

Департамент внутренней и кадровой политики Белгородской области  
Областное государственное автономное  
профессиональное образовательное учреждение  
«Белгородский индустриальный колледж»

Рассмотрено  
цикловой комиссией  
Протокол заседания № 1  
от «31» августа 2020 г.  
Председатель цикловой комиссии  
Горлова Е.В.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
по выполнению практических работ  
по дисциплине  
**ОУД.08 «АСТРОНОМИЯ»**  
по специальности  
22.02.06 Сварочное производство  
Квалификация техник

Разработчик:  
Преподаватель  
Белгородский индустриальный  
колледж  
Деревнина О.В.

Белгород 2020 г.

## Содержание

	Стр.
1. Пояснительная записка	3
1.1. Краткая характеристика дисциплины, ее цели и задачи. Место практических работ в курсе дисциплины	3
1.2. Организация и порядок проведения практических работ	3
1.3. Общие указания по выполнению практических работ	3
1.4. Критерии оценки результатов выполнения практических работ	3
2. Тематическое планирование практических работ	5
3. Содержание практических работ	6
Практическая работа №1 Основные элементы Небесной сферы. Условия видимости светил на различных широтах	6
Практическая работа № 2 Законы Кеплера и конфигурации планет	X
Практическая работа № 3 Движение Луны. Солнечные и Лунные затмения	X
Практическая работа № 4 Изучение солнечной активности и общего излучения Солнца	X
4. Информационное обеспечение обучения	70

## 1. Пояснительная записка

### 1.1. Краткая характеристика дисциплины, ее цели и задачи. Место практических работ в курсе дисциплины ОУД.08 «Астрономия»

Дисциплина ОУД.08 «Астрономия» является частью рабочей основной образовательной программы в соответствии с ФГОС по специальности СПО 22.02.06 «Сварочное производство».

Дисциплина изучается в I и II семестрах. В целом рабочей программой предусмотрено 8 часов на выполнение практических работ, что составляет 22 % от обязательной аудиторной нагрузки, которая составляет 36 часов, при этом максимальная нагрузка составляет 54 часа, из них 18 часов приходится на самостоятельную работу обучающихся.

Цель настоящих методических рекомендаций: оказание помощи обучающимся в выполнении практических работ по дисциплине ОУД.08 «Астрономия», качественное выполнение которых поможет обучающимся освоить обязательный минимум содержания дисциплины и подготовиться к промежуточной аттестации в форме диф.зачета.

### 1.2. Организация и порядок проведения практических работ

Практические работы проводятся после изучения теоретического материала. Введение практических работ в учебный процесс служит связующим звеном между теорией и практикой. Они необходимы для закрепления теоретических знаний, а также для получения практических навыков и умений. При проведении практических работ задания, выполняются студентом самостоятельно, с применением знаний и умений, усвоенных на предыдущих занятиях, а также с использованием необходимых пояснений, полученных от преподавателя. Обучающиеся должны иметь методические рекомендации по выполнению практических работ, конспекты лекций, измерительные и чертежные инструменты, средство для вычислений.

### 1.3. Общие указания по выполнению практических работ

Курс практических работ по дисциплине ОУД.08 «Астрономия» предусматривает проведение 4 работ, посвященных изучению:

- основных элементов и суточного вращения небесной сферы, системы небесных координат, условий видимости светил на различных широтах;
- закономерностей в движении планет и вычисление их конфигураций;
- изучение движения Луны, смены лунных фаз, условий наступления солнечных и лунных затмений;
- физической природы Солнца.

При подготовке к проведению практической работы необходимо:

- ознакомиться с целями проведения практической работы;
- ознакомиться с порядком выполнения работы.

После выполнения практической работы обучающийся к следующему занятию оформляет отчет, который должен содержать:

- название практической работы, ее цель;
- краткие, теоретические сведения об изучаемой теме;
- все необходимые, предусмотренные практической работой, расчеты;
- выводы по итогам работы;
- ответы на контрольные вопросы.

#### 1.4. Критерии оценки результатов выполнения практических работ

Критериями оценки результатов работы обучающихся являются:

- уровень усвоения обучающимся учебного материала;
- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- в процессе освоения учебной дисциплины у обучающихся должны быть сформированы следующие результаты:

<b>Личностные</b>		
<b>1</b>	<b>ЛР 1</b>	Сформированность научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития астрономической науки
<b>2</b>	<b>ЛР 2</b>	Устойчивый интерес к истории и достижениям в области астрономии
<b>3</b>	<b>ЛР 3</b>	Умение анализировать последствия освоения космического пространства для жизни и деятельности человека
<b>Метапредметные</b>		
<b>4</b>	<b>МР 1</b>	Умение использовать при выполнении практических заданий по астрономии такие мыслительные операции, как постановка задачи, формулирование гипотез, анализ и синтез, сравнение, обобщение, систематизация, выявление причинно-следственных связей, поиск аналогов, формулирование выводов для изучения различных сторон астрономических явлений, процессов, с которыми возникает необходимость сталкиваться в профессиональной сфере.
<b>5</b>	<b>МР 2</b>	Владение навыками познавательной деятельности, навыками разрешения проблем, возникающих при выполнении практических заданий по астрономии.
<b>6.</b>	<b>МР 3</b>	Умение использовать различные источники по астрономии для получения достоверной научной информации, умение оценить ее достоверность.
<b>7.</b>	<b>МР 4</b>	Владение языковыми средствами: умение ясно, логично и точно излагать свою точку зрения по различным вопросам астрономии, использовать языковые средства, адекватные обсуждаемой проблеме астрономического характера, включая составление текста и презентации материалов с использованием информационных и коммуникационных технологий.
<b>Предметные</b>		
<b>8.</b>	<b>ПР 1</b>	Сформированность представлений о строении Солнечной системы, эволюции звезд и Вселенной, пространственно-временных масштабах Вселенной.
<b>9.</b>	<b>ПР 2</b>	Понимание сущности наблюдаемых во Вселенной явлений.
<b>10.</b>	<b>ПР 3</b>	Владение основополагающими астрономическими понятиями, теориями, законами и закономерностями, уверенное пользование астрономической терминологией и символикой
<b>11.</b>	<b>ПР 4</b>	Сформированность представлений о значении астрономии в практической деятельности человека и дальнейшем научно-техническом развитии.
<b>12.</b>	<b>ПР 5</b>	Осознание роли отечественной науки в освоении и использовании космического пространства и развитии международного сотрудничества в этой области

- обоснованность и четкость изложения материала;

- уровень оформления работы.
- анализ результатов.

Критерии оценивания практической работы

Оценка	Критерии оценивания
5	Работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения, содержит результаты и выводы, все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики выполнены аккуратно. Обучающийся владеет теоретическим материалом, формулирует собственные, самостоятельные, обоснованные, представляет полные и развернутые ответы на дополнительные вопросы.
4	Работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения, содержит результаты и выводы, все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики выполнены аккуратно. Обучающийся владеет теоретическим материалом, допуская незначительные ошибки на дополнительные вопросы.
3	Работа выполнена в полном объеме, содержит результаты и выводы, все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики выполнены аккуратно. Обучающийся владеет теоретическим материалом на минимально допустимом уровне, допуская ошибки на дополнительные вопросы.
2	Работа выполнена не полностью. Студент практически не владеет теоретическим материалом, допускает ошибки при ответе на дополнительные вопросы.

## 2. Тематическое планирование практических работ

	Наименование тем	Вид и название работы студента	Количество часов на выполнение работы
<b>Раздел 1</b>	<b>Основы практической астрономии</b>		<b>2</b>
1.2	Эклиптика. Движение Луны. Время и календарь.	<b>Практическая работа №1</b> «Основные элементы Небесной сферы. Условия видимости светил на различных широтах»	2
			2
<b>Раздел 2</b>	<b>Законы движения небесных тел</b>		<b>2</b>
2.1	Конфигурация и условия видимости планет. Законы Кеплера	<b>Практическая работа №2</b> «Законы Кеплера и конфигурации планет»	2
<b>Раздел 3</b>	<b>Солнечная система</b>		<b>2</b>
3.1	Общие характеристики планет. Малые тела Солнечной системы	<b>Практическая работа №3</b> «Движение Луны. Солнечные и Лунные затмения»	2
<b>Раздел 5</b>	<b>Звезды</b>		<b>2</b>
5.2	Наша звезда – Солнце	<b>Практическая работа №4</b> «Изучение солнечной активности и общего излучения Солнца»	2
		<b>Итого:</b>	<b>8</b>

### 3. Содержание практических работ

#### Практическая работа № 1 ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ НЕБЕСНОЙ СФЕРЫ. УСЛОВИЯ ВИДИМОСТИ СВЕТИЛ НА РАЗЛИЧНЫХ ШИРОТАХ

**Цель работы:** изучение основных элементов и суточного вращения небесной сферы на ее модели. Знакомство с системами небесных координат. Изучение условий видимости светил на различных широтах.

**Оборудование:** модель небесной сферы, черный глобус.

**Вопросы к допуску:**

1. Небесная сфера, ее основные линии и плоскости.
2. Системы небесных координат.
3. Условия видимости светил на разных широтах.
4. Тест по теме: «Небесная сфера»

#### Основные теоретические сведения

Небесная сфера и ее основные элементы. Для определения видимого положения небесных тел и изучения их движения в астрономии вводится понятие небесной сферы.

Сфера произвольного радиуса с центром, помещенным в произвольной точке пространства, называется небесной сферой.

Вращение небесной сферы повторяет вращение небесного свода.

Прямая  $ZOZ'$  (рис. 1.), проходящая через центр  $O$  небесной сферы и совпадающая с направлением нити отвеса в месте наблюдения, называется вертикальной линией.

Вертикальная линия пересекает небесную сферу в точках Зенита  $Z$  и Надира  $Z'$ .

Большой круг небесной сферы  $SWNE$ , плоскость которого перпендикулярна к вертикальной линии, называется математическим или истинным горизон-

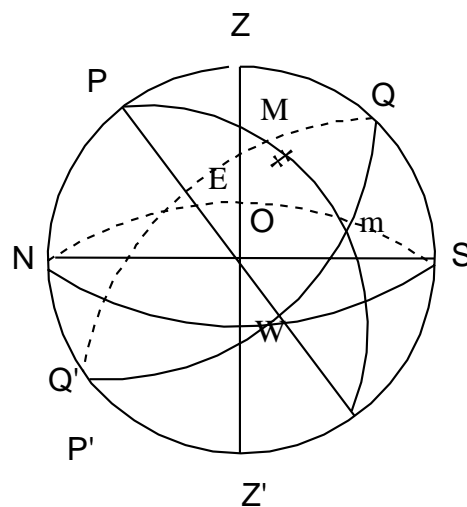


Рис. 1

Основные элементы небесной сферы

том. Математический горизонт делит небесную сферу на две половины: видимую и не видимую для наблюдателя.

Диаметр  $PP'$ , вокруг которого происходит вращение небесной сферы, называется осью мира. Ось мира пересекается с небесной сферой в северном  $P$  и южном  $P'$  полюсах мира. Большой круг небесной сферы  $QWQ'E$ , плоскость которого перпендикулярна к оси мира, называется небесным экватором. Небесный экватор делит поверхность небесной сферы на два полушария — северное и южное.

Небесный экватор пересекается с математическим горизонтом в двух точках — точке востока  $E$  и точке запада  $W$ .

Большой круг небесной сферы  $PZQSP'Z'Q'N$ , плоскость которого проходит через отвесную линию и ось мира, называется небесным меридианом. Небесный меридиан делит поверхность небесной сферы на восточное и западное полушария.

Плоскость небесного меридиана и плоскость математического горизонта пересекаются по прямой линии  $NOS$ , которая называется полуденной линией. Небесный меридиан пересекается с математическим горизонтом в двух точках — точке севера  $N$  и точке юга  $S$ .

Явление пересечения светилом небесного меридиана называется кульминацией светила. Если светило пересекает верхнюю часть меридиана — наступает верхняя кульминация, если нижнюю — нижняя кульминация.

Дуга большого круга небесной сферы  $ZMZ'$  (рис.2), проходящая через зенит, светило  $M$  и надир, называется кругом высот или вертикалом светила  $M$ .

Круги высот, проходящие через точки востока и запада, называются первыми вертикалами — восточным и западным.

Малый круг небесной сферы ( $bMb'$ ) (рис.3), плоскость которого параллельна плоскости небесного экватора, называется небесной или суточной параллелью светила. Видимые суточные движения светил совершаются по суточным параллелям.

Дуга большого круга небесной сферы  $PMP'$ , проходящая через полюсы мира и светило  $M$ , называется часовым кругом или кругом склонения светила.

Системы небесных координат. Положение светила на небе однозначно определяется по отношению к основным плоскостям и связанным с ними линиям и точкам небесной сферы и выражается количественно двумя величинами (центральными углами или дугами больших кругов), которые называются небесными координатами.

Горизонтальная система. Основной плоскостью является плоскость математического горизонта  $NWSE$ , а отсчет ве-

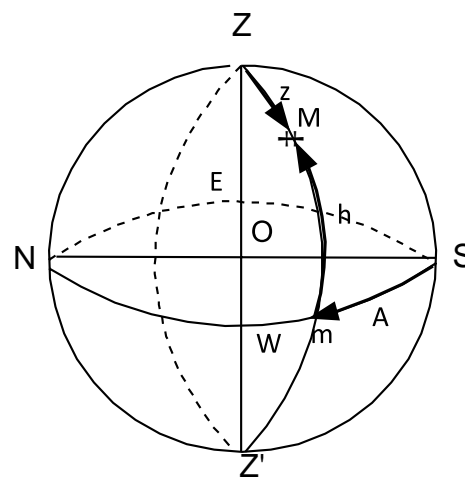


Рис.2

Горизонтальная система координат



дется от зенита и от одной из точек математического горизонта. Одной координатой является зенитное расстояние  $z$ , или высота светила над горизонтом  $h$  (рис.2).

Высотой  $h$  светила  $M$  называется дуга круга высот  $mM$  от математического горизонта до светила, или центральный угол  $mOM$  между плоскостью математического горизонта и направлением на светило  $M$ . Высоты отсчитываются в пределах от  $0$  до  $90^\circ$  к зениту и от  $0$  до  $-90^\circ$  к надиру.

Зенитным расстоянием светила называется дуга вертикального круга  $ZM$  от зенита до светила.

$$z + h = 90^\circ$$

Положение самого вертикального круга определяется другой координатой — азимутом  $A$ . Азимутом  $A$  светила называется дуга математического горизонта  $Sm$  от точки юга  $S$  до вертикального круга, проходящего через светило. Азимуты отсчитываются в сторону суточного вращения небесной сферы, т.е. к западу от точки юга, в пределах от  $0$  до  $360^\circ$ .

Эта система координат используется для непосредственных определений видимых положений светил с помощью угломерных инструментов.

Первая экваториальная система координат. Основной плоскостью в этой системе является плоскость небесного экватора. Начало отсчета — верхняя точка небесного экватора  $Q$ . Одной координатой является склонение. Склонением  $\delta$  называется дуга  $mM$  часового круга  $PMmP'$  от небесного экватора до светила. Отсчитываются склонения от  $0$  до  $+90^\circ$  к северному полюсу и от  $0$  до  $-90^\circ$  к южному. Кроме склонения можно использовать полярное расстояние  $p$  — дугу от северного полюса мира до светила.

$$p + \delta = 90^\circ.$$

Положение часового круга определяется часовым углом  $t$ .

Часовым углом светила  $M$  называется дуга небесного экватора  $Qm$  от верхней точки  $Q$  небесного экватора до часового круга  $PMmP'$ , проходящего через светило. Часовые углы отсчитываются в сторону суточного обращения небесной сферы, к западу от  $Q$ , в пределах от  $0$  до  $360^\circ$  или от  $0$  до 24 часов.

Эта система координат используется в практической астрономии для определения точного времени.

Вторая экваториальная система координат. Основной плоскостью этой системы координат является плоскость небесного экватора. Одной координатой является склонение  $\delta$ , другой — прямое восхождение  $\alpha$ .

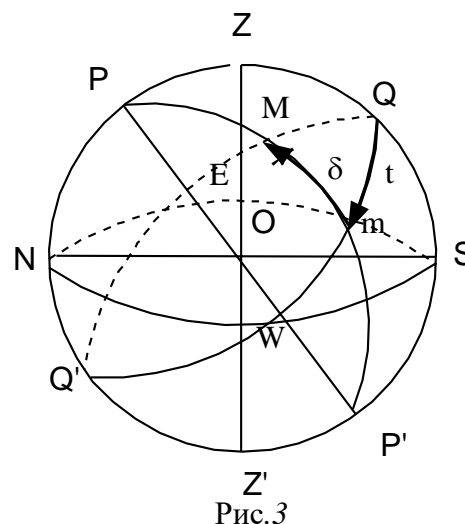


Рис.3  
Первая экваториальная система координат

Прямым восхождением  $\alpha$  светила  $M$  называется дуга небесного экватора  $\dagger m$  от точки весеннего равноденствия  $\dagger$  до часового круга, проходящего через светило. Отсчитываются  $\alpha$  в сторону противоположную суточному вращению небесной сферы, в пределах от 0 до 360° или от 0 до 24 часов.

Эта система используется для определения неизменных при суточном вращении небесной сферы координат и составления каталогов небесных объектов.

Высота полюса мира над горизонтом, высота светила в меридиане. Высота полюса мира над горизонтом всегда равна географической широте  $\varphi$  места наблюдения.

Если склонение светила меньше географической широты, то оно кульминирует к югу от зенита на зенитном расстоянии

$$z = \varphi - \delta,$$

или на высоте

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta.$$

Если склонение светила равно географической широте, то оно кульминирует в зените и  $z = 0$ , а  $h = +90^\circ$ .

Если склонение светила больше географической широты, то оно кульминирует к северу от зенита на  $z = \delta - \varphi$ , или на высоте:

$$h = 90^\circ + \varphi - \delta.$$

Условия для восхода и заката светил. Если мы внимательно понаблюдаем за суточным движением светил, то заметим, что некоторые из них восходят, проходят через небесный меридиан (кульминируют) и заходят. Другие же за горизонт не опускаются, например, созвездие Большой Медведицы на средних широтах северного полушария Земли. Древние греки даже отразили это в легенде, посвященной созвездию. Богиня Гера сделала так, что Медведица никогда не может окунуться в океан и освежиться. В то же время часть звезд южной полусферы небосвода вообще никогда не восходят в северном полушарии. Можно определить точные условия восхода небесных объектов по приведенным ниже формулам.

Светило восходит и заходит на данной широте, если

$$|\delta| < (90^\circ - |\varphi|).$$

Светило будет незаходящим или невосходящим, если

$$|\delta| > (90^\circ - |\varphi|).$$

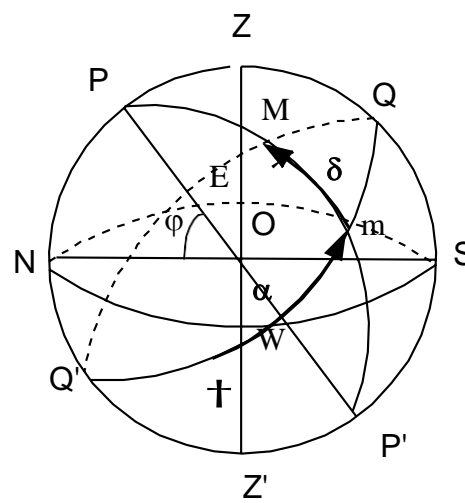


Рис.4  
Вторая экваториальная система координат

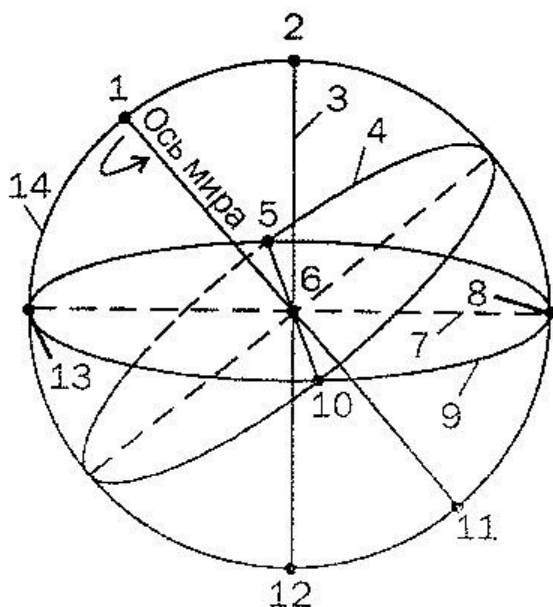
Для наблюдателя на земном экваторе все светила восходящие и заходящие. На полюсах наблюдатели могут созерцать только полусферы, соответствующие данному полюсу.

**Для получения зачета необходимо:**

1. Свободно владеть моделью небесной сферы с целью определения на ней видимых положений светил.
2. Уметь изобразить на чертеже небесной сферы точку с известными горизонтальными и экваториальными координатами.
3. Знать условия видимости светил на различных географических широтах.

**Задания**

1. Укажите названия точек и линий небесной сферы, обозначенных цифрами 1—14 на рисунке 2.1



2. Используя карту звездного неба, найдите звезды по их координатам

Координаты звезды		Название звезды
$\alpha_1=22ч55м$ $\alpha_1=22ч55м$	$\delta_1=-30^\circ$ $\delta_1=-30^\circ$	
$\alpha_2=1ч06м$ $\alpha_2=1ч06м$	$\delta_2=+35^\circ$ $\delta_2=+35^\circ$	
$\alpha_3=4ч35м$ $\alpha_3=4ч35м$	$\delta_3=+16^\circ$ $\delta_3=+16^\circ$	
$\alpha_4=14ч50м$ $\alpha_4=14ч50м$	$\delta_4=-16^\circ$ $\delta_4=-16^\circ$	

3. Используя карту звездного неба, внесите в соответствующие графы таблицы схемы созвездий с яркими звездами. В каждом созвездии выделите наиболее яркую звезду и укажите ее название

Созвездие	Схема созвездия	Созвездие	Схема созвездия
Большая Медведица		Близнецы	
Малая Медведица		Лебедь	
Волопас		Орион	
Лев		Возничий	

**Для получения зачета необходимо:**

1. Свободно владеть моделью небесной сферы с целью определения на ней видимых положений светил.
2. Уметь изобразить на чертеже небесной сферы точку с известными горизонтальными и экваториальными координатами.
3. Знать условия видимости светил на различных географических широтах

**Контрольные вопросы:**

1. Что является центром небесной сферы?
2. Каков радиус небесной сферы?
3. Чем отличаются небесные сферы двух соседей по парте.

## Практическая работа № 2

### ЗАКОНЫ КЕПЛЕРА И КОНФИГУРАЦИИ ПЛАНЕТ

**Цель работы:** Изучение закономерностей в движении планет и вычисление их конфигураций.

**Оборудование:** Астрономический календарь – постоянная часть или справочник любителя астрономии, калькулятор, подвижная карта звездного неба.

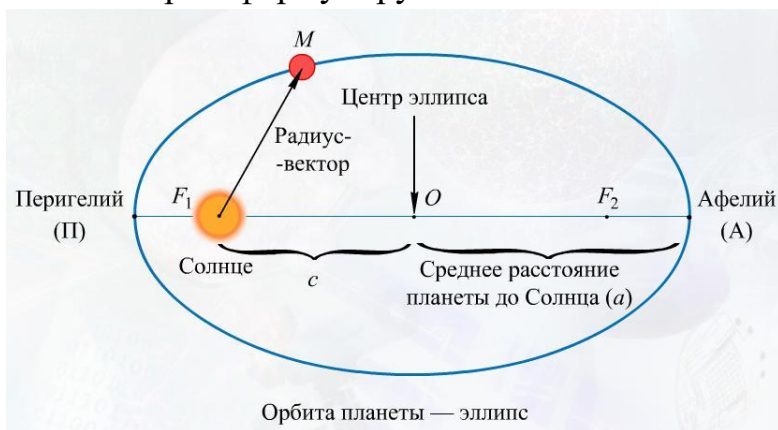
#### Вопросы к допуску:

1. Формулировка законов Кеплера
2. Конфигурации планет.
3. Звездный период обращения Юпитера вокруг Солнца  $T = 12$  лет.

Каково среднее расстояние от Юпитера до Солнца?

#### Основные теоретические сведения:

Движение планет вокруг Солнца описывается законами Кеплера, которые формулируются так:



1. Все планеты движутся по эллипсам, в одном из фокусов которых (общем для всех планет) находится Солнце.
2. Радиус - вектор планеты в равные промежутки времени описывает равновеликие площади.
3. Квадраты сидерических периодов обращений планет вокруг Солнца пропорциональны кубам больших полуосей их эллиптических орбит.

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

где  $T_1, T_2$  - сидерические периоды обращений планет,  $a_1, a_2$  - большие полуоси их орбит.

Эта формулировка подходит для описания движения всех небесных тел: спутников, комет, двойных звёзд и др.

2. Площадь, описанная радиусом вектором за единицу времени есть величина постоянная.

3.

$$\frac{T_1^2 (M_1 + m_1)}{T_2^2 (M_2 + m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

где  $M$  и  $m$  - массы центрального тела и спутника, индексы 1 и 2 относятся к различным парам “тело-спутник”.

Прямые и попятные движения планет объясняются различием орбитальных линейных скоростей планеты и Земли.

Синодический период обращения (S) планеты - промежуток времени между её двумя последовательными одноименными конфигурациями.

Сидерический или звёздный период обращения (T) - промежуток времени, в течение которого планета совершает один полный оборот вокруг Солнца по своей орбите. Сидерический период обращения Земли называется звёздным годом (Tз).

Угловое перемещение по орбите за сутки у планеты =  $360/T$ , а у Земли =  $360/Tз$ . разность суточных угловых перемещений планеты и Земли есть видимое смещение планеты за сутки, т.е.  $360/S$ .

Получаем для нижних планет:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{Tз}$$

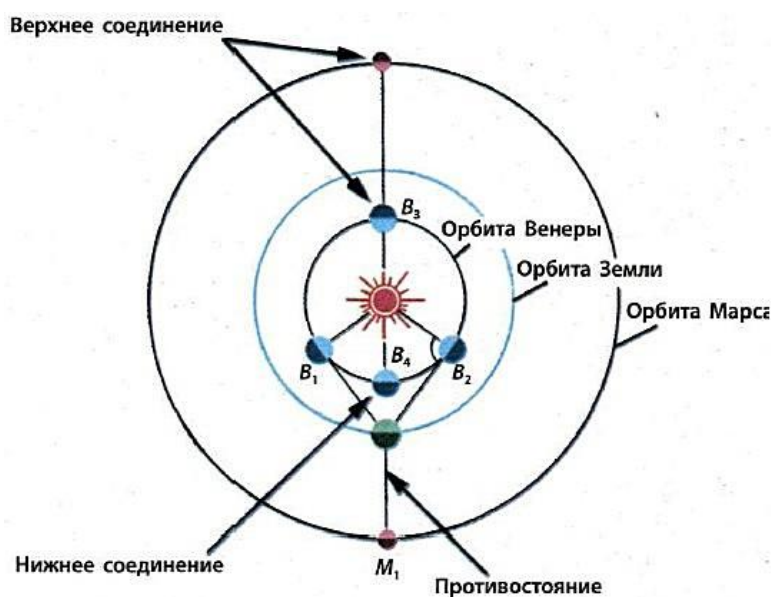
Для верхних планет:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{Tз} - \frac{1}{T}$$

Это уравнения синодического движения.

Непосредственно из наблюдений могут быть определены только синодические периоды обращений планет S и сидерический период обращения Земли. Сидерические же периоды обращений планет вычисляются по уравнению синодического движения.

Продолжительность звёздного года равна 365,256 средних солнечных суток.



Взаимное расположение планет легко устанавливается по их гелиоцентрическим эклиптическим координатам, значения которых на различные дни года публикуются в астрономических календарях - ежегодниках, в таблице под названием "Гелиоцентрические долготы планет".

Центром этой системы координат является центр Солнца, а основным кругом - эклиптика. Большие круги, проведённые через полюсы эклиптики, называются кругами эклиптических широт, и по ним отсчитывается от эклиптики гелиоцентрическая широта  $b$ , которая считается положительной в северном эклиптическом полушарии и отрицательной - в южном эклиптическом полушарии небесной сферы.

Гелиоцентрическая долгота  $l$  отсчитывается по эклиптике от точки весеннего равноденствия против часовой стрелки до основания круга широты светила и имеет значения в пределах от  $0$  до  $360^0$ . Из-за малого наклона орбит больших планет к плоскости эклиптики эти планеты всегда находятся вблизи эклиптики, и в первом приближении можно считать их гелиоцентрическую широту  $b = 0$ . Тогда положение планеты относительно Солнца определяется лишь одной её гелиоцентрической долготой.

Если периоды обращения любых двух планет, например Земли и Марса, обозначить через  $T_3$  и  $T_M$ , а их средние расстояния от Солнца –  $a_3$  и  $a_M$ , то третий закон Кеплера можно записать в виде равенства:

$$T_M^2 / T_3^2 = a_M^3 / a_3^3.$$

Но ведь период обращения Земли вокруг Солнца равен одному году ( $T_3 = 1$ ), а среднее расстояние Земля – Солнце принято за одну астрономическую единицу ( $a_3 = 1$  а.е.). Тогда данное равенство примет более простой вид:

$$T_M^2 = a_M^3$$

Период обращения планеты (в нашем примере Марса) можно определить из наблюдений. Он составляет 687 земных суток, или 1,881 года. Зная это, нетрудно вычислить среднее расстояние планеты от Солнца в астрономических единицах:

$$a_M = \sqrt[3]{T_M^2} = 1,524 \text{ а.е.}$$

Т.е. Марс находится в среднем в 1,524 раза дальше от Солнца, чем наша Земля. Следовательно, если известно время обращения какой-нибудь планеты, то по нему можно найти её среднее расстояние от Солнца. Таким путём Кеплеру удалось определить расстояния всех известных в ту пору планет:

Меркурий – 0,39, Венера – 0,72, Земля – 1,00, Марс – 1,52, Юпитер – 5,20, Сатурн – 9,54.

**Противостояние** — планета видна с Земли целую ночь в противоположном от Солнца направлении. **Элонгация** — видимое с поверхности Земли угловое расстояние между планетой и Солнцем

**Разберите решение задач.**

**1. Через какой промежуток времени повторяются нижние соединения Меркурия?**

Дано:

$$T_{\oplus} = 1 \text{ год}$$

$$T_{\text{☿}} = 0,24 \text{ года}$$

Решение:

Определите синодический период Меркурия:  $\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\oplus}}$

Выполните преобразования формулы:  $S = \frac{T_{\oplus} \cdot T}{T_{\oplus} - T}$

Выполните расчёты:  $S = \frac{1 \cdot 0,24}{1 - 0,24} \approx 0,32 \text{ года}$

**Найти:** S-?  
 $0,32 \cdot 365,25 \approx 117$

Переведите синодический период из лет в сутки:

**Ответ:** нижние соединения Меркурия повторяются через 117 суток.

## 2. Разберите решение задачи. Рассчитайте продолжительность года на Венере.

**Дано:**

$$T_{\oplus} = 1 \text{ год}$$

$$a_{\oplus} = 1 \text{ а.е.}$$

$$a_{\ominus} = 0,72 \text{ а.е.}$$

**Решение:**

Запишите III закон Кеплера:  $\frac{T^2}{T_{\oplus}^2} = \frac{a^3}{a_{\oplus}^3}$

Выполните преобразование формулы:  $T = T_{\oplus} \sqrt{\left(\frac{a}{a_{\oplus}}\right)^3}$

Выполните расчёты:  $T = 1 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,72}{1}\right)^3} \approx 0,61$

Переведите звёздный период в сутки:  $0,61 \cdot 365,25 \approx 223$

**Найти:**  $T_{\ominus}$ -?

**Ответ:** год на Венере длится 223 дня.

**Задания:**

1. Что изучает астрономия?
2. Нарисуйте схематично небесную сферу и математический горизонт и обозначьте все известные Вам точки на сфере.
3. День весеннего равноденствия.
4. По новому стилю 25 января 1900 г. Какая это дата по старому стилю?
5. На какую высоту в Москве ( $\varphi = 56^\circ$ ) поднимается Солнце в полдень и дни равноденствия?
6. Определить среднее расстояние от Солнца до Марса.
- \*7. Задания для наблюдений

Определите при помощи астрономического календаря, какая планета Солнечной системы находится ближе всего к Земле в день вашего рождения в текущем году.

**Контрольные вопросы:**

- 1 Сформулируйте законы, определяющие движения небесных тел.
- 2 Почему законы Кеплера справедливы и для спутников планет?
3. Период обращения малой планеты Шагал вокруг Солнца  $T = 5,6$  года. Определите большую полуось ее орбиты.
4. Большая полуось орбиты астероида Тихов  $a = 2,71$  а. е. За какое время этот астероид обращается вокруг Солнца?



### Практическая работа № 3

#### ДВИЖЕНИЕ ЛУНЫ. СОЛНЕЧНЫЕ И ЛУННЫЕ ЗАТМЕНИЯ

**Цель работы:** изучение движения Луны, смены лунных фаз, условий наступления солнечных и лунных затмений.

**Оборудование:** астрономический календарь.

**Вопросы к допуску:**

1. Основные характеристики лунной орбиты, особенности движения Луны.
2. Основные понятия о затмениях. Условия наступления лунных и солнечных затмений.
3. Тест по теме: «Солнечные и Лунные затмения»

#### Основные теоретические сведения

Луна в пространстве обращается вокруг Земли в прямом направлении (с запада на восток) по эллиптической орбите, в одном из фокусов которого находится Земля. Большая полуось лунной орбиты равна 384000 км. Это расстояние соответствует угловому диаметру Луны в 31'.1. Ближайшая к Земле точка орбиты Луны называется перигей, а наиболее удаленная – апогей.

Луна перемещается на фоне звезд по большому кругу – лунному пути (проекция лунной орбиты на небесную сферу), который, как и эклиптика, проходит по зодиакальным созвездиям, но не совпадает с ней, а пересекается с ней под углом  $i=5^{\circ}9'$ .

Точки пересечения, которые отстоят друг от друга на угловом расстоянии  $180^{\circ}$ , называются лунными узлами, восходящим @ и нисходящим. В восходящем узле Луна пересекает эклиптику, поднимается над ней в северном направлении и удаляется от нее на  $i=5^{\circ}9'$ , затем приближается к ней, пересекает ее в противоположном нисходящем узле и отходит в южном направлении на то же угловое расстояние.

Период обращения Луны вокруг Земли относительно звезд называется звездным, или сидерическим месяцем. Он равен 27.32 суток.

Период вращения Луны вокруг оси равен сидерическому месяцу. А так как направление вращения Луны совпадает с направлением обращения, то, двигаясь вокруг Земли, Луна всегда обращена к ней одной стороной. Такое движение называется синхронным.

Промежуток времени между двумя последовательными прохождениями Луной через один и тот же узел называется драконическим месяцем.

По причине возмущающего воздействия, в основном солнечного, лунная орбита все время поворачивается, и лунные узлы непрерывно перемещаются по эклиптике с востока на запад навстречу движению Луны на  $1^{\circ}.5$  за сидерический месяц, совершая полный оборот по эклиптике за 18 лет и 7 месяцев.

Движение узлов существенно отражается на условиях видимости Луны, так как заметно изменяет пределы склонения Луны.

За сутки Луна смещается среди звезд по лунному пути с запада на восток почти на  $13^{\circ}$ . Поэтому каждый последующий восход Луны наступает в среднем на 52 минуты позже (точное время запаздывания зависит от склонения Луны).

Луна, двигаясь в пространстве вокруг Земли, занимает по отношению к Земле и Солнцу, ее освещающему, различные положения, которые сопровождаются меняющимся видом Луны – лунной фазой – от тонкого серпа до полного диска и снова к тонкому серпу.

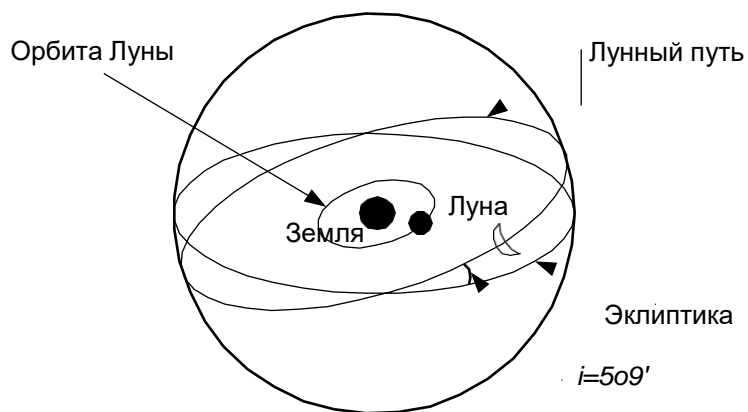
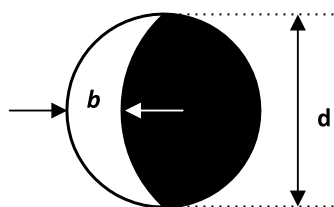


Рис. 1.

Лунной фазой называют видимую в солнечном освещении часть лунного диска и определяют отношением наибольшей ширины  $b$  этой части к диаметру  $d$ .



$$\Phi = \frac{b}{d}.$$

Рис.2

Выделяют 4 основные фазы Луны:

- |                       |   |                 |
|-----------------------|---|-----------------|
| 1. новолуние          | ● | ( $\Phi=0$ ),   |
| 2. первая четверть    | ◐ | ( $\Phi=0.5$ ), |
| 3. полнолуние         | ○ | ( $\Phi=1$ ),   |
| 4. последняя четверть | ◑ | ( $\Phi=0.5$ ). |

Промежуток времени между двумя последовательными одноименными фазами Луны называется синодическим месяцем. Он равен в среднем 29.53 суток.

**Затмения.** В своем движении вместе с Землей вокруг Солнца Луна периодически частично или полностью заслоняет Солнце, – происходят солнечные затмения – или сама попадает в тень Земли, – происходят лунные затмения.

Затмения могут происходить только вблизи лунных узлов или непосредственно в них. Кроме того, для солнечного затмения Луна должна находиться в новолунии, а для лунного – в фазе полнолуния.

Освещаемая Солнцем Луна отбрасывает в пространство сходящийся конус тени и расходящийся конус полутени. Из мест земной поверхности, оказавшейся в лунной тени, видно полное солнечное затмение, а в лунной полутени – частное.

Рассмотрим на рисунке зону наступления солнечных затмений на эклиптике. Представим себе эклиптику и пересекающийся с

нею в восходящем узле @ лунный путь (рис.4.). При новолуниях, которые происходят вдали от лунных

узлов (1, 6), солнечные затмения невозможны: Луна

проходит на небе (1) ниже (южнее) или (6) выше (севернее) Солнца. Чтобы произошло частное затмение

необходимо внешнее касание солнечных и лунных дисков (2, 5). Это может произойти при новолуниях, наступающих не далее  $18^\circ$  от лунного узла, а при  $l < 16^\circ$  происходят

обязательно.

Полные и кольцеобразные (центральные) солнечные затмения происходят

не далее  $11^\circ.5$  от лунных узлов, и чем

ближе к узлу, тем

больше его продолжительность. Вблизи одного узла обязательно происходит одно затмение того или иного вида; редко возможно два частных. Двух центральных затмений вблизи одного узла быть не может, так как синодический

месяц больше продолжительности периода центральных затмений, за время которого может произойти только одно новолуние. Лунное затмение – явление

прохождения Луны сквозь земную тень, имеющую форму сходящегося конуса и окруженную расходящимся конусом полутени (рис.5).

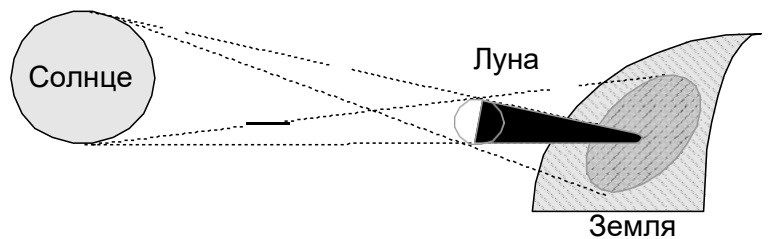


Рис. 3.

обязательно.

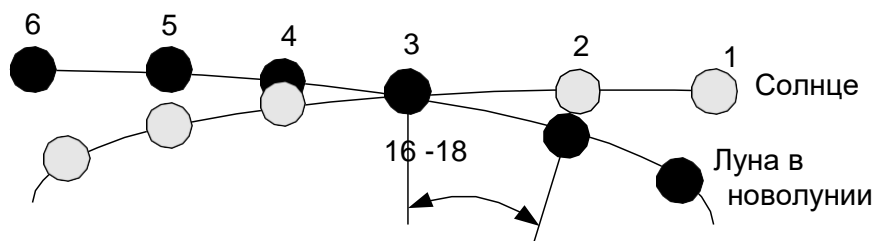


Рис. 4.

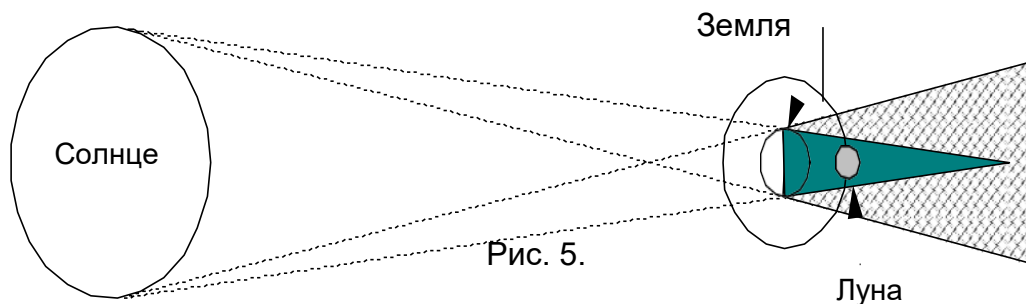


Рис. 5.

Средняя длина земной тени 1380 тыс. км, т.е. всегда больше геоцентрического расстояния Луны. Из рисунка видно: чтобы произошло лунное затмение, Луна должна противостоять Солнцу, т.е. чтобы она была в полнолунии. Угловой радиус земной тени изменяется от 38' до 47', а Луна отходит от эклиптики на угловое расстояние до  $i = 5^{\circ}9'$  (рис.6), поэтому не при всех полнолуниях (а, b, g, h) может быть затмение, а только вблизи узлов (с, d, f) или в них (е).

Участок эклиптики, на котором происходят лунные затмения, называется зоной лунных затмений. Он простирается на  $11^{\circ}-12^{\circ}$  от лунных узлов. Полные затмения наступают не далее, чем  $4^{\circ},5 - 5^{\circ},5$  от узлов.

Ежегодно наступают две эпохи затмений, разделенные примерно полугодием. Промежуток времени между затмениями в противоположных узлах составляет 177-178 суток.

Промежуток времени, через который Солнце возвращается к одному и тому же узлу, называется драконическим годом.

Сарос – это продолжительность цикла затмений – промежуток времени (является наименьшим общим кратным драконического года, драконического месяца и синодического месяца), через который повторяется последовательность солнечных и лунных затмений.

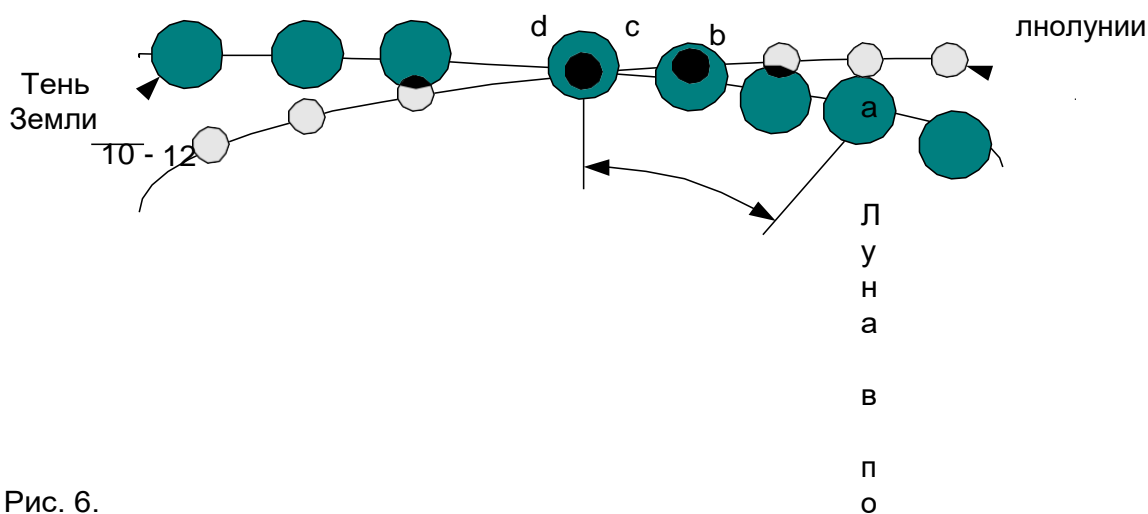


Рис. 6.

g  
h

## Задания

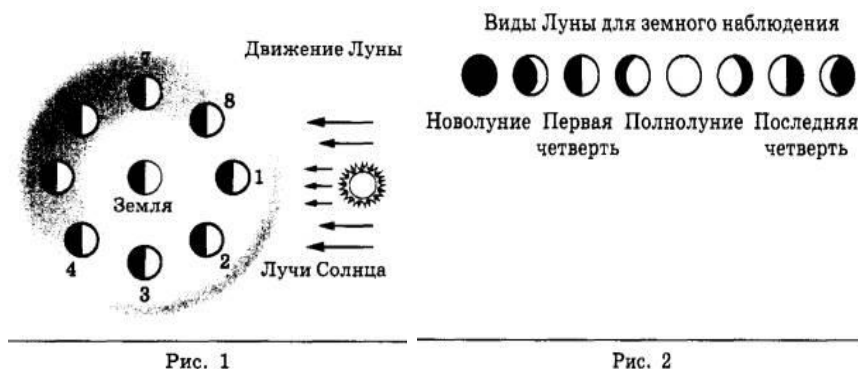
### 1. Заполните пустые клетки и недописанные даты в таблице.

Начало сезонов года	Название соответствующих дней	Экваториальные координаты		Созвездие	Высота Солнца в полдень
		$\alpha_{\odot}$	$\delta_{\odot}$		
20 (21 марта)		$0^{\text{ч}} 00^{\text{м}}$			$36^{\circ}$
22 июня		$6^{\text{ч}} 00^{\text{м}}$			$59,5^{\circ}$
22 (23) сентября		$12^{\text{ч}} 00^{\text{м}}$			$36^{\circ}$
22 декабря		$18^{\text{ч}} 00^{\text{м}}$			$12,5^{\circ}$

### 2. Закончите предложения.

1. Синодический месяц — это ....
2. Сидерический месяц — это .....
3. Луна всегда обращена к Земле одним и тем же полушарием, так как .....
4. Когда Луна попадает в тень Земли, происходит...
5. Когда Луна попадает в полутень Земли, происходит ...
6. Полное солнечное затмение наблюдается, если ...
7. Частное солнечное затмение наблюдается, если ...
8. Кольцеобразное затмение Солнца наблюдается, если ...
9. Затмения не наблюдаются каждый месяц, так как...
10. Фаза Луны - это...

3. На рис. 1 представлена схема движения Луны вокруг Земли, а на рис. 2 — изменение вида Луны для земного наблюдателя в течение лунного месяца.



Используя данные рисунков, выберите из предложенного перечня два верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) Полнолунию соответствует положение 1 Луны (рис. 1).
  - 2) По мере перемещения Луны из положения 1 в положение 3 земной наблюдатель видит рост освещённой части Луны.
  - 3) Полный оборот вокруг Земли Луна делает за сутки.
  - 4) Новолунию соответствует положение 5 Луны (рис. 1).
  - 5) Лунное затмение можно наблюдать в полнолуние, когда тень от Земли попадает на лунный диск.
4. Заполнить таблицу:

Характеристика солнечных и лунных затмений





Параметры характеристики	Солнечное затмение	Лунное затмение
Графическое изображение процесса затмения		
Астрономические условия наступления		
Вид затмения		
Максимальная продолжительность		
Средняя частота наступления в течение года		
Частота наблюдения на определенной территории		
Сарос (период повторения последовательности затмений) и его причины		
Использование явлений в научных целях		

**Для получения зачета необходимо:**

1. Уметь объяснять почему происходят солнечные и лунные затмения?
2. Уметь описать полные, частные и кольцеобразные солнечные затмения.
3. Знать что такое сарос? Какова его периодичность?

**Контрольные вопросы:**

1. Лунное затмение наступает, когда Луна находится
  - а) между Землёй и Солнцем;
  - б) за Землёй
  - в) за Солнцем
2. Чем объясняется смена времён года на Земле?
  - а) вращением Земли вокруг оси;
  - б) вращением Земли вокруг Солнца
  - в) вращением Луны вокруг Земли
3. Если в процессе движения вокруг Земли Луна оказывается на небе между Землёй и Солнцем, то, как видна Луна?
  - а) в виде узкого серпа;
  - б) в виде полного диска Луны;
  - в) Луна совсем не видна.

4. В какой фазе находится «растущая Луна»? а)  б)  в)  г) 
5. Завтра будет солнечное затмение. Будет ли сегодня лунная ночь? То, что мы видим только одну сторону Луны объясняется тем, что...
  - а) Луна не вращается вокруг Земли;
  - б) Луна не вращается вокруг своей оси
  - б) Луна не вращается вокруг своей оси
  - в) период вращения Луны вокруг оси равен периоду её обращения вокруг Земли.

7. Чем объясняется смена дня и ночи на Земле?

а) вращением Земли вокруг оси; б) вращением Земли вокруг Солнца в) вращением Луны вокруг Земли

## Практическая работа № 4 ИЗУЧЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И ОБЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ СОЛНЦА

**Цель работы:** изучение физической природы Солнца

**Оборудование:** фотографии Солнца, палетка солнечных пятен, фотографии солнечных протуберанцев.

**Вопросы к допуску:**

1. Дайте определения понятиям, связанным с солнечной атмосферой: фотосфера, пятно, факел, вспышка, протуберанец, солнечный.

2. Дайте определения понятиям: спектр излучения, спектр поглощения, спектральный анализ, спектрограмма

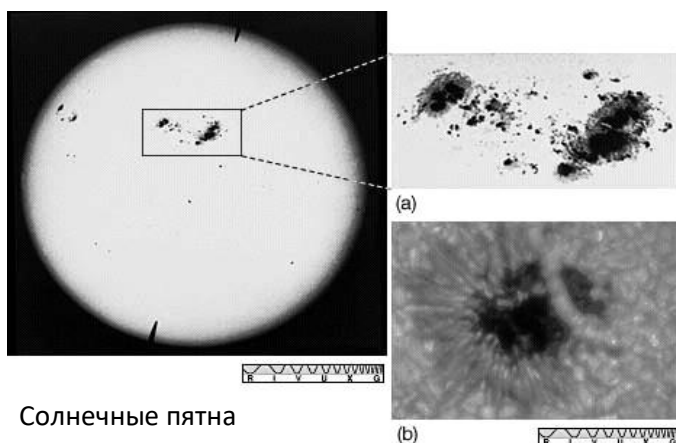
3. Тест по теме: «Изучение физической природы Солнца»

### Основные теоретические сведения

Солнечная активность характеризуется различными факторами, и одним из них является пятнообразовательная деятельность Солнца, которая изучается статистическими методами. Статистика солнечных пятен сводится к подсчету числа  $g$  групп пятен и числа всех пятен  $f$ , включая входящие в группы и оди-ночные пятна, причем, каждое пятно в общей полутени и каждая пара принима-ется в этом случае за отдельное пятно, а каждое отдельное пятно или пара за самостоятельную группу. По результатам подсчетов вычисляется относитель-ное число пятен  $W_0$ , называется числом Вольфа:

$$W_0 = 10 \cdot g + f.$$

Так, если на солнце имеется две группы пятен, одна из которых содержит четыре пятна, а другая — шесть пятен и, кроме того, имеется семь отдельных пятен и пар, то число групп  $g = 2 + 7 = 9$ , число пятен  $f = 4 + 6 + 7 = 17$  и число Вольфа  $W_0 = 10 \cdot 9 + 17 = 107$ .



Статистическому изучению подвергается также площадь пятен, которая оценивается в миллионных ( $10^{-6}$ ) долях площади солнечного диска по шкале специальной палетки диаметром 100 мм, накладываемой на фотографию Солнца, причем площадью пятна считается площадь, ограниченная его полутенью, а полутенью группы — сумма площадей пятен, входящих в нее.

Так как форма пятен, расположенных на периферии солнечного диска, искажается, то их площадь оценивается шкалой, соответствующей наибольшему видимому их диаметру.

Зная угловой  $D'$  и линейный  $D_{\odot}$  диаметры Солнца, можно по диаметру  $D$  его фотографии (в мм) установить угловой  $\mu'$  и линейный  $\mu$  масштабы фотографии:

$$D = \Delta\lambda / \Delta l; \quad \mu' = D' / D; \quad \mu = D_{\odot} / D, \quad (2)$$

по которым вычислить угловые  $l'$  и линейные  $l$  размеры солнечных пятен и их групп. Площадь этих образований в  $\text{км}^2$  подсчитывается по шкале палетки, при известной площади солнечного диска в тех же единицах измерения.

Солнечная активность характеризуется также интенсивностью протуберанцев, высота выбросов которых может быть измерена на фотографиях и затем вычислена в радиусах Солнца  $R_{\odot}$  или в километрах. Скорость выброшенного вещества все время изменяется под действием магнитного поля Солнца и его пятен, солнечного поля тяготения и давления солнечного электромагнитного излучения, и поэтому определение скорости протуберанцев представляет довольно сложную задачу. Однако эту задачу можно решить с некоторым приближением. Пусть в последовательные моменты времени  $T_1$  и  $T_2$  высота протуберанца была  $h_1$  и  $h_2$ , а скорость его вещества на высоте  $v_1$  и  $v_2$ . Тогда на участке пути  $h_2 - h_1$  средняя скорость вещества протуберанца:

$$v_{\text{cp}} = (h_2 - h_1) / (T_2 - T_1) = \Delta h - \Delta t. \quad (3)$$

Высоту  $h_1$  и  $h_2$  протуберанца измеряют по фотографии, на которой указаны и моменты фотографирования. Скорость протуберанца выражается в км / с.

Общее излучение Солнца легко подсчитать по Солнечной постоянной  $C = 1,388 \cdot 10^3 \text{ Дж} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$ . Сфера, радиусом  $a_0 = 1$  а.е. получает в течении 1 с всю излучаемую Солнцем за этот же интервал времени энергию  $E = 4 \cdot \pi \cdot a_0^2 \cdot C$ .

Откуда нетрудно вычислить мощность солнечного излучения (количество энергии, излучаемой Солнцем за 1с) и годовое излучение Солнца, а затем определить ежесекундное и годовое уменьшение  $\Delta m$  массы Солнца, поскольку излучаемая энергия:

где  $c$  — скорость света.

$$E = c^2 \cdot \Delta m,$$



Главным источником излучаемой Солнцем энергии являются ядерные процессы превращения водорода в гелий, происходящие в недрах Солнца. Если известно, сколько энергии  $\varepsilon$  выделяется при превращении каждого грамма водорода в гелий ( $\varepsilon$ ), то, поскольку в настоящую эпоху примерно 70% солнечной массы составляет водород, можно подсчитать продолжительность времени, на протяжении которого Солнце будет излучать энергию интенсивно, как излучает в настоящее время при условии постоянства интенсивности излучения.

Радиус Солнца — 696 000 000 м.

Масса Солнца —  $(1,9904 \pm 0,002) \cdot 10^{30}$  кг.

Угловой диаметр Солнца — 32'.

$\varepsilon = 7,14 \cdot 10^{11}$  Дж.

### Задания

1. Руководствуясь схемой строения Солнца, укажите названия внутренних областей и слоёв атмосферы Солнца

1	Зона ядерных реакций	4	
2	Зона переноса лучистой энергии	5	
3	Зона конвекции	6	
(4, 5, 6)	Атмосфера	7	

2. Подсчитайте: а) за какое время солнечный свет достигает Земли; б) за какое время частицы корпускулярного потока, движущегося со скоростью  $v = 1000$  км/с, достигнут Земли

3. Составить кроссворд по теме: «Строение солнечной системы из 15 слов.

### Для получения зачета необходимо:

1. Уметь объяснять для чего нужен спектральный анализ в астрономии
2. Уметь описать физическую природу Солнца
3. Знать, чем характеризуется солнечная активность Солнца.

### Контрольные вопросы:

1. Почему за циклом пятнообразования на Солнце тщательно наблюдают с Земли?
2. Наблюдения показывают неодинаковую скорость перемещения солнечных пятен, которая уменьшается при удалении от экватора к полюсам Солнца. Объясните причину данного явления.
3. Определите среднюю продолжительность цикла солнечной активности, если известно, что с марта 1755 г. по октябрь 1996 г. прошло точно 22 цикла солнечной активности, считающихся от минимума чисел Вольфа

#### 4. Информационное обеспечение обучения

##### Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

###### Основные источники:

1. Астрономия. Базовый уровень. 11 класс [Текст]: учебник / Б. А. Воронцов-Вельяминов, Е. К. Страут. - 6-е изд., испр. - М.: Дрофа, 2019. - 238, {2}с. : ил., 8 л. цв. вкл. - (Российский учебник).
2. Чаругин В. М. Астрономия [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО / В. М. Чаругин. - Электрон. текстовые данные. - Саратов: Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2019. - 236 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/86502.html>

###### Дополнительные источники:

1. Кессельман В.С. Вся астрономия в одной книге (книга для чтения по астрономии) [Электронный ресурс] / В.С. Кессельман. - Электрон. текстовые данные. -Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2017. - 452 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69345.html>
2. Логвиненко, О.В. Астрономия.: учебник / Логвиненко О.В. - Москва: КноРус, 2019. - 263 с. - (СПО). - URL: <https://book.ru/book/930679> (дата обращения: 03.09.2019). Текст: электронный.
3. Астрономия [Электронный ресурс]: 50 самых поразительных открытий в астрономии, каждое из которых объясняется менее чем за полминуты / Бэскилл Дарен [и др.]. - Электрон. текстовые данные.- М.: РИПОЛ классик, 2013. — 160 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55387.html>
4. Чаругин В.М. Классическая астрономия [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.М. Чаругин. - Электрон. текстовые данные. - М.: Прометей, 2013. - 214 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18578.html>

###### Интернет- ресурсы:

И-Р 1	<a href="https://resh.edu.ru/">https://resh.edu.ru/</a>
И-Р 2	<a href="https://elearning.academia-moscow.ru/">https://elearning.academia-moscow.ru/</a>
И-Р 3	<a href="http://www.fipi.ru/">http://www.fipi.ru/</a>
И-Р 4	<a href="http://school-collection.edu.ru">http://school-collection.edu.ru</a>