**17.11.2020г.**

**Тема:** Развитие представлений о строении мира. Конфигурация планет. Синодический период.

**Задание:** Посмотреть видеоРазвитие представлений о строении мира. Конфигурация планет. Синодический период. Источник <http://yandex.ru>

Изучить лекцию. Конспект в тетрадь.

Реферат

***Время выполнения 2 часа.***

Солнечная система — это, прежде всего Солнце и девять больших планет, к числу которых относится и Земля.

Кроме больших планет со спутниками, вокруг Солнца обращаются малые планеты (астероиды), которых в настоящее время известно более 6000, и еще большее число комет. Диаметр самых крупных астероидов не превышает 1000 км, а ядра комет еще меньше. Вокруг Солнца движутся также тела размером в десятки и сотни метров, глыбы и камни, множество мелких камешков и пылинок. Чем меньше размеры этих частиц, тем их больше. Межпланетная среда — это крайне разреженный газ, состояние которого определяется излучением Солнца и растекающимися от него потоками вещества.

Движением всех больших и малых тел Солнечной системы управляет Солнце, масса которого в 333 000 раз превышает массу Земли и в 750 раз суммарную массу всех планет.

Путь к пониманию положения нашей планеты и живущего на ней человечества во Вселенной был очень непростым и подчас весьма драматичным. В древности было естественным считать, что Земля является неподвижной, плоской и находится в центре мира. Казалось, что вообще весь мир создан ради человека. Подобные представления получили название *антропоцентризма*(от греч. antropos — человек).

Многие идеи и мысли, которые в дальнейшем отразились в современных научных представлениях о природе, в частности в астрономии, зародились в Древней Греции, еще за несколько веков до нашей эры. Трудно перечислить имена всех мыслителей и их гениальные догадки. Выдающийся математик *Пифагор*(VI в. до н. э.) был убежден, что «в мире правит число». Считается, что именно Пифагор первым высказал мысль о том, что Земля, как и все другие небесные тела, имеет шарообразную форму и находится во Вселенной без всякой опоры.

Другой не менее известный ученый древности, *Демокрит*— основоположник представлений об атомах, живший за 400 лет до нашей эры, — считал, что Солнце во много раз больше Земли, что Луна сама не светится, а лишь отражает солнечный свет, а Млечный Путь состоит из огромного количества звезд.

Обобщить все знания, которые были накоплены к IV в. до н. э., смог выдающийся философ античного мира *Аристотель*(384—322 до н. э.). Его деятельность охватывала все естественные науки — сведения о небе и Земле, о закономерностях движения тел, о животных и растениях и т. д. Главной заслугой Аристотеля как ученого-энциклопедиста было создание единой системы научных знаний.

На протяжении почти двух тысячелетий его мнение по многим вопросам не подвергалось сомнению.

Согласно Аристотелю, все тяжелое стремится к центру Вселенной, где скапливается и образует шарообразную массу — Землю. Планеты размещены на особых сферах, которые вращаются вокруг Земли. Такая система мира получила название *геоцентрической*(от греческого названия Земли — Гея). Аристотель не случайно предложил считать Землю неподвижным центром мира. Если бы Земля перемещалась, то, по справедливому мнению Аристотеля, было бы заметно регулярное изменение взаимного расположения звезд на небесной сфере. Но ничего подобного никто из астрономов не наблюдал. Только в начале XIX в. было наконец-то обнаружено и измерено смещение звезд *(параллакс),*происходящее вследствие движения Земли вокруг Солнца.

Многие обобщения Аристотеля были основаны на таких умозаключениях, которые в то время не могли быть проверены опытом. Так, он утверждал, что движение тела не может происходить, если на него не действует сила. Как вы знаете из курса физики, эти представления были опровергнуты только в XVII в. во времена Галилея и Ньютона.

Среди ученых древности выделяется смелостью своих догадок ***Аристарх Самосский,***живший в III в. до н. э. Он первым определил расстояние до Луны, вычислил размеры Солнца, которое, по его данным, оказалось в 300 с лишним раз больше Земли по объему. Вероятно, эти данные стали одним из оснований для вывода о том, что Земля вместе с другими планетами движется вокруг этого самого крупного тела. В наши дни Аристарха Самосского стали называть «Коперником античного мира».

К сожалению, труды этого замечательного ученого до нас практически не дошли, и более полутора тысяч лет человечество было уверено, что Земля — это неподвижный центр мира. В немалой степени этому способствовало математическое описание видимого движения светил, которое разработал для геоцентрической системы мира один из выдающихся математиков древности — ***Клавдий Птолемей***во II в. н. э. Наиболее сложной задачей оказалось объяснение петлеобразного движения планет (рис. 3.1).

Птолемей в своем знаменитом сочинении «Математический трактат по астрономии» (оно более известно как «Альмагест») утверждал, что каждая планета равномернодвижется по *эпициклу*— малому кругу, центр которого движется вокруг Земли по *деференту*— большому кругу (рис. 3.2). Тем самым ему удалось объяснить особый характер движения планет, которым они отличались от Солнца и Луны. Система Птолемея давала чисто кинематическое описание движения планет — иного наука того времени предложить не могла.

3.1.2 Становление гелиоцентрической системы мира.



Вы уже убедились, что использование модели небесной сферы при описании движения Солнца, Луны и звезд позволяет вести многие полезные для практических целей расчеты, хотя реально такой сферы не существует. То же справедливо и в отношении эпициклов и деферентов, на основе которых можно с определенной степенью точности рассчитывать положение планет. Однако с течением времени требования к точности этих расчетов постоянно возрастали, приходилось добавлять все новые и новые эпициклы для каждой планеты. Все это усложняло систему Птолемея, делая ее излишне громоздкой и неудобной для практических расчетов. Тем не менее, геоцентрическая система оставалась незыблемой еще около 1000 лет. Ведь после расцвета античной культуры в Европе наступил длительный период, в течение которого не было сделано ни одного существенного открытия в астрономии и многих других науках.

Только в эпоху Возрождения начинается подъем в развитии наук, в котором астрономия становится одним из лидеров. В 1543 г. была издана книга выдающегося польского ученого ***Николая Коперника***(1473—1543), в которой он обосновал новую — ***гелиоцентрическую***— систему мира. Коперник показал, что суточное движение всех светил можно объяснить вращением Земли вокруг оси, а петлеобразное движение планет— тем, что все они, включая Землю, обращаются вокруг Солнца. На рисунке 3.3 показано движение Земли и Марса в тот период, когда, как нам кажется, планета описывает на небе петлю.

Создание гелиоцентрической системы ознаменовало новый этап в развитии не только астрономии, но и всего естествознания. Особо важную роль сыграла идея Коперника о том, что за видимой картиной происходящих явлений, которая кажется нам истинной, надо искать и находить недоступную для непосредственного наблюдения сущность этих явлений.

Гелиоцентрическая система мира, обоснованная, но не доказанная Коперником, получила свое подтверждение и развитие в трудах таких выдающихся ученых, как ***Галилео Галилей***и ***Иоганн Кеплер.***

Галилей (1564—1642), одним из первых направивший телескоп на небо, истолковал сделанные при этом открытия как доводы в пользу теории Коперника. Открыв смену фаз Венеры, он пришел к выводу, что такая их последовательность может наблюдаться только в случае ее обращения вокруг Солнца. Обнаруженные им четыре спутника планеты Юпитер также опровергали представления о том, что Земля является единственным в мире центром, вокруг которого может происходить вращение других тел. Галилей не только увидел горы на Луне, но даже измерил их высоту. Наряду с несколькими другими учеными он также наблюдал пятна на Солнце и заметил их перемещение по солнечному диску. На этом основании он заключил, что Солнце вращается и, следовательно, имеет такое движение, которое Коперник приписывал нашей планете. Так был сделан вывод о том, что Солнце и Луна имеют определенное сходство с Землей. Наконец, наблюдая в Млечном Пути и вне его множество слабых звезд, недоступных невооруженному глазу, Галилей сделал вывод о том, что расстояния до звезд различны и никакой «сферы неподвижных звезд» не существует. Все эти открытия стали новым этапом в осознании положения Земли во Вселенной.

**3.1.3. Конфигурации планет и условия их видимости.**

Условия видимости планет меняются по-разному: если Меркурий и Венеру можно видеть только утром или вечером, то остальные — Марс, Юпитер и Сатурн — бывают видны также и ночью. По временам одна или несколько планет могут быть вовсе невидны, поскольку они располагаются на небе поблизости от Солнца. В этом случае говорят, что планета находится в *соединении*с Солнцем. Если же планета располагается на небе вблизи точки, диаметрально противоположной Солнцу, то она находится в ***противостоянии.*** В этом случае планета появляется над горизонтом в то время, когда Солнце заходит, а заходит она одновременно с восходом Солнца. Следовательно, всю ночь планета находится над горизонтом.



Соединениеи противостояние, а также другие характерные расположения планеты относительно Солнца называются ***конфигурациями.***Внутренние планеты (Меркурий и Венера), которые всегда находятся внутри земной орбиты, и внешние, которые движутся вне ее (все остальные планеты), меняют свои конфигурации по-разному. Названия различных конфигураций внутренних и внешних планет, которые характеризуют расположение планеты относительно Солнца на небе приведены на рисунке 3.4.

Ясно, что условия видимости планеты в той или иной конфигурации зависят от ее расположения по отношению к Солнцу, которое планету освещает, и Земли, с которой мы ее наблюдаем. На рисунке 3.4 показано, каково при различных конфигурациях взаимное расположение Земли*,*планетыи Солнца в пространстве.

Единственной конфигурацией, в которой может находиться любая планета, независимо от того, внутренняя она или внешняя, является *верхнее соединение.*В этом случае она находится на линии, соединяющей центры Солнца, Земли и планеты, за Солнцем — «выше» него. Поэтому Солнце, рядом с которым планета находится на небе, не дает возможности ее увидеть. Если же внутренняя планета расположена на той же линии между Землей и Солнцем, то происходит ее *нижнее соединение*с Солнцем.

Внешняя планета может находиться на любом угловом расстоянии от Солнца (от 0 до 180°). Когда оно составляет 90°, то говорят, что планета находится в *квадратуре.*Для внутренних планет максимально возможное угловое удаление от Солнца (в *элонгации)*невелико: для Венеры — до 48°, а для Меркурия — всего 28°.

**3.1.4. Синодический и сидерический (звездный) периоды обращения планет.**

Конфигурации планеты периодически повторяются.

**Промежуток времени между двумя последовательными одноименными конфигурациями планеты (например, верхними соединениями) называется ее синодическим периодом.**

Еще в глубокой древности, когда считалось, что планеты обращаются вокруг Земли, для каждой из них на основе многолетних наблюдений был определен синодический период обращения.

Согласно гелиоцентрической системе, сама Земля обращается вокруг Солнца с периодом, равным году. Это ее движение необходимо учитывать, чтобы узнать периоды обращения планет в невращающейся инерциальной системе отсчета, или, как принято говорить, по отношению к звездам.

**Период обращения планеты вокруг Солнца по отношению к звездам называется звездным (или сидерическим) периодом.**

Очевидно, что по своей продолжительности синодический период планеты не совпадает ни с ее сидерическим периодом, ни с годом, который является звездным периодом обращения Земли.

Рассмотрим, как связан синодический период планеты со звездными периодами Земли и самой планеты. Пусть звездный период обращения внешней планеты равен *Р,*звездный период Земли — *Т*, а синодический период — *S.*Тогда угловые скорости их движения по орбитам будут равны соответственно 3600/P и 360°/Т. От момента какой-либо конфигурации (например, противостояния) до следующей такой же конфигурации планета пройдет дугу своей орбиты, равную . За этот же промежуток времени (за синодический период) Земля пройдет дугу на 3600большую, которая равна . Тогда:



или



Почти такой же будет формула для внутренней планеты:



Следовательно, зная синодический период планеты, можно вычислить ее звездный период обращения вокруг Солнца.

**20.11.2020г.**

**Тема:** Законы движения планет Солнечной системы. Определение расстояний и размеров тел.

**Задание: Изучить лекцию. Конспект в тетрадь.**

***Время выполнения 2 часа.***

**Законы движения небесных тел.**

Важную роль в формировании представлений о строении Солнечной системы сыграли также законы движения планет, которые были открыты **Иоганном Кеплером** (1571—1630) и стали первыми естественнонаучными законами в их современном понимании. Работы Кеплера создали возможность для обобщения знаний по механике той эпохи в виде законов динамики и закона всемирного тяготения, сформулированных позднее Исааком Ньютоном. Многие ученые вплоть до начала XVII в. считали, что движение небесных тел должно быть равномерным и происходить по «самой совершенной» кривой— окружности. Лишь Кеплеру удалось преодолеть этот предрассудок и установить действительную форму планетных орбит, а также закономерность изменения скорости движения планет при их обращении вокруг Солнца.

В своих поисках Кеплер исходил из убеждения, что «в мире правит число», высказанного еще Пифагором. Он искал соотношения между различными величинами, характеризующими движение планет, — размеры орбит, период обращения, скорость. Кеплер действовал фактически вслепую, чисто эмпирически. Он пытался сопоставить характеристики движения планет с закономерностями музыкальной гаммы, длиной сторон описанных и вписанных в орбиты планет многоугольников Иоганн Кеплер и т. д.

Кеплеру необходимо было построить орбиты планет, перейти от экваториальной системы координат, указывающих положение планеты на небесной сфере, к системе координат, указывающих ее положение в плоскости орбиты. Он воспользовался при этом собственными наблюдениями планеты Марс, а также многолетними определениями координат и конфигураций этой планеты, проведенными его учителем ***Тихо Браге****.*Орбиту Земли Кеплер считал (в первом приближении) окружностью, что не противоречило наблюдениям. Для того чтобы построить орбиту Марса, он применил способ, который показан на рисунке 3.5.

Пусть нам известно угловое расстояние Марса от точки весеннего равноденствия во время одного из противостояний планеты — его прямое восхождение  *α1,*которое выражается углом *Т1М1*где*Т1* — положение Земли на орбите в этот момент, *а М1*— положение Марса. Очевидно, что спустя 687 суток (таков звездный период обращения Марса) планета придет в ту же точку своей орбиты. Если определить прямое восхождение Марса на эту дату, то, как видно из рисунка 3.5, можно указать положение планеты в пространстве, точнее, в плоскости ее орбиты. Земля в этот момент находится в точке *Т2,*и, следовательно, угол *T2M1*есть не что иное, как прямое восхождение Марса — *α2*. Повторив подобные операции для нескольких других противостояний Марса, Кеплер получил еще целый ряд точек и, проведя по ним плавную кривую, построил орбиту этой планеты.

Изучив расположение полученных точек, он обнаружил, что **скорость движения планеты по орбите меняется, но при этомрадиус-вектор планеты за равные промежуткивремени описывает равные площади.**Впоследствии эта закономерность получила название *второго закона Кеплера.*

Этот закон, который часто называют законом площадей, иллюстрируется рисунком 3.6. Радиус-вектором называют в данном случае переменный по своей величине отрезок, соединяющий Солнце и ту точку орбиты, в которой находится планета. *АА1 ВВ1*и *СС1*— дуги, которые проходит планета за равные промежутки времени. Площади заштрихованных фигур равны между собой.

Согласно закону сохранения энергии, полная механическая энергия замкнутой системы тел, между которыми действуют силы тяготения, остается неизменной при любых движениях тел этой системы. Поэтому сумма кинетической и потенциальной энергий планеты, которая движется вокруг Солнца, неизменна во всех точках орбиты и равна полной энергии. По мере приближения планеты к Солнцу возрастает ее скорость — увеличивается кинетическая энергия, но вследствие уменьшения расстояния до Солнца уменьшается энергия потенциальная.

Установив закономерность изменения скорости движения планет, Кеплер задался целью определить, по какой кривой происходит их обращение вокруг Солнца. Он был поставлен перед необходимостью сделать выбор одного из двух возможных решений:     1) считать, что орбита Марса представляет собой окружность, и допустить, что на некоторых участках орбиты вычисленные координаты планеты расходятся с наблюдениями (из-за ошибок наблюдений) на 8′; 2) считать, что наблюдения таких ошибок не содержат, а орбита не является окружностью. Будучи уверенным в точности наблюдений Тихо Браге, Кеплер выбрал второе решение и установил, что наилучшим образом положения Марса на орбите совпадают с кривой, которая называется *эллипсом,*при этом Солнце не располагается в центре эллипса. В результате был сформулирован закон, который называется ***первым законом Кеплера****.*

**Каждая планета обращается вокруг Солнца по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце.**



Как известно, эллипсом называется кривая, у которой сумма расстояний от любой точки *Р*до его фокусов есть величина постоянная. На рисунке 3.6 обозначены: *О -*центр эллипса; F и F1 — фокусы эллипса; *АВ*— его большая ось. Половина этой величины *(а),*которую обычно называют *большой полуосью,*характеризует размер орбиты планеты. Ближайшая к Солнцу точка *А*называется *перигелий,*а наиболее удаленная от него точка *В*— *афелий.*Отличие эллипса от окружности характеризуется величиной его эксцентриситета: *е = OS/OA.*В том случае, когда эксцентриситет равен О, фокусы и центр сливаются в одну точку — эллипс превращается в окружность.

Примечательно, что книга, в которой в1609 г. Кеплер опубликовал первые два открытых им закона, называлась «Новая астрономия, или Физика небес, изложенная в исследованиях движения планеты Марс...».

Оба этих закона, опубликованные в 1609 г., раскрывают характер движения каждой планеты в отдельности, что не удовлетворило Кеплера. Он продолжил поиски «гармонии» в движении всех планет, и спустя 10 лет ему удалось сформулировать *третий закон Кеплера.*

**Квадраты звездных периодов обращения планет относятся между собой, как кубы больших полуосей их орбит.**

Формула, выражающая третий закон Кеплера, такова:



где *Т1*и *Т2*— периоды обращения двух планет; *а1*и *а2*—большие полуоси их орбит.

Вот что писал Кеплер после открытия этого закона: «То, что 16 лет тому назад я решил искать, <...> наконец найдено, и это открытие превзошло все мои самые смелые ожидания...»

Действительно, третий закон заслуживает самой высокой оценки. Ведь он позволяет вычислить относительные расстояния планет от Солнца, используя при этом уже известные периоды их обращения вокруг Солнца. Не нужно определять расстояние от Солнца каждой из них, достаточно измерить расстояние от Солнца хотя бы одной планеты. Величина большой полуоси земной орбиты — *астрономическая единица*(а. е.) — стала основой для вычисления всех остальных расстояний в Солнечной системе.

**Пример решения задач**

Противостояния некоторой планеты повторяются через 2 года. Чему равна большая полуось ее орбиты?



**3.2.2. Определение расстояний и размеров тел в Солнечной системе.**

Представление о Земле как о шаре, который свободно, без всякой опоры находится в космическом пространстве, является одним из величайших достижений науки древнего мира.

Считается, что первое достаточно точное определение размеров Земли провел греческий ученый *Эратосфен*(276— 194 до н. э.), живший в Египте. Идея, положенная в основу измерений Эратосфена, весьма проста: измерить длину дуги земного меридиана в линейных единицах и определить, какую часть полной окружности эта дуга составляет. Получив эти данные, можно вычислить длину дуги в 1°, а затем длину окружности и величину ее радиуса, т. е. радиуса земного шара. Очевидно, что длина дуги меридиана в градусной мере равна разности географических широт двух пунктов: φB – φA.

Для того чтобы определить эту разность, Эратосфен сравнил полуденную высоту Солнца в них в один и тот же день. Измерив высоту Солнца *hB*(рис. 3.8) в полдень 22 июня в Александрии, где он жил, Эратосфен установил, что Солнце отстоит от зенита на 7,2°. В этот день в полдень в городе Сиена (ныне Асуан) Солнце освещает дно самых глубоких колодцев, т. е. находится в зените *hA.*

Следовательно, длина дуги составляет 7,2°. Расстояние между Сиеной *(А)*и Александрией *(В)*около 5000 греческих стадий — *l*.

Стадией в Древней Греции считалось расстояние, которое проходит легко вооруженный греческий воин за тот промежуток времени, в течение которого Солнце, коснувшееся горизонта своим нижним краем, целиком скроется за горизонт.

Несмотря на кажущееся неудобство такой единицы и достаточную громоздкость словесного определения, ее введение выглядело вполне оправданным, учитывая, что строгая периодичность небесных явлений позволяла использовать их движение для счета времени.

Обозначив длину окружности земного шара через *L,*получим такое выражение:



откуда следует, что длина окружности земного шара равняется 250 000 стадий.

Точная величина стадии в современных единицах неизвестна, но, зная, что расстояние между Александрией и Асуаном составляет 800 км, можно полагать, что 1 стадия = 160 м. Это означает, что результат, полученный Эратосфеном, практически не отличается от современных данных, согласно которым длина окружности Земли составляет 40 000 км.

Эратосфен ввел в практику использование терминов «широта» и «долгота». Видимо, появление этих терминов связано с особенностями формы карт того времени: они повторяли по очертаниям побережье Средиземного моря, которое длиннее по направлению запад-восток (по долготе), чем с севера на юг (по широте).

Определить географическую широту двух пунктов оказывается гораздо проще, чем измерить расстояние между ними. Зачастую непосредственное измерение кратчайшего расстояния между этими пунктами оказывается невозможным из-за различных естественных препятствий (гор, рек и т. п.). Поэтому применяется способ, основанный на *явлении параллактического смещения*и предусматривающий вычисление расстояния на основе измерений длины одной из сторон (базиса — *ВС)*и двух углов *В*и *С*в треугольнике *ABC*(рис. 3.9).

**Параллактическим смещением называется изменение направления на предмет при перемещении наблюдателя.**

Чем дальше расположен предмет, тем меньше его параллактическое смещение, и чем больше перемещение наблюдателя (базис измерения), тем больше параллактическое смещение.

Для определения длины дуги используется система треугольников — *способ триангуляции,*который впервые был применен еще в 1615 г. Пункты в вершинах этих треугольников выбираются по обе стороны дуги на расстоянии 30 — 40 км друг от друга так, чтобы из каждого пункта были видны по крайней мере два других. Основой для вычисления длин сторон во всех этих треугольниках является размер базиса *АС*(рис. 3.10). Точность измерения базиса длиной в 10 км составляет около 1 мм. Во всех пунктах устанавливают геодезические сигналы — вышки высотой в несколько десятков метров. С вершины сигнала с помощью угломерного инструмента *(теодолита)*измеряют углы между направлениями на два-три соседних пункта. Измерив углы в треугольнике, одной из сторон которого является базис, геодезисты получают возможность вычислить длину двух других его сторон. Проводя затем измерение углов из пунктов, расстояние между которыми вычислено, можно узнать длину двух очередных сторон в треугольнике. Зная длину сторон этих треугольников, можно определить длину дуги *АВ.*

В какой степени форма Земли отличается от шара, выяснилось в конце XVIII в. Для уточнения формы Земли Французская академия наук снарядила сразу две экспедиции. Одна из них работала в экваториальных широтах Южной Америки в Перу, другая — вблизи Северного полярного круга на территории Финляндии и Швеции. Измерения показали, что длина одного градуса дуги меридиана на севере больше, чем вблизи экватора. Последующие исследования подтвердили, что длина дуги одного градуса меридиана увеличивается с возрастанием географической широты. Это означало, что форма Земли — не идеальный шар: она сплюснута у полюсов. Ее полярный радиус на 21 км короче экваториального.

Для школьного глобуса масштаба 1:50 000 000 отличие этих радиусов будет всего 0,4 мм, т. е. совершенно незаметно.

Отношение разности величин экваториального и полярного радиусов Земли к величине экваториального называется *сжатием.*По современным данным оно составляет 1/298 или 0,0034. Это означает, что сечение Земли по меридиану будет не окружностью, а эллипсом, у которого большая ось проходит в плоскости экватора, а малая совпадает с осью вращения.

В XX в. благодаря измерениям, точность которых составила 15 м, выяснилось, что земной экватор также нельзя считать окружностью. Сплюснутость экватора составляет всего 1/30 000 (в 100 раз меньше сплюснутости меридиана). Более точно форму нашей планеты передает фигура, называемая эллипсоидом, у которого любое сечение плоскостью, проходящей через центр Земли, не является окружностью.

В настоящее время форму Земли принято характеризовать следующими величинами:

* *экваториальный радиус - 6378,160 км;*
* *полярный радиус - 6356,777 км;*
* *сжатие эллипсоида - 1 : 298,25;*
* *средний радиус - 6371,032 км;*
* *длина окружности экватора - 40075,696 км.*

**13.2 Определение расстояний в Солнечной системе.**

**Горизонтальный параллакс**

Измерить расстояние от Земли до Солнца удалось лишь во второй половине XVIII в., когда был впервые определен *горизонтальный параллакс*Солнца. По сути дела, при этом измеряется параллактическое смещение объекта, находящегося за пределами Земли, а базисом является ее радиус.

***Горизонтальным параллаксом (р) называется угол, под которым со светила виден радиус Земли, перпендикулярный лучу зрения***(рис. 3.11)***.***

Из треугольника *OAS*можно выразить величину — расстояние *OS = D****:***

,

где *R*— радиус Земли. По этой формуле можно вычислить расстояние в радиусах Земли, а зная его величину, — выразить расстояние в километрах.

Очевидно, что чем дальше расположен объект, тем меньше его параллакс. Наибольшее значение имеет параллакс Луны, который меняется в связи с тем, что Луна обращается по эллиптической орбите, и в среднем составляет 57'. Параллаксы планет и Солнца значительно меньше. Так, параллакс Солнца 8,8Ѕ. Такому значению параллакса соответствует расстояние до Солнца, примерно равное 150 000 000 км. Это расстояние принимается за одну астрономическую единицу (1 а. е.) и используется при измерении расстояний между телами Солнечной системы.

Известно, что для малых углов sin *p ≈ p,*если угол *р* выражен в радианах. В одном радиане содержится 206 265Ѕ. Тогда, заменяя sin *р* на *р*и выражая этот угол в радианной мере, получаем формулу в виде, удобном для вычислений:



или (с достаточной точностью)



Во второй половине XX в. развитие радиотехники позволило определять расстояния до тел Солнечной системы посредством *радиолокации.*Первым объектом среди них стала Луна. Затем радиолокационными методами были уточнены расстояния до Венеры, Меркурия, Марса и Юпитера. На основе радиолокации Венеры величина астрономической единицы определена с точностью порядка километра. Столь высокая точность определения расстояний — необходимое условие для расчетов траекторий полета космических аппаратов, изучающих планеты и другие тела Солнечной системы. В настоящее время благодаря использованию лазеров стало возможным провести *оптическую локацию*Луны. При этом расстояния до лунной поверхности измеряются с точностью до сантиметров.

**Пример решения задач.**

На каком расстоянии от Земли находится Сатурн, когда его горизонтальный параллакс равен 0,9"?



**13.4. Определение размеров светил**

Зная расстояние до светила, можно определить его линейные размеры, если измерить его угловой радиус ρ (рис. 3.12).



Формула, связывающая эти величины, аналогична формуле для определения параллакса:

Учитывая, что угловые диаметры даже Солнца и Луны составляют примерно 30', а все планеты видны невооруженному глазу как точки, можно воспользоваться соотношением: sin ρ ≈ ρ. Тогда:

 и .

Следовательно,

.

Если расстояние *D*известно, то



где величина ρ выражена в радианах.

**Пример  решения задач**

Чему равен линейный диаметр Луны, если она видна с расстояния 400 000 км под углом примерно 30'?

