**Комплекс практических работ**

**по дисциплине Астрономия**

**ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№п/п** | **Наименование в соответствии с рабочей программой** | **Количество**  **часов** |
| **1** | Звездное небо. Небесные координаты | 2 |
| **2** | Измерение времени. Определение географической долготы и широты | 2 |
| **3** | Определение среднего солнечного времени и высоты Солнца в кульминациях | 2 |
| **4** | Применение законов Кеплера при решении задач | 2 |
| **5** | Определение синодического и сидерического периода обращений светила | 2 |

**Практическая работа № 1**

**Тема**: Звездное небо. Небесные координаты.

**Цель работы:** Знакомство со звездным небом, решение задач на условиях видимости созвездий и определение их координат.

**Оборудование:** подвижная карта звездного неба.

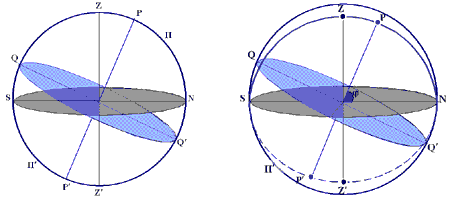
**Теоретическое обоснование**

**Небесной сферой** называется воображаемая вспомогательная сфера произвольного радиуса, на которую проецируются все светила так, как их видит наблюдатель в определенный момент времени из определенной точки пространства.

|  |
| --- |
| http://images.astronet.ru/pubd/2003/07/10/0001191510/images/3_3-1.gif |
| *Рис. 1. Небесная сфера "каноническое" изображение в плоскости небесного меридиана* |

Точки пересечения небесной сферы с **отвесной линией**, проходящей через ее центр, называются: верхняя точка - **зенитом** (*z*), нижняя точка - **надиром** (*z¢* ). Большой круг небесной сферы, плоскость которого перпендикулярна к отвесной линии, называется **математическим**, или **истинным горизонтом** (рис. 1).

Десятки тысяч лет назад было замечено, что видимое вращение сферы происходит вокруг некоей невидимой оси. На самом деле видимое вращение неба с востока на запад является следствием вращения Земли с запада на восток.

[](http://www.astronet.ru/db/msg/1177040/images/3_3-2.html)Диаметр небесной сферы, вокруг которого происходит ее вращение, называется **осью мира**. Ось мира совпадает с осью вращения Земли. Точки пересечения оси мира с небесной сферой называются **полюсами мира** (рис. 2).

*Рис. 2. Небесная сфера: геометрически правильное изображение в ортогональной проекции*

Угол наклона оси мира к плоскости математического горизонта (высота полюса мира) равен углу географической широты местности.

Большой круг небесной сферы, плоскость которого перпендикулярна к оси мира, называется **небесным экватором** (*QQ¢*).

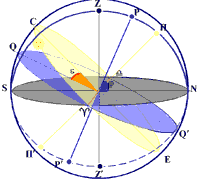
Большая окружность, проходящая через полюса мира и зенит, называется **небесным меридианом** (*PNQ¢ Z¢ P¢ SQZ*).

Плоскость небесного меридиана пересекается с плоскостью математического горизонта по прямой полуденной линии, которая пересекается с небесной сферой в двух точках: **севера** (*N*) и **юга** (*S*).

Небесная сфера разбита на 88 созвездий, различающихся по площади, составу, структуре (конфигурации ярких звезд, образующих основной узор созвездия) и другим особенностям.

**Созвездие** – основная структурная единица разделения звездного неба – участок небесной сферы в строго определенных границах. В состав созвездия включаются все светила - проекции любых космических объектов (Солнца, Луны, планет, звезд, галактик и т.д.), наблюдаемых в данный момент времени на данном участке небесной сферы. Хотя положение отдельных светил на небесной сфере (Солнца, Луны, планет и даже звезд) изменяется со временем, взаимное положение созвездий на небесной сфере остается постоянным.

Видимое годичное движение Солнца на фоне звезд происходит по большой окружности небесной сферы - **эклиптике (**рис. 3). Направление этого медленного движения (около 1° в сутки) противоположно направлению суточного вращения Земли.

*[](http://www.astronet.ru/db/msg/1177040/images/3_3-3.html)*

*Рис.3. Положение эклиптики на небесной сфере*

Ось вращения земли имеет постоянный угол наклона к плоскости обращения Земли вокруг Солнца, равный 66° 33″. Вследствие этого угол e между плоскостью эклиптики и плоскостью небесного экватора для земного наблюдателя составляет: **e** = 23° 26′ 25,5″.Точки пересечения эклиптики с небесным экватором называются **точками весеннего** (^) и **осеннего** (d) **равноденствий**. Точка весеннего равноденствия находится в созвездии Рыб (до недавнего времени - в созвездии Овна), дата весеннего равноденствия - 20(21) марта. Точка осеннего равноденствия находится в созвездии Девы (до недавнего времени в созвездии Весов); дата осеннего равноденствия - 22(23) сентября.

Точки, отстоящие на 90° от точек весеннего равноденствия, называются **точками солнцестояний**. Летнее солнцестояние приходится на 22 июня, зимнее солнцестояние - на 22 декабря.

На карте звезды показаны черными точками, размеры которых характеризуют яркость звезд, туманности обозначены штриховыми линиями. Северный полюс изображен в центре карты. Линии исходящие из северного полюса мира, показывают расположение кругов склонения. На карте расположены для двух ближайших кругов склонения угловое расстояние равно 2 ч. Небесные параллели нанесены через 30.с их помощью производят отсчет склонения светил. Точки пересечения эклиптики с экватором, для которых прямое восхождение 0 и 12 ч., называются соответственно точками весеннего и осеннего равноденствия. По краю звездной карты нанесены месяцы и числа, а на накладном круге – часы.

Для определения места положения небесного светила необходимо месяц и число, указанные на звездной карте, совместить с часом наблюдения на накладном круге.

На карте зенит расположен вблизи центра выреза, в точке пересечения нити с небесной параллелью, склонение которой равно географической широте места наблюдения.

**Ход работы**

1.Установить подвижную карту звездного неба на день и час наблюдения и назвать созвездия, расположенные в южной части неба от горизонта до полюса мира, на востоке – от горизонта до полюса мира.

2. Найти созвездия, расположенные между точками запада и севера 10 октября в 21 час.

3. Найти на звездной карте созвездия, с обозначенными в них туманностями и проверить, можно ли их наблюдать невооруженным глазом.

4. Определить, будут ли видны созвездия Девы, Рака, Весов в полночь 15 сентября. Какое созвездие в то же время будет находиться вблизи горизонта на севере.

5. Определить, какие из перечисленных созвездий: Малая Медведица, Волопас, Возничий, Орион – для данной широты места будет незаходящими.

6. Ответить на вопрос: может ли для вашей широты 20 сентября Андромеда находиться в зените?

7. На карте звездного неба найти пять любых из перечисленных созвездий: Большая Медведица, Малая Медведица, Кассиопея, Андромеда, Пегас, лебедь, Лира, Геркулес, Северная Корона – определить приближенно координаты (небесные) – склонение и прямое восхождение звезд этих созвездий.

8. Определить, какое созвездие будет находиться вблизи горизонта 05 мая в полночь.

**Содержание отчета**

1. Напишите номер, тему и цель работы.

2. Выполните задания в соответствии с инструкцией, опишите полученные результаты к каждому заданию.

3. Ответьте на контрольные вопросы.

**Контрольные вопросы**

1. Что называют созвездием, как они изображены на карте звездного неба?

2. Как отыскать на карте Полярную звезду?

3. Назовите основные элементы небесной сферы: горизонт, небесный экватор, ось мира, зенит, юг, запад, север, восток.

4. Дайте определение координатам светила: склонение, прямое восхождение.

**Основные источники (ОИ)**

ОИ1 Воронцов-Вельяминов, Б. А. Страут Е. К. Учебник «Астрономия. Базовый уровень. 11 класс». М.:Дрофа, 2018г.

**Практическая работа № 2**

**Тема**: Измерение времени. Определение географической долготы и широты

**Цель работы:** Определение географической широты места наблюдения и высоту светила над горизонтом.

**Оборудование:** модель небесной сферы, подвижная карта звездного неба.

**Теоретическое обоснование**

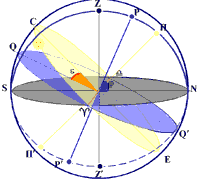
[](http://www.astronet.ru/db/msg/1177040/images/3_3-3.html)Видимое годичное движение Солнца на фоне звезд происходит по большой окружности небесной сферы - **эклиптике (**рис. 1). Направление этого медленного движения (около 1° в сутки) противоположно направлению суточного вращения Земли.

Рис. 1. Положение эклиптики на небесной сфер

Ось вращения земли имеет постоянный угол наклона к плоскости обращения Земли вокруг Солнца, равный 66° 33″. Вследствие этого угол e между плоскостью эклиптики и плоскостью небесного экватора для земного наблюдателя составляет: **e** = 23° 26′ 25,5″.Точки пересечения эклиптики с небесным экватором называются **точками весеннего** (γ) и **осеннего** (d) **равноденствий**. Точка весеннего равноденствия находится в созвездии Рыб (до недавнего времени - в созвездии Овна), дата весеннего равноденствия - 20(21) марта. Точка осеннего равноденствия находится в созвездии Девы (до недавнего времени в созвездии Весов); дата осеннего равноденствия - 22(23) сентября.

Точки, отстоящие на 90° от точек весеннего равноденствия, называются **точками солнцестояний**. Летнее солнцестояние приходится на 22 июня, зимнее солнцестояние - на 22 декабря.

1. «**Звездное**» время, связанное с перемещением звезд на небесной сфере, измеряется часовым углом точки весеннего равноденствия: S = t γ ; t = S - a

2. «**Солнечное**» время, связанное: с видимым движением центра диска Солнца по эклиптике (истинное солнечное время) или движением «среднего Солнца» - воображаемой точки, равномерно перемещающейся по небесному экватору за тот же промежуток времени, что и истинное Солнце (среднее солнечное время).

С введением в 1967 году атомного стандарта времени и Международной системы СИ в физике используется атомная секунда.

**Секунда** - физическая величина, численно равная 9192631770 периодам излучения, соответствующего переходу между сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.

**Сутки** - промежуток времени, в течение которого Земля делает один полный оборот вокруг своей оси относительно какого-либо ориентира.

**Звездные сутки** - период вращения Земли вокруг своей оси относительно неподвижных звезд, определяется как промежуток времени между двумя последовательными верхними кульминациями точки весеннего равноденствия.

**Истинные солнечные сутки** - период вращения Земли вокруг своей оси относительно центра диска Солнца, определяемый как промежуток времени между двумя последовательными одноименными кульминациями центра диска Солнца.

**Средние солнечные сутки –** промежуток времени между двумя последовательными одноименными кульминациями среднего Солнца.

При своем суточном движении светила дважды пересекают небесный меридиан. Момент пересечения небесного меридиана называется **кульминацией светила.** В момент верхней кульминации светило достигает наибольшей высоты над горизонтом.если мы находимся на северных широтах, то высота полюса мира над горизонтом (угол *PON*): hp = φ. Тогда угол между горизонтом (*NS)* и небесным экватором (*QQ1*) будет равен 180°- φ - 90°= 90° - φ . если светило кульминирует к югу от горизонта, то угол *MOS*, который выражает высоту светила *M* в кульминации, представляет собой сумму двух углов: *Q1OS* и *MOQ1* .величину первого из них мы только что определили, а второй является не чем иным, как склонением светила *М*, равным δ.

Таким образом, высота светила в кульминации:

h = 90°- φ + δ.

Если δ, то верхняя кульминация будет происходить над северным горизонтом на высоте

h = 90°+ φ - δ.

Данные формулы справедливы и для Южного полушария Земли.

Зная склонение светила и определив из наблюдений его высоту в кульминации, можно узнать географическую широту места наблюдения.

**Ход работы**

1. Изучите основные элементы небесной сферы.

2. Выполните задания

**Задание 1**. Определите склонение звезды, верхняя кульминация которой наблюдалась в Москве (географическая широта 56°) на высоте 47° над точкой юга.

**Задание 2**. Каково склонение звезд, которые кульминируют в зените; в точке юга?

**Задание 3**. Географическая широта Киева 50°. На какой высоте в этом городе происходит верхняя кульминация звезды Антарес, склонение которой равно - 26°?

**Задание 4.** На какой высоте Солнце бывает 22 июня на Северном полюсе?

**Задание 5.** На какой географической широте Солнце бывает в полдень в зените 21 марта, 22 июня?

**Задание 6.** Полуденная высота солнца равна 30°, а его склонение равно - 19°. Оределите географическую широту места наблюдения.

**Задание 7.** Определите положение Солнца на эклиптике и его экваториальные координаты на сегодняшний день. Для этого достаточно мысленно провести прямую от полюса мира к соответствующей дате на краю карты. (приложить линейку). Солнце должно располагаться на эклиптике в точке ее пересечения с этой прямой.

**Содержание отчета**

1. Напишите номер, тему и цель работы.

2. Выполните задания в соответствии с инструкцией, опишите полученные результаты к каждому заданию.

3. Ответьте на контрольные вопросы.

**Контрольные вопросы**

1. В каких точках небесный экватор пересекается с линией горизонта?

2. какой круг небесной сферы все светила пересекают дважды в сутки?

3. В каком пункте земного шара не видно ни одной звезды Северного небесного полушария?

4. почему полуденная высота Солнца в течение года меняется?

**Основные источники (ОИ)**

ОИ1 Воронцов-Вельяминов, Б. А. Страут Е. К. Учебник «Астрономия. Базовый уровень. 11 класс». М.:Дрофа, 2018г.

**Практическая работа №3**

**Тема**: Определение среднего солнечного времени и высоты Солнца в кульминациях

**Цель работы:** Изучить годичное движение Солнца по небу. Определить высоту Солнца в кульминациях.

**Оборудование:** модель небесной сферы, подвижная карта звездного неба.

**Теоретическое обоснование**

Солнце так же, как и другие звёзды, описывает свой путь по небесной сфере. Находясь в средних широтах, мы можем каждое утро наблюдать за тем, как оно появляется из-за горизонта в восточной части неба. Затем постепенно поднимается над горизонтом и, наконец, в полдень достигает наивысшего положения на небе. После этого Солнце постепенно опускается, приближаясь к горизонту, и заходит в западной части неба.

Ещё в глубокой древности люди, наблюдавшие за перемещением Солнца по небу, обнаружили, что его полуденная высота меняется с течением года, как меняется и вид звёздного неба.

Если в течение года ежедневно отмечать положение Солнце на небесной сфере в момент его кульминации (то есть указывать его склонение и прямое восхождение), то мы получим большой круг, представляющий проекцию видимого пути центра солнечного диска в течение года. Этот круг древними греками был назван **эклиптикой**, что переводится, как ‘*затмение*’.

Конечно же, перемещение Солнца на фоне звёзд — это кажущееся явление. И вызвано оно вращением Земли вокруг Солнца. То есть, по сути, в плоскости эклиптики лежит путь Земли вокруг Солнца — её орбита.

Мы уже с вами говорили о том, что эклиптика пересекает небесный экватор в двух точках: в точке весеннего равноденствия (точка овна) и в точке осеннего равноденствия (точка весов) (рис.1)

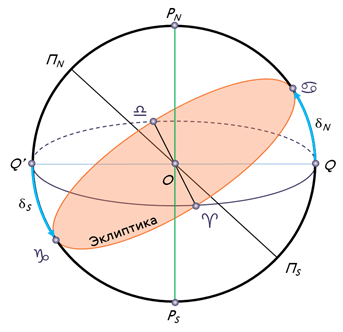


Рисунок 1. Небесная сфера

Кроме точек равноденствия, на эклиптике выделяют ещё две промежуточные точки, в которых склонение Солнца бывает наибольшим и наименьшим. Эти точки получили название точек **солнцестояния.**В **точке летнего солнцестояния**(она ещё называется точкой рака) Солнце имеет максимальное склонение — +23о 26’. В **точке зимнего солнцестояния**(точка козерога) склонение Солнца минимально и составляет –23о 26’.

Созвездия, по которым проходит эклиптика получили названия **эклиптические.**

Ещё в Древней Месопота́мии было замечено, что Солнце, при своём видимом годовом движении проходит через 12 созвездий: Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей и Рыбы. Позже, древние греки назвали этот пояс **Поясом Зодиака.**Дословно это переводится, как «круг из животных». И действительно, если посмотреть на названия зодиакальных созвездий, то несложно увидеть, что их половина в классическом греческом зодиаке представлена в виде животных (помимо мифологических существ).

Изначально эклиптические знаки зодиака совпадали с зодиакальными, так как ещё не было чёткого разделения созвездий. Начало отсчёта знаков зодиака было установлено от точки весеннего равноденствия. А зодиакальные созвездия делили эклиптику на 12 равных частей.

Сейчас же зодиакальные и эклиптические созвездия не совпадают: зодиакальных созвездий 12, а эклиптических — 13 (в них добавлено созвездие Змееносца, в котором Солнце находится с 30 ноября по 17 декабря. Помимо этого, из-за прецессии земной оси, точки весеннего и осеннего равноденствий постоянно смещается (рис.2).

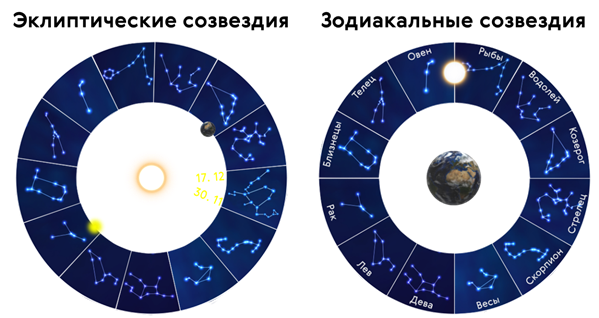


Рисунок 2. Эклиптические и зодиакальные созвездия

**Прецессия (или предварение равноденствий) —**это явление, возникающее из-за медленного раскачивания оси вращения земного шара. В этом цикле созвездия идут в обратную сторону, по сравнение с обычным годичным циклом. При этом получается, что точка весеннего равноденствия примерно каждые 2150 лет смещается на один знак зодиака по ходу часовой стрелки. Так с 4300 года по 2150 год до нашей эры эта точка располагалась в созвездии Тельца (эра Тельца), с 2150 года до нашей эры по 1 год нашей эры — в созвездии овна. Соответственно, сейчас, точка весеннего равноденствия находится в Рыбах.

Как мы уже упоминали, за начало движение Солнца по эклиптике принимается день весеннего равноденствия (около 21 марта). Суточная параллель Солнца под влиянием его годового движения непрерывно смещается на шаг склонения. Поэтому общее движение Солнца на небе происходит как бы по спирали, которая является результатом сложения суточного и годового движения. Итак, двигаясь по спирали, Солнце увеличивает своё склонение примерно на 15 минут в сутки. При этом продолжительность светового дня в Северном полушарии растёт, а в Южном — убывает. Это увеличение будет происходить до тех пор, пока склонение Солнца не достигнет +23о 26’, что произойдёт примерно 22 июня, в день летнего солнцестояния (рис.3). Название «солнцестояние» связано с тем, что в это время (примерно 4 дня) Солнце практически не изменяет своего склонения (то есть как бы «стоит»).

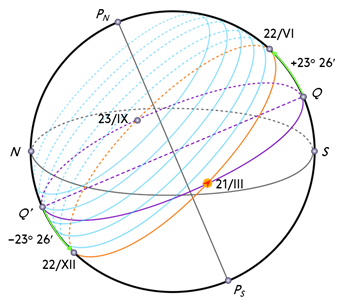


Рисунок 3. Движение Солнца как результат сложения суточного и годового движения

После солнцестояния следует уменьшение склонения Солнца и длинный день начинает постепенно убывать до тех пор, пока день и ночь не сравняются (то есть примерно до 23 сентября).

После прохождения точки осеннего равноденствия, Солнце меняет своё склонение на южное. В Северном полушарии день продолжает убывать, а в Южном, наоборот, возрастает. И это будет продолжаться до тех пор, пока Солнце не достигнет точки зимнего солнцестояния (примерно до 22 декабря). Здесь Солнце опять примерно 4 дня практически не будет изменять своего склонения. В это время в Северном полушарии наблюдаются самые короткие дни и самые длинные ночи. В Южном наоборот, в разгаре лето и самый длинный день.

Через 4 дня, для наблюдателя в Северном полушарии, склонение Солнца начнёт постепенно увеличиваться и, примерно, через три месяца светило опять придёт в точку весеннего равноденствия.

Теперь давайте переместимся на Северный полюс (рис.4). Здесь суточное движение Солнца практически параллельно горизонту. Поэтому в течение полугода Солнце не заходит, описывая круги над горизонтом — наблюдается полярный день.

Через полгода склонение Солнца поменяет свой знак на минус, на Северном полюсе начнётся полярная ночь. Она также будет длиться около полугода. После солнцестояния следует уменьшение склонения Солнца и длинный день начинает постепенно убывать до тех пор, пока день и ночь не сравняются (то есть примерно до 23 сентября).

После прохождения точки осеннего равноденствия, Солнце меняет своё склонение на южное. В Северном полушарии день продолжает убывать, а в Южном, наоборот, возрастает. И это будет продолжаться до тех пор, пока Солнце не достигнет точки зимнего солнцестояния (примерно до 22 декабря). Здесь Солнце опять примерно 4 дня практически не будет изменять своего склонения. В это время в Северном полушарии наблюдаются самые короткие дни и самые длинные ночи. В Южном наоборот, в разгаре лето и самый длинный день.

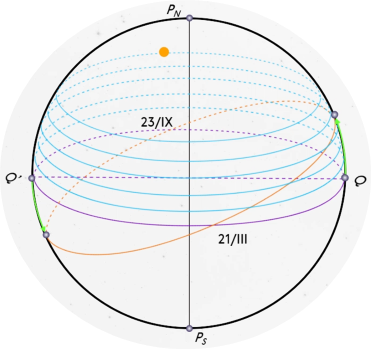


Рисунок 4. Суточное движение Солнца на полюсе

Переместимся на экватор (рис.5). Здесь наше Солнце, как и все другие светила, восходит и заходит перпендикулярно плоскости истинного горизонта. Поэтому на экваторе день всегда равен ночи.

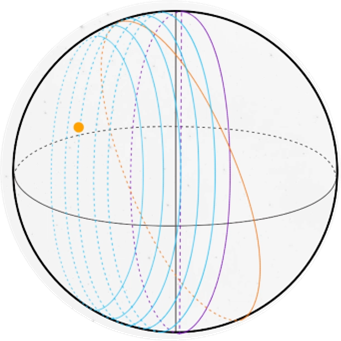


Рисунок 5. Суточное движение Солнца на экваторе

Теперь давайте обратимся к карте звёздного неба и немного поработаем с ней. Итак, мы уже знаем, что карта звёздного неба представляет собой проекцию небесной сферы на плоскость с нанесёнными на неё объектами в экваториальной системе координат. Напомним, что в центре карты располагается северный полюс мира. Рядом с ним Полярная звезда. Сетка экваториальных координат представлена на карте радиально расходящимися от центра лучами и концентрическими окружностями. На краю карты, возле каждого луча, написаны числа, обозначающие прямое восхождение (от нуля до двадцати трёх часов).

Как мы говорили, видимый годовой путь Солнца среди звёзд называется эклиптикой. На карте она представлена овалом, который несколько смещён относительно Северного полюса мира. Точки пересечения эклиптики с небесным экватором называются точками весеннего и осеннего равноденствия (они обозначены символами овна и весов). Две другие точки — точки летнего и зимнего солнцестояний — на нашей карте обозначены кружочком и ромбиком соответственно.

Чтобы можно было определять время восхода и захода Солнца или планет, необходимо предварительно нанести их положение на карту. Для Солнца это не составляет большого труда: достаточно приложить линейку к Северному полюсу мира и штриху заданной даты. Точка пересечения линейки с эклиптикой покажет положение Солнца на эту дату. Теперь давайте с помощью подвижной карты звёздного неба определим экваториальные координаты Солнца, например, на 18 октября. А также найдём примерное время его восхода и захода на эту дату.

****

Рисунок 6. Видимый путь Солнца в разные времена года

Из-за изменения склонения Солнца и Луны их суточные пути все время меняются. Ежедневно изменяется и полуденная высота Солнца. Ее легко определить по формуле

h = 90° - φ + δϿ

С изменением δϿ меняются также точки восхода и захода Солнца (рис.6). Летом в средних широтах северного полушария Земли Солнце восходит в северо-восточной части неба и заходит в северо-западной, а зимой восходит на юго-востоке и заходит на юго-западе. Большая высота кульминации Солнца и большая продолжительность дня и являются причиной наступления лета.

Летом в южном полушарии Земли в средних широтах Солнце восходит на юго-востоке, кульминирует в северной стороне неба и заходит на юго-западе. В это время в северном полушарии зима.

**Ход работы**

1. Изучите движении Солнца в разные времена года и на разных широтах.

2. Изучите по рисункам 1-6 точки равноденствия, точки, в которых склонение Солнца бывает наибольшим и наименьшим ( точки солнцестояния).

3. Выполните задания.

**Задание 1**. Опишите движение Солнца с 21 марта по 22 июня на северных широтах.

**Задание 2**. Опишите суточное движение Солнца на полюсе.

**Задание 3**. Где восходит и заходит Солнце зимой в южном полушарии (т.е. когда в северном полушарии лето)?

**Задание 4.** Почему летом Солнце поднимается высоко над горизонтом, а зимой – низко? Объясните это, исходя из характера движения Солнца по эклиптике.

**Задание 5.** Решите задачу

Определить высоту верхней и нижней кульминаций Солнца 8 марта в Вашем городе. Склонение Солнца δϿ = -5°. (Широта вашего города φ определяется по карте ).

**Содержание отчета**

1. Напишите номер, тему и цель работы.

2. Выполните задания в соответствии с инструкцией, опишите полученные результаты к каждому заданию.

3. Ответьте на контрольные вопросы.

**Контрольные вопросы**

1. Как движется Солнце для наблюдателя на полюсе?

2. Когда Солнце бывает в зените на экваторе?

3. Северный и южный полярные круги имеют широту ±66,5°. Чем характерны эти широты?

**Основные источники (ОИ)**

ОИ1 Воронцов-Вельяминов, Б. А. Страут Е. К. Учебник «Астрономия. Базовый уровень. 11 класс». М.:Дрофа, 2018г.

**Практическая работа № 4**

**Тема**: Применение законов Кеплера при решении задач.

**Цель работы:** Определение звездных периодов планет применением законов Кеплера.

**Оборудование:** модель небесной сферы, подвижная карта звездного неба.

**Теоретическое обоснование**

**Сидерическим** (**звездным**) периодом обращения планеты называется промежуток времени ***Т***, за который планета совершает один полный оборот вокруг Солнца по отношению к звездам.

**http://images.astronet.ru/pubd/2003/07/10/0001191510/images/image307.gifСинодическим** периодом обращения планеты называется промежуток времени ***S*** между двумя последовательными одноименными конфигурациями.

Для нижних (внутренних) планет:

http://images.astronet.ru/pubd/2003/07/10/0001191510/images/image308.gif

Для верхних (внешних) планет:

Продолжительность средних солнечных суток *s* для планет Солнечной системы зависит от сидерического периода их вращения вокруг своей оси *t*, направления вращения и сидерического периода обращения вокруг Солнца *Т*.

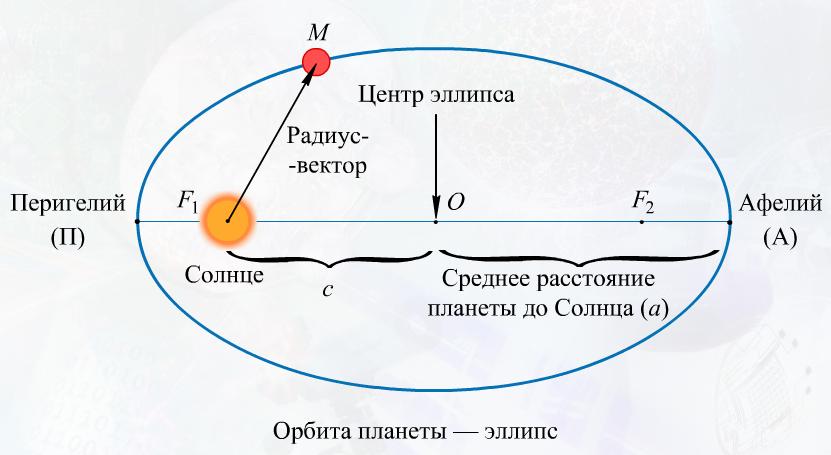


Рисунок 1. Движение планет вокруг Солнца

Планеты движутся вокруг Солнца по эллипсам (рис. 1). Эллипс – замкнутая кривая, замечательным свойством которой является постоянство суммы расстояний от любой точки до двух заданных точек, называемых фокусами. Отрезок прямой, соединяющий наиболее удаленные друг от друга точки эллипса, называется его большой осью. Среднее расстояние планеты от солнца равно половине длины большой оси орбиты.

**Законы Кеплера**

1. Все планеты Солнечной системы вращаются вокруг Солнца по эллиптическим орбитам, в одном из фокусов которых находится Солнце.

2. Радиус – вектор планеты за одинаковые промежутки времени описывает равные площади, скорость движения планет максимальна в перигелии и минимальна в афелии.

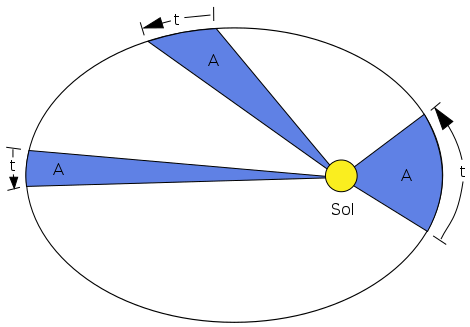


Рисунок 2. Описание площадей при движении планеты

http://images.astronet.ru/pubd/2003/07/10/0001191510/images/image323.gif3. Квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца относятся между собой как кубы их средних расстояний от Солнца

**Ход работы**

1. Изучите законы движения планет.

2. Укажите на рисунке траекторию движения планет, укажите точки: перигелий и афелий.

3. Выполните задания.

**Задание 1**. Докажите, что из второго закона Кеплера следует вывод: планета, двигаясь по своей орбите, имеет максимальную скорость на самом близком расстоянии от Солнца, а минимальную – на самом большом расстоянии. Как этот вывод согласуется с законом сохранения энергии.

**Задание 2**. Сравнив расстояние от Солнца до других планет с периодами их обращения (см. таблицу 1,2), проверьте выполнение третьего закона Кеплера

**Задание 3**. Решите задачу

Марс в 1,5 раза дальше от Солнца, чем Земля. Какова продолжительность года на марсе? Орбиты планет считать круговыми.

**Задание 4.** Решите задачу

Синодический период внешней малой планеты 500 суток. Определите большую полуось ее орбиты и звездный период обращения.

**Содержание отчета**

1. Напишите номер, тему и цель работы.

2. Выполните задания в соответствии с инструкцией, опишите полученные результаты к каждому заданию.

3. Ответьте на контрольные вопросы.

**Контрольные вопросы**

1. Сформулируйте законы Кеплера.

2. Как меняется скорость планеты при ее перемещении от афелия к перигелию?

3. В какой точке орбиты планета обладает максимальной кинетической энергией; максимальной потенциальной энергией?

**Основные источники (ОИ)**

ОИ1 Воронцов-Вельяминов, Б. А. Страут Е. К. Учебник «Астрономия. Базовый уровень. 11 класс». М.:Дрофа, 2018г.

**Основные характеристики планет Солнечной системы Таблица 1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | [**Меркурий**](http://i-nauka.ru/index/merkurij/0-75) | [**Венера**](http://i-nauka.ru/index/venera/0-76) | [**Земля**](http://i-nauka.ru/publ/astronomija/solnechnaja_sistema/po_itogam_oprosa_o_samoj_interesnoj_planetoj_solnechnoj_sistemy/15-1-0-165) | [**Марс**](http://i-nauka.ru/index/mars/0-61) | [**Юпитер**](http://i-nauka.ru/index/jupiter/0-77) | [**Сатурн**](http://i-nauka.ru/index/saturn/0-78) | [**Уран**](http://i-nauka.ru/index/uran/0-79) | [**Нептун**](http://i-nauka.ru/index/neptun/0-80) |
| Диаметр (Земля = 1) | 0,382 | 0,949 | 1 | 0,532 | 11,209 | 9,44 | 4,007 | 3,883 |
| Диаметр, км | 4878 | 12104 | 12756 | 6787 | 142800 | 120000 | 51118 | 49528 |
| Масса (Земля = 1) | 0,055 | 0,815 | 1 | 0,107 | 318 | 95 | 15 | 17 |
| Среднее расстояние от Солнца (а.е.) | 0,39 | 0.72 | 1 | 1.52 | 5.20 | 9.54 | 19.18 | 30.06 |
| Орбитальный период (земных лет) | 0.24 | 0.62 | 1 | 1.88 | 11.86 | 29.46 | 84.01 | 164,8 |
| Орбитальный эксцентриситет | 0,2056 | 0,0068 | 0,0167 | 0,0934 | 0.0483 | 0,0560 | 0,0461 | 0,0097 |
| Орбитальная скорость (км / сек) | 47.89 | 35.03 | 29.79 | 24.13 | 13.06 | 9.64 | 6,81 | 5.43 |
| Период вращения вокруг своей оси (в земных суток) | 58.65 | -243 | 1 | 1.03 | 0.41 | 0.44 | -0.72 | 0.72 |
| Наклон оси (градусы) | 0.0 | 177,4 | 23.45 | 23.98 | 3.08 | 26.73 | 97.92 | 28,8 |
| Средняя температура на поверхности (С) | -180 до 430 | 465 | -89 До 58 | -82 До 0 | -150 | -170 | -200 | -210 |
| Сила тяжести на экваторе (Земля = 1) | 0,38 | 0.9 | 1 | 0,38 | 2.64 | 0.93 | 0.89 | 1.12 |
| Космическая скорость (км / сек) | 4.25 | 10.36 | 11.18 | 5.02 | 59.54 | 35.49 | 21.29 | 23.71 |
| Средняя плотность (вода = 1) | 5.43 | 5.25 | 5.52 | 3.93 | 1.33 | 0.71 | 1.24 | 1.67 |
| Состав атмосферы | нет | СО 2 | N 2 + O 2 | СО 2 | Н 2 + Не | Н 2 + Не | Н 2 + Не | Н 2 + Не |
| Количество спутников | 0 | 0 | 1 | 2 | 63 | 62 | 27 | 13 |
| Кольца | нет | нет | нет | нет | да | да | да | да |

**Некоторые физические параметры планет Солнечной системы Таблица 2**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Объект Солнечной системы | Расстояние от Солнца | | радиус, км | число земных радиусов | масса, 1023 кг | масса относительно Земли | средняя плотность, г/см3 | период обращения по орбите, число земных суток | период обращения вокруг своей оси | число спутников (лун) | альбедо | ускорение силы тяжести на экваторе, м/с2 | скорость отрыва от притяжения планеты, м/с | наличие и состав атмосферы, % | средняя температура на поверхности, °С |
| млн. км | а.е. |
| Солнце | - | 0 | 695 400 | 109 | 1,989×107 | 332,80 | 1,41 |  | 25-36 | 9 | - |  | 618,0 | Отсутствует | 5500 |
| Меркурий | 57,9 | 0,39 | 2440 | 0,38 | 3,30 | 0,05 | 5,43 | 88 | 59 сут | 0 | 0,11 | 3,70 | 4,4 | Отсутствует | 240 |
| Венера | 108,2 | 0,72 | 6052 | 0,95 | 48,68 | 0,89 | 5,25 | 244 | 243 сут | 0 | 0,65 | 8,87 | 10,4 | СО2, N2, Н2О | 480 |
| Земля | 149,6 | 1,0 | 6371 | 1,0 | 59,74 | 1,0 | 5,52 | 365,26 | 23 ч 56 мин 4с | 1 | 0,37 | 9,78 | 11,2 | N2, O2, СО2, Аr, Н2О | 15 |
| Луна | 150 | 1,0 | 1738 | 0,27 | 0,74 | 0,0123 | 3,34 | 29,5 | 27 ч 32 мин | - | 0,12 | 1,63 | 2,4 | Очень разряжен | -20 |
| Марс | 227,9 | 1,5 | 3390 | 0,53 | 6,42 | 0,11 | 3,95 | 687 | 24 ч 37 мин 23 с | 2 | 0,15 | 3,69 | 5,0 | СО2 (95,3), N2 (2,7),  Аr (1,6),  О2 (0,15), Н2О (0,03) | -53 |
| Юпитер | 778,3 | 5,2 | 69911 | 11 | 18986,0 | 318 | 1,33 | 11,86 лет | 9 ч 30 мин 30 с | 39 | 0,52 | 23,12 | 59,5 | Н (77),  Не (23) | -128 |
| Сатурн | 1429,4 | 9,5 | 58232 | 9 | 5684,6 | 95 | 0,69 | 29,46 лет | 10 ч 14 мин | 30 | 0,47 | 8,96 | 35,5 | Н, Не | -170 |
| Уран | 2871,0 | 19,2 | 25 362 | 4 | 868,3 | 17 | 1,29 | 84,07 лет | 11 ч3 | 20 | 0,51 | 8,69 | 21,3 | Н (83),  Не (15), СН4(2) | -143 |
| Нептун | 4504,3 | 30,1 | 24 624 | 4 | 1024,3 | 17 | 1,64 | 164,8 лет | 16ч | 8 | 0,41 | 11,00 | 23,5 | Н, Не, СН4 | -155 |
| Плутон | 5913,5 | 39,5 | 1151 | 0,18 | 0,15 | 0,002 | 2,03 | 247,7 | 6,4 сут | 1 | 0,30 | 0,66 | 1,3 | N2, CO, NH4 | -210 |

**Практическая работа № 5**

**Тема**: Определение синодического и сидерического периода обращений светила

**Цель работы:** синодического и сидерического периода обращений.

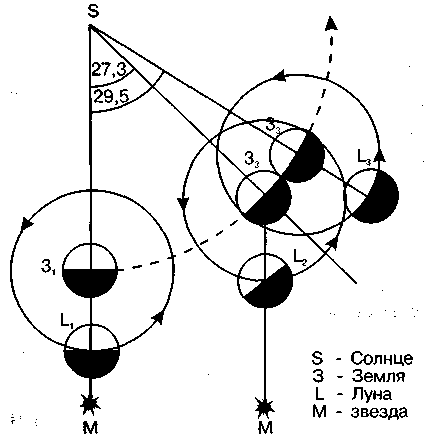
**Оборудование:** модель небесной сферы.

**Теоретическое обоснование**

**Сидерическим** (**звездным**) периодом обращения планеты называется промежуток времени ***Т***, за который планета совершает один полный оборот вокруг Солнца по отношению к звездам.

**Синодическим** периодом обращения планеты называется промежуток времени ***S*** между двумя последовательными одноименными конфигурациями.

Синодический период [Луны](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%83%D0%BD%D0%B0) равен промежутку времени между двумя [новолуниями](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%83%D0%BD%D0%B8%D0%B5) или двумя любыми другими одинаковыми последовательными фазами. Период полной смены всех лунных фаз от новолуния до новолуния называется синодическим периодом обращения Луны или синодическим месяцем, который равен примерно 29,5 дням. Именно за это время Луна проходит по своей орбите такой путь, что дважды успевает пройти через одну и ту же фазу.   
 Полный оборот Луны вокруг Земли относительно звезд называется сидерическим периодом обращения или сидерическим месяцем, он длится 27,3 дня.



Формула связи между сидерическими периодами обращения двух планет (за одну из них принимаем Землю) и синодического периода S одной относительно другой:

Для нижних (внутренних) планет: - = ;

Для верхних (внешних) планет: - = , где

Р- сидерический период планеты;

Т- сидерический период Земли;

S – синодический период планеты.

Сидери́ческий пери́од обраще́ния (от [лат.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) *sidus*, звезда; род. падеж *sideris*) — промежуток времени, в течение которого какое-либо небесное тело-спутник совершает вокруг главного тела полный оборот относительно звёзд. Понятие «сидерический период обращения» применяется к обращающимся вокруг Земли телам — Луне (сидерический месяц) и искусственным спутникам, а также к обращающимся вокруг Солнца планетам, кометам и др.

Сидерический период также называют [**годом**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D0%B4). Например, Меркурианский год, Юпитерианский год, и т. п. При этом не следует забывать, что словом «[**год**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D0%B4)» могут называться несколько понятий. Так, не следует путать земной сидерический год (время одного оборота Земли вокруг Солнца) и [год тропический](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B3%D0%BE%D0%B4) (время, за которое происходит смена всех времён года), которые различаются между собой примерно на 20 минут (эта разница обусловлена, главным образом, [прецессией](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%8F) земной оси). в таблицах 1 и 2 приведены данные синодического и сидерического периодов обращения планет. В таблицу также включены показатели для Луны, астероидов главного пояса, карликовых планет и Седны.

ссинтаблица 1

Таблица 1. Синодический период планет{\displaystyle {\frac {1}{S}}={\frac {1}{T}}-{\frac {1}{Z}}}

|  |  |
| --- | --- |
| **Планета** | **Синодический период, лет** |
| [Меркурий](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%80%D0%BA%D1%83%D1%80%D0%B8%D0%B9) | 0.317 |
| [Венера](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0) | 1.599 |
| [Марс](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%80%D1%81) | 2.135 |
| [Юпитер](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AE%D0%BF%D0%B8%D1%82%D0%B5%D1%80) | 1.092 |
| [Сатурн](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%BD) | 1.035 |
| [Уран](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D1%80%D0%B0%D0%BD_(%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B0)) | 1.012 |
| [Нептун](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B5%D0%BF%D1%82%D1%83%D0%BD) | 1.006 |

Таблица 2. Сидерический период планет{\displaystyle {\frac {1}{S}}={\frac {1}{T}}-{\frac {1}{Z}}}

|  |  |
| --- | --- |
| **Планета** | **Сидерический период** |
| [Меркурий](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%80%D0%BA%D1%83%D1%80%D0%B8%D0%B9) | 87,97 суток |
| [Венера](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0) | 224,7 суток |
| [Земля](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D1%8F) | 1 год или 365,2564 суток |
| [Луна](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%83%D0%BD%D0%B0)  (вокруг Земли) | 27,322 суток |
| [Марс](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%80%D1%81) | 1,88 года |
| [Астероиды](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%8F%D1%81_%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2)  (в среднем) | 4,6 года |
| [Юпитер](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AE%D0%BF%D0%B8%D1%82%D0%B5%D1%80) | 11,86 лет |
| [Сатурн](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%BD) | 29,46 лет |
| [Уран](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D1%80%D0%B0%D0%BD_(%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B0)) | 84,02 года |
| [Нептун](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B5%D0%BF%D1%82%D1%83%D0%BD) | 164,78 года |
| [Плутон](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D1%83%D1%82%D0%BE%D0%BD) | 248,09 лет |
| [Хаумеа](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%B0%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%B0) | 285 лет |
| [Макемаке](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D0%BA%D0%B5) | 309,88 лет |
| [Эрида](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B0) | 557 лет |
| [Седна](https://ru.wikipedia.org/wiki/(90377)_%D0%A1%D0%B5%D0%B4%D0%BD%D0%B0) | 12 059 лет |

**Ход работы**

1. Изучите законы соотношения между синодическим и сидерическим периодами планет.

2. Изучите на рисунке траекторию движения Луны, укажите синодический и сидерический месяцы.

3. Выполните задания.

**Задание 1**. Определите сидерический период планеты, если он равен синодическому. Какая реальная планета солнечной системы ближе всех к этому условию?

**Задание 2**. Крупнейший астероид Церера имеет сидерический период обращения 4,6 года. Вычислите синодический период и выразите его в годах и сутках.

**Задание 3**. Некий астероид имеет сидерический период около 14 лет. Каков синодический период его обращения?

**Содержание отчета**

1. Напишите номер, тему и цель работы.

2. Выполните задания в соответствии с инструкцией, опишите полученные результаты к каждому заданию.

3. Ответьте на контрольные вопросы.

**Контрольные вопросы**

1. Какой промежуток времени называется сидерическим периодом?

2. Каковы синодический и сидерический месяцы Луны?

3.Через какой промежуток времени встречаются на циферблате часов минутная и часовая стрелки?

**Основные источники (ОИ)**

ОИ1 Воронцов-Вельяминов, Б. А. Страут Е. К. Учебник «Астрономия. Базовый уровень. 11 класс». М.:Дрофа, 2018г.