

**Национальный центр аэрокосмического образования
молодежи им.А.М.Макарова**

КАК УСТРОЕН МИР
Методические разработки

**Подготовил:
доктор технических наук,
профессор ДГМА
А.М.Яншин**

**г. Днепропетровск
2014г.**

I. Введение.

Звездное небо во все времена занимало воображение людей. Почему зажигаются звезды? Сколько их сияет в ночи? Далеко ли они от нас? Есть ли границы у звездной Вселенной? С глубокой древности человек задумывался над этими и многими другими вопросами, стремился понять, и осмыслить устройство того большого мира, в котором мы живем.

Самые ранние представления людей о нем сохранились в сказках и легендах. Прошли века и тысячелетия, прежде чем возникла и получила глубокое обоснование и развитие наука о Вселенной, раскрывшая нам замечательную простоту, удивительный порядок мироздания. Недаром еще в древней Греции ее называли Космосом, а это слово первоначально означало «порядок» и «красоту».

Системы мира - это представления о расположении в пространстве и движении Земли, Солнца, Луны, планет, звезд и других небесных тел.

II. Картина мира.

В древнеиндийской книге, которая называется «Ригведа», что значит «Книга гимнов», можно найти описание - одно из самых первых в истории человечества - всей Вселенной как единого целого. Согласно «Ригведе», она устроена не слишком сложно.

В ней имеется, прежде всего, Земля. Она представляется безграничной плоской поверхностью - «обширным пространством». Эта поверхность покрыта сверху небом. А небо - это голубой, усеянный звездами «свод». Между небом и Землей - «светящийся воздух».

От науки это было очень далеко. Но важно здесь другое. Замечательна и грандиозна сама дерзкая цель - объять мыслью всю Вселенную. Отсюда берет истоки уверенность в том, что человеческий разум способен осмыслить, понять, разгадать ее устройство, создать в своем воображении полную картину мира.

III. Движение планет.

Наблюдая за годичным перемещением Солнца среди звезд, древние люди научились заблаговременно определять наступление того или иного времени года. Они разделили полосу неба вдоль эклиптики на 12 созвездий, в каждом из которых Солнце находится примерно месяц. Как уже отмечалось, эти созвездия были названы зодиакальными. Все они за исключением одного носят названия животных.

С предутренним восходом того или иного созвездия древние люди связывали свои сельскохозяйственные работы, и это отражено в самих названиях созвездий. Так, появления на небе созвездия Водолея указывало на ожидаемое половодье, появление Рыб - на предстоящий ход рыбы для метания икры. С утренним появлением созвездия Девы начиналась уборка хлеба, которая проводилась преимущественно женщинами. Спустя месяц на небе появилась соседнее созвездие Весы, в это время как раз происходило взвешивание и подсчет урожая.

Еще за 2000 лет до н.э. древние наблюдатели заметили среди зодиакальных созвездий пять особых светил, которые, постоянно меняя свое положение на небе, переходят из одного зодиакального созвездия в другое. Впоследствии греческие астрономы назвали эти светила планетами, т.е. «блуждающими». Это Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн, сохранившие в своих названиях до наших дней имена древнеримских богов. К блуждающим светилам были причислены также Луна и Солнце.

Вероятно, прошло много столетий, прежде чем древним астрономам удалось установить определенные закономерности в движении планет и, прежде всего, установить промежутки времени, по истечении которых положение планеты на небе по отношению к Солнцу повторяется. Этот промежуток времени позже был назван синодическим периодом обращения планеты. После этого можно было делать следующий шаг - строить общую модель мира, в которой для каждой из планет было бы отведено определенное место и, пользуясь которой можно было бы заранее предсказать положение планеты на несколько месяцев или лет вперед.

По характеру своего движения на небесной сфере по отношению к Солнцу планеты (в нашем понимании) подразделяются на две группы. Меркурий и Венера названы внутренними или нижними, остальные - внешними или верхними. Угловая скорость Солнца больше скорости прямого движения верхней планеты. Поэтому Солнце постепенно обгоняет планету. Как и для внутренних планет, в момент, когда направление на планету Солнце совпадает, наступает соединение планеты с Солнцем. После того как Солнце обгонит планету, она становится видимой перед его восходом, во второй половине ночи. Момент, когда угол между направлением на Солнце и направлением на планету составляет 180 градусов, называется противостоянием планеты. В это время она находится в середине дуги своего попятного движения. Удаление планеты от Солнца на 90 градусов к востоку называется

восточной квадратурой, а на 90 градусов к западу – западной квадратурой. Все упомянутые здесь положения планет относительно Солнца (с точки зрения земного наблюдателя) называются конфигурациями.

При раскопках древних городов и храмов Вавилонии обнаружены десятки тысяч глиняных табличек с астрономическими текстами. Их расшифровка показала, что древне вавилонские астрономы внимательно следили за положением планет на небе; они сумели определить их синодические периоды обращения и использовать эти данные при своих расчетах.

IV. Первые модели мира.

Несмотря на высокий уровень астрономических сведений народов древнего Востока, их взгляды на строение мира ограничивались непосредственными зрительными ощущениями. Поэтому в Вавилоне сложились взгляды, согласно которым Земля имеет вид выпуклого острова, окруженного океаном. Внутри Земли будто бы находится «царство мертвых». Небо - это твердый купол, опирающийся на земную поверхность и отделяющий «нижние воды» (океан, обтекающий земной остров) от «верхних» (дождевых) вод. На этом куполе прикреплены небесные светила, над небом будто бы живут боги. Солнце восходит утром, выходя из восточных ворот, и заходит через западные ворота, а ночью оно движется под Землей.

Согласно представлениям древних египтян, Вселенная имеет вид большой долины, вытянутой с севера на юг, в центре ее находится Египет. Небо уподоблялось большой железной крыше, которая поддерживается на столбах, на ней в виде светильников подвешены звезды.

В Древнем Китае существовало представление, согласно которому Земля имеет форму плоского прямоугольника, над которым на столбах поддерживается круглое выпуклое небо. Разъяренный дракон будто бы согнул центральный столб, вследствие чего Земля наклонилась к востоку. Поэтому все реки в Китае текут на восток. Небо же наклонилось на запад, поэтому все небесные светила движутся с востока на запад.

Именно в этом случае на каждую последующую (по направлению к Земле) планету действует лишь суточное вращение. Таким образом, и системе мира Аристотеля движение небесных тел описывалось с помощью 55 твердых хрустальных сферических оболочек.

Позже в этой системе мира было выделено восемь концентрических слоев (небес), которые передавали свое движение друг другу (рис. 1), И каждом таком слое насчитывалось семь сфер, движущих данную планету.

Во времена Аристотеля высказывались и другие взгляды на строение мира, в частности, что не Солнце обращается вокруг Земли, а Земля вместе с другими планетами обращается вокруг Солнца. Против этого Аристотель выдвинул серьезный аргумент: если бы Земля двигалась в пространстве, то это движение приводило бы к регулярному видимому перемещению звезд на небе. Как мы знаем, этот эффект (годовое параллактическое смещение звезд) был открыт лишь в середине 19 века, через 2150 лет после Аристотеля...

На склоне своих лет Аристотель был обвинен в безбожии и бежал из Афин. На самом деле в своем понимании мира он колебался между материализмом и идеализмом.

Его идеалистические взгляды и, в частности, представление о Земле как центре мироздания было приспособлено для защиты религии. Вот почему в середине второго тысячелетия нашей эры борьба против взглядов Аристотеля стала необходимым условием развития науки...

V. Первая гелиоцентрическая система.

Современникам Аристотеля уже было известно, что планета Марс в противостоянии, а также Венера во время попятного движения значительно ярче, чем в другие моменты. По теории сфер они должны были бы оставаться всегда на одинаковом расстоянии от Земли. Именно поэтому тогда возникали и другие представления о строении мира.

Так, Гераклит Понтийский (388 - 315 гг. до н. э.) предполагал, что Земля движется «...вращательно, около своей оси, наподобие колеса, с запада на восток вокруг собственного центра». Он высказал также мысль, что орбиты Венеры и Меркурия являются окружностями, в центре которых находится Солнце. Вместе с Солнцем эти планеты будто бы и обращаются вокруг Земли.

Еще более смелых взглядов придерживался Аристарх Самосский (ок. 310 - 230 гг. до н. э.). Выдающийся древнегреческий ученый Архимед (ок. 287 - 212 гг. до н.э.) в своем сочинении «Псаммит» («Исчисление песчинок»), обращаясь к Гелону Сиракузскому, писал о взглядах Аристарха так:

«Ты знаешь, что по представлению некоторых астрономов мир имеет форму шара, центр которого совпадает с центром Земли, радиус равен длине прямой, соединяющей центры Земли и Солнца. Но Аристарх Самосский в своих «Предложениях», написанных им против астрономов, отвергая это

представление, приходит к заключению, что мир гораздо больших размеров, чем только что указано. Он полагает, что неподвижные звезды и Солнце не меняют своего места и пространстве, что Земля движется по окружности вокруг Солнца, находящегося и его центре, и что центр сферы неподвижных звезд совпадает с центром Солнца, а размер этой сферы таков, что окружность, описываемая по его предположению. Землей, находится к расстоянию неподвижных звезд в таком же отношении, в каком центр шара находится к его поверхности».

И лишь в греческих колониях на западных берегах Малой Азии (Иония), на юге Италии и в Сицилии в четвертом веке до нашей эры началось бурное развитие науки, в частности, философии, как учения о природе. Именно здесь на смену простому созерцанию явлений природы и их наивному толкованию приходят попытки научно объяснить эти явления, разгадать их истинные причины.

Одним из выдающихся древнегреческих мыслителей был Гераклит Эфесский (ок. 530 - 470 гг. до н. э.). Это ему принадлежат слова: «Мир, единый из всего, не создан никем из богов и никем из людей, а был, есть и будет вечно живым огнем, закономерно воспламеняющимся и закономерно угасающим...» Тогда же Пифагор Самосский (ок. 580 - 500 гг. до н. э.) высказал мысль о том, что Земля, как и другие небесные тела, имеет форму шара. Вселенная представлялась Пифагору в виде концентрических, вложенных друг в друга прозрачных хрустальных сфер, к которым будто бы прикреплены планеты. В центре мира в этой модели помещалась Земля, вокруг нее вращались сферы Луны, Меркурия, Венеры, Солнца, Марса, Юпитера и Сатурна. Дальше всех находилась сфера неподвижных звезд.

Первую теорию строения мира, объясняющую прямое и попятное движение планет, создал греческий философ Евдокс Книдский (ок. 408 - 355 гг. до н. э.). Он предложил, что у каждой планеты имеется не одна, а несколько сфер, скрепленных друг с другом. Одна из них совершает один оборот в сутки вокруг оси небесной сферы по направлению с востока на запад. Время обращения другой (в обратную сторону) предполагалось равным периоду обращения планеты. Тем самым объяснялось движение планеты вдоль эклиптики. При этом предполагалось, что ось второй сферы наклонена к оси первой под определенным углом. Комбинация с этими сферами еще двух позволяла объяснить попятное движение по отношению к эклиптике. Все особенности движения Солнца и Луны объяснялось с помощью трех сфер. Звезды Евдокс разместил на одной сфере, вмещающей в себя все остальные. Таким образом, все видимое движение небесных светил Евдокс свел к вращению 27 сфер.

Уместно напомнить, что представление о равномерном, круговом, совершенно правильном движении небесных тел высказал философ Платон. Он же высказал предположение, что Земля находится в центре мира, что вокруг нее обращается Луна, Солнце, далее утренняя звезда Венера, звезда Гермеса, звезды Ареса, Зевса и Кроноса. У Платона впервые встречаются названия планет по имени богов, полностью совпадающие с вавилонскими. Платон впервые сформулировал математикам задачу: найти, с помощью каких равномерных и правильных круговых движений можно «спасти явления, представляемые планетами». Другими словами, Платон ставил задачу построить геометрическую модель мира, в центре которой, безусловно, должна была находиться Земля.

Усовершенствованием системы мира Евдокса занялся ученик Платона Аристотель (384 - 322 гг. до н. э.). Так как взгляды этого выдающегося философа - энциклопедиста безраздельно господствовали в физике и астрономии в течение почти двух тысяч лет, то остановлюсь на них поподробнее.

Аристотель, вслед за философом Эмпедоклом (ок. 490 - 430 гг. до н. э.), предположил существование четырех «стихий»: земли, воды, воздуха и огня, из смешения которых будто бы произошли все тела, встречающиеся на Земле. По Аристотелю, стихии вода и земля естественным образом стремятся двигаться к центру мира («вниз»), тогда как огонь и воздух движутся «вверх» к периферии и то тем быстрее, чем ближе они к своему «естественному» месту. Поэтому в центре мира находится Земля, над ней расположены вода, воздух и огонь. По Аристотелю, Вселенная ограничена в пространстве, хотя ее движение вечно, не имеет ни конца ни начала. Это возможно как раз потому, что, кроме упомянутых четырех элементов, существует еще и пятая, неуничтожимая материя, которую Аристотель назвал эфиром. Из эфира будто бы и состоят все небесные тела, для которых вечное круговое движение - это естественное состояние. «Зона эфира» начинается около Луны и простирается вверх, тогда как ниже Луны находится мир четырех элементов.

Вот как описывает свое понимание мироздания сам Аристотель:

«Солнце и планеты обращаются около Земли, находящейся неподвижно в центре мира. Наш огонь, относительно цвета своего, не имеет никакого сходства со светом солнечным, ослепительной белизны. Солнце не состоит из огня; оно есть огромное скопление эфира; теплота Солнца причиняется действием его на эфир во время обращения вокруг Земли. Кометы суть скоропреходящие явления, которые быстро рождаются в атмосфере и столь же быстро исчезают. Млечный Путь есть не что иное, как испарения,

воспламененные быстрым вращением звезд около Земли... Движения небесных тел, вообще говоря, происходят гораздо правильнее, чем движения замечаемые на Земле; ибо, так как тела небесные совершеннее любых других тел, то им приличествует самое правильное движение, и вместе с тем самое простое, а такое движение может быть только круговым, потому что в этом случае движение бывает вместе с тем и равномерным. Небесные светила движутся свободно подобно богам, к которым они ближе, чем к жителям Земли; поэтому светила при движении своем не нуждаются в отдыхе и причину своего движения заключают в самих себе. Высшие области неба, более совершенные, содержащие в себе неподвижные звезды, имеют, поэтому наиболее совершенное движение - всегда вправо. Что же касается части неба, ближайшей к Земле, а поэтому и менее совершенной, то эта часть служит местопребыванием, гораздо менее совершенных светил, каковы планеты. Эти последние движутся не только вправо, но и влево, и притом по орбитам, наклоненным к орбитам неподвижных звезд. Все тяжелые тела стремятся к центру Земли, а так как всякое тело стремится к центру Вселенной, то поэтому и Земля должна находиться неподвижно в этом центре».

При построении своей системы мира Аристотель использовал представления Евдокса о концентрических сферах, некоторых расположены планеты и которые вращаются вокруг Земли. По Аристотелю, первопричиной этого движения является «первый двигатель» - особая вращающаяся сфера, расположенная за сферой «неподвижных звезд», которая и приводит в движение все остальное. По этой модели лишь одна сфера в каждой из планет вращается с востока на запад, остальные три - в противоположном направлении. Аристотель считал, что действие этих трех сфер должно компенсироваться дополнительными тремя внутренними сферами, принадлежащими той же планете.

VI. Система Птолемея.

Становление астрономии как точной науки началось благодаря работам выдающегося греческого ученого Гиппарха. Он первый начал систематические астрономические наблюдения и их всесторонний математический анализ, заложил основы сферической астрономии и тригонометрии, разработал теорию движения Солнца и Луны и на ее основе - методы предвычисления затмений.

Гиппарх обнаружил, что видимое движение Солнца и Луны на небе является неравномерным. Поэтому он стал на точку зрения, что эти светила движутся равномерно по круговым орбитам, однако центр круга смещен по отношению к центру Земли. Такие орбиты были названы *эксцеллентами*. Гиппарх составил таблицы, по которым можно было определить положение Солнца и Луны на небе на любой день года. Что же касается планет, то, по замечанию Птолемея, он «не сделал других попыток объяснения движения планет, а довольствовался приведением в порядок сделанных до него наблюдений, присоединив к ним еще гораздо большее количество своих собственных. Он ограничился указанием своим современникам на неудовлетворительность всех гипотез, при помощи которых некоторые астрономы думали объяснить движение небесных светил».

Благодаря работам Гиппарха астрономы отказались от мнимых хрустальных сфер, предложенных Евдоксом, и перешли к более сложным построениям с помощью эпициклов и деферентов, предложенных еще до Гиппарха Аполлоном Пергским. Классическую форму теории эпициклических движений придал Клавдий Птолемей.

Главное сочинение Птолемея «Математический синтаксис в 13 книгах» или, как его называли позже арабы, «Альмагест» («Величайшее») стал известным в средневековой Европе лишь в XII в. В 1515 г. он был напечатан на латинском языке в переводе с арабского, а в 1528 г. в переводе с греческого. Третье издание «Альмагест» издавался на греческом языке, в 1912 г. он издан на немецком языке,

«Альмагест» - это настоящая энциклопедия античной астрономии. В этой книге Птолемей сделал то, что не удавалось сделать ни одному из его предшественников. Он разработал метод, пользуясь которым можно было рассчитать положение той или другой планеты на любой наперед заданный момент времени. Это ему удалось нелегко, и в одном месте он заметил:

«Легче, кажется, двигать самые планеты, чем постичь их сложное движение...».

«Установив» Землю в центре мира, Птолемей представил видимое сложное и неравномерное движение каждой планеты как сумму *нескольких* простых *равномерных* круговых движений.

Согласно Птолемею каждая планета движется равномерно по малому кругу - *эпициклу*. Центр эпицикла в свою очередь равномерно скользит по окружности большого круга, названного *деферентом* (рис.1.). Для лучшего совпадения теорий с данными наблюдений пришлось предположить, что центр деферента смещен по отношению к центру Земли. Но этого было недостаточно. Птолемей был вынужден предположить, что движение центра эпицикла по деференту является равномерным (т. е. его угловая скорость движения постоянна), если рассматривать это движение не из центра деферента O и не из центра Земли T , а с некоторой «выравнивающей точки» E названной позже *эквантом* (рис. 2.).

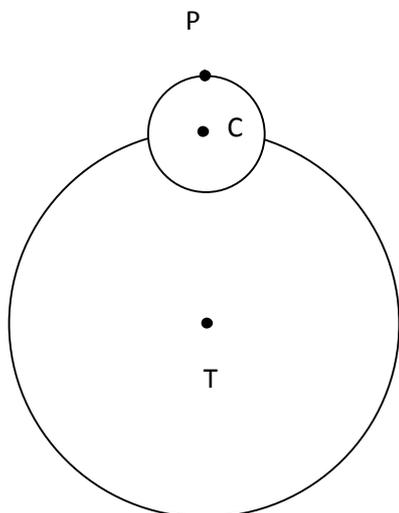


Рис.1

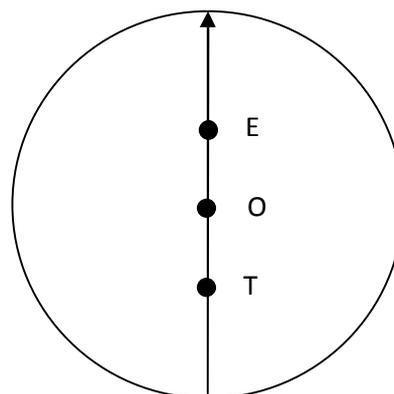


Рис.2

Комбинируя наблюдения с расчетами, Птолемей методом последовательных приближений получил, что отношения - радиусов эпициклов к радиусам деферентов для Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна равны соответственно 0.376, 0.720, 0.658, 0.192 и 0.103. Любопытно, что для предвычисления положения планеты на небе не было необходимости знать расстояния до планеты, а лишь упомянутое отношение радиусов эпициклов и деферентов.

При построении своей геометрической модели мира Птолемей учитывал тот факт, что в процессе своего движения планеты несколько отклоняются от эклиптики. Поэтому для Марса, Юпитера и Сатурна он «наклонил» плоскости деферентов к эклиптике и плоскости эпициклов к плоскостям деферентов. Для Меркурия и Венеры он ввел колебания вверх и вниз с помощью небольших вертикальных кругов. В целом для объяснения всех замеченных в то время особенностей в движении планет Птолемей ввел 40 эпициклов. Система мира Птолемея, в центре которой находится Земля, называется *геоцентрической*.

Кроме отношения радиусов эпициклов и деферентов для сопоставления теории с наблюдениями необходимо было задать периоды обращения по этим кругам. По Птолемею, полный оборот по окружности эпициклов все верхние планеты совершают за тот же промежуток времени, что и Солнце по эклиптике, т. е. за год. Поэтому радиусы эпициклов этих планет, направленные к планетам, всегда параллельны направлению с Земли на Солнце. У нижних планет - Меркурия и Венеры - период обращения по эпициклу равен промежутку времени, в течении, которого планета возвращается к исходной точке на небе. Для периодов обращений центра эпицикла по окружности деферента картина обратная. У Меркурия и Венеры они равны году. Поэтому центры их эпициклов всегда лежат на прямой, соединяющей солнце и Землю. Для внешних планет они определяются временем, в течении которого планета, описав полную окружность на небе, возвращается к тем же звездам.

Вслед за Аристотелем Птолемей попытался опровергнуть представление о возможном движении Земли. Он писал:

«Существуют люди, которые утверждают, будто бы ничто не мешает допустить, что небо неподвижно, а земля вращается около своей оси от запада к востоку, и что она делает такой оборот каждые сутки. Правда, говоря о светилах, ничто не мешает для большей простоты допустить это, если принимать в расчет только видимые движения.

Но эти люди не сознают, до какой степени смешно такое мнение, если присмотреться ко всему, что совершается вокруг нас и в воздухе. Если мы согласимся с ними, - чего в действительности нет, - что самые легкие тела вовсе не движутся или движутся так же, как и тела тяжелые, между тем как, очевидно, воздушные тела движутся с большей скоростью, чем тела земные; если бы мы согласились с ними, что предметы самые плотные и самые тяжелые имеют собственное движение, быстрое и постоянное, тогда как на самом деле они с трудом движутся от сообщаемых им толчков, - все - таки эти люди должны были бы сознаться, что Земля вследствие своего вращения имела бы движение значительно быстрее всех тех, какие происходят вокруг нее, ибо она совершала бы такую большую, окружность в такой малый промежуток времени. Таким образом, тела, которые поддерживали бы Землю, казались бы всегда движущимися по противоположному с ней направлению, и никакое облако,

ничто летящее или брошенное никогда не казалось бы, направляющимся к востоку, ибо Земля опередила бы всякое движение в этом направлении».

С современной точки зрения можно сказать, что Птолемей слишком переоценил роль центробежной силы. Он также придерживался ошибочного утверждения Аристотеля, что в поле тяжести тела падают со скоростями, пропорциональными их массам...

В целом же, как заметил А. Паннекук, «Математическое сочинение» Птолемея «было карнавальным шествием геометрии, праздником глубочайшего создания человеческого ума в представлении Вселенной... труд Птолемея предстает перед нами как великий памятник науки античной древности...».

После высокого расцвета античной культуры на европейском континенте наступил период застоя и регресса. Этот мрачный промежуток времени продолжительностью более тысячи лет был назван средневековьем. Ему предшествовало превращение христианства в господствующую религию, при которой не было места для высокоразвитой науки античной древности. В это время произошел возврат к наиболее примитивным представлениям о плоской Земле.

И лишь начиная с XI в. под влиянием роста торговых сношений, с усилением в городах нового класса - буржуазии. Духовная жизнь в Европе начала пробуждаться. В середине XIII в. философия Аристотеля была приспособлена к христианской теологии, отменены решения церковных соборов, запрещавших натурфилософские идеи великого древнегреческого философа. Взгляды Аристотеля на устройство мира вскоре стали неотъемлемыми элементами христианской веры. Теперь уже нельзя было сомневаться в том, что Земля имеет форму шара, установленного в центре мира, и что вокруг него обращаются все небесные светила. Система Птолемея стала как бы дополнением к Аристотелю, помогающим проводить конкретные расчеты положений планет.

Основные параметры своей модели мира Птолемей определил в высшей степени искусно и с высокой точностью. Со временем, однако, астрономы начали убеждаться в том, что между истинным положением планеты на небе и расчетным существуют расхождения. Так, в начале 12 века планета Марс оказалась на два градуса в стороне от того места, где ей надлежало быть по таблицам Птолемея.

Чтобы объяснить все особенности движения планет на небе, приходилось вводить для каждой из них до десяти и более эпициклов со всё уменьшающимися радиусами так, чтобы центр меньшего эпицикла обращался по кругу большего. К 16 веку движение Солнца, Луны и пяти планет объяснялось с помощью более чем 80 кругов! И всё же наблюдения, разделённые большими промежутками времени, было трудно «подогнать» под эту схему. Приходилось вводить новые эпициклы, несколько изменять их радиусы, смещать центры деферентов по отношению к центру Земли. В конечном итоге геоцентрическая система Птолемея, перегруженная эпициклами и эквантами, рухнула от собственной тяжести...

VII. Мир Коперника.

Книга Коперника, вышедшая в год его смерти, в 1543 году, носила скромное название: «О вращении небесных сфер». Но это было полное ниспровержение Аристотеля взгляда на мир. Сложная машина полых прозрачных хрустальных сфер отошла в прошлое. С этого времени началась новая эпоха в нашем понимании Вселенной. Продолжается она и по ныне.

Благодаря Копернику мы узнали, что Солнце занимает надлежащее ему положение в центре планетной системы. Земля же никакой не центр мира, а одна из рядовых планет, обращающихся вокруг Солнца. Так все стало на свои места. Строение Солнечной системы было наконец розгадано.

Дальнейшие открытия астрономов пополнили семью больших планет. Их девять: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон. В таком порядке они занимают свои орбиты вокруг Солнца. Открыто множество малых тел Солнечной системы - астероидов и комет. Но это не изменило новой Коперниковой картины мира. Напротив, все эти открытия только подтверждают и уточняют ее.

Теперь мы понимаем, что живем на небольшой планете, похожей на шар. Земля вращается вокруг Солнца по орбите, не слишком отличающейся от окружности. Радиус этой окружности близок к 150 миллионам километров.

Расстояние от Солнца до Сатурна - самой дальней из известных во времена Коперника планет - приблизительно в десять раз больше радиуса земной орбиты. Это расстояние совершенно правильно определил еще Коперник. Размеры Солнечной системы - расстояние от Солнца до орбиты девятой планеты, Плутона, еще почти в четыре раза больше и составляет приблизительно 6 миллиардов километров.

Такова картина Вселенной в нашем непосредственном окружении. Это и есть мир по Копернику.

Но Солнечная система еще не вся Вселенная. Можно сказать, что это только наш маленький мирок. А как же далекие звезды? О них Коперник не рисковал высказывать никакого определенного мнения. Он просто оставил их на прежнем месте, не дальней сфере, где были они у Аристотеля, и лишь говорил, и совершенно правильно, что расстояние до звезд во множество раз больше размеров планетных орбит. Как и античные ученые, он представлял Вселенную замкнутым пространством, ограниченным этой сферой.

VIII. Солнце и Звезды.

В ясную безлунную ночь, когда ничто не мешает наблюдению, человек с острым зрением увидит ни небосводе не более двух - трех тысяч мерцающих точек. В списке, составленном, во 2 веке до нашей эры знаменитом древнегреческим астрономом Гиппархом и дополненным позднее Птолемеем, значится 1022 звезды. Гевелий же, последний астроном, производивший такие подсчеты бо:»помощи телескопа, довел их число до 1533.

Но уже в древности подозревали существовании большого числа звезд, невидимых глазом. Демокрит, великий ученый древности, говорил, что белесоватая полоса, протянувшаяся через все небо, которую мы называем Млечным Путем, есть в действительности соединение света множества невидимых по отдельности звезд. Споры о строении Млечного Пути продолжались веками. Решение - в пользу догадки Демокрита - пришло в 1610 году, когда Галилей сообщил о первых открытиях, сделанных на небе с помощью телескопа. Он писал с понятным волнением и гордостью, что теперь удалось «сделать доступными глазу звезды, которые раньше никогда не были видимыми и число которых по меньшей мере в десять раз больше числа звезд, известных издревле».

Но и это великое открытие всё ещё оставляло мир звёзд загадочным. Неужели все они, видимые и невидимые, действительно сосредоточены в тонком сферическом слое вокруг Солнца?

Ещё до открытия Галилея была высказана совершенно неожиданная, по тем временам замечательно смелая мысль. Она принадлежит Джордано Бруно, трагическая судьба которого всем известна. Бруно выдвинул идею о том, что наше Солнце - это одна из звёзд Вселенной. Всего только одна из великого множества, а не центр всей Вселенной. Но тогда и любая другая звезда тоже вполне может обладать своей собственной планетной системой.

Если Коперник указал место Земли отнюдь не в центре мира, то Бруно и Солнце лишил этой привилегии.

Идея Бруно породила немало поразительных следствий. Из неё вытекала оценка расстояний до звёзд. Действительно, Солнце - это звезда, как и другие, но только самая близкая к нам. Поэтому - то оно такое большое и яркое. А на какое расстояние нужно отодвинуть светило, чтобы и оно выглядело так, как, например, Сириус? Ответ на этот вопрос дал голландский астроном Гюйгенс (1629 -1695). Он сравнил блеск этих двух небесных тел, и вот что оказалось: Сириус находится от нас в сотни раз дальше, чем Солнце.

Чтобы лучше представить, сколь велико расстояние до звезды, скажем, что луч света, пролетающий за одну секунду 300 тысяч километров, затрачивает на путешествие от Сириуса к нам несколько лет. Астрономы говорят в этом случае о расстоянии в несколько световых лет. По современным уточненным данным, расстояние до Сириуса - 8,7 световых лет. А расстояние от нас до Солнца всего 8 световых минут.

Конечно, разные звезды отличаются друг от друга (это и учтено в современной оценке расстояние до Сириуса). Поэтому определение расстояний до них и сейчас часто остаётся очень трудной, а иногда и просто неразрешимой задачей для астрономов, хотя со времени Гюйгенса придумано для этого немало новых способов.

Замечательная идея Бруно и основанный на ней расчет Гюйгенса стали решительным шагом к овладению тайнами Вселенной. Благодаря этому границы наших знаний о мире сильно раздвинулись, они вышли за пределы Солнечной системы и достигли звёзд.

IX. Галактика.

С XVII века важнейшей целью астрономов стало изучение Млечного Пути - этого гигантского собрания звезд, которые Галилей увидел в свой телескоп. Усилия многих поколений астрономов - наблюдателей были нацелены на то, чтобы узнать, каково полное число звёзд Млечного Пути, определить его действительную форму и границы, оценить размеры. Лишь в XIX веке удалось понять, что это единая система, заключающая в себе все видимые звёзды. На равных правах со всеми входит в эту систему и наше Солнце, а с ним Земля и планеты. Причем располагаются они далеко не в её центре, а на ее окраине.

Потребовались ещё многие десятилетия тщательных наблюдений и глубоких раздумий, прежде чем перед астрономами раскрылось во всей полноте строение Галактики. Так стали называть звёздную систему, которую мы видим, - конечно, изнутри - как полосу Млечного Пути. (Слово «галактика» образовано от новогреческого «галактикос», что значит «млечный».)

Оказалось, что Галактика имеет довольно правильное строение и форму, несмотря на видимую клочковатость Млечного Пути, на беспорядочность, с которой, как нам кажется, рассеяны звёзды по небу. Она состоит из диска, гало и короны. Как видно из схематического рисунка, диск представляет собой как бы две сложенные краями тарелки. Он образован звёздами, которые внутри этого объема движутся по почти круговым орбитам вокруг центра Галактики.

Диаметр диска измерен - он составляет приблизительно 100 тысяч световых лет. Это означает, что свету потребуется сто тысяч лет, чтобы пересечь диск из конца в конец по диаметру. Вот сколь огромна Галактика! А число звёзд в диске - приблизительно сто миллиардов.

В гало содержится сравнимое с этим число звёзд. (Слово «гало» означает «круглый».) Они заполняют слегка сплюснутый сферический объем и движутся не по круговым, а по сильно вытянутым орбитам. Плоскости этих орбит проходят через центр Галактики. По разным направлениям они распределены более или менее равномерно.

Так устроена наша Галактика:

- 1 - сферическая составляющая; 2 - диск; 3 - ядро; 4 - слой газопылевых облаков;
- 5 - корона

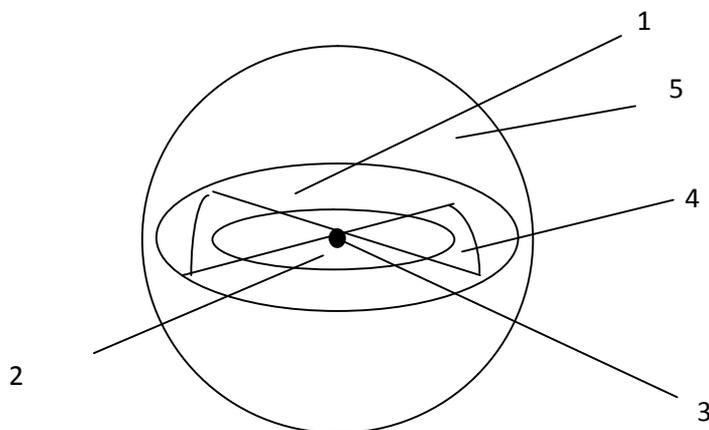


Рис.3

Диск и окружающее его гало погружены в корону. Если радиусы диска и гало сравнимы между собой по величине, то радиус короны в пять, а может быть, и в десять раз больше. Почему «может быть»? Да потому, что она невидима - из неё не исходит никакого света. Как же узнали тогда о ней астрономы?

Все тело в природе создают тяготение и испытывают его действие. Об этом говорит Закон всемирного тяготения, открытый Ньютоном. Вот и о короне узнали не по свету, а по создаваемому ею тяготению. Оно действует на видимые звёзды, на излучающие свет облака газа. Наблюдая за движением этих тел, астрономы и заметили: на них кроме диска гало действует что-то ещё

Детальное изучение этого «ничто» и позволило, в конце концов, обнаружить корону, которая создаёт дополнительное тяготение. Она оказалась очень массивной - в несколько раз больше массы всех звёзд, входящих в диск и гало.

Таковы сведения, полученные советским астрономом Я.Эйнасто и его сотрудниками в Тартуской обсерватории.

Конечно, изучать невидимую корону очень трудно. Из-за этого и не слишком точны пока оценки её размеров и массы. Но её главная загадка в другом: мы не знаем, из чего она состоит. Мы не знаем, есть ли в ней звёзды, пусть даже и какие-то необычные, совсем не излучающие свет.

Сейчас многие предполагают, что её масса складывается вовсе не из звёзд, а из мельчайших элементарных частиц - нейтрино. Эти частицы известны физикам уже давно, но и сами по себе они тоже в значительной степени остаются загадочными. Неизвестно о них, можно сказать, самое главное: есть ли у них масса покоя, то есть такая масса, которой частица обладает в состоянии, когда она не движется, а стоит на месте. Большинство элементарных частиц такую массу имеют.

Это, например, электрон, протон, нейтрон, из которых состоят все атомы. А вот у фотона, кванта света, её нет. Фотоны существуют лишь в движении. Нейтрино могли бы служить материалом для короны, но лишь в том случае, если у них есть масса покоя.

Легко представить себе, с каким нетерпением ожидают астрономы вестей из физических лабораторий, где ставятся сейчас специальные эксперименты, чтобы выяснить, есть ли у нейтрино масса покоя или нет. Возможно, именно физики и решат загадку невидимой короны.

Х. Звездные миры.

К началу нашего века границы разведанной Вселенной раздвинулись настолько, что включили в себя Галактику. Многие, если не все, думали тогда, что эта огромная звёздная система и есть вся Вселенная в целом.

Но вот в 20-е годы были построены новые крупные телескопы, и перед астрономами открылись совершенно неожиданные горизонты. Оказалось, что за пределами Галактики мир не кончается. Миллиарды звёздных систем, галактик, похожих на нашу и отличающихся от неё, рассеяны тут и там по просторам Вселенной.

Фотографии галактик, сделанные с помощью самых больших телескопов, поражают красотой и разнообразием форм: это и могучие вихри звёздных облаков, и правильные шары, а иные звёздные системы вообще не обнаруживают никаких определённых форм, они клочковаты и бесформенны. Все эти типы галактик - спиральные, эллиптические, неправильные, - получившие названия по своему виду на фотографиях, открыты американским астрономом Э. Хабблом в 20-30-е годы нашего века.

Если бы мы могли увидеть нашу Галактику издалека, то она предстала бы перед нами совсем не такой, как на схематическом рисунке, по которому мы познакомились с её строением. Мы не увидели бы ни диска, ни гало, ни, естественно, короны, которая и вообще-то невидима. С больших расстояний были бы видны лишь самые яркие звёзды.

А все они, как выяснилось, собраны в широкие полосы, которые дугами выходят из центральной области Галактики. Ярчайшие звёзды образуют её спиральный узор. Только этот узор и был бы различим издалека. Наша Галактика на снимке, сделанном астрономом из какого-то звёздного мира, выглядела бы очень похожей на туманность Андромеды.

Исследования последних лет показали, что многие крупные спиральные галактики обладают - как и наша Галактика - протяжёнными и массивными невидимыми коронами. Это очень важно: ведь если так, то, значит, и вообще чуть ли не вся масса Вселенной (или, во всяком случае, подавляющая её часть) - это загадочная, невидимая, но тяготеющая «скрытая» масса.

Многие, а может быть, и почти все галактики собраны в различные коллективы, которые называют группами, скоплениями и сверхскоплениями, смотря по тому, сколько их там. В группу может входить всего три или четыре галактики, а в сверхскопление - до тысячи или даже нескольких десятков тысяч. Наша Галактика, туманность Андромеды и ещё более тысячи таких же объектов входят в так называемое Местное сверхскопление. Оно не имеет четко очерченной формы.

Приблизительно так же устроены и другие сверхскопления, лежащие далеко от нас, но довольно отчетливо различимые в современные крупные телескопы.

До недавнего времени астрономы полагали, что эти объекты - самые крупные образования во Вселенной и что какие-либо ещё большие системы отсутствуют. Но вот выяснилось, что это не так.

Несколько лет назад астрономы составили удивительную карту Вселенной. На ней каждая галактика представлена всего лишь точкой. На первый взгляд они рассеяны на карте хаотично. Если же приглядеться внимательно, то можно обнаружить группы, скопления и сверхскопления, которые выглядят здесь цепочками точек. Но что поразительнее всего, карта позволяет обнаружить, что некоторые такие цепочки соединяются и пересекаются, образуя какой-то сетчатый или ячеистый узор, напоминающий кружева или, может быть, пчелиные соты с размерами ячеек в 100-300 миллионов световых лет.

Покрывают ли такие «сетки» всю Вселенную, еще предстоит выяснить. Но несколько отдельных ячеек, очерченных сверхскоплениями, удалось подробно изучить. Внутри них галактик почти нет, все они собраны в «стенки».

Ячейка - это предварительное, рабочее название для самого крупного образования во Вселенной. Более крупных систем в природе нет. Это показывает карта Вселенной. Астрономия достигла, наконец, завершения одной из самых грандиозных своих задач: вся последовательность, или, как ещё говорят, иерархия, астрономических систем теперь целиком известна. И всё же...

XI. Вселенная.

Больше всего на свете - сама Вселенная, охватывающая и включающая в себя все планеты, звёзды, галактики, скопления, сверхскопления и ячейки. Дальность действия современных телескопов достигает нескольких миллиардов световых лет.

Планеты, звёзды, галактики поражают нас удивительным разнообразием своих свойств, сложностью строения. А как устроена вся Вселенная, Вселенная в целом?

Её главное свойство - однородность. Об этом можно сказать и точнее. Представим себе, что мы мысленно выделили во Вселенной очень большой кубический объем, с ребром в 500 миллионов световых лет. Подсчитаем, сколько в нем галактик. Произведём такие же подсчёты для других, но столь же гигантских объемов, расположенных в различных частях Вселенной. Если все это проделать и сравнить результаты, то окажется, что в каждом из них, где бы их ни брать, содержится одинаковое число галактик. То же самое будет и при подсчёте скоплений или даже ячеек.

Вселенная предстаёт перед нами всюду одинаковой - «сплошной» и однородной. Проще устройства и не придумать. Нужно сказать, что об этом люди уже давно подозревали. Указывая из соображений максимальной простоты устройства на общую однородность мира, замечательный мыслитель Паскаль (1623-1662) говорил, что мир - это круг, центр которого везде, а окружность нигде. Так с помощью наглядного геометрического образа он утверждал однородность мира.

В однородном мире все «места» равноправны и любое из них может претендовать на, что оно - Центр мира. А если так, то, значит, никакого центра мира вовсе не существует.

У Вселенной есть и ещё одно важнейшее свойство, но о нем никогда даже и не догадывались. Вселенная находится в движении - она расширяется. Расстояние между скоплениями и сверхскоплениями постоянно возрастает. Они как бы разбегаются друг от друга. А сеть ячеистой структуры растягивается.

Во все времена люди предпочитали считать Вселенную вечной и неизменной. Эта точка зрения господствовала вплоть до 20-х годов нашего века. В то время считалось, что она ограничена размерами нашей Галактики. Пути могут рождаться и умирать, Галактика все равно остается все той же, как неизменным остается лес, в котором поколение за поколением сменяются деревья.

Настоящий переворот в науке о Вселенной произвели в 1922 - 1924 годах работы ленинградского математика и физика А. Фридмана. Опираясь на только что созданную тогда А. Эйнштейном общую теорию относительности, он математически доказал, что мир - это не нечто застывшее и неизменное. Как единое целое он живет своей динамической жизнью, изменяется во времени, расширяясь или сжимаясь по строго определённым законам.

Фридман открыл подвижность звёздной Вселенной. Это было теоретическое предсказание, а выбор между расширением и сжатием нужно сделать на основании астрономических наблюдений. Такие наблюдения в 1928 - 1929 годах удалось проделать Хабблу, известному уже нам исследователю галактик.

Он обнаружил, что далёкие галактики и целые их коллективы движутся, удаляясь от нас во все стороны. Но так и должно выглядеть, в соответствии с предсказаниями Фридмана, общее расширение Вселенной.

Конечно, это не означает, что галактики разбегаются именно от нас. Иначе мы вернулись бы к старым воззрениям, к докоперниковой картине мира с Землёй в центре. В действительности общее расширение Вселенной происходит так, что все они удаляются друг от друга, и из любого места картина этого разбегания выглядит так, как мы видим её с нашей планеты.

Если Вселенная расширяется, то, значит, в далёком прошлом скопления были ближе друг к другу. Более того: из теории Фридмана следует, что пятнадцать - двадцать миллиардов лет назад ни звёзд, ни галактик ещё не было и всё вещество было перемешано и сжато до колоссальной плотности. Это вещество было тогда и немыслимо горячим. Из такого особого состояния и началось общее расширение, которое привело со временем к образованию Вселенной, какой мы видим и знаем её сейчас.

Общие представления о строении Вселенной складывались на протяжении всей истории астрономии. Однако только в нашем веке смогла появиться современная наука о строении и эволюции Вселенной - космология.

ХII. Заключение.

Мы знаем строение Вселенной в огромном объеме пространства, для пересечения которого свету требуются миллиарды лет. Но пытливая мысль человека стремится проникнуть дальше. Что лежит за границами наблюдаемой области мира? Бесконечна ли Вселенная по объему? И её расширение - почему оно началось и будет ли оно всегда продолжаться в будущем? А каково происхождение «скрытой» массы? И наконец, как зародилась разумная жизнь во Вселенной?

Есть ли она ещё где-нибудь кроме нашей планеты? Окончательные и полные ответы на эти вопросы пока отсутствуют.

Вселенная неисчерпаема. Неумолима и жажда знания, заставляющая людей задавать всё новые и новые вопросы о мире и настойчиво искать ответы на них.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Космос: Сборник. Научно - популярная литература/ Сост. Ю. И. Коптев и С. А. Никитин; Вступ. ст. академика Ю. А. Осипьяна; Оформл. и макет В. Итальянцева; Рис. Е. Азанова, Н. Котляровского, В. Цикоты. - Л.: Дет. лит., 1987. - 223 с., ил.
2. И. А. Климишин . Астрономия наших дней. - М.: «Наука», 1976. - 453 с.
3. А. Н. Томилин. Небо Земли. Очерки по истории астрономии/ Научный редактор и автор предисловия доктор физико-математических наук К. Ф. Огородников. Рис. Т. Оболенской и Б. Стародубцева. Л., «Дет. лит.», 1974. - 334 с., ил.
4. Энциклопедический словарь юного астронома/ Сост. Н. П. Ерпылев. - 2-е изд., пере- раб. и доп. - М.: Педагогика, 1986. - 336с., ил.