

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»
Кафедра инженерной физики

И.В. Галузо
А.А. Шимбалёв

АСТРОНОМИЯ

Сборник практических заданий

Витебск
ВГУ имени П.М. Машерова
2023

УДК 52(076)
ББК 22.6я7
Г16

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 8 от 28.06.2023.

Авторы: доцент кафедры инженерной физики ВГУ имени П.М. Машерова, кандидат педагогических наук, доцент **И.В. Галузо**; старший преподаватель кафедры физики и методики преподавания физики БГПУ имени Максима Танка **А.А. Шимбалёв**

Рецензенты:
заведующий кафедрой педагогики и образовательного менеджмента ВГУ имени П.М. Машерова, кандидат педагогических наук, доцент *Н.А. Ракова*;
директор Лицея ВГУ имени П.М. Машерова, учитель математики квалификационной категории «учитель-методист» *Н.В. Щеглова*

Г16 **Галузо, И.В.** **Г16** **Астрономия : сборник практических заданий / И.В. Галузо, А.А. Шимбалёв. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2023. – 100 с.**
ISBN 978-985-30-0057-3.

Сборник практических заданий дополняет учебно-методический комплекс по астрономии и содержит специфические практико-ориентированные задания, построенные на иллюстрациях учебника. Каждое задание снабжено ответами и комментариями, что в определённой мере достигается за счёт ссылок на интернет-ресурсы.

Представленные материалы расширяют и дополняют содержание школьного учебника по астрономии для 11 класса с русским языком обучения.

Данное издание предназначено для учащихся учреждений общего среднего образования, студентов, обучающихся по специальности «Физика (научно-педагогическая деятельность)», учителей астрономии и руководителей астрономических кружков и факультативов.

УДК 52(076)
ББК 22.6я7

ISBN 978-985-30-0057-3

© Галузо И.В., Шимбалёв А.А., 2023
© ВГУ имени П.М. Машерова, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Задания. Раздел 1. Введение	7
Ответы. Раздел 1. Введение	8
Задания. Раздел 2. Основы практической астрономии	10
Ответы. Раздел 2. Основы практической астрономии	14
Задания. Раздел 3. Движение небесных тел	20
Ответы. Раздел 3. Движение небесных тел	25
Задания. Раздел 4. Сравнительная планетология	32
Ответы. Раздел 4. Сравнительная планетология	40
Задания. Раздел 5. Методы исследования небесных тел	55
Ответы. Раздел 5. Методы исследования небесных тел	58
Задания. Раздел 6. Солнце – дневная звезда	62
Ответы. Раздел 6. Солнце – дневная звезда	65
Задания. Раздел 7. Звёзды	70
Ответы. Раздел 7. Звёзды	75
Задания. Раздел 8. Строение и эволюция Вселенной	81
Ответы. Раздел 8. Строение и эволюция Вселенной	89
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	98
ЛИТЕРАТУРА	99

ВВЕДЕНИЕ

Традиционный учебный процесс в школе когда-то строился в основном на программах и учебниках. Сегодня рядом с этими основополагающими атрибутами учителей и школьников обязательно «соседствуют» различные дидактические и методические пособия. Главным является то, чтобы ученик ощущал надобность знаний, их практическую необходимость с одновременным совмещением минимизацией времени и усилий на их получение. Таким образом, совершенствование учебного процесса – явление постоянное и динамическое. Перед педагогом и школой в целом постоянно стоит задача сделать образовательный процесс более рациональным, доступным и эффективным.

Что касается астрономии, то в структуру учебно-методического комплекса входят астрономические карты и атласы, *сборники количественных и качественных задач*, тесты, разного рода таблицы, хрестоматии и справочники, рабочие тетради, методические пособия и руководства для учителя, демонстрационное приборное оборудование и т.д. [1]. Таким образом, астрономический учебно-методический комплекс составляет основу подготовки учителя и успешности его учеников.

Школьник, работая с учебником [2], обычно знакомится с особо структурированным текстом параграфа (акцентуация текста цветовой маркировкой, выделение шрифтами, подчёркиванием, работа с цветовым решением рисунков и др.). На этом ученическая деятельность не заканчивается. Логическим этапом изучения материала является индивидуальный или коллективный разбор практических вопросов и заданий в виде качественных и расчётных задач. Как мы помним, текст учебника обязательно сопровождается рисунками, схемами и таблицами, законами и формулами, без которых не обходится ни один учебник естественно-научного профиля.

Всегда интуитивно и непроизвольно учащиеся обращают внимание на иллюстрации (тем более что они красочные и информативные). Как правило, рисунки учебников несут значительный объём информации, иногда ускользающий от внимания школьника.

В данном сборнике показаны принципы одного из способов расширения возможностей графического контента из учебника путём совмещения рисунков следующими способами: *внедрения специфических заданий; применения динамического дополнения* к текстовому и графическому контенту, благодаря интеграции с интернетом и медийными средствами. Динамическая связь иллюстративной части контента учебника с интернетом осуществляется посредством URL-ссылок и QR-кодов, которые уже довольно широко используются в образовательном процессе. Нами параллельно с QR-кодами приводятся URL-адреса сайтов и страниц, что позволяет читателю выбрать удобный поиск информации. После следует краткая аннотация о содержании статьи на сайте или описание видео [3; 4].

Использование QR-кодов позволяет сделать образовательный процесс мобильным и не привязанным к определённому месту, т.е. можно заниматься в дистанционном режиме. Тем более что работа с учебником и астрономическими картами зачастую предполагает индивидуальный темп работы.

Данные приёмы обеспечивают значительное расширение типографских возможностей учебника. Более того, обращение в заданиях сборника к иллюстрациям непринуждённо заставляет ученика вновь обратиться к «спрятанной» информации на рисунках [5; 6].

Следует ещё раз обратить внимание учителя на дополнительный этап работы с учебником, когда между теорией и практикой происходит оперативное включение дополнительных материалов интернета. «Оживление» и переход в динамический режим рисунков из учебника, знакомство с невербальными материалами (видео, анимированные изображения, статьи из популярных журналов и др.) помогают школьникам самостоятельно работать не только на уроках, но и в процессе внеурочной деятельности и при подготовке к урокам дома. Задания, которые могут вызвать некоторые затруднения у школьников при их выполнении и несколько выходящие за рамки учебника, помечены специальным значком (*). В основном это те которые, требуют обращения к дополнительной литературе и справочникам в большинстве случаев по химии, физике, математике. Приведенные ответы к заданиям максимально помогают ученикам сориентироваться в поиске информации на поставленные вопросы. Дополнительные материалы, фрагменты видео и статьи из интернета желательно обсуждать с учащимися в форме внеклассных мероприятий (тематических конференций, викторин, обзорных уроков и т.п.).

Учебник предлагает только текст с иллюстрациями, а данный сборник расширяет и дополняет его возможности из-за целенаправленной и дозированной интернет-информации. Ещё один аспект работы с учебником и практическими материалами – применение в необходимых случаях астрономических атласов и карт.

Авторы стремились показать в заданиях пособия, что иллюстрации учебника не только сопровождают текст, но и призывают читателя больше узнать об объектах, изображённых на фотографиях и рисунках, что в конечном итоге мотивирует интерес к данным элементам познания. Зачастую в расширенных ответах и комментариях указывается на интересную и познавательную информацию, «спрятанную» за внешним фасадом рисунков: увидеть уже не статическое изображение из учебника, а развить их (изображения) в движении, динамике, объёме или важном цветовом решении. Например, нельзя без помощи электронных помощников показать многообразие, детали и подробности гравюр Гевелия или карт Целлариуса, грануляцию на Солнце или анимацию орбитальных движений планет и их спутников.

Акцентирование внимания на проблему расширения работы с графическим контентом стандартного учебника оправдано тем, что в сравнительно небольшом объёме книги (207 страниц) содержится 172 рисунка, 13 встроенных в текст таблиц (не считая диаграмм на форзацах и таблиц в приложениях). Учителю не следует упускать возможности «скрытых» в этих материалах дидактических резервов.

Применение электронных средств в образовании нужно рассматривать как мощный педагогический приём, расширяющий возможности обучения. Это средство передачи знаний, привязанное к определённой предметной области.

Оптимальная модель использования новых технологий в системе образования – это умное и умелое сочетание общения с коммуникацией в цифровом ми-

ре. Это ни в коем случае не игнорирование роли учебника (и даже не замена преподавателя) его электронными аналогами [3].

Сегодня информационно-коммуникационные технологии – это уже не только персональный стационарный компьютер со стандартной периферией, модемом, принтером, интернетом и рядом офисных и прикладных программ. Данная область стала значительно обширнее благодаря появлению гаджетов – небольших электронных устройств, применяемых в разных сферах человеческой деятельности (смартфоны, планшеты, игровые приставки, очки для дополненной и виртуальной реальности, а также многое другое).

Постепенно мобильные устройства проникают и в сферу образования. Проблемы человеко-компьютерного взаимодействия в настоящее время становятся всё более актуальными. По крайней мере, в сложившейся ситуации нельзя отмахнуться от использования гаджетов в учебном процессе [7].

Предварительная апробация наших материалов показала удобство и эффективность применения комплексных заданий на основе использования учебника астрономии совместно с информационными технологиями.

Сборник практических заданий имеет 8 разделов, то есть он тематически построен по структуре аналогичной учебнику. Все задания соответствуют нумерации рисунков и страниц. Для оперативной работы со сборником задания дублируются монохромными миниатюрами. Рекомендуется использовать данное издание совместно с учебником и астрономическим атласом.

Задания. Раздел 1. Введение



Рисунок 1



Рисунок 2

Задание 1-1. Наблюдение предутреннего восхода Сириуса в Древнем Египте [с. 5, рис. 1].

Сириус (α Большого Пса) – самая яркая звезда в небе. Как называлась эта звезда раньше? Кратко опишите исторические сведения об этой звезде. Когда лучше наблюдать эту звезду с территории Беларуси?

***Задание 1-2. Стоунхендж – древняя астрономическая площадка [с. 5, рис. 2].**

Попробуйте собрать сведения о древних астрономических площадках. Постарайтесь ответить на вопрос: «Какие астрономические явления можно было наблюдать с помощью этого сооружения?». Сделайте доклад или напишите реферат на эту тему.

Задание 1-3. Один из крупнейших оптических телескопов мира [с. 9, рис. 3].

Сохранился журнал наблюдений Галилея, в котором он регулярно вёл записи о наблюдениях Юпитера и других планет. Простейшим телескопом Галилей открыл четыре спутника Юпитера и фазы Венеры. Какие возможности дают современные оптические телескопы?

Задание 1-4. 100-метровый радиотелескоп [с. 9, рис. 4].

Какие главные астрономические открытия были сделаны с помощью радиотелескопов?

Задание 1-5. Вспышка на Солнце. Фотография NASA [с. 11, рис. 5].

По фотографии определите: на какую высоту поднялся протуберанец над хромосферой Солнца?



Рисунок 3



Рисунок 4



Рисунок 5

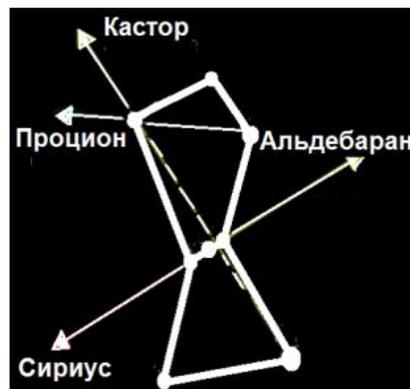
Ответы. Раздел 1. Введение

Ответ 1-1

Название Сириус происходит от латинского слова, обозначающего «светиться». Первые упоминания о звезде относятся ещё к 7 веку. У Сириуса в разных странах есть более 50 обозначений. Сириус в Древнем Египте называлась звездой Сотис и олицетворяла собой богиню земледелия Исиду.

Увидеть Сириус лучше зимой и ранней весной, когда звезда наблюдается в самое удобное время – по вечерам. Примерно с мая по август наступает «мёртвый сезон», когда Сириус вообще не виден на небе

Главный ориентир при поиске Сириуса – созвездие Ориона (вернее, его часть – астеризм Ориона, называемый Пояс Ориона). Когда созвездие Ориона находится в южной части неба, то Пояс Ориона находится под наклоном к горизонту (проверьте по карте звёздного неба). Если продлить линию, соединяющую звёзды пояса, то воображаемая линия укажет на Сириус, а также на другие яркие звёзды – см. рисунок..



Данные: web-страница. Википедия, проект «Астрономия» – <https://clck.ru/KYegi>.



В статье приводятся воззрения древних египтян на созвездия, планеты, календари и другие астрономические явления. Восходы Сириуса сопровождалась празднествами. В древнеегипетских надписях сохранились данные о восходе Сириуса.

Ответ 1-2

Ключевым камнем сооружения был так называемый «Солнечный» или «Пяточный камень». Точно над ним восходит Солнце в день летнего солнцестояния. Анализ точного положения отдельных элементов Стоунхенджа и образованных ими визирных линий по различным азимутам показал, что это сооружение с весьма высокой точностью фиксирует основные точки восхода и захода Солнца в разные сезоны года (с учётом наклона эклиптики) и Луны (с учётом наклона её орбиты). С его помощью можно не только наблюдать движение светил по небу и вести точный календарь, но и предсказывать затмения.



Данные: web-страница, цикл статей «Звёздный каталог» – <https://clck.ru/33T4MF>.

В статье представлены схема, реконструкция, исследования и загадки Стоунхенджа, который строили пятьдесят поколений людей в течение полутора тысяч лет.

Ответ 1-3

Существует несколько типов оптических телескопов. В телескопах-рефракторах, где используется преломление света, лучи от небесных светил собирает линза (или система линз). В телескопах-рефлекторах используется вогнутое зеркало, способное фокусировать отраженные лучи. В зеркально-линзовых телескопах изображение светил даёт комбинация зеркала и линз.

С помощью телескопов производятся не только визуальные и фотографические наблюдения, высокочастотные фотоэлектрические и спектральные наблюдения. Телескопы, приспособленные для фотографирования небесных объектов, называются астрографами. Фотографические наблюдения имеют ряд преимуществ перед визуальными. К основным преимуществам относятся: документальность – способность фиксировать

происходящие явления и процессы, а также долгое время сохранять полученную информацию.



Данные: web-страница. По материалам сайта astrobel.ru – <https://clck.ru/UhF9V>.

На странице приводятся астрономические события каждого календарного месяца. Рассматриваются самые большие телескопы в мире (с фотографиями). БТА, GTC, SALT, LBT, Кеск, Субару, Хобби-Эберли, VLT. Дается краткое описание, расположение, дата постройки и некоторые их технические характеристики.

Ответ 1-4

Радиотелескоп работает по тому же принципу, что и оптический, только вместо видимого света он улавливает радиоволны. Благодаря радиоволнам астрономы узнали о температуре поверхности Венеры, которая, как теперь известно, составляет в среднем 460 градусов Цельсия. Радиотелескопы также помогли узнать больше о скорости вращения, строении атмосферы и особенностях поверхности планеты-соседки.

В 1974 году был открыт первый пульсар. Учёные использовали гигантский радиотелескоп при обсерватории «Аресибо».

Радиотелескопы видят около 10% известных квазаров или «квазизвездных радиосточников» в космосе. Эти объекты излучают огромное количество энергии, а при наблюдении в оптические телескопы они похожи на обычные звезды; отсюда и название квазизвездные.



Данные: web-страница. Проект «School-collection» – <https://clck.ru/UggYz>.

В статье «Радиоастрономия» рассматривается сравнение радиотелескопа с оптической астрономией, дается историческая справка, рассматриваются типы радиотелескопов.

Ответ 1-5

Соотнесите высоту протуберанца на рисунке с диаметром Солнца в масштабе и получите ответ. Чаще всего эруптивные протуберанцы поднимаются до высот 100 – 500 тыс. км, но в отдельных случаях даже 1,5 млн. км. Наиболее типичными для них являются скорости движения вещества 100 – 300 км/с.



Данные: видео, 04 мин, 17 с. NASA – <https://youtu.be/WdaJjzxBAE>.

Солнечные вспышки являются причиной внешних магнитных аномалий на Земле. Аэрокосмическое управление США периодически публикует видеозаписи таких эпизодов на Солнце. Произошедшая вспышка 19 июля 2012 года показывает, насколько красивыми могут быть астрономические события, невидимые невооруженным глазом.

Во время съёмки камера аппарата делала один снимок каждые 12 секунд, частота кадров видео составляет 30 кадров в секунду. Таким образом, каждая секунда видео соответствует шести минутам реального времени.

Задания. Раздел 2. Основы практической астрономии

Задание 2-1. Фрагмент небесного атласа А. Целлариуса с изображением созвездий [с. 13, рис. 6].

На рисунке помещен фрагмент из астрономического атласа А. Целлариуса («Harmonia Macrocosmica», 1660 г.). Назовите несколько созвездий, изображённых на этом рисунке.



Рисунок 6

Задание 2-2. Созвездие Кассиопеи. Гравюра из атласа Гевелия [с. 13, рис. 7].

Почему Ян Гевелий отдавал предпочтение зеркально–перевернутым звёздным картам, которые показывали созвездия не так, как они есть на самом деле, а видимыми из некоторой воображаемой точки «извне» небесной сферы?

Задание 2-3. Созвездие Кассиопеи в представлении белорусов [с. 13, рис. 8].

Как называли это созвездие у других народов? Какие яркие звёзды показаны на рисунке созвездия Кассиопеи? С помощью астрономического атласа найдите их названия и приведите характеристики. Когда можно наблюдать это созвездие?

Задание 2-4. Схема взаимного расположения главных созвездий и ярких звёзд [с. 14, рис. 9].

Среди главных созвездий северного полушария находится Малая Медведица. Какой исключительной особенностью отличается одна из звёзд этого созвездия? Как найти эту звезду на небе?



Рисунок 7



Рисунок 8

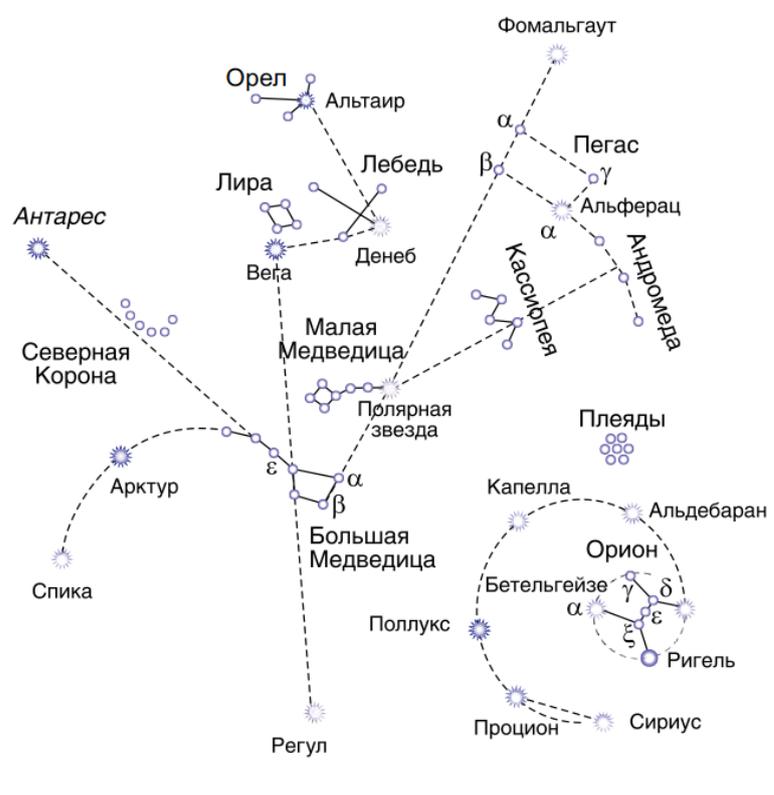


Рисунок 9



Рисунок 10

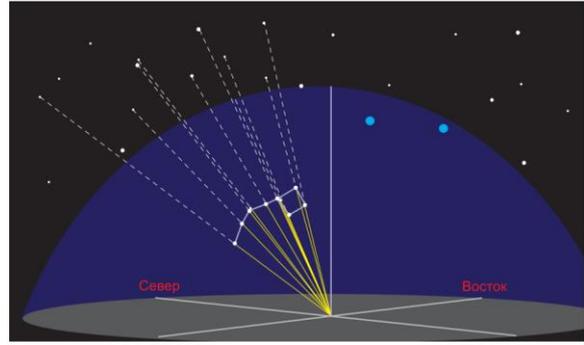


Рисунок 11

Задание 2-5. Суточные дуги светил в полярной области неба [с. 15, рис. 10].

Определите время экспозиции на данной фотографии.

Учтите, что экспозиция – это интервал времени, в течение которого свет экспонирует участок светочувствительного материала или светочувствительной матрицы.

***Задание 2-6. Схема проецирования звёзд в созвездии Большой Медведицы [с. 16, рис. 11].**

Нам кажется, что все звёзды расположены на некоторой сферической поверхности неба и одинаково удалены от наблюдателя. На самом деле они находятся от нас на различных расстояниях. Поэтому воображаемую поверхность небосвода стали называть небесной сферой. По смоделированному рисунку оцените какая из звёзд Большой Медведицы наиболее удалена от нас?

***Задание 2-7. Небесная сфера [с. 17, рис. 12].**

Как будет выглядеть на чертеже небесная сфера в проекции на плоскость горизонта?

Задание 2-8. Эклиптика [с. 18, рис. 13].

По рисунку поясните, каким образом разделяется звёздное небо на северный и южный полюса.

Задание 2-9. Горизонтальная система координат [с. 19, рис. 14].

При астрономических наблюдениях необходимо уметь находить на звёздном небе нужное светило. По какому принципу строится горизонтальная система координат?

Какие её преимущества и недостатки?

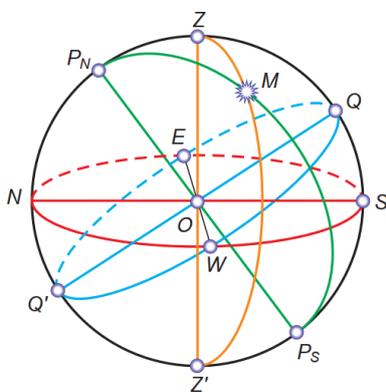


Рисунок 12

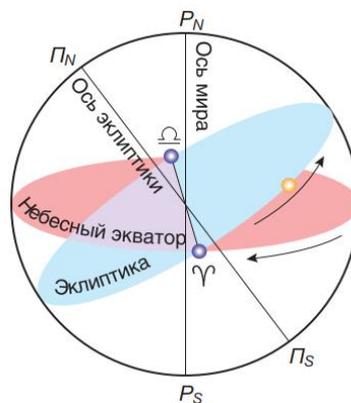


Рисунок 13

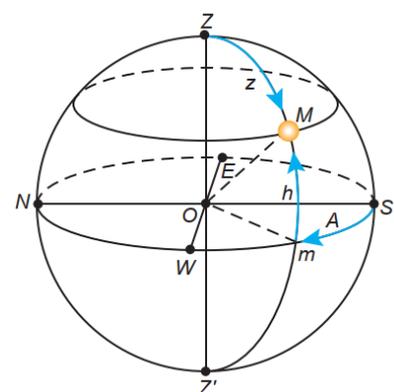


Рисунок 14

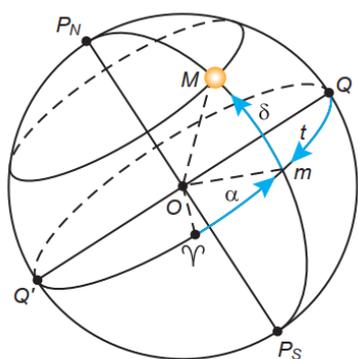


Рисунок 15

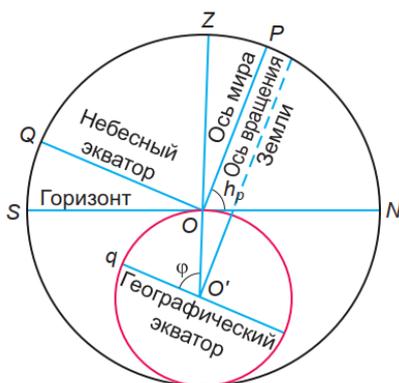


Рисунок 16

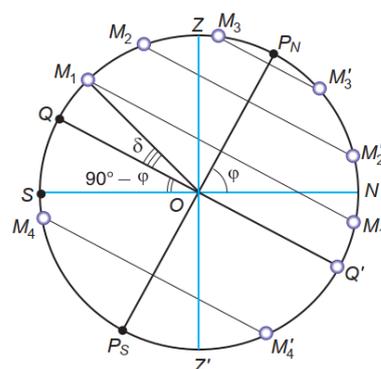


Рисунок 17

Задание 2-10. Экваториальная система координат [с. 20, рис. 15].

В отличие от горизонтальной системы небесных координат, где за основную плоскость принят истинный горизонт небесной сферы в экваториальной системе небесных координат основной плоскостью является плоскость небесного экватора, а полюсами – полюсы мира. Каковы особенности этой системы координат?

Задание 2-11. Высота полюса мира над горизонтом [с. 22, рис. 16].

Чем отличаются истинный, математический и видимый горизонты друг от друга?

Задание 2-12. Кульминация светил [с. 24, рис. 17].

Кульминация – прохождение центра светила через небесный меридиан в процессе его суточного движения. Проанализируйте рисунок и скажите, как часто в течение суток светила могут пересекать небесный меридиан? Есть ли на Земле место, где звёзды не кульминируют?

Задание 2-13. Причины изменения длительности солнечных суток [с. 27, рис. 18].

Истинные солнечные сутки – это промежуток времени, за который Земля совершает один оборот вокруг своей оси по отношению к Солнцу.

Изучите рисунок и аргументируйте одну из причин изменения истинной длительности солнечных суток.

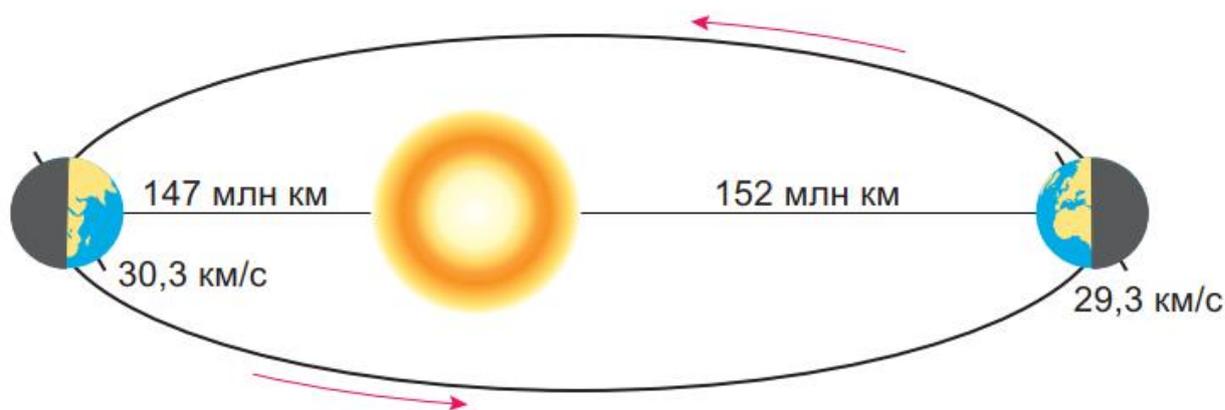


Рисунок 18

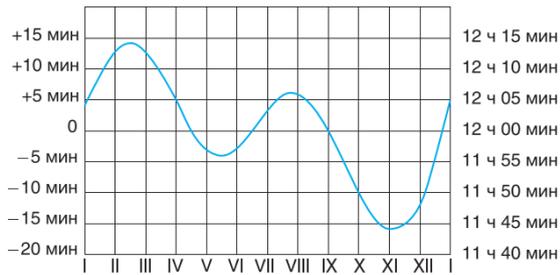


Рисунок 19



Рисунок 20

Задание 2-14. График уравнения времени [с. 28, рис. 19].

Как была установлена разница между средними солнечными сутками и истинными солнечными сутками?

***Задание 2-15. Антикитерский механизм [с. 31, рис. 20].**

Найденный механизм датируется приблизительно второй половиной II века до нашей эры (по некоторым оценкам – до 205 года до н. э.). Действительно ли воссозданная модель механизма могла применяться для астрономических целей?

***Задание 2-16. Древнеримский календарь. [с. 32, рис. 21].**

Рисунок древнеримского календаря сделан на основе сохранившейся каменной таблички. Как был устроен этот календарь? Что означают надписи на календаре?

Задание 2-17. Медаль, выпущенная в память о введении григорианского календаря [с. 33, рис. 22].

Что изображено и написано на сторонах медали?

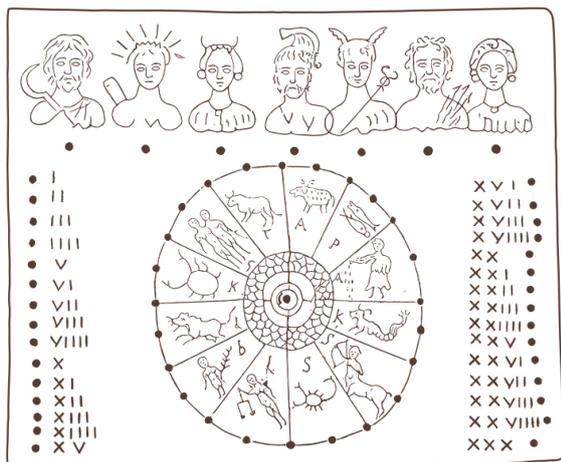


Рисунок 21



Рисунок 22

Ответы. Раздел 2. Основы практической астрономии

Ответ 2-1

В средние века астрономические карты выходили под названиями: небесная картография, уранография, астрография или звездная картография. На фрагменте небесного атласа изображены созвездия (Рак, Жираф, Муха, Треугольник, Овен и др.).



Данные: web-страница. Проект «астромиф». История и мифология созвездий – <http://www.astromyth.ru/History/Cellarius.htm>.

На странице сайта показаны некоторые листы из небесного атласа Андреаса Целлариуса «*Harmonia Macrocosmica*» (1660 год). Атлас был создан на учениях известных астрономов и астрологов того времени. В картах описаны движение Солнца и Луны, взаимодействие галактических систем. Это самый красивый небесный атлас из всех когда-либо изданных. Все цветные листы атласа хранятся в библиотеке Университета Амстердама.

Ответ 2-2

Обычно в астрономии созвездия изображались на небесных глобусах в соответствии с требованиями геометрии. Шарообразный глобус – это модель небесной сферы. Плоские карты по сравнению с глобусами имеют главное преимущество: помимо их удобства в обращении, они отображают реальную картину звёздного неба. Видимо, Гевелий изображал небо на плоских рисунках, сохранив манеру изображений на глобусе и плоского изображения, что отразилось на несколько неудобном восприятии зеркально-перевернутых гравюр?

Ян Гевелий оставил весьма весомый вклад в развитие астрономии, но его имя чаще всего связывают с превосходными гравюрами из его «Уранографии». По крайней мере, каждый любитель астрономии знаком хотя бы с одной из его знаменитых гравюр в учебниках, исторических и популярных книгах по астрономии.

В то время небесные глобусы были всё ещё достаточно распространены, поэтому Гевелий хотел соблюсти гармонию плоских карт с глобусами.

Данные: web-страница – <http://www.sai.msu.ru/amateur/art/painting/index.html>.

Биография и атлас звёздных карт Яна Гевелия (56 гравюр) представлен на сайте. На рисунках обратите внимание на расположение изображений с персонажами созвездий.



Ответ 2-3

У белорусов это созвездие «Косцы» – люди с косами, заготавливающие сено на лугу. В некоторых арабских рукописях это созвездие называется «Сидящая женщина». В греческой мифологии Кассиопея – жена Кефея, мать Андромеды. Исторически сложившимся образом Кассиопеи является царствующая женщина на троне, по этой причине узнаваемый звёздный астеризм также называют «Трон».

У Кассиопеи пять навигационных звёзд: Нави (γ Cas); Шедар (α Cas); Каф (β Cas); Рукба (δ Cas); Сегин (ϵ Cas): у которой имеется «тезка» и также называется звезда в созвездии Волопаса, γ Boo).

Лучшее время для наблюдения Кассиопеи – осень. В это время года по вечерам созвездие располагается высоко над восточным горизонтом. В ноябре, декабре и январе созвездие Кассиопея находится на небе почти в зените. Это лучшее положение для наблюдения туманностей, звёздных скоплений и других объектов глубокого космоса в телескоп. В феврале и марте созвездие Кассиопеи клонится к горизонту на западе. При

этом рисунок астеризма находится фактически на боку. Это нужно учитывать при поиске созвездия.



Данные: web-страница. Сайт «Астронет» – <https://clck.ru/UhFGL>.

Ряд более ярких созвездий звёздного неба в Беларуси называли Ильёв Воз, Малый Воз, Пахарь, Сито. Кассиопея – Касцы (косцы, косари). Воображаемые косари косят на небе звёздные колосья. В одной из многих весенних песен есть сравнение между звёздами на небе и копнами на земле.

Ответ 2-4

Полярная звезда всегда находится над северной точкой горизонта в северном полушарии, что позволяет использовать её для ориентации на местности. В фольклоре народов мира название Полярной звезды подчеркивалось её неподвижность, исключительность. Наблюдая движение небесных светил вокруг полярной звезды, древние считали её полководцем, повелителем всех звёзд.

Чтобы найти Полярную звезду, сначала необходимо найти самую характерную конфигурацию звёздного неба: семь ярких звёзд – созвездие Большой Медведицы, напоминающее ковш, затем через две звезды (α и β – Дубхе и Мерак) «стенки» ковша, противоположной «ручке», мысленно провести линию, на которой отложить пять раз расстояние между этими крайними звёздами. Примерно в конце этой линии и находится Полярная звезда. Направление на Полярную звезду совпадает с направлением на север, а её высота над горизонтом совпадает с широтой наблюдателя. Большая Медведица служит ориентиром для нахождения ряда других созвездий и ярких звёзд (направления поиска отмечены пунктиром на рисунке учебника).



Данные: видео, 13 мин, 50 с. You Tube. Проект «Заочная астрономическая школа» – <https://youtu.be/1LilWQVDtAA>.

Фильм знакомит с околополярными созвездиями и их характеристиками. Объяснения диктора сопровождаются титрами. Фильм удобно просматривать одновременно с фрагментами звёздной карты.

Ответ 2-5

Все светила перемещаются по небу, совершая один оборот за сутки. Связано это с вращением Земли. Светила восходят на восточной стороне неба, а заходят на западной. Если наблюдать ясной ночью звёзды в северной части неба, то можно заметить, что они описывают концентрические круги с центром в точке, близкой к Полярной звезде Малой Медведицы.

Существует два способа фотографирования звёздного неба. В первом случае звёзды представлены как отдельные точки, т.е. примерно так, как мы их видим в реальной жизни. Для получения подобных фотографий используются сравнительно короткие (по ночным меркам) выдержки – примерно до 30 с. Во втором случае используются очень длинные выдержки – до нескольких часов.

Если неподвижным фотоаппаратом сфотографировать околополярную область неба при большой выдержке, то в результате получается, что каждая звезда оставляет след в виде дуги. Чем продолжительнее экспозиция, тем более длинную дугу оставляет звезда. Центр всех дуг оказывается рядом с Полярной звездой.

Итак, чем продолжительнее экспозиция, тем большую дугу на фотографии очерчивает звезда. Любая из дуг составляет одну и ту же часть своей окружности. Например, при фотографировании с двухчасовой экспозицией длина дуги равна $1/12$ окружности.



Данные: web-страница. Сайт normpost.ru – проект «Природа» – <https://clck.ru/UejGo>.

На сайте представлены снимки с длинной выдержкой, которые превращают фотографии в картины импрессионистов. Фотограф запечатлел движение звёзд по ночному небу, используя длинную выдержку (до 15 часов). Съёмки осуществлены около озера Эппалок (Австралия).

Ответ 2-6

Судя по рисунку, наиболее удалённой от нас звездой является крайняя из звёзд на «ручке» «ковша». Забегая вперёд по страницам учебника (§ 22), можно увидеть, что для измерения расстояния до звёзд используют специальную единицу измерения: парсек – это расстояние, с которого радиус земной орбиты был бы виден под углом в 1". Во многих астрономических таблицах и справочниках указываются расстояния до звёзд (см. например, «Справочник любителя астрономии», П.Г. Куликовский – книга представлена в формате DjVu; <https://clck.ru/33e7AK> (см. QR- код).



Ответ 2-7

При выполнении чертежа учтите, что проекцией какой-либо точки A на какую-либо плоскость является точка пересечения плоскости и перпендикуляра, опущенного из точки A к плоскости. Проекцией отрезка, перпендикулярного к плоскости, является точка. Проекцией круга, параллельного плоскости, является такой же круг на плоскости, проекцией круга, перпендикулярного к плоскости, является отрезок, а проекцией круга, наклоненного к плоскости, является эллипс.

Ответ 2-8

Небесный экватор представляет собой окружность, чья плоскость перпендикулярна оси мира. Он является астрономической границей, которая разделяет между собой северный и южный полюса.

Ответ 2-9

Положение светила на небесной сфере ориентируют относительно истинного горизонта. В горизонтальной системе небесных координат за основную плоскость принимается плоскость истинного горизонта, а полюсами, соответственно, являются зенит и надир (самая верхняя и с самая нижняя точки) небесной сферы. Положение светила в горизонтальной системе координат определяется азимутом (A) и высотой (h) светила. Горизонтальные координаты светил непрерывно и неравномерно изменяются вследствие суточного вращения Земли. Они изменяются также и с переменой места наблюдателя. Однако горизонтальные координаты удобны тем, что их можно непосредственно измерить с помощью специальных приборов и по ним легко можно представить положение светила на небесной сфере.

Горизонтальная система координат применяется при наблюдениях звёзд и движения небесных тел Солнечной системы на местности невооружённым глазом, в бинокль или телескоп с азимутальной установкой. Горизонтальные координаты не только планеты и Солнца, но и звёзд непрерывно изменяются в течение суток ввиду суточного вращения небесной сферы.

Ответ 2-10

Экваториальная система небесных координат является более практичной по сравнению с горизонтальной. Она имеет большое практическое значение в авиационной астрономии. С этой системой связано измерение времени и определение места самолета, т.е. решение главных вопросов практической авиационной астрономии.

Для построения звёздных карт и составления звёздных каталогов за основной круг небесной сферы удобно принять круг небесного экватора. Небесные координаты, в системе которых основным кругом является небесный экватор, называются экваториальной системой координат. В этой системе координатами служат склонение (δ) и прямое восхождение (α).

Ответ 2-11

Понятие «горизонт» используется не только в астрономии, но и в различных областях человеческой деятельности: в географии, строительстве, военном деле, дизайне, архитектуре, изобразительном искусстве, даже как образное выражение о познаниях индивидуального человека.

Истинный (или его ещё называют математический) горизонт нельзя смешивать с видимым горизонтом. Первый находится на небесной сфере и является кругом, второй лежит на земной поверхности и на пересечении местности имеет самую разнообразную форму. Поэтому истинный горизонт является границей, ниже которой светила не видны. Особое свойство небесной сферы позволяет считать плоскость истинного горизонта касательной к земной поверхности в месте наблюдения. Астрономический (истинный или математический) горизонт – это воображаемый круг, расположенный на небесной сфере в той сфере, где нужны точные расчеты местонахождения и движения объектов. Итак, астрономический горизонт – большой круг небесной сферы, плоскость которого перпендикулярна к отвесной линии, проходящей через центр небесной сферы.

Видимый горизонт – это и есть граница между небом и землей. Очевидно, что чем выше мы находимся над поверхностью земли, тем сильнее отдалается от нас видимый горизонт. Поднимаясь вверх, мы как бы заглядываем за него, а горизонт убегает. В судовой практике очень важно знать расстояние от точки расположения наблюдателя до горизонта. Эта величина рассчитывается по теореме Пифагора, а за исходные данные берутся высота точки наблюдения и радиус Земли. Были разработаны таблицы, в которых указано расстояние до горизонта при разных высотах подъема точки наблюдения. Однако данный алгоритм пригоден только для высот, не превышающих 100 км, дальше результаты сильно искажаются.

Ответ 2-12

В течение суток все светила дважды пересекают небесный меридиан. Момент пересечения небесного меридиана называется кульминацией светила. На полюсах звёзды не кульмируют.

Ответ 2-13

Промежуток времени между двумя последовательными одноименными кульминациями Солнца (точнее, центра солнечного диска) на одном и том же географическом меридиане называется истинными солнечными сутками. За начало истинных солнечных суток на данном меридиане принимается момент нижней кульминации Солнца (истинная полночь). Как выяснилось, продолжительность истинных солнечных суток – величина непостоянная. Причины, которые вызывают непостоянство истинных солнечных суток можно отметить при сравнении рисунков учебника 13 и 18:

- 1) Солнце движется на небесной сфере не по экватору, а по эклиптике;
- 2) движение Солнца не является равномерным.

Благодаря действию обеих причин продолжительность истинных суток, например, 22 декабря на 50-51 секунду меньше, чем 23 сентября. Непостоянство продолжительности истинных солнечных суток не позволяет использовать их для счета времени в повседневной жизни. В повседневной жизни применяется среднее солнечное время. Вывод: измерение времени истинными солнечными сутками просто, но пользоваться им в повседневной жизни неудобно.

Ответ 2-14

Наше гражданское время основано на солнечном времени. Когда Солнце пересекает меридиан наблюдателя, в этот момент время равно 12:00. Однако, действительное время пересечения Солнцем местного меридиана изменяется в течение года на величину примерно 16 минут (как это видно из графика) вследствие эллиптичности земной орбиты и наклона Земной оси в 23.5° относительно эклиптики. Четыре раза в год уравнение времени равно нулю.

Измерение времени было важной астрономической задачей с момента зарождения астрономии. Ещё в пятом веке нашей эры люди заметили, что солнечное время было неточным в течение года по сравнению с тем, что показывали другие измерительные приборы. Однако, до шестнадцатого века часы не были достаточно точными, чтобы это представляло реальную проблему.

В середине семнадцатого века ситуация изменилась: появились маятники и усовершенствованные часы с балансировыми пружинами. Теперь хронометры были достаточно точны, чтобы определить разницу между истинным и средним временем на разных этапах в течение года. Кроме традиционного графического представления (в виде графика или analemma) уравнение времени часто используется в виде таблиц и аналитических формул.



Данные: видео, 13 мин, 14 с. You Tube. Проект «Пост Наука» – <https://www.youtube.com/watch?v=bcWUxyzRZwl>.

График уравнения времени дополняется популярной лекцией астронома В.Г. Сурдина (ГАИШ МГУ) «Астрономические способы измерения времени».

Ответ 2-15

Показанное на рисунке механическое устройство было поднято в 1901 году с древнего судна недалеко от греческого острова Антикитера. Предполагается, что корабль шёл с острова Родос, где во II веке до нашей эры жил и работал известный греческий астроном и математик Гиппарх Никейский. Устройства, аналогичные антикитерскому механизму, упоминаются в ряде литературных старинных произведений, написанных начиная с около 300 года до нашей эры. В наше время уже в ходе первых осмотров прибора стало ясно, что «астролябия», как некоторые изначально называли этот сложный прибор, была гораздо более продвинутой, чем любые известные астролябии.

Известны шестерёночные календари византийского и исламского периодов экспонируются в ряде музеев мира. Например, в Лондонском музее науки хранятся фрагменты подобного устройства VI века нашей эры. О «лунном коробе» сообщает аль-Бируни в «Элементарном трактате об искусстве астрологии» (X век н. э.). Прибор был предназначен для определения фаз Луны, положения Луны и Солнца. «Короб» показывал часы, дни недели и знаки Зодиака.

Таким образом, однозначно установлено, что антикитерский механизма и ему подобные могли выполнять ряд основных астрономических функций: отображение положения Солнца; отображение положения Луны (включая фазу): определение солнечных и лунных затмений: определение даты важнейших греческих игр и празднеств. Механизм использовался для расчёта движения небесных тел и позволял узнать дату 42 астрономических событий.

Данные: web-страница – <https://clck.ru/J5NXP>.

В статье Википедии «Первый в мире компьютер. Разгадка антикитерского механизма» рассматриваются все попытки по созданию модели механизма, чертежи и приводятся схемы.



Данные: видео, 44 мин, 56 с. You Tube, National Geographic – <https://clck.ru/33aUXu>.

В фильме показана технология воссоздания древнего механизма.



Ответ 2-16

Тёмные точки – это отверстия в камне, куда вставлялись палочки, соответствовавшие месяцу, числу и дню недели. Силуэтами наверху рисунка изображены боги, управляющие днями недели: понедельник (Lunae dies) Луна, вторник (Martis dies) Марс, среда (Mercuri dies) Меркурий, четверг (Jovis dies) Юпитер, пятница (Veneris dies) Венера, суббота (Saturni dies) Сатурн, воскресенье Solis dies Солнце. Посреди изображён зодиак, а слева и справа – числа месяца.



Данные: web-страница. Википедия – <https://clck.ru/M85KV>.

Статья о древних календарях. Здесь можно встретить описание и других древних календарей, происхождение названий месяцев и дней недели. См., например, более подробно о славянском календаре: <https://clck.ru/LRKMJ>.

Ответ 2-17

На лицевой стороне медали выбит барельеф Папы римского Григория XIII. Надпись «Gregorius XIII pont(ificis) opt(imus) maximus» означает: «Григорий XIII, наилучший верховный жрец». На обратной стороне – знак созвездия Овна и надпись: «Anno restituto MDLXXXII», т. е. «Год исправления 1582». Нумизматы заметили, что имеются разные версии реверса, это говорит о том, что медаль чеканилась несколько раз.

Папа римский прославил своё имя, введя во всех католических странах календарь разработанный Луиджи Лилио. Реформа ликвидировала двухнедельное отставание юлианского календаря по отношению к солнечному году. Високосные годы, когда февраль насчитывает 29 дней, устанавливались реже (отныне не являлись високосными годы, кратные 100, но не кратные 400, например, 1700, 1800, 1900). К середине XVI в. вопрос о реформе календаря получил настолько широкое распространение и важность его решения оказалась столь необходимой, что откладывать этот вопрос дальше было признано нежелательным. Вот почему в 1582 году римский папа Григорий XIII создал специальную комиссию, в состав которой ввел Игнатия Данти (1536–1586 г. г.) – известного в то время профессора астрономии и математики Болонского университета. Этой комиссии было поручено разработать проект новой календарной системы.

После ознакомления со всеми предложенными вариантами нового календаря комиссия одобрила проект, автором которого являлся итальянский математик и врач Луиджи Лилио (или Алоизий Лилий, 1520–1576 г. г.), преподаватель медицины университета города Перуджи. Этот проект в 1576 году опубликовал брат ученого – Антонио Лилио, ещё при жизни Луиджи принимавший активное участие в разработке нового календаря.



Данные: web-страница – <http://grigam.narod.ru/kalend/kalen7.htm>.

В статье описывается история принятия григорианского календаря. Также рассматриваются астрономические основы календарей, лунных и лунно-солнечных. Происхождение семидневной недели.

Задания. Раздел 3. Движение небесных тел



Рисунок 23



Рисунок 24

***Задание 3-1. Видимое петлеобразное движение Марса (составная фотография)** [с. 36, рис. 23].

Данная фотография получена из комбинации фотографий Марса в течение нескольких месяцев. Как вы можете объяснить технику получения подобных фотографий? Где находит применение техника таких фотографий в астрономических исследованиях?

Задание 3-2. Траектория планеты по модели Птолемея [с. 37, рис. 24].

С какой целью Птолемей разработал геоцентрическую модель Солнечной системы?

Задание 3-3. Объяснение петлеобразного движения планет [с. 38, рис. 25].

Почему Марс иногда движется назад? Как это объяснялось с точки зрения гелиоцентрической системы Коперника?

Задание 3-4. Схема конфигураций нижних планет [с. 39, рис. 26].

Как влияют конфигурации нижних планет на их видимость при наблюдениях с Земли?

Задание 3-5. Схема конфигураций верхних планет [с.40, рис. 27].

Как влияют конфигурации верхних планет на их видимость при наблюдениях с Земли?



Рисунок 25

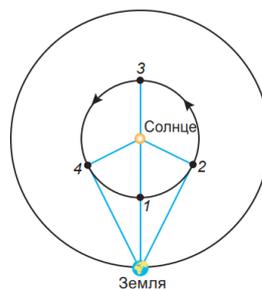


Рисунок 26



Рисунок 27

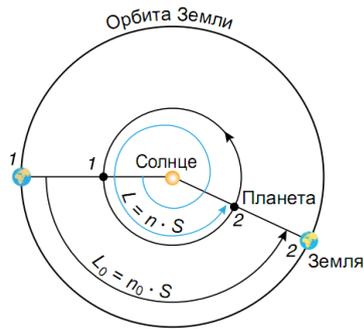


Рисунок 28

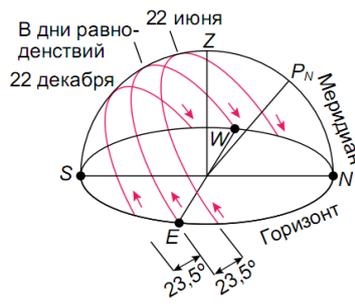


Рисунок 29

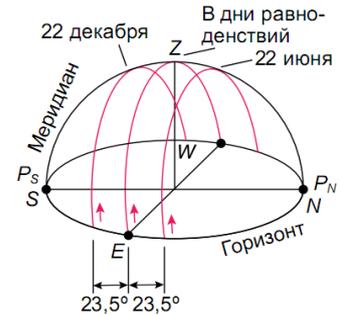


Рисунок 30

Задание 3-6. Синодический период [с. 40, рис. 28].

Как отличается синодический период планеты от сидерического?

Задание 3-7. Суточные пути Солнца в разные времена года [с. 43, рис. 29].

Как простым способом можно показать, что в наших широтах меняется суточный путь Солнца относительно горизонта от весны к лету и затем к зиме? Чему равна (в градусах) полуденная высота Солнца в вашей местности 22 июня, 23 сентября и 22 декабря?

Задание 3-8. Суточные пути Солнца в разные времена года при наблюдениях на экваторе [с. 44, рис. 30].

Почему на земном экваторе Солнце и звёзды видны над горизонтом в течение 12 часов?

Задание 3-9. Смена лунных фаз [с. 44, рис. 31].

Можно ли наблюдать лунные фазы со всех точек Земли?

Задание 3-10. Схема полного солнечного затмения [с. 46, рис. 32].

Что увидит наблюдатель на поверхности Земли из космоса во время полного солнечного затмения?

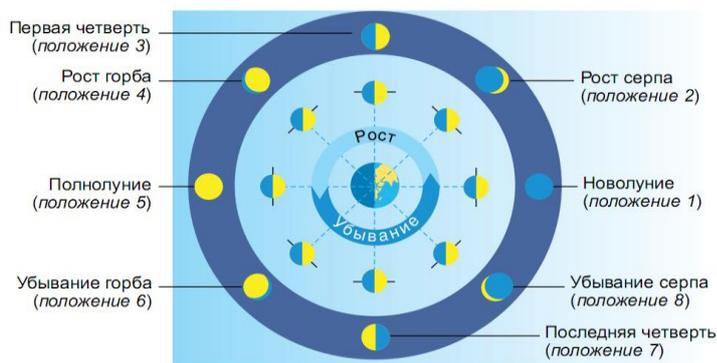


Рисунок 31

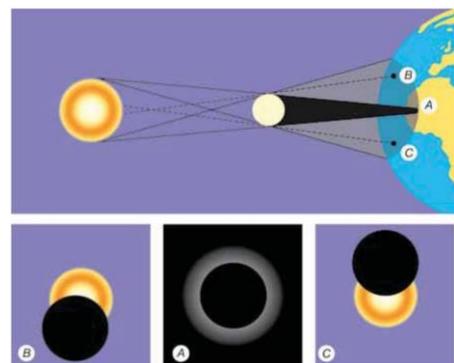


Рисунок 32

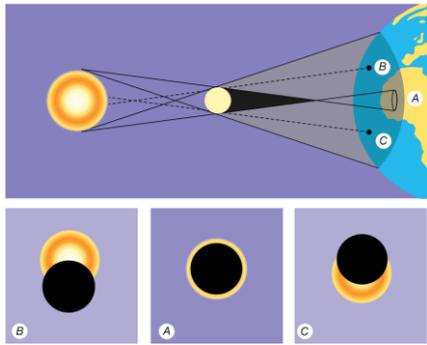


Рисунок 33

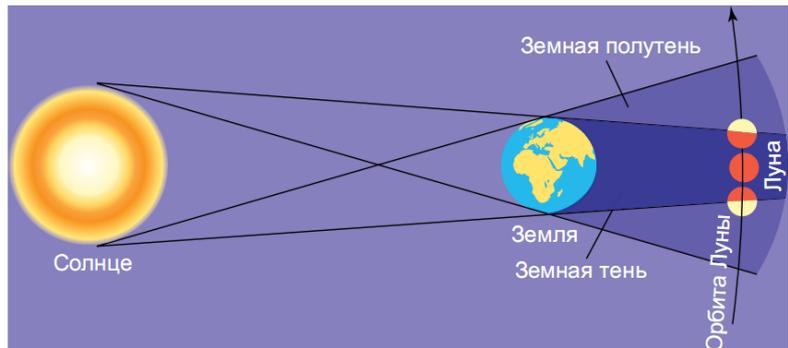


Рисунок 34

Задание 3-11. Схема кольцеобразного солнечного затмения [с. 47, рис. 33].

Во время кольцеобразного солнечного затмения было замечено, что по краю кольца видны яркие рубиновые вспышки. Какова причина их возникновения?

Задание 3-12. Схема лунного затмения [с. 47, рис. 34].

Каковы условия наступления лунных затмений?

Задание 3-13. Вид Луны при полном лунном затмении [с. 48, рис. 35].

Почему при полном лунном затмении Луна не исчезает из вида полностью, а часто приобретает тёмно-красный цвет?

Задание 3-14. Плоскость лунной орбиты не совпадает с плоскостью эклиптики [с. 49, рис. 36].

Задание 3-15. Элементы эллипса [с. 50, рис. 37].

Почему орбиты планет эллиптические?

Задание 3-16. Иллюстрация второго закона Кеплера [с. 51, рис. 38].

Каким образом законы Кеплера способствовали утверждению идеи Коперника о гелиоцентрической системе?

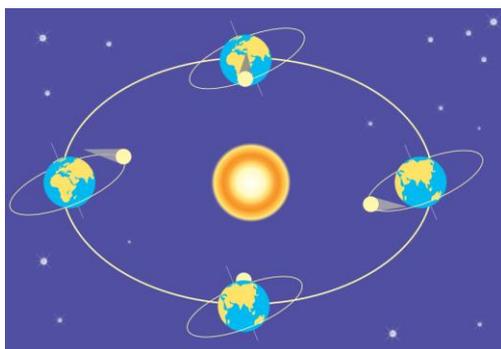


Рисунок 35

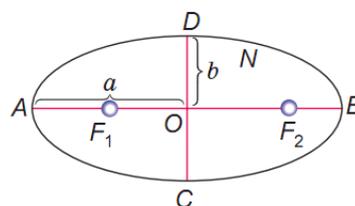


Рисунок 36

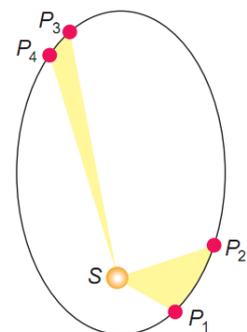


Рисунок 37

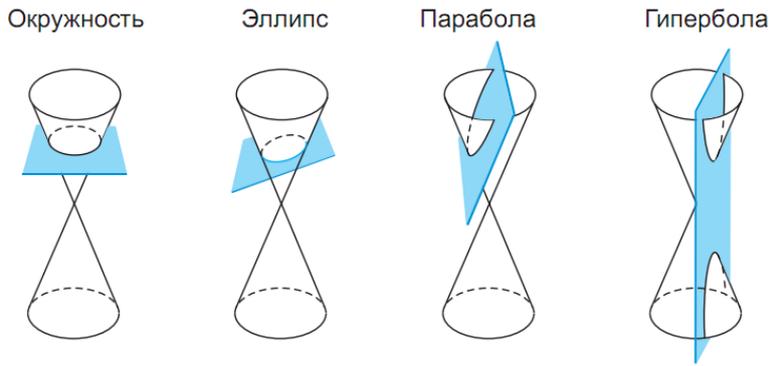


Рисунок 39

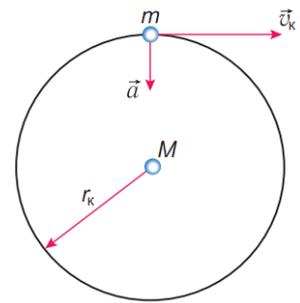


Рисунок 40

Задание 3-17. Получение орбитальных кривых [с. 54, рис. 39].

Какая линия получится, если секущая плоскость будет только касаться поверхности конуса и проходить через его вершину?

Задание 3-18. Круговое движение тел [с. 56, рис. 40].

Как можно продемонстрировать с помощью простейшего эксперимента движение искусственного спутника по круговой орбите? Дайте пояснение своему эксперименту.

Задание 3-19. Вычисление радиуса Земли [с. 58, рис. 41].

Зачем необходимо было измерять радиус Земли?

Представьте, что вы идёте пешком по земному шару идеальной формы. За какое время можно обойти воображаемую планету пешком?

***Задание 3-20. Метод триангуляции [с. 59, рис. 42].**

Какие геометрические свойства треугольника используются в методе триангуляции?

Задание 3-21. Горизонтальный параллакс светила [с. 60, рис. 43].

По горизонтальным параллаксам p определите расстояния:

- а) до Луны, если её горизонтальный параллакс $p = 57'$;
- б) до Солнца, горизонтальный параллакс которого $p = 8,8''$.

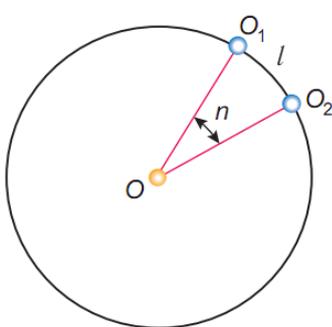


Рисунок 41

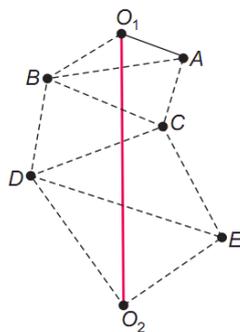


Рисунок 42

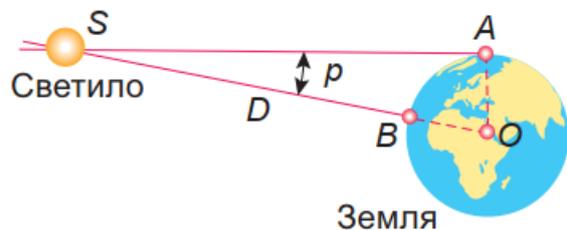


Рисунок 43

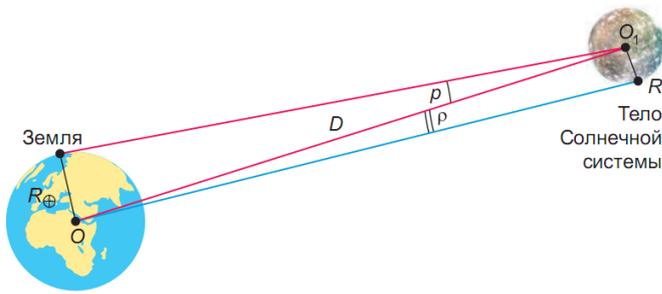


Рисунок 44

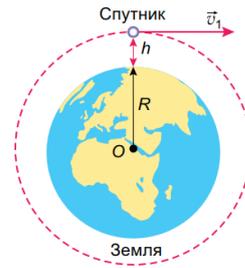


Рисунок 45

***Задание 3-22. Определение линейных размеров тел Солнечной системы [с. 61, рис. 44].**

Как можно определить форму небесных тел?

Задание 3-23. Движение спутника по круговой орбите [с. 63, рис. 45].

Какие основные допущения были приняты при выводе первой космической скорости?

Задание 3-24. Эллиптическая орбита ИСЗ [с. 65, рис. 46].

Согласно первому закону Кеплера, тело, обращающееся вокруг Земли, движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится центр Земли. Равномерна ли скорость ИСЗ при движении по эллиптической орбите?

Задание 3-25. Формы орбит космических аппаратов [с. 66, рис. 47].

Формы орбит космических аппаратов по сути являются математическим обобщением первого закона Кеплера. Поясните данное заключение.

Задание 3-26. Гомановская траектория перелёта с Земли на Марс [с. 66, рис. 48].

Гомановская траектория – в небесной механике это эллиптическая орбита, используемая для перехода между двумя другими орбитами, обычно находящимися в одной плоскости. Почему такие траектории считаются наиболее экономичными?

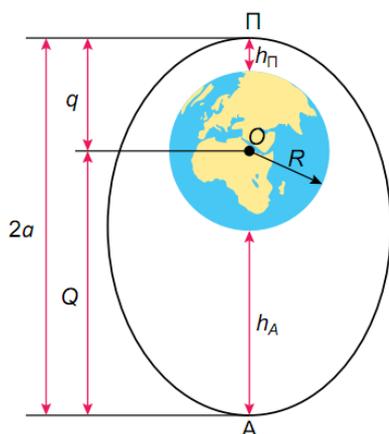


Рисунок 46

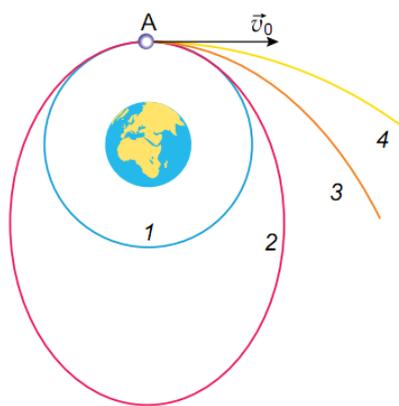


Рисунок 47

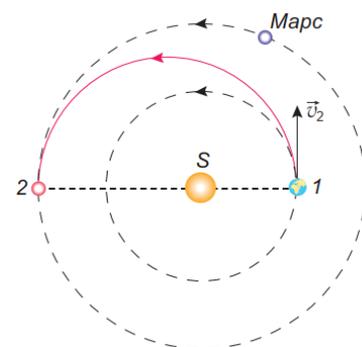


Рисунок 48

Ответы. Раздел 3. Движение небесных тел

Ответ 3-1

Фотографирование Вселенной не прекращается ни на один день. Составные фотографии – это уникальный и творческий способ объединить несколько фотографий в одну связную композицию. Применение фотографии в астрономии вызвало развитие фотографических методов. Фотография же даёт возможность совместить на фотоснимке изображение небесных тел в разное время.

Данный снимок получен путём наложения серии фотографий, полученных в разное время, на одно изображение (Марс виден как яркие отдельные точки).

Например, сравнение положений звёзд на фотографиях, полученных десятки лет назад, с положениями их на современных снимках позволяет обнаружить под микроскопом ничтожные перемещения некоторых звёзд. Эти перемещения составляют на фотографии сотые доли миллиметра. Но для далёких звёзд это соответствует собственным движениям со скоростями в десятки километров в секунду.



Данные: web-страница. Проект «Живая Вселенная» – <https://clck.ru/SVL2w>.

Статья «Ретроград и консерватор Марс». Монтаж из многих снимков (2018 г. с апреля по ноябрь). Анимированное изображение служит для иллюстрации того, как Земля обгоняет Марс.

Ответ 3-2

Во II в. н. э. Клавдий Птолемей, используя астрономические наблюдения и идеи своих предшественников, а также собственные, разработал геоцентрическую систему мира, позволявшую вычислять положения планет относительно звёзд на будущее время и предсказывать наступление солнечных и лунных затмений.



Данные: видео, 00 мин, 10 с. Сайт pikabu.ru – <https://goo.su/Mw0Vmf>.

Компьютерная модель (анимация), позволяет многократно произвести повторный запуск анимации. Параллельно, в совмещённом кадре, показаны траектории планет в гелиоцентрической и геоцентрической системах, что способствует наглядному сравнению систем.

Ответ 3-3

Ретроградное движение означает обратное к прямому. Термин применим в отношении направления вращения одного тела вокруг другого. Ретроградное движение происходит, когда внутренняя планета находится ближе всего к Земле (о чём подтверждается рисунком из учебника). Обратное движение планет – лишь оптическая иллюзия. Все восемь планет Солнечной системы вращаются вокруг Солнца в одном направлении по эллиптическим орбитам, сохраняя постоянную скорость.

Земная орбитальная скорость в сравнении со скоростями внешних планет более высокая. В какой-то момент происходит обгон внешней планеты. Как видим, в середине петли Земля находилась ближе всего к Марсу, поэтому попятное движение было самым быстрым.

При наблюдении с Земли начинает казаться, что планета стала двигаться в обратную сторону относительно звёзд. Явление смены прямого движения на попятное для внутренних планет не зависит от скорости перемещения наблюдателя.

Кажущейся попятное движение наблюдается и у других планет Солнечной системы. Истинное ретроградное движение по орбите присутствует у некоторых комет, астероидов, спутников планет, а также экзопланет. Например, одним из самых известных таких объектов является знаменитая комета Галлея.



Данные: web-страница. Википедия – <https://goo.su/5jXyUh>.

Рассматриваются причины ретроградного движения планет.

Ответ 3-4

В нижнем соединении планета находится ближе всего к Земле, а в верхнем – дальше всего от неё. При элонгациях угол между направлениями с Земли на Солнце и на нижнюю планету, не превышая какой-то определенной величины, остается острым. Из-за эллиптичности планетных орбит наибольшие элонгации не имеют постоянного значения. Например, у Венеры они заключены в пределах от 45° до 48° , а у Меркурия – от 18° до 28° . Обе планеты не отходят далеко от Солнца и поэтому ночью не видны. Продолжительность их утренней или вечерней видимости не превышает четырех часов для Венеры и полутора часов для Меркурия. Меркурий иногда совсем не виден, так как восходит и заходит в светлое время суток.

В восточной элонгации планета наблюдается вечером после захода Солнца, а в западной – утром перед восходом Солнца.

Ответ 3-5

Если орбита планеты будет находиться за орбитой Земли, то она будет называться верхней (это Марс, Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун). Для верхних планет характерны другие конфигурации в отличие от нижних планет.

Если Земля оказывается между планетой и Солнцем, то такая конфигурация называется противостоянием. Эта конфигурация наиболее благоприятна для наблюдений планеты, так как в это время планета находится ближе всего к Земле, повернута к ней своим освещенным полушарием и, находясь на небе в противоположном Солнцу месте, бывает в верхней кульминации около полуночи. Следует отметить, что у верхних планет нижнего соединения не бывает, поэтому не имеет смысла единственное соединение называть верхним.

Если угол между направлениями с Земли на верхнюю планету и на Солнце составляет 90° , то говорят, что планета находится в квадратуре. Различают западную и восточную квадратуры. В конфигурации западной квадратуры планета восходит около полуночи, а в восточной – заходит около полуночи. Моменты конфигураций планет и условия их видимости ежегодно публикуются в астрономических справочниках и календарях.



Данные: видео, 09 мин, 50 с. – <https://youtu.be/qPn-GQRuqCc>.

В видео «Конфигурации планет Солнечной системы», поясняется строение Солнечной системы. На основе самодельной модели рассматриваются конфигурации.

Ответ 3-6

Синодический период вращения (планет вокруг Солнца, Солнца вокруг своей оси) – истинный период вращения. Сидерический период – кажущийся, период между встречами с Землей. Он больше синодического периода внутренних планет и больше – внешних. Средний сидерический период вращения Солнца 25,4 суток.

Для движения по круговым орбитам по формулам (3) и (4) на стр. 40 и 41 в учебнике можно найти связь между синодическим и сидерическим периодами. Например, синодический период Марса 780, а Юпитера 399 суток. Для Венеры синодический период составляет 584 дня.

Ответ 3-7

Измеряя угломерным инструментом полуденные высоты Солнца, мы увидим, что наибольшее удаление Солнца от небесного экватора к северу составляет $23^\circ 27'$ (22 июня) и таково же наибольшее удаление его к югу от экватора (22 декабря). Иначе говоря, склонение Солнца изменяется от $+23^\circ 27'$ до $-23^\circ 27'$.

Ответ 3-8

На земном экваторе северный полюс мира лежит на горизонте, в точке севера N , а южный полюс – в точке юга S . Небесный экватор перпендикулярен к математическому

горизонту и проходит через зенит Z . Поэтому и плоскости суточных параллелей всех светил также перпендикулярны к плоскости математического горизонта. Следовательно, все светила восходят и заходят, видны над горизонтом в течение 12 часов и столько же часов не видны.

Ответ 3-9

Луна – это космический объект, который может наблюдать на небе каждый житель Земли. Человек может наблюдать Луну с поверхности Земли в определенные моменты. Она сама по себе не светится. Её свет представляет собой отражение солнечного света. От того как расположены в определенный момент Солнце, Земля и Луна по отношению друг к другу и будет зависеть внешний вид природного спутника. Основные фазы Луны (новолуние, полнолуние, половинная Луна) на всей планете одинаковые. Однако внешний вид Луны при этом отличается. В северном полушарии у молодой луны светящийся серп находится с правой стороны, а в южном с левой. В тропиках серп Луны повернут вниз, поэтому она походит на лодку.

Данные: web-страница. Википедия – <https://goo.su/WogMnz>.

Показана анимация Луны по мере её прохождения через фазы. Вид с северного полушария Земли (север вверху). Видимое очевидное колебание Луны вызвано либрацией, так как анимация скомпонована из серии фотографий. Либрация Луны (от латинского «раскачивание») – видимое покачивание спутника Земли относительно центра её массы. В результате совпадения двух периодов: обращения вокруг нашей планеты и вращения спутника вокруг оси – Луна немного поворачивается, и наблюдатель с Земли может увидеть до 59% её поверхности.



Ответ 3-10

Скорость движения лунной тени по земной поверхности составляет чуть более 1 км/с. Во время полного солнечного затмения космонавты, находящиеся на орбите, могут наблюдать на поверхности Земли бегущую тень от Луны.

Наблюдатели, находящиеся на Земле вблизи полосы полного затмения, могут видеть его как частное солнечное затмение.



Данные: видео, 02 мин, 54 с. You Tube. Проект «Alpha Centauri» – <https://clck.ru/SYxPu>.

Почему происходят солнечные и лунные затмения? В ролике рассматриваются механизмы полного и частных солнечных затмений. Объясняется разница между солнечным и лунными затмениями.

Ответ 3-11

В момент кольцеобразного затмения Луна находится на большем удалении от Земли, чем во время полного затмения. Поэтому конус тени проходит над земной поверхностью, не достигая её. Остаётся краешек Солнца, когда солнечные лучи пробиваются за Луну. Ряд ярких рубиновых пятен по краю лунного диска вызван оптическим эффектом, возникающим в то время, когда свет Солнца перекрывается возвышенностями лунного рельефа и проходит через низины.

Вспышки на солнечном кольце получили название «чётки Бейли». Когда остается только одна вспышка, то «чётки Бейли» превращаются в «кольцо с бриллиантом». Оба явления видны лишь в бинокль или телескоп (и требуют специальной защиты для глаз).



Данные: web-страница. Проект «InScience» – <https://goo.su/zGRHW>.

История науки: драгоценности затмений. Как чётки (бусинки) превращаются в бриллиантовое кольцо.

Ответ 3-12

Все тела на небе движутся и в определенное время оказываясь на одной оси. Когда Луна, Земля и Солнце становятся на одной оси, то наш спутник попадает в теневой радиус планеты. Теневой диаметр Земли на расстоянии ≈ 363 тыс. км равен 2,5 диаметрам Луны, отчего спутник может скрыться весь, но перед этим, проходит полутеневую область планеты. Лунное затмение можно наблюдать там, где на момент затмения Луна находится над горизонтом.



Данные: web-страница. Проект «Природные явления» – <https://goo.su/MWUudl3>.

В статье «Интересные сведения о лунном затмении» рассматриваются вопросы: время затмения, лунные узлы, как происходит затмение, история лунного календаря и др. Имеются подборки фотографий при полном лунном затмении.

Ответ 3-13

Даже во время полного затмения Луна не исчезает из вида полностью, а становится тёмно-красной. Это объясняется тем, что даже в фазе полного затмения Луну продолжают освещать солнечные лучи, но они проходят по касательной к земной поверхности, преломляются и рассеиваются в атмосфере Земли. Атмосфера нашей планеты поглощает коротковолновые (голубые и синие) части спектра, а красные проходят свободно. Именно эти лучи достигают поверхности Луны при затмении. Природа этого эффекта та же самая, что и при закате, когда лучи заходящего Солнца окрашивают западную часть неба в нежный розовый цвет.

Ответ 3-14

Для Луны центральным телом является Земля, а основным возмущающим телом – Солнце. Предполагается, что в далеком прошлом мимо Луны пролетали крупные протопланетные тела, упавшие на Землю. Движение Луны является одним из самых трудных для исследования по двум причинам: 1) возмущения в движении Луны очень велики; 2) Луна близка к Земле, и поэтому в её движении заметны такие отклонения, которые ускользают при наблюдении более далёких небесных тел.

Вследствие возмущений элементы лунной орбиты постоянно изменяются. Периодическим возмущениям подвержены все элементы лунной орбиты. Например, наклонение орбиты, равное в среднем $5^{\circ}09'$, колеблется в пределах от $4^{\circ}58'$ до $5^{\circ}20'$ за время, несколько меньшее полугода. Каждый элемент лунной орбиты имеет не одно периодическое возмущение, а несколько сотен с разными периодами и амплитудами. Вследствие этого действительное движение Луны необычайно сложно, и его исследование составляет одну из самых трудных задач небесной механики.



Данные: web-страница. Википедия – <https://goo.su/NkodY6>.

В отличие от большинства спутников планет Солнечной системы, орбита Луны практически лежит в плоскости эклиптики (наклонение всего $5,14^{\circ}$), а не в плоскости земного экватора. Рисунок дополняется подробностями и пояснениями.

Ответ 3-15

Эллипс – очень распространенная фигура в плоской геометрии. По траектории эллипса движется, например, планета Земля в поступательном движении. В Солнечной системе планеты имеют траектории с очень малыми эксцентриситетами, то есть почти круговые. В основном это происходит из-за внешних возмущений, гравитационного воздействия других тел.

Ответ 3-16

Астрономия конца XVI века отмечается столкновением двух моделей Солнечной системы: геоцентрическая система Птолемея – где центром вращения всех объектов

является Земля, и гелиоцентрическая система Коперника – где Солнце является центральным телом. В начале XVII века немецкий астроном Иоганн Кеплер, изучая систему Николая Коперника, а также анализируя результаты астрономических наблюдений датчанина Тихо Браге, вывел основные законы относительно движения планет. Они были названы как три закона Кеплера.

Законы Кеплера были получены эмпирическим способом. Теоретическое же обоснование законов получено Исааком Ньютоном, который в 1682-м году открыл закон всемирного тяготения. Таким образом, законы Кеплера и Ньютона стали важнейшим этапом в понимании и описании движения планет.

Ответ 3-17

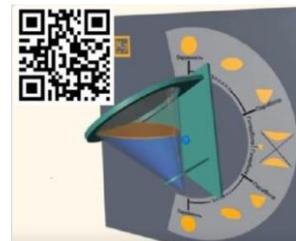
Получится прямая линия.



Данные: видео, 02 мин 10 с. Videocontent OmSTU – <https://youtu.be/PNjls873wuQ>.

На анимационных рисунках (слева) представлены способы получения разных орбитальных сечений конуса плоскостью.

Показать орбитальные кривые можно экспериментально с помощью конической лейки с водой (рисунок справа).



Ответ 3-18

Движение по окружности – простейший случай криволинейного движения тела. Вращение трёхмерного тела вокруг неподвижной оси включает в себя круговое движение каждой его части. Возьмём кусок прочной нити и к одному из концов её привяжем небольшой груз. Затем, взяв в руку другой конец нити, раскрутим груз вокруг себя. Нить вытянется, и груз будет описывать окружность. Это и есть простейшая модель искусственного спутника Земли. Груз выполняет роль спутника, а натяжение нити – силу притяжения Земли. Когда груз вращается вокруг вас, то возникает центробежная сила, которая стремится разорвать нить. Удерживая рукой нить, вы не даете грузу возможности улететь от вас и заставляете его вращаться по кругу. Что-то аналогичное происходит и в космическом масштабе. Когда спутник движется относительно Земли, то силы её тяготения искривляют траекторию движения. Круговая орбита образуется именно тогда, когда центробежные силы полностью уравновешены силой притяжения.

Ответ 3-19

Полторы тысяч лет назад, все были убеждены, что Земля была центром Вселенной. Пятьсот лет назад, все считали, что Земля плоская. Позже в древности появились версии о неидеальной форме планеты. Поэтому возникли вопросы о форме Земли. Человек всегда был любопытен по своей природе. Он пытался измерить и узнать масштаб вещей, чтобы узнать больше о нашей планете. Первое исторически достоверное измерение Земли проделал древнегреческий учёный Эратосфен в III в. до н.э. Измерение окружности Земли имело важное значение для навигации с древних времен.

Длина экваториальной окружности в километрах ещё во времена Эратосфеном примерно рассчитана. Зная эту величину и предполагаемую скорость пешехода, определяют, сколько времени понадобится, чтобы обойти Землю. Чтобы пройти Землю пешком по экватору, понадобится преодолеть 40075 км. Средняя скорость пешехода – 6 км/ч. Получится, что на дорогу без остановки и отдыха пешеходу понадобится $40075/6 = 6679$ часов (или 278 суток).



Данные: видео, 02 мин, 51 с. You Tube. Проект «Напор ТВ» – <https://youtu.be/HVD3VlmwL7U>.

В видео «Как вычислить окружность Земли» рассказывается о методе Эратосфена на примере простого эксперимента.

Ответ 3-20

В методе триангуляции используется подобие треугольников. Треугольники подобны, если у них соответственные углы равны и сходственные стороны пропорциональны. Впервые в 1617 году предложил использовать метод подобия треугольников при проведении геодезических измерений голландский математик, физик и астроном Виллеброрд Снелл. В части русских источников он именуется Снелль, Снеллий или Снел, печатался под латинизированным именем Снеллиус.

Данные: web-страница. Мегаобучалка – <https://goo.su/SzLqfeG>.

Популярно рассматривается история измерения радиуса Земли.



Ответ 3-21

Расстояния до Луны и Солнца соответственно равны: а) 384 тыс. км; б) 150 млн км.

Ответ 3-22

Форму небесных тел можно определить, измеряя различные диаметры их дисков. Если тело сплюсненное, то в разные моменты измерений один из его диаметров окажется больше, а один – меньше всех других диаметров. Измерения диаметров планет показали, что помимо Земли сплюсненную форму имеют Марс, Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун.



Данные: видео, 10 мин 10 с. – <https://goo.su/Q1tDb58>.

Видео «Как измерить расстояния в космосе до звезд? Расстояние в космосе. параллакс, размер...».

Ответ 3-23

Гравитационное поле планеты является центральным, т. е. планета является сферой с однородным распределением её плотности.

Перечисленные условия никогда не выполняются в реальных космических полётах. Фактические условия лишь в какой-то мере приближаются к идеализированным представлениям. Область допустимого определения первой космической скорости лежит не слишком близко к Земле, но и не очень далеко от нее. Обычно её распространяют от высот 200 км до нескольких десятков тысяч километров. При выводе формулы для первой космической скорости были приняты основные допущения:

- а) масса спутника ничтожно мала по сравнению с массой планеты;
- б) сопротивление атмосферы, притяжение других планет, световое давление, а также действие любых других сил отсутствует;
- в) ускорение силы притяжения планеты направлено всегда к её центру, и его абсолютная величина определяется на основании закона тяготения Ньютона.

Ответ 3-24

Двигаясь по эллиптической орбите, ИСЗ ближе всего подлетает к центру Земли в точке «П» – в перигее, а дальше всего находится в точке «А» – в апогее. Скорость движения спутника по эллиптической орбите не равномерна: максимальна она в перигее, а минимальна в апогее. Период обращения определяется значением эксцентриситета.

Данные: web-страница. Википедия – <https://goo.su/TH3W04a>.

Анимация движения спутника по эллиптической орбите.



Ответ 3-25

Это означает, что орбита может быть окружностью, эллипсом, параболой или гиперболой. Следует напомнить, что коническим сечением называется кривая, по которой пересекает круговой конус произвольная плоскость, не проходящая через его вершину. Каждое коническое сечение, кроме окружности, представляет собой геометрическое

место точек плоскости, отношение расстояний которых от некоторой точки (фокус) и некоторой прямой (директриса, которая представляет собой линию пересечения секущей плоскости и плоскости основания кругового конуса) постоянно и равно эксцентриситету.



Данные: web-страница. Проект «BELINTERSAT» – <https://clck.ru/qr7Gg>.

Создание Национальной системы спутниковой связи и вещания – крупнейший проект в области телекоммуникации, реализуемый Республикой Беларусь. 15 января 2016 года в 19:56 по минскому времени с космодрома Сичан был запущен в космос первый белорусский спутник связи "Белинтерсат-1" и совместно с китайскими компаниями реализован проект национальной системы спутниковой связи и вещания Республики Беларусь.

На сайте описана история проекта. Можно посмотреть два видеоматериала «Выведение спутника BELINTERSAT-1 на целевую орбиту» (02 мин, 59 с.) и реальный запуск ракеты (01 мин. 05 с.).

Ответ 3-26

Перелёты на Марс (да и на другие планеты) предполагают так называемые орбитальные манёвры, т.е. применение соловых установок для изменения орбиты космического корабля. Этот манёвр используют, чтобы внести корректировки в орбитальный путь космического аппарата. Гомановская траектория – орбита в форме эллипса, с помощью которой совершают переход с одной круговой орбиты на другую (на разных высотах, но в единой плоскости). В процессе применяются два двигательных импульса, перемещающих аппарат на другую орбиту. Это наиболее эффективный способ для сохранения топлива.

Орбитальный манёвр для перехода включает в себя 2 импульса работы двигателя на разгон – для входа на гомановскую траекторию и для схода с неё.

В отличие от орбитального манёвра различают гравитационный манёвр, – целенаправленное изменение траектории полёта космического аппарата под действием гравитационных полей небесных тел. Используется для разгона автоматических межпланетных станций, отправляемых к отдалённым объектам Солнечной системы и за её пределы.



Данные: видео, 13 мин, 18 с. You Tube. Проект «Alpha Centauri» – <https://clck.ru/qrTLY>.

В фильме «Всё об орбитальной механике. Как запускают спутники» рассматриваются физические законы, на которых рассчитываются орбиты.

Задания. Раздел 4. Сравнительная планетология

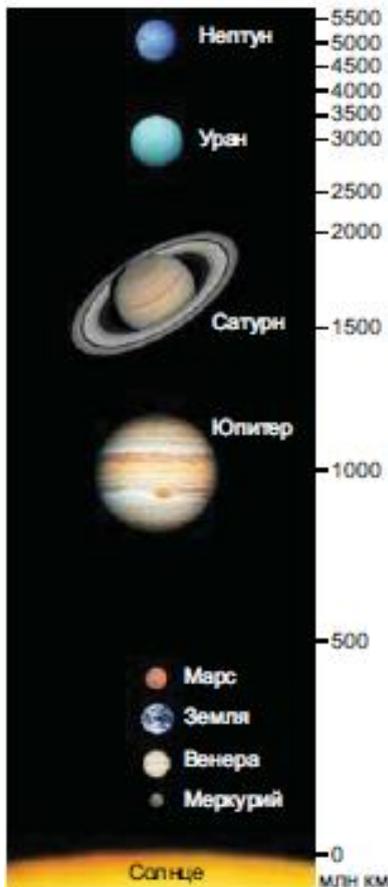


Рисунок 49

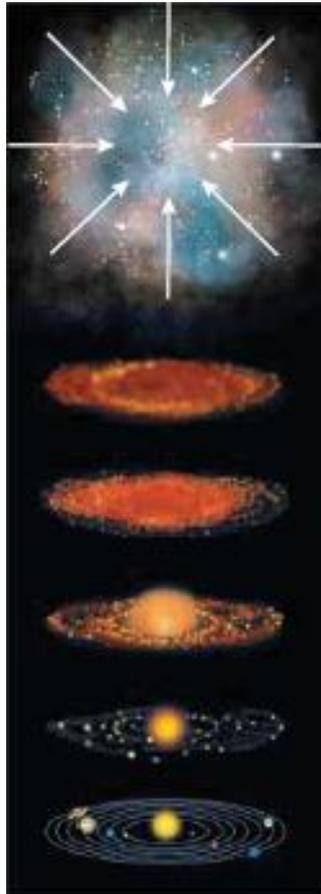


Рисунок 50



Рисунок 51



Рисунок 51

Задание 4-1. Сравнительные размеры и расстояния планет от Солнца [с. 70, рис. 49].

Почему планеты Солнечной системы разделяют на две группы? Чем принципиально различаются между собой группы планет?

Задание 4-2. Образование Солнечной системы по гипотезе О.Ю. Шмидта [с. 71, рис. 50].

К настоящему времени известны многие гипотезы о происхождении Солнечной системы, в том числе предложенные И. Кантом, П. Лапласом и О.Ю Шмидтом. Несмотря на различие между рассматриваемыми гипотезами от какой идеи они исходят?

Задание 4-3. Меркурий [с. 74, рис. 51].

Во время трех облетов Меркурия в 1974 году автоматическая межпланетная станция «Маринер-10» (США) переслала на Землю огромное количество чётких фотографий поверхности планеты. Какие особенности были выявлены на поверхности планеты?

***Задание 4-4. Крутые уступы на поверхности Меркурия [с. 74, рис. 52].**

Как могли образоваться уступы на поверхности планеты?



Рисунок 53



Рисунок 54

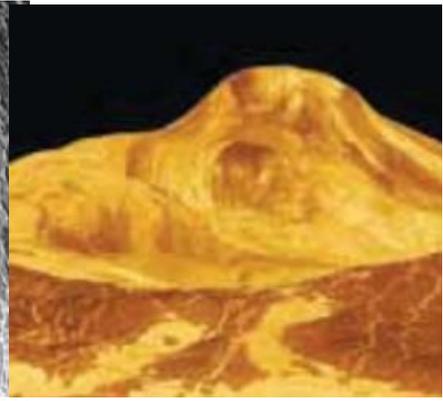


Рисунок 55

Задание 4-5. Венера. Фотоснимок в ультрафиолетовых лучах [с. 75, рис. 53].

Через какой промежуток времени повторяются моменты максимальной удаленности Венеры от Земли, если её звёздный период равен 224,70 сут?

Задание 4-6. Венера район гор Максвелла: огромный кратер [с. 75, рис. 54].

Все крупные объекты и кратеры на Венере были названы женскими именами. Как получилось, что горный район планеты был назван в честь учёного Максвелла?

Задание 4-7. Гора Маат – потухший вулкан на Венере [с. 76, рис. 55].

Гора Маат вторая по высоте возвышенность планеты. Названа в честь древнеегипетской богини правды и справедливости. Каково происхождение гор на Венере? Какими методами определялась высота гор на поверхности Венеры?

***Задание 4-8. Застывшие пузыри вулканической лавы на Венере [с. 76, рис. 56].**

Сравните фотографии застывшей лавы на Венере. Сделайте предположение: почему эти образования имеют ступенчатую («двухэтажную») структуру?

***Задание 4-9. Рельефная карта поверхности Венеры [с. 76, рис. 57].**

Поверхность Венеры исследовалась только радиолокационными методами. Соответствуют ли в действительности цвета поверхности планеты, показанные на рисунке?

Задание 4-10. Фотография Земли из космоса [с. 77, рис. 58].

Почему из космоса Земля видна как голубая планета?



Рисунок 56

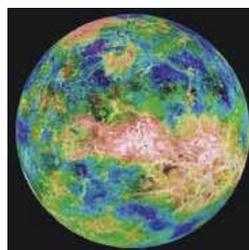


Рисунок 57



Рисунок 58

***Задание 4-11. Марс [с. 79, рис. 59].**

На фотографии Марса видны полярные шапки. Каково их происхождение?

***Задание 4-12. Снег на поверхности Марса [с. 79, рис. 60].**

При каких условиях на Марсе может идти снег?

Задание 4-13. Гора Олимп на Марсе [с. 80, рис. 61].

Самая высокая гора на Земле Эверест (Джомолунгма) достигает 9 км над уровнем моря. Сравните высоту горы Олимп на Марсе с Эверестом.

***Задание 4-14. Высохшие русла марсианских рек [с. 80, рис. 62].**

Ветвящаяся структура русел высохших рек на Марсе имеет поразительное сходство с земными засушливыми ландшафтами. Действительно ли это бывшие реки, которые оставили свои следы в почве? Какое значение для Земли имеет исследование атмосфер тел Солнечной системы?

Задание 4-15. Юпитер [с. 82, рис. 63].

Глядя на фотографию Юпитера можно ли сделать заключение о твёрдой поверхности и каком-либо рельефе этой планеты?

***Задание 4-16. Большое Красное пятно на Юпитере [с. 83, рис. 64].**

Пятно на Юпитере меняется в размерах и изменяет свой цвет на протяжении нескольких веков наблюдений. Это всё ещё самый большой атмосферный вихрь в Солнечной системе. Каковы причины устойчивости этого атмосферного явления?



Рисунок 59



Рисунок 60



Рисунок 61



Рисунок 62



Рисунок 63



Рисунок 64

***Задание 4-17. Полярные сияния на Юпитере [с. 83, рис. 65].**

Какова причина полярных сияний на Юпитере?

Задание 4-18. Схема колец Юпитера [с. 84, рис. 66].

Почему планеты имеют кольца? Какова природа колец Юпитера?

Задание 4-19. Сатурн [с. 85, рис. 67].

Верхний слой его атмосферы Сатурна полосатый, параллельные полосы вдоль экватора напоминают полосы на Юпитере, но на Сатурне они не такие контрастные. Подобен ли механизм образования полос на Сатурне?

Задание 4-20. Структура колец Сатурна [с. 85, рис. 68].

Кольца Сатурна особенно заметны при их наклоне к Земле и Солнцу, которое их освещает. Почему не всегда предоставляется такая возможность наблюдения колец Сатурна?

Задание 4-21. Уран [с. 87, рис. 69].

Ось вращения Урана почти параллельна плоскости орбиты. В отличие от других планет, Уран наклонен на бок под углом $97,77^\circ$. Как этот факт сказывается на смене времён года на этой планете?

Задание 4-22. Нептун [с. 88, рис. 70].

Каково происхождение названий планет Солнечной системы?

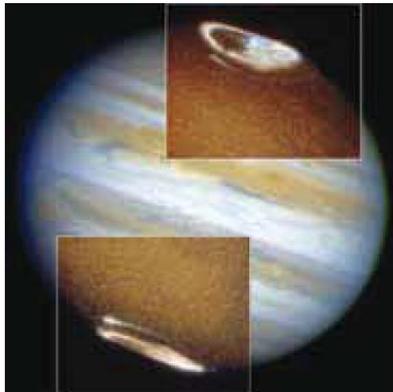


Рисунок 65

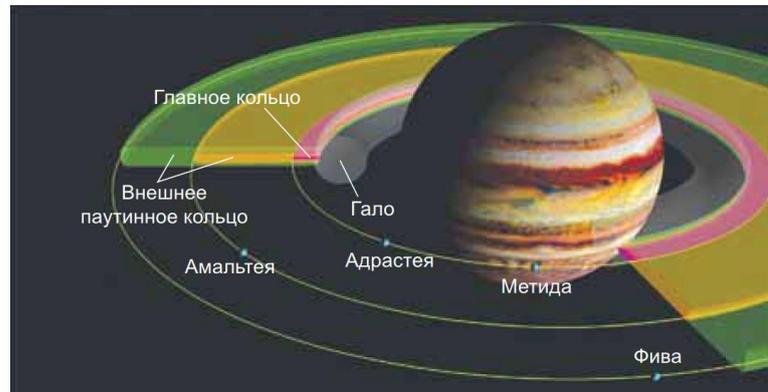


Рисунок 66



Рисунок 67



Рисунок 68

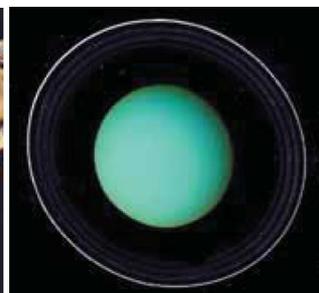


Рисунок 69



Рисунок 70

Задание 4-23. Вид Луны в телескоп [с. 90, рис. 71].

Тёмные пятна на Луне именуются морями (например, море Изобилия). Какой смысл имеет термин «море» для разных космических тел?

Почему Луна всегда обращена к Земле одной и той же стороной?

Задание 4-24. Карта-схема деталей Луны [с. 90, рис. 72].

Познакомившись с крупномасштабной картой Луны и постарайтесь запомнить несколько объектов на Луне. Что удаётся рассмотреть на Луне без оптических приборов?

Чем объясняется метеорологический подбор ряда названий различных мест на Луне: Океан Бурь, Море Дождей, Море Ясности, Залив Радуг и др.?

Задание 4-25. Часть поверхности Луны [с. 91, рис. 73].

При падении метеоритов на поверхность Луны часто образуются радиально расходящиеся светлые полосы (например, кратер Коперник). Как образуются такие лучи?

***Задание 4-26. Земля, видимая с поверхности Луны [с. 91, рис. 74].**

Известно, что для наблюдателя на Земле всегда видна одна и та же сторона Луны. Будет ли всегда видна одна и та же сторона Земли для наблюдателя, находящегося на Луне?

***Задание 4-27. Основные типы частичек лунного реголита [с. 92, рис. 75].**

В 1970-м году советская автоматическая станция «Луна-16» транспортировала на Землю часть грунта со дна Моря Изобилия. Исследование образцов лунного грунта (реголита) показало наличие частиц с острыми краями. Какое заключение можно сделать на основе этого исследования?

Астронавтами на поверхности Луны выявлены интересные особенности лунного грунта. С одной стороны, он образовывал горки с более крутыми склонами, нежели песок на Земле, так, как если бы он был влажным. С другой стороны, при сборе совком образцов грунта они соскальзывали с него при самых небольших ускорениях. Каковы причины таких свойств лунного реголита?



Рисунок 71



Рисунок 72



Рисунок 73



Рисунок 74



Рисунок 75

Задание 4-28. Ио – спутник Юпитера. Извержение вулкана [с. 94, рис. 76].

Одинаковы ли причины вулканической деятельности на планетах и спутниках Солнечной системы?

Задание 4-29. Европа – спутник Юпитера [с. 95, рис. 77].

*Движение большинства спутников является прямым, т. е. они обращаются вокруг планеты в том же направлении, в котором обращаются планеты вокруг Солнца (против часовой стрелки, если смотреть со стороны Северного полюса эклиптики). Каковы причины прямого и обратного движения спутников? Какие спутники с обратным движением?

Задание 4-30. Каллисто – спутник Юпитера [с. 95, рис. 78].

Каллисто – это один из четырёх подобных на Луну спутников Юпитера. Чем знамениты эти спутники?

***Задание 4-31. Хаосы на спутнике Юпитера Европа [с. 95, рис. 79].**

Как можно объяснить возникновение так называемых областей хаоса на спутнике Юпитера Европа – регионов с хаотическим ландшафтом

***Задание 4-32. Титан – спутник Сатурна [с. 96, рис. 80].**

Небо на Титане жёлто-оранжевого цвета. С чем это связано?

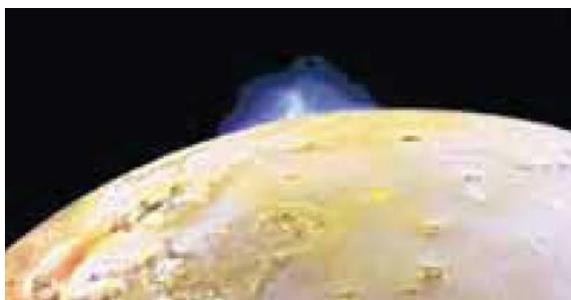


Рисунок 76



Рисунок 77



Рисунок 78



Рисунок 79



Рисунок 80

***Задание 4-33. Фобос – спутник Марса [с. 96, рис. 81].**

Марсианские спутники Фобос и Деймос скорее похожи на астероиды. Они крошечные (Фобос – 22 км, а Деймос – 13 км). Почему у небольших спутников и планет (например, у Меркурия) нет атмосферы?

***Задание 4-34. Мимас – спутник Сатурна [с. 97, рис. 83].**

Мимас – небольшой спутник при размере в 400 км имеет «след» кратера размером в 130 км. Удар астероида, который перенёс Мимас, был настолько силён, что на противоположной стороне от кратера есть трещины. Какова причина устойчивости этого спутника?

***Задание 4-35. Энцелад – спутник Сатурна [с. 97, рис. 84].**

В 2018 году были обнаружены сложные органические макромолекулы в собранных «Кассини» образцах из струйного шлейфа Энцелада. К каким выводам можно сделать на основании этого открытия?

Задание 4-36. Сравнительные размеры Земли и карликовых планет [с. 98, рис. 85].

Плутон относится к разряду карликовых планет. Почему на Ассамблее Международного астрономического союза в Праге 24 августа 2006 года Плутон был «вычеркнут» из списка классических планет?

Задание 4-37. Метеоритный кратер в Аризоне (США) – [с. 101, рис. 87].

При падении на Землю крупных метеоритов происходит сильнейший взрыв с выбросом грунта и образованием кратера (астроблемы). На поверхности Земли известно свыше сотни астроблем метеоритного происхождения от 0,2 до 100 км поперечником. Опишите причины взрывов метеоритов.



Рисунок 81

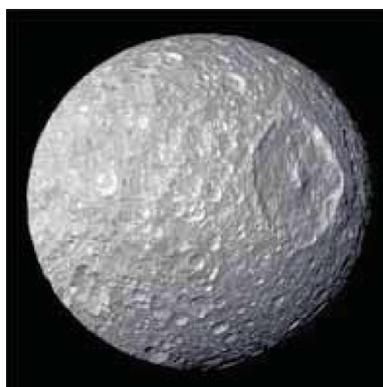


Рисунок 83



Рисунок 84



Рисунок 85



Рисунок 87

Задание 4-38. Древняя гравюра, рассказывающая о появлении кометы в Смоленске – [с. 102, рис. 88].

Шлейфы комет затмевают своей красотой все остальные небесные тела. Даже после того, как механика затмений стала ясна, и страх, связанный с ними, почти исчез, бродячие призраки космического пространства продолжали на многих наводить ужас. Почему люди считали кометы предвестницами катастроф?

Задание 4-39. Комета Галлея [с. 103, рис. 89].

За все время существования человека на Земле комета Галлея предположительно наблюдалась 31 раз. Как было Галлеем доказано существование периодичности комет?

Задание 4-40. Космический аппарат «Розетта» и спускаемый зонд Филы проводит исследование кометы [с. 103, рис. 90].

Космический аппарат впервые в истории сел на ядро кометы. В чём состояла важность этой миссии для науки?

Задание 4-41. Разрушение кометы Шумейкеров–Леви в окрестности Юпитера [с. 104, рис. 91].

Почему распадаются кометы?

***Задание 4-42. Яркий метеор [с. 104, рис. 92].**

От чего зависит яркость и цвет свечения метеоров? Какими методами исследуются явления метеоров в настоящее время?

***Задание 4-43. Радиант метеорного потока [с. 105, рис. 93].**

Обратные продолжения видимых путей метеоров, принадлежащих одному потоку, пересекаются не в одной точке небесной сферы, а в некоторой области, называемой радиантом метеорного потока. Чем это можно объяснить, почему радиант не сходится в одной точке?

Задание 4-44. «Звёздный дождь». Гравюра [с. 106, рис. 94].

Почему метеорные потоки повторяются строго через год?

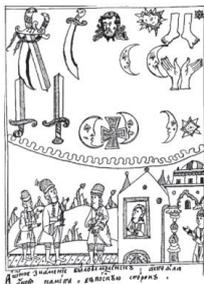


Рисунок 88



Рисунок 89



Рисунок 90



Рисунок 91



Рисунок 92



Рисунок 94

Ответы. Раздел 4. Сравнительная планетология

Ответ 4-1

Такое разделение планет обусловлено разной отдаленностью от Солнца, их массой и физическими свойствами. При этом между планетами земной группы и гигантами имеется кольцо из астероидов и космическая пыль, которая как бы разделяет эти две группы.

Ближе всего к Солнцу находятся планеты *земной* группы, потому как они обладают небольшой массой и размерами, но достаточно высокой плотностью. В основном все они имеют железное ядро, и другие более отдаленные слои. Можно сказать, что их поверхность твёрдая, а спутников у планет совсем немного. Температура на этих планетах самая высокая, так как они минимально отдалены от Солнца. К этой группе относятся Марс, Венера, Землю и Меркурий.

Вторую группу планет составляют *гиганты* (Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун). Их называют ледяными гигантами или газовыми. Их атмосфера существенно отличается от планет земной группы. При этом размеры этих планет огромные. У них имеется много спутников, и более сильное магнитное поле, нежели у планет земной группы. В основном они состоят из разнообразных газов (метан, аммиак, углекислый газ). Можно сказать что их поверхность не является ни твердой ни жидкой, так как газ имеет разную плотность, в зависимости от удаленности от центра.

Ответ 4-2

Солнечная система возникла в результате закономерного развития туманности. Согласно современным представлениям, планеты Солнечной системы образовались из холодного газопылевого облака, окружавшего Солнце миллиарды лет назад. Такая точка зрения наиболее последовательно отражена в гипотезе российского ученого, академика О.Ю. Шмидта.

Ответ 4-3

Целью полёта станции «Маринер-10» было изучение планеты Меркурий с пролётной траектории. С близкого расстояния выявлены существенные особенности поверхности Меркурия:

- 1) огромное количество ударных кратеров, накопившихся за миллиарды лет (похожих на лунные);
- 2) между кратерами располагаются гладкие участки поверхности, предположительно образовавшиеся из древних потоков лавы;
- 3) особенностью рельефа являются скалы (уступы), протяженностью от десятков до тысяч километров и высотой от ста метров до двух километров.



Данные: видео, 01 мин, 17 с. You Tube. Проект «Роскосмос ТВ» – <https://goo.su/RIL5oj>.

Краткое видео: «Меркурий – только факты».

Ответ 4-4

Уступы, обнаруженные на поверхности Меркурия, представляют собой огромные утёсы, образовавшиеся в результате коробления коры планеты. На Земле это происходит из-за смещения тектонических плит, тогда как на Меркурии это произошло из-за сжатия его ядра.

Ответ 4-5

Венера является нижней (внутренней) планетой. Конфигурация планеты, при которой происходит максимальная удаленность внутренней планеты от Земли, называется

ся верхним соединением. А промежуток времени между последовательными одноименными конфигурациями планеты называется синодическим периодом. Поэтому необходимо найти синодический период обращения Венеры. Воспользовавшись уравнением синодического движения для нижних (внутренних) планет – в учебнике см. формулу (3) на стр. 40. Зная сидерический период обращения Земли (звёздный год), равный 365,26 средних солнечных суток, найдем, что максимальная удалённость Венеры повторится через примерно 583,91 суток:



Данные: видео, 01 мин, 14 с. Проект «Интересные факты о космосе» – <https://clck.ru/qbrL>.

Самая горячая планета. Причины.

Ответ 4-6

Горы Максвелла – единственное мужское название на современной карте Венеры. Название сохранилось со времён, когда ещё не было правила называть детали рельефа Венеры только в честь женщин. Этот объект был открыт как яркое пятно на радарных снимках ещё на заре радиолокационных исследований Венеры. Его обнаружили в 1967 году в обсерватории Аресибо. По предложению первооткрывателей яркие области на снимках назвали в честь исследователя электромагнетизма Джеймса Клерка Максвелла. Благодаря работам которого была создана радиолокация – основной метод исследования поверхности Венеры.

Международный астрономический союз принял решение давать деталям рельефа на Венере только женские имена, поскольку это единственная планета, названная женским именем. Крупным кратерам решено присваивать фамилии знаменитых женщин, небольшим кратерам – женские имена, другим формам рельефа – женские мифологические имена. Возвышенностям на Венере дают имена богинь, а низменностям, каньонам и бороздам – имена прочих мифологических персонажей.

В центре снимка находится ударный кратер Клеопатра (диаметром около 100 км). Глубина этого кратера 2,5 км – более чем вдвое превышает обычную для венерианских кратеров её диаметра. Предполагается, что это связано с вытеканием из кратера большого объёма лавы.



Данные: видео, 07 мин, 31 с. You Tube. Проект «Роскосмос ТВ» – <https://clck.ru/qrfNH>.

Исследования Венеры советскими аппаратами были столь интенсивными, что в научных кругах даже стали называть Венеру «русской планетой».

Ответ 4-7

Особенности рельефа Венеры вполне объясняются тектонической активностью, практически ничем не отличимой от земной. Именно тектонической активностью порождены все основные венерианские горные цепи и разломы. Есть некоторые признаки того, что вулканическая деятельность на Венере продолжается и сейчас. Отмечается удивительно низкое число ударных кратеров.

Основные детали ландшафта не видны с Земли из-за облаков. Если бы не радиоволны, мы бы не узнали, как выглядит поверхность Венеры. Радиоволны легко проходят через плотный слой облаков Венеры и не являются преградой. Топографическая карта поверхности Венеры составлялась на основе данных лазерной альтиметрии, собранных космическим аппаратом «Магеллан», за период с 1990 по 1994 год. Неожиданным фактом для орбитальных радиолокационных наблюдений Венеры, стало то, что в наиболее высоких точках планеты, наблюдалась аномально высокая отражательная способность.

Гора Маат на Венере – громадный вулкан, имеющий 8 км в высоту от подножия и 11 км от высоты поверхности планеты. Диаметр основания этого вулкана – почти 600 км.



Данные: web-страница. Звёздный каталог– <https://goo.su/0cmcz8J>.

На странице рассматриваются вопросы: «Как выглядит поверхность Венеры. Что мы видим на поверхности Венеры?».

Ответ 4-8

При сравнении фотографий можно сделать предположение, что каждый слой рядом расположенных участков формировался в разное время. Вначале застыл нижний слой, а наверх его вылилась новая порция лавы, которая впоследствии также застыла.

Ответ 4-9

Первая карта поверхности Венеры было составлена в 1980 году. Рельефная карта была получена по итогам серия советских межпланетных космических станций «Венера» исследовавших планету в 1970-1980 годов. Они дали довольно точное представление о том, как выглядит поверхность Венеры и из чего она состоит.

Планету покрывает 20-километровая толща облаков. В ходе исследований, на карте Венеры было открыто множество уникальных и интересных объектов. Со временем была придумана система координат, упрощающая ориентацию в новых данных.

В момент сближения с планетой, аппарат «Магеллан» сканировал узкие полосы рельефа. Так как многие участки поверхности были отсняты многократно и под разными углами, то полученной информации хватило для создания трёхмерной модели планеты.

Исследования показали, что на планете сравнительно мало кратеров и низменностей. Зато ученые выделяют обширные возвышенности, образующие несколько континентов. На них находятся самые высокие точки планеты. Эти регионы на планете назвали «Землями».

Сложно было получить изображения, которые соответствовали бы восприятию венерианского пространства человеческими глазами. Цвета на большинстве снимков Венеры можно считать условными. Они специально подсвечены и усилены, чтобы лучше различать особенности рельефа. Изрядная доля пород на поверхности имеет вулканическое происхождение – это даёт основания полагать, что основными цветами венерианского пейзажа являются красный и коричневый. Низменности рельефа окрашены в зелёные и синие цвета, что также условно приближает восприятие планеты близкое к Земле.

Форма планеты Венера очень близка к сфере. К тому же её поверхность имеет сглаженный рельеф. Почти 90% поверхности лежит в пределах ± 1 км от среднего уровня.

Данные: web-страница. «Земля и Вселенная» 2008 №2 – <https://clck.ru/33zqfkM>.

В статье «Новая карта рельефа Венеры» имеются названия объектов поверхности планеты.



Ответ 4-10

Главное отличие планеты Земля от остальных небесных сфер – изобилие воды. Более половины (3/4) поверхности Земли покрыто ледниками и синими бескрайними водами. Земля от Солнца тоже светится, она имеет красивый голубой оттенок, похожий на цвет драгоценных камней – аметиста или сапфира. В своем арсенале Земля имеет и многие другие расцветки – красные, оранжевые, зелёные и фиолетовые. Цвета зависят от фазы её положения, периода заката или восхода, облачности и пр.

Данные: web-страница – <https://subscribe.ru/group/otkuda-myi-prishli/14192487/>.

25 захватывающих фотографий Земли из космоса. Имеются комментарии к каждой фотографии.



Данные: web-страница. Анимационный рисунок, проект «3DNews» – <https://www.youtube.com/watch?v=DMdhQsHbWTs>.

Показана обратная сторона Луны на фоне Земли. За основу анимации NASA, были использованы фото 16 июля 2015 года. На фотографирование Луны на фоне поверхности нашей планеты ушло менее пяти часов.

Ответ 4-11

Впервые про полярные шапки Марса стало известно ещё в 1666 году. Наблюдая за планетой, астроном Джованни Кассини обнаружил белое пятно на одном из полюсов Марса. В 1672 году другой ученый Христиан Гюйгенс зафиксировал белоснежную область Южного полюса, которая состояла, как предполагали, из снега и льда. В 1704 году Жак Маральди провел регулярные наблюдения снежного покрова Южной шапки, им было удостоверено, что белый покров изменяется в ходе вращения планеты.

По современным исследованиям полярные шапки Марса состоят из двух слоёв. Нижний, слой, с толщиной, оцениваемой в сотни метров, образован обычным водяным льдом, смешанным с пылью, который сохраняется и в летний период. Наблюдаемые сезонные изменения полярных шапок происходят за счёт верхнего слоя толщиной менее 1 метра, состоящего из твердой углекислоты (так называемого «сухого льда»).

Ответ 4-12

Атмосфера Марса разреженная, и в ней гораздо меньше воды, чем в атмосфере Земли. Даже в таких условиях на планете тоже бывают облака. Они образуются, когда на взвешенных в атмосфере частицах пыли конденсируется вода и возникают кристаллы льда. Так как атмосфера Марса более чем на 90% состоит из углекислого газа, то на Марсе можно встретить облака из замерзших частиц углекислого газа (из «сухого льда»). Снег может долетать до поверхности планеты. Марсианские облака напоминают серебристые облака с Земли. На Земле серебристые облака образуются на высоте около 80 км, и их можно заметить в сумерках.

Данные: web-страница. Сайт «Дзен», информация из космоса – <https://goo.su/tXvR24>.

Спускаемый космический аппарат NASA «Викинг-2» запечатлел на марсианской равнине Утопия 18 мая 1979 года на заснеженную поверхность (фото).



Ответ 4-13

Гора Олимп – потухший вулкан на Марсе, расположенный в районе экватора планеты. Это высочайшая гора Солнечной системы. Высота Олимпа – 26 км от основания.

Данные: видео, 01 мин, 22 с. You Tube. Проект «Centauri». Минутка Марса – <https://clck.ru/33quon>.

В видео даётся ответ на вопрос «Откуда на Марсе такие высокие горы?».



Ответ 4-14

Учёными давно обсуждается проблема источников возникновения воды на Марсе. Была ли это дождевая вода, которая вызывала наполнение рек? Или это лёд, который

таял из-за вулканической активности и просачивался в реку? Разные сценарии приводят к разным выводам по поводу климатической истории Марса. Неясным остаётся вопрос о том, как со временем вода исчезла. Учёные считают, что большая её часть испарилась в космос. Это вопрос для будущих космических миссий. Исследование атмосфер тел Солнечной системы позволяет уточнять и прогнозировать процессы, происходящие в земной атмосфере, например «парниковый» эффект, пылевые бури и др.

Ответ 4-15

Юпитер относится к газовым гигантам. Этот космический объект привлекает внимание астрономов и к нему регулярно летают космические аппараты, присылающие на Землю всё больше информации. Планета состоит в основном из водорода и гелия, которые находятся в газообразном и жидком состоянии. На Юпитере отсутствует твердая поверхность и какой-либо рельеф. Атмосфера переходит в очень плотные газовые слои, которые при больших давлениях образуют так называемый металлический водород. Единственная видимая часть Юпитера – это атмосферные облака и пятна. Облака располагаются параллельно экватору. Они светлые или тёмные. Облака, находящиеся на разной высоте, имеют разный цвет. Спокойный и сильный золотистый видимый блеск придает планете Юпитер величественность и грандиозность, особенно при хороших условиях наблюдения. Поэтому, видимо, в греческой мифологии, а затем в римской, эта планета идентифицировалась с небесным властителем, главным олимпийским божеством, древнегреческим Зевсом и древнеримским Юпитером.

Данные: web-страница, сайт mirax – <https://goo.su/w48LT>.



Планета Юпитер: её масса, атмосфера, размеры, температура, магнитное поле, строение, орбита и период вращения вокруг Солнца.

Ответ 4-16

Фото показывают нам Юпитер с пятнами и полосами белого, красного, коричневого, оранжевого и жёлтого оттенков. Цвет планеты постоянно изменяется, поскольку здесь всё время образуются атмосферные вихри из-за быстрой смены погодных условий.

Предполагается, что причина, по которой буря не утихает уже в течение нескольких веков, заключается в том, что на Юпитере, в отличие от Земли, нет твёрдой поверхности, обеспечивающей трение и замедление вращения.

Помимо Большого красного пятна на Юпитере имеются и другие «пятна-ураганы», меньшие по размерам и недолго существующие (десятки лет). Они могут иметь белый, коричневый и красный цвет.



Данные: видео, 02 мин, 22 с. You Tube. Проект «Alpha Centauri» – <https://clck.ru/r73uX>.

В видео «Трансформация Большого Красного Пятна на Юпитере» объясняется происхождение пятна, рассматривается его динамика.

Ответ 4-17

О наличии на Юпитере полярных сияний астрофизикам известно давно. Причина этого явления до конца не изучена: предположительно, что сияния вызваны солнечными бурями.

Полярные сияния, известные как северное или южное сияние на Земле, видны над полюсами ряда планет Солнечной системы. Эти танцующие огни возникают, когда ча-

стицы высокой энергии от Солнца или других небесных тел врезаются в магнитосферу планеты и стекают по линиям её магнитного поля, сталкиваясь с молекулами атмосферы и вызывая их свечение.

Данные: видео, 00 мин, 11 с. NASA – <https://youtu.be/ihDFCs3o-gl>.



Полярное сияние на Юпитере. Явление зафиксировано космическим телескопом «Хаббл». В ролике яркое полярное сияние зафиксировано в 2016 году.

Размеры областей, над которыми загораются полярные сияния почти втрое превышают диаметр Земли, а их энергия в сотни раз превышает земные.

Ответ 4-18

В течение долгого времени Сатурн считался единственной планетой в нашей Солнечной системе с кольцами. Исследованиями космических аппаратов было выявлено, что все гигантские газовые планеты (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун) имеют кольца.

Существуют две теории возникновения планетных колец.

1. Кольца образовались одновременно с планетой. Пылегазовые частицы, из которых состоят планеты, были слишком далеко от ядра планеты и не могли быть сдвинуты гравитацией. Они остались, чтобы сформировать кольцевую систему.

2. Кольца образовались, когда некоторые уже сформированные спутники планеты, столкнулись друг с другом. Обломки столкновения не смогли снова собраться вместе, чтобы образовать новый спутник. Весь «строительный» материал распространился на кольцевую систему планеты, которую мы видим сегодня.

У Юпитера большое количество спутников. Поэтому вначале формирования спутниковой системы имела вероятность столкновения спутников друг с другом. Впервые кольца заметили в 1979 году при пролёте корабля «Вояджер-1». Система четырёх колец Юпитера представлена пылевыми частичками, напоминающими тёмно-красную сажу.

Данные: видео, 04 мин, 44 с. NASA – <https://youtu.be/Tt6dqORwF7s>.



Кольца Юпитера.

Ответ 4-19

Атмосфера Сатурна выглядит полосатой, но линии ослабевают и расширяются к экватору. Полосы образуются в зонах атмосферы, скорость вращения которых отличается от скорости вращения других частей.



Данные: видео, 04 мин, 00 с. You Tube. Проект «Astroromantik» (познавательный видеоканал) – <https://youtu.be/0eQNqwP8dmc>.

Любительские съёмки 2020 года: «Посмотрите на Сатурн в телескоп». Показаны оригиналы видео и обработанные кадры, в конце видео приводятся параметры камеры.

На канале размещены и другие любительские фильмы: «Луна в телескоп», «Пепельный свет Луны» и др.

Ответ 4-20

Когда Земля расположена в одной плоскости с кольцами, то мы их можем видеть только с ребра. Кольца перестают быть видны, когда наблюдатель находится точно в плоскости колец. Это происходит два раза за полный оборот Сатурна вокруг Солнца

(29,5 лет) – через 13,75 и 15,75 лет. Последнее «исчезновение» колец наблюдалось в 2009 году, следующее такое явление произойдёт в 2024 году.



Данные: видео, 20 мин, 19 с. You Tube. Проект «Космос. Вселенная» – <https://youtu.be/Ml2oAZWfUo8>.

Сатурн – «властелин колец». Как устроена система Сатурна (атмосфера, спутники, кольца, состав).

Ответ 4-21

Из-за этого необычного наклона оси вращения Урана получается, что полюса планеты непрерывно обращены к Солнцу в течение 42 земных лет, поэтому планета словно катится на боку по плоскости орбиты. Смена времён года происходит совсем не так, как на других планетах Солнечной системы. Только узкая полоска около экватора испытывает быструю смену дня и ночи; при этом Солнце там расположено очень низко над горизонтом (как в земных полярных широтах). Через уранианских полгода ситуация меняется на противоположную: «полярный день» наступает в другом полушарии.



Данные: видео, 09 мин, 29 с. You Tube. Проект «Sinus» – <https://youtu.be/cNsVFmZ3taA>.

О слабо выраженных кольцах Урана рассказывает астроном Владимир Сурдин. Как были открыты кольца.

Ответ 4-22

По договоренности, которой придерживаются астрономы ещё со средних веков, в честь греческих и римских богов получили своё название все планеты Солнечной системы, включая даже нашу Землю. Какие это боги?

Землю в древней Греции называли Гея. Гея – богиня Земли, от которой произошли горы и моря, первое поколение богов, циклопы и гиганты.

Меркурий – посланец богов. Планета Меркурий уже с самых давних времен привлекала внимание людей своим быстрым видимым движением. Поэтому её и называли Меркурием. Так римляне называли греческого бога Гермеса – посланца богов.

Венера – богиня любви и красоты. Венера – самое яркое небесное тело после Солнца и Луны. Своим ярким блеском она привлекала взгляды людей утром, перед восходом Солнца и вечером, после захода Солнца. Видимый блеск Венеры придает ей какую-то таинственную красоту и очарование, поэтому она и получила это имя.

Марс – бог войны. Планета Марс издавна привлекала внимание людей своим хорошо видимым кроваво-красным цветом. За этот цвет она и получила название – Марс. Так древние римляне называли древнегреческого бога войны Ареса.

Юпитер – главный среди богов. Спокойный и сильный золотистый видимый блеск придает планете Юпитер величественность и грандиозность, особенно при хороших условиях для наблюдения. Поэтому, видимо, она и получила имя Юпитер – так римляне называли древнегреческого бога Зевса – властелина Неба и Земли, богов и смертных. Своими молниями он уничтожал любого, кто нарушал установленный им порядок и законность в мире. Поэтому древние греки называли его ещё громовержцем Зевсом.

Сатурн. Медленное видимое движение планеты Сатурн на фоне зодиакальных созвездий и спокойный её желтоватый блеск придают ей некоторую величественность. Поэтому ей дали имя Сатурн – так римляне называли древнегреческого бога Кроноса. Кронос – время, которое поглощает всё.

Уран – древний бог неба. Согласно древнегреческой мифологии богиня Гея (Земля), мощная и сильная, давшая и дающая жизнь всему, что только растет и живет на свете, родила бескрайнее синее Небо (Урана), распростертое над нею как крыша.

Нептун – бог моря. Так римляне называли древнегреческого бога Посейдона – хозяина морей и морских глубин.



Данные: видео, 07 мин, 31 с. Проект «Парадокс» – <https://youtu.be/h-F36sUDoWM>.

Самая странная планета Солнечной системы – Уран. Рассматривается открытие Урана, особенности его обращения, магнитосфера.

Ответ 4-23

Моря имеются на Земле, Луне, Меркурии, Марсе, но этот географический и астрономический термин относится к разным образованиям. Моря на Земле – это впадины, заполненные водой. Моря на Луне – это низменности, находящиеся преимущественно на видимой стороне спутника и залитые лавой с альбедо более низким, чем горные районы. Моря на Меркурии и Марсе – это участки поверхности, обладающие меньшей отражательной способностью по сравнению с другими районами. Связи с рельефом местности нет. Воды в жидком виде в неземных морях нет.

Луна все время обращена к Земле одной стороной, потому что вращается вокруг своей оси с периодом, равным периоду обращения Луны вокруг Земли ($27,3^d$). При этом вращение её происходит в том же направлении, в каком она движется вокруг Земли. Следствием этого является то, что Луна постоянно обращена к Земле одной и той же стороной.

Если бы периоды вращения Луны и её обращения вокруг Земли не совпадали точь-в-точь, то постепенно накапливаемые расхождения привели бы к тому, что в разное время к Земле были бы обращены разные части лунной поверхности. Если бы период оборота Луны вокруг Земли отличался от периода вращения последней всего лишь на минуту, то через две с половиной тысячи лет Луна повернулась бы к Земле невидимой сейчас стороной.



Данные: видео, 02 мин, 19 с. Проект «Роскосмос ТВ» – https://youtu.be/RK_3K7_ctAE.

«Смотрим на Луну через телескоп». Любительская съёмка (г. Москва). Кадры фильма сопровождаются поясняющими титрами (названия кратеров и их размеры).

Ответ 4-24

Без оптического прибора можно провести наблюдения общих очертаний Луны – морей и суши, лучевую систему, окружающую кратер Коперник.

В старину многие ученые были убеждены, что погода на Земле всецело зависит от Луны.



Данные: web-страница. Galactic.name – <https://clck.ru/r7iHb>.

Крупномасштабная карта Луны. Это подробный вариант карты (60-е годы). Карта Луны от National Geographic: <https://goo.su/HesPQgV>.

Ответ 4-25

Лучи являются выбросами, появившимися от ударов метеоритов. Так как вещество при взрывах выбрасывается струями, то образуется система лучей, направленных радиально, а их повышенная яркость объясняется тем, что вещество лучей состоит из мелко раздробленного материала, который всегда светлее твёрдого вещества того же состава.

Большинство кратеров, покрывающих поверхность Луны, образовались при столкновении крупных метеоритов и небольших астероидов с поверхностью Луны 3,5 миллиарда лет назад. Энергия, выделяемая при взрыве, испаряла не только вещество падающего тела, но и часть пород в месте удара. Столкновения с очень крупными астероидами вызвали гигантские разломы в лунной поверхности, через которые вытекала жидкая расплавленная лава. Так на Луне появились моря.

Ответ 4-26

Для наблюдателя, который находится на Луне и для которого Земля видна над горизонтом Луны, Земля будет поворачиваться, и он сможет наблюдать её со всех сторон. Чтобы наглядно представить себе это, сделайте следующий весьма простой опыт. Поставьте посреди комнаты глобус (или предмет его заменяющий). Станьте к глобусу лицом. Обойдите вокруг глобуса, все время глядя на него. Заметьте, что пока вы успели совершить полный оборот вокруг своей оси, то ни разу не повернулись спиной к глобусу. Таким образом, с глобуса будет видно только ваше лицо, а вы сможете обозреть глобус со всех сторон.



Данные: видео, 01 мин, 35 с. С сайта news/nauka – <https://youtu.be/eV1ZXm3MН6l>.

Видео о том, как в одно и то же время выглядит Луна с Земли и наша Земля с лунной поверхности. На представленном видео Земля и Луна одинакового размера, однако в реальности с земного спутника наша планета кажется в четыре раза больше, чем полная Луна. Когда полная Земля видна на лунном небосводе, она освещает окружающий лунный ландшафт голубовато-серым светом.

Ответ 4-27

Выделенные в реголите частицы с острыми краями свидетельствуют о наличии в образцах недавно раздробленных пород, т.е. о соударении метеорита с грунтом Луны.

Ежегодно Луну бомбардирует около 10^6 кг микрометеоритов кометного и астероидного происхождения. Размер большинства из них составляет от 10 нм до 1 мм, они падают на Луну со скоростью до примерно 70 км/с. Реголит, собственно, сформировался благодаря бомбардировке поверхности Луны метеоритами разных размеров, в том числе микрометеоритами.

Рассматривая условия равновесия песчинки на склоне, получим, что угол склона горки реголита зависит только от коэффициента трения ($\operatorname{tg} \alpha = \mu$) и не зависит от ускорения свободного падения. Отсюда следует, что трение между частичками реголита больше, чем у земного песка. Из второго закона Ньютона вытекает, что предельное возможное ускорение совка, при котором грунт еще остается в нем, на Луне будет в 6 раз меньше, чем на Земле при одинаковых коэффициентах трения грунта о совок. Значит, при эксперименте с совком определяющий фактор – меньшее (в 6 раз) ускорение свободного падения на Луне.

Ответ 4-28

По существующему мнению, вулканическая деятельность на Земле и, вероятно, на Венере связана с выделением тепла в коре планеты из-за радиоактивного распада.

Причиной активности вулканов на Ио является приливное трение из-за действия Юпитера. Деформации поверхности спутника по этой причине достигают сотен метров, при этом выделяется много тепла. На Тритоне возникновение мощных гейзеров происходит в результате прорыва на поверхность азота, находящегося под большим давлением в недрах. Бурно вырываясь на поверхность, газ увлекает за собой лёд и частицы вещества горных пород.



Данные: видео, 03 мин, 20 с. You Tube. Проект «ЛАНИАКЕЯ» – <https://clck.ru/33sXCa>.

В рубрике проекта «Интересные спутники» показано небольшое видео «Ио – это молодая Земля!». Невероятно активный спутник Юпитера.

Ответ 4-29

Все планеты и большинство спутников движутся по орбитам в том же направлении (прямое движение) в каком вращается центральное тело. По-видимому, это является результатом передачи момента количества движения от вращающегося центрального тела

Обратными движениями обладают подвергшиеся внутренним воздействиям: спутники Юпитера Пасифе, Синопе, Карме, Ананке, Эванте; спутник Сатурна Феба; спутники Урана и спутник Нептуна Тритон.

Примечание. Все спутники Юпитера, обращающиеся вокруг Юпитера в обратном направлении, получили свои названия, оканчивающиеся на -е (в латинском и русском написании).

Ответ 4-30

Четыре главных спутника Юпитера Ио, Европа, Ганимед и Каллисто были открыты Галилеем в 1610 году. Открытие спутников показало, что геоцентрическое восприятие мира неверно, поскольку и другие небесные тела могут быть центрами движения. По наблюдениям затмений этих спутников была впервые определена скорость света (1676 г.).

Спутники Юпитера Ганимед и Каллисто по своим размерам больше Меркурия. Плотность метеоритных кратеров на Каллисто – самая высокая в Солнечной системе. Значительная часть поверхности Европы и Ганимеда покрыта льдом. Космический аппарат «Пионер-10» обнаружил плотную атмосферу у Ио (1973).

Ответ 4-31

Ученые считают, что формирование регионов хаоса на спутнике Европа – это, по сути, просто подтаивание с последующим замерзанием льда.

Для Европы также характерны многочисленные тёмные (реже светлые) полосы шириной от до 70 км, напоминающие разломы, с перепадом высот не больше нескольких десятков метров (см. рис 77 в учебнике). Полосы пересекают друг друга, некоторые образуют круги, иногда опоясывающие весь спутник. Природа полос пока неясна.



Данные: web-страница. Проект «Научная Россия» – <https://clck.ru/33sWtT>. <https://scientificrussia.ru/articles/ledianoj-haos-na-sputnike-iupitera>

На рисунке в учебнике показан фрагмент цветного изображения участка поверхности Европы, одной из лун Юпитера. Снимки получены исследовательским зондом Galileo в 1996-1997 годах.

Цвета на снимке NASA реальные, только усиленные для наглядности. Тёмно-синий цвет имеют старые, толстые пласты льда, голубой – куски потоньше, белый – совсем тонкие.

Ответ 4-32

Титан – крупнейший спутник Сатурна и второй по размеру спутник в Солнечной системе (после Ганимеда – спутника Юпитера). Он больше Луны и даже Меркурия, который является самостоятельной планетой.

Атмосфера Титана состоит из метана и азота и совершенно непрозрачна. Верхние слои атмосферы подвергаются действию солнечного света, ультрафиолета и радиации. Поэтому там постоянно происходят процессы расщепления молекул метана на различные углеводородные радикалы и ионы. Также происходит ионизация азота. В результате эти химически активные элементы постоянно образуют новые органические соединения. В верхних слоях в метане под действием Солнца происходит процесс образования смога из углеводородов, который мы видим в виде плотной облачной завесы. Именно благодаря этим органическим соединениям атмосфера Титана выглядит жёлтой.



Данные: видео, 14 мин, 11 с. You Tube. Проект «ПостНаука» – <https://clck.ru/33sXTa>.

Аудио-лекция опубликована на сайте ПостНаука (<http://postnauka.ru/>). Лектор: Валерий Шематович, доктор физико-математических наук, институт астрономии РАН.

Ответ 4-33

Все небесные тела из-за наличия молекул со скоростями, большими скоростей убегания (вторая космическая скорость), теряют свои атмосферы. Почему все же атмосферы существуют?

Число молекул со скоростями, большими скоростей убегания, непрерывно пополняется в результате межмолекулярных столкновений. Планета в конце концов должна потерять атмосферу. Однако время рассеяния, в течение которого это должно произойти, очень велико и сравнимо с возрастом планеты для Венеры, Земли, Юпитера и т.д. Для Меркурия и мелких спутников, наоборот, время рассеяния очень мало из-за малой скорости убегания и высокой температуры поверхности. Поэтому Меркурием его атмосфера давно утеряна. А у Титана (спутник Сатурна, близкий по размерам к Меркурию) из-за низкой температуры атмосфера имеется.



Данные: видео, 00 мин, 44 с. You Tube. Проект «Kurzgesagt – На русском» – <https://youtu.be/XXiIW2SArEw>.

Видео о лунах Марса. Приводятся физические характеристики спутников.

Ответ 4-34

Мимас является самым маленьким известным астрономическим телом, которое имеет округлую форму из-за собственной гравитации. Низкая плотность Мимаса (1,15 г/см³) показывает, что он состоит в основном из водяного льда с небольшими вкраплениями камней, чем и объясняется устойчивость спутника. Ударная волна прошла сквозь тело спутника.

Данные: web-страница. Проект «Индикатор» – <https://indicator.ru/astronomy/nasledie-cassini-mimas.htm>.

«Наследие Кассини. Мимас». Рассказ о главных «действующих лицах» многолетней эпопеи миссии Cassini.



Ответ 4-35

Под ледяной корой Энцелада, на глубине примерно 30 км, существует подповерхностный океан площадью до 80 тыс. км² и толщиной почти 10 км. Температура воды в нём оценивается в диапазоне от +1 °С в глубинных слоях до -45 С около поверхности. Гейзеры Энцелада бьют на высоту около 250 км.

Благоприятными факторами для возникновения и развития на Энцеладе жизни являются: гидротермальная активность объекта; присутствие силикатных пород в сердцевине спутника; наличие жидкой воды под поверхностью.

Водяные выбросы имеют высокую температуру, а в составе жидкости присутствуют следы почти всех известных горных пород Земли.

Учёные назвали Энцелад пригодным для жизни местом в Солнечной системе. Глубоко под поверхностью этого спутника, под его ледяной коркой, могут скрываться океанические течения, аналогичные земным.



Данные: видео, 15 мин, 09 с. You Tube. Проект «Роскосмос ТВ» – https://youtu.be/_yw4ZSGwuXY.

Учёные о космосе. «Титан, Европа, Энцелад: жизнь возле газовых гигантов», лекция Дениса Беляева, старшего научного сотрудника института физики планет и малых тел Солнечной системы Института космических исследований РАН. Учёные обнаружили в атмосфере Титана органические соединения винила цианида, вещества, которое может указывать на присутствие микроорганизмов на самом большом спутнике Сатурна.

Ответ 4-36

Чтобы небесное тело можно было отнести к разряду классических планет, оно должно удовлетворять тройному критерию: обращаться вокруг звезды, обладать сферической формой и, самое главное, не пересекать орбиты других планет. Бытовавшее когда-то не всегда верное утверждение: «Плутон – самая удаленная от Солнца планета» оказалось не удовлетворяющим третьему критерию классической планеты. Орбиты Нептуна (кругообразная) и Плутона (эллипсная) пересекаются из-за значительной вытянутости последней. Наступают моменты (последний длился с 1979 по 1998 год), когда именно Нептун являлся самой удаленной от Солнца планетой.



Данные: видео, 01 мин, 04 с. You Tube. Проект «Alpha Centauri» – <https://youtu.be/URirgRjA5wg>.

Небольшое видео «Минутка космоса. Карликовая планета». Рассматривается происхождение таких космических объектов и даётся им определение.

Ответ 4-37

При вторжении в атмосферу с космической скоростью (15-20 км/с) метеоритное тело в результате трения о воздух сильно нагревается и начинает ярко светиться (явления метеора или болида). Метеорами считаются тела не ярче 4-й звёздной величины, а болидами ярче 4-й звёздной величины, либо тела, у которых различимы угловые размеры.

При трении об атмосферу вещество поверхностного слоя метеоритного тела начинает плавиться и испаряться. Воздушные струи сдувают с поверхности железных метеоритов круглые капли расплавленного вещества, следы этого сдувания остаются в виде характерных выемок. В атмосфере метеоритные тела тормозятся и разрушаются в результате дробления, расплавления, разбрызгивания и частичного испарения вещества. Каменные метеориты часто дробятся, низвергая целый дождь обломков самых

разных размеров на поверхность Земли. Железные метеориты прочнее, но и они иногда разрушаются на отдельные куски. Поверхность найденных на Земле метеоритов имеет характерные вмятины и покрыта чёрной окисной пленкой – корой плавления.



Данные: видео, 02 мин, 41 с. You Tube. Проект «Загадочный мир» – https://youtu.be/PQ6-y6_3_Nw.

Один из самых больших кратеров метеоритного происхождения на Земле – это Бэрринджера в Аризоне (США) находится недалеко от городов Уинслоу и Флагстафф. Кратер Бэрринджера пользуется популярностью у туристов, являясь одной из главных достопримечательностей Аризоны, здесь тренируют астронавтов, т.к. его поверхность напоминает лунный пейзаж, и его часто снимают в научно-документальных фильмах, например, BBC или Discovery.

Ответ 4-38

Во все времена люди задумывались о роли комет в окружающем их мире и влиянии этих хвостатых светил на судьбы человеческие. Они всегда считались вестниками грядущих перемен, всяческих бедствий и несчастий. Их появлением объяснялись войны, смерти царей и императоров.

Раньше, когда фиксировались только самые яркие события, поэтому были велики шансы обычного совпадения с людскими событиями и верованиями. Сейчас в техническую эпоху всё фиксируется – космическое событие может быть вполне рядовым и незаметным и это уже не связывается с эпизодами смерти человека и эпидемиями непонятных болезней. Число зафиксированных метеоритов и комет в небе продолжает расти из года в год, но сегодня люди с земными событиями эти явления не связывают,

Ответ 4-39

Комета Галлея сыграла важную роль в развитии науки – со времен Аристотеля, впервые выдвинувшего эту теорию, считались кометы обычными возмущениями в атмосфере планеты. Именно исследования этой кометы помогли опровергнуть эту идею и доказать, что кометы – это самостоятельные космические тела.



Данные: web-страница. Энциклопедия «Кругосвет» – <http://www.astronet.ru/db/msg/1170734/halley.html>.

В 1705 году Эдмунд Галлей предсказал, используя теорию движения Ньютона, что комета видимая в 1531, 1607, и 1682 годах, вернется в 1758 году (это произошло, увы, после его смерти). Комета в самом деле вернулась, как и было предсказано и была названа в честь Галлея.

Ответ 4-40

Зонд «Розетта» был запущен 2 марта 2004 года. При перелете для ускорения он использовал гравитационные поля Земли и Марса. Он несколько раз облетел Землю и по одному разу – Марс и два астероида. В августе 2014 года он приблизился к комете, после чего стал её спутником. Зонд Филы впервые в истории совершил мягкую посадку на поверхность кометы (2016 год).

Важность миссии космического аппарата состоит в том, что было исследовано свободно странствующее по Солнечной системе космическое тело, состоящее из первородной пыли и льдов. Результаты анализа состава пыли позволили получить ценные сведения об этом небесном теле и, в целом, истории Солнечной системы. Они доказывают, что кометы относятся к числу наиболее богатых углеродом объектов Солнечной

системы. На поверхности её ядра были обнаружены органические вещества, которые по большей части сформированы из углерода, водорода, азота и кислорода.



Данные: web-страница. По материалам Википедии. Розетта (космический аппарат) – <https://clck.ru/Ugpk4>.

Космический аппарат «Розетта» предназначен для изучения ядра, химического состава и эволюции кометы 67P/Чурюмова–Герасименко. Приводится описание миссии и видео спуска зонда «Фила» на комету.

Ответ 4-41

Кометы – «недолговечные» небесные тела. При каждом возвращении к Солнцу ядро кометы теряет примерно 1/1000 своей массы. По мере приближения к Солнцу кометы постепенно сбрасывают множество частичек, которые рассеиваются в межпланетном пространстве. Погибают кометы при падении на Солнце, а также при столкновении с планетами (что зафиксировано на приведенном рисунке 91 в учебнике) или другими телами в межпланетном пространстве.



Данные: видео, 02 мин, 51 с. You Tube. Проект «LIGHT Science» – https://youtu.be/_tOO3t7v1QM.

Импактные события (падения метеоритов, астероидов и комет) происходят и на газовых гигантах. Но, в отличие от планет и спутников земной группы, где имеется каменная оболочка, на газовых поверхностях этих планет после ударов других космических тел следы остаются, но относительно недолго.

Ответ 4-42

Метеор (др.-греч. «парящий в воздухе») – явление, возникающее при взаимодействии метеорных тел с атмосферой. Сталкивающиеся молекулы атмосферы и метеорного приводит к торможению, нагреванию и распылению метеорного тела. Вследствие взаимодействия с атмосферой метеорные тела частично или практически полностью теряют свою начальную массу; при этом возбуждается свечение и образуются ионизованные следы метеорного тела Яркость свечения и химический состав метеорных тел влияют на цвет горения. Обычно эти световые явления происходят на высоте 80–120 км над Землей.

На основании исследований спектров, полученных для ярких метеоров установлено, что их излучение состоит главным образом из ярких эмиссионных линий атомных спектров со значительно более слабыми молекулярными полосами. Наиболее интенсивные линии в спектрах принадлежат атомам и ионам железа, натрия, магния, хрома и другим.

Метод радиолокационных наблюдений метеоров основан на регистрации радиоволны, отражённой от ионизованного следа метеора, – метеорного радиоэха.

Ответ 4-43

У каждого метеорного потока свой радиант. Его положение на небесной сфере зависит от того направления, в котором двигались метеорные частицы до своей встречи с Землей. Метеорный поток получает своё название по созвездию, в котором расположен радиант, или по ближайшей к радианту звезде.

Обратные продолжения видимых путей метеоров строго не сходятся в одной точке небесной сферы, что объясняется возмущением пути метеорных частиц в атмосфере из-за их не строгой параллельности. Кроме того, размер самого метеороидного роя в космосе достаточно велик, и чем больше возраст потока, тем больше область расхождение потока метеоров на небесной сфере. Появление радианта связано с эффектом перспективы и в действительности метеоры летят параллельно друг другу.



Данные: видео, 01 мин, 52 с. You Tube. РИА Новости – <https://youtu.be/7PmZCQb4EjE>.

Ежегодный метеорный поток Персеиды происходит в июле и августе и достигает пика примерно в середине августа. Персеиды являются одними из самых ярких метеорных потоков и, вероятно, самыми популярными среди наблюдателей-любителей в северном полушарии.

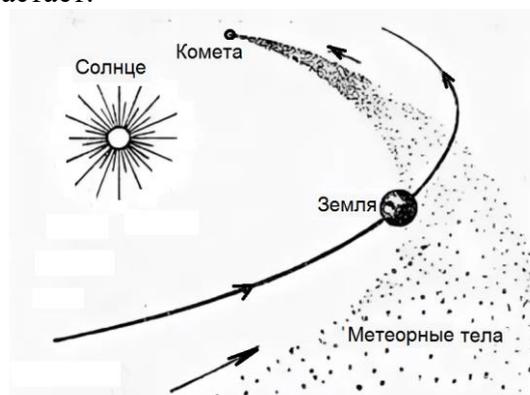
Камера ночного видения Канарской обсерватории с длинной базой (CILBO) на Тенерифе запечатлела пик метеорного потока Персеиды 2020 года в середине августа, зафиксировав десятки метеоров за одну ночь.

Ответ 4-44

Метеорные потоки повторяются строго через год, так как орбиты Земли и потока имеют неизменную область пересечения друг с другом. Земля пересекает эту область не сразу, а в течение нескольких дней или даже недель ввиду того, что рой кометных частиц имеет большие размеры. Когда Земля проходит через более плотные области частиц, то число «падающих звёзд» резко возрастает.

Метеорный поток мы наблюдаем в течение нескольких дней, а его максимум наблюдается тогда, когда Земля пересекает его центральную часть, где концентрация вещества больше. И в этот день наблюдается максимум метеорного потока (см. рисунок).

Следует различать понятия: метеорный поток и метеоритный дождь. Метеорный поток состоит из метеоров, которые сгорают в атмосфере и не достигают Земли, а метеоритные дожди – состоят из не сгоревших метеорных тел, которые падают на поверхность Земли. Метеорный поток и метеоритный дождь порождаются метеоритными телами, рассеиваемыми кометой.



Задания. Раздел 5. Методы исследования небесных тел

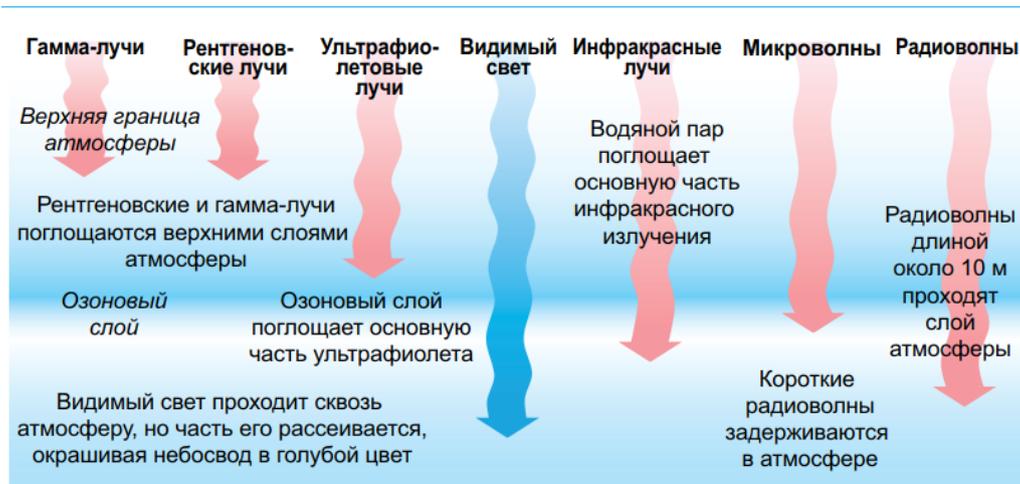


Рисунок 95

Задание 5-1. Распространение излучения небесных тел в атмосфере Земли [с. 108, рис. 95].

Все ли диапазоны электромагнитного излучения отличаются по способу излучения и приёма волн?

Задание 5-2. Международная космическая станция (МКС) [с. 108, рис. 96].

В состав МКС входит 15 основных модулей. Какие научные исследования они обеспечивают?

Задание 5-3. Ход лучей в телескопе-рефракторе [с. 109, рис. 97].

Фокусное расстояние объектива телескопа составляет 900 мм, а фокусное расстояние используемого окуляра 25 мм. Определите увеличение телескопа.

В современных оптических устройствах часто применяют просветленные оптические детали (производится специальная обработка поверхности линз, призм). Как это влияет на качество изображений?

Задание 5-4. Ход лучей в телескопе-рефлекторе [с. 110, рис. 98].

Почему все крупнейшие в мире телескопы – рефлекторы?



Рисунок 96

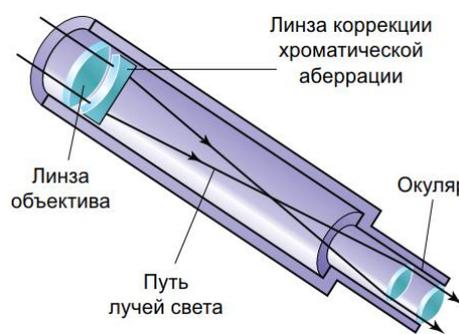


Рисунок 97

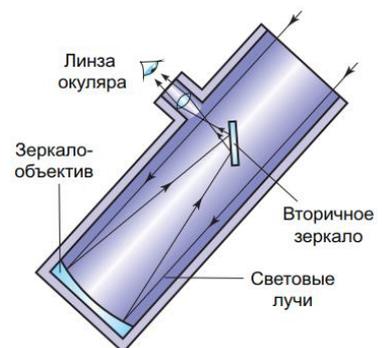


Рисунок 98

Задание 5-5. Ход лучей в зеркально-линзовом менисковом телескопе [с. 110, рис. 99].

При использовании тех или иных оптических и механических схем телескопов или приспособлений к ним называют имена: Ньютона, Гюйгенса, Барлоу, Грегори, Кассегрена, Ричи-Кретьена, Несмита, Шмидта, Максудова. Чем знаменита конструкция Д.Д. Максудова?

Задание 5-6. Космический телескоп Хаббла [с. 112, рис. 100].

24 апреля 1990 года был запущен на орбиту телескоп «Хаббл». В космической отрасли доброй традицией стало присвоение научно-исследовательским космическим аппаратам имён выдающихся астрономов прошлого. В настоящее время осуществлены или продолжают свою работу космические аппараты: Гиппарх, Хаббл, Галилео, Кассини, Шумейкер, и др.

Какой вклад в науку внёс космический телескоп Хаббла?

Задание 5-7. Радиотелескоп РАТАН-600 [с.114, рис. 101].

Какие научные задачи выполняет крупнейший радиотелескоп России РАТАН-600?

Задание 5-8. Гигантский радиотелескоп FAST [с. 114, рис. 102].

Китайский радиотелескоп FAST «Тьяньян» Five-hundred-meter Aperture Spherical Telescope («Сферический телескоп с пятисотметровой апертурой») начал работу 25 сентября 2016. Какие задачи он должен выполнять?

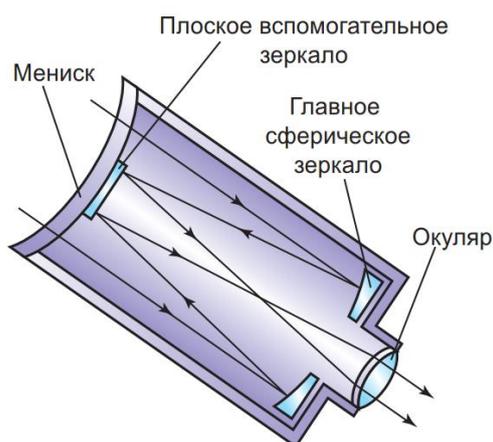


Рисунок 99



Рисунок 100



Рисунок101



Рисунок 102

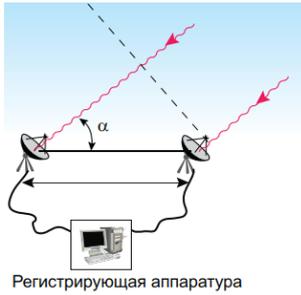


Рисунок 103

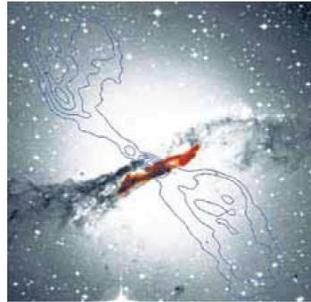


Рисунок 104



Рисунок 105

Задание 5-9. Схема работы радиоинтерферометра [с. 114, рис. 103].

Для изучения каких объектов космоса предназначены радиоинтерферометры?

***Задание 5-10. Оптическое и радиоизлучение галактики Центавр А [с. 115, рис. 104].**

Радиогалактики являются частью класса галактик с активным ядром. Почему астрономы исследуют такие галактики?

Задание 5-11. Крабовидная туманность в рентгеновских лучах [с. 116, рис. 105].

С помощью какого оборудования было получено изображение Крабовидной туманности в рентгеновских лучах?

***Задание 5-12. Схема щелевого спектрографа [с. 117, рис. 106].**

На схеме представлен спектрограф с призмой и фотографической регистрацией спектра. Какие ещё используются элементы для получения спектра и способы регистрации спектров?

Задание 5-13. Линейчатые спектры некоторых веществ [с. 118, рис. 107].

Почему в представленных спектрах отличаются цвета и группирование линий (слева – синие, справа – красные)?

***Задание 5-14. Распределение энергии в непрерывных спектрах [с.120, рис. 108].**

Почему смещается максимум энергии в спектре в зависимости от длины волны?

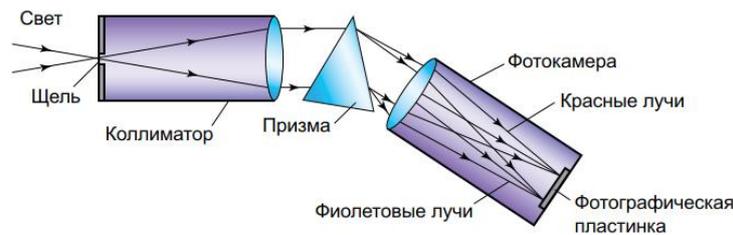


Рисунок 106

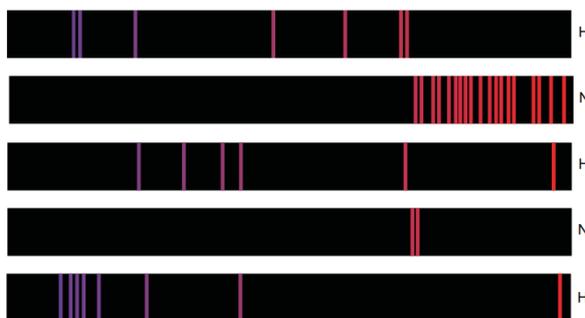


Рисунок 107

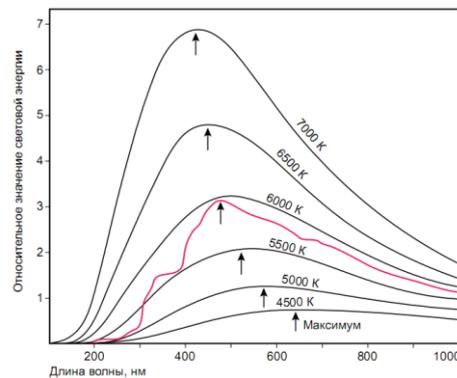


Рисунок 108

Ответы. Раздел 5. Методы исследования небесных тел

Ответ 5-1

Практически всё, что мы знаем о космосе, известно нам благодаря электромагнитному излучению. Все диапазоны электромагнитного спектра отличаются по способу излучения и приёма волн, принадлежащих тому или иному участку спектра. Электромагнитные волны возбуждаются различными излучающими объектами, – заряженными частицами, атомами, молекулами, антеннами и пр. В зависимости от длины волны различают гамма-излучение, рентгеновское, ультрафиолетовое излучение, видимый свет, инфракрасное излучение, радиоволны и низкочастотные электромагнитные колебания. Между различными участками электромагнитного спектра нет резких границ, но каждый диапазон обусловлен своими особенностями.

Приёмниками излучения (в своих диапазонах) являются фотоплёнка, глаз, термопара, телевизионная антенна, радиоприемник и пр. Взаимодействие между источником и приемником состоит в том, что при всяком изменении в источнике, наблюдается некое изменение в приемнике.

Данные: видео: 1 ч 15 мин 08 с – <https://clck.ru/UCokR>.

Лекция: «Современная астрономия и современные телескопы».

С.Б. Попов (доктор физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник ГАИШ МГУ).



Ответ 5-2

Основной целью при создании МКС являлась возможность проведения на станции экспериментов, требующих наличия уникальных условий космического полёта: вакуума, гравитации, космических излучений, не ослабленных земной атмосферой.

Главные области научных исследований включают в себя астрономию, биомедицинские исследования, биотехнологию, физику жидкостей, материаловедение, квантовую физику, космологию и метеорологию.



Данные: видео, 01 мин, 36 с. You Tube. BBC News – Русская служба – <https://youtu.be/ukv3mkz1XXc>.

Космонавт Олег Артемьев провёл видео-экскурсию по МКС. Путь из одного конца станции в другой космонавт преодолел не более чем за полторы минуты. За это время он не только успел показать модули и отсеки станции, но и познакомить со своими коллегами.

Ответ 5-3

Увеличение телескопа составит 36 раз.

Просветление служит для снижения отражения света от оптических поверхностей, граничащих с воздухом. Это позволяет увеличить светопропускание оптической системы и повысить контрастность изображения.

Ответ 5-4

Телескоп-рефрактор с диаметром объектива более 1 метра практически невозможно изготовить: во-первых, очень непросто отлить столь крупный диск оптически идеального стекла, а любая неоднородность в теле линзы существенно ухудшает качество построенного ею изображения. Во-вторых, чем больше диаметр линзы, тем она толще, а в толстом стекле происходят заметные потери света. Кроме этого, каждое прохождение света через оптическую поверхность линзы приводит к потере 4–6 % энергии. А у объектива рефрактора четыре таких поверхности. К тому же, укрепленная только по периметру, огромная линза деформируется собственным весом, и созданное

ей изображение ухудшается. До сих пор крупнейшим линзовым объективом остается созданный в 1895 г. 40-дюймовый объектив рефрактора обсерватории Йеркса (США).

У телескопов диаметром более 1 метра объективы зеркальные. Астрономические зеркала тоже сделаны из стекла или подобных ему материалов; но если линзу можно поддерживать только по периметру, то зеркало – по всей площади тыльной поверхности, поэтому оно не прогибается под собственным весом. К тому же зеркало может быть значительно тоньше эквивалентной ему по диаметру линзы – ведь у зеркала работает только одна оптическая поверхность, а не весь объем, как у линзы. В прошлом большим недостатком рефлекторов считалась недолговечность зеркального покрытия объектива. Но современная техника позволяет быстро восстанавливать тускнеющий за несколько лет зеркальный слой объектива. Сегодня телескопы-рефлекторы по всем параметрам превосходят своих линзовых собратьев.

Данные: web-страница. Типы телескопов –
<https://www.meteorologiaenred.com/ru/типы-телескопов.html>.



На странице описываются основные типы телескопов.

Ответ 5-5

Телескоп Максутова сочетал хорошее качество изображения, простоту конструкции, дешевизну изготовления и долгий срок службы. Суть изобретения Максутова заключается в том, что в предложенной схеме сферическая аберрация зеркала компенсируется противоположной по знаку сферической аберрацией мениска.



Данные: web-страница –
<https://www.seecore.org/tmo/212007.pdf>.

В. Герасимов. Биографический очерк о Максутове и изобретении телескопа. В 1941 году Максутов изобрёл менисковую систему, которой было суждено сыграть большую роль в развитии оптического приборостроения.



Ответ 5-6

Изначально идею о размещении телескопа на орбите подал астрофизик Лайман Спитцер. Он научно обосновал необходимость такого аппарата в космосе около ста лет назад. Телескоп Хаббл передал на Землю сотни фотографий планет, галактик и звездных скоплений. Более 15000 научных работ опубликовано на основе данных телескопа.

Данные: web-страницы – <https://clck.ru/33zNws>; –
<https://www.bbc.com/russian/features-52414758>.

История создания, ремонт в космосе, обработка фотографий. Статьи и обзоры с фотографиями:

«Космический телескоп Hubble: 25 лет на службе науки».

«Хаббл 30 лет. Как создаются его снимки, меняющие наш взгляд на мир».



Ответ 5-7

Радиотелескоп РАТАН-600 выполняет массовые измерения галактических и внегалактических радиоисточников. Основными преимуществами телескопа являются высокая чувствительность и многочастотность. Телескоп позволяет проводить исследование как близких объектов: планет и их спутников, Солнца, солнечного ветра, так и

крайне удалённых: радиогалактик, квазаров, космического микроволнового фона. Также поставлена задача поиск внеземных сигналов искусственного происхождения.

Данные: видео, 09 мин, 03 с. Rutube – <https://youtu.be/RuLayC3pTKo>.

Видео-экскурсия на РАТАН-600.



Ответ 5-8

Радиотелескоп предназначен для изучения формирования и эволюции галактик, тёмной материи, исследования объектов эпохи реионизации, т.е. изучать историю возникновения Вселенной.

При помощи Fast обнаружено более 200 пульсаров. Ученые изучают пульсары, поскольку, как считают астрономы, это идеальная «лаборатория» для изучения законов физики, действующих в экстремальных для материи условиях. Китай стал участником программы SETI (Search for extraterrestrial intelligence – поиск внеземных цивилизаций).

Ответ 5-9

С помощью радиоинтерферометров получают особо точные координаты и угловые размеры астрономических объектов, а также радио изображения небесных тел с высоким разрешением. Практически все крупные радиотелескопы мира объединены в единую глобальную сеть. Угловое разрешение сети достигает предельного (в условиях Земли) значения $\sim 10^{-4}$ секунды дуги.

Возможно создание космических радиоинтерферометров, в которых одна антенна устанавливается на Земле, а другая – на орбитальной станции или на Луне, что позволит получить ещё большее разрешение. Такое устройство позволит со сверхвысокой точностью измерять дрейфы континентов, предсказывать землетрясения, исследовать окружение звёзд в поисках экзопланет.

Ответ 5-10

Источники излучения радиогалактик обычно состоят сразу из нескольких компонентов (ядро, гало, радио выбросы). Механизм возникновения излучения в такой галактике иной, так как имеет место радиоизлучение и световое излучение. Например, Центавр А (NGC 5128) – ближайшая к нам радиогалактика, расстояние до которой оценивается в 12 000 000 световых лет. По оптической яркости галактика занимает пятое место среди объектов своего класса, а в радиодиапазоне – не имеет равных в своем созвездии.

Дальнейшее исследование показало, что галактика Центавр А оказалась еще и мощнейшим источником гамма-излучения. Считают, что его могут порождать чёрные дыры массивного галактического центра. Релятивистские потоки, джеты из чёрных дыр, истекающие в противоположных направлениях, простираются на расстояния в миллион световых лет. Следовательно, Центавр А может выступать и в ещё одной новой «номинации» – активной гамма-галактики

Ответ 5-11

Для получения снимков использована космическая рентгеновская обсерватория «Чандра», запущенная НАСА 23 июля 1999 года для исследования космоса в рентгеновском диапазоне. Названа в честь американского физика и астрофизика индийского происхождения Чандрасекара.

«Чандра» – третья из четырёх «Больших обсерваторий», запущенных НАСА в конце XX – начале XXI века. Первым был телескоп «Хаббл» (оптический диапазон), вторым «Комптон» (гамма диапазон) и четвёртым «Спитцер» (инфракрасный диапазон).

Ответ 5-12

В зависимости от элементов, обеспечивающих спектральное разложение, различают: призменные приборы; приборы с дифракционной решеткой; интерференционные приборы.

При регистрации спектра используют приборы: с фотографированием, фотоэлектрической регистрацией спектра; спектр можно рассматривать глазом.

Существуют монохроматоры – приборы, предназначенные для выделения узкого участка спектра. Если эти участки последовательно меняются (это называется сканированием спектра) и выходящее из прибора излучение регистрируется фотоэлектрическим способом, то прибор превращается в спектрометр.

Несмотря на существенное различие физических принципов, призменные и дифракционные приборы имеют много общих свойств, поэтому их объединяют в класс «Щелевые приборы».

Ответ 5-13

Линейчатый спектр, образованный тонкими изолированными цветными линиями, называют *спектром испускания*. Всякий атомарный разреженный газ издает свет с линейчатым спектром. Кроме того, для всякого химического элемента спектр испускания всегда уникальный – он играет роль своеобразного «удостоверения личности» данного элемента. Набор линий спектра испускания однозначно говорит, какой химический элемент перед нами.

Так как газ разрежен и атомы слабо взаимодействуют друг с другом, делаем заключение, что свет излучают атомы сами по себе. Поэтому атом характеризуется дискретным, строго определенным набором длин волн испускаемого света. Каждый химический элемент, как мы уже отметили, имеет свой набор. Положение линий в спектре задаётся длиной волны, так как переходя из одной среды в другую, например из воздуха в стекло, свет разлагается на составные части.

Ответ 5-14

Энергия теплового излучения с непрерывным спектром распределяется неравномерно по разным частям спектра. Характер этого распределения зависит как от температуры, так и от природы излучающего тела.

Объяснить эти графики можно только на основании гипотезы Планка: при низких температурах энергии теплового движения частиц тела недостаточно для создания квантов большой энергии. Поэтому чем выше температура тела, тем больше вероятность возникновения квантов большой энергии и тем интенсивнее излучение. Длина волны, на которую приходится наибольшая энергия излучения, тем меньше, чем выше температура излучающего тела.

Задания. Раздел 6. Солнце – дневная звезда

***Задание 6-1. Соответствие между положениями фраунгоферовых линий и линий химических элементов [с. 125, рис. 109].**

Особенность солнечного спектра – десятки тысяч узких тёмных полосок, многие из которых впервые описал Й. Фраунгофер. Если бы в солнечной атмосфере отсутствовали ионы, например, магния или железа, изменился ли бы спектр Солнца?

***Задание 6-2. Строение Солнца [с. 127, рис. 110].**

Определите линейный радиус Солнца (в радиусах Земли и километрах). Угловой радиус фотосферы и расстояние от Земли до Солнца считайте известными.

Для справки

Угловой радиус фотосферы $r = 16'$. Расстояние до Земли $a = 149,6 \cdot 10^6$ км.

***Задание 6-3. Схема протон-протонной реакции [с. 127, рис. 111].**

Опишите химическими символами сущность протон-протонной реакции, происходящей на Солнце. Подобные ли реакции происходят на других звёздах?

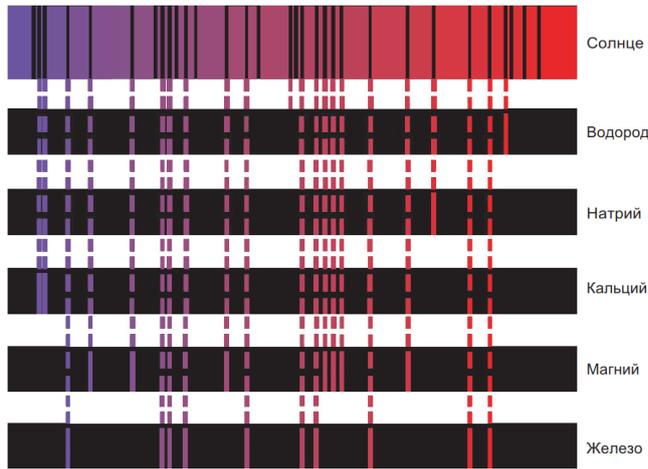


Рисунок 109

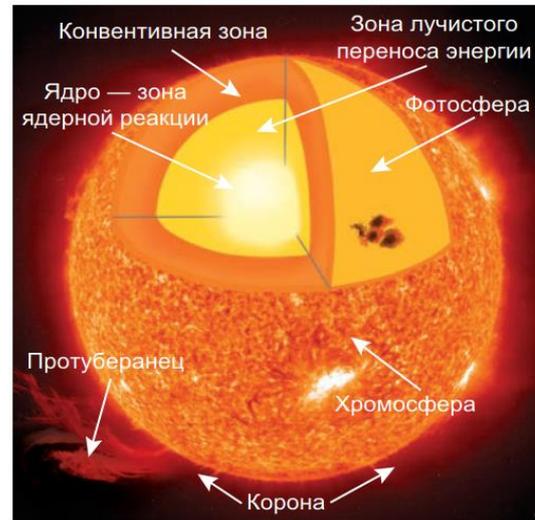


Рисунок 110

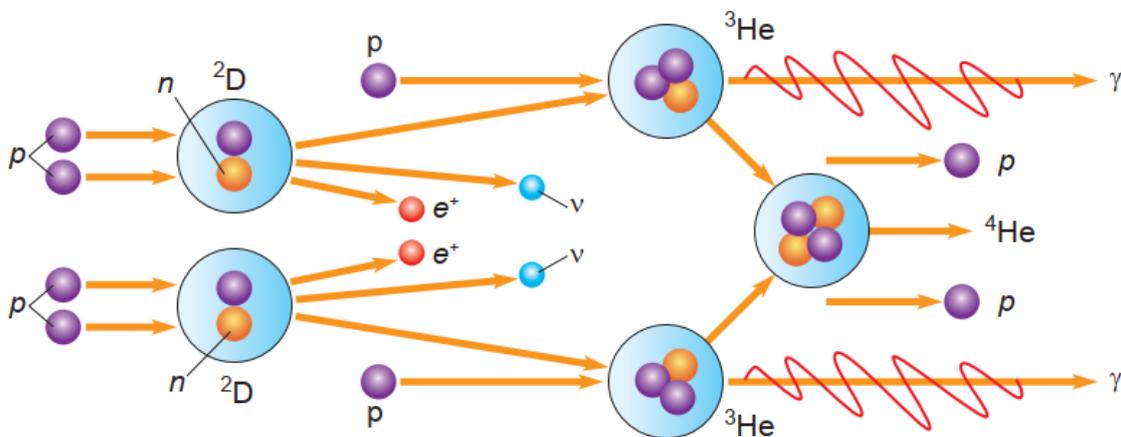


Рисунок 111

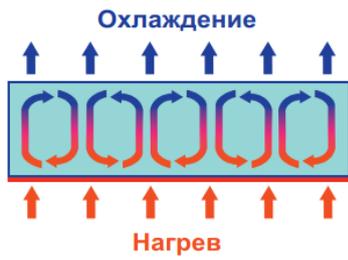


Рисунок 112



Рисунок 113

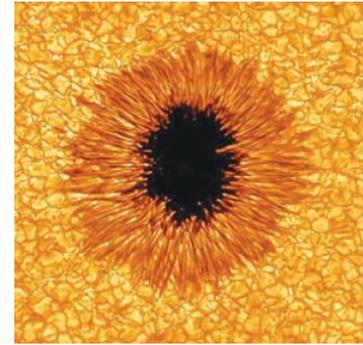


Рисунок 114

Задание 6-4. Энергия передаётся излучением от ядра Солнца [с. 128, рис. 112].

По рисунку объясните, какими природными явлениями можно проиллюстрировать процессы в конвективной зоне Солнца.

***Задание 6-5. Строение солнечной атмосферы [с. 129, рис. 113].**

Почему солнечный диск, будучи жёлтого цвета, на линии горизонта приобретает красноватый оттенок? Какие народные верования связаны с этим явлением?

***Задание 6-6. Солнечное пятно и фотосферная грануляция [с. 130, рис. 114].**

Как изменится температура Земли, если бы вся поверхность Солнца покрылась пятнами, подобными на рисунке? Повлияла бы данная аномалия на земную жизнь?

Задание 6-7. Динамика изменения размеров и формы группы солнечных пятен [с. 130, рис. 115].

Определите период вращения Солнца, если наблюдениями установлено, что пятно, расположенное близ экватора, сместилось за 3 суток на 40° ?

***Задание 6-8. Изменение протуберанца [с. 131, рис. 116].**

Почему на Солнце появляются протуберанцы?

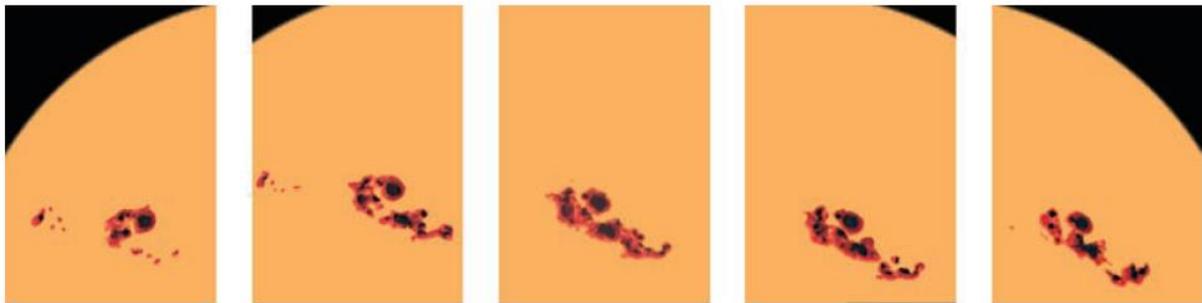


Рисунок 115

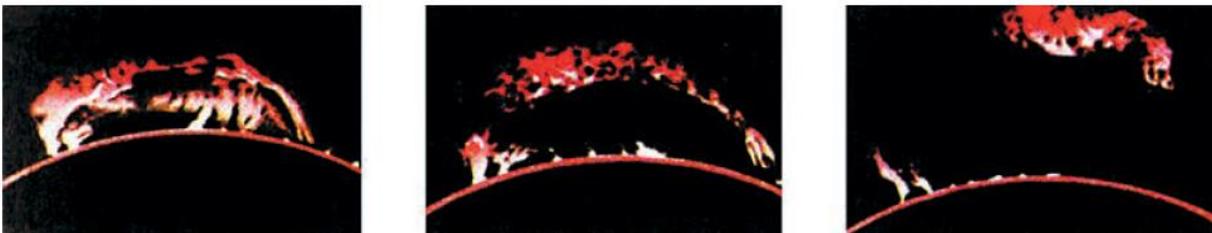


Рисунок 116

***Задание 6-9. Вспышка на Солнце [с. 132, рис. 117].**

Что является наиболее вероятной причиной сильных выбросов материи, происходящих на Солнце?

Задание 6-10. Солнечная корона во время затмения Солнца [с. 132, рис. 118].

Температура солнечной короны превышает миллион градусов. Почему кометы, пролетая через корону вблизи от Солнца (на расстоянии 1 – 2 солнечных радиусов) полностью не испаряются?

Задание 6-11. Солнце в рентгеновских лучах. Наиболее яркие места – области проявления солнечной активности [с. 133, рис. 119].

Почему так важно следить за циклами образования солнечных пятен и активностью Солнца?

Задание 6-12. Схема образования магнитосферы Земли [с. 135, рис. 120].

Почему магнитосфера Земли формируется в экваториальной плоскости? Какова роль магнитосферы Земли?

Задание 6-13. Полярное сияние [с. 136, рис. 121].

Полярное сияние не только красивое зрелище, но и при этом происходят магнитные бури. Какие последствия для Земли несут магнитные бури?



Рисунок 117

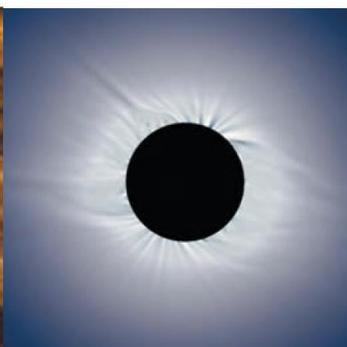


Рисунок 118

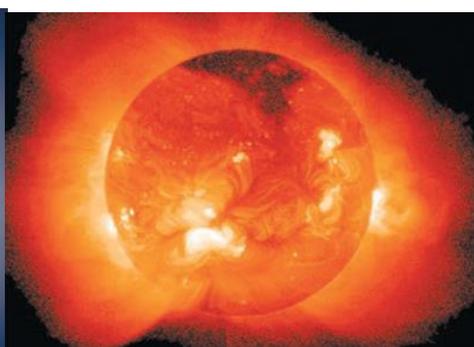


Рисунок 119

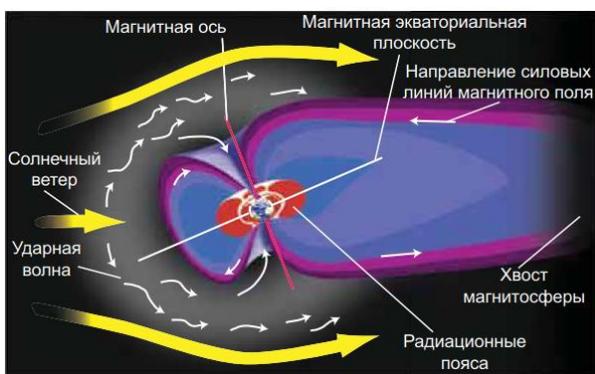


Рисунок 120



Рисунок 121

Ответы. Раздел 6. Солнце – дневная звезда

Ответ 6-1

Особенно чувствительны глаза к зелёной части спектра, Солнце светит, не ограничивая себя только узкой полосой видимого света. Водород и гелий – основные элементы на Солнце. Остальные элементы составляют менее 1%. Для землян отсутствие некоторых элементов в спектре Солнца было бы практически незаметно. Каждая спектральная линия несет в себе информацию о физических свойствах и о движении излучающего её вещества. Глаза человека непригодны для суждения о распределении энергии в спектре; они имеют свои узкие области особенной чувствительности и почти не отвечают за соседние участки спектра.



Данные: web-страница. Энциклопедия «Кругосвет». Статья «Спектр» – <https://clck.ru/33SB2B>.

В статье рассматриваются классификации спектров и история открытия фраунгоферовских линий.

Ответ 6-2

Линейный радиус Солнца $R = a \cdot \sin r$. После расчётов получим: $R = 149,6 \cdot 10^6 \cdot \sin 16' \approx 639000$ (км) или 109 радиусов Земли.

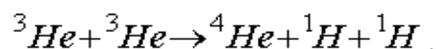
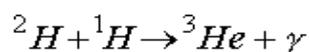
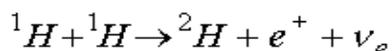


Данные: видео (10 мин 45 с) – <https://clck.ru/33SBTV>.

Как устроено Солнце? Астрономия с Сергеем Поповым (ГАИШ).

Ответ 6-3

Основной источник энергии Солнца – протон-протонный цикл, суть которого состоит в том, что из четырех протонов получается ядро гелия. При этом выделяются пара позитронов и пара нейтрино, а также 26,7 МэВ энергии. Эта реакция проходит в три стадии. Вначале два протона, имеющие достаточно энергии, чтобы преодолеть кулоновский барьер, сливаются, образуя дейтрон, позитрон и электронное нейтрино; затем дейтрон сливается с протоном, образуя ядро ${}^3\text{He}$; наконец, два ядра атома гелия-3 сливаются, образуя ядро атома гелия-4. При этом высвобождается два протона.



Количество нейтрино, излучаемое Солнцем за секунду, определяется только светимостью Солнца. Поскольку при выделении 26,7 МэВ рождается 2 нейтрино, то скорость излучения нейтрино составляет $1,8 \cdot 10^{38}$ нейтрино/с.

Химический состав Солнца примерно такой же, как и у большинства других звёзд. Примерно 75 % – это водород, 25 % – гелий и менее 1 % – все другие химические элементы (в основном, углерод, кислород, азот и т.д.). Сразу после рождения Вселенной «тяжелых» элементов не было совсем. Все они, т.е. элементы тяжелее гелия и даже многие альфа-частицы, образовались в ходе «горения» водорода в звёздах при термоядерном синтезе.



Данные: видео (04 мин, 38 с). You Tube. ИНФОУРОК – <https://youtu.be/EL2-H-A8a0s>.

Ближайшей и самой важной для землян звездой является Солнце. Термоядерные реакции, происходящие в глубинах Солнца, делают его основным источником нейтрино в околоземном пространстве. Изучение нейтрино и его природы является крайне важным как для физики частиц, так и для понимания устройства Вселенной в целом.

Ответ 6-4

Это явление можно наблюдать на Земле в виде струй воздуха, поднимающихся от нагретой поверхности Земли в жаркую погоду на открытой местности. В конвективной зоне на Солнце возникают регулярные потоки поднимающегося и опускающегося вещества.

Ответ 6-5

Первой попыткой объяснить это явление, стали легенды, за ними появились народные приметы: люди были уверены, что закат и восход красного Солнца ничего доброго не сулит. Если после восхода Солнца небо будет оставаться красного оттенка довольно долго, то день будет невыносимо жарким. Другая примета говорила о том, что если перед восходом Солнца небо на востоке будет красного цвета, а после восхода этот цвет сразу пропадёт – быть дождю. Также непогоду сулил и восход красного Солнца в случае, если после его появления на небосклоне оно сразу приобретало светло-жёлтый цвет.

Желто-оранжевые закаты бывают обычно после дождя, когда атмосфера чистая. Красным он становится, когда воздух насыщен сторонними частицами. Такой закат часто наблюдается в загрязнённых городах. Красивое описание заката порой невозможно из-за толстого слоя пыли, сквозь который не могут пробиваться солнечные лучи. Солнце так и исчезает, не коснувшись линии горизонта. После открытия различных физических законов, в том числе и закона Рэля, было выяснено, что красный цвет Солнца объясняется тем, что он, как обладающий самой длинной волны, в плотной атмосфере Земли рассеивается меньше, чем другие цвета.



Данные: web-страница. Солнце. Энциклопедия «Кругосвет» – https://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/astromiya/SOLNTSE.html.

В статье приводятся общие характеристики и строение Солнца, спектр, атмосфера, инструменты для наблюдения Солнца.

Ответ 6-6

Температура солнечных пятен равна 4700 К, а температура фотосферы Солнца 6000 К, значит, светимость Солнца изменится в $(6000 : 4700)^4 = 2,66$ раза (исходим из определения светимости как количества энергии, которое излучает тело в космическое пространство за секунду). Значит, на единицу поверхности Земли будет поступать энергии от Солнца в 2,66 раз меньше.

Изменения в числе солнечных пятен существенно влияют на перемены погоды и, следовательно, на растительность и на всё живое на Земле. Вспомните срезы стволов деревьев. Видно, что толщина годичных колец меняется с явным одиннадцатилетним периодом, следующим за периодичностью появления солнечных пятен.



Данные: видео, 02 мин, 50 с. You Tube. Роскосмос ТВ – https://youtu.be/e6E_7qcpH9U.

В видео показана грануляция на Солнце. Это процесс постоянного возникновения и исчезновения гранул (огромных пузырей плазмы) в фотосфере. Конвективные потоки формируют колонны конвекции, перемешивающие вещество в зоне конвекции. Гранулы являются видимыми вершинами таких отдельных колонн и образуют зернистую структуру.

Солнце, снято через любительский телескоп с применением узкополосных фильтров в линии излучения ионизированного водорода. Съемка произведена на юго-востоке Москвы любителем-астрономом.

Ответ 6-7

Если за трое суток пятно сместилось на 40° , то полный оборот (360°) оно сделает за 27 суток.



Данные: видео, 01 мин, 14 с. You Tube. Проект «Astro Alert» – <https://youtu.be/5hhUo-0aszU>.

На видео зафиксировано прохождение пятен на Солнце с 5 по 17 мая 2015 г. Перемещение пятен дало возможность установить, что вращается солнечный шар. Снимки получены обсерваторией солнечной динамики (SDO/NASA).

Ответ 6-8

Протуберанец – это выброс плазмы с поверхности Солнца. Название означает – вздуться (на немецком – Protuberanzen, на латыни – protuberano). Протуберанцы рассеиваются в пространстве, а особенно большие могут даже оторваться от светила.

Точной теории, как и почему появляются протуберанцы, в науке пока еще нет. Учёные предполагают, что их структуры из солнечного вещества вытягиваются по магнитным линиям.

У протуберанцев выше плотность и ниже температура, чем у окружающей среды. Они холоднее почти в 100 раз, и поэтому их яркость намного меньше. Если смотреть на Солнце прямо (разумеется, с защитным фильтром), то протуберанцы выглядят тёмными на фоне горячего солнечного вещества.

Ответ 6-9

Солнечные вспышки представляют собой реакцию солнечной атмосферы, главным образом хромосферы и короны. Внезапный быстрый процесс выделения энергии, который приводит к локализованному временному нагреву, а также к ускорению электронов, протонов и тяжёлых ионов.

Мощные вспышки наблюдаются преимущественно в областях с большими пятнами, сложной магнитной конфигурацией и большими градиентами магнитного поля.

Примерно половину энергии вспышки уносят корональные выбросы масс и ударные волны, четверть – движение хромосферного вещества. Остальную энергию делят солнечные космические лучи, рентгеновское, ультрафиолетовое и оптическое излучения. Совсем небольшая доля энергии вспышки приходится на гамма-излучение и радиоизлучение.

Данные: видео, 02 мин, 33 с. You Tube – <https://youtu.be/KWkfWSc26hl>.

На Солнце произошла самая мощная с 2017 года вспышка. Выбросу энергии на светиле присвоен четвертый балл по пятибалльной системе вспышек.



Ответ 6-10

Солнечная корона, невидимая человеческому глазу, за исключением момента, когда на короткое время появляется как плазменное гало во время солнечного затмения. Расположенная в 2000 км от поверхности звезды, корона более чем в 100 раз горячее нижних слоев, которые находятся намного ближе к термоядерному реактору в ядре Солнца.

Комета – небольшое небесное тело, движущееся в межпланетном пространстве и обильно выделяющее газ при сближении с Солнцем. Как только комета появляется в пределах Солнечной системы, лед начинает таять, при этом у кометы благодаря солнечному ветру образуется длинный хвост.

Сколько материала теряет комета – зависит от её размера. Например, комета Хейла-Боппа была очень массивной и весила десятки миллионов тонн, поэтому ей удалось перейти через опасную зону рядом с Солнцем и улететь снова в космическое пространство. Более мелкие кометы, которые распространены, имеют вес около 1 тысячи тонн. Материал этих объектов испаряется быстрее из-за солнечного тепла и трения с атмосферным газом. Каждый раз, пролетая возле звезды, кометы теряют в весе.

Есть группа комет «царапающих Солнце». Согласно современным представлениям, это объекты – остатки разрушившейся около двух тысяч лет назад гигантской кометы. Каждый день несколько таких комет пролетают около Солнца и распадаются: большинство из них невелики и малозаметны. Однако ученые предполагали, что и более крупные, заметные кометы не могут пережить прохождения через солнечную корону, где температура составляет миллионы градусов: небольшое небесное тело просто испарится. Некоторые кометы падают прямо на Солнце и взрываются. Такие взрывы комет можно проследить, так как они очень похожи на протуберанцы.

Ответ 6-11

Солнце наиболее активно в годы увеличения количества пятен, в этот период оно излучает в окружающее пространство наибольшее количество энергии.



Данные: видео, 01 мин, 33 с. You Tube. НАСА – <https://youtu.be/icitZubDmFl>.

Во время активности Солнца происходит выделение энергии (световой, тепловой и кинетической), охватывающий все слои атмосферы светила. При вспышках энергия выделяется всего за несколько минут.

Обсерватория солнечной динамики НАСА представила видеозапись мощной вспышки на Солнце, переходящей в выброс вещества из солнечной короны. Вспышка, названная «плевок Сатаны», произошла 18 июня 2015 года.

Ответ 6-12

Магнитосфера Земли формируется в результате вращения жидкого внешнего ядра Земли, которое является хорошим проводником электрического тока, так как состоит в основном из железа и никеля. Ось геомагнитного поля не совпадает с географическими полюсами планеты.

Геомагнитное поле не только защищает нашу планету от солнечного ветра (роя заряженных частиц солнечного происхождения), но благодаря геомагнитному полю, наша планета теряет гораздо меньше атмосферы по сравнению с другими телами Солнечной Системы, где отсутствует подобное магнитное поле (например, Марс и Венера).

Солнечный ветер определяет структуру и ускорения частиц в хвостах комет 1 типа, а не лучистое давление. Скорость расширения плазмы очень мала во внутренней короне, но быстро возрастает с высотой и на больших расстояниях плазма солнечного ветра разгоняется до сверхзвуковых скоростей.

Помимо протонов и электронов в состав солнечного ветра входят ядра гелия (около 4%), и десятые или сотые доли процента более тяжёлых ионов – кислорода, кремния, серы и железа.

На расстоянии около 20 радиусов от Солнца расширение короны становится почти радиальным, но вращение Солнца закручивает силовые линии межпланетного магнитного поля в спирали Архимеда.



Данные: видео, 04 мин, 01 с. You Tube. Проект «Alpha Centauri» – <https://youtu.be/Tw6K8ji1PNA>.

В видео рассматривается: как магнитосфера обеспечивает защиту, без которой жизнь на Земле была бы невозможна; упоминается Марс, у которого магнитное поле незначительное, поэтому он потерял значительную часть своих бывших океанов и атмосферы за счёт воздействия солнечного ветра.

Ответ 6-13

Полярное сияние – это свечение верхних разреженных слоев атмосферы, вызванное взаимодействием атомов и молекул с заряженными частицами больших энергий, вторгающимися в земную атмосферу из космоса.

Исследование вспышек на Солнце имеют прямое практическое значение. Ультрафиолетовое и рентгеновское излучение от вспышки приводит к нарушениям радиосвязи, сбоям в работе радионавигационных приборов кораблей и самолётов, радиолокационных систем, длинных линий электроснабжения. Частицы высоких энергий, проникая в верхнюю атмосферу Земли, разрушают озоновый слой. Выбросы солнечной плазмы после вспышек сильно возмущают магнитосферу Земли, вызывая магнитные бури. Потоки частиц и излучения опасны для здоровья космонавтов, а также могут повредить электронные приборы космических аппаратов, нарушить их работу.



Данные: видео, 04 мин, 16 с. You Tube – <https://youtu.be/1oM3Q6vNgtM>.

Полярное сияние в Мурманске (любительская съёмка, 2015 год). Видео по праву названо «Самое красивое полярное сияние».

Задания. Раздел 7. Звёзды

Задание 7-1. Параллактическое смещение звезды на протяжении года [с. 139, рис. 122].

Годичный параллакс (звёздный параллакс) даже у ближайших звёзд не превышает одной угловой секунды. Какими способами в астрономии была решена проблема повышения точности геометрических измерений расстояний до звёзд?

Задание 7-2. Что такое парсек [с. 140, рис. 123].

Какое соотношение между парсеком и световым годом?

Задание 7-3. Размеры некоторых звёзд в сравнении с размерами Земли [с. 145, рис. 124,а].

Учитывая, что на рисунке 124,а в учебнике соблюдены пропорции диаметров звёзд и Земли сравните их примерные диаметры.

***Задание 7-4.** Размеры некоторых звёзд в сравнении с размерами Солнца [с. 145, рис. 124,б].

Воспользовавшись астрономическими таблицами укажите сравнительные размеры и массы звёзд, указанных на рисунке 124,б в сравнении с радиусом Солнцем.

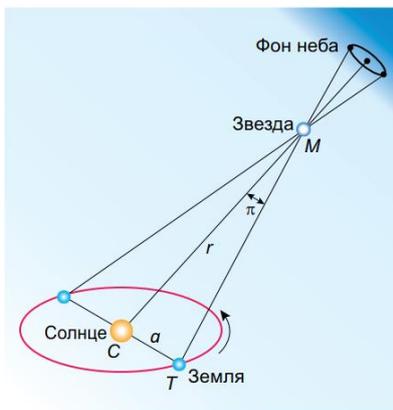


Рисунок 122



Рисунок 123

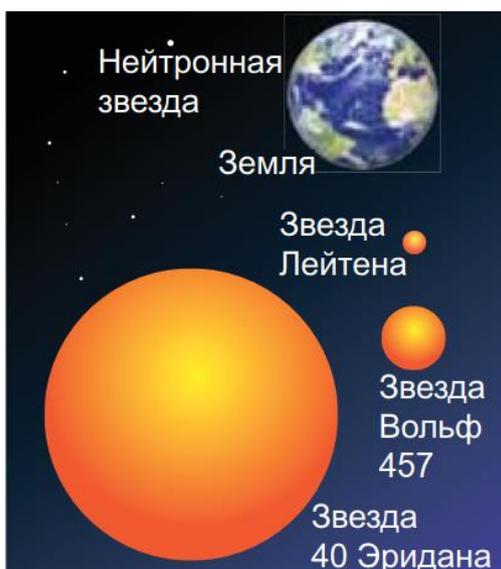


Рисунок 124 а

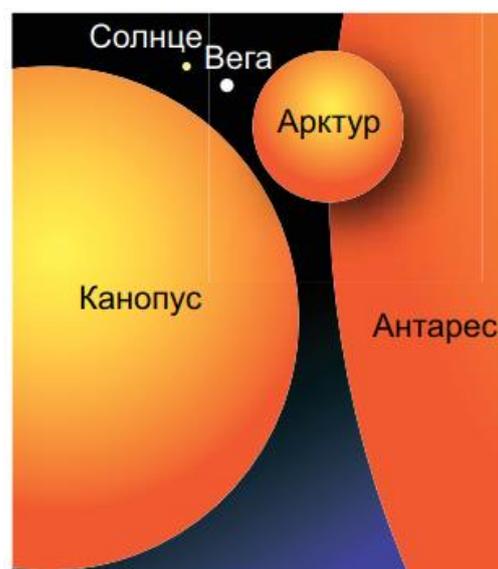


Рисунок 124 б

Задание 7-5. Изменение блеска затменно-двойной звезды [с. 148, рис. 125].
 Каким образом астрономы выявляют затменные звёзды?

Задание 7-6. Смещение линий в спектре двойной звезды [с. 148, рис. 126].
 Спектрально-двойные звезды, как и затменно-двойные, представляют собой очень тесные пары, обращающиеся в плоскости, слабо наклоненной к направлению луча зрения наблюдателя. Спектрально-двойные звезды, как правило, не разрешаются на компоненты даже в самый сильный телескоп, Каким же образом можно выявить эти двойные звёзды?

***Задание 7-7. Отклонение в движении Сириуса [с. 149, рис. 127].**
 Немецкий астроном Бессель в 1844 году заметил, что траектория Сириуса в проекции на небесную сферу изображается волнообразной кривой. Как Бессель и последующие исследователи объяснили странное движение Сириуса?



Рисунок 125

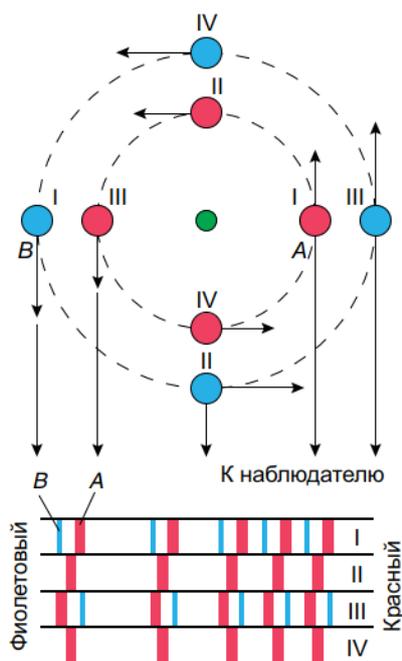


Рисунок 126

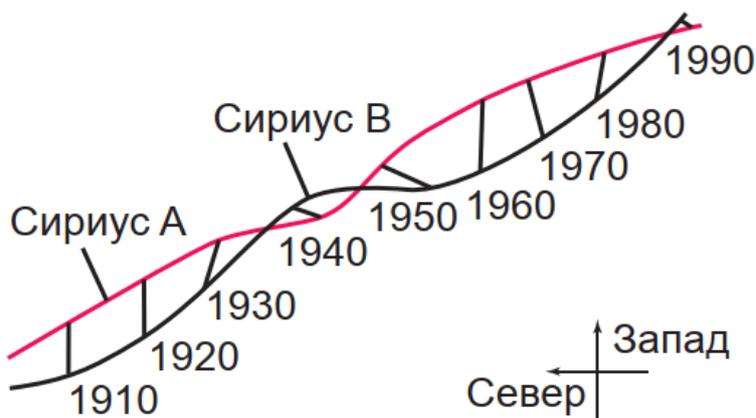


Рисунок 127

Задание 7-8. Диаграмма «спектр–светимость» с указанием классов светимости [с. 151, рис. 128].

По какому принципу разделили звёзды на классы светимости?

Задание 7-9. Образование звёзд из газопылевого комплекса [с. 153, рис. 129].

Откуда берутся в нашей Галактике газопылевые комплексы, из которых позже образуются молодые звёзды?

Задание 7-10. Эволюция звёзд различной массы [с. 155, рис. 130].

Звёздная эволюция – изменение со временем физических и наблюдаемых параметров звезды из-за идущих в ней термоядерных реакций, излучения ею энергии и потери массы. Какой финальной стадией завершается эволюция всех звёзд?

Задание 7-11. Графики изменения блеска, лучевой скорости и температуры цефеид. [с. 158, рис. 131].

Какова причина изменения светимости цефеид?

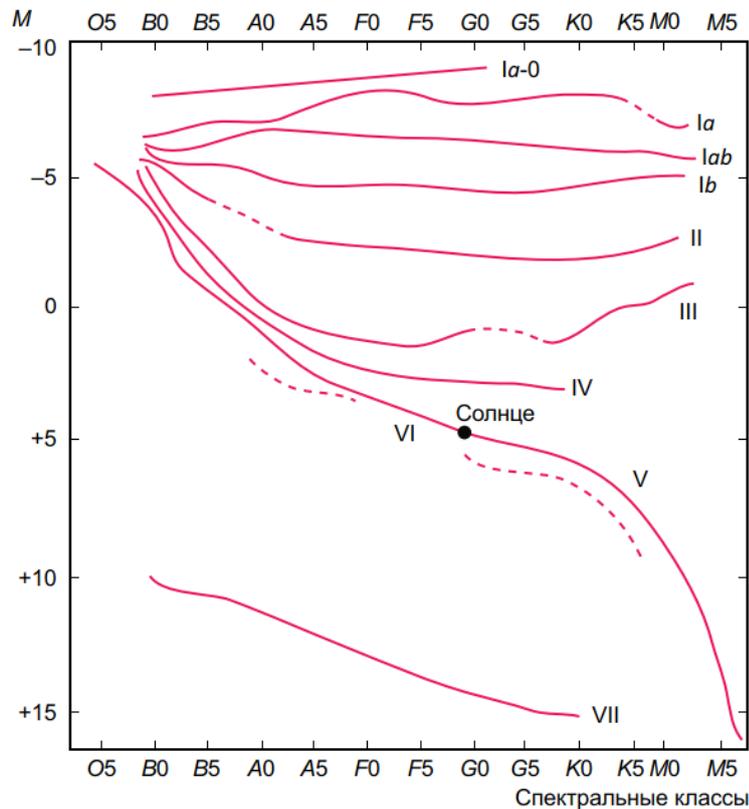


Рисунок 128

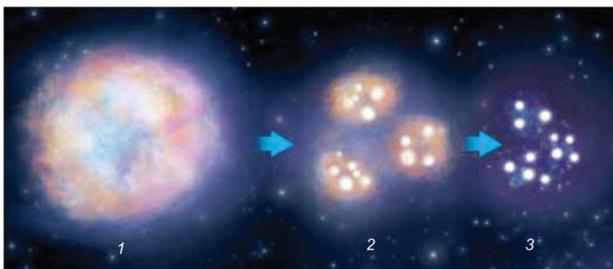


Рисунок 129



Рисунок 130

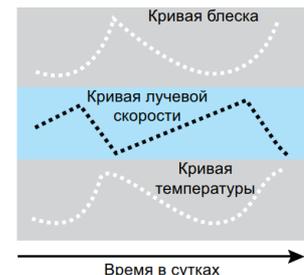


Рисунок 131

Задание 7-12. Зависимость «период – светимость» у цефеиды и звёзд типа RR Лиры [с. 158, рис. 132].

Почему так быстро меняют блеск звёзды типа RR Лиры?

***Задание 7-13. График изменения блеска новой звезды [с. 159, рис. 133].**

Каковы причины изменения блеска новых звёзд?

Задание 7-14. Крабовидная туманность – остаток от взрыва сверхновой звезды [с. 160, рис. 134].

Почему взрываются сверхновые звёзды, что остаётся после взрыва?

Задание 7-15. Сверхновая SN 1987A в Большом Магеллановом Облаке [с.160, рис. 135].

В 1987 г. в галактике Большое Магелланово Облако, которая удалена от нас на 65 Кпк, вспыхнула сверхновая. Когда на самом деле она произошла? Как обозначаются в каталогах сверхновые звёзды?

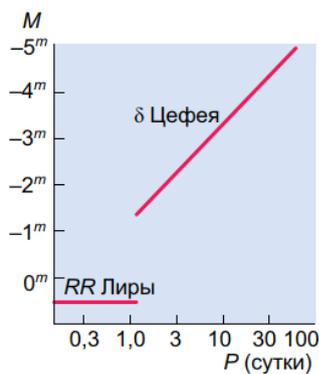


Рисунок 132

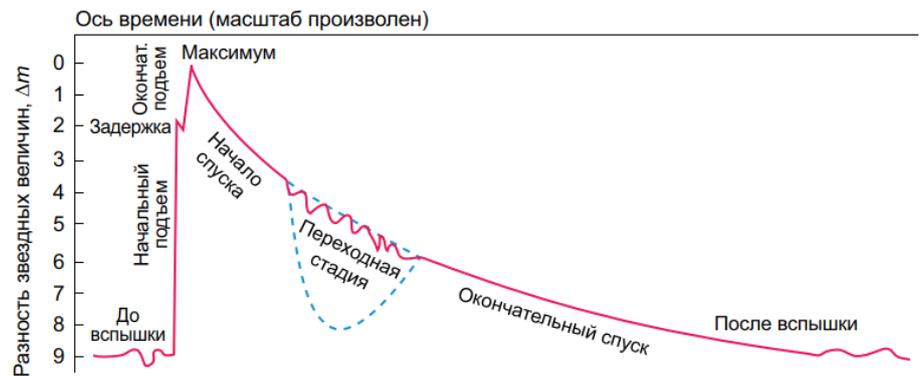


Рисунок 133

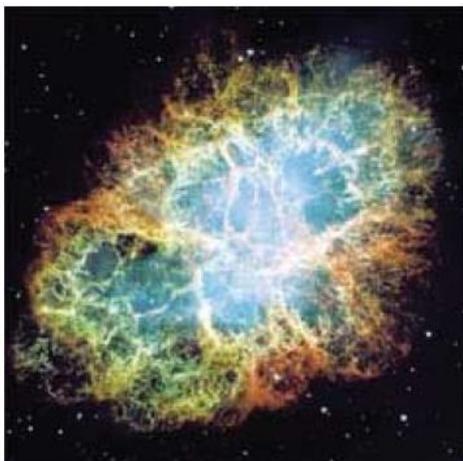


Рисунок 134



Рисунок 135

Задание 7-16. Расслоение массивных звёзд [с. 161, рис. 136].

По каким причинам происходит расслоение массивных звёзд?

Задание 7-17. Относительные размеры белого карлика и нейтронной звезды [с. 161, рис. 137].

В чём состоит принципиальная разница между белыми карликами и нейтронными звёздами?

***Задание 7-18. Относительные размеры нейтронной звезды и чёрной дыры [с. 162, рис. 138].**

В чём состоит отличие и сходство нейтронной звезды и чёрной дыры?

***Задание 7-19. Схема чёрной дыры в двойной системе [с. 162, рис. 139]**

Что происходит при взаимодействии чёрной дыры со звёздным веществом в двойной системе?

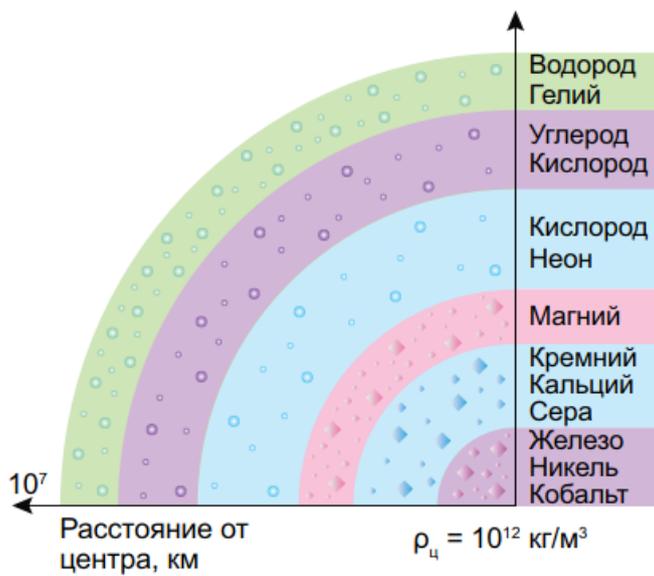


Рисунок 136



Рисунок 137



Рисунок 138

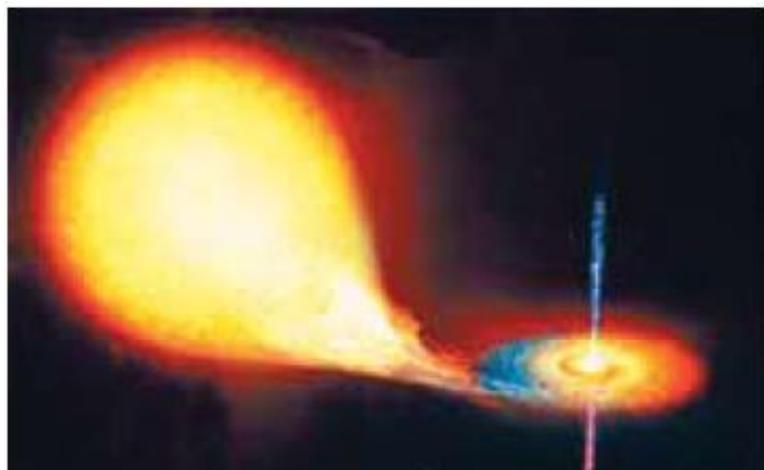


Рисунок 139

Ответы. Раздел 7. Звёзды

Ответ 7-1

Визуальные измерения параллаксов являлись крайне трудоёмкими. К концу 19 века удалось измерить тригонометрические расстояния лишь до сотни звёзд. Измерение стало возможным лишь после использования телескопов.

Всё резко изменилось с использованием фотографии. Точность измерений выросла до 10 угловых микросекунд, а число измеряемых звёзд достигло нескольких тысяч. Замена фотопластинок ПЗС-матрицами, широкое использование компьютеров для обработки данных, а также вынос телескопов за пределы атмосферы Земли позволил улучшить точность измерения положения звёзд до миллионных долей угловой секунды, а размер данных в астрометрических каталогах вырос до девятизначных цифр.

Данные, видео (12 мин, 1 с). Проект «Пост Наука» – <https://youtu.be/tQseLncCiuc>



Измерение расстояний до небесных тел, Астроном Владимир Сурдин (ГАИШ).

Ответ 7-2

1 пк = 3,26 св. г.

Данные: видео, 07 мин, 36 с. You Tube. Проект «Классная комната Google» – <https://youtu.be/5du8w36tGZo>.



В учебном фильме подробно на доске с математическими расчётами рассказывается как перевести парсек в световой год.

Ответ 7-3

Воспользуйтесь миллиметровой линейкой и сравните с радиусом Земли или см. данные: web-страницы к ответу на задание 7-4

Ответ 7-4

Вега – $2,8 R_{\odot}$; Арктур – $25,7 R_{\odot}$; Канопус – $65 R_{\odot}$; Антарес – $883 R_{\odot}$.

При выполнении задания удобнее воспользоваться инфографиком:

Данные: web-страница. Проект «Визуальная аналитика современного мира» – <https://goo.su/Up2SME>.



На инфографике визуально представлены в сравнении звёзды, Солнце и планеты.

Ответ 7-5

Астрономы замечают явление как падение яркости наблюдаемой звезды, которое происходит регулярно с поразительной точностью. Эти звёзды представляют очень тесные пары, обращающиеся с периодом от нескольких часов до нескольких дней по орбитам, радиус которых сравним с размерами самих звёзд. Плоскости орбит этих звёзд и луч зрения наблюдателя практически совмещаются (как мы видим на рис. 125).

Ответ 7-6

Спектрально-двойные звёзды обнаруживаются при спектроскопических наблюдениях лучевых скоростей. Оказалось, что линии в спектрах таких звезд регулярно сме-

щаются или раздваиваются, что свидетельствует о том, что наблюдаемая звезда состоит из двух компонент, обращающихся с большой скоростью.

Данные: видео, 23 мин, 31 с. You Tube – https://youtu.be/4oR9_C09-mQ.

В мире двойных звёзд. С.Б. Попов (доктор физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник ГАИШ МГУ)



Ответ 7-7

Движение звезды Бессель объяснил возмущающим действием его невидимого спутника, обращающегося вместе с Сириусом вокруг общего центра масс с периодом в 50 лет. Но непосредственно увидеть источник возмущения спутник никак не удавалось. Лишь в 1862 г. оптик А. Кларк непосредственно разглядел спутник Сириуса, который назвали Сириус В

Спутником Сириуса оказалась белая звездочка 8,6^m. При наибольшем удалении от Сириуса (около 11") её можно рассмотреть в телескоп, но по мере приближения к Сириусу она становится всё менее и менее доступной для наблюдения. Спутник Сириуса, иногда называемый астрономами Щенком, – первый открытый человеком белый карлик.

Ответ 7-8

Гарвардская классификация (см стр. 144 учебника). Сравнение спектральных анализов разогретых газов позволяет определять не только температуру звёзд, но и химические особенности их состава. Расположение спектральных картинок разных светил в одной линейной и непрерывной последовательности, позволяет сразу выявлять их принадлежность к одной из классификационных групп. Для упрощения анализа светил, последовательность их спектральных анализов разделена на несколько участков, каждый из которых обозначен одной латинской буквой (O, B, A и т.д.).

Йеркская классификация (рис. 128). При полном описании всех свойств звёздного объекта бывает недостаточно отнести её к определенному классу. Даже в рамках одной группы, светила могут отличаться по значениям абсолютных звёздных величин и яркости. Поэтому астрономы пользуются диаграммой *Герцишпрунга – Рессела*, распределяя места светил по их местоположению в одной из областей графика (см форзац учебника). В данных рамках имеется 7 классов светимости, в которых звёзды располагаются в следующем порядке: I, II, III, IV, V, VI, VII. Причём первая группа имеет несколько подклассов. Белые карлики замыкают классификацию.

Ответ 7-9

Восходя к гипотезе Канта и Лапласа о происхождении Солнечной системы, считается, что звёзды образуются из рассеянной однородной диффузной газопылевой среды, которая первоначально обладала гравитационной неустойчивостью. В такой среде неизбежны малые возмущения плотности, то есть отклонения от строгой однородности. в дальнейшем. Однако, если массы этих конденсаций превосходят некоторый предел, то под влиянием силы всемирного тяготения малые возмущения будут нарастать, и первоначально однородная среда разобьётся на несколько комплексов. Под действием силы гравитации эти конденсированные комплексы будут продолжать сжиматься и в конце-концов превратятся в звёзды.

Оценки по формулам механики показывают, что характерное время сжатия облака с массой, равной солнечной до размеров протозвезды, произойдёт за миллион лет.

Ответ 7-10

Возможны две ситуации: либо звезда сбрасывает оболочку после фазы температурных пульсаций, либо взрывается как сверхновая. В первом случае на месте звезды остаётся белый карлик, во втором – нейтронная звезда.

При определённых условиях ядро звезды превращается не в белый карлик, а в нейтронную звезду, при этом выделяется огромное количество энергии и происходит взрыв сверхновой. Звёзды с начальной массой более $8-10 M_{\odot}$ могут стать как нейтронными звёздами, так и чёрными дырами.

Данные: видео, 01 мин, 09 с. You Tube – <https://goo.su/VzdbDjW>.

Рассматривается сценарий эволюции двойной звезды.



Ответ 7-11

Атмосферы цефеид то расширяются, то сжимаются. Из-за радиальных пульсаций изменяются и светимости цефеид. При сжатии атмосфера звезды разогревается, а при расширении охлаждается. Мы видим цефеиду наиболее яркой, когда она сравнительно небольшая, но горячая. При таких пульсациях происходит увеличение фотосферы звезды и увеличение площади излучающей поверхности. У цефеиды, как показали наблюдения, лучевые скорости меняются с тем же периодом, что и блеск: звезда пульсирует, и мы видим, как варьируют скорости атмосферных слоёв относительно земного наблюдателя.

Данные: видео, 07 мин, 14 с. You Tube – <https://youtu.be/reuysrHPhyM>.

Про Вселенную и дельта Цефея.



Ответ 7-12

Пульсирующие переменные типа RR Лиры отличаются быстрым изменением блеска – их периоды составляют менее суток, а колебания в среднем достигают одной звёздной величины, что позволяет легко наблюдать их визуальным методом. Переменные типа RR Лиры принадлежат к звездам классов A и F, в то время как цефеиды принадлежат к звездам классов G и M. Замечено, что звёзды типа RR Лиры встречаются главным образом в шаровых звёздных скоплениях.

Под влиянием высокой температуры, господствующей в недрах звезды, вещество, полностью ионизовано. По мере перехода к верхним слоям звезды температура падает, степень ионизации уменьшается, а в самых верхних слоях уже могут существовать нейтральные атомы. В слое, не очень глубоко под поверхностью звезды, располагается зона с избыточным содержанием гелия. В результате процессов возникает автоколебание, которое приводит к периодическим изменениям ряда физических параметров звезды, в том числе и к её радиальным пульсациям, которые могут поддерживаться в оболочке звезды очень долго.

Данные: видео, 06 мин, 11 с. You Tube – <https://youtu.be/p3rbIFX-UCM>.

Про Вселенную и RR Лиры.



Ответ 7-13

Новая, вспыхнувшая в 1975 году в созвездии Лебедя, почти достигла яркости Денеба (ярчайшей звезды в созвездии Лебедя) и сохраняла такую яркость около трех суток.

После многих лет аккреции нижняя часть водородного слоя становится не только горячей и плотной, но и «вырожденной»; этот термин означает, что атомы и электроны

в газе так сжаты, что ведут себя как в металле. Такой газ при нагревании не расширяется. Когда начинаются термоядерные реакции, газ быстро нагревается, и скорость реакций от этого возрастает – происходит взрыв.

Скорость и мощность взрыва зависят от химического состава оболочки. Если в ней преобладают водород и гелий, то взрыв происходит медленно. Но если в оболочке много углерода и кислорода, то реакция синтеза с участием водорода, углерода, азота и кислорода идет быстрее: углерод играет в ней роль катализатора. Чем больше углерода, тем интенсивнее и мощнее взрыв. Это теоретическое предсказание, сделанное в начале 1970-х годов, подтвердилось наблюдениями химического состава оболочек, сброшенных новыми звёздами.

Ответ 7-14

По предположениям учёных в прошлом сверхновая звезда была карликом. Вероятнее всего, белым углеродно-кислородным представителем. Взрыв происходит на конечной стадии эволюции некоторых объектов в результате катаклизма. Остаток сверхновой – это туманности, которые сформировались после того, как взорвалась звезда, превратившись в сверхновую звезду. Оболочка разрывается, её частицы разлетаются, образуется ударная волна. В итоге получается газопылевая область. В газопылевую область входит звёздный материал и вещества из космического пространства, объединённого этой волной. Конечно, остаток также, как и сама вспышка, наблюдается спустя какое-то время. Иногда лишь по прошествии сотни лет.



Данные: видео, 00 мин, 30 с. You Tube. HubbleESA – <https://youtu.be/ZiGuh0yISao>.

В кратком видео Крабовидная туманность представлены в оптическом, радио, инфракрасном и рентгеновском диапазонах.

Снимки, сделаны радиотелескопом Very Large Array и космической рентгеновской обсерваторией Chandra, снявших, соответственно, радио- и рентгеновское излучение Крабовидной туманности. За снимки в видимом спектре отвечала космическая обсерватория Хаббл, а за фотографии в инфракрасном диапазоне – инфракрасный космический телескоп Спитцер.

Ответ 7-15

Известно, что $1 \text{ пк} = 3.26 \text{ св. л.}$ (см. стр. 140 учебника). Следовательно, вспышка произошла: $65000 \text{ пк} \cdot 3.26 \text{ св. л.} = 211900 \text{ лет}$ назад.

Имя звезды составляется из метки SN, после которой ставят год открытия, с окончанием из одно- или двухбуквенного обозначения. Первые 26 открытых сверхновых в текущем году получают однобуквенные обозначения в окончании имени из заглавных букв от A до Z. Остальные сверхновые получают двухбуквенные обозначения из строчных букв: aa, ab, и так далее. Неподтверждённые сверхновые обозначают буквами PSN (англ. possible supernova) с небесными координатами.



Данные: видео, 00 мин, 29 с. You Tube. НАСА – <https://youtu.be/jglzzXMIC0Q>.

Эта звезда была в 500 раз больше Солнца, и учеными НАСА удалось заснять (методом ускоренной съёмки), как она взорвалась. Астрономы показали взрыв сверхновой в 3D. Трёхмерная модель создана с помощью телескопа ALMA. Взрыв зафиксирован в феврале 1987 года. Модель позволила изучить распределение молекул в остаточном газовом облаке.

Ответ 7-16

Гелиевое ядро в массивных звёздах, сжимаясь, нагревается. В нём начинается синтез углерода, образуется углеродное ядро. Оно тоже сжимается, начинается, в результате ещё большего нагрева, синтез кислорода и т.д. В итоге, звезда начинает напоминать луковицу, в середине которой, на последней стадии цепи реакций образуется железоникелевое ядро, в котором никакие реакции идти уже не могут, то есть образуется белый карлик. Но этот белый карлик увеличивается в массе, так как реакции в вышележащих слоях продолжают. Когда этот карлик вырастает до массы в 1,4 солнечной, давление электронного газа не может в карлике удержать сил гравитации. Электроны как бы вдавливаются в протоны, образуя нейтроны, которые беспрепятственно сближаются (протонам не давала сближаться сила электростатического отталкивания, а нейтроны, напомним, заряда не имеют).

Ответ 7-17

Существуют два типа звёзд очень высокой плотности: белые карлики и нейтронные звёзды.

Самый близкий *белый карлик* – это Сириус В. Газ, из которого состоят звёзды подобные Сириусу В, не подчиняется обычным газовым законам. Его давление не пропорционально температуре, а определяется только плотностью вещества. Такой газ называется вырожденным, а сами звёзды называют вырожденными звёздами. Белые карлики не имеют внутренних источников энергии. Они медленно остывают и излучают тепло, которое было в них запасено.

Нейтронные звёзды – это звёзды, в которых плотность и давление вещества значительно больше, чем в белых карликах (а размеры меньше). Это массивные и сверхкомпактные шары, Их масса в полтора – три раза больше массы Солнца, а диаметр всего 20–30 км. Плотность вещества в 10^{14} раз больше плотности воды. При такой плотности в звезде (за исключением очень тонкого и твёрдого внешнего слоя) не сохраняются даже ядра атомов химических элементов. В недрах такой звезды протоны, взаимодействуя с электронами, превращаются в электрически нейтральные частицы – нейтроны. В результате этого звезда почти полностью состоит уже не из атомов, а из нейтронов, которые близко расположены друг к другу, поэтому такие звёзды называются нейтронными.

Ответ 7-18

Чёрная дыра, как и нейтронная звезда состоит из нейтронов. Чёрная дыра, это и есть нейтронная звезда, точнее, чёрная дыра представляет собой одну из разновидностей нейтронных звезд.

Нейтронные звёзды и чёрные дыры являются финальными стадиями эволюции массивных звезд. Эти компактные объекты представляют огромный интерес для фундаментальной физики. Недаром за исследования нейтронных звёзд были вручены нобелевские премии (за открытие радиопульсаров, за обнаружение двойного пульсара и проверку ОТО).

Данные: видео, 14 мин, 09 с. Проект «Пост Наука» –
<https://youtu.be/GTozi385mks>.

Когда было проведено измерение расстояния до звезд? Какова продолжительность жизни различных типов звезд? В чём заключается парадокс Ольберса? И какое будущее у звездного неба? Об этом в видео рассказывает доктор физико-математических наук С.Б. Попов (ГАИШ МГУ).



Ответ 7-19

Когда спутником гигантской звезды является нейтронная звезда, то вокруг нейтронной звезды возникает быстро вращающийся и очень горячий газовый диск, называемый аккреционным. В нём закручивается струя газа, прежде чем упасть на поверхность звезды. Когда вещество падает на черную дыру, оно сталкивается с другим веществом и нагревается, в результате этого процесса вокруг дыры образуется светящийся аккреционный диск.

Таким образом, перетекая со звезды на аккреционный диск, газ нагревается до колоссальных температур. Основная часть энергии, излучаемой газом с такой температурой, приходится на рентгеновскую область спектра. Возникают наблюдаемые рентгеновские источники, которые связаны с двойными звёздными системами.

Новейшие наблюдательные данные по чёрным дырам, имеют принципиальное значение для фундаментальной физики астрофизики, а также для теории внутреннего строения звёзд и звёздной эволюции.

Данные: видео, 10 мин, 01 с. Проект «AdMe» –
<https://youtu.be/3iB2jWZXuEE>.



«Чёрная дыра, сломавшая науку». В этом фильме рассматриваются вопросы. Что такое чёрная дыра? Как объект может стать чёрной дырой? Почему чёрные дыры называют чёрными?

Зафиксированы двойные чёрные дыры – системы, состоящая из двух чёрных дыр, вращающихся по тесной орбите вокруг друг друга. Двойные сверхмассивные чёрные дыры, как считается, возникают при слиянии галактик (<https://goo.su/Nt29WWv>).

Задания. Раздел 8. Строение и эволюция Вселенной

Задание 8-1. Млечный Путь [с. 164, рис. 140].

Когда можно увидеть Млечный Путь?

Задание 8-2. Строение нашей Галактики [с. 165, рис. 141].

Откуда мы знаем, как выглядит Млечный Путь?

Задание 8-3. Рассеянное звёздное скопление Плеяды [с. 165, рис. 142].

Когда можно наблюдать звёздное скопление Плеяды? Как ещё по другому называют это скопление?

Задание 8-4. Шаровое звёздное скопление М5 [с. 166, рис. 143].

Как образовались шаровые звёздные скопления?



Рисунок 140

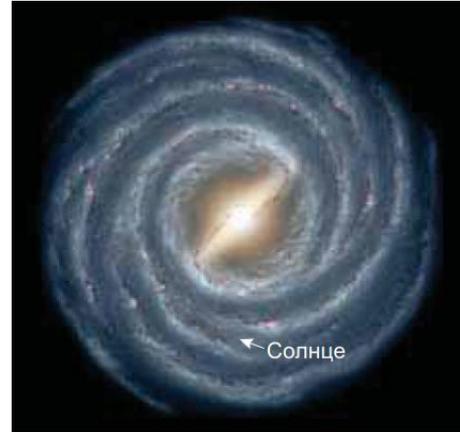


Рисунок 141



Рисунок 142



Рисунок 143

Задание 8-5. Пространственная, лучевая и тангенциальная скорости [с. 166, рис. 144].

Для чего астрономам нужно знать пространственные, лучевые и тангенциальные скорости звёзд?

Задание 8-6. Определение тангенциальной скорости звезды [с. 167, рис. 145].

Как определяют тангенциальную и лучевую скорости звезды?

Задание 8-7. Изменение относительного расположения звёзд в «ковше» Большой Медведицы [с. 168, рис. 146].

На рис. 146(а) смоделировано положение звёзд 50 тысяч лет назад, на рис. 146(б) – представлено положение звёзд через 50 тысяч лет в будущем. На центральном рис. 146(в) стрелки условно показывают направления пространственной скорости каждой звезды «ковша».

Как астрономы выяснили, что звёзды обладают собственными (видимыми) угловыми смещениями движениями на небесной сфере?

***Задание 8-8. Траектории звёзд в Галактике [с. 169, рис. 147].**

Анализ собственных движений и лучевых скоростей звёзд по всему небу показал, что они движутся вокруг центра Галактики. Опираясь на рисунок, скажите: с какими основными закономерностями происходит движение звёзд вокруг центра Галактики (центр на рисунке обозначен точкой)?

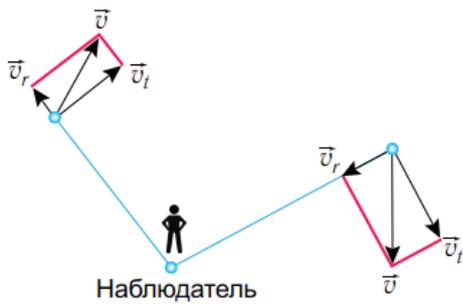


Рисунок 144

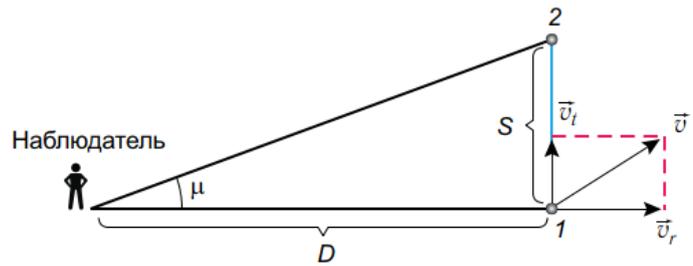


Рисунок 145

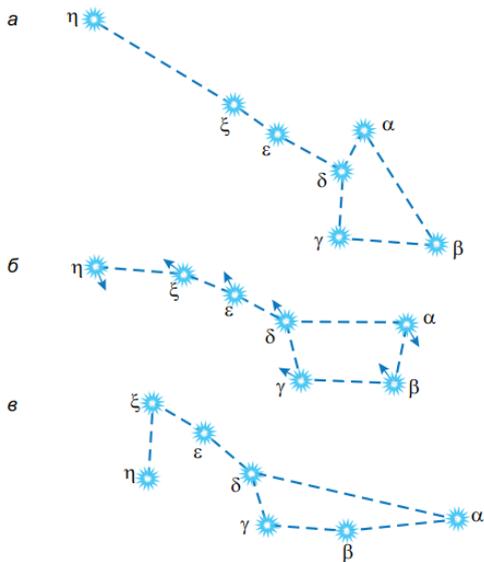


Рисунок 146

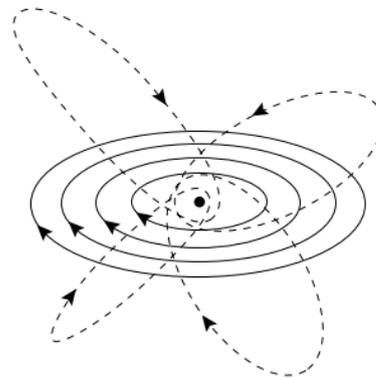


Рисунок 147

Задание 8-9. Туманность излучает свет, если её освещает близлежащая звезда [с. 171, рис. 148].

Туманности – это области, излучающие свет от близко расположенных горячих звёзд. Почему такие туманности становятся видимыми для наблюдателя с Земли?

Задание 8-10. Большая туманность Ориона [с. 172, рис. 149].

Большая туманность Ориона (M42, NGC 1976) является одной из самых ярких туманностей в небе. Видимая звёздная величина туманности – 4^m , что делает её видимой невооружённым глазом, Какова причина свечения этой туманности?

Задание 8-11. Туманность светит отражённым светом близлежащей звезды [с. 172, рис. 150].

Почему не все туманности способны излучать свет, а только отражать свет?

Задание 8-12. Планетарная туманность Песочные Часы [с. 173, рис. 151].

Астрономы, исследуя тончайшие кольца светящегося газа туманности Песочные Часы, пришли к выводу, что они были получены от свечения газов (азота – красного цвета, водорода – зелёного, кислорода – голубого). Как могли образоваться расходящиеся кольца у туманности Песочные Часы?

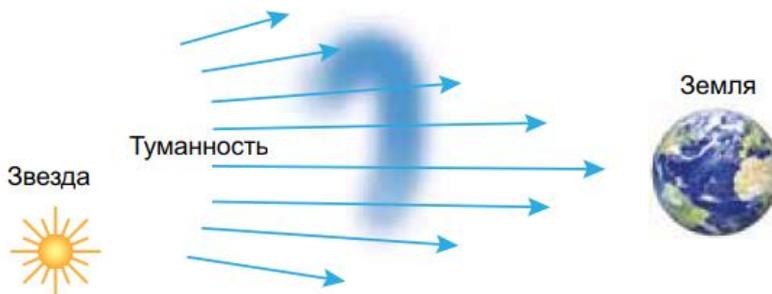


Рисунок 148



Рисунок 149

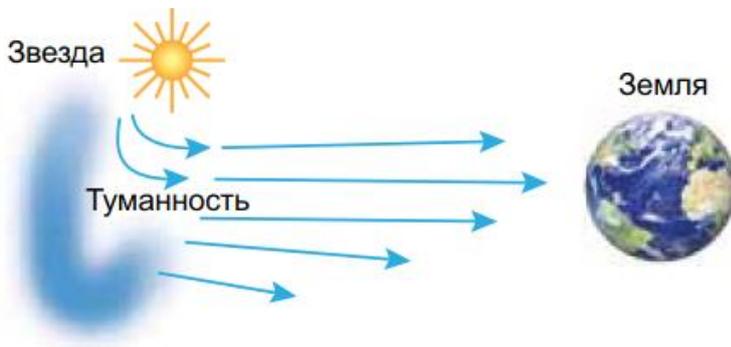


Рисунок 150



Рисунок 151

Задание 8-13. Облака межзвёздной пыли [с. 173, рис. 152].

Почему даже в самые крупные телескопы в районе Млечного Пути почти не наблюдаются галактики?

Задание 8-14. Тёмная туманность заслоняет свет звёзд [с. 173, рис. 153]

Как обнаруживают тёмные туманности?

***Задание 8-15. Туманность Конская Голова в созвездии Ориона [с. 174, рис. 154].**

Туманность Конская Голова является частью комплекса Молекулярных облаков Ориона. Туманность кажется тёмной в оптическом свете, но прозрачной в инфракрасном диапазоне длин волн. Чем примечательны эти снимки туманности? В какой части созвездия Ориона находится туманность Конская Голова?

Задание 8-16. Классификация галактик Э. Хаббла [с. 176, рис. 155]

Классификация галактик по их внешнему виду (морфологическая классификация) предложена Э. Хабблом. Почему эта классификация стала общепринятой (её ещё называют камертонной)? К какому типу относится по этой классификации галактика Млечный Путь?



Рисунок 152



Рисунок 153



Рисунок 154

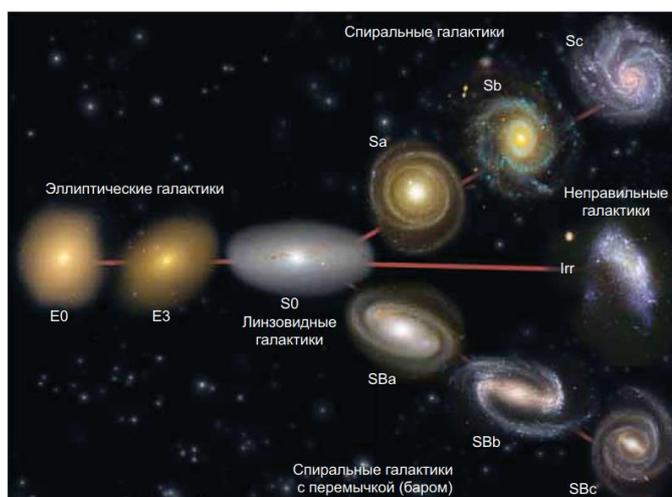


Рисунок 155

Задание 8-17. Эллиптическая галактика M87 в созвездии Девы [с. 176, рис. 156].

Какие особенности имеет галактика M87?



Рисунок 156

Данные: web-страница. Проект inspace – <https://clck.ru/349zv2>.

Первое изображение чёрной дыры – это именно фотография из галактики M 87. Чтобы получить фотографию чёрной дыры максимально высокого разрешения астрономы объединили в одну глобальную сеть восемь мощнейших радиотелескопов, расположенных по всей планете.



Задание 8-18. Спиральные галактики M81, M51, M101 [с. 177, рис. 157].

К какому морфологическому типу относятся галактики M81, M51, M101 и в каких созвездиях они расположены?



Рисунок 157

Задание 8-19. Спиральная галактика с перемычкой (баром) NGC 1365 [с. 177, рис. 158].

Перемычка (бар) – вытянутая структура из звёзд и газа в галактическом диске. По каким причинам в спиральной галактике может образоваться перемычка?

Задание 8-20. Туманность Андромеды [с. 177, рис. 159].

Определите тип туманности Андромеды по классификации Э. Хаббла. Можно ли наблюдать эту галактику невооружённым глазом?

Задание 8-21. Большое Магелланово Облако [с. 178, рис. 160].

Большое Магелланово Облако – самая крупная галактика-спутник Млечного Пути. Что понимают под галактиками-спутниками?



Рисунок 158



Рисунок 159



Рисунок 160

***Задание 8-22. Зависимость скорости удаления галактик от расстояний до них [с. 179, рис. 161].**

Закон Хаббла описывает расширение Вселенной. Представленный график можно записать математически: $v_r = H \cdot r$, где v_r – скорость галактики, H – коэффициент пропорциональности Хаббла, r – расстояние до галактики. Коэффициент Хаббла по сегодняшним данным 67,4 – 74,0 км/(с·Мпс), хотя Хаббл получил значение коэффициента около 500 км/(с·Мпс). Как объяснить столь существенное отличие результатов при определении коэффициента расширения Вселенной?

Задание 8-23. Ядра галактик содержат массивные чёрные дыры [с. 181, рис. 162].

Космический телескоп Хаббла зафиксировал группу галактик с массивными чёрными дырами. Почему на фотографии далёкие галактики выглядят как обыкновенная группа звёзд?

Задание 8-24. Ядро галактики выбрасывает газовые струи [с. 182, рис. 163].

По какой причине некоторые галактики выбрасывают газовые струи (джеты)?

***Задание 8-25. Так, возможно будет выглядеть на небе туманность Андромеды через несколько миллиардов лет [с. 183, рис. 164].**

Что может ожидать Землю, когда столкнутся две галактики? Как рассчитать момент их столкновения?

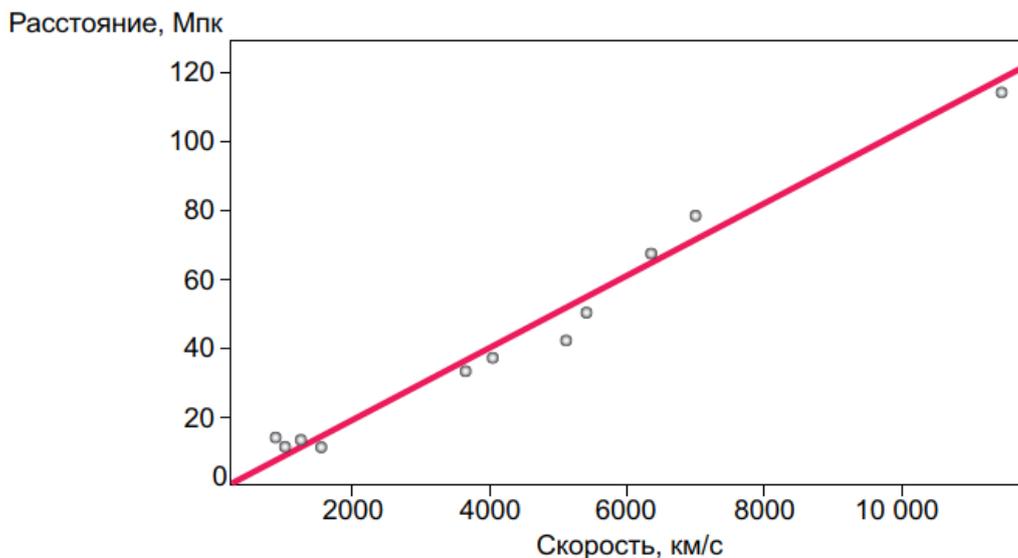


Рисунок 161



Рисунок 162



Рисунок 163



Рисунок 164

***Задание 8-26. Галактики NGC 4038 и NGC 4039 [с. 183, рис. 165].**

Как объясняется феномен возникновения «антенных» галактик?

Задание 8-27. Скопление галактик в созвездии Девы [с. 185, рис. 166].

На фрагменте карты звёздного неба, представленной в учебнике, мы видим не более десятка галактик в районе созвездия Девы. Сколько галактик может насчитываться в одном скоплении? Сколько скоплений галактик существует во Вселенной?

Задание 8-28. Галактика «Сомбреро» [с. 185, рис. 167].

К какому типу по классификации Хаббла относится галактика «Сомбреро»?

Задание 8-29. Ячеистое распределение галактик в пространстве [с. 186, рис. 168].

По каким группам распределяют галактики в пространстве? О каких ячейках идёт речь при распределении галактик в пространстве?



Рисунок 165

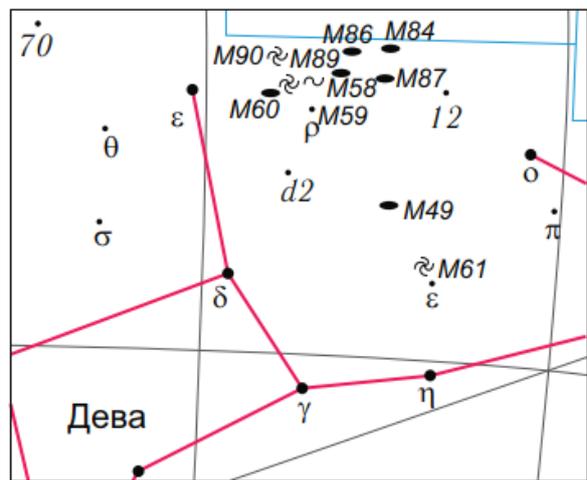


Рисунок 166



Рисунок 167

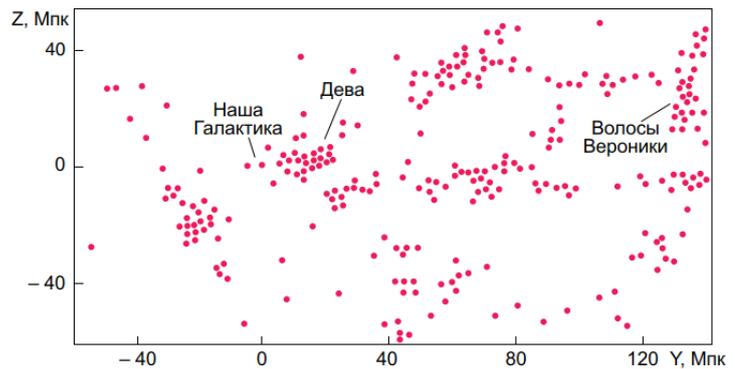


Рисунок 168

***Задание 8-30. Схема развития Вселенной от Большого взрыва до настоящего времени [с. 189, рис. 169].**

На рисунке показано развитие Вселенной начиная с Большого взрыва, а что было до него?

Задание 8-31. Фотография головы сфинкса на Марсе [с. 191 и 192, рис. 170 и 171].

В 1976 году фотографии, сделанные космическими аппаратами и переданные на Землю, наделали много шума. Они запечатлели лицо, похожее на человеческое. Как вы считаете, может быть давняя мечта человечества найти внеземную жизнь, сбылась?

Задание 8-32. Табличка с посланием, адресованным представителям внеземных цивилизаций [с. 193, рис. 172].

На табличке с посланием для внеземных цивилизаций нанесен ряд рисунков. Почему придаётся особое значение схеме двух основных состояний водорода (см. верхний левый угол рисунка)?

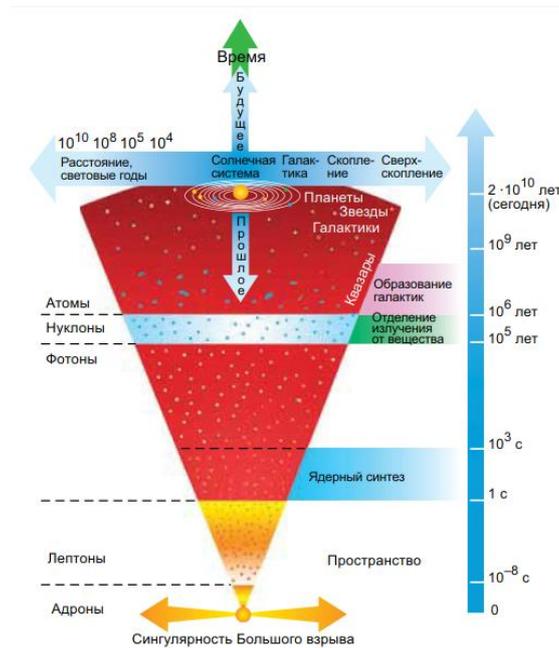


Рисунок 169



1976 г.
Рисунок 170



2001 г.
Рисунок 171



Рисунок 172

Ответы. Раздел 8. Строение и эволюция Вселенной

Ответ 8-1

Млечный Путь виден круглый год, независимо от нашего местоположения на Земле. Но его центр, самая яркая часть Млечного Пути, иногда исчезает из нашего поля зрения из-за вращения Земли. Галактический центр находится в созвездии Козерога и, как и само созвездие, виден только в широтах от $+55^\circ$ до -90° . В Северном полушарии Галактический центр виден с марта по октябрь.

Полоса Млечного Пути пролегает через 30 созвездий. Галактический центр, самая яркая часть Млечного Пути, как уже об этом упоминалось, располагается в созвездии Козерога.

Ответ 8-2

Находясь внутри Млечного Пути, сложно определить его форму. Мы не можем покинуть пределы галактики, поэтому сфотографировать её со стороны не представляется возможным. Однако, есть косвенные подсказки, которые помогли выяснить, как именно выглядит Млечный Путь.

1. По наблюдениям за другими галактиками и сравнению их с нашей Галактикой. Например, когда астрономы измерили скорость движения звёзд в Млечном Пути, стало понятно, что наша Галактика вращается простым и симметричным образом. Такая характеристика присуща спиральной галактике.

2. Поскольку Млечный Путь для нас выглядит как длинная полоса на небе, то отсюда можно сделать вывод, что это – диск, который мы видим сбоку. Мы также видим уплотнение из звёзд (балдж) в центре полосы и, благодаря сопоставлению с другими галактиками, мы знаем, что именно спиральные галактики имеют форму диска с балджем в центре.

3. Доля газа, цвет и содержание пыли в Млечном Пути почти такие же, как и в других спиральных галактиках.

Ответ 8-3

С конца лета и практически всю зиму на ночном небе можно заметить яркую группу звёзд, по форме похожей на миниатюрный ковш Большой Медведицы. Это Плеяды – рассеянное звёздное скопление, одно из самых ярких и известных. В Каталоге Мессье оно числится как М 45.

Это скопление можно увидеть даже в городе, где засветка мешает наблюдать многие объекты. Другие названия – Стожары или Семь сестёр, по количеству видимых невооружённым глазом звёзд. В скоплении Плеяды находится более 1200 звёзд, и все они связаны между собой гравитацией. Это не просто группа звёзд, которые случайно оказались в одном направлении взгляда (как узнаваемые созвездия), а действительно крупная система, которая образовалась из одной туманности.

Ответ 8-4

Звёздное скопление является группой, в которой каждый звёздный объект связан с соседним гравитационным полем. Предполагается, что они образованы из одного гигантского молекулярного облака. Об этом свидетельствуют: их движение едино, как одно целое; звёзды находятся примерно на одном этапе эволюции; в шаровых группах не происходит активного образования звёзд.

К шаровым скоплениям относятся, например, такие объекты Мессье в созвездиях, как М2 (Водолей), М3 (Гончие Псы), М4 (Скорпион), М5 (Змея), М13 (Геркулес) и другие. Шаровые скопления доступны для наблюдений почти круглый год, однако наиболее благоприятное время года – лето, когда над горизонтом поднимаются созвездия Змееносец, Геркулес, Змея, Стрелец и Скорпион, в которых много ярких скоплений.

Ответ 8-5

Все звёзды в Галактике движутся вокруг её центра по почти круговым орбитам, а также обладают собственным движением под действием сил притяжения других звёзд. Скорость звезды в пространстве можно представить как векторную сумму двух компонент, один из которых направлен вдоль луча зрения, другой перпендикулярен ему.

Изучение пространственных движений, а также проекций пространственных скоростей звёзд на луч зрения позволяет определить направление и скорость движения Солнца в пространстве, а также обнаружить вращение Галактики.

Ответ 8-6

Тангенциальная скорость вместе с лучевой скоростью позволяет оценить полный вектор скорости объекта. Лучевая скорость звезды определяется по доплеровскому смещению линий в её спектре. Тангенциальную скорость определяют по смещению звезды на небесной сфере. Такое смещение у сравнительно близких (к наблюдателю) звёзд составляет несколько секунд за год (формулы для расчёта скоростей приведены в учебнике на стр. 167).

Ответ 8-7

Английский астроном Эдмунд Галлей в 1718 году сравнил наблюдавшиеся в его время положения звёзд с теми, которые были приведены в каталогах Гиппарха (II в. до н.э.). Ученый заметил смещение ярких звёзд Сириуса и Прокциона на $0,7^\circ$, Арктира более чем на 1° . На основании этого факта был сделан вывод о пространственном движении звёзд относительно Солнца. Так впервые было обнаружено, что звёзды движутся.

Смещение звёзд на небе в течение года невелико. Однако на протяжении десятков тысяч лет собственные движения звёзд существенно сказываются на их положении, вследствие чего меняются привычные очертания созвездий, что подтверждено смоделированной «трансформацией» «ковша» Большой Медведицы на протяжении 100 тысяч лет.

Ответ 8-8

Вращение нашей звёздной системы подчиняется определенным закономерностям:

1) угловая скорость вращения убывает по мере удаления от центра, а линейная возрастает, достигая максимального значения на том расстоянии, на котором находится Солнце, а затем практически остается постоянной;

2) звёзды, газ и другие объекты, составляющие галактический диск, движутся по орбитам, близким к круговым;

3) немногочисленные высокоскоростные звёзды (обычно это старые звёзды) движутся по эллиптическим орбитам вне плоскости Млечного Пути, хотя их полные скорости могут не превышать скорость Солнца, но разница орбит приводит к высоким относительным скоростям.

Вся Солнечная система (ещё раз обратите внимание на рис. 141) не испытывают на себе катастрофического влияния тех бурных процессов, которые происходят внутри спиральных рукавов. Стабильность условий, в которых возникла и миллиарды лет существует Солнечная система, можно рассматривать как один из важнейших факторов, обусловивших происхождение и развитие жизни на Земле.

Данные: видео, 14 мин, 07 с. Проект postnauka –
<https://youtu.be/VPwVcYatG7g>.



Лекция «Движение звёзд в Галактике», Алексей Расторгуев, доктор физико-математических наук (ГАИШ МГУ).

Ответ 8-9

Отражение света происходит за счёт присутствия в туманности диффузного вещества. спектр таких облаков аналогичен спектру звезды, освещающей его. Поэтому рассеивание света в таких участках происходит эффективнее, нежели в других. Фотоны с высокой энергией от звезды влияют на ионизацию плазмы или газа облака.

Механизм излучения эмиссионных туманностей объясняется явлением флуоресценции. Суть которого заключается в том, что падающий фотон в ультрафиолетовом диапазоне поглощается атомом вещества и ионизует его, а затем, в результате цепи спонтанных переходов происходит излучение фотонов с меньшей энергией, в том числе и в оптическом диапазоне.

Ответ 8-10

Газопылевая туманность Ориона – это ближайший к Земле регион формирования звезд и содержит в себе множество молодых планетных систем из газа и пыли. Межзвёздное облако излучает в оптическом диапазоне из-за ионизации собственного газа.

Туманность Ориона – диффузная туманность. Туманность подсвечивается яркими звездами Трапеции Ориона – молодого рассеянного звёздного скопления, расположенного внутри туманности. На множестве снимков, сделанных в видимом диапазоне, красные области в туманности образованы горячим газом, в основном водородом. Синие – это пыль, которая отражает свет горячих голубых звезд. Красный цвет – это результат рекомбинации в линии излучения водорода на длине волны 656,3 нм. Синефиолетовая окраска представляет собой отражённое излучение от массивных звезд O-класса в центре самой туманности.

Ответ 8-11

Если звезда находится в межзвёздном облаке или рядом с ним, но недостаточно горяча, чтобы ионизовать вокруг себя значительное количество межзвёздного водорода, то основным источником оптического излучения туманности оказывается свет звезд, рассеиваемый межзвёздной пылью. В этом состоит отличие отражательной туманности от эмиссионной туманности.

Спектр отражательной туманности такой же, как и у подсвечивающей её звезды. Среди микроскопических частиц, способствующих рассеиванию света, выделяют частички углерода (иногда их называют бриллиантовой пылью), а также частицы никеля и железа. Последние две взаимодействуют с галактическим магнитным полем, и поэтому отражённый свет немного поляризован.

Ответ 8-12

В процессе эволюции звезды после исчерпания термоядерного горючего в её ядре наступает короткая стадия, завершающая жизненный путь звезды, когда внешние слои сбрасываются, а ядро превращается в остывающий белый карлик (который мы видим в центре туманности). Свечение туманности обеспечивается возбуждением газа ультрафиолетовым излучением центральной звезды.

По одной из версий такой вид туманности мог произойти из-за особого характера неустойчивости в протяженной оболочке, когда возникли сильные колебательные процессы, сопровождаемые изменениями теплового режима звезды. Период таких колебаний – порядка нескольких десятков тысяч лет. Также считается, что большую роль в этом процессе могут оказывать взаимодействие звёздного ветра и двойных звезд, магнитного поля и межзвёздной среды.

По астрономическим меркам эти объекты не долгожители, при продолжительности жизни звезды-предка в несколько миллиардов лет. Кстати, туманности не имеют отношения к планетам, они получили название за поверхностное сходство при наблюдении в телескоп.

Ответ 8-13

Межзвездная пыль и газовые облака, присутствующие в нашей Галактике, поглощают свет идущий от слабых галактик. Облака с высокой концентрацией пыли становятся практически непрозрачными.

Ответ 8-14

В Млечном Пути имеются тёмные туманности (или поглощательные туманности) – тип межзвёздных облаков, настолько плотных, что они поглощают видимый свет, исходящий от эмиссионных или отражательных туманностей, или звёзд, находящихся позади них.

Тёмная туманность представляет собой очень холодное и разреженное газопылевое облако, заметное только благодаря нечёткому силуэту на фоне видимого света более удалённых объектов. Тёмная туманность часто является областью формирования звёзд, обнаружение которых в туманности возможно только при наблюдении на длинах волн инфракрасного и радиоизлучения, которые в гораздо меньшей степени поглощаются и рассеиваются межзвёздным веществом. Межзвездная пыль и газовые облака, присутствующие в нашей Галактике, поглощают свет, идущий от слабых галактик.

Ответ 8-15

В инфракрасном диапазоне длин волн, астрономам открывается Млечный Путь и галактики на заднем плане. Тёмные пылевые облака становятся видимыми благодаря розоватому свечению газообразного водорода, расположенного за туманностью.

Туманность Конская Голова легко найти, потому что она находится в районе Пояса Ориона, одного из самых узнаваемых астеризмов на небе (см. ответ к заданию 1-1). Самая яркая звезда, видимая в этой области неба на изображениях – это Альнитак (зета Ориона). Она самая восточная звезда Пояса Ориона.

Ответ 8-16

Существуют различные схемы морфологической классификации галактик: среди них в качестве основной используется классификация Хаббла, которая довольно проста, но её достаточно, чтобы описывать основные свойства галактик.

Классификацию, предложенную Хабблом, часто называют камертонной, так как последовательность расположения в ней типов галактик напоминает вилку камертона. Согласно этой схеме галактики правильной формы относят к одному из трех основных типов – эллиптическим и линзовидным, либо спиральным галактикам (ветви камертона). Неправильные галактики (Ir) относят к отдельному типу и помещаются между ветвями «камертона».

Млечный Путь – спиральная галактика позднего морфологического типа, причём некоторые её параметры, например, общее количество нейтрального водорода и размер балджа, соответствуют типу Sb, а другие, как темп звездообразования – типу Sc.

Ответ 8-17

Сверхгигантская галактика M87 является ближайшей к Земле крупной эллиптической галактикой и одним из самых ярких радиоисточников в небе. По данным учёных, в центре находится сверхмассивная чёрная дыра. Благодаря ей ядро является активным и характеризуется мощным излучением. В галактике нет даже выраженных полос пыли, что и отличает галактику от класса спиральных. В M87 обнаружили огромное число шаровых скоплений. Здесь примерно 12 тысяч таких образований, а для сравнения наш Млечный Путь имеет всего около 200 подобных звёздных скоплений.

Ответ 8-18

а) M81 (NGC 3031) – спиральная галактика типа Sa, Расположена в созвездии Большой Медведицы

б) M51 (NGC 5194), называется «Водоворот» – спиральная галактика типа Sb, Расположена в созвездии Гончие Псы.

в) M101 (NGC 5457), называется «Вертушка» – спиральная галактика типа Sc, Расположена в созвездии Большой Медведицы.

Ответ 8-19

Наличие и выраженность бара – один из критериев классификации галактик. Бар образуется при возникновении неустойчивости скорости и плотности вещества под действием сил тяготения в тонком диске галактики. Для этого нужна большая радиальная скорость звёзд. Бар оказывает заметное влияние на родительскую галактику.

Спиральная галактика с перемычкой NGC 1365 находится в созвездии Печь. В ядре галактики размещена сверхмассивная чёрная дыра. Полагают, что её бар концентрирует газ и пыль, которые приводят к активации формирования звёзд и подкармливают чёрную дыру. Бар совершает обороты по часовой стрелке. На один оборот уходит 350 миллионов лет при скорости в 2000 км/с.

Ответ 8-20

Туманность Андромеды (M31, NGC 224) – спиральная галактика, наблюдаемая в созвездии Андромеды. Галактика Андромеды имеет как выраженную сферическую подсистему, так и диск с заметными спиральными рукавами, поэтому по классификации Э. Хаббла её относят к типу Sb.

Галактика Андромеды имеет видимую звёздную величину $+3,44^m$ и угловой диаметр в 6 раз больше углового диаметра Луны, благодаря чему она видима невооружённым глазом. Галактика является распространённым объектом в научно-фантастических произведениях (авторы Артур Кларк, Станислав Лем и др.).

Ответ 8-21

Галактика-спутник – это галактика, обращающаяся по орбите вокруг более крупной галактики под действием сил гравитации. Какая из двух галактик является спутником, определяется соотношением их масс. У Млечного Пути насчитывается примерно 50 галактик-спутников. Крупнейшим спутником Млечного Пути является Большое Магелланово Облако. Считается, что оно значительно влияет на другие галактики-спутники Млечного Пути, в частности, на Малое Магелланово Облако.

Название Большое и Малое Магеллановы Облака приобрели в честь Фернана Магеллана и его кругосветного путешествия, в котором он и наблюдал эти галактики. По причине своей необычной формы, Большое Магелланово Облако классифицируется как неправильная галактика.

Ответ 8-22

Столь существенное отличие от результатов Э. Хаббла обеспечивают два фактора: отсутствие поправки (так называемой нуль-пункта) зависимости «период – светимость» на поглощение (которое тогда ещё не было открыто) и существенный вклад собственных скоростей в общую скорость для местной группы галактик.

Проблема оценки коэффициента осложняется ещё тем, что помимо космологических скоростей, обусловленных расширением Вселенной, галактики ещё обладают собственными (пекулярными) скоростями, которые могут составлять несколько сотен км/с. Это приводит к тому, что закон Хаббла плохо выполняется или совсем не выполняется для объектов, находящихся на расстоянии ближе 10–15 млн св. лет, то есть как раз для

тех галактик, расстояния до которых наиболее надёжно определяются без красного смещения.

Ответ 8-23

Большинство галактик имеют в центральных частях компактные сгущения звёзд и газа, которые называют ядрами. Ядра хорошо выделяются в спиральных галактиках, но трудноразличимы в неправильных галактиках (например, в Магеллановых Облаках).

В последние годы выяснилось, что ядра галактик содержат сверхмассивные компактные объекты, – чёрные дыры. Астрономы доказали, что уже во второй половине первого миллиарда лет после Большого взрыва Вселенная была заполнена быстро формирующимися галактиками, в ядрах которых находились сверхмассивные чёрные дыры. Их окружали исполинские аккреционные диски, которые генерировали мощное электромагнитное излучение в широком диапазоне частот, превращающее эти дыры в очень яркие квазары. Квазары – самые мощные по стационарному излучению объекты во Вселенной. Полная светимость квазаров, включая радио-, инфракрасный, оптический, ультрафиолетовый, рентгеновский и гамма-диапазоны, что на три-четыре порядка превышает светимость родительской галактики.

Ответ 8-24

Огромные струи плазмы, вырывающиеся с околосветовой скоростью из центра некоторых галактик, возникают из-за падения вещества на сверхмассивные чёрные дыры в центре галактики. Взаимодействие вещества, окружающего вращающуюся чёрную дыру, с её магнитным полем и порождает струи.

Ответ 8-25

Вначале рассмотрим исходные данные.

1. Галактика выглядит как спираль с расходящимися от неё рукавами. По оценкам ученых размер Млечного Пути приблизительно 16 килопарсек. Солнечная система удалена от центра Млечного Пути почти на 7,5 килопарсек. Так что по меркам нашей Галактики, мы живём где то практически на окраине.

2. Не следует думать, что галактики – это скопление миллиардов звёзд разного типа, планет, чёрных дыр, квазаров, комет и так далее. Всё это соответствует истине, однако все космические объекты в общей массе галактик занимают лишь мизерную долю. Больше всего всю массу галактики составляет сильно разреженный межзвёздный газ и огромное количество пыли.

3. Расстояние между галактикой Андромеды и галактикой Млечный Путь составляет 3,5 миллиона световых лет. И хотя сближение происходит со значительным ускорением, до соприкосновения этих двух галактик остается ещё четыре миллиарда световых лет. Столкновение с последующим слиянием галактик произойдёт через 4,5 – 6,5 миллиардов лет.

4. Математическое моделирование ситуации показывает, что галактики,двигающиеся по направлению друг к другу, при определённых условиях могут взаимодействовать: сталкиваться, сливаться друг с другом и даже разделять друг друга на фрагменты. В таких ситуациях сложно сказать, где заканчивается одна галактика и начинается другая. В конечном итоге столкновения между галактиками не всегда означают прямые столкновения отдельных объектов в галактиках, поскольку большая часть объёма галактики ничем не заполнена. Конечно, силы гравитации близко расположенных облаков межзвёздного вещества могут деформировать друг друга или перетягивать отдельные сгустки вещества из одной галактики в другую.

Выводы. Из-за того, что основу галактик составляет межзвёздный газ, ни одна планетарная система в галактиках не пострадает. Столкновение галактик, – это практи-

чески рядовое явление в космосе. Столкновение галактик во много раз вероятнее, чем отдельных звёзд. Но есть другая проблема, касающаяся: процессов эволюции звёзд. По расчётам и сравнению Солнца с другими звёздами по прошествии пяти миллиардов лет наше небесное светило превратится в красного гиганта, который сожжет самые ближние к нему планеты. Земля исчезнет до того, как завершится слияние двух галактик. В перспективе человечеству следует заняться поиском пригодных для жизни планет в другой галактике, не забывая при этом изобретение средств перелёта к ним.

Есть признаки, что наша Галактика образовалась в результате слияния двух галактик. В далёком будущем (как уже было рассмотрено) нас ждёт ещё одно слияние – с галактикой Андромеды.



Данные: видео, 01 мин, 51 с. Роскосмос ТВ – <https://youtu.be/UP5xZPIShdk>.

Столкновение галактик: наблюдение и моделирование. Астрономы предполагают, что галактика Млечный Путь, может столкнуться с галактикой Андромеды через примерно пять миллиардов лет. Компьютерная симуляция моделирует данный процесс.

Ответ 8-26

При слиянии двух галактик с массивными чёрными дырами в центрах происходит формирование так называемых «приливных хвостов» – потоков звёзд и газа, под воздействием сильных приливных сил. Такой вид галактики принимают в самом начале контакта.

Данные: web-страница. Проект «Космос» – <https://clck.ru/34Akrj>.

Моделирование столкновения галактик и слияния массивных чёрных дыр.



Ответ 8-27

Скопления галактик – гравитационно-связанные системы галактик. Это одна из самых больших структур во Вселенной, их характерный размер по диаметру составляет десятки миллионов световых лет. Скопления примерно содержат от 100 до 1000 галактик,

Известен основной каталог скоплений галактик Джорджа Эйбелла, включающий 4073 скопления. Первый вариант каталога включал 2712 скоплений северного полушария звёздного неба (1958 год). Дополнение к каталогу, включавшее ещё 1361 скопление южного полушария звёздного неба, было составлено на основе исследований Эйбелла и других учёных (1989 год).

Ответ 8-28

«Сомбреро» – это спиральная галактика без перемычки, имеющая яркое ядро, центральную выпуклость и спиральные рукава с толстой полосой пыли, окружающей центр. Наш взгляд на галактику обусловлен тем, что мы смотрим на неё с края (поэтому полоса пыли визуально разделяет изображение на две симметричные части).

Ответ 8-29

Наша Галактика, туманность Андромеды и около 40 ближайших галактик, образуют систему галактик размерами в несколько сотен килопарсек, которая получила название *Местная группа галактик*.

Более крупные объединения галактик группируются в *скопления галактик*. Они содержат до тысячи галактик, и их размер составляет несколько мегапарсек. Такое ближайшее крупное объединение галактик находится в направлении созвездия Девы на расстоянии около 20 Мпк.

Комплексы скоплений галактик размерами 30–60 Мпк, содержащих десятки скоплений, называются *сверхскоплениями галактик*. Скопление галактик в созвездии Девы является центральным сгущением в сверхскоплении галактик, в которое входит и наша Местная группа галактик (см. форзацы учебника).

Сверхскопления и скопления галактик образуют в пространстве структуру подобную на волокна, которые напоминают собой ячейки или пчелиные соты. В «волоконках» собраны скопления галактик, а на пересечении «сот» – сверхскопления галактик. Размеры пустот «ячеек» составляют около 100–150 Мпк, толщина «волокон» – около 10 Мпк. Крупномасштабная структура Вселенной имеет ячеисто-сотовый вид. В больших масштабах Вселенная в среднем однородна.

Ответ 8-30

Взявшись за раскрытие главной тайны Вселенной – что было до Большого взрыва? – исследователи получили не один, а довольно много ответов, зачастую весьма странных и непонятных.

Главный из ответов сводился к тому, что до Большого взрыва не было вообще ничего. Получается, что Вселенная произошла из ничего, что ничто породило. Всё. Невозможно себе даже представить, когда и почему такое могло произойти. Знаменитый физик-теоретик из Англии Стивен Хокинг заявил, что всё-таки Вселенная получилась из ничего, а пришли к такому выводу в результате строгих математических расчётов, в которых пока никто не обнаружил ошибку.

Есть и другие мнения. До Большого взрыва существовала Вселенная, похожая на нашу, а может быть, совсем не похожая. Можно предположить, что до нашей Вселенной были другие Вселенные, столкновение которых привело к Большому взрыву.

Подробнее см.: <https://clck.ru/34Vi7G> (Журнал «Наука и жизнь», Е. Левитан, А было ли что-нибудь до Большого Взрыва?).



Данные: видео, 03 мин, 11 с. You Tube. Проект «Пост Наука» – https://youtu.be/Vgo-_gcQmhY.

«Теория Большого взрыва: как зародилась Вселенная». Анимационное видео о трех фундаментальных открытиях в основе теории Большого взрыва и об инфляционной модели Вселенной.

Ролик создан благодаря Издательству Яндекса – просветительской программе «Пост Наука», которая занимается развитием и поддержкой образовательных интернет-проектов.

Ответ 8-31

Находку обнаружили в северном полушарии Марса, между горным югом и равнинным севером. Местные виды украшают холмы с плоскими верхушками и крутыми склонами. На Марс запущено более 40 космических объектов, причем 17 принадлежало СССР. Первый снимок знаменитого «Лица на Марсе» был сделан аппаратом NASA с расстояния между планетой и космическим аппаратом 1872 километра.

Следующие снимки этого участка Марса были сделаны через 25 лет станцией Mars Global Surveyor. Она была запущена в 1996 году, а добралась до красной планеты через 300 дней. Несколько лет космический аппарат фотографировал поверхность планеты. Станция проработала 9 лет, но загадочную область сняла только единожды. Расстояние между станцией и поверхностью планеты составило 450 км. Камеры охватывали куда большие площади поверхности Марса.

Исследование Марса продолжилось в августе 2005 года, когда стартовала новая миссия. Планету исследовала станция Европейского космического агентства в апреле 2007 года получили ещё несколько четких и объёмных снимков.

Эксперты считали, что «Лицо» является оптическим обманом и появлялось в результате игры света и тени. Сам объект – это природный объект, который «приобрел» такую форму благодаря определенному углу. Оппоненты считали, что сооружение возвела марсианская цивилизация, которая погибла из-за непонятных причин.

Самые последние исследования показали, что «лицо» оказалось простой горой, которая по очертаниям напоминало человеческое лицо. Основа горы представляет собой прямоугольник.

Ответ 8-32

Небольшой размер пластинки (15 на 23 см) накладывал существенные ограничения на объём размещаемой на ней информации, так что информации «конспекта» стал непростой задачей. В первую очередь указано на пластинке расположение Солнечной системы в нашей Галактике. Для этого в качестве своеобразных «маяков» были выбраны 14 пульсаров Млечного Пути. Среди всех известных к тому времени пульсаров были выбраны те, которые более или менее равномерно располагались вокруг Солнца и должны были просуществовать сравнительно долго. Это было немаловажно, учитывая, что между отправкой послания и его получением могли пройти миллионы и десятки миллионов лет.

Начерченные 14 отрезков, выходящих из одной точки, указывают направления от Солнца на выбранные пульсары; длины отрезков пропорциональны расстояниям до этих пульсаров. Пятнадцатая линия, идущая горизонтально вправо, обозначает в том же масштабе расстояние от Солнца до центра Млечного Пути. Частоты излучений пульсаров на отрезках записывались в двоичной системе: единица обозначалась вертикальной маленькой чёрточкой, ноль – горизонтальной.

Атом водорода служил эталоном длины, записанных частот. Атом водорода связанная система, состоящая из положительно заряженного ядра – протона и отрицательного заряженного электрона. При переходе из первого состояния во второе атом излучает фотон с длиной волны, примерно равной 21 см: эта величина и была принята в качестве единицы измерения длины. Волны атома можно генерировать и измерять в любых единицах измерения.

Схемы состояния атома водорода изображены окружностями, располагающимися вокруг протона на которой находится электрон, а вертикальная черта с утолщением на конце – направление спина. Горизонтальный отрезок, соединяющий два этих рисунка, изображает волну излучения нейтрального водорода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель практических заданий – приобретение умений и навыков практической деятельности по изучаемому предмету. При выполнении практических заданий у учащихся происходит закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач.

Иллюстрации учебника «Астрономия. 11 класс» являются важным средством наглядности. Они способствуют расширению и углублению чувственного опыта учащихся, помогают формированию у них научных понятий. Иллюстрации развивают у учащихся наблюдательность и интерес к предмету, активизируют познавательную деятельность. Всё сказанное усиливается на фоне практических заданий.

Заметим, что практические задания представлены в основном качественными задачами. При решении таких задач определяются только качественные зависимости между параметрами, характеристиками астрономических явлений и процессов. Качественные задачи наиболее целесообразно применять на начальных этапах усвоения учебного материала с целью формирования астрономических понятий.

Предлагаемые авторами практические астрономические задания нацелены на развитие интереса к астрономии через их межпредметное содержание (черчение; история; литература; графика; приборы и оборудование; физика; биология; химия). Практические задания можно одной фразой назвать «За страницами учебника» или «О чём в учебнике не прочитаешь».

Таким образом, использование школьного учебника в несколько другом ракурсе (с активным использованием рисунков, фотографий и комментариев к ним) может служить основой для полноценного образовательного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галузо, И.В. Структура и содержание учебно-методического комплекса по астрономии для учреждений, обеспечивающих получение общего среднего образования / И.В. Галузо, В.А. Голубев, Н.Ф. Гороява // Фізика: проблеми викладання. – 2004. – № 4 (39). – С. 52–58.
2. Галузо, И.В. Астрономия: учебник для 11-го класса учреждений общего среднего образования с русским языком обучения (базовый и повышенный уровень) / И.В. Галузо, В.А. Голубев, А.А. Шимбалёв. – Минск: Народная асвета, 2021. – 207 с.
3. Галузо, И.В. Электронное обучение студентов и школьников: монография / И.В. Галузо. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2019. – 306 с.
4. Галузо, И.В. Интернет – помощник учителя астрономии / И.В. Галузо // Фізика. – 2021. – № 1 (134). – С. 50–55.
5. Галузо, И.В. Компонент учебника астрономии на основе рисунков / И.В. Галузо, А.А. Шимбалёв // Матэматыка і фізіка. – 2023. – № 2. – С. 58–59; № 3 – С. 58–61.
6. Шимбалёв, А.А. Астрономия. Атлас: учеб. пособие для 11 кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / А.А. Шимбалёв, И.В. Галузо, В. А. Голубев. – Минск: Белкартография, 2021. – 76 с.
7. Галузо, И.В. Нужны ли мобильные устройства в учебном процессе? / И.В. Галузо // Современное образование Витебщины. – 2020. – № 1. – С. 26–35.

Учебное издание

ГАЛУЗО Илларион Викторович
ШИМБАЛЁВ Александр Альбертович

АСТРОНОМИЯ

Сборник практических заданий

Технический редактор

Г.В. Разбоева

Компьютерный дизайн

А.В. Табанюхова

Подписано в печать 05.10.2023. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 5,81. Уч.-изд. л. 7,10. Тираж 9 экз. Заказ 105.

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

Свидетельство о государственной регистрации в качестве издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/255 от 31.03.2014.

Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.