

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
*«Добрянский гуманитарно-технологический техникум им. П.И. Сюзева»*

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**  
**ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**  
**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
**ОУД 08 «АСТРОНОМИЯ»**  
**для специальности**

**46.02.01 «Документационное обеспечение управления и архивоведение»**

Добрянка, 2021г

Рассмотрено  
на заседании П(Ц)К общеобразовательных,  
гуманитарных и естественнонаучных дисциплин

«к» сб 2021 г.

Председатель П(Ц)К общеобразовательных,  
гуманитарных и естественнонаучных дисциплин

Г.П. Г.П. Трушникова

ОДОБРЕНО методическим  
советом ГБПОУ ДГТТ им. П.И. Сюзева

Протокол № 5 от «14» сб 2021г.  
Заведующий структурного подразделения

М.К. М.К. Рябкова

**Составитель:** Плюснина Елена Евгеньевна, преподаватель ГБПОУ «Добрянский гуманитарно-технологический техникум им. П. И. Сюзева»

## СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....	3
Правила подготовки к практическим занятиям.....	4
Перечень практических занятий .....	4
Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям.....	5
Список литературы .....	32

## Уважаемый студент!

Методические рекомендации созданы в помощь Вам для подготовки к практическим занятиям. Наличие положительной оценки по практическим занятиям необходимо для допуска к зачёту по дисциплине *Астрономия*, поэтому в случае отсутствия на занятии или получения неудовлетворительной оценки за выполнение практической работы Вы должны найти время для её выполнения или пересдачи.

### Правила подготовки к практическим занятиям

1. Для повышения эффективности выполнения практических работ и активного участия в них каждый студент должен заранее готовиться к очередной работе.
2. Подготовка к работе складывается из освоения теоретического материала, относящегося к работе, изучения цели и содержания практической работы.
3. Практические работы выполняются на занятиях всей группой одновременно.
4. В начале практической работы преподаватель проверяет подготовленность каждого студента (путем опроса или другого вида контроля, ознакомления с записями в рабочей тетради).
5. По результатам практического занятия каждый студент, выполнивший заданный объём работы, получает оценку.

6. Оценку по практическому занятию, с учётом срока выполнения работы, студент получает, если:

- может пояснить выполнение любого этапа работы;
- задание выполнено правильно и в полном объеме.

Оценки за выполнение практических занятий выставляется по пятибалльной системе.

7. Работы студентов, выполненные на практических занятиях, хранятся в кабинете преподавателя в течение учебного года.

**Внимание!** Если в процессе подготовки к практическим занятиям или при их выполнении возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удаётся, необходимо обратиться к преподавателю для получения разъяснений.

### Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

Цель практических занятий состоит в проверке знаний, полученных на лекциях, и умений, освоенных в процессе самостоятельной работы.

Подготовка к практическим занятиям заключается в самостоятельном изучении теории по рекомендуемой литературе, лекционному материалу.

Для эффективного выполнения заданий необходимо знать теоретические материалы и уметь применять эти знания для приобретения практических навыков при выполнении практических работ.

Условия и порядок выполнения работы:

1. Прочитать методические рекомендации по выполнению практической работы.
2. Ответить на вопросы, необходимые для выполнения заданий.
3. Изучить содержание заданий и начать выполнение.
4. Работу выполнить *в тетрадях для практических работ*.
5. Консультацию по выполнению работы получить у преподавателя.
6. Работа оценивается в целом, по итогам выполнения работы выставляется оценка.

Работа считается выполненной, если она соответствует указанным критериям.

Каждое практическое занятие содержит цель, методическое руководство к выполнению, критерии оценки.

### Практическая работа № 1 Расчёт звёздной величины

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.

Точки пересечения небесной сферы с **отвесной линией**, проходящей через ее центр, называются: верхняя точка - **зенитом** ( $z$ ), нижняя точка - **надиром** ( $z\phi$ ). 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.

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).

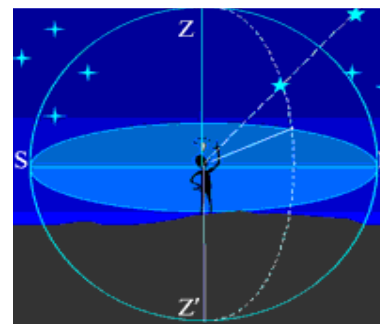
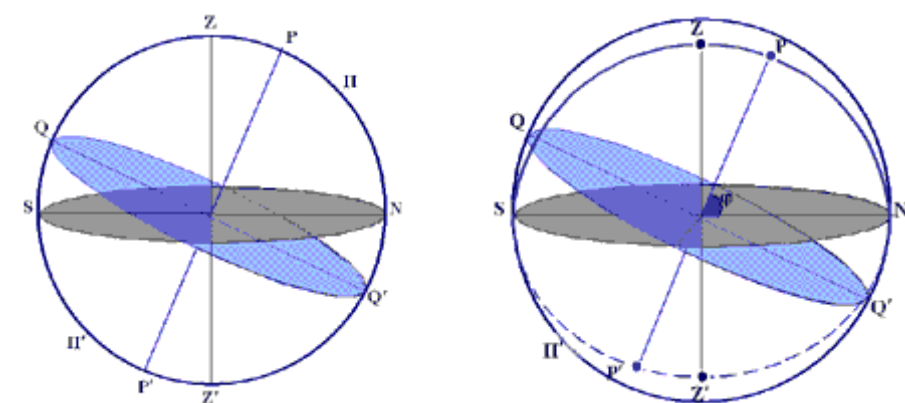


Рис. 1. Небесная сфера "каноническое" изображение в плоскости небесного меридиана

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** ( $QQ\phi$ ).

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

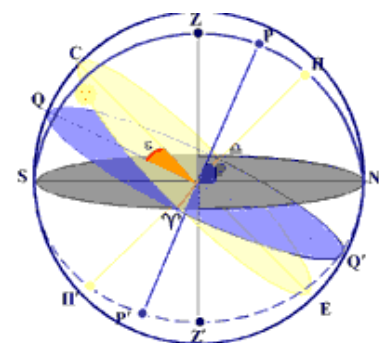
Плоскость небесного меридиана пересекается с плоскостью математического горизонта по прямой полуденной линии, которая пересекается с небесной сферой в двух точках: **севера** ( $N$ ) и **юга** ( $S$ ).

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 деления 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 годовое движение Солнца на фоне звезд происходит по большой окружности небесной сферы - **эклиптике** (рис. 3). Направление этого медленного движения (около  $1^\circ$  в сутки) противоположно направлению суточного вращения Земли.

Рис.3. Положение эклиптики на небесной сфере



Ось вращения земли имеет постоянный угол наклона к плоскости обращения Земли вокруг Солнца, равный  $66^\circ 33''$ . Вследствие этого угол  $e$  между плоскостью эклиптики и плоскостью небесного экватора для земного наблюдателя составляет:  $e = 23^\circ 26' 25,5''$ . Точки пересечения эклиптики с небесным экватором называются **точками весеннего** ( $\wedge$ ) 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  $90^\circ$  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 будут 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**

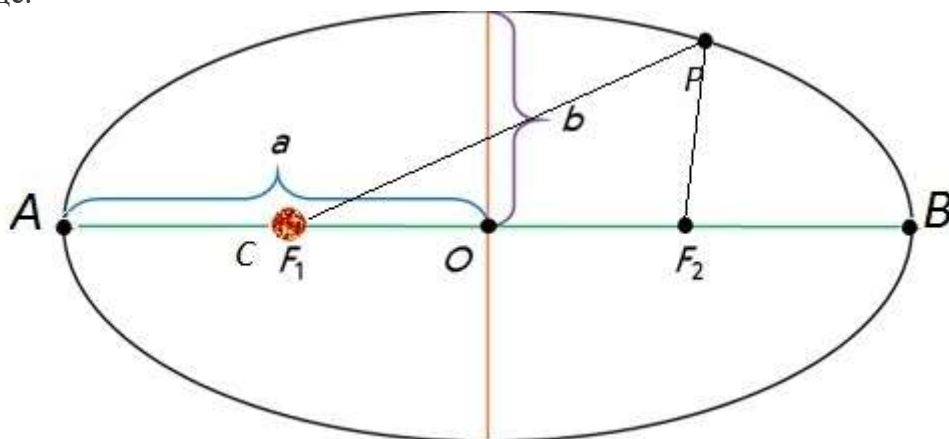
**Законы Кеплера, определять массы планет на основе третьего (уточненного) закона Кеплера**

**Цель:** Освоить методику решения задач, используя законы движения планет.

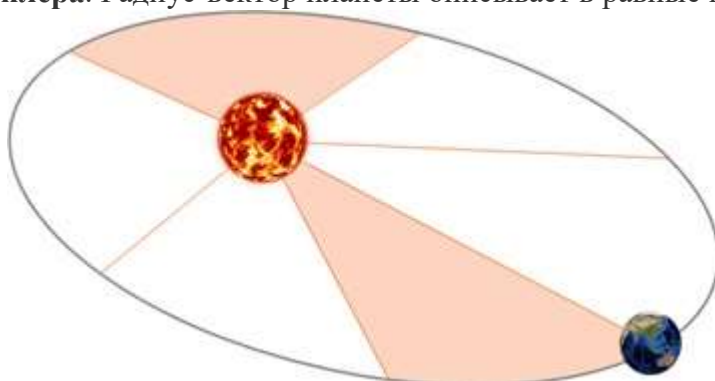
### **Теоретические сведения**

При решении задач неизвестное движение сравнивается с уже известным путём применения законов Кеплера и формул синодического периода обращения.

**Первый закон Кеплера.** Все планеты движутся по эллипсам, в одном из фокусов которого находится Солнце.



**Второй закон Кеплера.** Радиус-вектор планеты описывает в равные времена равные площади.



**Третий закон Кеплера.** Квадраты времен обращения планет относятся как кубы больших полуосей их орбит:

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

Для определения масс небесных тел применяют **обобщённый третий закон Кеплера** с учётом сил всемирного тяготения:

где  $M_1$  и  $M_2$  - массы каких-либо небесных тел,  
а  $m_1$  и  $m_2$  - соответственно массы их спутников.

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

Обобщённый третий закон Кеплера применим и к другим системам, например, к движению планеты вокруг Солнца и спутника вокруг планеты. Для этого сравнивают движение Луны вокруг Земли с движением спутника вокруг той планеты, массу которой определяют, и при этом массами спутников в сравнении с массой центрального тела пренебрегают. При этом в исходной формуле индекс надо отнести к движению Луны вокруг Земли массой, а индекс 2 – к движению любого спутника вокруг планеты массой. Тогда масса планеты вычисляется по формуле: где  $T_{\text{л}}$  и  $a_{\text{л}}$  - период и большая полуось орбиты спутника планеты,  $M_{\oplus}$  - масса Земли. Формулы, определяющие соотношение между сидерическим (звёздным)  $T$  и синодическим периодами  $S$  планеты и периодом обращения Земли, выраженными в годах или сутках,

$$M_{\text{П}} = \frac{T_{\text{л}}^2}{T_1^2} \cdot \frac{a_1^3}{a_{\text{л}}^3} \cdot M_{\oplus}$$

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\oplus}}$$

а) для внешней планеты формула имеет вид:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\oplus}}$$

б) для внутренней планеты:

**Выполняем работу по решению задач на законы Кеплера**

**Примеры решения задач 1-4**

**Задание 1.** За какое время Марс, находящийся от Солнца примерно в полтора раза, чем Земля, совершает полный оборот вокруг Солнца?

**Задание 1.** Для решения задачи используем третий закон Кеплера:  $\frac{T_1^2}{T_\odot^2} = \frac{a_1^3}{a_\odot^3}$

Дано:	$T_1 = \sqrt{\frac{T_\odot^2 \cdot a_1^3}{a_\odot^3}} = \frac{T_\odot \cdot a_1}{a_\odot} \sqrt{\frac{a_1}{a_\odot}}$
$a_1 = 1,5 \text{ а.е.}$	
$a_\odot = 1 \text{ а.е.}$	
$T_\odot = 1 \text{ г.}$	$T_1 = \frac{1 \cdot 1,5}{1} \sqrt{\frac{1,5}{1}} = 1,5 \sqrt{1,5} \approx 1,9 \text{ г.}$
Найти:	
$T_1 - ?$	Ответ: Марс совершает полный оборот вокруг Солнца примерно за 1,9 года.

**Задание 2.** Вычислить массу Юпитера, зная, что его спутник **Ио** совершает оборот вокруг планеты за 1,77 суток, а большая полуось его орбиты – 422 тыс. км

**Задание 2.** Для решения задачи используем формулу  $M_{\text{П}} = \frac{T_{\text{Л}}^2}{T_1^2} \cdot \frac{a_1^3}{a_{\text{Л}}^3} \cdot M_\odot$

Дано:	$M_{\text{П}} = \frac{(27,32)^2 \cdot (4,22 \cdot 10^5)^3}{(1,77)^2 \cdot (3,84 \cdot 10^5)^3} \cdot M_\odot \approx 317 M_\odot$
$M_\odot = 1$	
$T = 27,32 \text{ сут.}$	
$a = 3,84 \cdot 10^5 \text{ км}$	
$T_1 = 1,77 \text{ сут.}$	
$a_1 = 4,22 \cdot 10^5 \text{ км}$	Ответ: Масса Юпитера составляет примерно 317 масс Земли.
Найти:	
$M_{\text{П}} - ?$	

**Задание 3.** Противостояния некоторой планеты повторяются через 2 года. Чему равна большая полуось её орбиты?

**Задание 3.** Большую полуось орбиты можно определить из третьего закона Кеплера:

Дано:	$\frac{T^2}{T_\odot^2} = \frac{a^3}{a_\odot^3} \text{ отсюда: } a^3 = a_\odot^3 \cdot \frac{T^2}{T_\odot^2}$
$S = 2 \text{ года}$	
$T_\odot = 1 \text{ г.}$	<p>Звёздный период <math>T</math> найдём из соотношения</p> $\frac{1}{S} = \frac{1}{T_\odot} - \frac{1}{T}, \quad T = \frac{T_\odot \cdot S}{S - T_\odot}, \quad T = 2 \text{ года}$
Найти: $a - ?$	$a = \sqrt[3]{\frac{(1 \text{ а.е.})^3 \cdot (2 \text{ года})^2}{(1 \text{ год})^2}} \approx 1,59 \text{ а.е.}$ <p><math>a_\odot = 1 \text{ а.е.}</math></p>
	Ответ: $a \approx 1,59 \text{ а.е.}$

**Задание 4.** Определите массу планеты Уран (в массах Земли), если известно, что спутник Урана Титан обращается вокруг него с периодом 8,7 суток. на среднем расстоянии 438 тыс. км. для луны эти величины равны соответственно 27,3 суток. и 384 тыс. км.



<p><b>Задание 4.</b> Дано: <math>a=438</math> тыс. км <math>T=8,7</math> сут. <math>a_L=384</math> тыс. км <math>T_L=27,3</math> сут. <math>M_3=1</math></p>	<p>Решение</p> $\frac{T^2(M_y + m_T)}{T_L^2(M_3 + m_L)} = \frac{a^3}{a_L^3}$ <p>Пренебрегая массами Титания и Луны <math>m_T</math> и <math>m_L</math> получим, что</p> $M_y = \left(\frac{a}{a_L}\right)^3 \cdot \left(\frac{T_L}{T}\right)^2 \cdot M_3 \quad M_y = \left(\frac{438}{384}\right)^3 \cdot \left(\frac{27,3}{8,7}\right)^2 \cdot 1 = 14,6$
<p>Найти: <math>M_y</math> -?</p>	<p><b>Ответ:</b> 14.6 массы Земли.</p>

Выполните решения задач 5-8

**Задание 5.** Марс дальше от Солнца, чем Земля, в 1.5 раза. Какова продолжительность года на Марсе? Орбиты планет считать круговыми.

**Задание 6.** Синодический период планеты 500 суток. Определите большую полуось её орбиты и звёздный (сидерический) период обращения.

**Задание 7.** Определить период обращения астероида Белоруссия если большая полуось его орбиты  $a=2,4$  а.е.

**Задание 8.** Звёздный период обращения Юпитера вокруг Солнца  $T=12$  лет. Каково среднее расстояние от Юпитера до Солнца?

#### Критерии оценивания

Оценка	Критерии
<b>Отлично (5)</b>	Правильно решены все задачи, тетрадь с решениями сдан вовремя.
<b>Хорошо(4)</b>	Правильно решены все задачи, тетрадь с решениями сдан вовремя. В решениях задач есть недочеты. (ед.измерения)
<b>Удовлетворительно (3)</b>	Не правильно решены 2-е задачи, тетрадь с решениями сдан не вовремя. В решениях задач есть недочеты. (ед.измерения)
<b>Неудовлетворительно (2)</b>	Задачи не решены.

#### Практическая работа № 3

##### Особенности движения тел Солнечной системы под действием сил тяготения по орбитам с различным эксцентриситетом.

*Цель:* закрепить теоретический материал.

*Задания.* Выполнить тест.

Методические указания к выполнению теста

Вариант теста назначает преподаватель на своё усмотрение. Для выполнения теста необходимо прочитать каждое задание, выбрать один правильный ответ из предложенных и записать в форму.

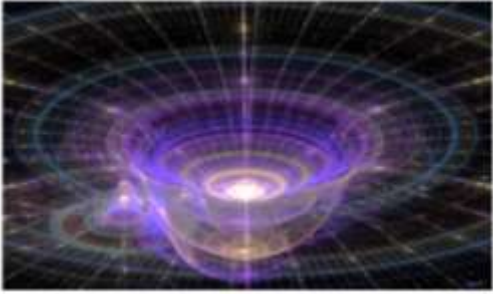
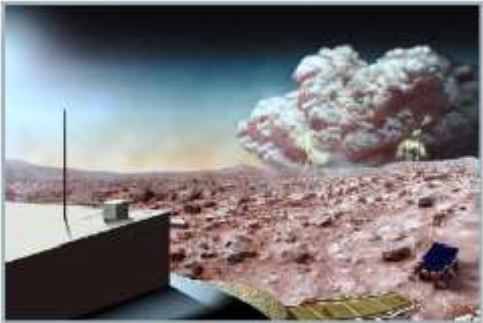



Форма для записи теста









ФИО \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_ Вариант \_\_\_\_\_





№	Ответ	№	Ответ
1.		8.	
2.		9.	
3.		10.	
4.		11.	

5.		12.	
6.		13.	
7.		14.	

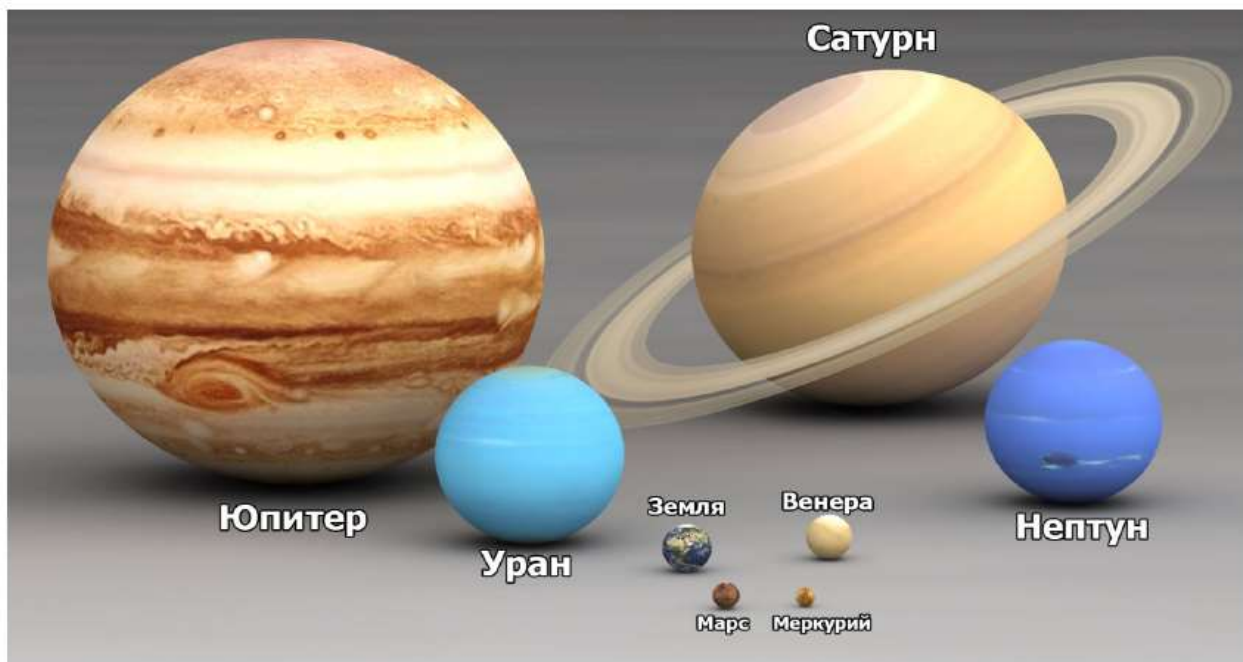
**ВАРИАНТ №1**

<p><b>1.</b> Какая планета Солнечной системы обладает наибольшей гравитацией?          А) Юпитер          Б) Сатурн          В) Земля          Г) Уран</p>	
<p><b>2.</b> Пыльные бури и ураганные ветры до 100 м/с – природные явления, происходящие на ...          А) Марсе          Б) Венере          В) Меркурии          Г) Плутоне</p>	
<p><b>3.</b> Какая планета Солнечной системы не испытывает суточных колебаний температуры из-за «парникового эффекта»?          А) Меркурий          Б) Венера          В) Земля          Г) Юпитер          Д) Марс</p>	
<p><b>4.</b> Меркурий по строению, рельефу, теплопроводности больше всего похож на...          А) Венеру          Б) Луну          В) Марс          Г) Юпитер          Д) Нептун</p>	
<p><b>5.</b> Период вращения Венеры относительно Солнца составляет...          А) 225 земных суток          Б) 365 земных суток          В) 484 земных суток          Г) 125 земных суток</p>	

<p>6. Земля бывает ближе всего к Солнцу:</p> <p>А) В январе          Б) В сентябре          В) В марте          Г) В июне</p>			
<p>7. Если радиолокатор зафиксировал отраженный сигнал через 0,667 с от пролетающего вблизи Земли астероида, то расстояние до него было равно:</p> <p>А) 100 тыс. км          Б) 50 тыс. км          В) 120 тыс. км          Г) 70 тыс. км</p>			
<p>8. Какой из спутников планет Солнечной системы является самым большим?</p>			
<p>А) Ганимед</p> 	<p>Б) Титан</p> 	<p>В) Харон</p> 	<p>Г) Луна</p> 
<p>9. На какой планете Солнечной системы обнаружены озера жидкого метана и этана?</p> <p>А) Уран          Б) Нептун          В) спутник Юпитера Ио          Г) спутник Сатурна Титан</p>			
<p>10. У каких из этих планет Солнечной системы нет спутников?</p> <p>А) Меркурий          Б) Венера          В) Земля          Г) Марс          Д) Юпитер          Е) Сатурн          Ж) Уран          З) Нептун</p>			

<p><b>11.</b> Какая из этих планет не является спутником планеты Юпитер?</p> <p>А) Ио  Б) Европа  В) Эрида  Г) Титан</p>	
<p><b>12.</b> В каком состоянии находятся вещества на Марсе, согласно последним научным данным?</p> <p>А) твердом, жидком, газообразном  Б) твердом и жидком  В) твердом и газообразном  Г) жидком и газообразном  Д) твердом</p>	
<p><b>13.</b> Какая из этих планет не относится к планетам земной группы?</p> <p>А) Юпитер  Б) Марс  В) Меркурий  Г) Венера</p>	
<p><b>14.</b> Чем на самом деле являются "падающие звезды"?</p> <p>А) метеорами  Б) астероидами  В) метеоритами  Г) кометами</p>	

**ВАРИАНТ № 2**



1. Укажите последовательность планет Солнечной системы, начиная от самой близкой к Солнцу.

А) Венера	В) Марс	Д) Сатурн	Ж) Земля
Б) Уран	Г) Меркурий	Е) Нептун	З) Юпитер

2. Протяженную оболочку кометы, которая образуется при приближении к Солнцу из-за таяния и испарения льда называют...

- А) хвост    Б) шлейф  
В) поток    Г) траектория



3. Самый крупный из астероидов, обнаруженных по 2016 год включительно, называется:

- А) Паллада  
Б) Веста  
В) Церера  
Г) Галлея
















4. В каком году была осуществлена первая мягкая посадка на поверхность Луны?

- А) в 1961  
Б) в 1966  
В) в 1972  
Г) в 1978



<p><b>5.</b> Когда и кем была открыта карликовая планета Плутон?</p> <p>А) в 1930 году Клайдом Томбо  Б) в 1781 году Уильямом Гершелем  В) в 1877 году Карлом Гауссом</p>	
<p><b>6.</b> Кто из русских ученых установил Классификацию кометных хвостов?</p> <p>А) Петр Николаевич Лебедев  Б) Федор Александрович Бредихин  В) Василий Яковлевич Струве  Г) Аристарх Аполлонович Белопольский</p>	
<p><b>7.</b> Луна – самое близкое к Земле небесное тело. Основой рельефа являются кратеры. Лунным кратером называется чашеобразное углубление в поверхности Луны, имеющее сравнительно плоское дно и окруженное кольцевидным приподнятым валом Кто впервые ввел это название?</p> <p>А) Коперник  Б) Циолковский  В) Галилей  Г) Джордано Бруно</p>	
<p><b>8.</b> Где в Солнечной системе находится самая высокая гора?</p> <p>А) Юпитер  Б) Земля  В) Венера  Г) Марс</p>	
<p><b>9.</b> В 2003 году американцы удивили мир открытием новой планеты, которая, по последним данным зонда "Новые Горизонты", полученным в 2015 году Какое название носит теперь эта планета?</p> <p>А) Арида  Б) Аида  В) Эрида  Г) Изиды</p>	
<p><b>10.</b> На каком из 67 спутников Юпитера в 1997 году наблюдалось извержение вулкана?</p> <p>А) Европа  Б) Ганимед  В) Ио  Г) Калисто</p>	

<p><b>11.</b> Северное полушарие этой планеты – гладкое и низкое – это одно из самых гладких и ровных мест на планетах Солнечной системы. В тоже время Южная половина неровная и вся изрезана кратерами. У какой из этих планет «два лица»?</p>	
<p>А) Земля</p> 	<p>Б) Венера</p> 
<p>В) Меркурий</p> 	<p>Г) Марс</p> 
<p><b>12.</b> Объёма какой планеты достаточно, чтобы вместить в себя все остальные планеты Солнечной системы?</p>	
<p>А) Юпитер</p> 	<p>Б) Сатурн</p> 
<p>В) Уран</p> 	<p>Г) Нептун</p> 
<p><b>13.</b> На какой планете находится кратер «Водяной» и темное пятно на поверхности «Кикимора»?</p>	
<p>А) на Марсе</p>	<p>Б) на спутнике Нептуна – Тритоне</p>

	
В) на Венере	Г) на Луне
	
<p>14. В честь этой планеты назван химический элемент. Однако в 2006 году из-за своих размеров и особенностей строения этот «объект» Солнечной системы потерял статус «планеты».</p> <p>А) Уран Б) Нептун В) Сатурн Г) Плутон</p>	

### Критерии оценивания

Оценка	Критерии
<b>Отлично (5)</b>	13-14 правильных ответов на вопросы теста
<b>Хорошо (4)</b>	11-12 правильных ответов на вопросы теста
<b>Удовлетворительно (3)</b>	9-10 правильных ответов на вопросы теста
<b>Неудовлетворительно (2)</b>	менее 9 правильных ответов на вопросы теста

### Практическая работа № 4

#### Вычислить орбиты Планет земной группы

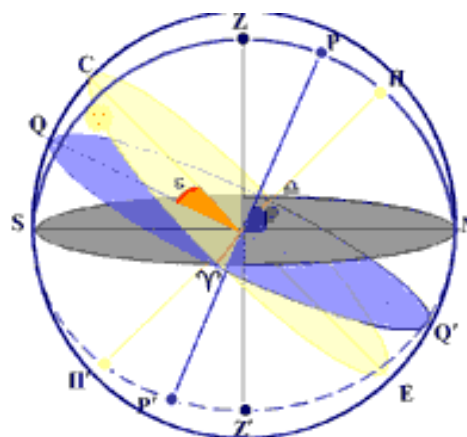
Измерение времени. Определение географической долготы и широты

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

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

#### Теоретическое обоснование

Видимое годичное движение Солнца на фоне звезд происходит по большой окружности небесной сферы - эклиптике (рис. 1). Направление этого медленного





движения (около  $1^\circ$  в сутки) противоположно направлению суточного вращения Земли. Ось вращения земли имеет постоянный угол наклона к плоскости обращения Земли вокруг Солнца, равный  $66^\circ 33''$ . Вследствие этого угол  $\epsilon$  между плоскостью эклиптики и плоскостью небесного экватора для земного наблюдателя составляет:  $\epsilon = 23^\circ 26' 25,5''$ . Точки пересечения эклиптики с небесным экватором называются

Рис. 1. Положение эклиптики на небесной сфере

**точками весеннего ( $\gamma$ ) 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  $90^\circ$  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:  $S = t \gamma$ ;  $t = S - a$

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  $PON$ ):  $h_p = \varphi$ . Тогда угол между горизонтом ( $NS$ ) и небесным экватором ( $QQ_1$ ) будет равен  $180^\circ - \varphi - 90^\circ = 90^\circ - \varphi$ . Если светило кульминирует к югу от горизонта, то угол  $MOS$ , который выражает высоту светила  $M$  в кульминации, представляет собой сумму двух углов:  $Q_1OS$  и  $MOQ_1$ . Величину первого из них мы только что определили, а второй является не чем иным, как склонением светила  $M$ , равным  $\delta$ .

Таким образом, высота светила в кульминации:

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

Если  $\delta > \varphi$ , то верхняя кульминация будет происходить над северным горизонтом на высоте

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

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  $56^\circ$ ) на высоте  $47^\circ$  над точкой юга.

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

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

**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  $30^\circ$ , а его склонение равно  $-19^\circ$ . Определите 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 № 5

#### Отражение света Преломление света. Полное отражение ТЕСТ

Место выполнения: кабинет

Уважаемые студенты!

Внимательно изучите задания теста и последовательно выполните их

#### 1 вариант

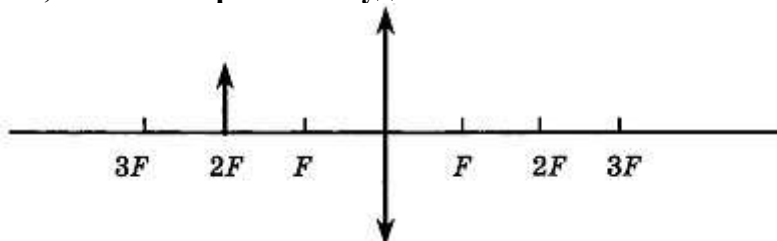
**A1. Луч света падает на плоское зеркало. Угол отражения равен  $24^\circ$ . Угол между падающим лучом и зеркалом**

1) $12^\circ$	2) $102^\circ$	3) $24^\circ$	4) $66^\circ$
---------------	----------------	---------------	---------------

**A2. Если расстояние от плоского зеркала до предмета равно 10 см, то расстояние от этого предмета до его изображения в зеркале равно**

1) 5 см	2) 10 см	3) 20 см	4) 30 см
---------	----------	----------	----------

**A3. Если предмет находится от собирающей линзы на расстоянии, равном двойному фокусному расстоянию, то его изображение будет**



- 1) действительным, перевёрнутым и увеличенным
- 2) действительным, прямым и увеличенным
- 3) мнимым, перевёрнутым и уменьшенным
- 4) действительным, перевёрнутым, равным по размеру предмету

**A4. Какое оптическое явление объясняет радужную окраску крыльев стрекозы?**

1) Дисперсия	2) Дифракция	3) Интерференция	4) Поляризация
--------------	--------------	------------------	----------------

**A5. В основу специальной теории относительности были положены**

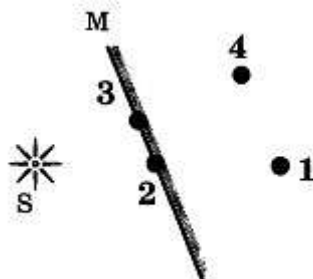
- 1) эксперименты, доказывающие независимость скорости света от скорости движения источника и приёмника света
- 2) эксперименты по измерению скорости света в воде
- 3) представления о том, что свет является колебанием невидимого эфира
- 4) гипотезы о взаимосвязи массы и энергии, энергии и импульса

### 2 вариант

**A1.** Луч света падает на плоское зеркало. Угол отражения равен  $12^\circ$ . Угол между падающим лучом и зеркалом

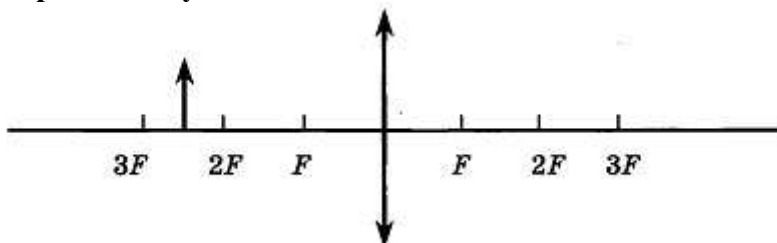
1) $12^\circ$	2) $88^\circ$	3) $24^\circ$	4) $78^\circ$
---------------	---------------	---------------	---------------

**A2.** Изображением источника света  $S$  в зеркале  $M$  является точка



1) 1	2) 2	3) 3	4) 4
------	------	------	------

**A3.** Если предмет находится от собирающей линзы на расстоянии больше двойного фокусного расстояния, то его изображение будет



- 1) действительным, перевёрнутым и увеличенным
- 2) действительным, прямым и увеличенным
- 3) мнимым, перевёрнутым и уменьшенным
- 4) действительным, перевёрнутым и уменьшенным

**A4.** В какой цвет окрашена верхняя дуга радуги?

1) Фиолетовый	2) Синий	3) Красный	4) Оранжевый
---------------	----------	------------	--------------

**A5.** Для каких физических явлений был сформулирован принцип относительности Галилея?

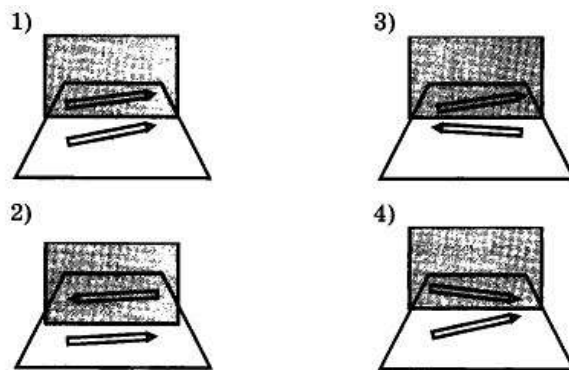
- 1) Только для механических явлений
- 2) Для механических и тепловых
- 3) Для механических, тепловых и электромагнитных явлений
- 4) Для любых физических явлений

### 3 вариант

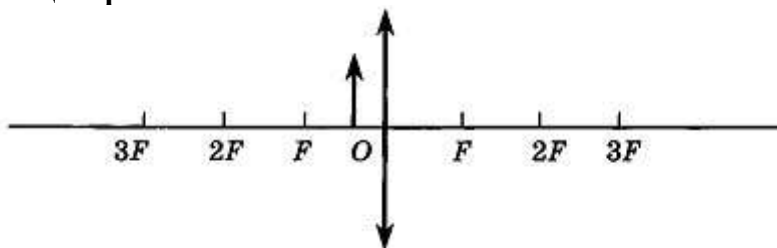
**A1.** Луч света падает на плоское зеркало. Угол падения равен  $30^\circ$ . Угол между падающим и отраженным лучами равен

1) $40^\circ$	2) $50^\circ$	3) $60^\circ$	4) $110^\circ$
---------------	---------------	---------------	----------------

**A2.** Отражение карандаша в плоском зеркале правильно показано на рисунке



**A3. Каким будет изображение предмета в собирающей линзе, если предмет находится между фокусом и оптическим центром линзы?**



- 1) Действительным, перевёрнутым и увеличенным
- 2) Мнимым, прямым и увеличенным
- 3) Мнимым, перевёрнутым и уменьшенным
- 4) Действительным, перевёрнутым и уменьшенным

**A4. Какое оптическое явление объясняет появление цветных радужных пятен на поверхности воды, покрытой тонкой бензиновой пленкой?**

- |                    |               |                    |                        |
|--------------------|---------------|--------------------|------------------------|
| 1) Дисперсия света | 2) Фотоэффект | 3) Дифракция света | 4) Интерференция света |
|--------------------|---------------|--------------------|------------------------|

**A5. Принцип относительности Эйнштейна справедлив**

- 1) только для механических явлений
- 2) только для оптических явлений
- 3) только для электрических явлений
- 4) для всех физических явлений

#### Эталон правильных ответов

№1	Правильный ответ	Кол-во баллов	№2	№3
A1	4	1	4	3
A2	3	1	4	4
A3	4	1	4	2
A4	2	1	3	4
A5	1	1	1	4
	<b>Итого</b>	<b>5</b>		

#### Практическая работа № 6

Массы и размеры звезд. Модели звезд. Переменные и нестационарные звезды. Цефеиды — маяки Вселенной. Эволюция звезд различной массы

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

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

**Оборудование:** модель небесной сферы.

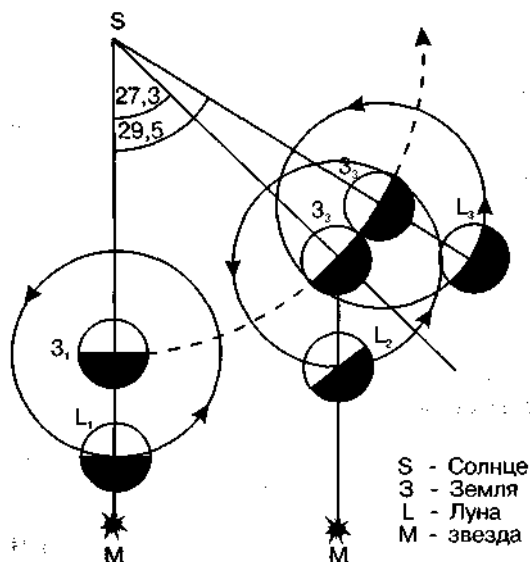
#### Теоретическое обоснование

**Сидерическим (звездным)** периодом обращения планеты называется промежуток времени  $T$ , 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 равен промежутку времени между двумя новолуниями 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:

$$\frac{1}{P} - \frac{1}{T} = \frac{1}{S};$$

Для верхних (внешних) планет:

$$\frac{1}{T} - \frac{1}{P} = \frac{1}{S}, \quad \text{где}$$

$P$ - сидерический период планеты;

$T$ - сидерический период Земли;

$S$  – Синодический период планеты.

Сидерический период обращения (от лат. *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**. Например, Меркурианский год, Юпитерианский год, и т. п. При этом не следует забывать, что словом «год» могут называться несколько понятий. Так, не следует путать земной сидерический год (время одного оборота Земли вокруг Солнца) и год тропический (время, за которое происходит смена всех времён года), которые различаются между собой примерно на 20 минут (эта разница обусловлена, главным образом, прецессией 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.

Таблица 1. Синодический период планет

Планета	Синодический период, лет
Меркурий	0.317

Венера	1.599
Марс	2.135
Юпитер	1.092
Сатурн	1.035
Уран	1.012
Нептун	1.006

Таблица 2. Сидерический период планет

Планета	Сидерический период
Меркурий	87,97 суток
Венера	224,7 суток
Земля	1 год или 365,2564 суток
Луна (вокруг Земли)	27,322 суток
Марс	1,88 года
Астероиды (в среднем)	4,6 года
Юпитер	11,86 лет
Сатурн	29,46 лет
Уран	84,02 года
Нептун	164,78 года
Плутон	248,09 лет
Хаумеа	285 лет
Макемаке	309,88 лет
Эрида	557 лет
Седна	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.

### Практическая работа № 7

Наша Галактика. Ее размеры и структура. Экскурсия в планетарий

**Тема:** Определение скорости движения звёзд в Галактике»

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

**Оборудование:** модель небесной сферы

1. Разберите решение задачи. *Собственное движение звезды составляет 0,2'' в год. Расстояние до неё 10 пк. Какова тангенциальная скорость звезды?*

**Дано:**

$$\mu = 0,2''$$

$$r = 10 \text{ пк}$$

**Решение.**

Запишите формулу для определения тангенциальной скорости:  $v_{\tau} = 4,74 \cdot \mu \cdot r$

Рассчитайте тангенциальную скорость звезды:  $v_{\tau} = 4,74 \cdot 0,2 \cdot 10 \approx 9,5$

**Найти:**

$$v_{\tau} = ?$$

**Ответ:** тангенциальная скорость звезды 9,5 км/с.

2. Разберите решение задачи. *В спектре звезды из задачи № 1 смещение линии гелия 5876 Å составляет 0,6 Å. Определите лучевую скорость звезды.*

**Дано:**

$$\lambda_0 = 5876 \text{ Å}$$

$$\Delta\lambda = 0,6 \text{ Å}$$

**Решение.**

Запишите формулу для определения лучевой скорости звезды при помощи

спектрального анализа на основании эффекта Доплера:  $v_r = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} c$ , где

**Найти:**

$$v_r = ?$$

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$  - скорость света.

Рассчитайте лучевую скорость звезды:  $v_r = \frac{0,6}{5876} \cdot 3 \cdot 10^8 = 30633 \text{ м/с} \approx 31 \text{ км/с}$

**Ответ:** лучевая скорость звезды 31 км/с.

3. Разберите решение задачи. *Определите пространственную скорость звезды, используя ответы к задачам №№ 1 и 2.*

**Дано:**

$$v_{\tau} = 9,5 \text{ км/с}$$

$$v_r = 31 \text{ км/с}$$

**Решение:**

Запишите теорему Пифагора для определения пространственной скорости звезды:

$v = \sqrt{v_{\tau}^2 + v_r^2}$ . Рассчитайте пространственную скорость звезды:

**Найти:**

$$v = ?$$

$$v = \sqrt{9,5^2 + 31^2} \approx 32$$

**Ответ:** пространственная скорость звезды 32 км/с.

4. Решите задачу. *Собственное движение звезды составляет 0,1'' в год. Расстояние до неё 50 пк. Какова тангенциальная скорость звезды?*
5. Решите задачу. *В спектре звезды из задачи № 4 смещение лабораторной длины волны 5000 Å составляет 0,17 Å. Определите лучевую скорость звезды.*
6. Решите задачу. *Определите пространственную скорость звезды, используя ответы к задачам №№ 4 и 5.*

### Практическая работа № 8

Разнообразие мира галактик Экскурсия в планетарий

#### «Определение основных характеристик звёзд».

1. Разберите решение задачи. Параллакс звезды Арктур  $0,085''$ . Определите расстояние до звезды.

Дано:

Решение.

$\rho = 0,085''$  | Запишите формулу для определения расстояния:  $r = \frac{1}{\rho}$

Найти: | Подставьте значения:  $r = \frac{1}{0,085} \approx 11,8 \text{ пк}$

г - ? | Выразите расстояние в световых годах:  $11,8 \cdot 3,26 \approx 38$

**Ответ:** расстояние до звезды Арктур 38 св. лет.

2. Разберите решение задачи. Если бы по орбите Земли двигалась звезда с такой же массой, как у Солнца, каков бы был период её обращения?

Дано:

Решение.

$A = 1 \text{ а.е.}$  | Запишите формулу для определения массы двойных звёзд:  $m_1 + m_2 = \frac{A^3}{T^2}$

$m_1 + m_2 = 2M_{\odot}$  | Преобразуйте формулу, выразив период обращения звёзд:  $T = \sqrt{\frac{A^3}{m_1 + m_2}}$

Найти: | Подставьте значения:  $T = \sqrt{\frac{1^3}{2}} \approx 0,7$

г - ? | **Ответ:** период обращения звёзд был бы равен 0,7 лет.

3. Разберите решение задачи. Во сколько раз Денеб больше Солнца?

Светимость и температуру поверхности звезды выпишите из таблицы «Основные сведения о наиболее ярких звёздах, видимых в России».

Дано:

Решение:

$L = 16000$  | Запишите формулу для определения радиуса звезды:  $R = \sqrt{L \left( \frac{T_{\odot}}{T} \right)^2}$

$T = 9800 \text{ К}$  | Подставьте значения:  $R = \sqrt{16000 \left( \frac{6000}{9800} \right)^2} \approx 47$

$T_{\odot} = 6000 \text{ К}$

Найти: | **Ответ:** Денеб больше Солнца в 47 раз.

г - ?

4. Решите задачу. Параллакс звезды Денеб  $0,005''$ . Определите расстояние до звезды.  
5. Решите задачу. У двойной звезды период обращения 100 лет. Большая полуось орбиты 40 а.е. Определите сумму масс двойной звезды.  
6. Решите задачу. Во сколько раз Капелла больше Солнца?



## Практическая работа № 9

### Современные возможности космонавтики и радиоастрономии для связи с другими цивилизациями

**Цель урока:** формирование знаний о теоретических и практических основах космонавтики.

**Есть такое выражение:**

**Земля** – это колыбель Человечества, а **Космос** – его будущая реальность.

*Как вы понимаете его?*

Так думали все русские космисты, и так думают сейчас русские учёные, озабоченные решением проблем развивающейся земной цивилизации. Именно те из них, которые уже остро почувствовали, что ресурсы нашей планеты не безграничны на фоне неуклонного роста численности её людского населения.

Действительно, только за один век, с 1900г. по 2000г. численность населения планеты возросла с 900 миллионов до 6,5 миллиарда человек.

*А что будет в следующие 100 лет?*

Тогда как всем нам людям хочется тепла и света, еды и воды, а так же много всего другого, что нужно любому человеку. Где это всё взять, да и где всем нам жить, причём в согласии со всем миром биосферы? Только под воздействием этих вопросов остро осознаешь то, что наша планета очень маленькая. А над нами звёздное небо – эта громада безграничного космоса, с его бесчисленными звёздами и кружащих вокруг них планет, возможно, таких же, как наша Земля. И всю эту “целину” не только можно, а сколько уже нужно включать в оборот жизни Человечества. Иначе, хотим мы того или не хотим, но такой рост все возрастающей численности человечества неминуемо погубит, и саму земную цивилизацию, и планету. Надо расселяться в космос.

**Сегодня мы с вами узнаем** – что такое космонавтика, о космических летательных аппаратах (КЛА); реактивных ракетных двигателей);о траекториях, скоростях и особенностях движения КЛА, познакомимся с СТО

**- Космонавтика** (от греч. κόσμος — Вселенная и — nautikē- искусство мореплавания, кораблевождение) — теория и практика навигации за пределами атмосферы Земли для исследования космического пространства при помощи автоматических и пилотируемых космических аппаратов.

Другими словами, это наука и технология космических полётов

*Мы кидаем мяч, он возвращается обратно. Почему так происходит?*

*Значит что нужно, чтобы отправиться в космос?*

(В зависимости от значения начальной скорости дальнейшее движение тела может быть различным)

#### **Космические скорости.**

Наиболее простой случай движения тел вблизи поверхности Земли под действием силы тяжести — свободное падение с начальной скоростью, равной нулю. В этом случае тело движется прямолинейно с ускорением свободного падения по направлению к центру Земли. Если тело имеет начальную скорость, величина которой отлична от нуля, и её вектор направлен не по вертикали, то тело под действием силы тяжести начнет двигаться с ускорением свободного падения по криволинейной траектории. Рассмотрим тело, находящееся за пределами земной атмосферы.

Предположим, что вектор начальной скорости этого тела направлен по касательной к поверхности Земли. В зависимости от значения начальной скорости дальнейшее движение тела может быть различным:

- а) при малых начальных скоростях ( $v_01$ ,  $v_02$ ,  $v_03$ ) тело упадет на Землю;
- б) при некотором определенном значении скорости  $v_1$  (**первая космическая скорость**) тело станет искусственным спутником и начнет обращаться вокруг Земли, подобно ее естественному спутнику — Луне;
- в) при еще большем увеличении значения скорости и достижении следующего определенного значения  $v_2$  (**вторая космическая скорость**) тело уйдет от Земли так далеко, что сила земного притяжения практически не будет влиять на его движение. Тело начнет обращаться вокруг Солнца, подобно искусственной планете;
- г) наконец, если скорость тела достигнет определенного значения  $v_3$  — (**третья космическая скорость**), то данное тело навсегда уйдет из Солнечной системы в мировое пространство.

Рассмотрим случай, когда тело становится искусственным спутником Земли, т. е. **определим первую космическую скорость  $v_1$** . Найдем эту скорость по второму закону Ньютона из условия, что под действием силы тяготения тело приобретает центростремительное ускорение:

$$G \frac{mM}{R_{\text{орб}}^2} = ma_{\text{ц}}, \quad (1)$$

где  $R_{\text{орб}} = R + h$  — средний радиус орбиты тела,  $R$  — радиус Земли,  $h$  — высота тела над поверхностью Земли,

$M$  — масса Земли,  $m$  — масса тела (спутника).

Для центростремительного ускорения

$$a_{\text{ц}} = \frac{v_1^2}{R_{\text{орб}}} = \frac{v_1^2}{R + h}.$$

Подставляя это выражение в формулу (1), после сокращений получаем:

$$v_1 = \sqrt{G \frac{M}{R + h}}.$$

У поверхности Земли с учетом выражения для ускорения свободного падения  $g = G \frac{M}{R^2}$  можно положить  $h = 0$ . Тогда первая космическая скорость (без учета сопротивления воздуха) равна:

$$v_1 = \sqrt{gR} = \sqrt{9,8 \cdot 6,37 \cdot 10^6} = 7,9 \cdot 10^3 \text{ м/с}. \quad (2)$$

Таким образом, тело, скорость которого равна  $7,9 \cdot 10^3$  м/с и направлена по касательной относительно поверхности Земли, становится искусственным спутником Земли, движущимся по круговой орбите над Землей. В небесной механике первая космическая скорость называется также **круговой скоростью**.

**Вторая космическая скорость** определяется из условия, что тело должно уйти из сферы земного тяготения и стать спутником Солнца. Расчеты дают следующее выражение для определения второй космической скорости (без учета сопротивления воздуха):

$$v_2 = \sqrt{2gR}, \quad (3) \text{ где } R \text{ — радиус Земли.}$$

Используя выражение (2), находим:

$$v_2 = v_1 \sqrt{2}. \quad (4)$$

**Третья космическая скорость**, или **гиперболическая скорость**, — это наименьшая начальная скорость, с которой тело должно преодолеть земное притяжение и выйти на околосолнечную орбиту со скоростью, необходимой для того, чтобы навсегда покинуть пределы Солнечной системы.

Расчеты дают следующую формулу для нахождения величины этой скорости:

$$v_3 = \sqrt{(\sqrt{2} - 1)^2 v^2 + v_2^2}, \quad (5)$$

где  $v \approx 29,8 \cdot 10^3$  м/с — скорость Земли на круговой орбите движения вокруг Солнца.

Подставляя значение второй космической скорости  $v_2$  в (5) и проведя

расчет, получим, что тело должно иметь минимальную скорость  $v_3 \approx 16,7 \cdot 10^3$  м/с, чтобы покинуть пределы Солнечной системы.

На рисунке показаны орбиты космических аппаратов без учета возмущений, т. е. когда аппараты остаются вблизи Земли. Но когда космический аппарат удалится от Земли на значительное расстояние, то на

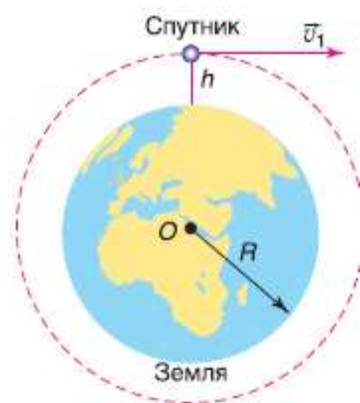


Рис. 45. Движение спутника по круговой орбите

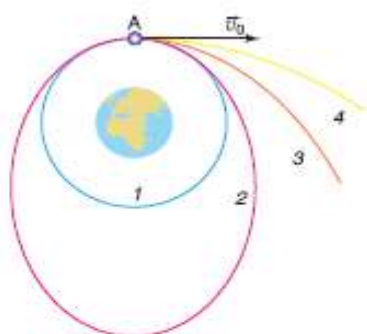


Рис. 47. Формы орбит космических аппаратов:  
1 — круговая; 2 — эллиптическая; 3 — параболическая; 4 — гиперболическая

дальнейшее его движение будет оказывать влияние, прежде всего, притяжение Солнца. Радиус сферы действия Земли принимают равным примерно 930 тыс. км; на границе этой сферы влияние Солнца и Земли на космический аппарат одинаково. Момент достижения границы сферы действия Земли считается моментом выхода космического аппарата на орбиту относительно Солнца.

*Но можно ли это сделать с помощью ракетной техники?*

**Астронавтика** - раздел космонавтики, исследующий проблемы межзвездных полетов. В настоящее время изучает в основном теоретические проблемы механики перелета, поскольку современная наука не располагает сведениями для решения технических вопросов достижения звезд.

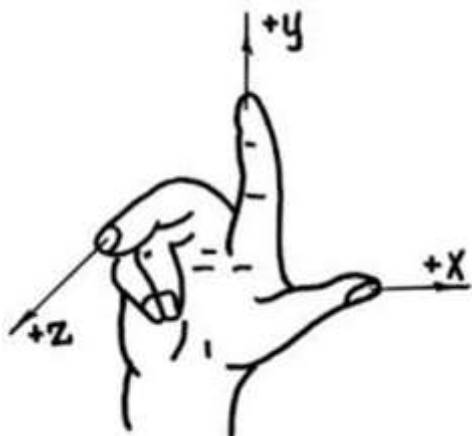
**Астронавтика** - [от греч. astron - звезда и nautikē- (море)плавание]. отрасль, изучающая принципы космических полетов.

**Астронавтика** —

1. В США и некоторых других странах: космонавтика.
2. В фантастике: звездоплавание, путешествия к звездам и планетам. \* \* \* астронавтика то же, что космонавтика

Держу пари, любой из вас знает о существовании теории относительности. Скажу больше, могу поспорить, что в кругу ваших знакомых не найдется ни одного человека, который пусть мимоходом, пусть краем уха, никогда в жизни не слышал если не о Специальной Теории Относительности (СТО) per se, то хотя бы о ее эффектах. Про то, что существует некая полумифическая скорость света, при достижении которой начинаются творятся разные чудеса — замедляется время, укорачиваются расстояния, увеличивается масса и так далее — слышали все.

**Специальная теория относительности (СТО)** (англ. special theory of relativity; частная теория относительности; релятивистская механика) — теория, описывающая преобразование законов движения, законов механики, электродинамики и теории гравитации на основе пространственно-временных отношений в инерциальных системах отсчёта, при скоростях движения, которые могут достигать скорости света



Со временем немного сложнее. Во времени нет никакого "вперед-назад", есть только вперед, но при некой доли фантазии можно себе представить эту самую ось времени как отдельную координату, а при хорошей доли этой самой фантазии, можно даже совместить три оси пространственных координат и одну временную в некую общую сущность пространства-времени. Чтобы не сильно морочить мозг двумерными проекциями четырехмерных пространств, представим себе, что есть только одна пространственная координата, в сумме сразу отвечающая за все три.

Короче, упростим четырехмерное пространство-время до двухмерного, исключительно из-за простоты рисования на

экране.

А теперь представьте, что когда-то давно, возможно в самой начальной точке существования, во время самого Большого Взрыва, каждому телу во Вселенной, каждому электрону, каждому атому, каждой звезде (хоть в момент Большого Взрыва звезд как таковых еще и не было) т.е. говоря научным языком — придал некий "импульс", который я буду называть "изначальным импульсом" или "импульсом Большого Взрыва".

### Постулаты СТО

В основе специальной теории относительности лежат два принципа или постулата, сформулированные Эйнштейном в 1905 г.

1. **Принцип относительности:** все законы природы инвариантны по отношению к переходу от одной инерциальной системы отсчета к другой. Это означает, что во всех инерциальных системах физические законы (не только механические) имеют одинаковую

форму. Таким образом, принцип относительности классической механики обобщается на все процессы природы, в том числе и на электромагнитные. Этот обобщенный принцип называют **принципом относительности Эйнштейна**.

2. **Принцип постоянства скорости света**: скорость света в вакууме не зависит от скорости движения источника света или наблюдателя и одинакова во всех инерциальных системах отсчета. Скорость света в СТО занимает особое положение. Это предельная скорость передачи взаимодействий и сигналов из одной точки пространства в другую

## Эффекты СТО

### Замедление времени

Время в движущейся системе отсчета течет медленнее:

$$t' = t_0 \sqrt{1 - (v/c)^2},$$

где  $t_0$  - промежуток времени между двумя событиями в движущейся со скоростью  $v$  системе отсчета,  $t'$  - промежуток времени между этими же событиями, отсчитываемый в покоящейся системе отсчета.

### Сокращение линейных размеров

Линейные размеры тел в движущейся системе отсчета сокращаются:

$$l' = l_0 \sqrt{1 - (v/c)^2}, \text{ для длины.}$$

$$V' = V_0 \sqrt{1 - (v/c)^2}, \text{ для объема.}$$

Такое сокращение размеров еще называют, Ларинцевыми сокращением.

### «Утяжеление» при движении

Релятивистская масса движущегося объекта больше массы покоя:

$$m' = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}.$$

В сентябре этого года ученые из Швейцарского ЦЕРНа и итальянской лаборатории Гран Сассо обнаружили, что нейтрино могут двигаться со скоростью, превышающей скорость света. Это открытие может перевернуть взгляд на физику – специальная теория относительности Альберта Эйнштейна оказалась бы неверной.

Если эксперименты подтвердят, что субатомные частицы могут двигаться быстрее света, это будет противоречить специальной теории относительности. А это может создавать множество парадоксов. По теории относительности превышение скорости света частицей имеющей массу, делает ее массу бесконечной, и влечет за собой изменение времени. Следовательно, с разрушением теории относительности можно будет рассматривать всеми любимые путешествия во времени и другие вещи, которые считаются фантастическими. Но пока – это все еще теория.

### Вопросы:

1. Зачем нужна космонавтика?
2. Опишите первую, вторую и третью космические скорости.
3. По каким орбитам могут двигаться космические аппараты? Каким геометрическим линиям соответствуют орбиты космических аппаратов для первой, второй и третьей космических скоростей?
4. Какие типы ракет знаете? Какое топливо в них используется?
5. Расскажите об общих проблемах космонавтики.
6. Где и почему выгоднее располагать космодромы: на полюсах или на экваторе Земли?

Скорость увеличивается за счет прибавления окружной скорости космодрома. Окружная скорость космодрома – это скорость его движения вокруг оси Земли, благодаря суточному вращению

планеты. Чем ближе космодром к экватору, тем больше дистанция между ним и земной осью вращения – и тем выше его окружная скорость

## Лабораторная работа №1

### По глобусу Луны

Изучение карты и рельефа луны и больших спутников планет

**Цель работы:** изучить топографию Луны и некоторых больших спутников планет и определить размеры объектов на поверхности.

**Пособия:** фотографическая карта видимого полушария Луны, фотография обратной стороны Луны, списки лунных объектов, фотография полной Луны, фотографии некоторых спутников больших планет, координатная сетка, Астрономический календарь (постоянная часть), персональная ЭВМ.

**Основные теоретические сведения** Лунная поверхность покрыта горами, цирками и кратерами, протяженными горными хребтами, имеет обширные впадины, изрезана глубокими трещинами. Самая обширная впадина называется Океаном Бурь, а остальные — морями. На лунной поверхности зарегистрировано около 200 000 деталей. Главнейшие горные хребты имеют земные названия. Размеры цирков и кратеров различны: от 240 км до метров. Крупные цирки и кратеры названы именами ученых. Изучение лунной поверхности осуществляется по фотографиям и картам, составленным на их основе, к которым прилагаются кальки с начерченными и занумерованными контурами лунных образований и списки их названий под теми же номерами. Детали поверхности спутников Юпитера Ио Европа Ганимед Каллисто Кратер Коперник на Луне. Как правило, фотографии и карты воспроизводят телескопическое (перевернутое) изображение Луны, на котором ее северный полюс находится внизу. **Определение линейных размеров** лунных образований по четким фотографиям не представляет затруднений.

**Обозначим линейный диаметр Луны**, выраженный в км, через  $D^*$ , ее угловой диаметр — через  $D'$  и линейный диаметр ее фотографического изображения в мм — через  $D$ .

Тогда масштабы фотографического снимка будут: линейный масштаб  $\mu = D D^*$ , (1) угловой масштаб  $\mu' = D D'$ . (2)

**Видимый угловой диаметр Луны** изменяется в зависимости от ее параллакса, но при приближенном решении задач его можно принять  $D'=32'$ . Измерив в мм размеры  $d$  лунного объекта на фотографии с известными масштабами, получим угловые  $d'$  и линейные  $d_L$  его размеры  $d d' = \mu$ , (3)  $d d_L = \mu'$ . (4)

Вследствие **шарообразности Луны** вид объектов лунной поверхности, расположенных вне центральной области лунного диска, заметно искажен и это искажение достигает максимальной величины у его краев. Искажению подвержены размеры объектов по всем направлениям, за исключением направления, перпендикулярного к радиусу диска, вдоль которого искажение является наибольшим. Поэтому формулы (3) и (4) применимы только для неискаженных размеров, а для размеров в направлении лунного радиуса применимы формулы:  $d d' \cos \phi = \mu$ , (5)  $d d_L \cos \phi = \mu'$ , (6) где  $\phi$  — угловое расстояние центра объекта от центра лунного диска, определяемое с точностью до  $1^\circ$  по экватору координатной сетки диаметром  $D_c = 100$  мм, которая накладывается на фотографию Луны такого же диаметра так, чтобы экватор сетки прошел через объект и центр данного диска. Если диаметр сетки не соответствует диаметру фотографии Луны, то  $\cos \phi$  может быть найден по наибольшему  $d_m$  и наименьшему  $d_n$  диаметрам цирков и кратеров, расположенных в области измерений, т.к. действительная круглая форма этих образований искажается перспективой в отношении  $d d_n m = \cos \phi$ .

**По известным масштабам  $\mu$  и  $\mu'$**  фотографии полной Луны нетрудно определить масштабы  $\mu_1$  и  $\mu_1'$  фотографии участка лунной поверхности, для чего необходимо отождествить одинаковые объекты и измерить в мм размеры  $d$  и  $d_1$  их изображений на обеих фотографиях. Тогда в масштабе одной фотографии  $d d' = \mu$  и  $d d_L = \mu'$ , а в масштабе другой фотографии  $d_1 d_1' = \mu_1$  и  $d_1 d_{L1} = \mu_1'$ , откуда  $\mu_1 \mu_1' = d d_1$  и  $\mu \mu_1 = d d_1$ . Используя полученные масштабы  $\mu_1$  и  $\mu_1'$ , можно определить угловые и линейные размеры лунных объектов с достаточной точностью.



**Измерение длины l тени** гор позволяет вычислить их высоту H если известна высота Солнца h\* над горизонтом лунной местности в моменты фотографирования, т. к.  $H = l \operatorname{tg} h^*$ . Приближенное значение h\* можно определить по линейному расстоянию dЛ горы от терминатора. Солнечные лучи можно считать параллельными, и поэтому высота Солнца, выраженная в градусах,  $h^* = \sigma$ , где  $\sigma$  — угол при центре Луны между вершиной горы и терминатором; R\* — радиус Луны, а dЛ вычисляются в зависимости от положения горы по формулам (4) и (6). Угол  $\sigma$  может быть непосредственно найден по координатной сетке, наложенной на фотографию Луны, или вычислен по формуле (7) с учетом формулы (6).

Для объектов центральной области лунного диска, расположенных вблизи терминатора, вычисление h\* упрощается, т.к. можно пренебречь искажениями линейных размеров. В этом случае линейное расстояние dЛ горы от терминатора можно выразить через расстояние r от Луны до Земли и видимое с Земли угловое расстояние d' горы от терминатора, и измеряемое на фотографиях лунной поверхности:  $d_{\text{Л}} = r \cdot d'$ , где d' выражено в минутах дуги. Подставляя значение dЛ в формулу (7) и учитывая, что  $r \approx 220 R^*$ , будем иметь:  $h^* = \sigma = 37 \cdot d'$ , где h\* и  $\sigma$  выражены в градусах, а d' — в минутах дуги.

**Другой метод определения лунных гор принадлежит Галилею.** Он основан на том, что вершина горы освещается Солнцем раньше ее подножия и выглядит светлой точкой на темном фоне неосвещенного полушария на некотором расстоянии S от терминатора. Измерив S и зная радиус Луны R\*, можно по теореме Пифагора написать:  $H^2 = R^{*2} - S^2$ , и пренебрегая H<sup>2</sup> в сравнении с 2R\* вычислить высоту горы  $H = \sqrt{R^{*2} - S^2}$ . Положение точек на лунной поверхности определяется селенографическими координатами (от греч. слова Селена — Луна), аналогичными географическим координатам. Селенографическая широта  $\beta$  отсчитывается от лунного экватора и считается положительной в северном полушарии Луны и отрицательной — в южном ее полушарии. Селенографическая долгота отсчитывается по экватору от начального меридиана и считается положительной в сторону видимого западного полушария и отрицательной — в сторону видимого восточного края.



**Отсчет ведется по координатной сетке, накладываемой на фотографию Луны.** Если два объекта имеют координаты  $\lambda_1, \beta_1; \lambda_2, \beta_2$ , то угловое расстояние между ними определяется по теореме косинусов  $\cos \theta = \sin \beta_1 \sin \beta_2 + \cos \beta_1 \cos \beta_2 \cos(\lambda_2 - \lambda_1)$ , а линейное расстояние между ними  $L = R^* \theta$ , где R\* — линейный радиус Луны.

**Образец заданий 1.** Вычислить угловой и линейный масштабы большой фотографической карты видимого полушария Луны и определить угловые и линейные размеры моря, протяженность горного хребта и диаметры двух кратеров.

- Установить названия и определить селенографические координаты объектов, значащихся под номерами:
- Вычислить угловое и линейное расстояние между теми же объектами.
- Отождествить кратеры, значащиеся под номерами:
- Вычислить высоту двух лунных гор, обозначенных на фотографии лунной поверхности числом и буквой:
- Изучить фотографии спутников Юпитера: Ио, Европы, Ганимеда и Каллисто. Сравнить их внешний вид и определить особенности деталей поверхности.
- Сравнить фотографии спутников Юпитера с фотографиями Луны. Определить сходство и различие.

#### **Критерии оценок:**

- «Отлично» — работа выполнена с учетом всех требований, как к ее содержанию, так и оформлению.
- «Хорошо» — работа выполнена и оформлена грамотно и правильно, но в ней встречаются некоторые неточности.
- «Удовлетворительно» — к работе предъявлены 2 – 3 существенных замечания по содержанию и оформлению.

**«Неудовлетворительно»** - работа не выполнена, с учетом всех требований, как к ее содержанию, так и оформлению.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основные источники

1. Воронцов-Вельяминов Б.А., Страут Е.К. Астрономия. Базовый уровень. 11 класс. – М.: Дрофа, 2019
2. Кунаш М. А. Астрономия. 11 класс. Методическое пособие к учебнику Б.А. Воронцова-Вельяминова, Е. К. Страута «Астрономия. Базовый уровень. 11класс» /М. А. Кунаш. – М.: Дрофа, 2018. – 217 с.

### Интернет-ресурсы

4. Астрофизический портал. Новости астрономии. <http://www.afportal.ru/astro>
5. Вокруг света. <http://www.vokrugsveta.ru>
6. Всероссийская олимпиада школьников по астрономии. <http://www.astroolymp.ru>
7. Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга, МГУ. <http://www.sai.msu.ru>
8. Интерактивный гид в мире космоса. <http://spacegid.com>
9. МКС онлайн. <http://mks-onlain.ru>
10. Обсерватория СибГАУ. <http://sky.sibsau.ru/index.php/astronomicheskie-sajty>
11. Общероссийский астрономический портал. <http://астрономия.рф>
12. Репозиторий Вселенной. <http://space-my.ru>
13. Российская 30 , астрономическая сеть. <http://www.astronet.ru>
14. Сезоны года. Вселенная, планеты и звезды. <http://сезоны-года.рф/планеты%20и%20звезды.html>
15. ФГБУН Институт астрономии РАН. <http://www.inasan.ru>
16. Элементы большой науки. Астрономия. <http://elementy.ru/astronomy>