

МИНИСТЕРСТВО СПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
профессиональная образовательная организация  
«Брянское государственное училище (колледж) олимпийского резерва»

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

по дисциплине

# АСТРОНОМИЯ



ЧАСТЬ

## **Дмитроченков А.Е.**

Астрономия. Учебное пособие в 3-х частях Часть I / А.Е. Дмитроченков, ФГБУ ПОО «БГУОР». – Брянск, 2022

Настоящее учебное пособие является переработанным вариантом широко известного учебника Б.А. Воронцова-Вельяминова «Астрономия 11 класс». В нем сохранены структура и методология изложения материала. Пособие образует завершенную предметную линию.

Содержание пособия соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования.

Курс астрономии, изложенный в данном пособии, рекомендуется использовать для обучающихся первого года обучения средних профессиональных учебных заведений, не зависимо от получаемой специальности.

Материал пособия составлен в соответствии с программой курса и предлагает комплексное (теоретическое и практическое) изучение ключевых вопросов миропонимания.

Рассмотрено и утверждено на заседании Методического Совета ФГБУ ПОО «БГУОР»

Протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2022 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

### РАЗДЕЛ 1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ АСТРОНОМИИ

1.1	Что изучает астрономия .....	4
1.2	Структура и масштабы Вселенной .....	6

### РАЗДЕЛ 2. ИССЛЕДОВАНИЕ КОСМОСА И ОКОЛОЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА

2.1	Особенности астрономии .....	9
2.2	Астрономические инструменты. Телескопы .....	11

### РАЗДЕЛ 3. НАБЛЮДЕНИЯ И УСТРОЙСТВО СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

3.1	Система звёздных координат .....	16
3.2	Небесные координаты и звездная карта .....	17
3.3	Видимое движение звезд .....	20
3.4	Годичное движение Солнца по небосводу. Эклиптика .....	21
3.5	Движение и фазы Луны .....	23
3.6	Затмения Солнца и Луны .....	24

## РАЗДЕЛ 1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ АСТРОНОМИИ

### 1.1. ЧТО ИЗУЧАЕТ АСТРОНОМИЯ

**Астрономия** изучает движение, строение, происхождение и развитие небесных тел и их систем.

Знания о светилах ночного неба зародились очень давно, истоки его относятся к каменному веку (VI—III тысячелетия до н. э.). Человека всегда интересовал вопрос о том, как устроен окружающий мир, и какое место он в нем занимает. У большинства народов еще на заре цивилизации существовали космологические мифы (представление о том, как из хаоса возникает порядок, зарождается мир). На протяжении тысячелетий шло постепенное накопление сведений о явлениях, которые происходили вокруг человека.

В процессе жизни человека оказалось, что изменениям в природе сопутствуют изменения вида звездного неба и видимого движения Солнца! И стало понятно, что возможна и обратная связь: изменение вида звездного неба, например, предшествует наступлению какого-то явления.

Высчитать наступление определенного времени года было необходимо для того, чтобы в срок провести сельскохозяйственные работы (посев, уборку урожая). Часто это можно было сделать лишь применением календаря, составленного по многолетним наблюдениям положения и движения Солнца и Луны. Таким образом, необходимость регулярных наблюдений за небесными светилами была обусловлена практическими потребностями счета времени.

Строгая периодичность, свойственная движению небесных светил, лежит в основе счета времени, которые используются до сих пор, — сутки, месяц, год.

Простое созерцание происходящих явлений и их наивное толкование постепенно сменялись попытками объяснения причин наблюдаемых явлений. Когда в Древней Греции (VI в. до н. э.) началось развитие философии как науки о природе, астрономические знания стали неотъемлемой её частью.

Астрономия — единственная наука, которая у греков получила свою музупокровительницу — богиню *Уранию*.



*Приведите самостоятельные примеры периодичности явлений природы, связанных с изменениями, происходящими с небесными объектами*

С самых древних времен астрономия и математика были тесно связаны между собой, и та и другая науки занимаются точными измерениями. Вы, вероятно, знаете, что в переводе с греческого название геометрии — означает «землемерие».

Астрономические наблюдения и измерения начали проводиться весьма давно. Вы никогда не задумывались: почему мы считаем, что в окружности  $360^\circ$ , а не больше или не меньше? Дело в том, что ставшее сегодня совершенно естественным деление окружности на  $360^\circ$  имеет древнее астрономическое происхождение. Оно возникло тогда, когда считалось, что продолжительность года равна 360 суткам, а Солнце в своем движении вокруг Земли каждые сутки делает один шаг — поворачивается на  $1^\circ$ .

Астрономические наблюдения издавна позволяли людям ориентироваться в незнакомой местности и на море. Развитие астрономических методов определения координат в XV—XVII вв. в немалой степени было обусловлено развитием

мореплавания и поисками новых торговых путей. Составление географических карт, уточнение формы и размеров Земли на долгое время стало одной из главных задач, которые решала практическая астрономия. Искусство прокладывать путь по наблюдениям за небесными светилами, получившее название навигация, сначала использовалось в мореходном деле, затем в авиации, а теперь и в космонавтике.

Вопрос о положении Земли во Вселенной, о том, неподвижна она или движется вокруг Солнца, в XVI—XVII вв. приобрел важное значение как для астрономии, так и для миропонимания. Созданная польским астрономом *Николаем Коперником* **гелиоцентрическая** система мира, пришла на смену **геоцентрической** системе мира *Птолемея* и явилось не только важным шагом в решении этой научной проблемы, но и способствовало изменению стиля научного мышления, открыв новый путь к пониманию происходящих явлений.



Объясните, как вы понимаете понятия:

- геоцентрическая система мира

- гелиоцентрическая система мира

Астрономические наблюдения за движением небесных тел и необходимость заранее выделять их расположение сыграли важную роль в развитии не только математики, но и очень важного для практической деятельности человека раздела физики — *механики*.

Выросшие из единой когда-то науки о природе — философии — астрономия, математика и физика никогда не теряли тесной связи между собой. Взаимосвязь этих наук нашла отражение в деятельности многих ученых.

Далеко не случайно, например, что *Галилео Галилей* и *Исаак Ньютон* известны своими трудами и в физике, и в астрономии. Сформулированный Ньютоном в конце XVII в. **закон всемирного тяготения** открыл возможность применения математических методов для изучения движения планет и других тел Солнечной системы. Постоянное совершенствование способов расчета на протяжении XVII в. вывело эту часть астрономии — *небесную механику* — на первый план среди других наук той эпохи.



*Небесная механика* — это раздел астрономии, применяющий законы механики для изучения и вычисления движения небесных тел, в первую очередь Солнечной системы (Луны, планет и их спутников, комет, малых тел).

Много раз в истории развития науки отдельные мыслители пытались ограничить возможности познания Вселенной, утверждая, что её невозможно постичь умом человека.

Пожалуй, последняя такая попытка случилась в XIX веке: «*Мы можем измерить форму, расстояние, размеры и движение планет и звезд, но никогда, никакими способами мы не сможем изучить их химический состав*» - это сказал ученый (!) *Огюст Конт*.

Однако вскоре произошло открытие **спектрального анализа** и сегодня астрофизики уже абсолютно точно могут ответить на вопрос о химическом составе звезд, удаленных на громадные расстояния.



Объясните, что такое спектр, какова его природа и значение?

В XX в., особенно во второй его половине, достижения астрономии снова, как и во времена Коперника, привели к серьезным изменениям в научной картине мира, к становлению представлений об эволюции Вселенной. Эти представления составляют основу современной *космологии*.

---

*Оказалось, что Вселенная, в которой мы сегодня живем, несколько миллиардов лет тому назад была совершенно иной — в ней не существовало ни галактик, ни звезд, ни планет. Для того чтобы объяснить процессы, происходившие на начальной стадии ее развития, понадобился весь арсенал современной теоретической физики, включая теорию относительности, атомную физику, квантовую физику и физику элементарных частиц.*

---

События, которые произошли в науке за последние десятилетия, показали, что неразрывная связь, существующая между астрономией и физикой, позволяет успешно решать многие проблемы, волнующие человечество. Далеко не случайно, что в первые годы XXI в. три Нобелевских премии по физике были присуждены ученым за исследования по астрофизике и космологии.

Развитие ракетной техники позволило человечеству выйти в космическое пространство. С одной стороны, это существенно расширило возможности исследования всех объектов, находящихся за пределами Земли, и привело к новому подъему в развитии небесной механики, которая успешно осуществляет расчеты орбит космических аппаратов различного назначения. С другой стороны, методы дистанционного исследования, пришедшие из астрофизики, ныне широко применяются при изучении нашей планеты с искусственных спутников и орбитальных станций.

Результаты исследований тел Солнечной системы позволяют лучше понять глобальные, в том числе эволюционные, процессы, происходящие на Земле.

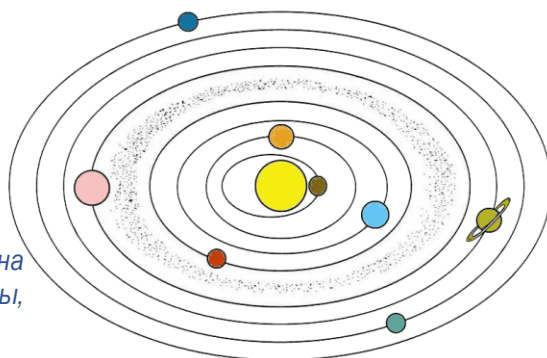
Вступив в космическую эру своего существования и готовясь к полетам на другие планеты, человечество не вправе забывать о Земле и должно в полной мере осознать необходимость сохранения ее уникальной природы.

## 1.2. СТРУКТУРА И МАСШТАБЫ ВСЕЛЕННОЙ

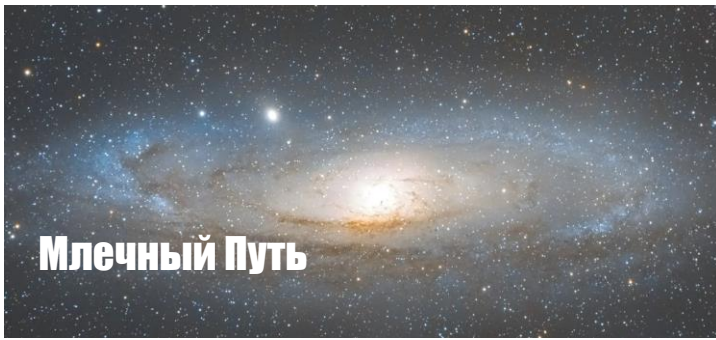
Вы уже знаете, что наша Земля со своим спутником Луной, другие планеты и их спутники, кометы и малые планеты обращаются вокруг Солнца, что все эти тела составляют *Солнечную систему*.



*Назовите планеты Солнечной системы на предложенной схеме. Как называются объекты, расположенные между орбитами Марса и Юпитера*



В свою очередь, Солнце и все другие звезды, видимые на небе, входят в огромную звездную систему — *галактику* под названием *Млечный Путь*.



Самая близкая к Солнечной системе звезда находится так далеко, что свет, который распространяется со скоростью 300 000 км/с, летит от нее до Земли более четырех лет.

Звезды являются наиболее распространенным типом небесных тел, в одной только нашей Галактике их насчитывается несколько сотен миллиардов. Площадь этой звездной системы, так велика, что свету потребуется 100 тыс. лет, что бы пересечь её из конца в конец.

Во Вселенной существует множество других галактик, подобных нашей. Именно расположение и движение галактик определяет строение и структуру Вселенной и целом.



Галактики очень далеки друг от друга. Невооруженным глазом мы можем видеть лишь три ближайшие к Солнечной системе: две — в Южном полушарии, а с территории России всего одну — галактику Андромеды.

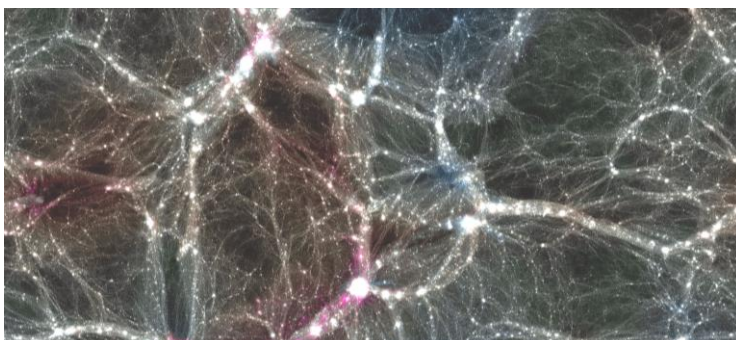


*Вычислите расстояние в километрах:  
- от Земли до Солнца, если свету требуется 8 минут, что бы достигнуть Земли*



Около 100 галактик объединены в т.н. «Местную группу» — гравитационно связанную общность.

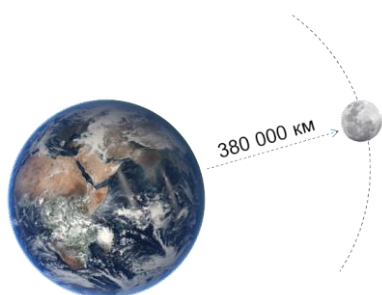
Большинство галактик во Вселенной состоит именно в таких относительно небольших группах, которые, в свою очередь объединяются в сверхскопления.



Сверхскопления и местные группы составляют структуру, напоминающую гигантскую паутину, в которой «нити» - это вещество, а темные области – пустоты. От наиболее удаленных галактик свету с его колоссальной скоростью требуется около 13 млрд лет, что бы достигнуть Земли.

Вакуум космического пространства вовсе не означает пустоту! Всё это, как казалось бы, «пустое» пространство заполнено электромагнитным излучением, гравитационными и магнитными полями. К тому же между звездами в галактиках и между галактиками находится очень разреженное вещество в виде газа, пыли, отдельных молекул, атомарных ядер и элементарных частиц.

Значительная часть вещества звезд и галактик находится в таких условиях, создать которые в земных лабораториях просто невозможно. Здесь действуют гигантские температуры от минус  $273^{\circ}\text{C}$  в межзвездном пространстве (температура т.н. «абсолютного нуля») до сотен миллионов градусов в недрах звезд; а так же давление в сотни миллионов атмосфер, чудовищное электромагнитное напряжение, убийственная радиация и магнитные поля.



Как известно, расстояние до ближайшего к Земле небесного тела — Луны составляет примерно 380 000 км. Луна появилась около 4,5 млрд лет назад, немного позже Земли. Наиболее популярна гипотеза о том, что Луна сформировалась из осколков, оставшихся после столкновения Земли и Тейи — планеты, схожей по размерам с Марсом. На сегодняшний день Луна является единственным внеземным астрономическим объектом, на котором побывал человек.

Наиболее удаленные объекты располагаются от нас на расстоянии, которое превышает расстояние до Луны более чем в  $10^{16}$  раз. Попробуем представить размеры небесных тел и расстояния между ними во Вселенной, воспользовавшись школьным глобусом Земли, который примерно в 50 млн. раз меньше нашей планеты.

В этом случае мы должны изобразить Луну шариком диаметром примерно 7 см, находящимся от глобуса на расстоянии около 7,5 м.

Модель Солнца будет иметь диаметр 28 м и находиться на расстоянии 3 км, а модель Нептуна — самой далекой планеты Солнечной системы — будет удалена от нас на 90 км.

Ближайшая к нам звезда при таком масштабе модели будет располагаться на расстоянии примерно 800 000 км.

---

### **Вопросы для закрепления**

1. *Что изучает астрономия?*
2. *Каким образом наблюдения за ночным небосводом связаны с хозяйственной деятельностью человека?*
3. *Как связаны астрономия и математика?*
4. *Геоцентрическая и гелиоцентрическая системы мира, в чем между ними разница?*
5. *Какая из двух систем появилась раньше? Почему?*
6. *Что такое небесная механика?*
7. *Учитывая огромную сложность устройства Вселенной, можно ли утверждать, что познать ее невозможно?*
8. *Опишите структуру и тела Солнечной системы*
9. *Основные структуры ближнего и дальнего космоса*
10. *Каковы оценочные масштабы Вселенной*



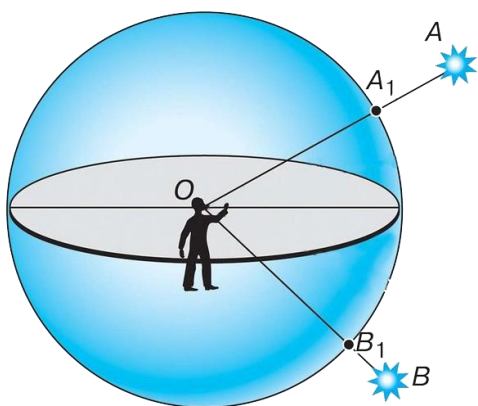
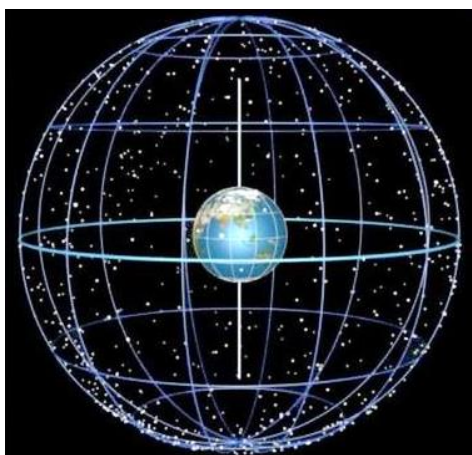
## РАЗДЕЛ 2. ИССЛЕДОВАНИЕ КОСМОСА И ОКОЛОЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА

### 2.1. ОСОБЕННОСТИ АСТРОНОМИИ

*Первая особенность* астрономии в том, что основным источником информации для ученых являются *наблюдения*. Это отличает ее от других наук (например, физики или химии), где значительную роль играют опыты, эксперименты.

*Вторая особенность* объясняется значительной продолжительностью изучаемых явлений (миллионы и миллиарды лет). Поэтому непосредственно наблюдать происходящие изменения невозможно.

*Третья особенность* обусловлена необходимостью указать положение небесных тел в пространстве (их координаты) и невозможностью различить, какое из них находится ближе, а какое дальше от нас.



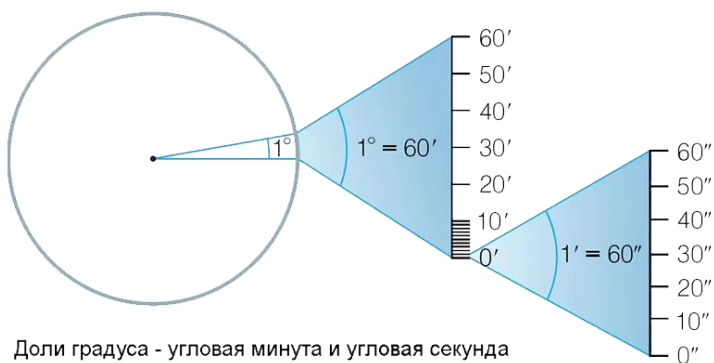
Расстояния между звездами на небесной сфере принято выражать в угловых размерах, то есть в градусах. Угловой размер является величиной центрального угла между мысленными лучами, направленными на объект.

Так, в окружности -  $360^\circ$ ,  $1^\circ = 60$  минут ( $60'$ ),  $1' = 60$  секунд ( $60''$ ). Таким образом  $1^\circ = 60 \times 60 = 3600''$

На первый взгляд все наблюдаемые светила кажутся нам одинаково далекими, хотя это далеко не так. Для визуализации звездного неба издревле люди пользовались таким приемом, как создание мысленной *модели небесной сферы*. Представлением о небесной сфере удобно пользоваться и теперь, хотя мы знаем, что она существует лишь в воображении.

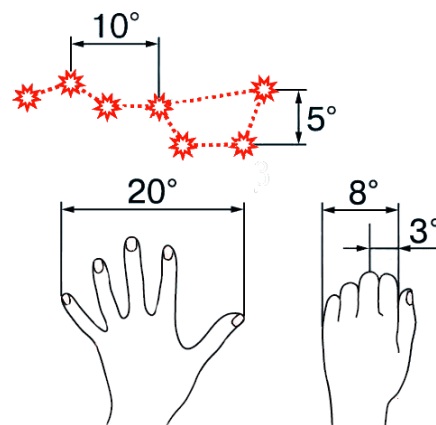
Построим мысленно небесную сферу и поместим в ее центре наблюдателя. Теперь проведем от наблюдателя луч по направлению к звезде А. Точку, где наш луч пересечет поверхность сферы, мы обозначим  $A_1$ .

Для обозначения звезды В также нанесем точку  $B_1$ . Если мы повторим подобную операцию для всех видимых звезд и перенесем нашу схему на плоскость, то получим карту звездного неба с обозначением всех наблюдаемых звезд.



Доли градуса - угловая минута и угловая секунда

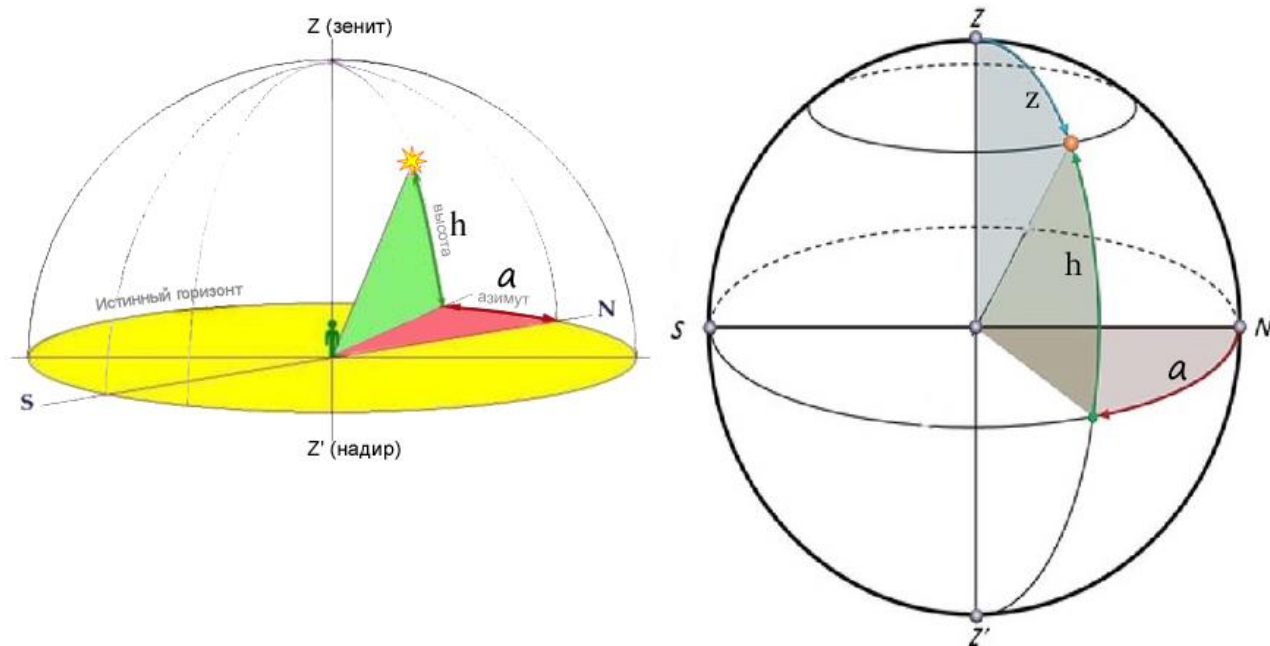
Для приближенной оценки угловых расстояний на небе полезно запомнить такие данные: угловое расстояние между двумя крайними звездами ковша Большой Медведицы составляет около  $5^\circ$ , а от ос Большой Медведицы до а Малой Медведицы (Полярной звезды) — примерно  $25^\circ$ .



Простейшие глазомерные оценки угловых расстояний вы можете провести с помощью пальцев вытянутой руки (рис.)

Зная же угловой размер объекта, можно вычислить его линейные размеры, используя тригонометрические построения и «решение треугольников»

Только два светила — Солнце и Луну — мы видим как диски. Угловые диаметры этих дисков почти одинаковы — около  $30'$  ( $0,5^\circ$ ). Угловые размеры планет и звезд значительно меньше, поэтому мы их видим просто как светящиеся точки. Для невооруженного глаза объект не выглядит точкой в том случае, если его угловые размеры превышают  $2\text{—}3'$ .



Чтобы отыскать на небе объект, надо указать, в какой стороне горизонта и как высоко над ним он находится. С этой целью используется *система горизонтальных координат* — *азимут* и *высота*.

Для наблюдателя, находящегося в любой точке Земли, нетрудно определить вертикальное и горизонтальное направления. Первое из них определяется отвесной линией  $Z\text{-}Z'$  проходящей через центр сферы. Точка  $Z$ , расположенная прямо над головой наблюдателя, называется *зенит*, противоположная ей точка сферы  $Z'$  — называется *надир*.

Плоскость, которая проходит через центр сферы перпендикулярно отвесной линии, образует при пересечении со сферой окружность — *истинный*, или *математический*, *горизонт*.

*Высота* объекта выражается длиной дуги от горизонта до объекта. Эту дугу и соответствующий ей угол принято обозначать буквой  $h$ . Высота светила, которое находится в зените, равна  $90^\circ$ , на горизонте —  $0^\circ$ .

Положение светила относительно сторон горизонта указывает его вторая координата — *азимут*, обозначаемый буквой  $a$ . Азимут точки юга равен  $0^\circ$ , точки запада —  $90^\circ$  и т. д.



*Начертите в тетради полную схему небесной сферы, нанеся на нее основные точки: - стороны света, зенит, надир, истинный горизонт; Нанесите небесный объект  $h=45^\circ$   $a=60^\circ$*

## 2.2. АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ. ТЕЛЕСКОПЫ

Законы Вселенной таковы, что любая информация в ней может быть перемещена от одного объекта к другому с помощью некоего носителя информации.



Это проще представить в виде почтальона, который является посредником в доставке информации от отправителя информации к ее получателю.

Что же может выступать в роли «вселенского почтальона», доставляющего информацию наблюдателю Вселенной? Сведения о том, что происходит за пределами Земли в космическом пространстве, ученые получают главным образом на основе приходящего от этих объектов света и других видов излучения, которое и является носителем и распространителем информации. Перемещаясь во все стороны бескрайнего пространства, видимый свет и невидимые глазом, но вполне материальные излучения несут потоки зашифрованной информации, которую можно наблюдать, измерять и обрабатывать.



*Важно понимать, что глядя на звездное небо, мы видим лишь прошлое Вселенной. Родившаяся звезда на протяжении миллиардов лет каждую секунду «шлет» в космос колоссальный поток излучения, несущий зашифрованную информацию о светиле (о его местоположении, температуре, давлении недр, о химическом составе, о скорости перемещения и т.д.). И как бы долго звезда не существовала, через несколько миллиардов лет она неизбежно погаснет и поток информации прекратится. Но расстояния во Вселенной настолько велики, что даже фотонам света с их колоссальной скоростью в 300 000 км/с, требуются миллионы и миллиарды лет, чтобы преодолеть гигантское пространство и донести поток излучения до наблюдателя.*

*Однако поток излучения, однажды оторвавшийся от своего источника, продолжит путешествовать в пространстве фактически бесконечно, пока не иссякнет. Именно поэтому глядя в небеса мы «принимаем» информацию о состоянии объекта, которое было у него много лет назад. Возможно самого объекта уже давно не существует, а его излучение еще продолжает лететь в пространстве.*

Основным инструментом астрономических исследований являются телескопы (оптические и радиотелескопы). Термин телескоп произошёл от двух греческих слов, которые в переводе означают «далеко» и «смотрю».

Все оптические телескопы можно классифицировать по трем категориям:

- рефракторы (линзовые телескопы)
- рефлекторы (зеркальные телескопы)
- катадиоптрики (зеркально-линзовые телескопы)



Принцип действия оптического телескопа зависит от его типа, однако все они ориентированы на то, чтобы собрать как можно больше света, приходящего от небесных светил и сконцентрировать световые лучи в приемнике.

Чем более слабые объекты дает возможность увидеть телескоп, тем больше его *проницающая сила*. Возможность различать мелкие детали характеризует *разрешающую способность* телескопа. Эти характеристики телескопа зависят от величины диаметра его объектива.

Казалось бы, а почему бы не сделать размер объектива огромным – может быть тогда мы сможем заглянуть максимально далеко в пространство? Однако чем больше объектив, тем значительнее искажение, которое он неизбежно создает. Поэтому в создании астрономических инструментов хороша «золотая середина». Отливка, шлифовка и калибровка оптических линз – одна из самых скрупулёзных, затратных и долговременных процедур.

Даваемое телескопом увеличение вычисляется по следующей формуле:

$$\Gamma = F/f$$

F - фокусное расстояние объектива

f - фокусное расстояние окуляра



Вспомните из курса физики, что такое «фокусное расстояние».

## Космический телескоп Хаббл

Знаменитый телескоп размещенный на околоземной орбите, которому было присвоено имя выдающегося астронома XX века Эдвина Хаббла был запущен в 1990 году.



Размещение телескопа в космосе даёт возможность регистрировать электромагнитное излучение в диапазонах, в которых земная атмосфера непрозрачна; в первую очередь — в инфракрасном диапазоне.

Благодаря отсутствию влияния атмосферы разрешающая способность телескопа в 7—10 раз больше, чем у аналогичного телескопа, расположенного на Земле.

За 15 лет работы на околоземной орбите «Хаббл» получил более 1 млн изображений звёзд, туманностей, галактик, планет. Поток ежеднев-

ных данных составляет 500 Гб. Общий их объём, накопленный за всё время работы телескопа, на 2018 год превысило 80 терабайт.



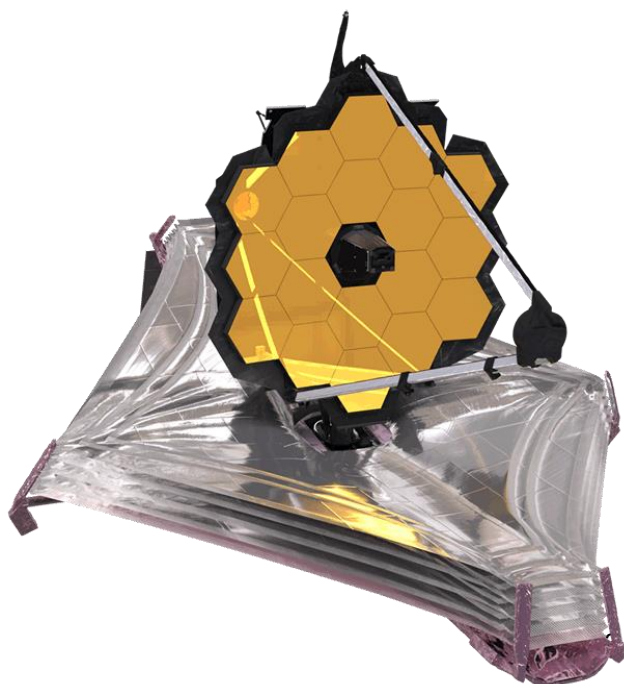
*Используя интернет - ресурс Википедии познакомьтесь с информацией о наиболее значимых наблюдениях телескопа Хаббл.*

## Космический телескоп James Web

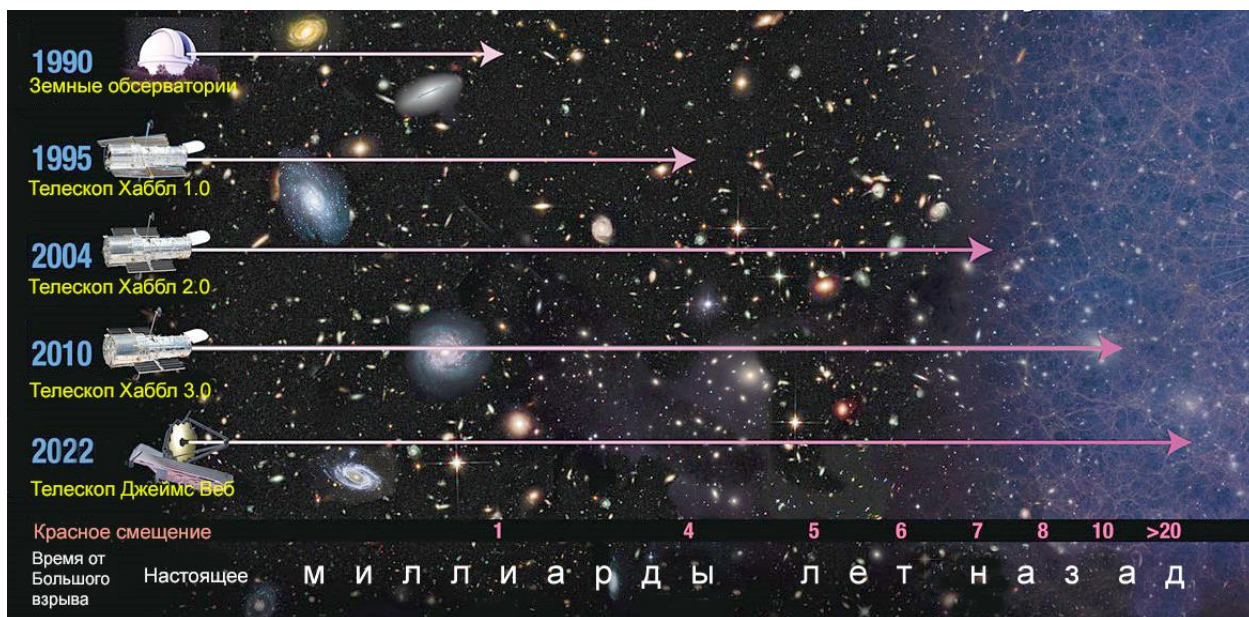
Самый крупный космический телескоп с зеркалом диаметром 6,5 метра из когда-либо запущенных человечеством. Это даёт телескопу площадь сбора света примерно в 5,6 раза больше,

чем у телескопа Хаббл. В отличие от Хаббла, который ведёт наблюдения в ближнем ультрафиолетовом, видимом и ближнем инфракрасном спектрах, телескоп «Джеймс Вэб» ведёт наблюдения в более низком диапазоне частот, от длинноволнового видимого света (красный) до среднего инфракрасного.

Это позволяет ему наблюдать наиболее далёкие объекты во Вселенной, первые галактики и звёзды во Вселенной.



Телескоп размещён в точке Лагранжа L2 системы Солнце — Земля, в 1,5 млн км от Земли. Разрешающая способность телескопа в 10 раз больше, чем у земных телескопов.



## Радиотелескопы

Радиотелескоп - астрономический инструмент для приёма радиоизлучения небесных объектов и исследования их характеристик, таких как: координаты, пространственная структура, интенсивность излучения, спектр и поляризация.



По диапазону частот радиотелескопы могут исследовать тепловое излучение объектов, видимое, ультрафиолетовое, рентгеновское и гамма-излучение.

Радиотелескопы располагают, как правило, далеко от больших населённых пунктов, чтобы максимально уменьшить электромагнитные помехи от радиостанций, телевидения, радаров и других излучающих устройств.

## Сферический радиотелескоп (FAST).

FAST - крупнейшая китайская космическая обсерватория. Представляет собой антенну диаметром 500 м, которая составлена из 4450 треугольных алюминиевых панелей. Расположена в горах. На строительство телескопа потребовалось 5 лет и \$180 млн.



В настоящий момент задачей телескопа является поиск *экзопланет*, расположенных на расстоянии 100 световых лет от Солнца и обладающих магнитным полем.

Радиоастрономия существенно расширяет возможности традиционных оптических наблюдений.



*Найдите определение понятия «экзопланета». Подготовьте короткий доклад о том, что известно ученым об экзопланетах на сегодняшний день?*

### **Вопросы для закрепления**

1. *Перечислите известные вам особенности астрономических знаний*
2. *В каких единицах измеряются расстояния на небесной сфере?*
3. *Чему равен  $1^\circ$  в минутах и секундах дуги?*
4. *Что такое «высота» и «азимут» в горизонтальной системе координат?*
5. *Какие названия носят точки и плоскости небесной сферы?*
6. *Что является основным носителем информации во Вселенной?*
7. *Как объяснить утверждение, что глядя на звезды мы видим лишь прошлое состояние Вселенной?*
8. *Какой инструмент (инструменты) являются основными для изучения астрономии?*
9. *Объясните принцип действия линзового телескопа.*
10. *Назовите наиболее известные телескопы современности.*
11. *В честь кого назван космический телескоп Хаббл?*
12. *Что такое точка Лагранжа?*
13. *Насколько далеко вглубь Вселенной удалось заглянуть астрономам на сегодняшний день?*
14. *В чем особенности работы радиотелескопов?*
15. *Что такое экзопланеты?*

## РАЗДЕЛ 3. НАБЛЮДЕНИЯ И УСТРОЙСТВО СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

### 3.1. СИСТЕМА ЗВЁЗДНЫХ КООРДИНАТ

Вероятно, еще в глубокой древности люди, стремясь разобраться во множестве звезд и запомнить их расположение, мысленно объединяли их в определенные фигуры. Многие характерные «звездные фигуры» уже в глубокой древности получили имена героев легенд и мифов. Так появились на небе Геркулес, Персей, Орион, Андромеда и т. д.

В наши дни созвездиями называют определенные участки звездного неба (88 наименований), разделенные между собой мысленными границами. Среди всех созвездий известное каждому Большая Медведица — одно из самых узнаваемых.

Все звезды, видимые на небе невооруженным глазом разделены на **шесть величин**.

Самые яркие (около 20) стали считать звездами *первой звездной величины*.

Чем слабее звезда, тем больше ее звездная величина. Наиболее слабые, едва различимые невооруженным глазом — это звезды 6-й величины.

Звезды в созвездии обозначаются буквами греческого алфавита в порядке убывания их яркости: **α** (альфа), **β** (бета), **γ** (гамма), **δ** (дельта) и т. д.

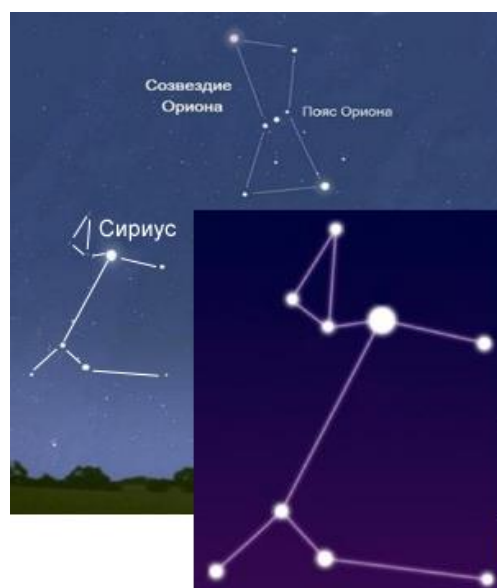


Найдите название **α**, **β**, **γ** звезд созвездия Большая Медведица и название **α** созвездия Малая Медведица

Некоторые звезды получили собственные имена (арабского или греческого языка). Так, например, **δ** Большой Медведицы носит имя *Мицар*, что по-арабски означает «конь». Эта звезда 2-й величины. Если у вас отличное зрение, то рядом с этой звездой можно увидеть более слабую звездочку 4-й величины — *Алькор* - «всадник».

Согласно легенде в Древнем Египте по этой звезде проверяли остроту зрения у воинов, набираемых в армию фараона.

Самой яркой из видимых звезд ночного неба считается **α** созвездия Большой Пёс — звезда *Сириус*.



С изобретением телескопа ученые получили возможность увидеть более слабые звезды, от которых приходит света гораздо меньше, чем от звезд 6-й величины.



### 3.2. НЕБЕСНЫЕ КООРДИНАТЫ И ЗВЕЗДНАЯ КАРТА

Невооруженным глазом на всем небе можно видеть примерно 6000 звезд, но мы видим лишь половину из них, потому что другую половину звездного неба закрывает от нас Земля. Вследствие её вращения вид звездного неба меняется. Одни звезды только еще появляются из-за горизонта (восходят) в восточной его части, другие в это время находятся высоко над головой, а третьи уже скрываются за горизонтом в западной стороне (заходят).

#### Зимнее небо



#### Весеннее небо

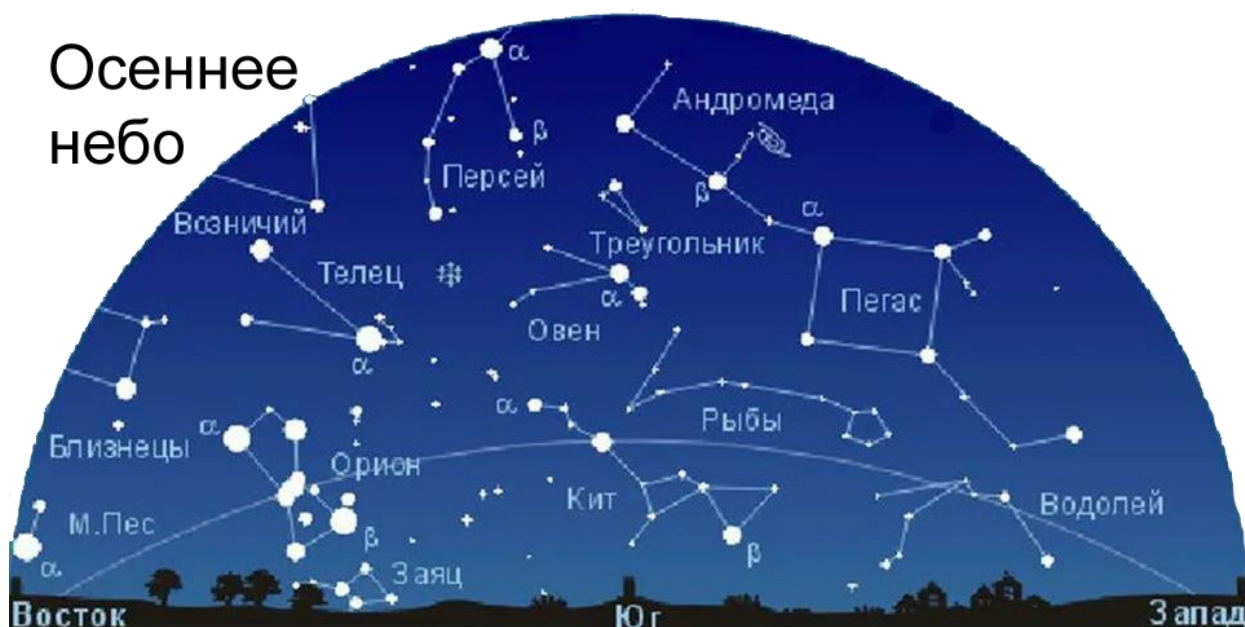


При этом нам кажется, что звездное небо вращается как единое целое. Однако вращение небосвода — явление кажущееся, на самом деле вращается Земля.

## Летнее небо



## Осеннее небо



Внимательно рассмотрите и постарайтесь запомнить наиболее крупные созвездия:

**Зимний небосвод:** Орион, Близнецы, Большой Лев, Большой Пес, Возничий

**Весенний небосвод:** Волопас, Дева, Гидра

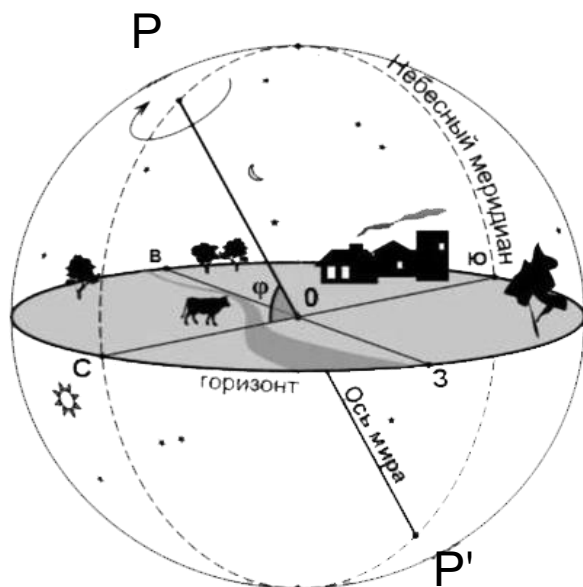
**Летний небосвод:** Лебедь, Лира, Орел, Геркулес, Змееносец, Козерог

**Осенний небосвод:** Персей, Андромеда, Пегас, Рыбы, Водолей, Телец

Найдите и выпишите в тетрадь  $\alpha$  каждого из указанных созвездий

Для указания положения светил на небе используют систему координат, аналогичную той, которая используется в географии — *систему экваториальных координат*.

Как известно, положение любого пункта на земном шаре можно указать с помощью географических координат — *широты* и *долготы*. Так, например, Брянск имеет следующие координаты:  $53^{\circ}15'$  с.ш.  $34^{\circ}22'$  в.д.



Нечто похожее на географические координаты существует и для небосвода. Проведем через центр небесной сферы (рис) линию, параллельную оси вращения Земли, — *ось мира*.

Она пересечет небесную сферу в двух диаметрально противоположных точках, которые называются *полюсами мира*, — *P* и *P'*.

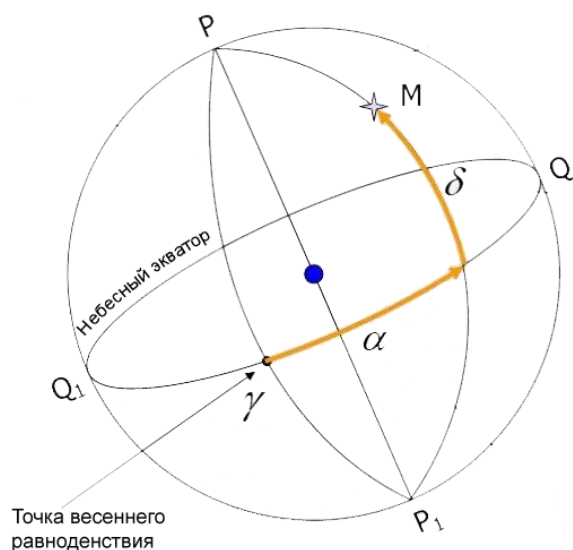
Ось мира наклонена к плоскости земного экватора примерно на  $23^{\circ}26'14''$ . Северным полюсом мира называют точку, вблизи которой находится Полярная звезда.

Плоскость, перпендикулярная оси мира в центре сферы образует окружность, называемую *небесным экватором*.

Небесный экватор (подобно земному) делит небесную сферу на два полушария: Северное и Южное.

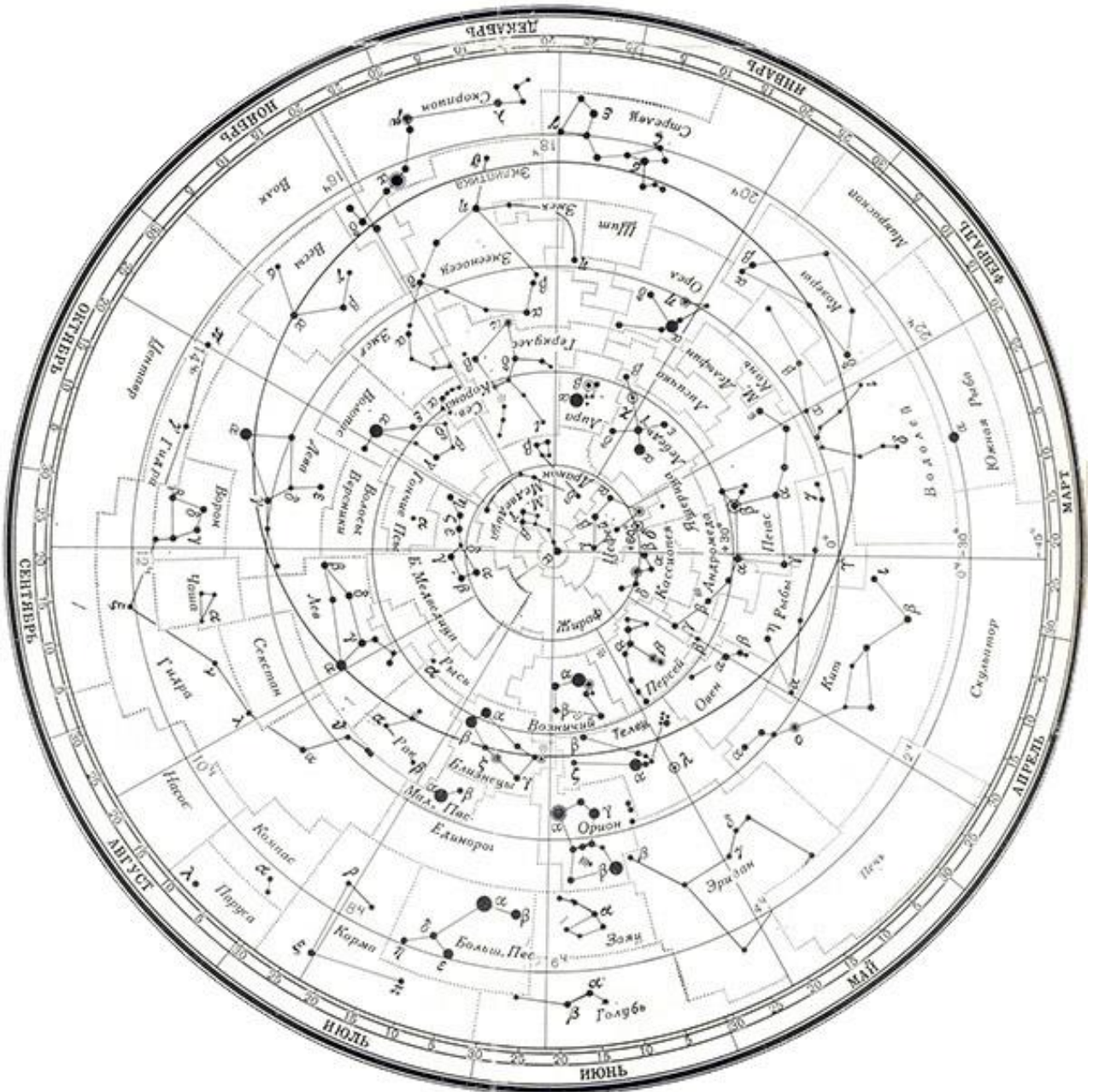
Расстояние звезды от небесного экватора называется *склонением*, которое обозначается буквой  $\delta$ . Склонение аналогично географической широте. Склонение считается положительным у звезд северного полушария и отрицательным — у звезд южного полушария.

Вторая координата, которая указывает положение звезды, аналогична географической долготе. Она называется *прямое восхождение* и обозначается буквой  $\alpha$ . Оно отсчитывается по небесному экватору от точки весеннего равноденствия  $\gamma$  и ведется против часовой стрелки в часах (от 0 до 23 ч).



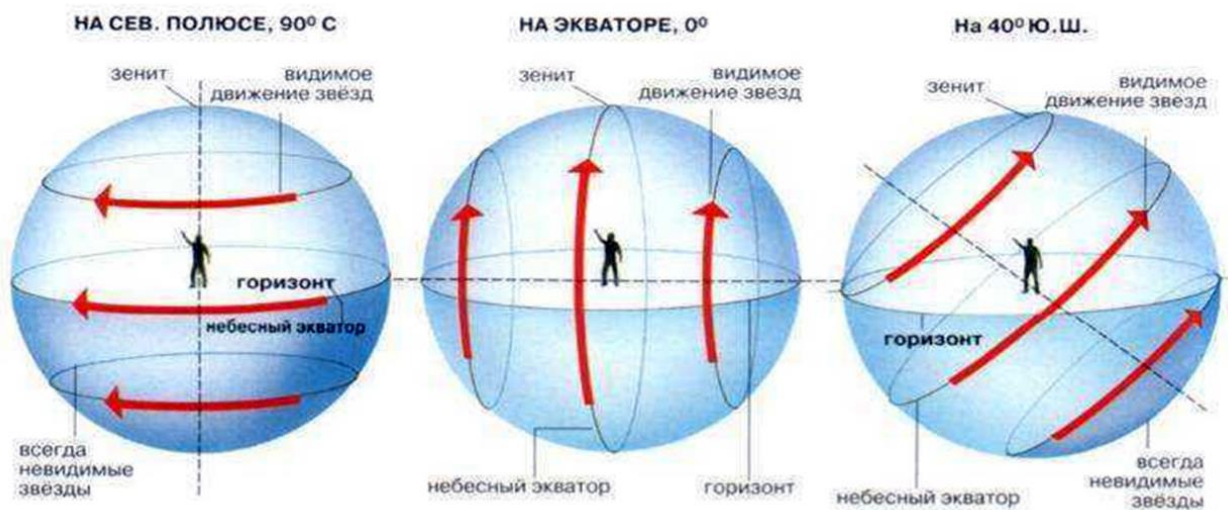
Принцип создания карты звездного неба весьма прост. Обычно на звездной карте изображаются не только звезды, но и сетка экваториальных координат.

В центре нашей звездной карты будет располагаться северный полюс мира, рядом с ним Полярная звезда, чуть дальше остальные звезды Малой Медведицы, а также звезды Большой Медведицы и других созвездий, которые находятся неподалеку от полюса мира. Сетка экваториальных координат представлена на карте радиально расходящимися от центра лучами и концентрическими окружностями. На краю карты против каждого луча написаны числа, обозначающие прямое восхождение (от 0 до 23 ч). Склонение отсчитывается по окружности, которая изображает небесный экватор и имеет обозначение  $0^{\circ}$ . Остальные окружности также имеют оцифровку, которая показывает, какое склонение имеет объект, расположенный на этой окружности. В зависимости от звездной величины звезды изображают на карте кружками различного диаметра. Те из них, которые образуют характерные фигуры созвездий, соединены сплошными линиями. Границы созвездий обозначены пунктиром.



### 3.3. ВИДИМОЕ ДВИЖЕНИЕ ЗВЕЗД

В зависимости от места наблюдателя на Земле меняется вид звездного неба и характер суточного движения звезд.



Проще всего разобраться как происходит суточное вращение звезд на полюсах Земли. Полюс— такое место, где ось мира совпадает с отвесной линией, а небесный экватор — с горизонтом. Для наблюдателя, находящегося на Северном полюсе, Полярная звезда видна близ зенита. Двигаясь вследствие вращения Земли параллельно небесному экватору, звезды остаются на неизменной высоте над горизонтом, не восходят и не заходят.

В средних широтах высота Полярной звезды над горизонтом будет постепенно уменьшаться, одновременно угол между плоскостями горизонта и небесного экватора будет увеличиваться. Как видно из рисунка, в средних широтах лишь часть звезд Северного полушария неба никогда не заходит. Все остальные звезды восходят и заходят над горизонтом.

Наивысшую точку орбиты звезды над горизонтом называют *кульминацией звезды*.



*Используя карту звездного неба, постарайтесь определить, какие звезды, наблюдаемые ночью в вашем регионе не будут заходить за горизонт?*

### 3.4. ГОДИЧНОЕ ДВИЖЕНИЕ СОЛНЦА ПО НЕБОСВОДУ. ЭКЛИПТИКА

Еще в глубокой древности, наблюдая за Солнцем, люди обнаружили, что его полуденная высота в течение года меняется. На основе этих наблюдений был сделан вывод о том, что Солнце перемещается по небу, переходя из одного созвездия в другое, и завершает полный оборот в течение года. Круг небесной сферы, по которому происходит видимое годичное движение Солнца, назвали *эклиптикой*.



Полуденная высота Солнца  
в течение года



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

Полуденная высота Солнца – это максимальная высота Солнца над горизонтом в полдень, то есть момент времени, когда Солнце проходит через небесный меридиан и находится над точкой юга.

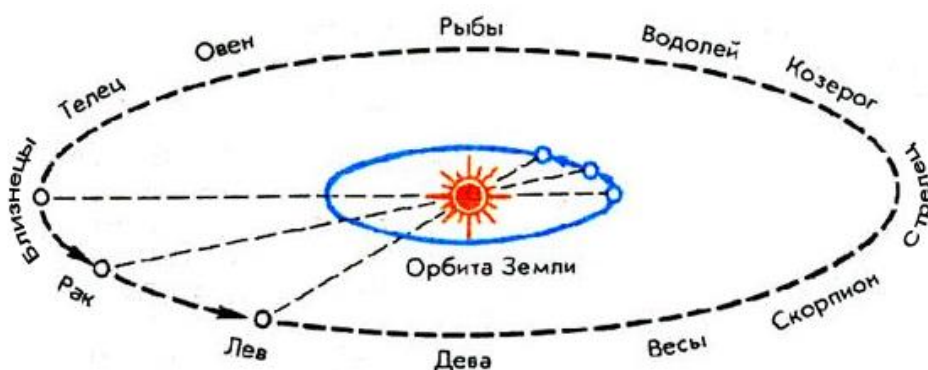
Что бы найти полуденную высоту ( $h$ ) воспользуйтесь формулой, где  $\varphi$  — широта места,  $\delta$  — склонение солнца.

Летом полуденная высота его для Северного полушария увеличивается на  $23^\circ 27'$  (угол наклона земной оси). А зимой полуденная высота его для Северного полушария уменьшается на  $23^\circ 27'$ , т. е.  $\delta = -23^\circ 27'$ . Во все остальные дни нужно знать, на сколько и в сторону какого полушария склонилось Солнце, то есть на какой широте оно в зените в полдень.

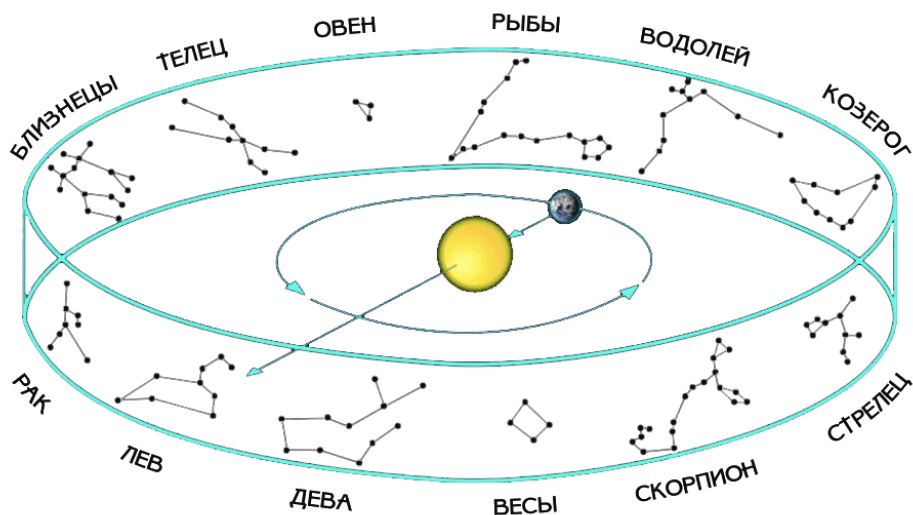


Вычислите высоту Солнца для Брянска на 22 июня, если широта Брянска составляет  $53^\circ 25'$   
Вычислите высоту Солнца для г. Новосибирска на 22 декабря (широту найдите самостоятельно в Интернет)

Созвездия, по которым проходит эклиптика, получили название **зодиакальных** (от греческого слова «зоон» — животное). Каждое зодиакальное созвездие Солнце пересекает примерно за месяц.



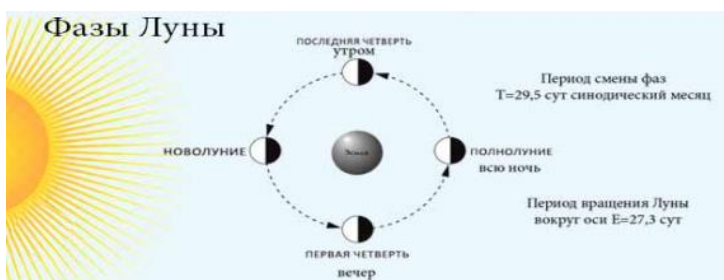
Как вы уже знаете, перемещение Солнца на фоне звезд — явление кажущееся. Происходит оно вследствие годичного обращения Земли вокруг Солнца.



В зависимости от положения Солнца на эклиптике меняется его высота над горизонтом в полдень — момент верхней кульминации. Измерив полуденную высоту Солнца и зная его склонение в этот день, можно вычислить географическую широту.

### 3.5. ДВИЖЕНИЕ И ФАЗЫ ЛУНЫ

Луна — ближайшее к Земле небесное тело, ее естественный спутник. Находясь на расстоянии около 380 тыс. км от Земли, Луна обращается вокруг нее в том же направлении, что и Земля, совершая полный оборот за 27,3 суток. Этот промежуток времени называется звездным или *сидерическим* месяцем.



Собственного свечения Луна не имеет, а Солнце освещает только половину лунного шара. Поэтому по мере ее движения по орбите вокруг Земли происходит изменение вида Луны — смена лунных фаз.

В какое время суток Луна бывает над горизонтом, каким мы видим обращенное к Земле полушарие Луны — полностью освещенным или освещенным частично — все это зависит от положения Луны на орбите (рис).

Если она расположена так, что обращена к Земле своей темной, неосвещенной стороной (положение 1), то мы не можем видеть Луну, но знаем, что она находится на небе где-то рядом с Солнцем. Эта фаза Луны называется **новолунием**.

Двигаясь по орбите вокруг Земли, Луна примерно через 3 суток придет к положению 2. В это время ее можно будет видеть в виде узкого серпа, обращенного выпуклостью вправо. День ото дня серп Луны увеличивается по ширине. Через неделю после новолуния мы видим половину Луны — **первая четверть**.

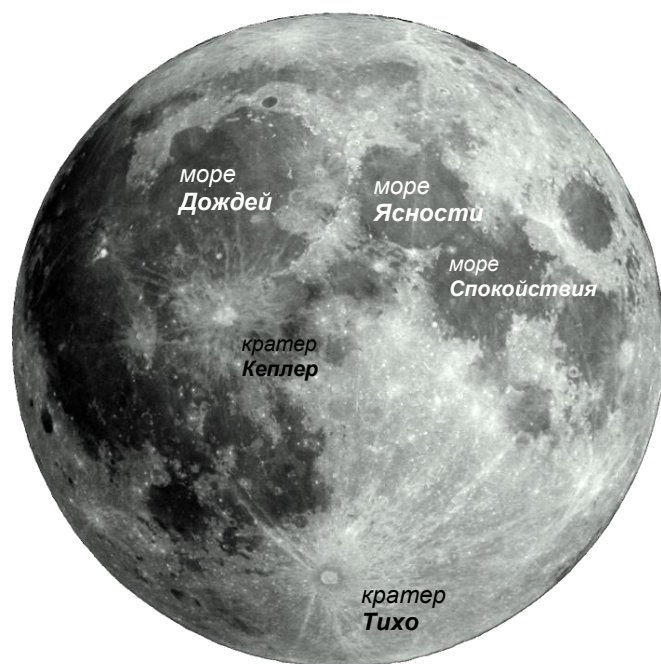
В дальнейшем доля освещенного полушария Луны продолжает увеличиваться до тех пор, пока не наступит **полнолуние**. В этой фазе Луна находится на небе в стороне, противоположной Солнцу, и видна над горизонтом всю ночь — от его захода до восхода.

После полнолуния фаза Луны начинает уменьшаться. Сначала на правом краю лунного диска появляется небольшая ущербленность, которая имеет форму серпа. Постепенно она растет, а через неделю после полнолуния наступает фаза **последней четверти**.

Полный цикл смены лунных фаз составляет 29,5 суток. Этот промежуток времени между двумя последовательными одинаковыми фазами называется *синодическим*.

С Земли видна лишь одна сторона Луны, хотя, казалось бы, так как Луна вращается, мы должны видеть и другую сторону.

Однако период вращения Луны вокруг своей оси совпадает с сидерическому периоду ее обращения вокруг Земли — 27,3 суток, совершая оборот синхронно с Землей, поэтому кажется, что Луна повернута всегда одной стороной к нашей планете.



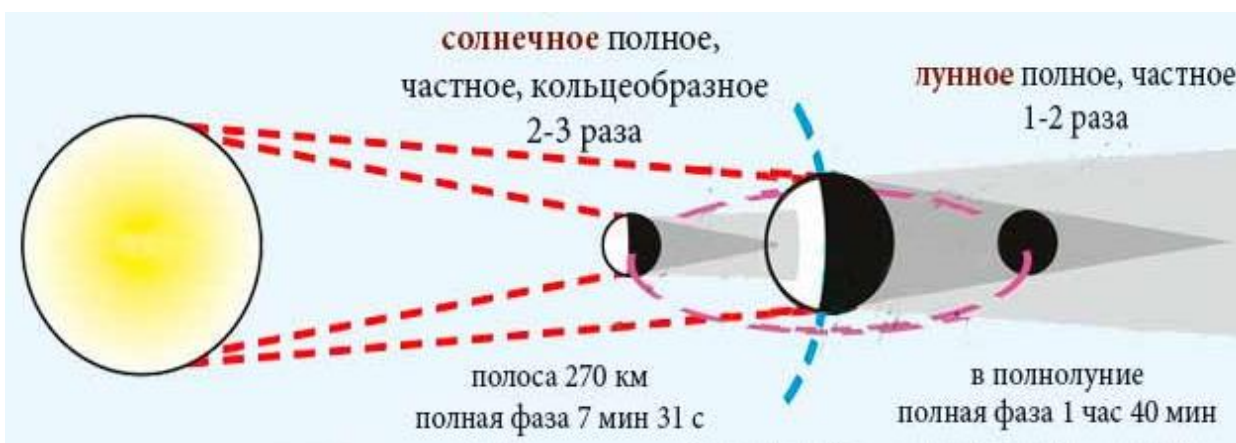
Представьте, что сегодня была видна полная Луна. В каком виде она будет видна через неделю?

### 3.6. ЗАТМЕНИЯ ЛУНЫ И СОЛНЦА



**Затмение** – астрономическая ситуация, при которой одно небесное тело заслоняет свет от другого небесного тела. То есть в случае с Солнечным затмением тень Луны заслоняет на некоторое время свет Солнца. Это происходит с периодичностью, которую можно просчитать.

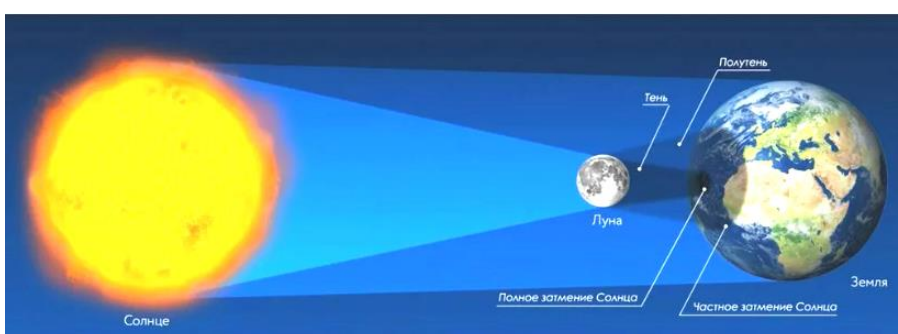
Если бы плоскость орбиты, по которой Луна движется вокруг Земли, совпадала с плоскостью орбиты, по которой Земля обращается вокруг Солнца, то ежемесячно в момент новолуния происходило бы солнечное затмение, а в момент полнолуния — лунное. Однако этого не случается потому, что плоскость лунной орбиты наклонена к плоскости орбиты Земли под углом около  $5^\circ$ . Именно поэтому тень Луны в новолуние может пройти выше Земли, а в полнолуние сама Луна может пройти ниже земной тени.



Во время солнечного затмения на землю падает тень Луны пятном около 270 км и медленно передвигается в виде затемненной полосы по земной поверхности с запада на восток, поэтому в каждом пункте Земли через который проходит эта полоса полное затмение продолжается лишь несколько минут (на экваторе максимальная продолжительность составляет 7 мин 31 с).

В разные годы лунная тень пробегает по различным районам земного шара, поэтому полные солнечные затмения видны реже лунных. Так, например, в окрестностях Москвы в последний раз полное затмение было 19 августа 1887 г., а в следующий раз произойдет только 16 сентября 2126 г.

Полутень Луны имеет диаметр значительно больше тени — около 6000 км.



Там, куда попала полутень Луны, происходит **частное затмение** Солнца. Их можно видеть каждые два-три года. Через каждые 18 лет затмения повторяются.





Лунные затмения, хотя и происходят реже солнечных, но видны чаще. Луна, попавшая в земную тень, видна на всем полушарии Земли. Погружаясь в земную тень, Луна приобретает красноватую окраску различных оттенков. Цвет зависит от состояния земной атмосферы, которая, преломляя лучи Солнца рассеивает их.

Знание закономерностей движения Луны и Земли позволяет ученым в момент полной фазы можно наблюдать внешние слои атмосферы Солнца — солнечную корону, которая в обычных условиях не видна.

---

### **Вопросы для закрепления**

1. *Что означает понятие: звездная величина?*
2. *Назовите имена звезд. Входящих в созвездие Большой Медведицы*
3. *Назовите  $\alpha$  созвездия Большой Пес. Что из характеристики данной звезды вы знаете?*
4. *Сколько приблизительно звезд видно на ночном небе невооруженным взглядом*
5. *Что такое система экваториальных координат? Чем она отличается от системы горизонтальных координат?*
6. *Какие названия носят координаты объекта в экваториальной системе координат?*
7. *Назовите точку отсчета прямого восхождения. В каких единицах она обычно измеряется?*
8. *Почему с точки зрения наблюдателя, находящегося на полюсе земного шара, созвездия не заходят за горизонт?*
9. *Что такое кульминация небесного объекта?*
10. *Что такое «эклиптика»? В каких точках эклиптика пересекается с небесным экватором?*
11. *Назовите формулу для определения высоты светила над горизонтом по широте места*
12. *Перестройте формулу из предыдущей задачи, что бы, зная высоту светила над горизонтом, вычислить широту места нахождения наблюдателя.*
13. *Перечислите все зодиакальные созвездия.*
14. *Укажите, на каком расстоянии от Земли находится ее естественный спутник.*
15. *Какие фазы Луны вам известны? Как они формируются?*
16. *Что такое «сидерический» и «синодический» периоды Лунного цикла?*
17. *Почему наблюдатель на Земле видит только одну сторону Луны, не смотря на тот факт, что Луна вращается вокруг своей оси?*
18. *Какова природа солнечных и лунных затмений?*
19. *Как часто можно наблюдать солнечные затмения?*
20. *В чем значимость солнечных затмений для ученых?*