

Департамент образования мэрии г. Новосибирска
Муниципальное казённое учреждение дополнительного образования города
Новосибирска «Детско-юношеский центр "Планетарий"»
Региональная предметно-методическая комиссия ВСОШ по астрономии

И. О. Орлов

**Школьный этап Всероссийской олимпиады
школьников по астрономии.
Справочник участника.**

Методическое пособие

Новосибирск, 2018

УДК 373.167.1:52(075.3)

ББК 22.6я7+74.262.26я7

О66

Орлов И. О. Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников по астрономии. Справочник участника. Методическое пособие. – Новосибирск, Большой новосибирский планетарий, 2018.

Контакты: orlovio@gmail.com, vk.com/planetarium_astro.

В 2017 году астрономия вернулась в общеобразовательные школы в качестве обязательного предмета в 10-11 классах. Но олимпиада по астрономии существует в программе Всероссийской олимпиаде школьников с 1994 года. Настоящее пособие предназначено для учеников 7-11 классов и их педагогов, желающих качественно подготовиться к первому, школьному этапу Всероссийской олимпиады школьников по астрономии.

© И. О. Орлов, 2018.

© МКУ ДО ДЮЦ «Планетарий», 2018

Подписано в печать 11.09.2018 г. Формат _____. Тираж ____ экз. Заказ № _____

Оглавление

I.	Цели и принципы олимпиады	4
II.	О правах участников и организаторов	6
III.	Как пройти на муниципальный этап?	8
IV.	Тематическая программа школьного этапа	9
V.	Краткий конспект необходимой теории.....	12
A.	Необходимая математика и физика	12
B.	Земля	14
C.	Луна.....	17
D.	Солнечная система.....	20
E.	Звёздное небо	23
F.	Звёзды и галактики	27
G.	Галактики и космология.....	29
VI.	Примеры задач школьного этапа	33
VII.	Справочные данные.....	40
VIII.	Литература для подготовки	44
IX.	Календарь астрошкольника – 2018/2019	45

I. Цели и принципы олимпиады

Всероссийская олимпиада школьников – крупнейшее соревнование среди школьников России по 34 предметам, в том числе (с 1994 года) и по астрономии.

Олимпиада проводится ежегодно в четыре этапа:

- Школьный этап – с 1 сентября по 1 ноября
- Муниципальный этап – с 1 ноября по 25 декабря
- Региональный этап – с 15 января до 25 февраля
- Заключительный (всероссийский) этап – с 15 марта до 30 апреля

Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников является её первым этапом. Его цель состоит в **популяризации** астрономических знаний среди широкого круга учащихся, укрепление системы школьного астрономического образования.

Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников по астрономии проводится среди школьников **5-11 классов** в шести возрастных параллелях: 5-6, 7, 8, 9, 10 и 11 классы. В параллелях 7, 8, 9, 10 и 11 классов результаты школьного этапа являются основой для отбора участников следующего, **муниципального этапа** Всероссийской олимпиады.

Школьный и муниципальный этап в Новосибирске проводится Департаментом образования мэрии г. Новосибирска, региональный этап – Министерством образования Новосибирской области.

Прямой конкретной целью участия во Всероссийской олимпиаде школьников может стать внеконкурсное поступление в ведущие вузы страны. Действительно, победители и призёры **заключительного этапа** Всероссийской олимпиады школьников имеют **льготы при поступлении** в высшие учебные заведения России – право на зачисление без экзаменов, право на «100 баллов ЕГЭ», дополнительные баллы при поступлении. Ряд вузов учитывает также дипломы победителей или призёров **регионального этапа**.

По состоянию на **2018 год** дипломы заключительного (ЗЭ) и регионального (РЭ) этапов ВсОШ по астрономии учитывался в следующих **ведущих российских вузах**:

Вуз	Факультет, специальность	Льготы для призёров ЗЭ	Льготы для призёров РЭ
Московский физико-технический институт (МФТИ)	Прикладная математика и физика	Без экзаменов	+7 / +5 баллов инд. достижений
Национальный исследовательский Томский государственный университет (ТГУ)	Физический, механико-математический факультеты	Без экзаменов	+8 / +6 баллов инд. достижений
Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ)	Астрономия, физика, радиофизика, прикладная математика и физика,	Без экзаменов	Нет

Вуз	Факультет, специальность	Льготы для призёров ЗЭ	Льготы для призёров РЭ
	системный анализ и управление		
Московский государственный университет им. Ломоносова (МГУ)	Физический факультет, специальность «Астрономия»	Без экзаменов	Нет
НИУ «Высшая школа экономики», г. Москва	«Физика»	Без экзаменов	+4 балла инд. достижений
Уральский федеральный университет им. Б. Н. Ельцина (УрФУ)	Специальность «Астрономия»	Без экзаменов	+3 балла инд. достижений
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»	Специалитет, 10 специальностей бакалавриата	100 баллов ЕГЭ по физике	+10 баллов инд. достижений
Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ)	Все специальности	+10 баллов инд. достижений	Нет
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)	Все специальности	+10 баллов инд. достижений	Нет
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва	Все специальности	+10 баллов инд. достижений	Нет
Сибирский федеральный университет (СФУ), г. Красноярск	Все специальности	+10 / +8 б. инд. достижений	+8 / +6 баллов инд. достижений
Российский университет дружбы народов (РУДН), г. Москва	Все специальности	+5 баллов инд. достижений	+5 баллов инд. достижений
Новосибирский государственный университет (НГУ)	Все специальности	+3 балла инд. достижений	+1 балл инд. достижений
Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург	Все специальности	Нет	+8 баллов инд. достижений

Собственно диплом призера или победителя **школьного этапа** не даёт участнику практически ничего, но является первым шагом к прохождению на дальнейшие этапы олимпиады.

Кроме того, любая олимпиада – это независимая внешняя **проверка уровня знаний и навыков** школьника. К тому же, результаты этой проверки, даже негативные, никак не влияют на формальные образовательные успехи, а поэтому не должны приносить эмоциональный или психологический дискомфорт.

Поэтому составители данного пособия рекомендуют активным школьникам **максимально рано и активно начинать участие в олимпиадах** (не только в этапах ВсОШ, но и в других состязаниях). Это позволит вам отточить разнообразные полезные навыки, даже напрямую не связанные с изучаемым предметом – **собранность, самоконтроль, работу с информацией, умение учиться** и конструировать системы из разрозненных элементов знаний. А это может пригодиться в очень многих сферах работы и жизни.

II. О правах участников и организаторов

Школьный этап олимпиады – самый массовый и по количеству участников, и по количеству организаторов, и по количеству площадок. Поэтому, по информации Центральной предметно-методической комиссии Всероссийской олимпиады школьников, большая часть нарушений происходит именно при проведении школьного этапа.

Участнику школьного этапа **следует помнить о своих базовых правах** и вежливо, но непреклонно добиваться их полной реализации.

- К участию в школьном этапе допускаются **все желающие** школьники 5-11 классов; **любое ограничение списка участников категорически запрещается**.
- Даже если в вашей школе не проводится школьный этап олимпиады по астрономии, **школа обязана обеспечить ваше участие** в школьном этапе, если вы выразили желание участвовать.
- **Категорически запрещается** взимание платы за участие в олимпиаде.
- Участник олимпиады (в том числе моложе 5 класса) имеет право выполнять задания **за более старший класс**. Правда, если он пройдёт на дальнейшие этапы, «понизить» номер класса у него уже не получится.
- Задания школьного этапа **не могут выходить за пределы** тематической программы, приведенной ниже в этом пособии.
- Задания **не должны требовать от вас** навыков работы с астрономическим оборудованием или с компьютером.
- Участникам олимпиады обязательно должны быть выданы **таблицы справочных данных**, приведенные ниже в пособии.
- Участники имеют право пользоваться **собственным калькулятором**, любыми своими **канцелярскими принадлежностями**.
- Участники имеют право **задавать вопросы** по условию задач, временно покидать аудиторию (оставив тетрадь с работой).

Разумеется, есть и ограничения, призванные сделать олимпиаду максимально честной и прозрачной для участников.

Участник не имеет права:

- Пользоваться на олимпиаде мобильным телефоном или вычислительной техникой, кроме калькулятора без дополнительных функций.
- Использовать любые справочные данные и источники информации, кроме выданных организаторами.

После проведения и проверки школьного этапа организаторы сообщают участникам их результаты. Максимальная оценка – 8 баллов за каждую задачу. **Примерные** критерии оценивания работ:

- 0 баллов – решение отсутствует или абсолютно некорректно;
- 1 балл – правильно угаданный бинарный ответ (да/нет) без обоснования;
- 1-2 балла – сделана попытка решения, не давшая результата;
- 2-3 балла – правильно угадан сложный ответ, но его обоснование отсутствует или ошибочно;
- 4-6 баллов – частично решенная задача;
- 6-7 баллов – полностью решенная задача с более или менее значительными недочетами;
- 8 баллов – полностью решенная задача.

Обращаем внимание, что у любой задачи может быть несколько путей, приводящих к правильному решению и ответу. **Любое правильное решение** задачи без ошибок и погрешностей должно быть оценено в **8 баллов**, даже если оно не совпадает с «авторским» решением.

Участник олимпиады имеет право **ознакомиться с результатами проверки** своей работы и, при несогласии с выставленными баллами, **подать заявление на апелляцию**.

Апелляция проводится обязательно очно и должна быть зафиксирована на видео; участник имеет право **задавать вопросы и формулировать свои замечания** к результатам проверки работы.

III. Как пройти на муниципальный этап?

Муниципальный этап проводится для школьников **7–11 классов**. Для школьников 5-6 классов олимпиада заканчивается на школьном этапе, если они не выбрали для себя задания из класса постарше (см выше).

На муниципальный этап проходят **все участники школьного этапа, набравшие не менее установленного числа баллов**. Пороговое число баллов определяется организатором муниципального этапа (Департаментом образования мэрии Новосибирска).

Обращаем внимание, что:

- Правилами олимпиады **запрещается не допускать к участию** в муниципальном этапе школьников, набравших нужный балл на школьном этапе; если вы набрали нужный балл, вы участвуете в муниципальном этапе в любом случае.
- Пороговый балл **не должен быть выше границы «призёрства»** школьного этапа – то есть если у вас есть диплом призёра или победителя школьного этапа, вы точно имеете право участвовать в муниципальном.
- **Запрещается** допускать к участию в муниципальном этапе **только призёров и победителей** – то есть порог прохождения должен быть **ниже**, чем порог «призёрства».
- Категорически **запрещается** введение квот типа «не более N человек от школы».
- В муниципальном этапе **автоматически** участвуют призёры прошлого года муниципального этапа. Даже если они не писали школьный этап, либо написали его плохо. Это же правило действует **и на дальнейших этапах олимпиады** – призёры и победители этапа X прошлого года участвуют в этапе X текущего года независимо от их успехов на этапе X–1.

IV. Тематическая программа школьного этапа

Полную тематическую программу **всех этапов олимпиады** (школьного, муниципального, регионального, заключительного) можно найти в документе *«Методические рекомендации по проведению школьного и муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по астрономии в 2018/2019 учебном году»*.

Здесь приведена **выжимка** из упомянутого документа, описывающая темы только школьного этапа.

Технически при разработке заданий школьного этапа могут использоваться **материалы высших этапов прошлого класса** (например, материалы регионального этапа 9 класса для школьного этапа 10-11 класса), но на практике такое **практически не встречается**.

Все классы

- Основные объекты звездного неба. Созвездия и наиболее яркие звезды неба. Условия их видимости в разные сезоны года. Ориентирование на местности по полярной звезде. Астеризмы. Видимые отличия планет от звезд.
- Видимое движение Солнца по небу. Эклиптика, зодиакальные созвездия. Положение Солнца в созвездиях в зависимости от времени года.
- Солнечная система. Структура и состав Солнечной системы. Астрономическая единица. Планеты Солнечной системы: радиусы орбит, физические характеристики (размеры, форма, масса, плотность, период вращения). Обращение Земли вокруг Солнца, как причина смены времен года. Крупнейшие спутники планет. Системы мира Птолемея и Коперника.
- Основы летоисчисления. Календарный год. Високосные и невисокосные года. Юлианский и григорианский календари.
- Вращение Земли. Полнос и экватор. Смена дня и ночи. Изменение вида звездного неба в течении суток.
- Основные сведения о Луне. Движение Луны вокруг Земли, фазы Луны. Солнечные и лунные затмения.
- Начальные представления о структуре Вселенной. Основные типы объектов Вселенной (звезды, галактики). Характерные пространственные масштабы.

7 класс и старше

- Земля как планета. Фигура Земли. Экваториальный и полярный радиусы. Географические координаты.
- Основы сферической астрономии. Основные точки и линии на небесной сфере (горизонт, небесный меридиан, зенит, полюс мира, стороны света). Понятие высоты объекта над горизонтом. Связь высоты полюса мира над горизонтом с широтой наблюдателя.
- Оптические явления в атмосфере Земли. Радуга, солнечные и лунные гало, ложное Солнце (паргелий) и ложная Луна (парселений), световые столбы. Серебристые облака. Полярные сияния.

- Солнце и звезды, их физические характеристики. Масса, радиус, температура Солнца.
- Малые тела Солнечной системы. Определение планеты и карликовой планеты. Свойства и основные характеристики карликовых планет, астероидов и комет, условия их наблюдений. Главный пояс астероидов, пояс Койпера и облако Оорта. Происхождение и эволюция комет. Метеоры и метеорные потоки на Земле. Радиант метеорного потока. Метеориты.
- Электромагнитное излучение и система расстояний в астрономии. Скорость света, световой год. Характерные расстояния до объектов Вселенной в световых годах.
- Общие сведения по математике. Единицы измерения углов (часовые и градусные), их части. Длина окружности.

8 класс и старше

- Небесная сфера. Понятие небесной сферы. Большие и малые круги на небесной сфере. Угловые расстояния между объектами на небесной сфере.
- Шкалы времени в астрономии. Осевое вращение Земли и солнечные сутки. Местное и поясное время. Связь с географической долготой. Декретное время, часовые пояса и часовые зоны.
- Основы небесной механики. Законы Кеплера в простой формулировке для круговых орбит. Первая космическая скорость.
- Солнечная система. Определение расстояний до тел Солнечной системы (методы радиолокации и суточного параллакса). Угловые размеры планет. Связь угловых и линейных размеров космических объектов.
- Система Земля-Луна. Синодический и сидерический периоды Луны. Эксцентриситет орбиты Луны, точки перигея и апогея.
- Общие сведения о глазе и оптических приборах. Глаз как оптический прибор. Устройство простейших оптических приборов для астрономических наблюдений. Линзовые, зеркальные и зеркально-линзовые телескопы.
- Общие сведения по математике. Запись больших чисел, математические операции со степенями. Приближенные вычисления. Число значащих цифр. Пользование инженерным калькулятором.

9 класс и старше

- Солнце. Основные характеристики Солнца (вращение, химический состав). Солнечные пятна, циклы солнечной активности, Активные образования в атмосфере Солнца. Солнечная постоянная. Числа Вольфа. Состав атмосферы солнца.
- Строение и типы галактик. Морфологические типы галактик. Классификация Хаббла.
- Неоптическая астрономия. Космические лучи (состав, энергия, происхождение). Нейтрино. Гравитационные волны. Механизмы излучения.
- Общие сведения из математики. Экспонента, натуральные и десятичные логарифмы, вещественные степени. Формулы приближенных вычислений.

10 класс и старше

- Классификация звезд с учетом их спектральных характеристик. Спектральная классификация звезд. Диаграмма «цвет-светимость» (Герцшпрунга-Рассела), «спектр-светимость» для разных групп звезд, рассеянных и шаровых звездных скоплений. Звезды главной последовательности, гиганты, сверхгиганты.
- Эволюция звезд. Эволюция звезд различной массы и их перемещение по диаграмме Герцшпрунга-Рассела. Эволюция звездных скоплений.
- Межзвездная среда. Представление о распределении газа и пыли в пространстве. Плотность, температура и химический состав межзвездной среды. Горячий газ и холодные молекулярные облака. Газовые и диффузные туманности.
- Общие сведения из физики. Газовые законы. Температура, тепловая энергия газа, концентрация частиц и давление. Термодинамическое равновесие. Идеальный газ. Связь скорости молекул и температуры.

11 класс

- Галактика и галактики. Фотометрические и спектральные свойства галактик разных типов. Типы населения звезд в галактиках. Функция светимости звезд. Начальная функция масс.
- Космология. Закон Хаббла, космологическое красное смещение. Реликтовое излучение, его спектр и флуктуации яркости.

V. Краткий конспект необходимой теории

A. Необходимая математика и физика

Все классы

В астрономии углы измеряют в **градусах** (минутах дуги, секундах дуги) и **часах** (минутах, секундах). Один **полный оборот** равен 360° или 24 часа, развёрнутый угол равен 180° или 12 часов, прямой угол – 90° или 6 часов. Градусы делятся на угловые минуты и угловые секунды:

$$1^\circ = 60' = 3600'',$$

$$1' = 60'' = (1/60)^\circ,$$

$$1'' = (1/60)' = (1/3600)^\circ$$

Час как мера измерения угла делится аналогично часу как интервалу времени на минуты и секунды:

$$1 \text{ час} = 60 \text{ мин} = 3600 \text{ сек}$$

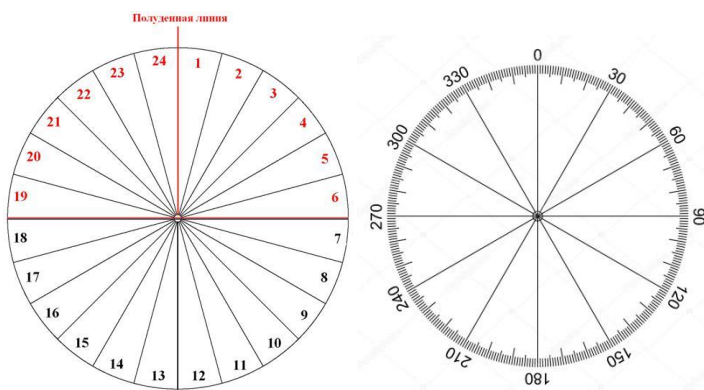
$$1 \text{ мин} = 60 \text{ сек} = 1/60 \text{ часа}$$

$$1 \text{ сек} = 1/60 \text{ мин} = 1/3600 \text{ часа}$$

Длину дуги окружности можно определить по формуле:

$$l = \frac{\alpha^0}{180^0} \pi R = \frac{\alpha^ч}{12^ч} \pi R$$

α^0 – это **центральный угол** в градусах, $\alpha^ч$ – это центральный угол в часах, R – радиус окружности, постоянная π (пи) – иррациональное число, бесконечная непериодическая десятичная дробь, $\pi \approx 3,14$.



Если центральный угол равен $360^\circ = 24$ часа, то мы имеем формулу для полной длины окружности: **$L = 2\pi R$** .

Переводить часовую меру угла в градусную следует по простым соотношениям:

$$1 \text{ час} = 15^\circ,$$

$$1 \text{ мин} = 15',$$

$$1 \text{ сек} = 15''.$$

Не путаем секунду как меру времени, секунду (угловую) как элемент градусной меры угла и секунду (часовую) как элемент часовой меры угла! Это разные понятия, хоть и называются одинаково.

8 класс +

Расстояния в астрономии гораздо больше привычных нам единиц измерения – метра и километра. Например, среднее расстояние от Земли до Солнца 149 600 000 000 м. Чтобы упростить вычисления с таким большим количеством цифр, используют **инженерную форму** записи числа. Например,

$$149\,600\,000\,000\text{ м} = 1,496 \cdot 10^{11}\text{ м}$$

Здесь число 11 называется **порядком числа** в инженерной форме.

Имея два числа $A \cdot 10^a$ и $B \cdot 10^b$ в инженерной форме записи, мы можем совершать следующие операции:

1) **Деление. Отношение**

$$(A \cdot 10^a) \div (B \cdot 10^b) = \frac{A \cdot 10^a}{B \cdot 10^b} = \frac{A}{B} \cdot 10^{a-b}$$

показывает, во сколько раз число $A \cdot 10^a$ больше числа $B \cdot 10^b$.

2) **Умножение**

$$(A \cdot 10^a) * (B \cdot 10^b) = (A \cdot B) \cdot 10^{a+b}$$

3) **Возведение в степень**

$$(A \cdot 10^a)^n = A^n \cdot 10^{an}$$

Чтобы получить правильный результат вычислений, необходимо все величины в формуле выражать **в одной системе единиц** (или везде метры, или везде километры, и т.д.).

Складывать и вычитать числа в инженерной форме записи мы можем, когда их **порядки совпадают**:

$$A \cdot 10^a + B \cdot 10^a = (A + B) \cdot 10^a$$

$$A \cdot 10^a - B \cdot 10^a = (A - B) \cdot 10^a$$

9 класс +

Логарифмом числа В по основанию А называется **показатель степени С**, в которую надо возвести число А, чтобы получить число В. То есть если

$$A^C = B,$$

то

$$C = \log_A B.$$

Например: поскольку $2^5 = 32$, то $\log_2 32 = 5$; поскольку $10000 = 10^4$, $\log_{10} 10000 = 4$.

Более сложные примеры для обдумывания: $\log_8 2 = 1/3$; $\log_{100} 10 = 1/2$.

В физике и в астрономии часто используются логарифмы по специальным основаниям:

- **log₁₀** (обозначается **lg**) – например, для определения **порядка числа** (см. выше)
- **log_e** (обозначается **ln**, $e \approx 2,718$ – так называемое число Эйлера) – в законах радиоактивного распада и в уравнении реактивного движения Циолковского
- **log_{2,512}** (никак отдельно не обозначается, явно указывается основание; $2,512 \approx \sqrt[5]{100}$) – в астрометрии, разделе астрономии, который занимается звёздными величинами.

Про работу с логарифмами, в том числе о полезном **методе приведения** логарифма к другому основанию, можно прочесть в учебнике или справочнике по алгебре или в

следующих методических пособиях к дальнейшим этапам олимпиады. В рамках школьного этапа глубокое знания математики логарифмов и степеней обычно не требуется.

10-11 класс

Ряд полезных формул из **термодинамики и молекулярной физики**, которые могут оказаться нужными при решении астрономических задач:

Уравнение состояния идеального газа (в трёх формах):

$$P \cdot V = N \cdot k \cdot T = \nu \cdot R \cdot T$$

$$P = n \cdot k \cdot T$$

P – давление газа (Па), V – объём (м^3), N – количество молекул газа (шт), n – концентрация частиц ($\text{шт}/\text{м}^3$), T – температура газа (К), $\nu = m/\mu$ – количество вещества (моль), m – масса газа (кг), μ – молярная масса ($\text{кг}/\text{моль}$), $R \approx 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$ – универсальная газовая постоянная, $k \approx 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж}/\text{К}$ – постоянная Больцмана.

Средняя тепловая скорость молекул газа:

$$V_T = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$$

В отличие от предыдущей формулы, здесь m – это масса **одной молекулы** газа.

В. Земля

Все классы

В астрономии приняты следующие определения года:

- **Тропический год** $\approx 365,2422$ суток – период движения Солнца, за который его тропическая долгота увеличивается на 360 градусов, то есть на 1 оборот. Менее точным, но более понятным является определение тропического года как периода между двумя последовательными **прохождениями Солнцем точки весеннего равноденствия**.
- **Сидерический год** $\approx 365,256$ суток – период орбитального движения Земли вокруг Солнца в инерциальной системе отсчёта (относительно «неподвижных звёзд»).
- **Аномалистический год** $\approx 365,260$ суток – период между прохождениями Землёй перигелия её орбиты – ближайшей точки к Солнцу.

Юлианский календарь введен в Римской империи приказом императора Юлия Цезаря с 1 января 45 года до н. э. В юлианском календаре обычный год состоит из **365 дней** и делится на 12 месяцев. **Раз в 4 года** объявляется **високосный год**, в который добавляется один день – **29 февраля**. Таким образом, юлианский год имеет продолжительность в среднем **365,25 дней**.

Григорианский календарь был введен папой римским Григорием XIII в католических странах 4 октября 1582 года. Средняя продолжительность года по григорианскому календарю составляет **365,2425 суток**.

В григорианском календаре:

- годы, номер которых кратен 4, – високосные;
- НО годы, номер которых кратен 100, – невисокосные;
- НО год, номер которого кратен 400, – високосный.

Таким образом, по григорианскому календарю 1600 и 2000 годы были високосными, а 1700, 1800 и 1900 годы **високосными не были**. Также **не будет** високосным и 2100 год.

Разница между юлианским и григорианским календарями **постепенно увеличивается** из-за разного количества високосных годов. Скачок, увеличивающий разницу между календарями на один день, происходит 1 марта завершающего столетие года, номер которого кратен 100 и не кратен 400.

Разница, дней	Период (по юлианскому календарю)	Период (по григорианскому календарю)
10	5 октября 1582 – 29 февраля 1700	15 октября 1582 – 11 марта 1700
11	1 марта 1700 – 29 февраля 1800	12 марта 1700 – 12 марта 1800
12	1 марта 1800 – 29 февраля 1900	13 марта 1800 – 13 марта 1900
13	1 марта 1900 – 29 февраля 2100	14 марта 1900 – 14 марта 2100
14	1 марта 2100 – 29 февраля 2200	15 марта 2100 – 15 марта 2200
15	1 марта 2200 – 29 февраля 2300	16 марта 2200 – 16 марта 2300

Погрешность в одни сутки по сравнению с тропическим годом в григорианском календаре накапливается примерно за 10 тысяч лет (в юлианском – примерно за 128 лет).

Россия перешла на григорианский календарь **в 1918 году** – после 31 января 1918 года по юлианскому календарю наступило 14 февраля 1918 года по григорианскому календарю.

- Вращение Земли. Полнос и экватор. Смена дня и ночи. Изменение вида звездного неба в течении суток.

Земля совершает один оборот вокруг своей оси за **сутки** = 86400 секунд. В астрономии принято несколько определений суток:

- **Звёздные сутки** ≈ 23 ч **56 мин 4 сек** – время, за которое Земля совершает один оборот вокруг своей оси по отношению к далёким звёздам.
- **Солнечные сутки** – промежуток времени, за который Земля совершает 1 поворот вокруг своей оси относительно центра Солнца. Более строго – промежуток времени между двумя верхними (или нижними) кульминациями центра Солнца в данной точке Земли. Точная продолжительность солнечных суток зависит от положения Земли на орбите.
- **Средние солнечные сутки** = **24 ч 0 мин 0 сек**. Отличие точной продолжительности солнечных суток от среднего значения определяется **уравнением времени** и в максимуме может достигать более 16 минут.

Ось вращения земли пересекает земную поверхность в точках, называемых **географическими полюсами** – северным и южным. Плоскость, проходящая через центр Земли и перпендикулярная оси вращения, называется **экваториальной плоскостью**. Линия пересечения экваториальной плоскости с поверхностью Земли – **экватор**.

Точки экватора равноудалены от двух полюсов Земли (если пренебречь рельефом).

На большей части земной поверхности Солнце ежедневно восходит из-под горизонта и заходит за него – происходит **смена дня и ночи**. Лишь в приполярных широтах возможны **полярный день и полярная ночь**, когда Солнце в течение нескольких суток находится над горизонтом или под горизонтом.

На полюсах Земли полярный день и полярная ночь продолжаются примерно по полгода.

С точки зрения земного наблюдателя из-за вращения Земли вокруг своей оси небесные светила **вращаются вокруг полюса мира** против часовой стрелки (в северном полушарии).

Из-за вращения Земли вокруг Солнца созвездия, наблюдаемые на ночном небе, постепенно **смещаются**, и через полгода мы увидим ночью те же созвездия, которые сейчас находятся на дневном небе (и не видны из-за Солнца).

Земля – крупнейшая планета земной группы в Солнечной системе. Основные физические параметры Земли как планеты:

- масса $M_3 \approx 6 \cdot 10^{24}$ кг;
- ускорение свободного падения на поверхности $g \approx 9,8$ м/с²;
- полярный радиус $R_{\text{п}} \approx 6356,8$ км;
- экваториальный радиус $R_{\text{э}} \approx 6378,1$ км;
- период вращения вокруг оси $T_3 = 1$ сутки = 86400 сек;
- линейная скорость вращения на экваторе $V_{\text{э}} \approx 1670$ км/ч ≈ 465 м/с
- средняя плотность $\rho_3 \approx 5,5$ г/см³;
- наклон оси вращения к плоскости орбиты $\varphi \approx 23^\circ 26'$

Для обозначения точек на поверхности Земли вводятся **географические координаты** – широта и долгота.

Широта (φ) отсчитывается от экватора Земли в сторону полюсов. Точки на экваторе имеют широту 0° , северный полюс – 90° с.ш., южный полюс – 90° ю.ш. Смещение на 1° по широте (вдоль меридиана) соответствует смещению на ≈ 111 км по земной поверхности.

Долгота отсчитывается от произвольно выбранного **нулевого меридиана** (по историческим причинам – от меридиана Гринвичской обсерватории в Лондоне) вдоль экватора к западу и к востоку. Меридиан, противоположный гринвичскому (проходящий по Тихому океану) имеет долготу 180° з.д. = 180° в.д. Северный и южный полюсы долготы не имеют (долгота не определена).

Смещение на 1° по долготе **на экваторе** соответствует смещению на ≈ 111 км по земной поверхности, смещение на 1° по долготе **на другой широте φ** соответствует меньшему смещению в километрах, вычисляемому по формуле **$111 \text{ км} \cdot \cos \varphi$** .

8 класс +

Отсчет **солнечного времени** начинается от момента **нижней кульминации** Солнца – местной полуночи. В момент **верхней кульминации**, когда Солнце находится на максимальной высоте над горизонтом, солнечное время равно 12:00 и наступает местный солнечный полдень. Местное солнечное время **зависит** от положения наблюдателя на земной поверхности и является разным для двух наблюдателей в разных точках.

Разность местных солнечных времён двух наблюдателей определяется разностью долгот точек наблюдения, переведённой в часовую меру:

$$T_{C1} - T_{C2} = (\lambda_1 - \lambda_2) \cdot (1 \text{ час} / 15^\circ).$$

Например, если долготы двух городов отличаются на 46° (Москва – 37° в.д. и Новосибирск – 83° в.д.), местное солнечное время будет отличаться на $46^\circ / 15^\circ \cdot 1 \text{ час} = 3 \text{ часа } 4 \text{ минуты}$.

Для удобства исчисления времени вся поверхность Земли разделена на **часовые пояса**, внутри которых **гражданское (поясное) время** исчисляется одинаково. Например, с 2016 года Новосибирск находится в часовом поясе UTC+7 (Москва+4), то есть местное поясное время отличается от времени «по Гринвичу» на 7 часов, хотя разница местных солнечных времён между Новосибирском и Гринвичем составляет $83^\circ / 15^\circ \cdot 1 \text{ час} \approx 5,5 \text{ часов}$.

Это приводит к тому, что солнечный полдень (момент верхней кульминации Солнца) в Новосибирске наступает примерно в 13:30.

С. Луна

Все классы

Луна – единственный постоянный естественный спутник Земли, второй после Солнца по яркости объект на земном небе и пятый по величине естественный спутник планеты Солнечной системы.

Луна обращается вокруг Земли по **эллиптической орбите**, среднее расстояние между центрами Земли и Луны — **384 467 км**. Из-за **орбитального резонанса** – совпадения периодов вращения вокруг Земли и вокруг собственной оси – Луна всегда повернута к Земле одной стороной.

Основные параметры Луны и её орбиты вокруг Земли:

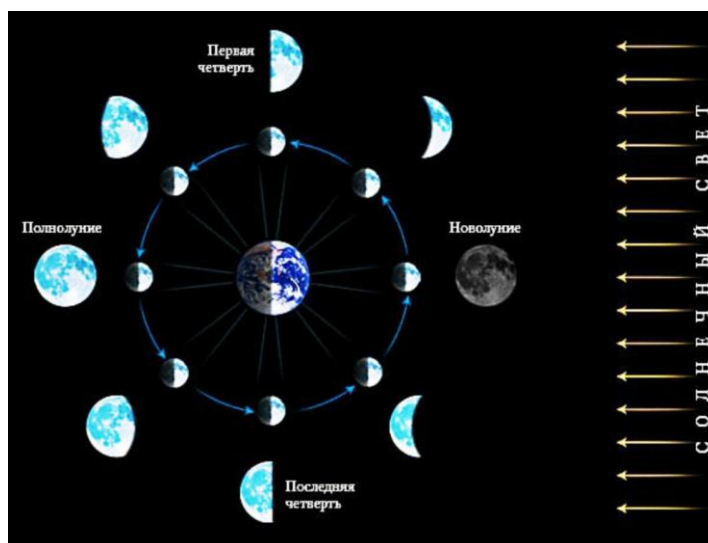
- масса $M_L \approx 7,3 \cdot 10^{22} \text{ кг} \approx 1/81 \text{ Мз}$;
- ускорение свободного падения на поверхности $g_L \approx 1,6 \text{ м/с}^2 \approx 1/6 \text{ гз}$.
- средний радиус $R_L \approx 1737 \text{ км}$;
- средняя плотность $\rho_L \approx 3,35 \text{ г/см}^3$;
- минимальное расстояние от Земли (перигей) – 363 104 км;
- максимальное расстояние от Земли (апогей) – 405 696 км;
- эксцентриситет (вытянутость) орбиты – 0,055;
- наклон орбиты к плоскости эклиптики $i \approx 5,145^\circ$
- сидерический период обращения (относительно звёзд) – 27,32 дней

- синодический период обращения (относительно Земли, от полнолуния до полнолуния) – 29,53 дней

8 класс +

Из-за различных взаимных положений Земли, Луны и Солнца мы можем наблюдать **смену лунных фаз**:

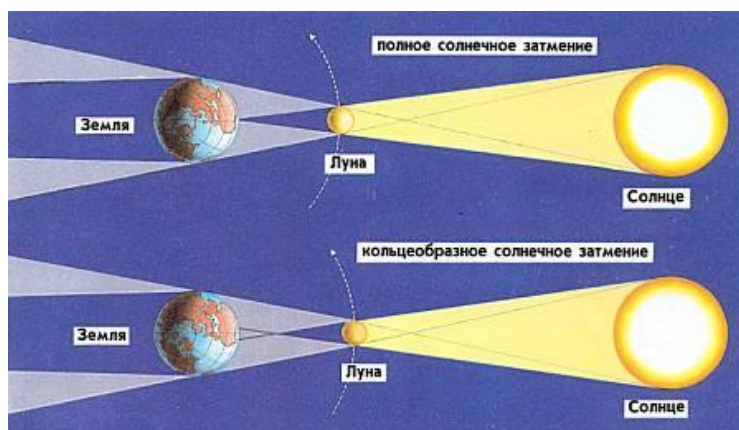
- **новолуние** – Луна на небе находится недалеко от Солнца, освещена дальняя (невидимая с Земли) сторона Луны, Луна с Земли не наблюдается;
- **растущая Луна** – доля освещённой части лунного диска постепенно возрастает;
- **первая четверть** – угол между направлениями на Луну и на Солнце составляет около 90° , освещена половина видимой части лунного диска (в северном полушарии Земли – правая половина);
- **полнолуние** – Луна и Солнце находятся в противоположных направлениях с точки зрения земного наблюдателя; освещена практически вся видимая часть Луны;
- **убывающая Луна** – доля освещённой части лунного диска постепенно уменьшается;
- **последняя четверть** – угол между направлениями на Луну и на Солнце составляет около 90° , освещена половина видимой части лунного диска (в северном полушарии Земли – левая половина);
- **новолуние**.



Если в **новолуние** Луна, кроме того, находится **вблизи эклиптики**, может произойти **солнечное затмение** – полное или частичное покрытие Луной диска Солнца.

Солнечные затмения делятся на три типа:

- **полное солнечное затмение** – хотя бы в одной точке Земли диск Солнца полностью закрывается Луной;
- **частное солнечное затмение** – Луна проходит «по касательной», закрывая диск Солнца лишь частично;
- **кольцеобразное солнечное затмение** – Луна находится в апогее своей орбиты и по угловым размерам меньше, чем Солнце; тогда от Солнца остаётся незакрытым «огненное кольцо».



Полоса наблюдения полного солнечного затмения очень узкая – несколько десятков километров шириной и несколько тысяч километров длиной. Поэтому в заданной точке Земли полные солнечные затмения повторяются с промежутком лишь в несколько сотен лет. Последнее полное солнечное затмение в Новосибирске было 1 августа 2008 года.

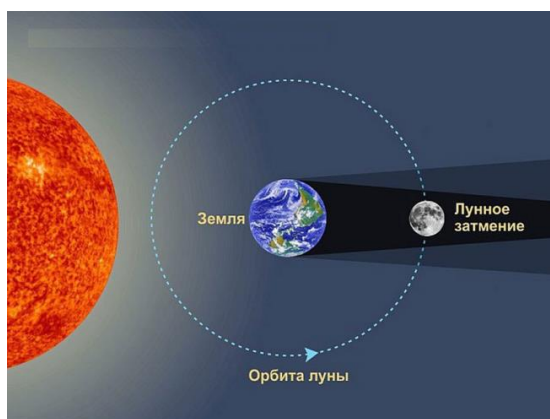
Если в **полнолуние** Луна находится **вблизи эклиптики**, может произойти **лунное затмение** – полное или частичное попадание Луны в конус земной тени от Солнца.

Лунные затмения также делятся на три типа:

- **полное лунное затмение** – Луна полностью заходит в конус земной тени и приобретает красный, коричневый или серый цвет (чаще всего оставаясь при этом хорошо видимой на небе);
- **частное лунное затмение** – Луна проходит «по касательной», лишь частично попадая в конус земной тени;
- **полутеневое лунное затмение** – Луна проходит через область полутени (Земля лишь частично перекрывает поток солнечных лучей), не попадая в область полной тени; полутеневое затмение невооруженным взглядом не видно.

Лунное затмение наблюдается **со всех точек земной поверхности**, где Луна в это время находится над горизонтом. В момент лунного затмения гипотетический наблюдатель на поверхности Луны увидел бы **солнечное затмение** – покрытие Солнца Землёй.

Полные лунные затмения наблюдаются **гораздо чаще**, чем полные солнечные. Последнее полное лунное затмение, видимое из Новосибирска, наблюдалось 27 июля 2018 года, предыдущее – 31 января 2018 года.



Д. Солнечная система

Все классы

Солнечная система – планетная система, включающая в себя центральную звезду – Солнце – и все естественные космические объекты, вращающиеся вокруг Солнца. Она сформировалась путём гравитационного сжатия газопылевого облака примерно 4,57 млрд лет назад.

Исходя из определений Международного астрономического союза, Солнечная система состоит из **8 планет**, **5 карликовых планет** и многочисленных более мелких тел.

Четыре ближайшие к Солнцу планеты, называемые **планетами земной группы**, — Меркурий, Венера, Земля и Марс – состоят в основном из силикатов («камня») и металлов. Четыре более удалённые от Солнца планеты (Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун, также называемые **газовыми гигантами**) намного более массивны, чем планеты земной группы. Крупнейшие планеты Солнечной системы, Юпитер и Сатурн, состоят главным образом из водорода и гелия; меньшие газовые гиганты, Уран и Нептун, помимо водорода и гелия, содержат в составе своих атмосфер метан и угарный газ.

В Солнечной системе существуют две области, заполненные (очень неплотно) малыми телами. **Пояс астероидов**, находящийся между Марсом и Юпитером, схож по составу с планетами земной группы, поскольку состоит из силикатов и металлов. Крупнейшими объектами пояса астероидов являются карликовая планета **Церера** и астероиды **Паллада**, **Веста** и **Гигея**. За орбитой Нептуна располагаются транснептуновые объекты, крупнейшими из которых являются **Плутон** и **Эрида**.

Основные физические характеристики крупных планет приведены в двух таблицах, которые включаются в комплект справочных данных для выдачи участникам олимпиады.

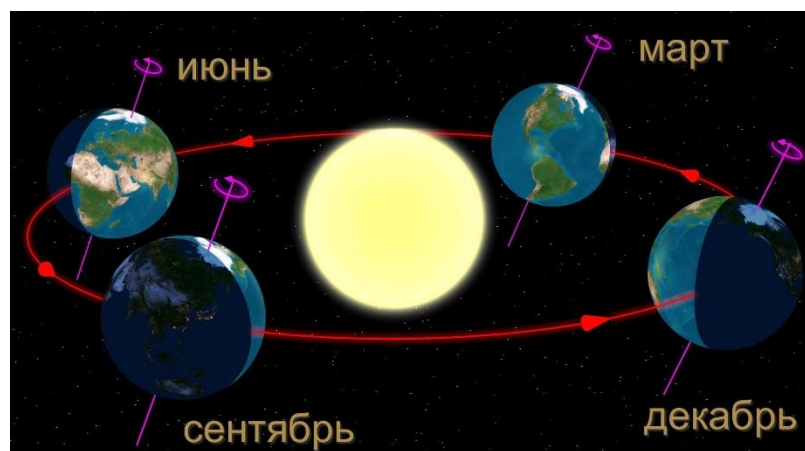
Объект	Масса		Радиус		Плотность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к пл. орб.	Видимая звездная величина*
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли				
Солнце	$1,989 \cdot 10^{30}$	332946	695000	108,97	1,41	25,380 сут	7,25	-26,8 ^m
Меркурий	$3,302 \cdot 10^{23}$	0,05271	2439,7	0,3825	5,42	58,646 сут	0,00	-0,1 ^m
Венера	$4,869 \cdot 10^{24}$	0,81476	6051,8	0,9488	5,20	243,019 сут**	177,36	-4,4 ^m
Земля	$5,974 \cdot 10^{24}$	1,00000	6378,1	1,0000	5,52	23,934 час	23,45	-
Марс	$6,419 \cdot 10^{23}$	0,10745	3397,2	0,5326	3093	24,623 час	25,19	-2,0 ^m
Юпитер	$1,899 \cdot 10^{27}$	317,94	71492	11,209	1,33	9,924 час	3,13	-2,7 ^m
Сатурн	$5,685 \cdot 10^{26}$	95,181	60268	904494	0,69	10,656 час	25,33	+0,4 ^m
Уран	$8,683 \cdot 10^{25}$	14,535	25559	4,0073	1,32	17,24 час**	97,86	+5,7 ^m
Нептун	$1,024 \cdot 10^{26}$	17,135	24746	3,8799	1,64	16,11 час	28,31	+7,8 ^m

** вращается в обратную сторону (относительно направления обращения вокруг Солнца)

Планета	Большая полуось ($\approx$ радиус орбиты)		Эксцентриситет	Наклон к плоскости эклиптики	Период обращения	Синодический период
	млн. км.	а. е.				
Меркурий	57,9	0,3871	0,2059	7,004	87,97 сут	115,9
Венера	108,2	0,7233	0,0038	3,394	224,70 сут	583,9
Земля	149,6	1,0000	0,0167	0,000	365,26 сут	-
Марс	227,9	1,5237	0,0934	1,850	686,98 сут	780,0
Юпитер	778,3	5,2028	0,0483	1,308	11,862 лет	398,9
Сатурн	1429,4	9,5388	0,0560	2,488	29,458 лет	378,1
Уран	2871,0	19,1914	0,0461	0,774	84,01 лет	369,7
Нептун	4504,3	30,0611	0,0097	1,774	164,79 лет	367,5

Наклон экватора планеты к плоскости её орбиты определяет **смену времён года** на планете. У Земли, Марса, Сатурна и Нептуна угол наклона практически одинаковый, и схема смены времен года у них сходная.

При обращении вокруг Солнца направление собственной оси вращения планеты **остаётся неизменным**. В период между мартом и сентябрем (для Земли) северное полушарие планеты обращено к Солнцу и получает больше тепла и света, чем южное. В северном полушарии лето, в южном – зима. С сентября по март, наоборот, к Солнцу обращено южное полушарие.



Для планет с **малым углом наклона** экватора к плоскости орбиты (Меркурий, Юпитер) или с углом наклона, близким к 180° (Венера), смена времен года в традиционном виде практически отсутствует, и сезоны определяются другими причинами (например, изменяющимся расстоянием от планеты до звезды).

Планета Уран имеет угол наклона около 98° . Это означает, что практически всегда на одном полушарии планеты «лето» и «вечный день», а на другом «зима» и «вечная ночь». Впрочем, Уран расположен настолько далеко от Солнца, что температурные колебания больше определяются внутрипланетными факторами.

Расстояния между планетами обычно измеряются в **астрономических единицах**. За одну астрономическую единицу (**1 а.е.**) взято среднее расстояние между Землей и Солнцем – **150 млн км**.

В 2006 году Международный астрономический союз уточнил **определение планеты**.

Планета – это тело,

- обращающееся **вокруг Солнца**,
- достаточно массивное, чтобы иметь **шарообразную форму** под воздействием собственной гравитации,
- **не имеющее тел сравнимой массы** вблизи своей орбиты.

Достаточно массивные тела Солнечной системы, не удовлетворяющие третьему критерию (например, Плутон, Церера, Эрида) были отнесены к новому классу **карликовых планет**.

Пояс астероидов – область Солнечной системы, расположенная между орбитами Марса и Юпитера, являющаяся местом скопления множества объектов всевозможных размеров, преимущественно неправильной формы, называемых астероидами или малыми планетами.

Астероид (малая планета) — относительно небольшое тело Солнечной системы, обращающееся вокруг Солнца. Астероиды значительно уступают по массе и размерам планетам, имеют неправильную (не сферическую) форму и не имеют атмосферы, хотя при этом и у них могут быть спутники. К настоящему моменту в Солнечной системе известно более 800 тыс. астероидов.

Комета – небольшое небесное тело, обращающееся вокруг Солнца по весьма вытянутой орбите. При приближении к Солнцу комета образует кому (газопылевое облако) и иногда один или несколько хвостов из газа и пыли. Сейчас в Солнечной системе известно более 6 тыс. комет, которые попадают во внутренние области Солнечной системы.

Пояс Койпера – область Солнечной системы от орбиты Нептуна (30 а. е. от Солнца) до расстояния около 55 а. е. от Солнца. Хотя пояс Койпера похож на пояс астероидов, он примерно в 20 раз шире и в 20–200 раз массивнее. В поясе Койпера находятся по крайней мере четыре карликовые планеты: Плутон, Хаумеа, Макемаке и Эрида.

Облако Оорта – сферическая внешняя область Солнечной системы, служащая источником долгопериодических комет. Существование облака Оорта пока окончательно не подтверждено, однако многие косвенные факты указывают на его существование.

8 класс +

Впервые математически движение планет описал **Иоганн Кеплер** (XVI век).

Сформулированные им три закона движения планет названы затем в его честь. Для решения задач в приближении, что планеты движутся вокруг Солнца по круговым орбитам, важен **третий закон Кеплера**, связывающий радиусы орбит с периодами обращения планет.

Если планета 1 обращается вокруг Солнца по орбите радиусом R_1 за время T_1 , а планета 2 обращается вокруг Солнца по орбите радиусом R_2 за время T_2 , то

$$R_1^3 / R_2^3 = T_1^2 / T_2^2.$$

В текстовой формулировке: **кубы радиусов орбит относятся как квадраты периодов.**

Удобно ещё больше упростить этот закон, взяв в качестве планеты 2 Землю и считая периоды обращения планет **в годах** (земных), а радиусы орбит – **в астрономических единицах**. Тогда $R_2 = 1$ [а.е.], $T_2 = 1$ [год], и третий закон Кеплера записывается просто:

$$R_1^3 = T_1^2$$

Обращаем внимание, что в таких формулировках закон Кеплера работает только для объектов, обращающихся **вокруг одного центрального тела**. Нельзя сравнивать, например, орбиту Марса **вокруг Солнца** с орбитой Луны **вокруг Земли** – у них разные центральные тела. А вот, к примеру, два разных спутника одной планеты такому закону вполне удовлетворяют.

Если считать орбиту планеты круговой, то она обращается вокруг Солнца с постоянной скоростью. Эта скорость зависит от массы центрального тела и радиуса орбиты и называется **круговой скоростью** или **первой космической скоростью**.

Первая космическая скорость вычисляется по формуле

$$V_1 = \sqrt{GM/R},$$

где M – это масса центрального притягивающего тела, R – радиус орбиты (считается от центра притягивающего тела), $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$ – гравитационная постоянная.

Соответственно, период обращения тела по орбите радиуса R можно вычислить как

$$T = 2\pi R/V_1 = 2\pi R/\sqrt{GM/R} = \sqrt{4\pi^2 R^3/GM}$$

Первая космическая скорость в случае тела, обращающегося **вокруг Земли** на небольшой высоте ($M = M_3$, $R \approx R_3$), примерно равна **7,9 км/с**. С увеличением высоты орбиты первая космическая скорость уменьшается.

Круговая скорость обращения **Земли вокруг Солнца** ($M = M_\odot$, $R = 1$ а.е.) примерно равна **30 км/с**.

Е. Звёздное небо

Все классы

Созвездия – в современной астрономии участки, на которые разделена небесная сфера для удобства ориентирования на звёздном небе. В древности созвездиями назывались характерные фигуры, образуемые яркими звёздами (сейчас они называются **астеризмами**, например, Большой Ковш, Пояс Ориона или Летне-осенний треугольник).

На сегодня выделяется **88 созвездий**, покрывающих всю небесную сферу. С территории России видно около 54 из них, остальные расположены слишком далеко к югу и не восходят над горизонтом.

Эклиптика – большой круг небесной сферы, по которому происходит видимое годичное движение Солнца. Все большие планеты Солнечной системы и Луна двигаются по звездному небу, не слишком отклоняясь от плоскости эклиптики (максимально возможные отклонения – у Меркурия и у Луны, около 7 градусов и чуть больше 5 градусов соответственно).

Зодиакальные или эклиптические созвездия – 13 (не 12!) созвездий, расположенных вдоль эклиптики, видимого годового пути Солнца среди звёзд.

Обращаем внимание, что реальный астрономический период времени, когда Солнце находится в каком-либо из зодиакальных созвездий, **не совпадает** с популярной привязкой к календарю «астрологического знака» этого созвездия.

Приведённая ниже таблица **не выдаётся** на олимпиаде в качестве справочных данных, поэтому нужно иметь хотя бы приближённое представление о ней.

Название созвездия	Солнце в созвездии
Овен (лат. Aries)	19 апреля – 13 мая
Телец (лат. Taurus)	14 мая – 19 июня
Близнецы (лат. Gemini)	20 июня – 20 июля
Рак (лат. Cancer)	21 июля – 9 августа
Лев (лат. Leo)	10 августа – 15 сентября
Дева (лат. Virgo)	16 сентября – 30 октября
Весы (лат. Libra)	31 октября – 22 ноября
Скорпион (лат. Scorpius)	23 ноября – 29 ноября
Змееносец (лат. Ophiuchus)	30 ноября – 17 декабря
Стрелец (лат. Sagittarius)	18 декабря – 19 января
Козерог (лат. Capricornus)	20 января – 15 февраля
Водолей (лат. Aquarius)	16 февраля – 11 марта
Рыбы (лат. Pisces)	12 марта – 18 апреля

Из-за того, что Луна и планеты несколько отклоняются от эклиптики, иногда они также могут заходить на «территорию» незодиакальных созвездий **Ориона** (между Тельцом и Близнецами), **Кита** (между Рыбами и Овном) и **Секстанта** (около созвездия Льва). Солнце в Орионе, Ките или Секстанте не появляется никогда.

Условия видимости зодиакальных созвездий: на ночном небе хорошо видны те зодиакальные созвездия, которые Солнце будет проходить через 5-7 месяцев.

Ярчайшие звёзды земного неба по **видимой** звёздной величине приведены в таблице ниже. Обращаем внимание, что этот список не совпадает ни со списком ближайших звёзд (18 из 25 ближайших к Солнцу звёзд вообще не видны невооружённым глазом), ни со списком звёзд с максимальной известной **светимостью**.

№	Название	Расстояние, св. лет	Звёздная величина	Примечание
0	Солнце	0,0000158	–26,72	
1	Сириус (α Большого Пса)	8,6	–1,46	Двойная система
2	Канопус (α Киля)	310	–0,72	Самая яркая звезда в окрестностях Солнца; из России не видна

№	Название	Расстояние, св. лет	Звёздная величина	Примечание
3	Толиман (α Центавра)	4,3	-0,27	Ближайшая к Солнцу; из России не видна
4	Арктур (α Волопаса)	36,7	-0,05 (перем)	Оранжевый гигант
5	Вега (α Лиры)	25	+0,03 (перем)	Через 12 тыс. л. станет полярной звездой
6	Капелла (α Возничего)	42,2	+0,08	4-кратная система
7	Ригель (β Ориона)	~870	+0,12 (перем)	Бело-голубой сверхгигант
8	Процион (α Малого Пса)	11,4	+0,38	Двойная система
9	Ахернар (α Эридана)	139	+0,46	Быстрое вращение; из России не видна
10	Бетельгейзе (α Ориона)	~530	+0,50 (перем)	Красный сверхгигант
11	Хадар (β Центавра)	~400	+0,61 (перем)	Минимум тройная; из России не видна
12	Альтаир (α Орла)	16,8	+0,77	Быстрое вращение; снимки поверхности
13	Акрукс (α Южного Креста)	~330	+0,79	Тройная система; из России не видна
14	Альдебаран (α Тельца)	65	+0,85 (перем)	Оранжевый гигант; покрытия Луной
15	Антарес (α Скорпиона)	~610	+0,91 (перем)	Красный сверхгигант; двойная система
16	Спика (α Девы)	250	+1,04 (перем)	Двойная система; покрытия Луной
17	Поллукс (β Близнецов)	33,7	+1,14	Оранжевый гигант; обнаружена планета
18	Фомальгаут (α Южной Рыбы)	25	+1,16	Звезда минимум с одной экзопланетой
19	Мимоза (β Южного Креста)	~290	+1,25 (перем)	Из России не видна
20	Денеб (α Лебедя)	~1550	+1,25	Бело-голубой сверхгигант
21	Регул (α Льва)	77	+1,35	Быстрое вращение; покрытия Луной
22	Адара (ϵ Большого Пса)	~400	+1,50	Бело-голубой гигант; 4,7 млн лет назад была ярчайшей в небе
23	Кастор (α Близнецов)	51.5	+1,57	Шестикратная система
24	Гакрукс (γ Южного Креста)	88	+1,63 (перем)	Визуальная двойная; из России не видна
25	Шаула (λ Скорпиона)	365	+1,63 (перем)	Тройная система; из России не видна

Небесная сфера – воображаемая сфера, на которую проецируются наблюдаемые небесные тела. За центр небесной сферы принимают глаз наблюдателя. Для наземного наблюдателя вращение небесной сферы отражает вращение Земли вокруг своей оси.



В каждый момент наблюдатель видит (в идеальных условиях) ровно половину небесной сферы, ограниченную **горизонтом**.

Точка небесной сферы, расположенная вертикально вверх от наблюдателя (над головой), называется **зенитом**. Противоположная точка, расположенная под ногами наблюдателя и, разумеется, невидимая, называется **надиром**. Зенит, надир и наблюдателя соединяет **отвесная линия**, перпендикулярная плоскости горизонта.

Ось вращения небесной сферы совпадает с осью вращения Земли. Соответственно, на небесной сфере есть две неподвижные точки – **северный и южный полюса мира** (аналоги географических полюсов Земли).

Линия, соединяющая полюса мира и проходящая через центр сферы (глаз наблюдателя), называется **осью мира**. С точки зрения наблюдателя северного полушария небесная сфера вращается вокруг оси мира **против часовой стрелки** (в южном полушарии – по часовой).

Точка на горизонте, ближайшая к северному полюсу мира, называется **точкой севера**, противоположная точка горизонта (ближайшая к южному полюсу мира) – **точкой юга**. Эти две точки соединяются **полуденной линией**, проходящей через центр сферы.

Большой круг, на котором лежат зенит, надир, северный и южный полюса мира, называется **небесным меридианом**. Он пересекает горизонт в точках севера и юга.

Большой круг небесной сферы, перпендикулярный оси мира и равноотстоящий от полюсов мира, называется **небесным экватором**. Это проекция на небесную сферу земного экватора – если наблюдатель стоит на экваторе Земли, в зените будет одна из точек небесного экватора. Небесный экватор пересекает горизонт в **точках востока и запада**.

Высотой объекта над горизонтом называется угол между направлением на объект и плоскостью горизонта. Объект с высотой 0° расположен непосредственно на горизонте, объект с высотой 90° – в зените, объект с высотой 45° – посередине между зенитом и горизонтом.

Высота северного полюса мира над горизонтом равна широте места наблюдения. Для наблюдателя на экваторе (широта 0°) оба полюса мира расположены на горизонте, для наблюдателя на северном полюсе Земли (широта 90°) северный полюс мира находится строго в зените, для наблюдателя в Новосибирске (широта 55°) северный полюс мира всегда находится на высоте 55° над горизонтом.

Г. Звёзды и галактики

Все классы

Звезда – массивный плазменный шар, излучающий свет и удерживаемый в состоянии равновесия силами собственной гравитации и внутренним давлением. В ядре звезды происходят реакции **термоядерного синтеза**.

Массы и радиусы звёзд обычно выражаются в **единицах массы и радиуса Солнца**:

- $M_\odot \approx 2 \cdot 10^{30}$ кг
- $R_\odot \approx 7 \cdot 10^5$ км = $7 \cdot 10^8$ м

Известные нам звёзды имеют массы в диапазоне от $0,01 M_\odot$ (красные и коричневые карлики) до $250 M_\odot$ (гипергиганты), а радиусы в диапазоне от $0,1 R_\odot$ до $1500 R_\odot$.

Впрочем, так называемые **экстремальные объекты**, например, нейтронные звёзды или чёрные дыры, могут иметь и размеры порядка нескольких километров (при массе порядка массы Солнца).

Температура звезды (точнее, температура её видимой поверхности – фотосферы) определяет видимый цвет и интенсивность излучения звезды. Температура звезды традиционно измеряется в **Кельвинах**, при этом $T [K] = T [^\circ C] + 273,15$ К.

По температуре звёзды делятся на семь **спектральных классов**, приведенных в таблице ниже. Также в таблице приведены характерные значения массы и радиуса для звезд, относящихся к данному классу.

Класс	Температура, К	Цвет	Масса, $M_\odot$	Радиус, $R_\odot$	Светимость, $L_\odot$	Пример
O	30 000 – 60 000	голубой	60	15	1 400 000	Минтака (δ Ориона)
B	10 000 – 30 000	бело-голубой	18	7	20 000	Спика, Ригель
A	7500 – 10 000	белый	3,1	2,1	80	Сириус
F	6000 – 7500	жёлто-белый	1,7	1,3	6	Процион
G	5000 – 6000	жёлтый	1,1	1,1	1,2	Солнце
K	3500 – 5000	оранжевый	0,8	0,9	0,4	ε Эридана
M	2000 – 3500	красный	0,3	0,4	0,04	Проксима Центавра

Светимостью звезды называется общая мощность её излучения, то есть количество энергии, испускаемое звездой в виде излучения за единицу времени. Светимость измеряется в **ваттах** или в единицах светимости Солнца $L_{\odot} \approx 3,8 \cdot 10^{26}$ Вт.

Каждой звезде, наблюдаемой с Земли, приписана **видимая звёздная величина**, связанная с количеством энергии, которую мы получаем от этой звезды в единицу времени. Видимая звёздная величина зависит от светимости объекта и расстояния до него.

Шкала звёздных величин устроена по следующим принципам:

- **меньшая** звёздная величина соответствует **более яркому** объекту;
- шкала звёздных величин не линейная, а **логарифмическая** – то есть при каждом увеличении на единицу видимой звёздной величины количество получаемой энергии падает **в заданное количество раз**;
- объект звёздной величины N ярче объекта звёздной величины $N+1$ **в $\approx 2,51$ раза**.

Следствия, простые для запоминания и использования:

- разница в 2,5 звёздных величин соответствует падению потока энергии в 10 раз;
- разница в 5 звёздных величин соответствует падению потока энергии в 100 раз.

Звёздные величины ярчайших звёзд земного неба приведены в таблице выше.

10-11 класс

Если к классификации по спектральным классам добавить «вторую ось» светимости, получится двумерная **диаграмма Герцшпрунга-Рассела**, или диаграмма «цвет – светимость». На диаграмме Герцшпрунга-Рассела звёзды располагаются не хаотично, а формируют определенные группы, получившие собственные названия.

Поскольку светимость звезды, кроме температуры, связана и с её радиусом, на диаграмме Герцшпрунга-Рассела можно провести **линии одинакового радиуса** звёзд (показаны пунктиром).

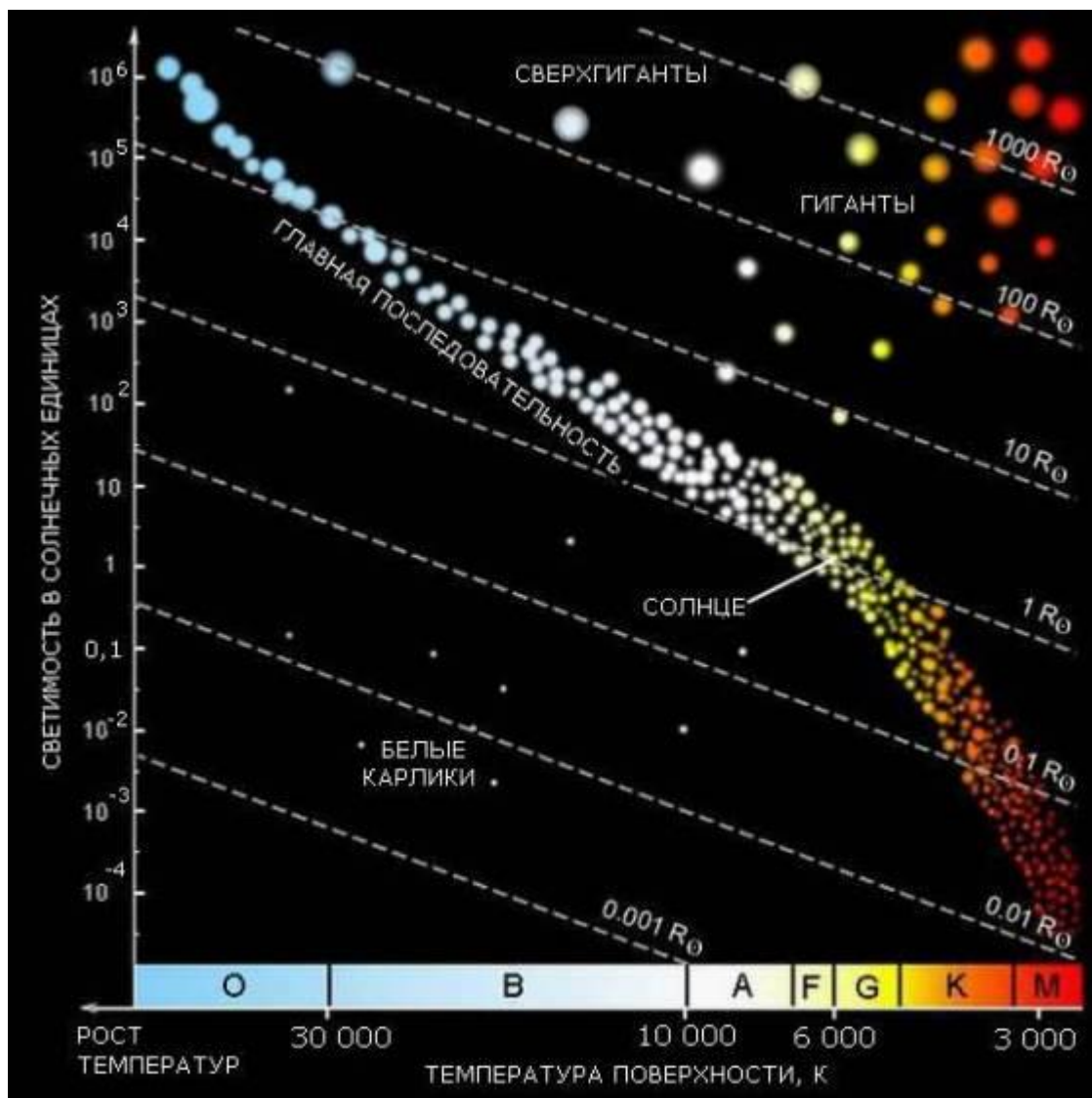
Основная часть известных нам звезд формирует на диаграмме так называемую **Главную последовательность** – непрерывную линию от области голубых гигантов (яркие звезды класса O и светимостью порядка $10^6 L_{\odot}$) до красных карликов (класс M, $10^{-4} L_{\odot}$).

Выше главной последовательности лежат области **гигантов** (классы A – M, светимости более $10^3 L_{\odot}$, радиусы больше $10 R_{\odot}$) и **сверхгигантов** (светимости более $10^5 L_{\odot}$, радиусы больше $100 R_{\odot}$). Особо крупные и яркие звёзды иногда выделяются в специальную группу **гипергигантов**.

Ниже главной последовательности – ветвь **белых карликов** со светимостями в $10^4 - 10^5$ раз меньше, чем у характерных звезд тех же спектральных классов главной последовательности и радиусами порядка $0,01 - 0,1 R_{\odot}$.

Солнце – типичная звезда главной последовательности спектрального класса G. Примеры звезд различных спектральных классов и групп приведены в таблицах выше.

Обращаем внимание, что на астрономических олимпиадах диаграмма Герцшпрунга-Рассела, как правило, **не выдается** в комплекте справочных данных. Однако задачи и вопросы на понимание структуры этой диаграммы **часто встречаются** в заданиях олимпиады.



Г. Галактики и космология

Все классы

Вселенная устроена в некотором смысле **иерархически** – как правило, отдельные объекты формируют связанные системы, которые, в свою очередь, объединяются в системы более высокого уровня. Например, Земля и Луна образуют систему «**планета – спутник**»; несколько таких планет со спутниками, более мелкими телами и центральной звездой образуют **Солнечную систему**; сотни и тысячи звёздных систем образуют **звёздные скопления**; наконец, миллиарды звёзд, похожих и не похожих на Солнце, вместе с другими объектами (газопылевыми туманностями, газовыми потоками и др.) образуют **Галактику**. Сами галактики, иногда содержащие триллионы звёзд, также образуют скопления, кластеры и в конечном итоге формируют крупномасштабную структуру Вселенной.

Шкала характерных размеров и расстояний во Вселенной выглядит следующим образом:

- **10 тыс. км** – характерный размер планет земной группы ($D_3 \approx 13$ тыс. км)

- **100 тыс. км** – масштаб расстояния между планетой и её спутником (радиус орбиты Луны ≈ 380 тыс. км)
- **1 млн. км** – характерный размер звезды типа Солнца ($D_{\odot} \approx 1,4$ млн км)
- **10 млн. км** – характерный размер звезд-гигантов (Спика, Бетельгейзе)
- **150 млн. км = 1 а. е. (астрономическая единица)** – среднее расстояние между Землёй и Солнцем
- **10 а. е.** – радиус орбиты Сатурна вокруг Солнца
- **100 а.е.** – характерный размер Солнечной системы; расстояние от Земли до самого далёкого рукотворного объекта (аппарат Вояджер-1, точнее – 143,2 а.е.)
- **1 световой год $\approx 63\,241$ а.е. $\approx 9,46 \cdot 10^{15}$ м** – расстояние, проходимое лучом света за один земной год; единица измерения межзвёздных расстояний
- **2 св. года** – радиус области гравитационного влияния Солнца
- **270 тыс. а.е. $\approx 4,2$ св. года** – расстояние до ближайшей к Солнцу звёздной системы (α Центавра)
- **26 тыс. св. лет** – примерное расстояние от Солнца до центра Галактики
- **100 тыс. св. лет** – примерный диаметр диска нашей Галактики
- **2,5 млн св. лет** – расстояние до ближайшей к нам спиральной галактики (М31, галактика Андромеды)
- **3,14 млн св. лет** – расстояние до самого удаленного объекта, видимого невооруженным глазом (М33, галактика Треугольника)
- **10 млн. св. лет** – характерный размер скопления галактик
- **13,7 млрд св. лет** – радиус видимой части Вселенной в предположении плоской Вселенной без учёта её ускоренного расширения (теория не подтверждается современной космологией)
- **93 млрд св. лет** – реальный размер (диаметр) видимой части Вселенной с учётом её ускоренного расширения

9 класс +

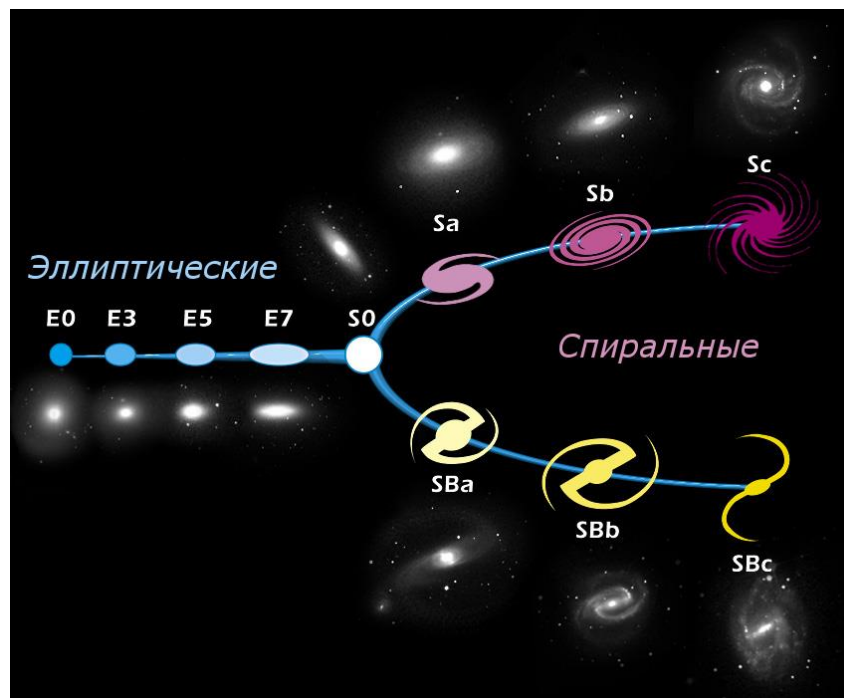
Галактика – гравитационно-связанная система из звёзд, звёздных скоплений, межзвёздного газа и пыли, тёмной материи, планет. Все объекты в составе галактики участвуют в движении относительно общего центра масс.

Другие галактики – чрезвычайно далёкие астрономические объекты. Разглядеть на небе невооружённым глазом можно всего лишь четыре галактики: **галактика Андромеды** (видна в северном полушарии), **Большое и Малое Магеллановы Облака** (видны в южном; являются спутниками нашей Галактики) и **галактика М33** в созвездии Треугольника (из северного полушария, на незасвеченном небе).

Точное количество галактик в наблюдаемой части Вселенной неизвестно, но, по всей видимости, их порядка **двух триллионов**.

Классификация галактик по морфологическим (визуально наблюдаемым) признакам предложена **Эдвином Хабблом**.

- **Эллиптические галактики** имеют гладкую эллиптическую форму (от сильно сплюснутых до почти круглых) без отличительных деталей с равномерным уменьшением яркости от центра к периферии. Они обозначаются буквой E и цифрой, которая является индексом сплюснутости галактики (от E0 до E9). Эллиптические галактики состоят из старых звёзд и практически полностью лишены газа.
- **Спиральные галактики** состоят из **уплощенного диска** из звезд и газа, в центре которого находится сферическое уплотнение, называемое **балджем**, а также обширного **сферического гало**. В плоскости диска формируются яркие **спиральные рукава**, состоящие преимущественно из молодых звезд, газа и пыли. Хаббл разделил все известные спиральные галактики на **нормальные спирали** (обозначаются символом S) и **спирали с баром (SB)**, которые в отечественной литературе часто называют **галактиками с перемычкой** или пересеченными.
- **Неправильные или иррегулярные галактики** — галактика, лишенная как вращательной симметрии, так и значительного ядра. Неправильные галактики отличаются разнообразием форм, обычно небольшими размерами и обилием газа, пыли и молодых звёзд. Обозначаются – I.
- Галактики, слишком тусклые, чтобы их можно было классифицировать, Хаббл обозначил **символом Q**.
- Позднее в классификацию Хаббла был добавлен класс **линзовидных галактик**, которые имеют то же строение, что и спиральные, но в них отсутствует спиральная структура. Обозначаются S0.



11 класс

Закон Хаббла определяет связь между скоростью удаления далёких объектов и расстоянием до них. Экспериментально полученный закон (сначала Эдвином Хабблом,

затем подтвержденный и уточненный многими исследователями и обсерваториями) подтверждает **расширение Вселенной**, а последние высокоточные наблюдения позволяют сделать вывод об **ускоренном расширении**.

Стандартная запись закона Хаббла:

$$V = H \cdot r,$$

где $H \approx 66,9 + 0,62 \text{ (км/с)/Мпк}$ – постоянная Хаббла.

Таким образом, в современную эпоху две галактики, разделённые расстоянием в 1 Мпк, в среднем разлетаются со скоростью около 70 км/с.

Закон Хаббла является одним из основных наблюдаемых фактов в космологии. С его помощью можно примерно оценить **время расширения Вселенной** (так называемый **Хаббловский возраст Вселенной**): $T = 1/H \approx 13,8$ млрд лет.

VI. Примеры задач школьного этапа

1. (5-11) Юный астроном на Земле наблюдает Луну в созвездии Овна. В тот же момент времени астронавт, находящийся на Луне, смотрит на Землю. Звезды какого созвездия окружают Землю для астронавта? Ответ обоснуйте.

Решение: Юный астроном на Земле и астронавт на Луне смотрят в противоположные стороны. Следовательно, астронавт видит Землю в созвездии, противоположащем на небе Овну. Это созвездие Весов.

2. (5-11) Козерог, Весы, Телец, Орион, Близнецы. Найдите лишнее в этом списке и объясните свой выбор.

Решение: Лишнее – Орион, т.к. это единственное созвездие из списка, которое не является зодиакальным.

3. (5-11) Венера, Марс, Юпитер, Солнце, Нептун. Найдите лишний объект в этом списке и объясните свой выбор.

Решение: Лишний объект – Солнце, т.к. это звезда, а остальные объекты – планеты.

4. (5-11) Ганимед, Луна, Каллисто, Ио, Европа. Найдите лишний объект в этом списке и объясните свой выбор.

Решение: Лишний объект – Луна, т.к. это спутник Земли, а остальные – спутники Юпитера.

5. (5-11) Перечислите все планеты-гиганты Солнечной системы.

Решение: Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун.

6. (5-11) Перечислите все естественные спутники планет земной группы

Решение: Луна – спутник Земли; Фобос и Деймос – спутники Марса. Другие планеты земной группы (Венера и Меркурий) естественных спутников не имеют.

7. (5-11) Среднее расстояние от Юпитера до Солнца равно 778.5 млн км. Чему равно расстояние от Юпитера до Солнца в астрономических единицах (1 а.е.), если 1 а.е. = 150 млн км?

Решение: В астрономических единицах расстояние будет равно $L = 778.5/150 = 5.2$ а.е.

8. (5-11) С какой планеты Солнечной системы Земля будет выглядеть ярче в максимуме блеска – с Венеры или с Нептуна? Почему?

Решение: Земля будет ярче будет выглядеть с Венеры, т.к. Земля гораздо ближе к Венере.

9. (5-11) Планеты Нару и Нутпен вращаются вокруг звезды Ецнлос в одной плоскости по круговым орбитам. Расстояние от Ецнлоса до Нару – 20 астрономических единиц, от Ецнлоса до Нутпена – 30 астрономических единиц. Чему равны минимальное и максимальное расстояние от Нару до Нутпена в астрономических единицах?

Решение: Минимальное расстояние между планетами равно разности расстояний от планет до звезды, т.е. 10 а.е., а максимальное – сумме этих расстояний, т.е. 50 а.е.

10. (5-11) Февраль 1960 года закончился в понедельник. А в какой день недели в 1960 году праздновал свое 25-летие будущий советский космонавт В. В. Аксёнов, если он родился 1 февраля? Объясните свой ответ.

Решение: 1960 год – високосный, т. е. тогда в феврале было 29 дней. Если 29 февраля было понедельником, то и 1 февраля было понедельником.

11. (5-11) В некотором году 1 сентября пришлось на четверг. На какие дни недели может выпасть 1 сентября в следующем году?

Решение: В году 365 дней, что составляет 52 полных недели и еще 1 день. Значит, начало каждого следующего года сдвигается на один день недели вперед по отношению к предыдущему году. Если год високосный (366 дней), то разница составит 2 дня. Таким образом, ответ - пятница или суббота.

12. (5-11) Юный астроном на Земле любит полную Луну. В какой фазе в это время видит Землю астронавт, находящийся на поверхности Луны?

Решение: Так как в фазе полнолуния поверхность Луны, обращенная к Земле, полностью освещена Солнцем, то в это же время поверхность Земли, обращенная к Луне, отвернута от Солнца. Следовательно, астронавт видит «новоземелие», т.е. полностью неосвещенную Землю.

13. (5-11) 1 сентября 2016 года произошло кольцеобразное солнечное затмение. Известно, что в сентябре также случится полутеневое лунное затмение. Какого числа оно произойдет? Свой ответ подтвердите расчетами.

Решение: Солнечное затмение происходит тогда, когда Луна в новолунии, а лунное – когда Луна в полнолунии. Между полнолунием и новолунием проходит примерно половина месяца, т.е. 14-15 дней. Следовательно, лунное затмение произойдет 15-16 сентября.

14. (5-11) В какой фазе была Луна за 2 недели до лунного затмения?

Решение: Лунное затмение – это явление, когда Луна попадает в тень Земли, а это значит, что в этот момент Солнце, Земля и Луна оказываются на одной прямой таким образом, что Земля оказывается точно между Солнцем и Луной. Полный оборот вокруг Земли Луна совершает примерно за месяц. Значит, за две недели до затмения Луна находилась с противоположной стороны от Земли, т.е. между Солнцем и Землей. Эта фаза называется новолунием.

15. (5-11) Незнайка и Пончик полетели на Луну на космическом корабле. Корабль летит по прямой линии со скоростью 128 тысяч километров в час. Чтобы не впасть в депрессию, Пончику нужно каждые 15 минут съедать по одному пончику. Сколько пончиков успеет съесть Пончик, пока корабль не прилетит на Луну? Пончик, который Пончик съел в момент взлета, не считается. Справочные данные: расстояние от Земли до Луны равно 384 тыс. км.

Решение: До Луны корабль с такой скоростью будет лететь $384/128 = 3$ часа. За три часа пройдет $3 \cdot 60/15 = 12$ интервалов по 15 минут. Так как в конце каждого из этих интервалов Пончик будет съедать по пончику, он съест их 12 штук.

16. (5-11) Расставьте эти объекты в порядке увеличения их размеров: Галактика, Юпитер, Луна, Солнце, Земля.

Решение: Луна, Земля, Юпитер, Солнце, Галактика.

17. (5-11) После окончания миссии исследования «Вояджер 2» отправился из Солнечной системы в открытый космос со скоростью около 15 км в секунду. На 21 января 2015 года «Вояджер 2» находился на расстоянии в 107 а.е. от Солнца. За какое время это расстояние преодолевает луч света?

Решение: 1 а.е. = 150 млн. км. – это среднее расстояние от Земли до Солнца, его свет

преодолевают за $150 \text{ млн. км} / 300 \text{ тыс. км/с} = 500 \text{ секунд}$. Расстояние в 107 а.е. свет преодолевает за $500 \cdot 107 = 53,5 \text{ тыс. секунд} = 14,86 \text{ часа}$.

18. (5-11) В конце мая – начале июня 2016 г. в противостоянии с Солнцем оказались две планеты – Марс и Сатурн. В каком (примерно) созвездии они находились?

Решение: Коль скоро Марс и Сатурн были в противостоянии с Солнцем, они располагались на небе противоположно положению Солнца. Это значит, что они находились там, где Солнце было полгода назад, в конце ноября – начале декабря. Это соответствует созвездию Скорпиона, рядом с границами с созвездиями Весов и Змееносца. Указание любого из этих трех созвездий можно считать правильным ответом на задачу. В реальности, Марс во время своего противостояния находился в созвездии Скорпиона, Сатурн – в созвездии Змееносца.

19. (8-11) Через какое время в одной точке Земли повторяются приливы, вызванные действием Луны?

Решение: Максимумы приливов наблюдаются в моменты верхней и нижней кульминации Луны. Интервал между двумя последовательными верхними кульминациями Луны можно вычислить разными способами. Проще всего это сделать так: за синодический период обращения (29.53 суток) Луна вновь кульминирует в то же местное время, сделав один полный оборот. Таким образом, это время соответствует 28.53 интервалам между этими кульминациями. Сам интервал будет равен $29.53/28.53 = 1.035 \text{ суток}$. Промежуток времени между двумя последовательными приливами составит 0.518 суток или 12.4 часа.

20. (8-11) Из-за наклона орбиты Луны к эклиптике Луна может оказаться не только в зодиакальных созвездиях, но и в некоторых других, например, в созвездии Ориона. Могут ли быть солнечные затмения, когда Луна в Орионе? Поясните свой ответ.

Решение: Солнечные затмения происходят, когда Солнце, Земля и Луна находятся с высокой точностью на одной прямой. Поскольку эклиптика по созвездию Ориона не проходит (Орион – не зодиакальное созвездие), в период, когда Луна в Орионе, она сильно (на несколько градусов) отклоняется от эклиптики. Поэтому в такой конфигурации Солнце, Земля и Луна не могут быть на одной прямой, и затмений не бывает.

21. (8-11) Объясните причину смены времен года на Земле.

Решение: Из-за наклона оси вращения Земли к перпендикуляру к плоскости орбиты Земли вокруг Солнца (плоскости эклиптики) в разные сезоны года солнечные лучи падают на поверхность под разными углами, что приводит к разной степени нагрева поверхности.

22. (8-11) Два поезда в момент захода Солнца выехали из пункта А с одинаковой скоростью на запад и восток. Пассажиры какого из них раньше встретят рассвет?

Решение: Пассажиры поезда, едущего на восток, движутся навстречу Солнцу, которое из-за вращения Земли движется по небу с востока на запад. Поэтому они встретят рассвет раньше пассажиров другого поезда, который уезжает «от Солнца».

23. (7-11) Расстояние до ближайшей к Земле звезды, Проксимы Центавра, составляет 4.2 световых года. Сколько времени займет перелет с Земли на Проксиму Центавра, если скорость космического корабля составляет 2% от скорости света?

Решение: Скорость звездолета составляет 2% или $1/50$ от скорости света. Если свет проходит расстояние до Проксимы Центавра за 4.2 года (расстояние до звезды 4.2 св.

года), значит, звездолет пройдет это расстояние за время в 50 раз большее, т.е. примерно за 210 лет.

24. (8-11) Известно, что продолжительность суток увеличивается на 0.02 секунды за 1000 лет. Когда (приблизительно) в сутках станет 25 часов?

Решение: Нужно, чтобы продолжительность суток увеличилась на 1 час, т.е. на 3600 секунд. Для этого должно пройти примерно $3600/(0.02) = 180 \cdot 10^3$ раз по 1000 лет, т.е. 180 млн. лет.

25. (8-11) Представим, что Земля перестала вращаться вокруг своей оси. Чему тогда будут равны сутки (в часах)?

Решение: Солнечные сутки – это промежуток времени между двумя последовательными восходами или заходами Солнца. Если Земля перестанет вращаться, то время между двумя последовательными восходами Солнца на Земле будет равно одному году (время, за которое Земля совершит один оборот вокруг Солнца). Т.к. в году 365 дней, а в каждом дне 24 часа, то продолжительность суток на Земле будет равна $365 \cdot 24 = 8760$ часов.

26. (8-11) Штирлиц ждал сигнала... Сигнал должны были подать из окна напротив, поэтому Штирлиц сидел в кресле и смотрел в окно, иногда нервно поглядывая на часы. Он заметил, что за время ожидания Солнце по небу успело пройти дугу в 5° . Сколько времени прождал Штирлиц? Ответ подтвердите расчетами.

Решение: Солнце движется по небу за счет вращения Земли вокруг своей оси. Так как Земля совершает полный оборот в 360° за 24 часа, то и Солнце проходит 360° за 24 часа. Следовательно, дугу в 5° Солнце пройдет за $(5/360) \cdot 24 \cdot 60 = 20$ минут.

27. (8-11) Время в Санкт-Петербурге (30° в.д.) и Хабаровске различается на 7 часов. Какова долгота Хабаровска, если известно, что оба города находятся приблизительно в центре своих часовых поясов, и солнечный полдень наступает там в одно и то же поясное время?

Решение: На Земле 24 часовых пояса соответствуют 360° , т.е. на 1 час приходится 15° . Т.к. разница во времени составляет 7 часов, то это соответствует $7 \cdot 15^\circ = 105^\circ$. Прибавляем 105° к 30° и получаем долготу Хабаровска: 135° .

28. (9-11) Какие из приведенных ниже утверждений справедливы?

- А) Красные звезды – самые горячие.
- Б) Звезды продолжают формироваться в нашей Галактике и в настоящее время.
- В) В декабре Солнце удаляется на максимальное расстояние от Земли.
- Г) При одинаковой светимости горячая звезда имеет меньший размер, нежели холодная.
- Д) Диапазон значений масс существующих звезд намного шире, чем диапазон светимостей.
- Е) Земная атмосфера пропускает излучение только в видимой области спектра.
- Ж) Полярные сияния наблюдаются только в морозную погоду.
- З) Мерцание звезд связано исключительно с прохождением света через земную атмосферу.

Решение: справедливы утверждения Б, Г, З. Относительно других утверждений: красные звёзды – одни из самых холодных; Земля проходит точку максимального расстояния от Солнца (афелий) в начале июля; массы звёзд отличаются максимум в 10000 раз, а отношение светимостей может достигать 10^{10} раз; земная атмосфера пропускает широкий диапазон излучений помимо видимого диапазона, например, инфракрасное или радиоизлучение; полярные сияния определяются взаимодействием космических частиц с магнитосферой Земли, поэтому от погоды на Земле не зависят.

29. (9-11) 2 декабря прошлого года Луна была в полнолунии. В каком созвездии она при этом находилась? Объясните свой ответ.

Решение: Луна в полнолунии находится почти диаметрально противоположно Солнцу. Соответственно, она будет в созвездии, по которому Солнце будет проходить примерно через полгода (в начале июня), то есть в созвездии Тельца. Ответ «Близнецы» будет неверным, так как периоды «астрологических знаков» не совпадают с реальными периодами прохождения Солнца по созвездиям.

30. (9-11) Новосибирская область 24 июня 2016 года перевелась в шестую часовую зону, то есть московское время плюс четыре часа. Долгота Новосибирска $\lambda_2 = 5\text{h } 31\text{m}$, долгота Москвы $\lambda_1 = 2\text{h } 30\text{m}$. 1) Если днем в Новосибирске часы показывают 12:00, то что показывают в этот момент часы в Москве? 2) Если истинное солнечное время в Новосибирске 12:00, то каково оно в этот момент в Москве?

Решение: 1) показания часов определяются поясным временем («московское время плюс четыре часа»), поэтому часы в Москве покажут на четыре часа меньше, то есть 08:00; 2) разница истинного солнечного времени определяется разницей долгот пунктов измерения. $\lambda_2 - \lambda_1 = 5\text{h } 31\text{m} - 2\text{h } 30\text{m} = 3\text{h } 01\text{m}$. То есть истинное солнечное время в Москве будет $12:00 - 03:01 = 08:59$.

31. (9-11). Звездное время определяется вращением Земли относительно звезд, солнечное (по которому мы живем) – относительно Солнца. Астрономы пользуются как часами, идущими по звездному времени, так и часами, идущими по солнечному времени, однако эти часы ходят по-разному. Какие часы идут быстрее, насколько быстрее и почему?

Решение: Звезды неподвижны на земном небе, а Солнце смещается за счет годичного движения Земли вокруг Солнца. За то время, пока Земля делает один оборот вокруг своей оси, она успевает немного сместиться по своей орбите. Направление на далекие «неподвижные» звезды при этом не меняется, а направление на Солнце меняется. Чтобы направление на Солнце из той же точки Земли стало таким же, как и «оборот назад», т. е. чтобы завершить оборот вокруг своей оси относительно Солнца, Земле необходимо «довернуться» ещё на небольшой угол, около 1° (т. к. полный оборот 360° вокруг Солнца Земля совершает примерно за 365 дней). Следовательно, звездные часы идут быстрее (т. к. полный оборот относительно звёзд, т. е. звездные сутки, заканчивается раньше). 1° соответствует примерно 4 минутам времени (полный оборот 360° вокруг оси совершается за 24 часа). Таким образом звёздные часы «спешат» относительно солнечных примерно на 4 минуты в сутки.

32. (8-11) Астероид обращается вокруг Солнца по круговой орбите за 8 лет. Чему равен радиус его орбиты?

Решение: По третьему закону Кеплера радиус орбиты тела вокруг Солнца r в

астрономических единицах и период обращения по ней P в годах связаны следующим образом: $r^3 = P^2$. Следовательно, радиус орбиты астероида равен 4 а.е. или $6 \cdot 10^8$ км. Примечание: альтернативные способы нахождения радиуса орбиты (через обобщенный III закон Кеплера, решение задачи о равномерном движении по окружности и т.п.) при отсутствии ошибок также оцениваются в полной мере.

33. (9-11) Спутник Нептуна Тритон имеет радиус орбиты, равный радиусу орбиты Луны вокруг Земли, но делает один оборот вокруг Нептуна за 6 суток. Во сколько раз отличаются массы Нептуна и масса Земли? Какая из них больше?

Решение: Из закона всемирного тяготения и второго закона Ньютона следует, что центростремительное ускорение при движении по круговой орбите радиуса R вокруг тела массы M равно $a = GM/R^2$. С другой стороны, оно равно $a = v^2/R$, где v – орбитальная скорость. Отсюда следует, что, если радиусы орбит одинаковы, масса M пропорциональна v^2 . Луна делает оборот по своей орбите примерно за месяц. Так как длины орбит одинаковы, то орбитальная скорость Тритона примерно в 5 раз больше, чем орбитальная скорость Луны. Следовательно, масса Нептуна в $5^2 = 25$ раз больше массы Земли. Примечание: альтернативные способы решения (через III закон Кеплера, первую космическую скорость и т.п.) при отсутствии ошибок также оцениваются в полной мере.

34. (9-11) Сразу после захода Солнца Штирлиц вышел на улицу и увидел яркую планету на востоке. Какая это планета: Венера или Юпитер? Ответ обоснуйте.

Решение: Так как Солнце только что зашло, а Штирлиц смотрит на восток, угловое расстояние от Солнца до планеты в данный момент около 180° . Венера, как внутренняя планета, не может отходить на небе далеко от Солнца (максимум примерно на 47°). Следовательно, Штирлиц увидел Юпитер.

35. (7-11) Условие. На Землю выпадает 10^7 кг метеоритного вещества в год. За сколько лет масса Земли увеличится на 0.001%, если сейчас она равна $6 \cdot 10^{24}$ кг?

Решение: 0.001% от массы Земли – это $10^{-3} \cdot 10^{-2} \cdot 6 \cdot 10^{24} = 6 \cdot 10^{19}$ кг. При выпадении за год 10^7 кг такая масса накопится за $6 \cdot 10^{19}/10^7 = 6 \cdot 10^{12}$ лет. Это очень большое время, превышающее время стабильного существования Солнечной системы.

36. (10-11) На какой высоте и над какими точками над поверхностью Земли летают геостационарные спутники? Напомним, что геостационарный спутник постоянно «висит» над какой-то одной точкой земной поверхности. Справочные данные: радиус орбиты Луны – 384 тыс. км, период обращения Луны вокруг Земли – 27.3 сут.

Решение: Спутник, плоскость орбиты которого не совпадает с плоскостью экватора, не может постоянно находиться над одной и той же точкой земной поверхности. Следовательно, все геостационарные спутники находятся над экватором, при этом период обращения такого спутника вокруг Земли должен совпадать с периодом обращения Земли вокруг своей оси (т. е. равняться примерно 24 часам). По III закону Кеплера: $(T_L / T_C)^2 = (a_L / a_C)^3$; $a_C = a_L \cdot (T_C / T_L)^{2/3} = 384 \cdot 10^3 \cdot (1 / 27.3)^{2/3} = 42.4 \cdot 10^3$ км. Высота спутника над поверхностью Земли равна разности радиуса орбиты спутника и радиуса Земли, т.е. $42.4 - 6.4 = 36$ тыс. км. Примечание: альтернативные способы нахождения радиуса орбиты спутника (через обобщенный III закон Кеплера, решение задачи о равномерном движении по окружности и т.п.) при отсутствии ошибок также оцениваются полным баллом.

37. (10-11) Можно ли в Новосибирске наблюдать покрытие Полярной звезды Луной? Почему?

Решение: Нет, нельзя. Луна может закрывать только те звезды, которые находятся в плоскости орбиты Луны, которая почти совпадает с плоскостью орбиты Земли (т.е. с плоскостью эклиптики). Таким образом, Луна не может отходить далеко от зодиакальных созвездий. А так как Полярная звезда находится далеко от эклиптики, Луна никогда не сможет ее закрыть.

38. (10-11) Телескопу доступны звезды 18 звездной величины. Видна ли в него двойная звезда, каждая компонента которой имеет 19 звездную величину? Ответ обоснуйте.

Решение: По определению звездной величины звезда n -й величины ярче звезды $(n+1)$ -й величины в $100^{1/5} \approx 2.5$ раза. Две звезды 19 величины ярче одной звезды 19 же величины только в 2 раза. Следовательно, такая двойная слабее, чем звезда 18 величины, и телескопу недоступна.

39. (10-11) Компактное рассеянное звездное скопление состоит из 100 одинаковых звезд и с трудом видно на небе глазом как маленькое пятнышко. Какой видимый блеск имеет каждая из звезд.

Решение: Коль скоро скопление, как единое целое, с трудом видно глазом, можно считать, что его общий блеск такой же, как у одной звезды 6^m . Каждая отдельная звезда скопления в 100 раз слабее, такая разница соответствует пяти звездным величинам. В итоге, блеск одной звезды скопления составляет 11^m .

40. (11) Почему звезда становится ярче по мере того, как поднимается над горизонтом?

Решение: Атмосфера Земли поглощает свет звезд. Поглощение тем больше, чем более «толстый» слой атмосферы проходит свет. Чем выше поднимается звезда над горизонтом, тем меньший путь в атмосфере проходит ее свет, следовательно, тем меньше света поглощается и звезда кажется более яркой.

41. (11) Меркурий и Титан, спутник Сатурна, имеют примерно одинаковые массы и размеры, но у Титана есть довольно плотная атмосфера, а у Меркурия – нет. Как Вы думаете, почему?

Решение: То, что Титан и Меркурий имеют одинаковые размеры и массы, означает, что вторая космическая скорость, т. е. скорость, позволяющая телу улететь от поверхности навсегда, для них одинакова. Но в атмосфере Титана молекулы двигаются медленно, т. к. Титан расположен далеко от Солнца и температура его атмосферы мала, поэтому достаточно тяжелые молекулы в ней удерживаются. А в атмосфере Меркурия, если бы она была, молекулы двигались бы с намного большими скоростями, т. к. они сильнее бы разгонялись из-за нагрева близко расположенным Солнцем, поэтому Меркурий не способен удержать возле поверхности даже тяжелые молекулы.

VII. Справочные данные

Приведенные здесь справочные данные **должны быть выданы** каждому участнику любого этапа олимпиады **в печатном виде**. Таблицы могут быть сокращены, но вся справочная информация, необходимая для решения задач этапа, должна присутствовать.

§1. Основные физические и астрономические постоянные

Гравитационная постоянная $G = 6.672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$

Скорость света в вакууме $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Универсальная газовая постоянная $R = 8.31 \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$

Постоянная Стефана-Больцмана $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \text{ К}^{-4}$

Масса протона $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

Масса электрона $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$

Астрономическая единица $1 \text{ а.е.} = 1.496 \cdot 10^{11} \text{ м}$

Парсек $1 \text{ пк} = 206\,265 \text{ а.е.} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$

Постоянная Хаббла $H = 68 \text{ (км/с)/Мпк}$

§2. Данные о Солнце

Радиус $695\,000 \text{ км}$

Масса $1.989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$

Светимость $3.88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$

Спектральный класс G2

Видимая звездная величина -26.78^{m}

Абсолютная болометрическая звездная величина $+4.72^{\text{m}}$

Показатель цвета (B–V) $+0.67^{\text{m}}$

Эффективная температура 5800 К

Средний горизонтальный параллакс $8.794''$

Интегральный поток энергии на расстоянии Земли 1360 Вт/м^2

Поток энергии в видимых лучах на расстоянии Земли 600 Вт/м^2

§3. Данные о Земле

Эксцентриситет орбиты 0.017

Тропический год 365.24219 суток

Средняя орбитальная скорость 29.8 км/с

Период вращения $23 \text{ часа } 56 \text{ минут } 04 \text{ секунды}$

Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000 года: $23^\circ 26' 21.45''$

Экваториальный радиус 6378.14 км

Полярный радиус 6356.77 км

Масса $5.974 \cdot 10^{24} \text{ кг}$

Средняя плотность $5.52 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$

Объемный состав атмосферы: N_2 (78%), O_2 (21%), Ar (~1%).

§4. Данные о Луне

Среднее расстояние от Земли 384400 км

Минимальное расстояние от Земли 356410 км

Максимальное расстояние от Земли 406700 км

Эксцентриситет орбиты 0.055

Наклон плоскости орбиты к эклиптике $5^\circ 09'$

Сидерический (звездный) период обращения 27.321662 суток

Синодический период обращения 29.530589 суток

Радиус 1738 км

Масса $7.348 \cdot 10^{22}$ кг или 1/81.3 массы Земли

Средняя плотность $3.34 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$

Визуальное геометрическое альbedo 0.12

Видимая звездная величина в полнолуние -12.7^m

§5. Формулы приближённого вычисления

(величина x считается малой по сравнению с единицей; углы считаются в радианах)

$$\sin x \approx \operatorname{tg} x \approx x$$

$$\sin(\alpha+x) \approx \sin \alpha + x \cos \alpha$$

$$\cos(\alpha+x) \approx \cos \alpha - x \sin \alpha$$

$$\operatorname{tg}(\alpha+x) \approx \operatorname{tg} \alpha + x / \cos^2 \alpha$$

$$(1+x)^n \approx 1 + nx$$

§6. Физические характеристики Солнца и планет

Объект	Масса		Радиус		Плотность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к пл. орб.	Геометр. альbedo	Видимая звездная величина*
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли	$\text{г}\cdot\text{см}^{-3}$		градусы		
Солнце	$1,989 \cdot 10^{30}$	332946	695000	108,97	1,41	25,380 сут	7,25	-	$-26,8^m$
Меркурий	$3,302 \cdot 10^{23}$	0,05271	2439,7	0,3825	5,42	58,646 сут	0,00	0,10	$-0,1^m$
Венера	$4,869 \cdot 10^{24}$	0,81476	6051,8	0,9488	5,20	243,019 сут**	177,36	0,65	$-4,4^m$
Земля	$5,974 \cdot 10^{24}$	1,00000	6378,1	1,0000	5,52	23,934 час	23,45	0,37	-
Марс	$6,419 \cdot 10^{23}$	0,10745	3397,2	0,5326	3093	24,623 час	25,19	0,15	$-2,0^m$
Юпитер	$1,899 \cdot 10^{27}$	317,94	71492	11,209	1,33	9,924 час	3,13	0,52	$-2,7^m$
Сатурн	$5,685 \cdot 10^{26}$	95,181	60268	904494	0,69	10,656 час	25,33	0,47	$+0,4^m$

Уран	$8,683 \cdot 10^{25}$	14,535	25559	4,0073	1,32	17,24 час**	97,86	0,51	+5,7 ^m
Нептун	$1,024 \cdot 10^{26}$	17,135	24746	3,8799	1,64	16,11 час	28,31	0,41	+7,8 ^m

* — для наибольшей элонгации внутренних планет и среднего противостояния внешних планет ** — обратное вращение.

§7. Характеристики орбит планет

Планета	Большая полуось		Эксцентриситет	Наклон к плоскости эклиптики	Период обращения	Синодический период
	млн. км.	а. е.		градусы		сут
Меркурий	57,9	0,3871	0,2059	7,004	87,97 сут	115,9
Венера	108,2	0,7233	0,0038	3,394	224,70 сут	583,9
Земля	149,6	1,0000	0,0167	0,000	365,26 сут	-
Марс	227,9	1,5237	0,0934	1,850	686,98 сут	780,0
Юпитер	778,3	5,2028	0,0483	1,308	11,862 лет	398,9
Сатурн	1429,4	9,5388	0,0560	2,488	29,458 лет	378,1
Уран	2871,0	19,1914	0,0461	0,774	84,01 лет	369,7
Нептун	4504,3	30,0611	0,0097	1,774	164,79 лет	367,5

§8. Характеристики некоторых спутников планет

Спутник	Масса	Радиус	Плотность	Радиус орбиты	Период обращения	Геометрическое альbedo	Видимая зв. величина*
	кг	км	г/см ³	км	сут		
Земля							
Луна	$7,348 \cdot 10^{22}$	1738	3,34	384400	27,32166	0,12	-12,7 ^m
Марс							
Фобос	$1,08 \cdot 10^{16}$	~10	2,0	9380	0,31910	0,06	11,3 ^m
Деймос	$1,8 \cdot 10^{15}$	~6	1,7	23460	1,26244	0,07	12,4 ^m
Юпитер							
Ио	$8,94 \cdot 10^{22}$	1815	3,55	421800	1,769138	0,61	5,0 ^m
Европа	$4,8 \cdot 10^{22}$	1569	3,01	671100	3,551181	0,64	5,3 ^m
Ганимед	$1,48 \cdot 10^{23}$	2631	1,94	1070400	7,154553	0,42	4,6 ^m
Каллисто	$1,08 \cdot 10^{23}$	2400	1,86	1882800	16,68902	0,20	5,7 ^m
Сатурн							
Тефия	$7,55 \cdot 10^{20}$	530	1,21	294660	1,887802	0,9	10,2 ^m
Диона	$1,05 \cdot 10^{21}$	560	1,43	377400	2,736915	0,7	10,4 ^m
Рея	$2,49 \cdot 10^{21}$	765	1,33	527040	4,517500	0,7	9,7 ^m

Титан	$1,35 \cdot 10^{23}$	2575	1,88	1221850	15,94542	0,21	8,2 ^m
Япет	$1,88 \cdot 10^{21}$	730	1,21	3560800	79,33018	0,2	~11,0 ^m
Уран							
Миранда	$6,33 \cdot 10^{19}$	235,8	1,15	129900	1,413479	0,27	16,3 ^m
Ариэль	$1,7 \cdot 10^{21}$	578,9	1,56	190900	2,520379	0,34	14,2 ^m
Умбриэль	$1,27 \cdot 10^{21}$	584,7	1,52	266000	4,144177	0,18	14,8 ^m
Титания	$3,49 \cdot 10^{21}$	788,9	1,70	436300	8,705872	0,27	13,7 ^m
Оберон	$3,03 \cdot 10^{21}$	761,4	1,64	583500	13,46324	0,24	13,9 ^m
Нептун							
Тритон	$2,14 \cdot 10^{22}$	1350	2,07	354800	5,87685**	0,7	13,5 ^m

* — для полнолуния или среднего противостояния внешних планет

** — обратное вращение

VIII. Литература для подготовки

Задачники:

- В.Г. Сурдин. Астрономические олимпиады. Задачи с решениями. Москва, МГУ, 1995.
- В.Г. Сурдин. Астрономические задачи с решениями. Москва, Либроком, 2014.
- О.С. Угольников. Астрономия. Задачник. 10-11 классы. Москва, Просвещение, Центр «Сферы», 2018.
- А.М. Татарников, О.С. Угольников, Е.Н. Фадеев. Сборник задач по астрономии. 10-11 класс. Москва, Просвещение, 2018.
- Задачи Московской астрономической олимпиады. 1997-2002. Под редакцией О. С. Угольникова и В.В. Чичмаря. Москва, МИОО, 2002.
- Задачи Московской астрономической олимпиады. 2003-2005. Под редакцией О. С. Угольникова и В.В. Чичмаря. Москва, МИОО, 2005.
- Задачи Московской астрономической олимпиады. 2006-2015. Сборник под редакцией М.В. Кузнецова, Н.Ю. Подорванюка и О.С.Угольникова, 2015.

Учебники и справочники:

- Э.В. Кононович, В.И. Мороз. Общий курс астрономии. Москва, URSS, 2017.
- П.Г. Куликовский. Справочник любителя астрономии. Москва, Либроком, 2016.
- Б. А. Воронцов-Вельяминов, Е. К. Страут. Астрономия. 11 класс. Базовый уровень. - Москва: «Дрофа», 2016
- Б. А. Воронцов-Вельяминов. Астрономия: Учебное пособие для 10 класса средней школы - Москва: Просвещение, 1987
- Е. П. Левитан. Астрономия. Учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений. Москва: Издательство «Просвещение», 1994

IX. Календарь астрошкольника – 2018/2019

	Всероссийская олимпиада школьников	Другие астрономические олимпиады	Астрокурсы и астрошколы	
сентябрь	19? сентября – приказ о школьном этапе		17 сентября – 30 мая, каникулы с 30 декабря по 10 января: Курсы олимпиадной астрономии на площадках в школах города: 2 раза в неделю по 2 ч.	17 сентября – старт курсов в школах
				21-23 сентября – форум «СибАстро»
	28? сентября – школьный этап (астрономия)	30 сентября – Турнир Ломоносова		
октябрь		6-14 октября – Intern. Astronomy Olympiad		20? октября – разбор задач IAO
	25? октября – приказ о МЭ (даты, комиссия)	28 октября – I отборочный этап Всесибирской		Каникулы – интенсив перед МЭ
ноябрь	8 ноября – приказ о РЭ (даты, площадки)	3-11 ноября – Int. Olymp. Astronomy & Astrophysics		Каникулы – курсы для педагогов
	10? ноября – проходные баллы на МЭ			17? ноября – разбор задач IOAA
	21? ноября – муниципальный этап	23? ноября – очный отборочный тур СПбАО		24? ноября – открытый разбор МЭ
декабрь	6? декабря – приказ о ЗЭ (даты, место)	1-12 декабря – первый дистанционный тур МАО		
		15 декабря – 18 января: заочный тур СПбАО		
	28? декабря – приказ о РЭ (баллы, жюри)	20 декабря – 25 января – заочный этап Всесибирской		
2019				Точка нового года ;))
январь		5-15 января – второй дистанционный тур МАО		10-14? января – Зимняя астрошкола
				18-25 января – консультации к РЭ
	28? января – региональный этап			
февраль		4? февраля – теоретический тур СПбАО		5? февраля – открытый разбор РЭ
		10? февраля – теоретический тур МАО		
		15? февраля – финальный этап Всесибирской		
март	1? марта – проходные баллы на ЗЭ	4? марта – практический тур СПбАО		10-17 марта – интенсив перед ЗЭ
	23? марта – приказ о результатах РЭ	6? марта – наблюдательный тур МАО		
	20-25? марта – заключительный этап			20-25? марта – поездка на ЗЭ
апрель				
май	15? мая – приказ об итогах ВсОШ			
июнь	Поступление призёров в вузы мечты :)			

Актуальная версия календаря и запись на астрокурсы – https://vk.com/planetarium_astro