рукава представляют собой области активного звёздообразования и состоят по большей части из молодых горячих звёзд.

В зависимости от того, насколько плотно расположены рукава галактики, к её обозначению добавляются малые латинские буквы от а до d.

Примерно 2/3 спиральных галактик имеют в центральной части почти прямую звёздную перемычку – **бар**. Поэтому такие галактики стали называть **спиральными галактиками с перемычкой**.

Бар состоит в основном из ярких звёзд и пересекает галактику посередине. Спиральные ветви в таких галактиках начинаются на концах перемычек. Тогда как в обычных спиральных галактиках они выходят непосредственно из ядра.

В своей классификации Эдвин Хаббл типизировал такие галактики, как SB и подразделил их на три подкатегории – в зависимости от того, насколько плотно скручены спиральные ветви.

Как вы, наверное, догадались, наша Галактика является спиральной с перемычкой.



Рисунок 14

Промежуточным типом между спиральными и эллиптическими галактиками являются **линзовидные (или линзообразные) галактики**. Внешне они очень похожи на эллиптические (если видны плашмя), но имеют сплюснутый звёздный диск. По структуре же они подобны спиральным галактикам, однако в них отсутствует плоская составляющая и очень слабо выражены спиральные ветви. Поэтому частота формирования звёзд в них понижена. В результате линзовидные галактики состоят в основном из очень старых звёзд.



Рисунок 15

И последний тип – это **неправильные галактики**. К ним относятся маломассивные галактики неправильной структуры. Чаще всего такие галактики имеют хаотичную форму без ярко выраженного ядра и спиральных ветвей. Но в них очень много межзвёздного газа – до 50 % от массы галактики. Поэтому в таких галактиках очень много молодых звёзд высокой светимости и областей ионизированного водорода.



Рисунок 16

Расстояния до ближайших галактик определяют по оценкам видимых звёздных величин цефеид:

$$\lg D = 0,2(m - M) + 1.$$

Но для большинства далёких галактик такой метод не подходит. Однако ещё в 1912 – 1914 годах американский астроном Весто Слайфер заметил, что линии в спектрах далёких галактик смещены относительно их

нормального положения в сторону красного конца спектра. В соответствии с эффектом Доплера это означало, что расстояние между наблюдателем с Земли и галактиками увеличивается.

Позже Эдвин Хаббл определил расстояния до некоторых галактик и их скорости. Из наблюдений следовало, что чем дальше от нас находится галактика, тем с большей скоростью она удаляется. При этом между этими величинами существует весьма простая линейная зависимость, которая получила название **закона Хаббла**.

$$v_r = Hr.$$

В записанной формуле H – это постоянная Хаббла. Она показывает, на сколько километров в секунду возрастает скорость галактик с увеличением расстояния до них на один мегапарсек (1 Мпк).

Постоянная Хаббла не является константой, то есть она изменяется со временем. Но термин «постоянная» оправдан тем, что в каждый данный момент времени во всех точках Вселенной постоянная Хаббла одинакова. По оценкам на 2016 год, она примерно равна $66,93 \pm 0,62$ (км/с)/Мпк.

Закон Хаббла дал возможность определить расстояние до наиболее далёких объектов во Вселенной.

Интересно, что благодаря этому закону в 1999 году Стивен Филлипс из Бристольского университета открыл новый тип **ультракомпактных карликовых галактик**. Это класс очень компактных галактик с крайне высокой плотностью звёздного населения. Их раньше упускали в связи с тем, что во время наблюдения из обычного телескопа они напоминают типичные отдельные звёзды находящиеся внутри нашей Галактики.

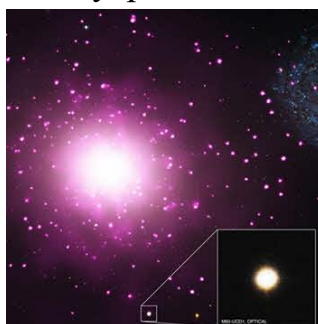


Рисунок 17

Большинство галактик группируются в скопления, которые принято делить на правильные и неправильные.

Правильные скопления в большинстве своём похожи на шаровые скопления звёзд. То есть для них характерна сферическая симметрия с сильной концентрацией галактик к центру. Типичное скопление такого типа наблюдается в созвездии Волосы Вероники и насчитывает несколько десятков тысяч галактик.

В 1933 году американский астроном Фриц Цвикки измерил радиальные скорости 8 галактик в этом скоплении и обнаружил, что для устойчивости скопления приходится предположить, что его полная масса в десятки раз больше, чем масса входящих в него звёзд. А изучение галактики Андромеды показало, что вращение звёзд вокруг её центра не уменьшается, как предсказывает небесная механика, а остаётся почти постоянной.

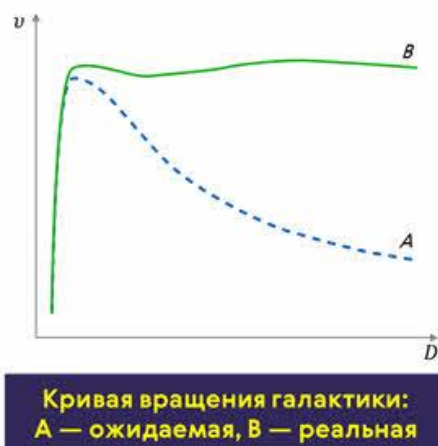


Рисунок 18

Это могло означать, что галактика на всём своём протяжении содержит значительную массу невидимого вещества, называемого **скрытой массой** или **тёмной материей**.

Установлено, что на роль тёмной материи не подходят ни газ, ни слабосветящиеся звёзды, ни другие объекты, состоящие из обычного вещества (протонов, нейтронов и электронов). Возможно, тёмная материя состоит из элементарных частиц, подобных нейтрино, слабо взаимодействующих с обычным веществом.

Иногда концентрация галактик в скоплениях бывает так велика, что они могут взаимодействовать друг с другом силами гравитации. Такие галактики принято называть **взаимодействующими**. Их гравитационное взаимодействие вызывает значительное изменение формы галактик.



Рисунок 19

Даже наша Галактика является взаимодействующей. В настоящий момент она поглощает одну карликовую галактику, находящуюся на противоположной от нас стороне галактического диска. Через несколько миллиардов лет она «проглотит» Магеллановы Облака, а через 4 миллиарда лет столкнётся с галактикой Андромеды. В результате столкновения в течение примерно 1-2 миллиардов лет галактики сольются в одну гигантскую звёздную систему.

У большинства галактик можно выделить яркую центральную часть – ядро. Эта область отличается большой звёздной плотностью и яркостью. В ядрах некоторых галактик происходит колоссальное выделение энергии, которое нельзя объяснить излучением или взрывами обычных звёзд. Такие галактики получили название **галактик с активными ядрами**. Их активность проявляется по-разному. Например, это может быть большая мощность излучения в коротковолновых областях спектра или же мощные выбросы струй газа – **джеты**.



Рисунок 20

В 1960 году во время радиообзора неба Аллан Сандэйж и Томас Мэттьюс обнаружили объект, который сильно напоминал активные ядра галактик. Но при этом в небе он выглядел как обычная звёздочка 13 звёздной величины. Изучение спектра объекта показало наличие в нём ярких линий излучения, которые напоминают спектры газовых туманностей, а сами линии были сильно смещены в красную область спектра, как в спектрах далёких галактик. Так были открыты **квазары** – класс астрономических объектов, являющихся одними из самых ярких в видимой Вселенной. Их мощность излучения в десятки, а иногда и в сотни раз превышает суммарную мощность всех звёзд таких галактик, как наша.

Природа активности радиоизлучения квазаров точно пока не установлена. По одной из теорий, они представляют собой галактики на

начальном этапе развития. А источником излучения является аккреционный диск сверхмассивной чёрной дыры, находящейся в центре галактики.

5. Эволюция Вселенной.

Принятая на сегодня Стандартная Космологическая Модель строения и эволюции Вселенной основана на общей теории относительности Эйнштейна. В этой модели постулируется, что наша Вселенная родилась во время изначального, так называемого **Большого Взрыва**. Около 13 млрд лет тому назад Вселенная представляла собой сгусток энергии, сконцентрированный в одной исходной точке, теоретический размер которой равен нулю. Другие физические величины, такие как температура, давление, плотность энергии и т.д., в этой точке должны быть бесконечно большими. Такая ситуация называется сингулярностью, и, чтобы хоть немного отступить от нулевого «момента неопределенности», модельное описание взрывоподобного рождения Вселенной начинают с некоторого минимального момента времени после взрыва. Его называют временем Планка – именно М. Планк предложил для него «конструкцию» из скорости света c , постоянной Планка $\hbar$, гравитационной постоянной G :

$$t_{pl} = (G\hbar/c^5)^{1/2} \approx 5,4 \cdot 10^{-44} \text{ с.}$$

В момент времени Планка t_{pl} размеры только что рожденной Вселенной не превышают нескольких микрон. Ее температура $T = 10^{32}$ К пока настолько высока, что весь мир еще абсолютно симметричен, все известные основные взаимодействия (гравитационное, сильное, слабое и электромагнитное) еще слиты в единую силу, и ни одна из частиц еще не имеет массы. Вселенная представляет собой идеальный газ безмассовых (т.е. виртуальных, еще не материализовавшихся) частиц со средней энергией $E = kT = 10^{28}$ эВ в состоянии термодинамического равновесия.

Чуть позже планковского времени произошло первое нарушение всеобщей симметрии, и первоначальная сила разделилась на гравитацию (за нее отвечает частица гравитино) и остальные три взаимодействия, которые пока связаны вместе.

Когда с момента Большого Взрыва прошли примерно 10^{-36} с и тепловая энергия снизилась до значения 10^{24} эВ при размерах Вселенной порядка 10 см, симметрия нарушилась и первые из частиц – Х- и Y-бозоны – приобрели массы. Но практически сразу они распадались на кварки (будущий «материал» для протонов и нейтронов) и лептоны (частицы, участвующие в слабом взаимодействии, – нейтрино, электроны, мюоны, тау, и их античастицы) и таким образом первыми «выпали» из термодинамического равновесия. Итак, на этом этапе сильные (ядерные) взаимодействия

заработали отдельно от еще неразделенных электрослабых (электромагнитных и слабых) взаимодействий.

В период $10^{-36} - 10^{-10}$ с Вселенная состояла из смеси пока безмассовых кварков и лептонов, а также фотонов, возникших при взаимной аннигиляции электронов и позитронов, следующего (более легкого) поколения Z- и W-бозонов, ответственных за слабое взаимодействие, и других гипотетических (суперсимметричных) частиц, например нейтралино. В это время все частицы, включая нейтрино, находились в почти полном равновесии между собой, т.е. рождение частиц балансировалось их аннигиляцией. Вселенная тогда, как и в настоящее время, содержала намного больше фотонов, чем кварков.

Через 10^{-10} с Вселенная остыла до температуры 10^{15} К и достигла уже более внушительного размера – около миллиарда километров. В этот момент произошло спонтанное нарушение еще одной симметрии, объединявшей слабые и электромагнитные взаимодействия. Теперь все четыре основные взаимодействия стали самостоятельными, безмассовые ранее частицы приобрели свои массы покоя, а из состояния термодинамического равновесия вышли промежуточные бозоны.

После 10^{-6} с, когда средняя энергия упала до 10^9 эВ ($T = 10^{13}$ К, размер Вселенной порядка 10^{11} км), из кварков начали формироваться мезоны, затем стабильные протоны и относительно стабильные нейтроны. Протоны и нейтроны носят общее название – барионы, поэтому обычную (состоящую из атомов и молекул) материю называют барионной, чтобы отличать ее от небарионной (состоящей из других имеющих массу частиц) материи. При снижении средней энергии до $3 \cdot 10^8$ эВ должны были приобрести массы гипотетические частицы аксионы, которые могут составлять некоторую часть небарионной материи, а для образования новых барионов уже не хватало энергии, и они начали превращаться в фотоны за счет аннигиляции со своими античастицами. Наш будущий материальный мир спасло то, что число частиц несколько превышало число античастиц и аннигиляция не могла быть полной. Этот небольшой излишек «выживших» барионов и есть вся барионная материя сегодняшней Вселенной. Родившиеся в результате фотоны к настоящему времени остыли до температуры 2.7 К и присутствуют во Вселенной в виде космического микроволнового фона или, другими словами, - реликтового излучения, впервые зарегистрированного в 1964 г. Из сравнения их числа с количеством барионов в современной Вселенной следует, что после аннигиляции осталась только одна миллиардная часть от первоначальных барионов.

Примерно через 1 с после Большого Взрыва ($T = 10^{10}$ К, размер Вселенной увеличился до 10^{14} км, или 10 световых лет) плотность частиц снизилась до такого значения (≈ 1000000 г/см³), при котором взаимодействия с участием нейтрино становятся настолько редкими, что они не могут больше находиться в термодинамическом равновесии с другими частицами. Эти нейтрино начинают жить своей независимой жизнью, свободно двигаясь по Вселенной (нейтринное реликтовое излучение). Если нейтрино имеет нулевую массу покоя, то такое излучение должно иметь температуру всего 2 К, а при ненулевой массе нейтрино, скажем порядка 10 эВ ($\approx 2 \cdot 10^{-33}$ г), их температура будет выше абсолютного нуля всего на несколько тысячных градуса. По этой причине, а также из-за очень малой вероятности взаимодействия нейтрино с веществом, нейтринное реликтовое излучение до сих пор не зарегистрировано.

Еще через несколько секунд, при энергиях ниже миллиона эВ, перестали образовываться электроны и позитроны. Те же, что уже были, почти полностью уничтожились за счет аннигиляции, оставив в «живых» ровно столько электронов, сколько до этого сохранилось протонов, - чтобы сбалансировать их положительный электрический заряд и оставить Вселенную (как и в самом исходном состоянии) электрически нейтральной.

Через 100 с после Большого Взрыва ($T = 10^9$ К, и размеры Вселенной достигли сотен световых лет) протоны и нейтроны начали сливаться в легчайшие ядра водорода H, дейтерия D, гелия ³He, ⁴He и лития ⁷Li (более тяжелые ядра не могли тогда образоваться из-за отсутствия стабильных ядер с массовыми числами 5 и 8). Кроме водорода, в основном появлялись ядра ⁴He, который с тех пор составляет около 1/4 барионной массы Вселенной; оставшиеся невостребованными лишние нейтроны распались в течение нескольких последующих часов и исчезли со сцены. Этот процесс называется первичным нуклеосинтезом, а относительная распространенность в космосе легчайших ядер, которая с достаточно высокой точностью измеряется сегодня, служит хорошим тестом для проверки модели Большого Взрыва.

И только спустя 300 000 лет, когда температура упала до 10 000 К и диаметр Вселенной достиг размеров десятков миллионов световых лет (10^{20} км), ядра стали окружаться электронными оболочками и возникли первые легкие атомы водорода и гелия. Поскольку средняя энергия к тому времени снизилась до нескольких эВ, энергии фотонов уже не хватало для разрушения атомов, и излучение в виде фотонов отделилось от материи, продолжая остывать (именно отсюда отсчитывает свою историю реликтовое излучение). До этого «пробег» фотонов из-за интенсивного взаимодействия с другими частицами, а затем и атомами, был настолько мал, что фотоны были

буквально «привязаны» к материи, и Вселенная, если бы на нее кто-то мог взглянуть со стороны, не светила, т.е. была невидимой. Теперь же Вселенная стала прозрачной, или видимой.

Когда температура снизилась до 3000 К, гравитационное притяжение между молекулами начало превосходить их взаимное отталкивание за счет теплового движения. Гравитация, действуя на случайные флуктуации плотности в пространственном распределении молекул (в основном водорода и гелия), стала стягивать материю, формируя первоначальные крупномасштабные структуры и группирования – протогалактики, на основе которых позднее (через сотни миллионов лет после Взрыва при температуре в сотни К) стали образовываться звезды и звездные скопления – галактики. Изначальные флуктуации плотности сейчас можно детектировать в виде очень небольшой анизотропии (неоднородности) в наблюдаемом угловом распределении реликтового излучения.

Первые звезды состояли практически только из водорода и гелия в виде горячей плазмы с температурой в центральной части, достаточной для протекания термоядерных реакций, в результате которых образовывались более тяжелые элементы – вплоть до железа. Химические элементы тяжелее железа рождались в результате взрыва сверхновых звезд. Чем больше масса звезды, тем меньше она живет. По мере «выгорания» термоядерного топлива в достаточно массивной звезде (более десяти солнечных масс) силы гравитационного притяжения приводят к схлопыванию звезды – гравитационному коллапсу, когда внешняя часть звезды с огромной скоростью начинает сжиматься в направлении к центру. В результате такого взрыва образуются новые, более компактные объекты в виде нейтронных звезд или черных дыр и выделяется колоссальная энергия, большую часть которой уносят нейтрино. В космическое пространство, как дым после взрыва бомбы, с огромной скоростью разлетается газообразное облако остатков прежней звезды, принося в космос новые химические элементы. Именно отсюда более поздние звездные образования, включая наше Солнце, как и планеты Солнечной системы, получают полный набор элементов таблицы Менделеева.

6. Большой Взрыв и возраст Вселенной.

Если наблюдения пока не позволяют нам с определенностью сказать о характере будущего расширения Вселенной, то оценить, когда в прошлом это расширение началось, можно с помощью закона Хаббла. Действительно, если наблюдаемая нами галактика удаляется со скоростью v и сейчас после

«начала» расширения находится на расстоянии r от Земли, то свое удаление она начала в момент

$$t = \frac{r}{v} = \frac{r}{Hr} = \frac{1}{H} = \frac{1}{2,4 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1}} = 0,42 \cdot 10^{18} \text{ с} = 13 \cdot 10^9 \text{ лет.}$$

Эти рассуждения применимы для любой галактики. Таким образом, около 13 млрд лет назад все вещество метagalактики было сосредоточено в небольшом объеме и плотность вещества была настолько высокой, что ни галактик, ни звезд не существовало. Пока не ясны ни физические процессы, протекавшие до этого сверхплотного состояния вещества, ни причины, вызвавшие расширение Вселенной. Ясно одно, что со временем расширение привело к значительному уменьшению плотности вещества и на определенном этапе расширения стали формироваться галактики и звезды.

Некоторые видят в наблюдаемом разбегании галактик аналогию с разлетом вещества во время взрыва, поэтому описанная теория расширения Вселенной получила название теории Большого взрыва, а время (13 млрд лет), прошедшее с начала этого взрыва, называют возрастом Вселенной.

7. Жизнь во Вселенной.

Жизнь во Вселенной – под этим термином следует понимать комплекс проблем и задач, направленных на поиск жизни. В самом общем случае жизнь трактуется максимально широко – как активная форма существования материи, в некотором смысле высшая по сравнению с её физической и химической формами существования. Таким образом, в общей постановке задачи нет требования, чтобы жизнь была похожа на земную, и есть целый ряд теорий, доказывающий, что жизнь может принимать и другие формы. Однако, основной подход, использующейся в астробиологии при построении стратегий поиска, состоит из двух этапов:

1. Изучение возникновения жизни на Земле. Выработка основных положений. В роли скелета выступают:

- Данные о геологической жизни планеты, в частности вулканизме, тектонике и магнитном поле.
- Данные об истории климата и наше понимание механизмов, регулирующих его.
- Основные представления об устройстве жизни, в частности о ДНК, клетках и границ выживания живых организмов.
- Данные о происхождении живых организмов и их эволюции.

2. Согласование основных положений с астрономическими наблюдениями и теориями и целенаправленный поиск. Включает в себя:

- Поиск жизнепригодных экзопланет.
- Построение теорий формирования, включающие в рассмотрение сложные молекулярные образования, из которых впоследствии могла зародиться жизнь.
- Изучение Солнечной Системы и соотнесение полученных данных с данными об extrasolar системах.

Также в отдельную область исследований может выделить поиск внеземных цивилизаций.

8. Антропный принцип.

Жизнь является одной из великих тайн Вселенной. Мы видим на Земле различные живые организмы, но ничего не знаем о других формах жизни на чужих планетах. Все живые существа рожают детей, а потом рано или поздно умирают, то есть превращаются в неживую материю. Но на Земле еще никто не наблюдал непосредственное зарождения живых биологических клеток с неживых химических соединений. По этому поводу английский биолог Ф. Крик высказался так: «Мы не видим пути от первоначального бульона до естественного отбора. Можно сделать вывод, что происхождение жизни – чудо, но это свидетельствует лишь о нашем незнании».

Астрономические наблюдения показывают, что параметры орбиты Земли, ее масса, радиус и химический состав наиболее благоприятные для существования жизни. Для этого также нужно стабильное Солнце, которое в течение нескольких миллиардов лет почти не меняло своей светимости. Даже расширение Вселенной способствует существованию жизни, потому что в фазе сжатия смертельное коротковолновое фоновое излучение могло бы уничтожить все живое. Возникает такое впечатление, что все сущее в космосе существует для того, чтобы на Земле жили разумные люди. Таким образом была сформулирована философская основа космологии – антропный принцип (от греч. Антропос – человек): «Мы наблюдаем Вселенную такой, какой мы её видим, потому что мы существуем». То есть, может где-то в космосе существуют миры с другими параметрами, но там нет разумных существ, которые могли бы описать свое бытие и передать эту информацию из прошлого в будущее.

Жизнь как открытая система, которая сохраняет и передает информацию из прошлого в будущее

Общие характеристики живых существ можно описать с помощью некоторых терминов теории сложных систем, поведение и эволюцию которых изучает новая наука синергетика. Все живые существа с помощью генов создают огромный объем информации, хранящейся и передаваемой

потомкам. Объем информации, который сохраняет только одна клетка живого организма, оценивается в $10^{22} - 10^{23}$ бит. Для сравнения напомним, что объем информации, которую хранят современные компьютерные диски, в миллиарды раз меньше.

Биологическая эволюция живых организмов происходит в направлении увеличения объема информации, который передается потомкам. Например, общая масса всех живых существ 100 млн лет назад было не меньше, чем масса современных живых существ, но объем новой информации, которой владеет наша цивилизация, в миллиарды раз больше, чем информация, хранившаяся в огромных телах динозавров.

Гигантский скачок в увеличении потока информации состоялся 100000 лет назад с появлением умного человека – *Homo sapiens*. Биологи доказывают, что тогда на Земле параллельно существовали два вида разумных людей – кроманьонцы и неандертальцы. Хотя неандертальцы были физически сильными и мощными, но во время ледникового периода они погибли. Выжили кроманьонцы, которые научились не только добывать и хранить огонь, но и передавать свои знания потомкам, то есть передавать информацию из прошлого в будущее не только с помощью генов. Почти все животные для обмена информацией пользуются звуками, но только умный человек для хранения информации начал применять различные знаки и символы, которые со временем превратились в письменность.

Благодаря компьютерам на современном этапе развития нашей цивилизации тоже наблюдается значительное увеличение потока информации, которой располагает человечество. С помощью АМС мы начали собирать информацию на далеких планетах и приступили к непосредственным поискам внеземных форм жизни. Вероятность существования жизни на других телах Солнечной системы достаточно мала, поэтому поиски внеземных цивилизаций сейчас ведутся вблизи других звезд. Недавно обнаруженные более тысячи темных спутников звезд, свидетельствует о существовании других планетных систем, где могут быть до сих пор неизвестные цивилизации.

Проблемы контактов с внеземными цивилизациями.

Контакты между цивилизациями прежде всего означают обмен информацией. Если во Вселенной существуют другие цивилизации, и они имеют определенный объем информации по своей части Галактики, то обмен информацией между ними может привести к общему росту информации, поэтому такой процесс, согласно теории биологической эволюции, можно считать прогрессивным.

Контакты с другими цивилизациями могут быть трех типов:

1. Обмен информацией с помощью электромагнитных волн или другого излучения, которое может быть носителем информации.

2. Обмен информацией с помощью автоматических систем, управлять которыми будут компьютеры и роботы.

3. Встреча живых представителей инопланетных цивилизаций. На данном этапе развития земной цивилизации мы можем осуществить контакты первого типа – современные радиотелескопы способны передавать и принимать информацию от цивилизации нашего интеллектуального уровня с расстояния 1000 св. лет. На таком расстоянии существуют миллионы звезд, поэтому найти подходящий объект для наблюдения очень сложно. В 1967 году впервые зарегистрировали периодические сигналы, которые поступали из межзвездного пространства, их называли пульсарами. Анализ сигналов показал, что пульсары никакого отношения к инопланетным цивилизациям не имеют, потому что периодические сигналы излучают нейтронные звезды. От Земли распространяется своеобразная интеллектуальная волна, которую излучают земные станции. Если учесть, что первые радиостанции начали передавать информацию в космос 100 лет назад, то эти «умные» сигналы распространились только на расстояние 100 св. лет от Земли. Если на таком расстоянии располагается цивилизация нашего интеллектуального уровня, получившая наши сигналы, то ответ придет к нам не ранее чем через 200 лет. То есть установление контактов между цивилизациями с помощью электромагнитных волн может происходить достаточно длительное время.

Налаживание контактов второго типа с помощью автоматических систем тоже требует длительного времени. Например, космические аппараты «Пионер-10, 11» и «Вояджер-1, 2» через миллионы лет выйдут за пределы Солнечной системы и будут самостоятельно обращаться вокруг центра Галактики. Не исключена возможность, что эти аппараты станут спутниками какой звезды. Если АМС не сгорят болидом в атмосфере планеты, то инопланетяне смогут прочитать информацию, которую несут эти аппараты.

Возможные последствия контактов с чужими цивилизациями.

Сейчас создана международная организация SETI (англ. Search of Extra Terrestrial Intelligence – поиски внеземного разума), которая разработала широкую программу поисков жизни во Вселенной. Возникает вопрос: для чего мы ведем поиски инопланетных цивилизаций? Может контакт с внеземным разумом принести нам какую-то дополнительную информацию и помочь выжить человечеству в этом мире?

Дело в том, что наша цивилизация сейчас находится в своеобразной изоляции, потому что Земля по многим параметрам является также закрытой системой. Согласно законам эволюции сложных систем в закрытой системе

растет беспорядок и уничтожается информация, поэтому закрытая система обречена на смерть. Примером такой своеобразной деградации закрытой системы являются обычные тепловые процессы – в изолированной колбе выравниваются температура и плотность. Интересно, что этот закон роста беспорядка в закрытой системе действует и в человеческом обществе, только в этом случае мерилom служит не температура, а информация. Человек является существом общественным, и он может оставаться человеком только общаясь с другими людьми. Возникают и предостережения относительно возможных последствий контактов с цивилизацией, которая находится на более высокой ступени развития. Если чужая цивилизация по интеллекту намного опередила землян, то она может уже осуществлять межзвездные перелеты. То есть контакты третьего типа могут произойти и на Земле, если к нам прилетят чужие космические корабли. В этом случае возникнет главная проблема: захотят разумные существа из других миров общаться с нами, ведь между нами и ними может быть интеллектуальная «пропасть». Контакты между цивилизациями могут привести к конфликтам – своеобразных «звездных войн», и мы должны быть готовы к этому.

Прогнозы эволюции земной цивилизации.

Время существования отдельной цивилизации тоже влияет на определение общего количества цивилизаций в Галактике. Например, в Средние века, когда средняя продолжительность жизни человека была 20 - 30 лет, население Земли не превышало 100 млн человек, и только в конце XX в., когда значительно вырос средний возраст людей, население Земли достигло более 6 млрд. Сколько времени может существовать отдельная цивилизация, мы не знаем, потому что наблюдаем только за развитием человечества.

Существуют несколько научных оценок продолжительности жизни цивилизации. По так называемой пессимистичной точке зрения средняя продолжительность существования отдельной изолированной цивилизации не превышает 10000 лет. Согласно этой шкалы земная цивилизация приближается к смерти, потому что человечество столкнулось с целым рядом проблем, которые могут привести к катастрофическим последствиям.

Ученые, которые имеют другую, не такую безнадежную точку зрения, считают, что все эти проблемы в будущем могут быть решены, поэтому оптимистичная оценка длительности существования нашей цивилизации – 100000 лет. То есть по этой шкале наша цивилизация только рождается, и в будущем нас ждет расцвет, освоение межзвездного пространства и встречи с инопланетными цивилизациями. Для этой цели и изучают астрономию – науку о таинственном и удивительном космосе.

Основные причины, которые могут вызвать гибель нашей цивилизации:

1. Экологическая катастрофа, которая может возникнуть вследствие загрязнения окружающей среды промышленными отходами наших предприятий.

2. Изменение климата на Земле из-за увеличения количества углекислого газа в атмосфере, увеличение парникового эффекта и повышение температуры.

3. Увеличение озоновых дыр в атмосфере может вызвать повышение доли ультрафиолетового излучения Солнца, которое достигает поверхности Земли, в результате чего могут погибнуть флора и фауна нашей планеты (кроме живых организмов в воде и под поверхностью Земли).

4. Катастрофическое столкновение с астероидом или кометой может привести к резкому снижению температуры и возникновению нового ледникового периода.

5. Цивилизация может покончить жизнь самоубийством из-за атомной войны. События последних лет показывают, что такая угроза существует, пока атомное оружие распространяется среди государств, которые не способны его должным образом контролировать.

6. Интеллектуальная деградация человечества.

Выводы:

Жизнь – это сложная открытая система химических и биологических соединений с высокой степенью упорядоченности, которая сохраняет большой объем информации о себе и окружающем мире. Земля по многим параметрам является закрытой системой, поэтому проблема выживания человечества связана с освоением космоса. Наша цивилизация сделала первые шаги в этом направлении – мы начали исследования Солнечной системы. Но у человечества могут возникнуть проблемы при установке контактов с чужими цивилизациями, которые находятся на более высоком, по сравнению с нами, степени интеллекта.