

Е.Б.Гусев



СБОРНИК ВОПРОСОВ И КАЧЕСТВЕННЫХ ЗАДАЧ ПО АСТРОНОМИИ



·Просвещение·

Е.Б.Гусев

СБОРНИК ВОПРОСОВ И КАЧЕСТВЕННЫХ ЗАДАЧ ПО АСТРОНОМИИ

КНИГА ДЛЯ УЧАЩИХСЯ

МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 2002

УДК 373.167.1:52
ББК 22.6я72
Г96

Рецензенты: доктор педагогических наук, академик Российской академии космонавтики, академик и профессор Международной академии информатизации **Е. П. Левитан**;

заведующий кафедрой общей и теоретической физики и методики преподавания физики РГПУ им. С. А. Есенина, доктор физико-математических наук, профессор **В. А. Степанов**

Гусев Е. Б.

Г96 Сборник вопросов и качественных задач по астрономии : Кн. для учащихся / Е. Б. Гусев.— М. : Просвещение, 2002.— 173 с.— ISBN 5-09-010676-2.

Сборник содержит свыше тысячи вопросов и качественных задач по астрономии как исследовательского, так и познавательного характера. Цель книги — способствовать более глубокому и творческому усвоению учебного материала по астрономии, астрофизике, космонавтике и физике.

Сборник предназначен для учащихся старших классов общеобразовательных учреждений и может быть использован в преподавании этих дисциплин в школах обычного типа, школах с углубленным изучением физико-математических дисциплин, а также в педагогических вузах.

УДК 373.167.1:52
ББК 22.6я72

ISBN 5-09-010676-2

© Издательство «Просвещение», 2002
© Художественное оформление.
Издательство «Просвещение», 2002
Все права защищены

| | | |
|--|-------------------|--|
| | ОГЛАВЛЕНИЕ | |
|--|-------------------|--|

| | |
|--|-----|
| Слово к учителю | 4 |
| 1. Наблюдения — основа астрономии | 6 |
| 2. Методы астрономических исследований | 10 |
| 3. Земля как космическое тело | 16 |
| 4. Движение и природа Луны | 22 |
| 5. Затмения | 27 |
| 6. Солнечная система. Солнце | 29 |
| 7. Физика планет | 33 |
| 8. Спутники планет | 42 |
| 9. Искусственные космические тела | 44 |
| 10. Малые тела Солнечной системы | 50 |
| 11. Мир звезд | 53 |
| 12. Галактика. Метагалактика | 60 |
| Ответы и решения | 64 |
| Литература | 172 |

Астрономия — это фундаментальная мировоззренческая учебная дисциплина, играющая важную роль в учебном процессе средней школы и завершающая физическое образование в педагогическом вузе. Астрономия наглядно показывает единство законов природы в микро-, макро- и мегамире и практическую применимость методов экспериментальной и общей физики в познании Вселенной.

Важную роль в физико-математическом образовании играет решение задач. Качественные задачи — это особый вид задач, решение которых осуществляется посредством логических умозаключений, базирующихся на теоретических знаниях. Такие задачи не требуют, за редким исключением, математических выкладок и тем более громоздких вычислений. Они позволяют сосредоточиться на формировании научного мышления, более глубоком понимании сути физических процессов, происходящих во Вселенной. Качественные задачи используются также как средство закрепления и углубления знаний.

Данное учебное пособие не заменяет существующих сборников задач, содержащих преимущественно количественные, а также экспериментальные (на основе наблюдений) задачи. Оно рассчитано на их параллельное использование. Цель издания — развитие творческого мышления обучаемых, повышение уровня и качества их знаний.

Задачи, предлагаемые в сборнике, условно можно разделить на три группы. Первая группа — это творческие задачи исследовательского характера, требующие ответов на вопросы: почему? Каким образом? Вторая группа содержит творческие задачи конструкторского плана, требующие ответа на вопрос: что произойдет, если изменится...? Третья группа — это задачи-вопросы познавательного, а в ряде случаев занимательного характера, требующие ответов на вопросы: какой? где? при каких условиях?

Особенностью сборника является применение принципа укрупнения дидактических единиц. Под укрупненной дидактической единицей мы понимаем фрагмент учебного материала, состоящего из различных содержательных элементов знания, обладающих логической и тематической общностью, системностью и целостностью.

В содержании и размещении задач часто использовались сопоставления и противопоставления, экстремальные физические ситуации, прямые и обратные задачи. Обсуждать и решать задачи с укрупнением материала необходи-

мо комплексно: это дает наибольший эффект. Также представляется полезным параллельное рассмотрение задач со сходными ситуациями из разных разделов. Отдельные задачи допускают количественное решение при соответствующей доформулировке условий.

Материал пособия предназначен для применения его на практических занятиях по астрономии и смежным астрономическим дисциплинам, на зачетах, коллоквиумах, экзаменах, в учебно-исследовательской работе. Значительная часть задач вполне может быть использована при изучении астрономии и физики в средней школе. Некоторые более сложные задачи полезно решать на уроках, факультативных и кружковых занятиях в школах с углубленным изучением физики и астрономии. Отдельные задачи носят олимпиадный характер.

Автор надеется, что данный сборник вопросов и задач по астрономии будет полезен и эффективен в учебной работе как преподавателя вуза, так и учителя средней школы.



1 НАБЛЮДЕНИЯ — ОСНОВА АСТРОНОМИИ

*350-МИЛЛИМЕТРОВЫЙ МЕНИСКОВЫЙ ТЕЛЕСКОП
ШЕМАХИНСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ*

1.1. Основным методом исследования космических тел является наблюдение. Можно ли утверждать, что астрофизика является менее объективной наукой в сравнении с физикой, основным методом которой является эксперимент?

1.2. Чем принципиально отличается наблюдение в астрономии от эксперимента в физике?

1.3. Известный физик Поль Дирак утверждал, что «мы можем наблюдать объект только в том случае, если дадим ему взаимодействовать с чем-то внешним по отношению к нему». Проиллюстрируйте это высказывание ученого по отношению к космическим объектам.

1.4. В астрофизике на основе наблюдений определяются самые разнообразные физические параметры космических объектов. Какие величины измеряются непосредственно в процессе наблюдений?

1.5. К какому заключению об основном свойстве материи можно прийти, созерцая звездное небо?

1.6. Сделайте заключение о трехмерности космического пространства по характеру движения космических тел.

1.7. Приведите доказательство изотропности космического пространства.

1.8. Астрономы, объясняя свойства Вселенной, предполагают однородность пространства и однородность времени. Какие законы сохранения подтверждают эти свойства?

1.9. Как на основе астрономических наблюдений доказать равенство инертной и гравитационной масс?

1.10. В бесконечной Вселенной при условии равномерного заполнения ее звездами ночное небо должно иметь примерно такую же яркость, как и Солнце. Поскольку небо все же темное, не означает ли это, что Вселенная конечна?

1.11. Фотометрический парадокс решается и в иерархической Вселенной, каковой является наш Мир. Почему же для объяснения фотометрического парадокса было отвергнуто наличие иерархической структуры Вселенной?

1.12. Влияет ли относительное движение космического объекта на освещенность, создаваемую им на поверхности Земли?

1.13. Астрометрические наблюдения любой звезды, проведенные в течение года, достоверно доказывают конечность

- скорости света и позволяют определить ее значение. О каком явлении идет речь?
- 1.14.** Как посредством астрономических наблюдений доказать, что скорость света в вакууме не зависит от длины волны?
- 1.15.** Какие астрономические наблюдения подтверждают поперечность световых волн?
- 1.16.** Около каких небесных объектов можно увидеть фронт световой волны?
- 1.17.** Как обнаруживают в космосе темные тела?
- 1.18.** Какие наблюдения надо провести, чтобы доказать обращение Солнца вокруг центра Галактики?
- 1.19.** Предполагают, что в тесных двойных системах возможно образование гравитационных волн. Пользуясь аналогией с электромагнитными волнами, предложите механизм образования и регистрации гравитационных волн от космических объектов.
- 1.20.** Почему обнаружение гравитационных волн из космоса представляет большие трудности?
- 1.21.** Какие два фундаментальных взаимодействия определяют движение космических тел?
- 1.22.** Основную роль во Вселенной играют гравитационные взаимодействия. В каких космических процессах преобладают другие виды взаимодействий?
- 1.23.** Чем различаются по своим результатам контактные и неконтактные взаимодействия космических тел?
- 1.24.** При неупругом соударении двух космических тел обязательно выделяется теплота. Может ли вся механическая энергия этих тел превратиться во внутреннюю энергию?
- 1.25.** От чего зависит отношение количества теплоты, выделившейся при неупругом соударении двух космических тел, к их механической энергии: от соотношения масс этих тел или от их относительной скорости?
- 1.26.** Что произошло бы в мире, если бы гравитационная постоянная увеличилась в 10 раз? уменьшилась в 10 раз?
- 1.27.** Что произошло бы в мире, если бы удельный заряд электрона увеличился в 10 раз? уменьшился в 10 раз?
- 1.28.** Выполняется ли закон всемирного тяготения для двух космических тел?
- 1.29.** Планета и ее спутник падают на Солнце с одинаковым ускорением. Справедлив ли в этом случае второй закон Ньютона, по которому ускорение обратно пропорционально массе тела?
- 1.30.** Почему ускорение одного космического тела относительно другого оказывается всегда большим, чем это следовало бы из закона всемирного тяготения $a = GM/r^2$, где M — масса притягивающего тела, а r — расстояние между центрами этих тел?

1.31. Из какого закона сохранения следует второй закон Кеплера? Докажите применимость этого закона сохранения к системе Солнце — планета.

1.32. Инерциальны ли системы отсчета, для которых формулируются второй эмпирический и второй обобщенный законы Кеплера? Приведите примеры таких систем отсчета.

1.33. По каким орбитам может двигаться космическое тело, находящееся в поле тяготения другого космического тела? Каковы условия реализации тех или иных видов движений?

1.34. Происходит ли движение космических тел по кривым конических сечений?

1.35. По каким кривым конических сечений могут двигаться космические тела? Приведите конкретные примеры.

1.36. Может ли на одной орбите находиться несколько космических тел?

1.37. В чем заключаются обобщения законов планетных движений, сделанные И. Ньютоном?

1.38. Собственное движение звезд обнаруживается в результате многолетних наблюдений. Собственное движение каких небесных тел можно наблюдать непосредственно?

1.39. Какие космические тела на звездном небе Земли имеют как прямые, так и попятные движения? Почему это происходит?

1.40. Какие небесные тела на звездном небе Земли движутся по спиральям с переменным размером и шагом?

1.41. В каких астрономических понятиях отражено перспективное видимое движение космических тел?

1.42. Какие космические тела могут наблюдаться только при их прохождении через земную атмосферу?

1.43. Для какой орбиты полная механическая энергия космического тела отрицательна, для какой равна нулю и для какой положительна?

1.44. Назовите ситуации, когда работа силы тяготения в космическом пространстве равна нулю.

1.45. Выполняется ли третий закон Ньютона при взаимодействии двух космических тел?

1.46. Вещество каких небесных тел является идеальным проводником?

1.47. В каких агрегатных состояниях находится космическое вещество при разных температурах?

1.48. Какова температура космического пространства?

1.49. Чем различаются понятия: Вселенная, космос, Метагалактика? Что такое мегамир?

1.50. У каких естественных небесных объектов остаются неизменными их координаты: прямое восхождение и склонение; азимут и высота?

1.51. На небе каких тел Солнечной системы днем можно видеть сразу и Солнце, и звезды?

- 1.52.** На каком единственном небесном теле можно видеть невооруженным глазом следы его столкновения с другими космическими телами?
- 1.53.** Какие лучи называются космическими?
- 1.54.** Несут ли информацию о телах Вселенной космические лучи, регистрируемые на Земле?
- 1.55.** Какое излучение из космоса свидетельствует о Большом взрыве?
- 1.56.** Какие переменные объекты имеют бесконечную амплитуду блеска?
- 1.57.** Какая планета имеет атмосферу, работающую как огромный естественный лазер?
- 1.58.** Где в далеком космосе естественным образом реализуется тот же физический механизм, который лежит в основе лазеров?
- 1.59.** Силовой характеристикой электрического поля является напряженность. Используется ли аналогичная величина для характеристики гравитационного поля космических тел? Если да, то какая?
- 1.60.** Как изменяется ускорение свободного падения у космических тел при перемещении от поверхности к их центру?
- 1.61.** С какой скоростью надо бросить камень с поверхности космического тела, чтобы он улетел на бесконечно большое расстояние (при отсутствии в окрестностях других космических тел)?
- 1.62.** Чем опасен для космических тел предел Роша?
- 1.63.** Какие малые тела Солнечной системы имеют гигантские размеры?
- 1.64.** У каких небесных тел зафиксировано изменение момента инерции? Каковы возможные причины этих изменений?
- 1.65.** У каких космических тел отрицательная теплоемкость? Почему?
- 1.66.** Физические свойства каких объектов космоса полностью могут быть охарактеризованы всего лишь тремя параметрами? Какими?
- 1.67.** Какие космические объекты напоминают гигантские атомные ядра? Могут ли они состоять из протонов?
- 1.68.** Какой самый близкий к Земле космический источник нейтрино?
- 1.69.** Что послужило обоснованием для предположения о существовании космических нейтрино?
- 1.70.** Какие космические тела находятся в состоянии непрерывного разрушения?
- 1.71.** Какие гипотетические космические объекты не могут быть разделены, в то время как их слияние возможно?
- 1.72.** Какие космические тела имеют железные ядра?
- 1.73.** Какие космические тела имеют атмосферу?

- 1.74. У каких небесных тел есть хвосты?
- 1.75. Какие космические тела и при каких условиях представляют собой электрические диполи?
- 1.76. Может ли произойти искровой разряд между двумя космическими телами?
- 1.77. Может ли произойти искровой разряд по поверхности космического тела?
- 1.78. Где в космосе образовались химические элементы, из которых состоит тело человека?
- 1.79. Какие органические вещества обнаружены в космосе?
- 1.80. Какие космические тела имеют спутники?
- 1.81. Можно ли увидеть без приборов межпланетную пыль?



2 МЕТОДЫ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

РАДИОТЕЛЕСКОП РАТАН-600 СПЕЦИАЛЬНОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

- 2.1. Какой параметр объектива телескопа является определяющим при наблюдениях звездообразных объектов?
- 2.2. Какой параметр объектива телескопа является самым важным при наблюдениях протяженных космических объектов?
- 2.3. Почему большинство телескопов как для научных целей, так и для учебных — это телескопы-рефлекторы, а не рефракторы?
- 2.4. Почему самые крупные телескопы — это исключительно телескопы-рефлекторы?
- 2.5. Чем конструктивно отличается астрономическое зеркало от бытового?
- 2.6. Почему объективы телескопов-рефлекторов для оптической области не делают непосредственно из металла?
- 2.7. Может ли быть объектив телескопа жидким?
- 2.8. Почему главные зеркала телескопов-рефлекторов имеют форму парабооида?
- 2.9. Какую форму должно иметь зеркало, чтобы сфокусировать лучи, идущие от близко расположенного точечного источника света? В какой телескопической системе используют зеркала такой формы?
- 2.10. Почему в телескопах системы Ньютона вторичное зеркало плоское, а в системе Кассегрена оно имеет форму выпуклого гипербооида?
- 2.11. Выпуклое зеркало, как известно, дает мнимое изображение. Каким образом в телескопах системы Кассегрена при помощи вторичного зеркала, имеющего форму выпуклого гипербооида, получают действительные изображения космических объектов?

- 2.12.** Существуют ли телескопы-рефлекторы без вторичного зеркала?
- 2.13.** Какой вид оптических aberrаций присущ только линзовым объективам?
- 2.14.** Как должен быть устроен линзовый объектив, свободный от хроматической aberrации?
- 2.15.** Возможны ли плоские объективы?
- 2.16.** Для чего нужен окуляр в визуальном телескопе? Возможен ли визуальный телескоп без окуляра?
- 2.17.** В визуальных телескопах передний фокус окуляра совпадает с задним фокусом объектива. При этом из окуляра выходит параллельный пучок лучей. Каким образом наблюдатель тем не менее видит изображение небесного объекта?
- 2.18.** Визуальный телескоп дает мнимое изображение. Как из такого телескопа сделать окулярную камеру, при помощи которой можно получить действительное изображение небесного тела?
- 2.19.** Можно ли получить действительное изображение небесного светила без использования оптики?
- 2.20.** Чему равны фокусное расстояние и масштаб изображения камеры-обскуры?
- 2.21.** Почему существуют понятия максимального и минимального угловых увеличений визуального телескопа?
- 2.22.** Оказывает ли свет космических объектов давление на объективы оптических телескопов?
- 2.23.** Оказывает ли свет космических объектов давление на окуляры визуальных телескопов?
- 2.24.** Оказывает ли световое давление космический объект, излучающий в рентгеновском диапазоне?
- 2.25.** Звезды находятся так далеко, что их угловой диаметр чрезвычайно мал. Почему тем не менее звезды при визуальных и фотографических наблюдениях представляются в виде объектов с измеримыми дисками?
- 2.26.** Как угловой диаметр звезды зависит от диаметра объектива телескопа?
- 2.27.** Почему звезды с большим блеском на фотографических снимках имеют больший диаметр? Почему визуально они кажутся большими по сравнению со слабыми звездами?
- 2.28.** Свет от звезд испытывает дифракцию на оправе объектива телескопа. Какая это дифракция: Фраунгофера или Френеля?
- 2.29.** Почему в изображении звезды наблюдаются интерференционные кольца, хотя свет самой звезды является пространственно некогерентным?
- 2.30.** Можно ли получить интерферометрическую картину от двух звезд? от одной звезды?

- 2.31.** Почему шестиметровый телескоп Специальной астрофизической обсерватории имеет альтазимутальную установку, а не экваториальную, как большинство крупных телескопов?
- 2.32.** Почему альтазимутальные установки не используют для всех телескопов?
- 2.33.** Почему гидирование более необходимо при наблюдениях звезд с большим зенитным расстоянием, находящихся в восточной и западной сторонах неба?
- 2.34.** Излучение любого небесного объекта характеризуется световым потоком или освещенностью, измеряемыми соответственно в ваттах или ваттах на квадратный метр (СИ). Почему в астрофизике также используются величина «блеск» и «звездная величина»?
- 2.35.** Почему в формуле Погсона $E_1/E_2 = a^{m_2 - m_1}$, связывающей освещенности от космических объектов с их звездными величинами, основание $a = 2,512$?
- 2.36.** Можно ли измерять блеск звезды в децибелах?
- 2.37.** В некоторых старых задачниках по астрономии приводятся задачи такого типа: «Во сколько раз яркость звезды первой величины больше яркости звезды шестой величины?» Найдите ошибку в формулировке задачи. Как надо сформулировать условие задачи, чтобы оно было корректным?
- 2.38.** Как изменилась бы поверхностная яркость туманности Ориона, если бы она находилась дальше?
- 2.39.** Почему болометрические поправки наибольшие для горячих и холодных звезд и наименьшие для звезд типа Солнца?
- 2.40.** Цвет небесного светила может быть зафиксирован двумя принципиально различными способами. Какими?
- 2.41.** Какие преимущества и недостатки имеет широкополосная фотометрия по сравнению с узкополосной?
- 2.42.** Почему визуально цвет заметен только у ярких звезд?
- 2.43.** Почему холодные звезды имеют красноватый цвет, а горячие звезды кажутся белыми?
- 2.44.** Почему цветные фотографии планет и их спутников, полученные в космосе, имеют большой цветовой контраст, чем их изображения на снимках, сделанных с поверхности Земли?
- 2.45.** Почему глаз человека не реагирует на ультрафиолетовое и инфракрасное излучения космических объектов?
- 2.46.** Почему максимум видности (чувствительности) человеческого глаза попадает на 0,55 мкм?
- 2.47.** Каковы основные преимущества астрофотографии по сравнению с визуальными наблюдениями?
- 2.48.** Каковы основные преимущества электрофотометрии?
- 2.49.** Какие виды электронной эмиссии лежат в основе работы фотоэлектрических приемников излучения — фотоэлементов (ФЭ) и фотоэлектронных умножителей (ФЭУ)?

- 2.50.** Какова роль линзы Фабри в фотоэлектрических телескопах?
- 2.51.** Почему в рентгеновских телескопах в качестве собирающего элемента используется только периферическая кольцевая зона параболического зеркала?
- 2.52.** Почему в гамма-телескопах счетчики излучения (сцинтилляционные, черенковские и др.) изолированы от космического излучения слоем свинца?
- 2.53.** Почему нейтринные телескопы устанавливают в глубоких шахтах?
- 2.54.** В какое время суток лучше всего регистрировать солнечные нейтрино?
- 2.55.** Что является приемником космического электромагнитного излучения в радиодиапазоне? Является ли этот приемник неселективным?
- 2.56.** Полуволновой диполь антенны радиотелескопа расположен в направлении восток — запад. Как должен быть ориентирован вектор электрической напряженности электромагнитной волны, чтобы она могла быть зарегистрирована?
- 2.57.** Почему требования к точности изготовления поверхностей рефлекторов радиотелескопов существенно ниже по сравнению с требованиями к точности изготовления поверхностей объективов оптических телескопов?
- 2.58.** Крупнейший радиотелескоп в Аресибо, установленный в кратере потухшего вулкана, имеет параболический отражатель диаметром 300 м, направленный в зенит. Каким образом при помощи этого телескопа можно наблюдать объекты, не проходящие через зенит?
- 2.59.** Почему радиоастрономы могут проводить наблюдения звезд и ночью и днем, а астрономы-оптики — только ночью?
- 2.60.** Для получения спектров звезд в качестве диспергирующих элементов используют призму или дифракционную решетку. Почему призма может устанавливаться как перед объективом телескопа, так и за ним, в спектрографе, а дифракционная решетка — только в спектрографе?
- 2.61.** В астрофизике иногда получают спектры звезд при помощи призмы, установленной перед объективом телескопа. Почему в этом случае нет необходимости в коллиматоре?
- 2.62.** Почему призмный спектр более удобен для изучения коротковолнового излучения, а для исследования длинноволновой части спектра или спектра в большом интервале длин волн целесообразнее пользоваться дифракционным спектром?
- 2.63.** Почему спектры звезд, полученные призмной камерой, имеют наибольшую яркость в красной области спектра?



3 ЗЕМЛЯ КАК КОСМИЧЕСКОЕ ТЕЛО

Вид Земли из космоса

- 3.1.** Какие астрономические явления доказывают обращение Земли вокруг Солнца?
- 3.2.** Куда направлен в каждый данный момент времени вектор орбитальной скорости Земли?
- 3.3.** Как на основе наблюдений определить радиус земной орбиты?
- 3.4.** По результатам каких измерений можно установить, что орбита Земли не является окружностью?
- 3.5.** Является ли орбита Земли эллипсом?
- 3.6.** Земля и Луна движутся вокруг Солнца по орбитам, близким к эллиптическим. Для какого из этих тел отклонение орбиты от правильного эллипса наибольшее?
- 3.7.** Когда Земля бывает ближе всего к Солнцу и когда дальше? Какова причина изменения расстояния Земли от Солнца?
- 3.8.** В какой созвездии видна Земля с Солнца, когда она находится в перигелии? в афелии?
- 3.9.** Когда в течение года нормальное (центростремительное) ускорение Земли наибольшее? наименьшее?
- 3.10.** Определите знаки тангенциального ускорения Земли в июне и августе.
- 3.11.** Если бы орбита Земли была окружностью, то: а) как отличались бы времена года от тех, которые существуют в действительности; б) как изменились бы времена года, если бы эксцентриситет земной орбиты увеличился до 0,5?
- 3.12.** Как изменилось бы количество дней в году, если бы Земля обращалась вокруг Солнца в обратном направлении?
- 3.13.** Период обращения Земли равен $27,3^d$. О каком периоде идет речь?
- 3.14.** Как на основе наблюдений можно доказать, что Земля движется под действием силы тяготения Солнца?
- 3.15.** Как изменился бы период обращения Земли вокруг Солнца, если бы масса Земли стала равной массе Солнца, а расстояние между ними не изменилось? Влиянием других планет пренебречь.
- 3.16.** Изменяется ли движение Земли и период ее обращения, когда Солнце станет красным гигантом?
- 3.17.** На чем основываются астрономические способы доказательства вращения Земли для наблюдателя, находящегося на ее поверхности?

- 3.18.** Как, не прибегая к астрономическим наблюдениям, при помощи эксперимента на поверхности Земли доказать факт ее вращения?
- 3.19.** За какое время плоскость колебаний маятника Фуко совершает полный оборот?
- 3.20.** Почему снаряд, выпущенный в северном полушарии в направлении Северного полюса Земли, отклоняется к востоку? Куда отклонится снаряд, выпущенный в сторону экватора? Куда отклонится снаряд, выпущенный в южном полушарии в меридианальном направлении?
- 3.21.** Циклоны (области пониженного давления) и антициклоны (области повышенного давления) представляют собой атмосферные вихри. В какую сторону, если смотреть из космоса, происходит движение воздуха в циклонах и антициклонах?
- 3.22.** Как турист, путешествующий по Волге или Енисею, обозревая берега, может доказать существование вращения Земли и даже определить его направление?
- 3.23.** Почему Земля имеет эллипсоидальную форму?
- 3.24.** Как на основе наблюдений звездного неба доказать, что Земля вращается вокруг собственной оси и что вращение происходит с запада на восток?
- 3.25.** Каков период вращения Земли?
- 3.26.** Сколько оборотов вокруг собственной оси совершает Земля за один год?
- 3.27.** Равномерно ли вращается Земля?
- 3.28.** Куда и с какой скоростью движется точка земной поверхности на широте φ при вращении Земли?
- 3.29.** Какой наблюдательный факт свидетельствует о сохранении направления в пространстве оси вращения Земли?
- 3.30.** Какой наблюдательный факт однозначно указывает на наклонение оси вращения Земли к плоскости ее орбиты?
- 3.31.** Каким должно быть наклонение оси вращения Земли к плоскости ее орбиты, чтобы на Земле везде день был равен ночи, а смена времен года прекратилась бы?
- 3.32.** Каким должно быть наклонение оси вращения Земли к плоскости ее орбиты, чтобы Солнце дважды в году становилось бы Полярной звездой?
- 3.33.** В какое время суток жители Рязани движутся относительно Солнца быстрее? медленнее?
- 3.34.** Почему на Земле возникают два приливных выступа?
- 3.35.** Одинаковы ли выступы двух последовательных приливов в данной точке поверхности Земли?
- 3.36.** Почему приливы на Земле замедляют ее вращение и увеличивают расстояние до Луны?
- 3.37.** Почему явление приливов на Земле вызывается главным образом влиянием Луны, хотя Солнце притягивает любую точку земной поверхности сильнее, чем Луна?



3 ЗЕМЛЯ КАК КОСМИЧЕСКОЕ ТЕЛО

Вид Земли из космоса

- 3.1.** Какие астрономические явления доказывают обращение Земли вокруг Солнца?
- 3.2.** Куда направлен в каждый данный момент времени вектор орбитальной скорости Земли?
- 3.3.** Как на основе наблюдений определить радиус земной орбиты?
- 3.4.** По результатам каких измерений можно установить, что орбита Земли не является окружностью?
- 3.5.** Является ли орбита Земли эллипсом?
- 3.6.** Земля и Луна движутся вокруг Солнца по орбитам, близким к эллиптическим. Для какого из этих тел отклонение орбиты от правильного эллипса наибольшее?
- 3.7.** Когда Земля бывает ближе всего к Солнцу и когда дальше? Какова причина изменения расстояния Земли от Солнца?
- 3.8.** В какой созвездии видна Земля с Солнца, когда она находится в перигелии? в афелии?
- 3.9.** Когда в течение года нормальное (центростремительное) ускорение Земли наибольшее? наименьшее?
- 3.10.** Определите знаки тангенциального ускорения Земли в июне и августе.
- 3.11.** Если бы орбита Земли была окружностью, то: а) как отличались бы времена года от тех, которые существуют в действительности; б) как изменились бы времена года, если бы эксцентриситет земной орбиты увеличился до 0,5?
- 3.12.** Как изменилось бы количество дней в году, если бы Земля обращалась вокруг Солнца в обратном направлении?
- 3.13.** Период обращения Земли равен $27,3^d$. О каком периоде идет речь?
- 3.14.** Как на основе наблюдений можно доказать, что Земля движется под действием силы тяготения Солнца?
- 3.15.** Как изменился бы период обращения Земли вокруг Солнца, если бы масса Земли стала равной массе Солнца, а расстояние между ними не изменилось? Влиянием других планет пренебречь.
- 3.16.** Изменяется ли движение Земли и период ее обращения, когда Солнце станет красным гигантом?
- 3.17.** На чем основываются астрономические способы доказательства вращения Земли для наблюдателя, находящегося на ее поверхности?

3.18. Как, не прибегая к астрономическим наблюдениям, при помощи эксперимента на поверхности Земли доказать факт ее вращения?

3.19. За какое время плоскость колебаний маятника Фуко совершает полный оборот?

3.20. Почему снаряд, выпущенный в северном полушарии в направлении Северного полюса Земли, отклоняется к востоку? Куда отклонится снаряд, выпущенный в сторону экватора? Куда отклонится снаряд, выпущенный в южном полушарии в меридианальном направлении?

3.21. Циклоны (области пониженного давления) и антициклоны (области повышенного давления) представляют собой атмосферные вихри. В какую сторону, если смотреть из космоса, происходит движение воздуха в циклонах и антициклонах?

3.22. Как турист, путешествующий по Волге или Енисею, обозревая берега, может доказать существование вращения Земли и даже определить его направление?

3.23. Почему Земля имеет эллипсоидальную форму?

3.24. Как на основе наблюдений звездного неба доказать, что Земля вращается вокруг собственной оси и что вращение происходит с запада на восток?

3.25. Каков период вращения Земли?

3.26. Сколько оборотов вокруг собственной оси совершает Земля за один год?

3.27. Равномерно ли вращается Земля?

3.28. Куда и с какой скоростью движется точка земной поверхности на широте φ при вращении Земли?

3.29. Какой наблюдательный факт свидетельствует о сохранении направления в пространстве оси вращения Земли?

3.30. Какой наблюдательный факт однозначно указывает на наклонение оси вращения Земли к плоскости ее орбиты?

3.31. Каким должно быть наклонение оси вращения Земли к плоскости ее орбиты, чтобы на Земле везде день был бы равен ночи, а смена времен года прекратилась бы?

3.32. Каким должно быть наклонение оси вращения Земли к плоскости ее орбиты, чтобы Солнце дважды в году становилось бы Полярной звездой?

3.33. В какое время суток жители Рязани движутся относительно Солнца быстрее? медленнее?

3.34. Почему на Земле возникают два приливных выступа?

3.35. Одинаковы ли выступы двух последовательных приливов в данной точке поверхности Земли?

3.36. Почему приливы на Земле замедляют ее вращение и увеличивают расстояние до Луны?

3.37. Почему явление приливов на Земле вызывается главным образом влиянием Луны, хотя Солнце притягивает любую точку земной поверхности сильнее, чем Луна?

- 3.38.** Что оказывает большее приливное воздействие: Земля на Луну или Луна на Землю?
- 3.39.** Изменяется ли широта точки земной поверхности из-за прецессии земной оси? Какие изменения на звездном небе происходят в результате прецессии?
- 3.40.** Геологические данные показывают, что районы Арктики и Антарктики находились когда-то в жарком поясе. Связано ли это с прецессией?
- 3.41.** Какие два условия необходимы и достаточны для прекращения явления прецессии?
- 3.42.** Из механики известно, что тело, брошенное горизонтально с небольшой скоростью вблизи поверхности Земли, движется по параболе. Означает ли, что эта скорость равна второй космической скорости? Нет ли здесь противоречия с первым законом Кеплера?
- 3.43.** Почему все тела на поверхности Земли имеют вес?
- 3.44.** Исходя из причин возникновения веса тел на Земле предложите способы создания их невесомости.
- 3.45.** Какова должна быть продолжительность суток на Земле, чтобы тела стали невесомыми на экваторе? на других широтах?
- 3.46.** Почему тело, подброшенное на Луне, будет во время полета находиться в состоянии полной невесомости, а на Земле такое тело можно считать невесомым лишь приближенно?
- 3.47.** Являются ли кругосветные путешествия доказательством шарообразности Земли?
- 3.48.** Иногда в качестве доказательства шарообразности Земли приводится такой факт: при приближении корабля к берегу вначале появляются верхушки мачт, сами мачты, а потом весь корабль. Доказывает ли такое явление шарообразность Земли?
- 3.49.** Обязательно ли дискообразное изображение Земли на фотоснимке из космоса доказывает ее шарообразность?
- 3.50.** Какое небесное явление доказывает шарообразность Земли? Какой ученый и когда указал на это впервые?
- 3.51.** Какую энергию надо затратить, чтобы поднять с поверхности Земли тело массой 1 кг и удалить его в бесконечность? Какова масса тела, которое надо поднять с поверхности Земли на высоту 1 м, чтобы затратить такую же энергию?
- 3.52.** Конечна или бесконечна энергия, которую потребовалось бы затратить, чтобы разобрать Землю на отдельные кусочки с удалением их в бесконечность?
- 3.53.** Почему есть кратеры на поверхностях Луны, Меркурия, Марса, спутниках планет-гигантов, но их почти нет на Земле?

- 3.54.** Какое суждение можно сделать о плотности вещества ядра Земли, если средняя плотность планеты $5,5 \text{ г/см}^3$, а плотность горных пород $3,5 \text{ г/см}^3$?
- 3.55.** Почему Земля имеет железное ядро и силикатную оболочку?
- 3.56.** Где свойства вещества более разнообразны: в ядре или в коре Земли?
- 3.57.** Земля — кристаллическое или аморфное тело?
- 3.58.** Приведите доказательства, что Земля является упругим телом.
- 3.59.** С каких космических тел возможно путем наблюдений доказать наличие атмосферы у Земли, подобно тому как М. В. Ломоносов доказал существование атмосферы у Венеры?
- 3.60.** Какие астрономические явления доказывают, что земная атмосфера является оптической средой с показателем преломления, отличным от единицы?
- 3.61.** Можно ли видеть с поверхности Земли светило, находящееся в это время под горизонтом?
- 3.62.** На сколько отклоняется солнечный луч, следующий касательно к поверхности земного шара, вследствие преломления света в атмосфере? Среднюю рефракцию на краю горизонта считать равной $35'$.
- 3.63.** Почему в атмосфере Земли почти нет водорода, тогда как Солнце и большие планеты состоят преимущественно из него?
- 3.64.** Почему жизнь на Земле основана на двух химических элементах: углероде и кислороде?
- 3.65.** Откуда появился кислород в земной атмосфере?
- 3.66.** В каких спектральных диапазонах преимущественно излучает Земля?
- 3.67.** Какой цвет имеет Земля из космоса и почему?
- 3.68.** Интенсивность рассеянного света на молекулах атмосферы Земли обратно пропорциональна четвертой степени длины волны (закон Рэлея). Почему же тогда небо кажется голубым, а не фиолетовым?
- 3.69.** Почему за городом небо обычно синее, чем в городе?
- 3.70.** В отсутствие облаков все предметы в тени Солнца должны приобретать голубоватый цвет, так как они освещаются в этом случае только небесным сводом. Наблюдается ли это явление?
- 3.71.** Радиоизлучение Земли занимает широкий диапазон электромагнитных волн ($30 \text{ кГц} — 3 \text{ ГГц}$). В каком интервале длин волн регистрируется радиоизлучение Земли из космоса?
- 3.72.** Известно, что одним из предполагаемых критериев обнаружения внеземных цивилизаций является так называ-

емое космическое чудо, которое не может быть объяснено природными причинами. Что может служить космическим чудом для инопланетного наблюдателя Земли?

3.73. Как доказать, что мерцание звезд возникает в земной атмосфере?

3.74. На больших или малых зенитных расстояниях звезды мерцают сильнее?

3.75. Почему у звезд иногда возникает цветное мерцание?

3.76. Почему излучение дневного неба максимально поляризовано на угловом расстоянии от Солнца, равном 90° ?

3.77. Какой физический механизм лежит в основе явления радуги? Почему радуга видна в противоположной от Солнца стороне неба?

3.78. Как расположена ось, на которой находится центр дуги радуги?

3.79. Почему иногда радуга двойная? Почему порядок цветов в первой и второй радугах противоположен?

3.80. В какое время дня длина дуги радуги максимальна? Можно ли увидеть замкнутую радугу?

3.81. В какое время дня радуга никогда не наблюдается?

3.82. Когда радуга бывает одноцветной?

3.83. Иногда вокруг Солнца или Луны видны радужные кольца — гало. Как они образуются?

3.84. Почему гало видно вокруг Солнца (Луны), а радуга — в стороне, противоположной от Солнца, несмотря на одинаковый механизм образования — дисперсию света?

3.85. Как возникают «ложные Солнца»?

3.86. О каких астрономических явлениях свидетельствуют полярные сияния?

3.87. Почему полярные сияния видны преимущественно на высоких географических широтах?

3.88. Почему в спектре полярных сияний преобладают красный и зеленый цвета?

3.89. Почему спектр ночного неба Земли тождествен спектру полярных сияний? Почему в спектре полярных сияний существует одно отличие — сильная эмиссионная линия H_{α} , смещенная в фиолетовую сторону?

3.90. Какое излучение возникает при движении заряженной космической частицы в атмосфере Земли?

3.91. Из каких аэрозолей: твердых или жидких — состоят облака в атмосфере Земли?

3.92. Почему облака (на Земле или Венере) не падают на поверхность планет?

3.93. Почему серебристые облака чаще всего наблюдаются в сумерки?

3.94. Какие факторы: космические или земные — влияют на образование ионосферы Земли?

- 3.95.** Почему максимальная ионизация в атмосфере Земли происходит на высотах 300—400 км?
- 3.96.** Атмосферу Земли можно рассматривать как тепловую машину. Как она работает?
- 3.97.** Почему тепловая инертность Земли значительно выше марсианской?
- 3.98.** Какие космофизические факторы определяют содержание русской поговорки «Солнце на лето, зима на мороз»?
- 3.99.** Почему восточное полушарие Земли холоднее западного, а южное холоднее северного?
- 3.100.** Почему средняя температура поверхности Земли на 40 градусов выше температуры, которую должна была бы иметь Земля из-за солнечной радиации?
- 3.101.** Какие изменения в атмосфере, возможно, потребуются в будущем, чтобы понизить температуру поверхности Земли?
- 3.102.** Почему с высотой температура воздуха уменьшается? Разве солнечная радиация на высоте меньше, чем у поверхности?
- 3.103.** Как изменилась бы температура земной поверхности, если бы Земля потеряла гидросферу?
- 3.104.** Как изменится климат на Земле, если увеличить эксцентриситет земной орбиты?
- 3.105.** Как изменится тепловой режим на Земле, если ось вращения будет перпендикулярна плоскости орбиты Земли?
- 3.106.** Как изменятся границы тепловых поясов, если угол наклона оси вращения Земли к плоскости земной орбиты уменьшится?
- 3.107.** При каком угле наклона оси вращения Земли к плоскости ее орбиты не будет умеренных поясов?
- 3.108.** Как изменились бы природные условия на нашей планете, если бы Солнце вместе с Землей покинуло Галактику?
- 3.109.** Каковы электрические заряды Земли и Солнца?
- 3.110.** Что произошло бы, если бы Земля потеряла все свои электроны?
- 3.111.** Какое свойство Земли как физического тела оказывается главным для защиты человека от космической корпускулярной радиации?
- 3.112.** Почему интенсивность потока космических лучей увеличивается при приближении к Земле? Почему на высоте меньше 20 км интенсивность потока снижается?
- 3.113.** Где расположен Северный магнитный полюс Земли? Где находится Северный магнитный полюс Марса? Являются ли современные положения магнитных полюсов этих планет неизменными?
- 3.114.** Если бы магнитный полюс Земли находился в центре Восточно-Европейской равнины, то какое интересное

геофизическое явление, вызванное космическими причинами, можно было бы часто наблюдать в Рязани?

3.115. Почему структуры магнитного поля дневной и ночной сторон Земли резко различны?

3.116. Двигутся ли корпускулы радиационных поясов Земли вокруг Земли? Каковы их траектории?

3.117. Какие районы земного шара и почему наиболее безопасны от воздействия потоков космических частиц? Наиболее опасны?

3.118. Можно ли предсказать магнитные бури на Земле, наблюдая поверхность Солнца?

3.119. Для какой элементарной частицы Земля совершенно прозрачна?

3.120. Как можно оценить возраст Земли?

3.121. Образцы вещества каких небесных тел находятся на Земле?

3.122. Сколько естественных спутников у Земли?



4 ДВИЖЕНИЕ И ПРИРОДА ЛУНЫ

Кратеры на поверхности Луны

4.1. Почему на звездных картах изображена эклиптика, но не показан лунный путь?

4.2. Луна на фоне звезд движется в восточном направлении, а заходит ежесуточно в западной части неба. Почему?

4.3. На сколько изменяется за сутки прямое восхождение Луны? По лунному пути за это время она проходит $13,20^\circ$.

4.4. Лунный экватор наклонен к эклиптике на $1,5^\circ$. Где по отношению к сторонам света располагаются точки восхода и захода Солнца на Луне?

4.5. Как по положению Луны на небе приблизительно определить направление вектора скорости орбитального движения Земли?

4.6. Почему Луна на небе систематически сближается с планетами?

4.7. Как изменяется в течение месяца расстояние между Луной и Солнцем?

4.8. Как влияет движение Луны вокруг Земли на расстояние между Землей и Солнцем?

4.9. Когда Луна догоняет Землю? Когда Земля догоняет Луну?

4.10. В какие фазы скорость Луны в гелиоцентрической системе координат будет наибольшей? наименьшей?

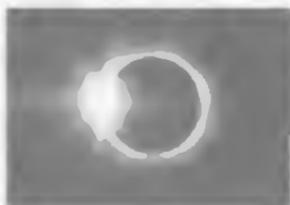
- 4.11.** Докажите, что Луна движется под действием притяжения Земли.
- 4.12.** Земля и Луна заряжены. Докажите, что кулоновская сила не влияет на движение Луны вокруг Земли.
- 4.13.** Почему Луна имеет постоянное тангенциальное ускорение?
- 4.14.** Луна движется вокруг Земли по круговой орбите. Отличны ли от нуля на половине орбиты: а) приращение импульса; б) работа силы тяготения?
- 4.15.** Где находится центр масс системы Земля — Луна?
- 4.16.** Земля притягивает Луну силой $2,44 \cdot 10^{18}$ Н. С какой силой Луна притягивает Землю?
- 4.17.** Как влияет Луна на ориентацию в пространстве оси вращения Земли?
- 4.18.** В чем проявилось бы воздействие Луны на Землю, если бы Земля не вращалась?
- 4.19.** Как влияет Луна на состояние атмосферы, гидросферы и литосферы Земли?
- 4.20.** Как рассчитать время падения Луны на Землю в случае внезапного прекращения ее движения вокруг Земли?
- 4.21.** Почему Луна всегда обращена к Земле одной стороной?
- 4.22.** В полнолуние найдите на Луне место, где Земля находится в зените.
- 4.23.** Если бы Луна не вращалась, то к какому наблюдательному эффекту это могло бы привести?
- 4.24.** Солнце или Луна поднимается на наибольшую угловую высоту над горизонтом? У какого из этих объектов минимальная высота в верхней кульминации меньше?
- 4.25.** Что такое синодический месяц? Что такое синодический период Луны?
- 4.26.** Почему «молодая» Луна (около первой четверти) видна лучше всего в весенние вечера?
- 4.27.** Почему «старая» Луна (около последней четверти) видна лучше всего осенью перед рассветом?
- 4.28.** Когда: летом или зимой — полная Луна поднимается выше всего над горизонтом?
- 4.29.** Каждые ли сутки Луна восходит?
- 4.30.** Что бывает продолжительнее в средних широтах Земли: самые долгие солнечные дни или интервалы времени от восхода до заката Луны?
- 4.31.** Существуют ли явления полярного дня и полярной ночи для Луны? Совпадают ли границы этих явлений с широтами, на которых происходят аналогичные явления, связанные с Солнцем?
- 4.32.** В какой день года полная Луна дольше всего находится над горизонтом в северном полушарии Земли?
- 4.33.** Может ли Луна находиться над горизонтом больше суток?

- 4.34.** Можно ли где-либо и когда-либо на Земле в течение двух недель при совершенно ясной погоде ни разу не увидеть Луну?
- 4.35.** В какое время года сразу после полнолуния Луна восходит почти в одно и то же время каждые сутки?
- 4.36.** Могут ли за месяц состояться два полнолуния? Может ли быть месяц без полнолуния?
- 4.37.** В астрономических справочниках приводятся синодические периоды спутников планет. Какой параметр движения Луны соответствует этим величинам? Какой вид будут иметь уравнения синодического движения для спутников планет?
- 4.38.** Какова продолжительность солнечных суток на Луне?
- 4.39.** В каком положении Луна имеет больший угловой диаметр: когда она ближе к зениту или к горизонту?
- 4.40.** Почему диск Луны в полнолуние кажется большим, чем черный силуэт Луны во время полного солнечного затмения?
- 4.41.** Почему радиус диска Луны, освещенного пепельным светом, кажется меньшим, чем радиус светлого серпа?
- 4.42.** Каково происхождение пепельного света у Луны и Венеры?
- 4.43.** Можно ли где-нибудь на Земле видеть серп Луны в виде лодочки, «рогами» вверх?
- 4.44.** В какие фазы Луны терминатор располагается вблизи западного, восточного, северного или южного краев лимба?
- 4.45.** Как называются конфигурации Луны, соответствующие ее фазам?
- 4.46.** Какова зависимость между фазами Луны на Земле и фазами Земли на Луне?
- 4.47.** Во время какой фазы Луна лучше всего освещается Землей?
- 4.48.** В какое время года Луна лучше всего освещает поверхность Земли?
- 4.49.** Какой простой эксперимент возможен для доказательства того, что поверхность Луны состоит из темных пород?
- 4.50.** Почему днем Луна имеет чистый белый цвет, а после захода Солнца приобретает желтоватый оттенок?
- 4.51.** Лучше или хуже Луна освещала бы Землю в полнолуние, если бы была повернута к Земле своей обратной стороной?
- 4.52.** Можно ли оценить исходя из отношения размеров Луны и Земли ($R_n = 0,272R_3$), во сколько раз освещенность поверхности Луны Землей больше освещенности поверхности Земли Луной?
- 4.53.** В каком диапазоне электромагнитных волн Луна ярче Солнца?

- 4.54.** Какова одна из причин того, что свет Луны в первой или последней четверти составляет меньше половины ее света в полнолуние?
- 4.55.** В какие фазы Луны высота приливов на Земле наибольшая? наименьшая?
- 4.56.** Как происходит движение Земли на звездном небе Луны?
- 4.57.** Можно ли с поверхности Земли увидеть обратную сторону Луны?
- 4.58.** Какую часть лунной поверхности может увидеть в течение некоторого времени наблюдатель, находящийся на Марсе?
- 4.59.** Какую часть земной поверхности можно увидеть с Луны?
- 4.60.** Можно ли с Земли увидеть Луну в новолуние и Землю с Луны в новоземелие?
- 4.61.** Меньше или больше дальность горизонта на Луне, чем на Земле?
- 4.62.** Луна восходит не менее двух минут, если ее наблюдать на Земле. Сколько времени восходит Земля для наблюдателя на Луне?
- 4.63.** Какие образования на поверхности Луны указывают на ударный характер взаимодействия Луны с телами Солнечной системы?
- 4.64.** Почему считается, что большинство лунных кратеров имеет метеоритное происхождение?
- 4.65.** Как много метеоритного вещества в поверхностном слое Луны?
- 4.66.** Почему у крупных кратеров ($D > 10$ км) на Луне, как правило, есть центральная горка?
- 4.67.** Почему среднее число лунных метеоритных кратеров на единицу площади материков в 30 раз превышает ту же величину для морей?
- 4.68.** Почему с увеличением диаметра лунных кратеров уменьшается их количество?
- 4.69.** Доказано, что возраст лунных кратеров составляет около 3 млрд лет. Почему кратеры не образуются в настоящее время?
- 4.70.** Вокруг крупных кратеров на Луне существуют светлые лучи. Какова их природа? Почему они лучше всего видны в полнолуние?
- 4.71.** Обширные равнины на Луне называются морями и талассоидами. В чем различие этих образований?
- 4.72.** Как образовались лунные моря?
- 4.73.** Почему Луна в полнолуние имеет вид плоского диска?
- 4.74.** Как на основе оптических (визуальных или фотографических) наблюдений можно доказать отсутствие воды в лунных и марсианских морях?

- 4.75.** В каких длинах волн и почему Луна и планеты отражают падающее на них электромагнитное излучение зеркально?
- 4.76.** Когда Земля и Луна имели похожие ландшафты?
- 4.77.** Какие области на Луне нагреваются солнечным светом сильнее: моря или горные районы?
- 4.78.** Одинакова ли температура поверхности Луны в разных точках лунного диска?
- 4.79.** Почему на Луне существуют участки, имеющие более высокую по сравнению с окружающей поверхностью температуру (горячие точки)?
- 4.80.** Почему поверхность Луны нагревается Солнцем до более высокой температуры, чем поверхность Земли (+140 °С), несмотря на отсутствие парникового эффекта?
- 4.81.** Почему на Луне существует толстый рыхлый поверхностный слой грунта?
- 4.82.** Почему происходит непрерывное разрушение горных пород на Земле и Луне?
- 4.83.** 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?
- 4.84.** При покрытии звезд Луной наблюдаются очень быстрые (продолжительностью несколько сотых секунды) колебания блеска. С каким объектом связаны эти колебания блеска: с Луной или со звездой?
- 4.85.** Происходят ли изменения на поверхности Луны?
- 4.86.** Средняя плотность Луны 3,4 г/см³. Есть ли у Луны плотное ядро?
- 4.87.** Астронавты установили, что на Луне передвижение посредством прыжков оказывается более быстрым по сравнению с обычной ходьбой. Почему?
- 4.88.** В какие фазы Луны приливы на Земле наибольшие?
- 4.89.** Происходят ли приливы и отливы на Луне?
- 4.90.** Приливное воздействие Луны тормозит вращение Земли. Тормозит ли Земля вращение Луны?
- 4.91.** Какие виды упругих волн распространяются в твердых космических телах, в том числе и в теле Луны? Что является источником колебаний?
- 4.92.** Услышит ли космонавт, находящийся на Луне, удар от упавшего на безопасном расстоянии от него метеорита?
- 4.93.** Почему Луна лишена атмосферы, а на Титане, спутнике Сатурна, атмосфера обнаружена, хотя скорости «убегания» на обоих спутниках почти одинаковы (2,4 км/с на Луне и 2,6 км/с на Титане)?

- 4.94.** Чем различаются траектории молекул около Луны и в атмосфере Земли?
- 4.95.** Астронавты отметили, что на Луне днем на черном небе были видны звезды только до третьей звездной величины, а не более слабые, как ожидалось. На какие физические свойства окололунного пространства указывает это явление?
- 4.96.** Есть ли кислород на Луне?
- 4.97.** Почему на Луне изотопа гелия ${}^3\text{He}$ в 2000 раз больше, чем на Земле?
- 4.98.** Почему на Луне отсутствует глобальное магнитное поле?
- 4.99.** Почему поверхностные слои Луны намагничены?
- 4.100.** Есть ли у Луны естественные спутники? Если нет, то почему?



5 | ЗАТМЕНИЯ

СОЛНЕЧНОЕ ЗАТМЕНИЕ В АВГУСТЕ 1999 ГОДА

- 5.1.** Какие оптические затмения можно наблюдать с Земли, Луны, Марса?
- 5.2.** Какие физические затмения можно наблюдать с Земли, Луны, Марса?
- 5.3.** Какие физические затмения можно наблюдать много раз в течение ночи на Земле?
- 5.4.** Можно ли одновременно наблюдать оптические и физические затмения в одной и той же системе тел?
- 5.5.** На какой единственной планете можно наблюдать и полное и кольцеобразное затмение Солнца одним и тем же спутником?
- 5.6.** Какие затмения: солнечные или лунные — происходят чаще и почему?
- 5.7.** Где можно чаще видеть солнечные и лунные затмения: в полярных районах или в экваториальной зоне?
- 5.8.** Как надо изменить параметры лунной орбиты, чтобы солнечные и лунные затмения происходили каждый месяц?
- 5.9.** Каков минимально возможный промежуток времени между солнечным и лунным затмениями?
- 5.10.** Какое полное затмение: солнечное или лунное — продолжительнее? Почему?
- 5.11.** На каких широтах солнечное затмение длится дольше?
- 5.12.** На Земле или Луне солнечное затмение длится дольше?
- 5.13.** Можно ли на Земле наблюдать солнечное затмение в полночь?

- 5.14.** Известно, что в современную эпоху Луна удаляется от Земли. Как это скажется на солнечных затмениях?
- 5.15.** Предположим, что Солнце на Земле видно в виде звездообразного объекта. Какие затмения будут происходить чаще: солнечные или лунные?
- 5.16.** Можно ли по виду серпа различить изображение Луны и изображение Солнца во время частного солнечного затмения?
- 5.17.** Почему при описании солнечных и лунных затмений прежде всего рассматриваются геометрические обстоятельства затмений, а при изучении затмений в системах двойных звезд — световые кривые явления?
- 5.18.** Как, зная расстояние от Луны до Земли и период обращения Луны вокруг планеты, оценить линейную скорость движения лунной тени на расстоянии Земли?
- 5.19.** Какая скорость больше: лунной тени по поверхности Земли во время солнечного затмения или земной тени по поверхности Луны во время лунного затмения?
- 5.20.** Что видит наблюдатель на Земле во время частного солнечного затмения, происходящего на Луне?
- 5.21.** Что видит космонавт, находящийся на Луне, во время солнечного затмения, происходящего на Земле?
- 5.22.** Как будет выглядеть Земля с Луны в момент полной фазы солнечного затмения на Луне?
- 5.23.** Как, пользуясь техническими средствами, увеличить продолжительность солнечного затмения на Земле?
- 5.24.** Почему солнечное затмение в радиодиапазоне начинается раньше, а заканчивается позже оптического затмения?
- 5.25.** Предельная эклиптическая геоцентрическая широта центра лунного диска для начала частного солнечного затмения составляет около $1,5^\circ$. В каком месте Земли начинается в это время затмение?
- 5.26.** Предельная эклиптическая геоцентрическая широта центра лунного диска для начала (конца) лунного затмения определяется формулой $\beta = \rho_{зт} + \rho_{л}$, где $\rho_{зт}$, $\rho_{л}$ — угловые радиусы земной тени и Луны. Для какого затмения применима эта формула: для полутеневого, частного или полного теневого? Как запишется эта формула для двух других видов затмений?
- 5.27.** Почему в формуле предельной эклиптической широты лунного затмения отсутствуют члены с параллаксами Луны и Солнца, которые есть в формуле для солнечного затмения?
- 5.28.** Какой фазе лунного затмения на Земле соответствует фаза частного солнечного затмения на Луне?
- 5.29.** С какого края лунного диска в средних широтах начинается полное лунное затмение? С какого края солнечного диска начинается солнечное затмение?

- 5.30.** Возможно ли повреждение диска Солнца во время солнечного затмения снизу?
- 5.31.** Можно ли с поверхности Земли наблюдать полное лунное затмение и одновременно видеть Солнце над горизонтом?
- 5.32.** Могут ли быть кольцеобразные затмения Луны?
- 5.33.** С какой угловой скоростью и по какой траектории движется земная тень по небесной сфере?
- 5.34.** Одинаковые ли размеры имеет тень Земли для лучей Солнца разных длин волн?
- 5.35.** Какой диаметр должна иметь Земля, чтобы диаметр ее тени был одинаков на любых расстояниях от нее?
- 5.36.** Можно ли увидеть полутень Земли путем визуальных наблюдений?
- 5.37.** От Земли в пространстве есть тень и полутень. Существует ли полутень от земных предметов?
- 5.38.** Можно ли увидеть земную тень без лунного затмения?
- 5.39.** Везде ли на поверхности Луны можно наблюдать затмение Солнца? Земли?
- 5.40.** Установлено, что атмосфера Земли, так же как и сама планета, дает густую тень. Как могут давать тень прозрачные слои газов?
- 5.41.** Почему земная тень кажется черной только при небольших фазах частного лунного затмения?
- 5.42.** Почему видна Луна, находящаяся в тени Земли? Сделайте количественную оценку.
- 5.43.** Почему Луна во время полной фазы лунного затмения имеет красновато-бурый цвет?
- 5.44.** Почему искусственный спутник Земли (ИСЗ) не исчезает мгновенно при его вхождении в тень Земли?
- 5.45.** Происходят ли солнечные затмения во время движения ИСЗ над дневной стороной Земли?
- 5.46.** Может ли во время затмения Луны происходить покрытие Юпитера Луной? покрытие Венеры Луной?
- 5.47.** Какие виды затмений в системе Юпитера можно наблюдать с Земли? Какие из них наиболее кратковременны?
- 5.48.** Можно ли наблюдать с Земли в современную эпоху затмения в системе Урана?



6 СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА. СОЛНЦЕ

СОЛНЕЧНЫЕ ПЯТНА

- 6.1.** Где расположена Солнечная система в Галактике?
- 6.2.** Где находится граница Солнечной системы?
- 6.3.** Куда движется Солнечная система?

- 6.4.** Как определить направление движения Солнца в пространстве?
- 6.5.** Можно ли определить направление движения Солнечной системы в пространстве на основе одних лишь фотометрических наблюдений?
- 6.6.** Какой астрономический факт свидетельствует о постоянстве структуры Солнечной системы?
- 6.7.** Какой кинематический параметр Солнца и планет указывает на общее происхождение этих космических тел?
- 6.8.** Как известно, в Галактике обнаружены плоская и сферическая составляющие звездного населения. Какие объекты могут быть отнесены к плоской, а какие — к сферической составляющей населения Солнечной системы?
- 6.9.** Внутренние районы Солнечной системы считаются сравнительно спокойными по отношению к астероидной и кометной опасности. С чем это связано?
- 6.10.** Откуда берется пыль в Солнечной системе?
- 6.11.** Полагают, что при своем движении в Галактике Солнечная система неоднократно проходила через пылевые облака с интервалами от 26 до 100 млн лет. Почему происходит такое явление? Разве облака не движутся, как и Солнце, вокруг центра Галактики?
- 6.12.** Что такое горизонтальный параллакс Солнца и чему он равен? Что такое годичный параллакс Солнца и чему он равен?
- 6.13.** В какое время года скорость движения Солнца по эклиптике наибольшая? наименьшая?
- 6.14.** Для какой планеты синодический период вращения Солнца практически совпадает с его сидерическим периодом?
- 6.15.** Все тела Солнечной системы испытывают притяжение Солнца и давление солнечного света. Как зависят эти факторы от размеров тел?
- 6.16.** В результате излучения масса Солнца постепенно уменьшается. Как влияет это обстоятельство на расстояние планет от Солнца?
- 6.17.** У каких типов тел Солнечной системы орбиты самые круглые? самые вытянутые?
- 6.18.** На каких телах Солнечной системы для осуществления космического полета не потребуются ракетная техника?
- 6.19.** У какого небесного тела в настоящее время терминатор (граница дня и ночи) практически совпадает с его экватором?
- 6.20.** Какие объекты в Солнечной системе самые темные?
- 6.21.** Какие тела Солнечной системы имеют кольца?
- 6.22.** На каких телах Солнечной системы существует горный рельеф?
- 6.23.** Где находятся крупнейшие горы Солнечной системы?
- 6.24.** Каковы наиболее распространенные следы столкновений тел Солнечной системы?

- 6.25.** Где находится самый большой по отношению к размеру небесного тела кратер Солнечной системы?
- 6.26.** Где находится самая большая долина Солнечной системы?
- 6.27.** Где в Солнечной системе имеется самое богатое месторождение серы?
- 6.28.** На каких телах Солнечной системы происходит активная вулканическая деятельность?
- 6.29.** Одинаковы ли причины вулканической деятельности на планетах и спутниках Солнечной системы?
- 6.30.** Какое единственное тело в Солнечной системе обладает гидросферой?
- 6.31.** На каких телах Солнечной системы имеются моря? Какой смысл имеет этот термин для разных космических тел?
- 6.32.** Какие объекты в Солнечной системе имеют самые гигантские атмосферы?
- 6.33.** Как на основе визуальных наблюдений звездного неба сделать вывод о сравнительной молодости Солнца?
- 6.34.** В чем заключается уникальность Солнца?
- 6.35.** В каких соотношениях находятся масса и момент импульса Солнца и планет?
- 6.36.** Почему для исследования постоянства мощности излучения Солнца проводят фотометрические наблюдения планет-гигантов и их спутников, а не самого Солнца?
- 6.37.** Как по излучению Солнца у поверхности Земли определить его светимость?
- 6.38.** Энергия Солнца в оптическом диапазоне (0,38—0,76 мкм) составляет всего около 20% от всей энергии солнечного излучения. На какую область спектра Солнца: коротковолновую ($\lambda < 0,38$ мкм) или длинноволновую ($\lambda > 0,76$ мкм) — приходится больше энергии солнечного излучения?
- 6.39.** Почему диск Солнца имеет резкий край?
- 6.40.** Отклонение лучей света от звезды, находящейся вблизи края Солнца, во время полного солнечного затмения (0,875") рассматривается как экспериментальное доказательство истинности теории относительности. Какое другое физическое явление вызывает сравнимое по величине отклонение лучей света от звезды? Как надо провести наблюдательный эксперимент, чтобы он подтверждал выводы теории относительности?
- 6.41.** Если бы поглощающие свойства земной атмосферы были бы такими же, как и у фотосферы Солнца, то каков был бы предел видимости на поверхности Земли? Плотность атмосферы Солнца на уровне фотосферы $3,5 \cdot 10^{-4}$ кг/м³.
- 6.42.** Почему диаметр Солнца в диапазоне метровых радиоволн заметно превосходит его диаметр в диапазоне видимого света?

- 6.43.** В каких участках спектра Солнца: красном или синем — потемнение диска к краю больше?
- 6.44.** Почему в оптическом диапазоне наблюдается потемнение диска Солнца к краю, а в рентгеновском — усиление яркости?
- 6.45.** Почему пятна на Солнце темные? Какого цвета солнечные пятна?
- 6.46.** Почему в области пятна видны более глубокие слои, чем в окружающей фотосфере?
- 6.47.** Изменяется ли светимость Солнца с изменением числа пятен?
- 6.48.** Почему индекс солнечной активности определяется по числу пятен (числа Вольфа)?
- 6.49.** Какое физическое содержание несут числа Вольфа?
- 6.50.** Почему факелы лучше видны на краю солнечного диска?
- 6.51.** Почему солнечные вспышки возникают на участках между пятнами с противоположной магнитной полярностью?
- 6.52.** Какие образования на поверхности Солнца свидетельствуют о наличии конвективных движений в его недрах?
- 6.53.** Как называются протуберанцы, если они проецируются на фотосферу?
- 6.54.** В какую сторону вращается Солнце?
- 6.55.** Каков период вращения Солнца?
- 6.56.** Какой характер имеет магнитное поле Солнца?
- 6.57.** Как далеко простирается атмосфера Солнца?
- 6.58.** Что за ветер дует от Солнца?
- 6.59.** Почему солнечный ветер вытесняет на своем пути локальные магнитные поля?
- 6.60.** Почему корпускулы, выброшенные во время солнечных вспышек, движутся по криволинейным траекториям?
- 6.61.** Солнце состоит из горячего газа. Почему же тогда в его спектре видны темные линии?
- 6.62.** Во время какого астрономического явления и почему линии поглощения в спектре Солнца превращаются в эмиссионные (линии излучения)?
- 6.63.** Почему разные методы определения температуры поверхности Солнца дают несколько различные результаты?
- 6.64.** Как по виду солнечной короны сделать вывод о ее весьма высокой температуре?
- 6.65.** Почему температура солнечной короны выше температуры поверхности Солнца?
- 6.66.** Непрерывный спектр солнечной короны тождествен непрерывному спектру фотосферы Солнца. Почему же, однако, в спектре короны не видны фраунгоферовы линии?
- 6.67.** Где и почему на Солнце температура достигает сотен тысяч градусов?

6.68. Почему удельное энерговыделение на Солнце на порядок меньше удельного энерговыделения при термоядерных реакциях протон-протонного цикла, которые происходят на Солнце?

6.69. Относительное тепловыделение человека составляет около 1 Вт/кг. Сравните с относительным тепловыделением Солнца.

6.70. На Солнце происходит более интенсивный теплообмен, чем на Земле. Обусловлена ли интенсивность этого процесса на Солнце его более высокой температурой?

6.71. Почему для оценки относительной распространенности химических элементов во Вселенной надо рассматривать их распространенность в атмосфере Солнца, но не в атмосфере Земли?

6.72. Почему гелий в спектре Солнца дает очень слабые линии, хотя его на Солнце очень много (примерно 20% от массы основного элемента — водорода)?

6.73. Почему средняя молярная масса вещества Солнца ($0,61 \cdot 10^{-3}$ кг/моль) меньше, чем молярные массы водорода ($1 \cdot 10^{-3}$ кг/моль) и гелия ($4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль), из которых оно состоит?

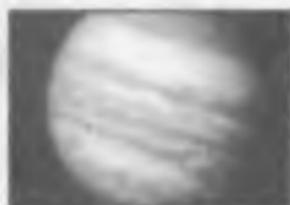
6.74. Согласно современным представлениям об эволюции звезд, на Солнце в результате термоядерных реакций водород превращается в гелий. Сколько водорода было на Солнце до начала на нем термоядерных реакций?

6.75. Откуда появились в веществе Солнца тяжелые химические элементы (углерод, кислород, железо и др.)?

6.76. Какое излучение из космоса несет непосредственную информацию о процессах, происходящих в недрах Солнца?

6.77. Как много времени занимает процесс переноса энергии из недр Солнца к его поверхности?

6.78. Что бы произошло, если бы на Солнце исчезла сила газового давления?



7 ФИЗИКА ПЛАНЕТ

ЮПИТЕР

7.1. Что общего у всех планет? В чем сходство и в чем различие планет земной группы и планет-гигантов?

7.2. Покажите на звездной карте зону, где можно наблюдать планеты. Различаются ли зоны видимости больших и малых планет?

7.3. Как невооруженным глазом отличить планету от звезды?

- 7.4. При каких условиях и какие планеты мерцают почти так же сильно, как и звезды?
- 7.5. Какие условия являются определяющими для наилучшей видимости планет?
- 7.6. В какой конфигурации нижняя планета движется по лучу зрения с максимальной скоростью?
- 7.7. На каком угловом расстоянии от Солнца верхняя планета имеет наибольшую лучевую скорость?
- 7.8. В какое время года видимость Меркурия является наилучшей?
- 7.9. В каком положении на небе Земли должна находиться верхняя планета, чтобы на небе этой планеты Земля находилась на наибольшем угловом удалении от Солнца?
- 7.10. Планета видна на угловом расстоянии 60° от Солнца. Верхняя это планета или нижняя?
- 7.11. Марс лучше всего виден с Земли во время противостояния. Каковы условия видимости в это время Земли с Марса?
- 7.12. В каких конфигурациях находятся планеты, когда они описывают петли на звездном небе?
- 7.13. Земля для Марса, как Венера для Земли, является нижней планетой. Через какие промежутки времени можно видеть Землю с Марса в восточной элонгации?
- 7.14. Почему понятие «великое противостояние» используют только для Марса?
- 7.15. Что такое «парад планет»?
- 7.16. Какие планеты, как и Луна, имеют все фазы?
- 7.17. Часто ли планеты видны в «полнолунии»?
- 7.18. Какие планеты почти всегда видны в «полнолунии»?
- 7.19. В настоящее время существуют фотографии верхних планет, где они имеют вид серпа. Каким образом получены такие снимки?
- 7.20. Луна в первой четверти, Венера и Меркурий в наибольшей восточной элонгации имеют одинаковый вид. Солнцем у них освещена правая половина диска, а терминатор имеет вид прямой линии. Означает ли это, что данные объекты видны в этом случае на небе по одному направлению?
- 7.21. У каких планет синодический период равен или близок к земному году?
- 7.22. Нижними или верхними являются планеты, у которых синодический период обращения больше двух лет?
- 7.23. Может ли синодический период S обращения планеты быть равен ее сидерическому периоду T ?
- 7.24. Почему сидерический период конкретной планеты имеет строго определенное значение, а синодический период колеблется в определенных пределах? (Например, для Меркурия $S = 104\text{—}132^d$, для Марса $S = 765\text{—}811^d$.)
- 7.25. Как изменятся синодические периоды Марса и Ве-

- неры, если эти планеты будут располагаться ближе к Земле, чем сейчас?
- 7.26.** Существуют ли космические объекты, у которых синодический период равен бесконечности?
- 7.27.** Существует ли планета, находящаяся к Солнцу ближе, чем Меркурий?
- 7.28.** Обнаружены ли планеты между орбитами Земли и Марса? внутри орбиты Земли?
- 7.29.** Какая планета наиболее удалена от Солнца?
- 7.30.** У каких двух планет отношение средних орбитальных скоростей равно 10^{-1} , средних расстояний от Солнца близко к 10^2 и сидерических периодов около 10^3 ? Случайны ли такие пропорции для параметров орбит этих планет?
- 7.31.** Какие большие планеты имеют самые вытянутые орбиты? У какой планеты форма орбиты ближе всего к окружности?
- 7.32.** Возможны ли столкновения планет между собой?
- 7.33.** Почему все звезды и галактики в небе любой планеты описывают эллипсы с одинаковой для данной планеты большой полуосью?
- 7.34.** На какой планете абберационные эллипсы наибольшие? наименьшие? Почему?
- 7.35.** Для каких звезд на небе любой планеты Солнечной системы абберационный эллипс вырождается в окружность? Для каких звезд — в отрезок дуги большого круга?
- 7.36.** На какой планете: Меркурии или Плуtone — параллактические эллипсы будут наибольшими? наименьшими?
- 7.37.** Какая планета на небе своего спутника описывает эллипсы и почему?
- 7.38.** Почему Юпитер сплюснут у полюсов, а Солнце видно с Земли как круглый диск при той же газовой природе?
- 7.39.** Почему Сатурн при меньшей скорости вращения вокруг оси более сжат у полюсов, чем Юпитер?
- 7.40.** У какой планеты и почему самое большое сжатие?
- 7.41.** Какая планета вращается быстрее всех других планет? У какой планеты самое медленное вращение?
- 7.42.** На вращение какой планеты влияет Земля?
- 7.43.** На какой планете и почему Солнце восходит на западе и заходит на востоке?
- 7.44.** На какой планете и почему Солнце может остановиться на небе и даже некоторое время двигаться в обратном направлении?
- 7.45.** Предположим, что скорость вращения планеты можно изменять. Возможно ли расположение отвеса на широте φ : а) параллельно оси мира; б) параллельно линии горизонта; в) возможно ли изменение направления отвеса на 180° по сравнению с его положением на невращающейся планете?

- 7.46.** Почему продолжительность солнечных суток на Меркурии больше, а на Венере меньше периодов осевого вращения этих планет? Каково соотношение этих величин для Земли?
- 7.47.** На каких планетах и почему нет смены времен года?
- 7.48.** Какие планеты и почему имеют расположение тропиков и полярных кругов, близкое к их расположению на Земле?
- 7.49.** Происходит ли смена времен года на Марсе?
- 7.50.** Какая планета и почему не имеет сезонных изменений по широте, как Земля, но зато имеет сезонные изменения по долготе?
- 7.51.** Как исходя из понятия работы доказать, что при движении планеты от афелия к перигелию ее линейная скорость увеличивается, а при обратном движении уменьшается?
- 7.52.** Какой закон сохранения также позволяет получить ответ предыдущей задачи? Какой закон астрономии утверждает это решение?
- 7.53.** Выполнялся бы второй закон Кеплера, если бы движение планет вокруг Солнца происходило под действием кулоновской силы?
- 7.54.** Как следовало бы изменить параметры движения вращающейся планеты, чтобы на ней не происходила смена времен года?
- 7.55.** Докажите, что момент импульса обращения единицы массы планеты прямо пропорционален корню квадратному из ее расстояния от Солнца.
- 7.56.** Можно ли точно измерить орбитальный момент импульса планеты? момент импульса вращения?
- 7.57.** Какой характер носят обобщения законов планетных движений Кеплера?
- 7.58.** Как можно доказать, что орбиты планет плоские и что плоскости орбит сохраняют свое положение в пространстве?
- 7.59.** Предположим, что по планете нанесен касательный удар другим космическим телом в плоскости, проходящей через ее ось вращения. Приведет ли это к изменению наклона оси вращения планеты к плоскости орбиты?
- 7.60.** Почему радиус сферы гравитационного действия Нептуна наибольший из всех планет-гигантов, хотя его масса наименьшая?
- 7.61.** Почему на Земле дневное небо голубое, на Луне черное, а на Марсе имеет красноватый оттенок?
- 7.62.** Чем отличается вид марсианского звездного неба от земного?
- 7.63.** Как путем наблюдений покрытий звезд Венерой и Марсом доказать, что эти планеты имеют атмосферы?

- 7.64.** Почему диссипация молекул из атмосферы возможна только на больших высотах, хотя согласно распределению Максвелла — Больцмана на любых высотах и при любой температуре в атмосфере есть молекулы со скоростями, большими скоростей убегания?
- 7.65.** Химический состав атмосфер различен. На каких планетах атмосфера преимущественно водородная, азотная, углекислая?
- 7.66.** Почему о возрасте Солнца можно судить, сравнивая химический состав его атмосферы с химическим составом Юпитера?
- 7.67.** Как образуются атмосферы у планет?
- 7.68.** Почему молекулы атмосфер под действием силы тяжести не опускаются на поверхности планет?
- 7.69.** Все планеты из-за наличия молекул со скоростями, большими скоростей убегания, теряют свои атмосферы. Почему все же атмосферы существуют?
- 7.70.** На какой планете атмосферное давление летом в 250 раз больше, чем зимой?
- 7.71.** На какой планете существует гигантский долгоживущий атмосферный вихрь?
- 7.72.** Почти на всех планетах обнаружены облака. Что такое облака с физической точки зрения?
- 7.73.** У каких больших планет поверхность доступна для проведения оптических наблюдений?
- 7.74.** Поверхность какой планеты наиболее доступна для наблюдений с Земли?
- 7.75.** Какие две соседние планеты обладают самым большим и самым малым альбедо среди планет?
- 7.76.** Какая планета могла бы называться планетой Океан?
- 7.77.** На каких планетах обнаружены полярные шапки?
- 7.78.** Какой лед на Марсе?
- 7.79.** Существуют ли каналы на Марсе?
- 7.80.** Много ли воды на Марсе?
- 7.81.** Будут ли на Марсе цвести яблони?
- 7.82.** Почему горы на Марсе выше, чем горы на Земле?
- 7.83.** Почему на Марсе не обнаружена связь между формами рельефа и отражательными свойствами грунта, тогда как на Луне такая связь есть?
- 7.84.** Сезонные изменения контраста марсианских морей по сравнению с окружающими областями ранее интерпретировались как увлажнение почвы и появление растительности. Каков современный взгляд на это явление?
- 7.85.** Почему число кратеров на единицу площади поверхности на Марсе больше, чем на Луне?
- 7.86.** Почему кратеры на планетах имеют форму круга, хотя, несомненно, соударения метеоритов с поверхностью происходили под самыми разными углами?

- 7.87.** Почему небольшой процент кратеров на поверхности Луны и Марса имеет вытянутую форму?
- 7.88.** Вблизи потухших вулканов Марса нет кратеров ударного происхождения. Какие виды рельефа: кратеры или вулканы — имеют больший возраст?
- 7.89.** Почему в гипотезе американского астронома П. Ловелла каналы и моря Марса связывались с растительностью, но не с открытой водой?
- 7.90.** Что произойдет с водой, помещенной в открытом сосуде на поверхности Марса?
- 7.91.** Какой химический элемент определил цвет и название планеты Марс?
- 7.92.** Почему в оптическом диапазоне центр диска Марса ярче, чем его края?
- 7.93.** Какое утверждение является правильным: 1) плотность атмосферы Марса меньше плотности атмосферы Земли; 2) плотность атмосферы Марса больше плотности атмосферы Земли?
- 7.94.** В атмосфере Марса в прошлом в большом количестве имелись свободный кислород и водяной пар. Какой экспериментальный факт свидетельствует об этом?
- 7.95.** На поверхности Марса обнаружены меандры — сухие русла рек. Как они могли возникнуть на сухой холодной планете, не имеющей открытых водоемов?
- 7.96.** Почему высота возгорания метеоров в атмосфере Марса выше высоты возгорания в атмосфере Земли?
- 7.97.** Почему на Марсе дуют сильные ветры?
- 7.98.** Скорость ветра на некоей планете определена на основе астрономических наблюдений по движению облаков в верхних слоях атмосферы. Больше или меньшей будет скорость ветра у поверхности планеты?
- 7.99.** Как на основе визуальных наблюдений Венеры в телескоп сделать вывод о физических свойствах ее атмосферы?
- 7.100.** Когда серп Венеры очень тонок, то его рога охватывают больше половины диска, а в некоторых случаях вокруг всего диска наблюдается тонкое светящееся кольцо. Как объяснить это явление?
- 7.101.** На Венере рэлеевское рассеяние солнечного света в атмосфере из-за ее высокой плотности существенно выше, чем на Земле. Почему же тогда небо на Венере желто-зеленое, а не голубое, как на Земле?
- 7.102.** Почему на Венере обнаружено много кратеров, а на Земле их мало?
- 7.103.** Почему на Венере образовалась более мощная атмосфера, чем на Земле?
- 7.104.** Какой фактор является определяющим для существования высокого давления в атмосфере Венеры (95 атм): плотность атмосферы, химический состав или температура?

7.105. Термодинамические параметры атмосферы планеты Венера (давление, температура, плотность) сильно отличаются от таких же параметров атмосферы Земли. Связано ли это с близостью Венеры к Солнцу?

7.106. Как изменилось бы давление в атмосфере Венеры, если бы планета в настоящее время оказалась на орбите Земли?

7.107. О высокой температуре поверхности Венеры было известно еще до космических полетов на эту планету. Какой спектральный диапазон электромагнитных волн использовался при наблюдениях с Земли для определения температуры поверхности Венеры?

7.108. Почему радиоастрономические методы дают более точные определения размеров Венеры, чем оптические наблюдения?

7.109. Основное «окно прозрачности» атмосферы Земли располагается в области длин волн 0,4—0,8 мкм. Где находится «окно прозрачности» атмосферы Венеры?

7.110. Почему на Венере в сантиметровом радиодиапазоне наблюдается эффект потемнения диска к краю? Как надо изменить физические условия на планете, чтобы наблюдался обратный эффект — повышение яркости к краю диска?

7.111. Изменения атмосферного давления у поверхности Земли составляют около 10%. Большими или меньшими будут относительные колебания давления на Венере?

7.112. Радиолокационные наблюдения Венеры установили 243-суточный период ее вращения. Однако фотографии, сделанные в ультрафиолетовом диапазоне, показали, что период вращения планеты равен четырем суткам. Как совместить результаты радиолокационных и фотографических наблюдений?

7.113. Предложите гипотезу, объясняющую обратное вращение Венеры.

7.114. Почему Венера и Земля, несмотря на разный химический состав атмосферы, имеют обширные водородные короны?

7.115. Почему Нептун синего цвета?

7.116. Какие наблюдения доказывают отсутствие атмосферы у Меркурия?

7.117. Почему весьма разреженная атмосфера Меркурия состоит из гелия?

7.118. Почему поверхности Меркурия и Луны имеют низкую отражательную способность?

7.119. Почему кратеры на Меркурии в среднем имеют меньшие диаметры, чем кратеры на Луне?

7.120. На каких планетах легче всего поставить рекорды по прыжкам в длину и высоту?

- 7.121.** На каких планетах вес космонавта будет практически одинаков?
- 7.122.** Какая планета является двойником Земли?
- 7.123.** Существуют ли двойные планеты?
- 7.124.** Какая планета имеет среднюю плотность вещества, меньшую, чем плотность воды?
- 7.125.** Какая планета похожа на Луну снаружи, а на Землю внутри?
- 7.126.** Какие данные наблюдений свидетельствуют о наличии у Меркурия большого металлического ядра?
- 7.127.** Какая планета по химическому составу аналогична звезде, а по внутреннему строению не похожа ни на звезду, ни на Землю?
- 7.128.** Как путем наблюдений доказать, что планеты-гиганты находятся в газообразном состоянии?
- 7.129.** Юпитер — это планета-гигант или звезда-карлик?
- 7.130.** У планет земной группы или планет-гигантов большая однородность вещества?
- 7.131.** Планеты-гиганты, как и Солнце, преимущественно состоят из водорода и гелия. В каких фазовых состояниях в основном находится вещество этих космических тел?
- 7.132.** В недрах Сатурна и Юпитера присутствует жидкий водород, находящийся в металлическом состоянии. Чем отличается состояние металлического водорода от сжиженного молекулярного газа?
- 7.133.** Как объяснить различие химических составов планет земной группы и планет-гигантов?
- 7.134.** Какие планеты излучают энергии больше, чем получают ее от Солнца? Каковы возможные причины этого?
- 7.135.** Какая планета излучает энергии меньше, чем получает ее от Солнца? Какова возможная причина этого?
- 7.136.** Почему абсолютная температура поверхностей планет в среднем обратно пропорциональна корню квадратному из их расстояний от Солнца?
- 7.137.** На какой планете температура поверхности остается практически постоянной как в течение суток, так и на протяжении всего года?
- 7.138.** На какой планете температура одинакова по всей поверхности?
- 7.139.** Почему на Венере температура выше, чем на Земле?
- 7.140.** Температура Венеры, определенная радиометрическим методом, оказывается очень низкой ($-54\text{ }^{\circ}\text{C}$). Как это соотносится с очень высокой температурой на ее поверхности и в нижних слоях атмосферы?

- 7.141.** Температура Венеры, измеренная радиометрическим методом, в центре диска оказалась на 20 градусов выше, чем по краям. О чем свидетельствует этот факт? У какого небесного объекта известно подобное явление?
- 7.142.** Ночная сторона Венеры излучает на 15—20% больше тепла, чем дневная. Предложите возможный механизм объяснения этого явления с учетом того, что поверхность планеты очень горячая.
- 7.143.** У какой планеты перепад температур в течение суток достигает 600 градусов? Каковы основные причины таких больших изменений температуры?
- 7.144.** На Меркурии существуют области, где постоянно лежит лед. Как это согласуется с высокой температурой этой планеты?
- 7.145.** Чем можно объяснить значительные колебания температуры на Марсе в течение суток?
- 7.146.** На какой планете и почему существует сильный парниковый эффект?
- 7.147.** На какой планете и почему иногда наблюдается сильный антипарниковый эффект?
- 7.148.** Одинаков ли механизм парникового эффекта на планетах земной группы и в теплицах на Земле?
- 7.149.** Почему температура Юпитера, определенная по радиоизлучению, не соответствует температуре верхних слоев, определенной по излучению в инфракрасной области (8—12 мкм)?
- 7.150.** На планетах земной группы в ранний период эволюции, а на планетах-гигантах и в настоящее время происходит планетохимическая дифференциация — погружение к центру тяжелых веществ и всплытие легких. Остается ли постоянной при этом внутренняя энергия планеты?
- 7.151.** Почему на Марсе на глубине нескольких десятков сантиметров температура практически не зависит от времени суток?
- 7.152.** Почему при почти одинаковом внутреннем строении Земля имеет заметное магнитное поле, а у Венеры оно отсутствует?
- 7.153.** У какой планеты впервые была обнаружена магнитосфера?
- 7.154.** Какие планеты имеют заметные магнитные поля?
- 7.155.** У какой планеты и почему полярность магнитосферы испытывает периодические изменения?
- 7.156.** У каких планет самое мощное радиоизлучение?
- 7.157.** Как обнаружить планеты у других звезд?



8 Спутники планет

САТУРН И ЕГО СПУТНИКИ

- 8.1.** У каких планет нет спутников? У каких планет самое большое количество спутников?
- 8.2.** В Солнечной системе имеется единственная «вальсирующая пара» спутников. Какие это спутники?
- 8.3.** Какой из спутников имеет самую эксцентричную орбиту?
- 8.4.** У каких спутников самые маленькие орбиты?
- 8.5.** Какой спутник притягивается Солнцем сильнее, чем своей планетой? Как влияет этот факт на движение спутника в гелиоцентрической системе координат?
- 8.6.** Какой спутник, находясь почти на таком же расстоянии от планеты, как и Луна от Земли, имеет период обращения, в 10 раз меньший? Почему это происходит?
- 8.7.** Спутник Юпитера Метис (Метида) движется с самой большой орбитальной скоростью (31,6 км/с), близкой к орбитальной скорости Земли (29,8 км/с). Почему его скорость так велика?
- 8.8.** Спутник, находящийся на стационарной орбите, на небе планеты имеет постоянные горизонтальные координаты. При каких условиях планета на небе своего спутника будет иметь неизменными горизонтальные координаты?
- 8.9.** Почему все планеты Солнечной системы и большинство спутников планет имеют прямое движение, т. е. совпадающее по направлению с вращением центрального тела, а самые удаленные спутники Юпитера имеют обратное движение?
- 8.10.** Какие спутники постоянно обращены к своим планетам одной и той же стороной?
- 8.11.** Почему спутники планет-гигантов, имеющие продолговатую форму, всегда большей осью направлены по радиусу планеты?
- 8.12.** Почему периоды вращения близких спутников Юпитера и Сатурна тем больше, чем дальше расположен спутник от планеты?
- 8.13.** Спутник Марса Фобос обращается практически в плоскости экватора планеты, имея радиус орбиты 9378 км и период обращения 0,319 земных суток. Какой период вращения имеет Фобос?
- 8.14.** Каковы особенности наблюдения спутников Марса с поверхности планеты?

- 8.15.** Какая планета и какой спутник имеют двойную синхронность вращений?
- 8.16.** Как доказать путем наблюдений, что спутники Марса движутся вокруг планеты под действием силы тяготения?
- 8.17.** Почему спутник Марса Фобос приближается, а другой спутник Марса — Деймос удаляется от планеты?
- 8.18.** Орбита Фобоса находится внутри марсианской полости Роша. Почему же тогда он существует как целое космическое тело?
- 8.19.** Возможна ли фаза «полнолуние» у спутников Марса?
- 8.20.** Возможна ли фаза «полнолуние» у спутников Юпитера?
- 8.21.** Почему для любого места на поверхности Марса его спутники проводят больше времени под горизонтом, чем над горизонтом?
- 8.22.** Все ли спутники на небе своих планет, как и Луна, восходят на востоке и заходят на западе? С чем это связано?
- 8.23.** Почему одни спутники планет имеют шарообразную форму, а другие — неправильную?
- 8.24.** Какие спутники в Солнечной системе самые массивные?
- 8.25.** Какие спутники по размерам превосходят большие планеты?
- 8.26.** Линейное разрешение деталей на поверхности Марса в телескоп составляет около 500 км. Каким образом при помощи наземных телескопических наблюдений были открыты спутники Марса с характерными размерами всего 20 км?
- 8.27.** Почему при прохождении спутников Юпитера по его диску на краях диска спутники кажутся светлыми точками, а на середине диска — темными?
- 8.28.** Спутник Юпитера Ганимед имеет диаметр, превышающий диаметр Меркурия. Можно ли утверждать, что и масса его больше массы этой планеты?
- 8.29.** Какой спутник имеет поверхность с самой большой отражательной способностью? Какой спутник самый темный? У какого спутника отражательные способности двух полушарий резко различны?
- 8.30.** Спутник Сатурна Энцелад имеет уникальное альbedo, близкое к единице. Предложите естественное вещество, обеспечивающее такую высокую отражательную способность.
- 8.31.** Все спутники Юпитера можно считать находящимися на одинаковом расстоянии от Солнца. Одинаковы ли у них температуры поверхности?
- 8.32.** Причиной мощного вулканизма на спутнике Юпитера Ио считают сильное приливное трение. Не противоречит ли

существование приливного трения факту синхронного вращения спутника?

8.33. Самые крупные спутники Юпитера должны быть видны невооруженным глазом (Ио, блеск $5,5^m$; Европа, блеск $5,7^m$; Ганимед, блеск $5,1^m$). Почему же тогда они могут наблюдаться только в оптические приборы?

8.34. Какие спутники планет называются «ледяными»?

8.35. Какой спутник самый гладкий?

8.36. Чем Европа в космосе отличается от Европы на Земле?

8.37. На поверхности Фобоса в большом количестве имеются параллельные борозды, похожие на следы гигантского плуга. Предложите механизм образования таких форм рельефа.

8.38. У каких спутников есть атмосферы?

8.39. У какой планеты самая узкая система колец?

8.40. У какой планеты самые темные кольца?

8.41. Почему у планет-гигантов есть кольца?

8.42. Почему у планет земной группы в отличие от планет-гигантов кольца отсутствуют?

8.43. Сколько колец у Сатурна?

8.44. Почему кольца Сатурна периодически исчезают для земного наблюдателя?

8.45. Можно ли увидеть кольца Сатурна с его поверхности?

8.46. Что собой представляют «спицы» в кольцах Сатурна?

8.47. Почему у Сатурна очень мощная система колец, а у Юпитера кольца весьма слабые?

8.48. Почему все кольца Сатурна расположены внутри полости Роша ($R = 2,4R_{\text{Сат}}$)?

8.49. На основе каких наблюдений можно доказать, что кольца Сатурна не сплошные?

8.50. Почему поверхностная яркость кольца Сатурна максимальна, когда планета находится в противостоянии?

8.51. Может ли быть эллиптическим кольцо планеты?



9 ИСКУССТВЕННЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ ТЕЛА

КОСМИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ «СПЕКТР-Р»
С РАДИОТЕЛЕСКОПОМ, ДИАМЕТР КОТОРОГО 10 м

9.1. Почему современные космические ракеты состоят из нескольких ступеней?

9.2. Почему топливо космической ракеты обязательно состоит из двух компонентов, например водорода и кислорода?

да, в то время как топливо реактивного самолета однокомпонентно (керосин)?

9.3. Почему для запуска искусственного спутника Земли необходимо затратить существенно больше топлива, чем для подъема геофизической ракеты на ту же высоту?

9.4. Почему все космические ракеты, стартующие с поверхности Земли, запускают вертикально, хотя на заре космонавтики предполагалось, что такие запуски будут производиться с наклонных эстакад?

9.5. Будет ли увеличиваться скорость ракеты, если скорость истечения газов относительно ракеты меньше скорости самой ракеты относительно Земли?

9.6. Скорость истечения газов относительно стартующей ракеты составляет не более 4 км/с. Каким образом ракета может достичь первой и даже второй космических скоростей?

9.7. Можно ли запустить с широты φ искусственный спутник с наклоном орбиты к плоскости земного экватора $i = \varphi$, $i < \varphi$, $i > \varphi$?

9.8. Почему искусственные спутники выгоднее запускать с низких широт?

9.9. Искусственный спутник Земли (ИСЗ) запускается с космодрома, находящегося на экваторе. Какую скорость относительно поверхности Земли нужно сообщить спутнику с наклоном $i = 0$ при запуске в западном направлении? в восточном направлении? Как изменится искомая величина, если наклонение ИСЗ $i = 60^\circ$?

9.10. Почему не запускают спутники с наклоном, большим 90° ?

9.11. Могут ли космические аппараты двигаться по прямолинейным траекториям?

9.12. Какую скорость должен иметь космический корабль, движущийся по круговой орбите вокруг Земли?

9.13. Нижний предел высот искусственных спутников Земли около 200 км, а искусственных спутников Луны всего около 15 км. Почему так резко различаются высоты искусственных спутников Земли и Луны?

9.14. Почему высота полетов пилотируемых космических кораблей не превышает 300 км?

9.15. Искусственный спутник Земли движется по круговой орбите. Как изменится орбита спутника, если скорость увеличить на небольшую величину? уменьшить на небольшую величину?

9.16. В каком соотношении находятся кинетическая и потенциальная энергии кругового искусственного спутника?

9.17. Почему все искусственные спутники Земли, кроме стационарных, имеют эллиптические орбиты, а не круговые?

9.18. Как связаны скорости спутника в перигее и апогее эллиптической орбиты с геоцентрическими расстояниями в этих точках?

9.19. Может ли искусственный спутник иметь такую орбиту, чтобы его трасса проходила только через Европу и Африку?

9.20. Могут ли искусственные спутники Земли двигаться по орбитам, плоскости которых не проходят через центр Земли?

9.21. Как с космического корабля, движущегося по круговой орбите, отправить на Землю какое-либо тело?

9.22. Для спуска ИСЗ, движущегося по круговой орбите, ее надо изменить таким образом, чтобы она касалась поверхности Земли. Как это сделать наиболее экономичным образом? Определите время спуска спутника. Влиянием земной атмосферы пренебречь.

9.23. После отделения спутника от последней ступени ракеты-носителя данная ступень ракеты движется сначала за спутником, а затем обгоняет его. Почему?

9.24. Различается ли применение закона сохранения импульса при расстыковке двух космических кораблей путем отстреливания и при медленном разделении?

9.25. Какими параметрами орбит отличаются друг от друга экваториальные, полярные, синхронные, суточные, геостационарные искусственные спутники Земли?

9.26. Почему «космический мусор» преимущественно накапливается на высоких спутниковых орбитах?

9.27. Горизонтальные координаты ИСЗ остаются неизменными. Какой вывод можно сделать о вращении Земли, наклонении, эксцентриситете и большой полуоси орбиты спутника?

9.28. Как много ИСЗ можно разместить на геостационарной орбите?

9.29. Можно ли запустить спутник, чтобы он казался неподвижным относительно звезд?

9.30. Геостационарные искусственные спутники, широко используемые в качестве ретрансляторов телевизионных сигналов, неудобны для обслуживания высоких широт из-за того, что там они видны низко над горизонтом. Предложите такую орбиту связного спутника, чтобы в течение нескольких часов в сутки он находился в зенитной области места с большой широтой.

9.31. Можно ли соединить тросом геостационарный спутник с подспутниковой точкой? Какой практический смысл может иметь такой эксперимент?

9.32. Имеют ли фазы искусственные спутники Земли?

9.33. Может ли быть фаза частного затмения искусственного спутника Земли?

9.34. Почему большинство искусственных спутников видно на небе в вечерние часы, после захода Солнца, и в предутренние, перед восходом Солнца?

9.35. Блеск первого искусственного спутника составлял 5—6^м, т. е. он был на пределе видимости невооруженным глазом. Тем не менее многие люди уверяли, что они видели движущийся по небу спутник, по блеску сравнимый с яркими звездами. Как разрешить это противоречие?

9.36. У какого искусственного спутника: высокого или низкого, когда он пролетает над пунктом наблюдения, пределы изменения блеска больше?

9.37. Как по кривой блеска отличить сферический зеркальный спутник от такого же спутника с матовой поверхностью?

9.38. Каковы причины пульсирующих изменений блеска некоторых ИСЗ? Почему иногда пульсации прекращаются?

9.39. Иногда блеск искусственных спутников и космических кораблей испытывает сильные вспышки, не связанные с включением искусственных источников света. Почему это происходит, если в это время условия освещенности ИСЗ Солнцем меняются монотонно, а форма объекта постоянна?

9.40. Изменяется ли блеск стационарных ИСЗ?

9.41. Когда внеатмосферный блеск геостационарных искусственных спутников больше: летом или зимой (при одинаковой фазе)?

9.42. Предположим, что с Луны и Земли запущены одинаковые спутники на стационарные орбиты. На каком космическом теле видимый блеск такого спутника будет больше?

9.43. Земля для Луны является стационарным объектом. Почему же расстояние Земли от Луны (385 000 км) существенно больше высоты стационарной орбиты для Луны?

9.44. Движение пилотируемого космического корабля в свободном полете осуществляется так, что его продольная ось всегда направлена по радиусу Земли. Вращается ли космический корабль? Какое естественное тело движется так же?

9.45. Какое естественное небесное тело движется под действием той же силы, что и искусственные спутники Земли?

9.46. Какие естественные небесные тела движутся под действием той же силы, что и автоматические межпланетные станции?

9.47. Как создать ИСЗ, который бы двигался только под действием силы тяготения Земли?

9.48. Как стабилизировать искусственный спутник: а) относительно звезд; б) относительно Земли; в) относительно направления движения?

- 9.49.** Оцените параметры орбиты космического корабля, летящего от Земли к Луне.
- 9.50.** Как произвести мягкую посадку космического корабля с орбиты искусственного спутника на Землю? на Луну?
- 9.51.** Какая траектория оказывается наиболее оптимальной для полета космического аппарата с Земли на Марс?
- 9.52.** Выполняется ли закон сохранения механической энергии для спутника, движущегося по эллиптической орбите? Какие превращения энергии происходят при переходе спутника из апогея в перигей?
- 9.53.** Под каким углом к горизонту должен быть запущен космический аппарат, чтобы он полетел по параболической орбите?
- 9.54.** Космический аппарат начинает движение от Земли со второй космической скоростью. Как далеко улетит он от Земли?
- 9.55.** Третья космическая скорость (16,7 км/с) — это скорость, которую необходимо сообщить космическому телу в окрестностях Земли, чтобы оно навсегда покинуло Солнечную систему. Почему эта скорость меньше параболической для Солнца на расстоянии Земли?
- 9.56.** Искусственное космическое тело начало движение от Земли с третьей космической скоростью. Как скоро долетит оно до звезд?
- 9.57.** Зачем нужны спутники-баллоны?
- 9.58.** Какой спутник и зачем сделан из урана?
- 9.59.** Как заряжен находящийся на орбите ИСЗ?
- 9.60.** Скорости молекул воздуха на тех высотах, где летают искусственные спутники, соответствуют температурам в несколько тысяч кельвинов. Почему же спутники не расплавляются при своем движении?
- 9.61.** Почему космические аппараты сильно нагреваются при спуске с околоземной орбиты и почему этот фактор не играет существенной роли для стартующей в космос ракеты?
- 9.62.** Почему спускаемые отсеки пилотируемых космических кораблей покрывают слоем керамики?
- 9.63.** Почему на внешней поверхности космического корабля, находящегося долгое время на орбите, происходит сваривание металлических деталей?
- 9.64.** Почему при движении искусственного спутника в земной атмосфере происходит уменьшение высоты его полета и увеличение орбитальной скорости?
- 9.65.** Когда: летом или зимой — происходит большее торможение низких ИСЗ в атмосфере?
- 9.66.** Каким образом на движение низких ИСЗ оказывает влияние смена дня и ночи?
- 9.67.** На движение каких спутников: движущихся по поляр-

ным или экваториальным орбитам — большее влияние оказывает магнитное поле Земли?

9.68. Происходит ли смена дня и ночи на пилотируемом космическом корабле? Каким образом?

9.69. Почему радиоприемник на Земле фиксирует изменение частоты радиопередатчика искусственного спутника, когда он пролетает над пунктом наблюдения?

9.70. На каких этапах полета космонавт имеет наибольший вес? наименьший вес?

9.71. Почему внутри космического корабля, находящегося в свободном полете, тела невесомы?

9.72. Космонавт вышел в открытый космос. Сохранится ли у него состояние невесомости, если он находится на поверхности корабля?

9.73. Почему невесомость не может возникнуть в пространстве, имеющем достаточно большой объем?

9.74. Для подготовки к работе в условиях невесомости космонавты на Земле тренируются в гидробассейне. Действительно ли, находясь в воде, космонавты испытывают состояние невесомости?

9.75. Совершают ли космонавты работу при перемещении грузов в невесомости?

9.76. При каких условиях на космическом корабле вес космонавта оказывается равным его весу на поверхности Земли?

9.77. Отличается ли структура поля искусственной тяжести на вращающемся космическом корабле от структуры поля тяготения вблизи поверхности Земли?

9.78. Справедливы ли законы Паскаля и Архимеда внутри космического корабля, находящегося в свободном полете?

9.79. Что происходит с жидкостью в закрытом сосуде на борту космического корабля?

9.80. Почему на пилотируемом космическом корабле, находящемся в свободном полете, нельзя использовать для хранения жидкости открытые сосуды?

9.81. Воздух для системы жизнеобеспечения на борту космического корабля хранится в баллонах. Производит ли воздух давление на стенки баллона в невесомости? Должен ли баллон для хранения газа на борту станции быть таким же прочным, как и на Земле?

9.82. Какие виды теплопередачи возможны внутри космического корабля?

9.83. Из-за отсутствия конвекции космонавты в свободном космическом полете все время должны быть окружены облаками углекислого газа. Как же при этом обеспечивается возможность дыхания космонавтов?

9.84. В условиях космического полета можно создать сплавы из веществ, которые в земных условиях не смешиваются. Почему?

9.85. Два одинаковых сферических спутника движутся по взаимно перпендикулярным орбитам вокруг Земли. Орбита одного из спутников проходит над терминатором. На каком спутнике установившаяся температура будет больше?

9.86. Какие источники энергии используются для обеспечения длительной работы приборов на борту искусственных космических тел?



10 МАЛЫЕ ТЕЛА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

КОМЕТА ХЕЙЛ-БОППА В 1997 ГОДУ

10.1. Какие тела в Солнечной системе называются малыми?

10.2. Какой астероид имеет самую вытянутую орбиту?

10.3. Какая комета движется по круговой орбите?

10.4. Каков конечный этап жизни астероидов и комет?

10.5. Какие астероиды самые крупные?

10.6. На каком расстоянии от Солнца больше всего малых планет?

10.7. Почему область пространства, где располагаются орбиты малых планет, называют «каменоломней» Солнечной системы?

10.8. Два астероида имеют орбиты с одинаковыми большими полуосями, но разными эксцентриситетами. Будут ли различаться их периоды обращения вокруг Солнца?

10.9. Почему есть «люки» в средних расстояниях малых планет от Солнца?

10.10. Какую единственную малую планету можно увидеть невооруженным глазом?

10.11. Почему интенсивность излучения астероидов в инфракрасной области на порядок превышает интенсивность их излучения в оптическом диапазоне?

10.12. Изменение блеска астероидов при их вращении объясняют тем, что они имеют неправильную форму. Какие дополнительные наблюдения отвергли пятнистость поверхности как причину изменения их блеска?

10.13. Существуют ли двойные астероиды?

10.14. Какой кинематический параметр орбит комет указывает на их принадлежность Солнечной системе?

10.15. В какой части неба эффективнее всего искать новые кометы?

10.16. Почему кометы бывают видны невооруженным глазом, хотя размеры их ядер обычно составляют всего несколько километров, в то время как астероиды, имеющие

существенно большие размеры, недоступны невооруженному глазу?

10.17. Почему большинство короткопериодических комет имеет малый блеск?

10.18. Почему наблюдается вековое уменьшение блеска у короткопериодических комет?

10.19. Почему кометы в отличие от планет не показывают эффекта фазы?

10.20. Блеск кометы обычно представляется в виде формулы $I = I_0/d^2r^n$, где d — расстояние кометы от Земли; r — расстояние кометы от Солнца; I_0 — блеск кометы при $d=r=1$ а.е.; n находится в пределах от 2 до 6. Почему показатель n больше 2?

10.21. Откуда прилетают кометы?

10.22. Какие основные доводы существуют в пользу теории межзвездного происхождения комет?

10.23. Почему орбиты комет при их движении через планетную систему часто испытывают заметные изменения?

10.24. Бывают ли кометы без хвостов? Почему кометы вдали от Солнца и Земли имеют вид туманного диска?

10.25. Как отличить при наблюдении комету без хвоста от обычной туманности?

10.26. Куда и почему направлен хвост кометы?

10.27. По фотографиям кометы Икейа-Секи 1965f можно видеть, что вблизи перигелия она имела хвост, изогнутый вдоль орбиты. Почему в это время не наблюдалось влияние светового давления и солнечного ветра на форму хвоста, хотя их действие должно было быть максимальным?

10.28. Почему комета Икейа-Секи 1965f образовала мощный хвост только после прохождения перигелия?

10.29. Что представляет собой ядро кометы?

10.30. Ядро кометы Галлея вращается с периодом около двух суток. Как исходя из этого факта доказать, что ядро представляет собой единое тело?

10.31. Почему голова кометы, приближающейся к Солнцу, приобретает параболическую форму?

10.32. Почему большинство комет имеет головы диаметром около 50 тыс. км, хотя общий диапазон их размеров составляет от 6 тыс. до 1 млн км?

10.33. Почему в среднем для всех комет их головы достигают максимальных размеров при движении между орбитами Земли и Марса?

10.34. Происходят ли столкновения комет с планетами?

10.35. Первые фрагменты кометы Шумейкеров-Леви-9 столкнулись с Юпитером на невидимой от Земли стороне этой планеты. Какие наблюдения позволили зафиксировать это явление?

- 10.36.** Какой спектральный диапазон оказался наиболее эффективным для наблюдения столкновения кометы Шумейкеров-Леви-9 с Юпитером?
- 10.37.** Какова природа кометных вулканов?
- 10.38.** Как отличить «старую» комету от «молодой»?
- 10.39.** Комета Белого (Биэлы), открытая в 1826 г. и имевшая период 6,6 года, после 1852 г. больше не наблюдалась. Какова ее дальнейшая судьба?
- 10.40.** Существует ли экспериментальное свидетельство против гипотезы панспермии посредством комет. Какое?
- 10.41.** Чем искусственные кометы отличаются от естественных?
- 10.42.** По каким орбитам движутся метеорные тела?
- 10.43.** Наблюдению человека, находящегося на ровной открытой местности, доступна половина небесной сферы. Половину ли от общего числа метеоров, движущихся в данный момент в атмосфере Земли, может увидеть этот наблюдатель?
- 10.44.** Чем объяснить, что больше всего метеоров видно в предутренние часы, а вечером число метеоров меньше?
- 10.45.** Каково происхождение метеорных тел?
- 10.46.** Почему возникает суточное смещение координат радиантов метеорных потоков?
- 10.47.** Почему период метеорного дождя Леонид составляет 33 года, хотя метеорный поток Леонид наблюдается ежегодно?
- 10.48.** Метеоры можно наблюдать не только ночью, но и днем. Как это сделать?
- 10.49.** Какие метеорные тела не могут быть зарегистрированы ни оптическими, ни радиолокационными методами?
- 10.50.** Почему метеорный рой растягивается по своей орбите?
- 10.51.** Почему звучит быстролетающий метеор?
- 10.52.** Какой физический механизм определяет свечение метеора?
- 10.53.** Почему явление метеора возникает в определенном интервале высот над поверхностью Земли?
- 10.54.** Почему метеор наблюдается в виде светящейся линии? Назовите причины?
- 10.55.** Почему свечение метеора дольше сохраняется в верхней части его следа?
- 10.56.** Почему метеор становится ярче в конце своей видимой траектории?
- 10.57.** В спектрах метеоров обнаружены линии Na, Mg, Al, Si, Mn, Fe, Ni, H, N, O, Ca, C. Можно ли считать, что все эти элементы принадлежат веществу метеорных тел?
- 10.58.** Почему так много метеоров, но мало метеоритов?

10.59. Как доказать, что метеориты образовались при очень высоких температурах?

10.60. Поверхность метеоритов часто бывает оплавленной, что требует достаточно высокой температуры, а сразу после падения они обычно бывают только теплыми. Как согласовать оба факта?

10.61. В тех случаях, когда можно сравнить, динамическая масса метеорита оказывается большей, чем фактически определенная на поверхности Земли. Какова причина такого противоречия?

10.62. Какие самые крупные метеориты известны на Земле?

10.63. Какой самый крупный метеоритный кратер обнаружен на Земле?

10.64. Почему чаще падают каменные метеориты, а при случайных находках давно выпавших метеоритов более частыми оказываются железные метеориты?

10.65. Почему во время метеоритного дождя сначала на Землю падают крупные осколки, а затем мелкие?

10.66. Почему обломки метеоритов и метеоритная пыль обнаруживаются лишь в небольших кратерах диаметром меньше нескольких десятков метров, в то время как внутри больших кратеров метеоритные фрагменты практически полностью отсутствуют?

10.67. Почему метеоритные кратеры на Земле располагаются, как правило, группами?



11 Мир звезд

РАССЕЯННОЕ ЗВЕЗДНОЕ СКОПЛЕНИЕ ПЛЕЯДЫ

11.1. Видимое положение каждой звезды однозначно характеризуется ее координатами. Почему в современной астрономии сохранилось понятие созвездия?

11.2. Как изменится вид звездного неба при наблюдениях из окрестностей Сириуса?

11.3. Понятие элонгации применяется не только к нижним планетам, но и к звездам. К каким?

11.4. Где на небе располагаются звезды, имеющие максимальные и минимальные лучевые скорости относительно Солнца?

11.5. Можно ли определить путем наблюдений мгновенную лучевую скорость звезды? мгновенную тангенциальную скорость?

11.6. Гелиоцентрическая лучевая скорость Веги равна 13,9 км/с (фиолетовое смещение). Какой фактор для данного значения лучевой скорости является определяющим в системе отсчета, связанной с близкими звездами: движение Веги или движение Солнца?

11.7. Две звезды, имеющие разные массы, находятся на постоянном расстоянии друг от друга. Каков характер их движения?

11.8. Как по видимой траектории звезды-спутника вокруг главной звезды сделать заключение о наклонении плоскости орбиты спутника к картинной плоскости?

11.9. Как по наблюдениям звезд определить ориентацию в пространстве земной орбиты?

11.10. Если угловое расстояние между компонентами двойной звезды меньше $0,05''$, то они не разрешаются даже в самые мощные телескопы. Предложите метод обнаружения двойственности звезды.

11.11. Звезда массой m движется вокруг звезды массой M по эллиптической орбите. По каким траекториям движутся эти звезды относительно центра масс системы?

11.12. Относительно какой точки пространства угловые скорости радиусов-векторов компонентов двойной звезды оказываются одинаковыми?

11.13. У какого компонента двойной звезды: с большей или меньшей массой — размеры орбиты относительно центра масс больше?

11.14. Как расположена плоскость орбиты затменно-двойной звезды относительно картинной плоскости?

11.15. При каких условиях фаза вторичного минимума на кривой блеска затменно-переменной звезды может быть равна 0,5?

11.16. У одной затменно-переменной звезды вторичный минимум попадает на фазу 0,5, а у другой — на фазу 0,2. У какой из них эксцентриситет орбиты больше?

11.17. Тесная двойная звездная система имеет компоненты, блеск которых равен 1^m и 2^m . Оцените приближенно, не производя вычислений, суммарный блеск двойной звезды.

11.18. Чему равны отношения эффективных температур компонентов затменно-переменной звезды, если первичный минимум в 2 раза больше вторичного (в интенсивностях)? Размеры звезд одинаковы.

11.19. Почему кривые блеска затменно-переменной звезды β Лиры имеют плавный характер в отличие от кривых блеска звезд типа β Персея?

11.20. Какое рассеянное звездное скопление самое близкое к Солнцу?

11.21. В чем заключаются главные различия рассеянных и шаровых скоплений?

11.22. Известно, что все звезды конкретного рассеянного или шарового скопления имеют один и тот же возраст. Почему тогда эти звезды попадают в разные места на диаграмме «Спектр — светимость»?

11.23. Самые яркие звезды рассеянного звездного скопления Плеяды голубые. Какое суждение можно сделать о массе этих объектов?

11.24. В рассеянных скоплениях χ и h Персея обнаружены красные гиганты и сверхгиганты в отличие от Плеяд, где есть только голубые гиганты. Какие скопления имеют больший возраст?

11.25. У звезд Плеяд обнаружена зависимость: чем меньше видимый блеск звезды, тем больше поздний спектральный тип она имеет. Как это можно объяснить?

11.26. Какие звезды называются инфракрасными?

11.27. Что собой представляют коричневые карлики?

11.28. Что такое углеродные звезды?

11.29. Есть ли вода на звездах?

11.30. Почему болометрическая амплитуда блеска Миры Кита меньше амплитуды ее блеска в визуальной области?

11.31. Какие звезды становятся новыми?

11.32. Может ли новая вспыхнуть еще раз?

11.33. Какая переменная звезда имеет максимальную амплитуду блеска?

11.34. Какую яркую физическую переменную звезду большинство населения земного шара может видеть все ночи в течение года?

11.35. Какие звезды самые горячие? самые холодные?

11.36. Как по звездному спектру легко показать, что звезды представляют собой раскаленные оптически плотные тела, окруженные газовыми атмосферами?

11.37. У каких звезд самые малые периоды вращения?

11.38. Как влияет вращение звезды на профиль спектральной линии? Какой спектральный параметр при этом остается таким же, как и у невращающейся звезды?

11.39. Какие звезды размером с Землю?

11.40. Почему с увеличением массы радиусы белых карликов уменьшаются, а радиусы планет земной группы увеличиваются?

11.41. Какую форму имеют звезды?

11.42. Почему большинство звезд и планет имеет форму, близкую к сферической?

11.43. Какую форму имеет поверхность равного гравитационного потенциала одиночной звезды? двойной звезды?

11.44. Чем отличаются звезды от планет?

11.45. В каких космических объектах: звездах или планетах — структура вещества более сложная?

11.46. Структура вещества каких звезд: горячих или холодных — более сложная?

11.47. Почему звезда существует как единое тело? Возможно ли нарушение равновесия вещества звезды?

11.48. Является ли условие механического равновесия достаточным для существования звезды как целого объекта?

11.49. Как с помощью наблюдений можно доказать, что большинство звезд находится в состоянии механического и теплового равновесия?

11.50. В каких звездах происходят отклонения от состояния механического и теплового равновесия?

11.51. Две звезды обладают совершенно одинаковой массой и одинаковым возрастом, но одна из них вращается. У какой из них запас тепловой энергии больше?

11.52. В каких диапазонах электромагнитных волн наблюдают рождение звезд, а в каких — конец их жизни?

11.53. Как образуется непрерывный спектр звезды?

11.54. У Веги или Солнца распределение энергии в спектре ближе к распределению энергии в спектре черного тела?

11.55. Почему закон смещения Вина редко используют для определения цветовых температур холодных ($T < 3,5 \cdot 10^3$ K) и очень горячих ($T > 10^4$ K) звезд?

11.56. Какой фотометрической величине эквивалентна светимость звезды?

11.57. Предположим, что звезда окружена сферой Дайсона — тонкой оболочкой из твердого материала, на внутренней поверхности которой расселяется создавшая ее внеземная цивилизация. Как изменится светимость нового объекта по сравнению со светимостью звезды? Как изменится поверхностная температура объекта?

11.58. Почему на диаграмме «Спектр — светимость» для случайной выборки звезд наибольшее их число сосредоточено в средней части главной последовательности?

11.59. Почему подавляющее число ярких звезд размещается в верхней части диаграммы «Спектр — светимость»?

11.60. Почему горячие звезды низкой светимости называются белыми карликами?

11.61. У каких звезд: гигантов или карликов — толщина фотосферы меньше?

11.62. Почему звезды с одинаковой поверхностной температурой могут иметь резко различные мощности излучения?

11.63. Две звезды спектральных классов *K* и *M* имеют одинаковые светимости. Одинаковые ли размеры они имеют?

11.64. Почему для звезд более горячих, чем звезды спектрального класса *A0*, показатель цвета меньше нуля, а для звезд менее горячих — больше нуля?

- 11.65.** Чем различается термоядерный синтез в звездах и на Земле?
- 11.66.** В каких звездах и почему синтезируется только изотоп гелия ${}^3\text{He}$, а изотоп ${}^4\text{He}$ не образуется?
- 11.67.** Благодаря какому квантовому эффекту возможно существование звезд?
- 11.68.** Определяется ли вероятность реакции термоядерного синтеза в звездах только вероятностью взаимодействия двух протонов?
- 11.69.** Почему ядерные реакции с нейтронами в космических условиях происходят очень редко, хотя у нейтрона нет заряда и он может в отличие от протона подойти к ядру на любое расстояние?
- 11.70.** Всегда ли термоядерные реакции протекают в центре звезды?
- 11.71.** В каких звездах распределение электронов и ионов по скоростям является максвелловским?
- 11.72.** В каких звездах и почему распределение электронов по скоростям является распределением Ферми — Дирака?
- 11.73.** В каких звездах и почему вещество ведет себя как идеальный газ?
- 11.74.** Звезда спектрального класса А имеет резкие спектральные линии, что означает отсутствие доплеровского уширения. Можно ли полагать, что звезда не вращается или вращается медленно?
- 11.75.** Можно ли звезду считать точечным источником света?
- 11.76.** Какую форму имеет волновая поверхность светового излучения звезды?
- 11.77.** Можно ли применять понятие яркости по отношению к звезде?
- 11.78.** Какие звезды светят: а) за счет энергии гравитационного сжатия; б) за счет энергии термоядерного синтеза; в) за счет энергии радиоактивного распада; г) за счет тепловой энергии; д) за счет соседней звезды?
- 11.79.** Одинаковые ли процессы происходят при сжатии звездной плазмы, в случае если она состоит из полностью ионизованного газа или из частично ионизованного газа?
- 11.80.** Какие звезды показывают фазы?
- 11.81.** Когда звезда светит как целая галактика?
- 11.82.** Каким образом на звездах может возникнуть сильное рентгеновское излучение?
- 11.83.** Чем отличается рентгеновское излучение барстеров от излучения рентгеновских пульсаров?
- 11.84.** Есть ли на звездах темные пятна? Есть ли на звездах яркие пятна?
- 11.85.** Почему линии водорода наиболее интенсивны в спектрах звезд спектрального класса А?

11.86. Почему основная диаграмма астрофизики носит название «Спектр — светимость», а не «Температура — светимость»?

11.87. Каким образом обеспечивается постоянство мощности излучения звезды?

11.88. Покажите, что в недрах звезд вещество не может находиться в жидком или твердом состоянии.

11.89. У каких звезд вещество находится в жидком состоянии?

11.90. У каких звезд твердая поверхность?

11.91. Почему в недрах звезд вещество должно иметь высокую температуру?

11.92. В каких случаях основным механизмом теплообмена в недрах звезд является конвекция и в каких — излучение?

11.93. В каких звездах перенос энергии обеспечивается преимущественно посредством теплопроводности?

11.94. Почему перенос энергии в недрах красных карликов происходит преимущественно путем конвекции, а в звездах верхней части главной последовательности — лучеиспусканием?

11.95. Квант света, идущий из более глубоких слоев звезды, захвачен атомом ее атмосферы. Какова дальнейшая «судьба» атома?

11.96. Что общего между двигателем внутреннего сгорания и переменной звездой-цефеидой?

11.97. К каким видам колебаний относятся пульсации правильных физических переменных звезд (свободные, затухающие, вынужденные, автоколебания)?

11.98. Вещество звезд представляет собой плазму. Стоит ли она из электронов и положительных ионов, или в ней, несмотря на высокую температуру, могут быть и отрицательные ионы?

11.99. Почему в звездах почти одинаковое относительное содержание гелия, но разное содержание более тяжелых элементов?

11.100. Почему в звездах типа Вольф-Райе в отличие от подавляющего большинства звезд относительное содержание гелия существенно выше содержания водорода?

11.101. Какие звезды состоят из концентрических слоев, образованных из разных химических элементов, вплоть до железа?

11.102. Почему синтез ядер в центральной части звезд заканчивается образованием железа? Возможно ли образование в звездах элементов более тяжелых, чем железо?

11.103. Почему в атмосферах некоторых звезд наблюдается присутствие тяжелых элементов: углерода, титана, циркония, технеция?

- 11.104.** Почему у молодых звезд более разнообразный химический состав, чем у старых?
- 11.105.** У каких звезд очень плотные ядра и очень протяженные оболочки?
- 11.106.** Как можно показать на основе спектральных наблюдений, что наружные слои звезд находятся в газообразном состоянии?
- 11.107.** Как можно показать, что звезды представляют собой раскаленные оптически плотные тела?
- 11.108.** Можно ли наблюдать ядра звезд?
- 11.109.** Почему планетарные туманности видны в виде светящегося кольца или диска с большей яркостью к краям?
- 11.110.** Какие звезды состоят преимущественно из нейтронов?
- 11.111.** Где в настоящее время в космосе происходит образование звезд?
- 11.112.** Что является более трудным для понимания: происхождение звезд или планет?
- 11.113.** Почему звезды могут образовываться только из очень массивных газопылевых комплексов?
- 11.114.** Как зависит образование химических элементов от температуры недр звезды?
- 11.115.** Возраст какой яркой звезды составляет всего лишь 1/500 от возраста Земли?
- 11.116.** Какие звезды живут дольше: имеющие малую или большую массу?
- 11.117.** За счет чего звезды теряют массу?
- 11.118.** Во что превращаются массивные звезды?
- 11.119.** Что такое коллапс звезды?
- 11.120.** Как часто происходят вспышки сверхновых звезд в нашей Галактике?
- 11.121.** Как давно произошла вспышка сверхновой в Большом Магеллановом Облаке?
- 11.122.** Какие самые знаменитые останки звезды?
- 11.123.** Что такое пульсары?
- 11.124.** Какие характеристики звезды не изменяются при переходе ее в состояние нейтронной звезды, а какие изменяются?
- 11.125.** Почему пульсары быстро вращаются?
- 11.126.** Как найти черную дыру?
- 11.127.** Во что превращаются черные дыры?
- 11.128.** Когда погаснут все звезды?
- 11.129.** Конечна или бесконечна звездная Вселенная?
- 11.130.** Как отличить в спектре звезды линии межзвездного газа от линий, образованных в атмосфере самой звезды?
- 11.131.** О каких свойствах межзвездной среды свидетельствует ее способность поляризовать свет звезд?

11.132. Частицы космических лучей обладают гигантской энергией (до 10^{19} эВ). Предполагают, что они ускоряются магнитными полями облаков межзвездного газа. Каким образом происходит ускорение корпускул, если известно, что действующая со стороны магнитного поля на движущуюся заряженную частицу сила Лоренца изменяет только направление вектора скорости, но не его модуль?

11.133. Что происходит в результате взаимодействия космического электромагнитного излучения с частицами межзвездной среды: электроном, атомом, молекулой?

11.134. В недрах звезд γ -кванты перерабатываются в кванты видимого излучения — фотоны. Возможен ли в космосе обратный процесс — увеличение частоты кванта электромагнитного излучения?



12 ГАЛАКТИКА. МЕТАГАЛАКТИКА

ГАЛАКТИКА M41 в созвездии Гончих Псов

12.1. Чем галактики отличаются от звезд, если те и другие рассматривать как гравитационно связанные системы частиц?

12.2. Как доказать, что Солнце расположено близко к галактической плоскости?

12.3. Каких звезд: имеющих большую или малую массу — больше всего в Галактике?

12.4. Почему старые звезды Галактики образовали сферическую подсистему, а молодые — тонкий вращающийся диск?

12.5. Почему в веществе самых старых звезд Галактики очень мало тяжелых элементов, а в веществе самых молодых, наоборот, повышенное их содержание?

12.6. Почему спиральный узор Галактики вращается как единое целое?

12.7. Можно ли говорить о вращении Галактики, если она состоит из дискретных объектов — звезд, каждая из которых обращается по своей эллиптической орбите с определенными параметрами?

12.8. Траектории двух гравитирующих частиц являются эллипсами, три взаимодействующие частицы могут уже иметь множество различных видов траекторий. Количество конфигураций галактик, состоящих из 100 млрд звезд, должно быть чрезвычайно велико. Почему же морфологически галактики в основном сводятся к трем типам: спиральным, эллиптическим и неправильным?

- 12.9.** Какие самые старые образования в Галактике?
- 12.10.** Каков знак полной механической энергии звездного скопления?
- 12.11.** Почему шаровые звездные скопления весьма устойчивы?
- 12.12.** Как по фотографии звездного скопления обнаружить его корону?
- 12.13.** Как по диаграмме «Спектр — светимость» отличить старое рассеянное скопление от более молодого?
- 12.14.** Как на основе астрометрических наблюдений доказать молодость звездных кратных систем?
- 12.15.** Можно ли обнаружить невооруженным глазом космическую пыль в Галактике?
- 12.16.** На фотографиях каких галактик отчетливо видна межзвездная пыль?
- 12.17.** Почему при прочих равных условиях космические металлические пылинки сильнее ослабляют падающий свет по сравнению с диэлектрическими частицами?
- 12.18.** Плотность потока излучения звездного неба вдали от космических тел составляет около 2 мкВт/м^2 . Как исходя из этой величины оценить температуру межзвездной пыли?
- 12.19.** Расстояние, которое проходят космические лучи до встречи с Землей, на четыре порядка превышает радиус нашей Галактики. Означает ли это, что космические лучи приходят из областей, лежащих вне пределов Галактики?
- 12.20.** Первичные космические лучи обладают высокой изотропностью. Означает ли это, что их происхождение не связано с дискретными объектами?
- 12.21.** Являются ли изотропными вторичные космические лучи?
- 12.22.** Почему галактические космические лучи в отличие от солнечных космических лучей обогащены ядрами легких элементов: Li, Be, B?
- 12.23.** По каким направлениям в пространстве видно мало звезд нашей Галактики, но больше всего других галактик?
- 12.24.** Какие галактики видны невооруженным глазом?
- 12.25.** Какие галактики расположены ближе всего к нашей Галактике?
- 12.26.** Какая ближайшая к нам спиральная галактика?
- 12.27.** Почему более далекие группы галактик содержат меньшее число членов, чем близкие группы?
- 12.28.** Почему отношение $N_{m+1}/N_m \approx 4$, где N_{m+1} — число галактик, имеющих звездные величины $m+1$, а N_m — число галактик со звездными величинами m , близко к четырем по всем направлениям? Почему аналогичное отношение для ярких звезд нашей Галактики близко к трем, а для более слабых звезд даже к двум?

- 12.29.** К каким выводам об эволюции Метагалактики можно прийти, зная, что физические свойства близких и далеких звезд и галактик одинаковы?
- 12.30.** Какого цвета галактики?
- 12.31.** Почему динамическая масса спиральных галактик на порядок превышает их массу, определенную по светимости звезд?
- 12.32.** Почему линии поглощения в спектре любой спиральной галактики широкие в отличие от узких линий в спектрах звезд, из которых состоят галактики?
- 12.33.** В каких типах галактик образуются звезды?
- 12.34.** Существуют ли двойные галактики?
- 12.35.** Что такое скопления галактик?
- 12.36.** Что находится в центрах галактик?
- 12.37.** В чем проявляется активность галактик?
- 12.38.** Ширина линии H_{β} в спектре ядра сейфертовской галактики составляет около 3 нм. Как по этой величине оценить активность галактики?
- 12.39.** Какой квазар самый близкий к Земле?
- 12.40.** Почему квазары не видны на расстояниях с $z < 0,16$?
- 12.41.** Характерное время регулярных изменений блеска квазара 3C 273 около 10 лет. Оцените собственные размеры этого квазара.
- 12.42.** Почему линии в спектрах далеких галактик смещены в красную сторону?
- 12.43.** Почему красное смещение, определенное по большому числу галактик, растет ступенчато с расстоянием?
- 12.44.** Почему несколько ближайших галактик имеет фиолетовое смещение?
- 12.45.** Почему разбегаются галактики, хотя в то время, когда произошел Большой взрыв, их еще не существовало?
- 12.46.** Почему Вселенная нестационарна?
- 12.47.** Влияет ли космологическое расширение Метагалактики на расстояние между Землей и: а) Луной; б) центром Галактики; в) галактикой M31 в созвездии Андромеды; г) центром местного сверхскопления галактик?
- 12.48.** Может ли быть бесконечное расширение Вселенной?
- 12.49.** Изотропно ли реликтовое излучение?
- 12.50.** Почему можно полагать, что реликтовое излучение имеет тепловое происхождение?
- 12.51.** Каких химических элементов больше всего во Вселенной и когда они образовались?
- 12.52.** Почему во Вселенной преобладают ядерные реакции синтеза, а не ядерные реакции деления?
- 12.53.** В современной космогонии победила конденсационная гипотеза. Какие астрономические явления подтверж-

дают альтернативную гипотезу, отстаивавшуюся В. А. Амбарцумяном?

12.54. Противоречит ли дезинтеграционная космогоническая теория конденсационной теории?

12.55. Однородна ли Вселенная?

12.56. Каким образом произошел переход от однородного распределения вещества в Метагалактике во время Большого взрыва к появлению дискретных объектов?

12.57. Вселенная эволюционирует от простого к сложному или наоборот?

12.58. Почему во Вселенной возникли и существуют упорядоченные структуры материи?

12.59. Бесконечна ли иерархия космических объектов?

12.60. Находится ли Метагалактика в состоянии термодинамического равновесия?

12.61. Как меняется энтропия в процессе расширения Вселенной?

12.62. Существовало ли когда-либо антивещество во Вселенной?

12.63. На ранней стадии Вселенной произошла аннигиляция вещества и антивещества. Почему все же существует наш мир, состоящий из вещества?

12.64. Какой наблюдательный факт указывает на отсутствие во Вселенной антимиров?

12.65. Конечна или бесконечна наблюдаемая Вселенная?

12.66. Можно ли увидеть прошлое Вселенной?

12.67. Каков возраст Вселенной?

12.68. Когда во Вселенной не будет галактик?

12.69. Обратима ли эволюция вещества во Вселенной?

1 НАБЛЮДЕНИЯ — ОСНОВА АСТРОНОМИИ

1.1. В современной науке под наблюдением объекта понимается измерение его свойств, т. е. цель и средства наблюдения и эксперимента одинаковы.

1.2. Эксперимент может быть повторен; наблюдение можно повторить, только если повторится небесное явление.

1.3. Исследование физических свойств тел становится возможным благодаря взаимодействию их электромагнитного излучения с астрономическими приборами (телескопами и приемниками излучения).

1.4. В астрономических наблюдениях и во всех научных экспериментах измеряют только длины пространственных и временных интервалов.

1.5. Из факта существования небесных тел однозначно следует вывод об их движении. Системы, состоящие из неподвижных космических тел, не могут существовать в условиях действия сил тяготения.

1.6. Только в трехмерном пространстве возможны как связанные (устойчивые), так и несвязанные (неустойчивые) движения, которые и реализуются в наблюдаемой Вселенной. Только в трехмерном пространстве могут существовать структуры, основанные на электромагнитном взаимодействии (атомы), и структуры, базирующиеся на гравитационном взаимодействии (планетные и звездные системы).

1.7. Изотропность пространства доказывает одинаковая средняя плотность вещества в Метагалактике по разным направлениям.

1.8. Закон сохранения импульса является следствием однородности пространства, закон сохранения энергии — следствием однородности времени.

1.9. При равенстве инертной и гравитационной масс ускорение свободного падения не зависит от массы притягиваемого тела. Ускорение свободно падающего камня и центростремительное ускорение Луны не зависят от их масс, а определяются только расстоянием этих тел от центра Земли.

1.10. Решение фотометрического парадокса лежит в рамках теории расширяющейся Вселенной. Число звезд в Метагалактике конечно. Метагалактика ограничена так называемым космологическим горизонтом — расстоянием, которое свет проходит за время, прошедшее с момента Большого взрыва. Доля неба, покрываемая звездами, ничтожно мала. К тому же, вследствие расширения Вселенной, в спектрах звезд разбегающихся галактик наблюдается красное смещение, что приводит к уменьшению мощности излучения в оптическом диапазоне.

1.11. Вселенная иерархична, т. е. она представляет совокупность систем разного порядка. Однако средняя плотность вещества в Метагалактике очень мала и силы тяготения не могут удержать системы высокого порядка от разрушения.

1.12. На блеск светила влияет его движение по лучу зрения наблюдателя. Вследствие эффекта Доплера освещенность от удаляющихся объектов будет уменьшаться, а от приближающихся объектов — увеличиваться. Реальным этот эффект оказывается для разбегающихся галактик.

1.13. О годичной аберрации света. Абберационный эллипс звезда описывает за один год.

1.14. Если бы скорость света зависела от длины волны, то при открытии звезды темным краем лунного диска она в первый момент казалась бы красной, а в последний момент — фиолетовой.

1.15. Наблюдение поляризации света звезд, Луны, планет.

1.16. Если вспыхнувшая звезда, например новая, находится внутри туманности, то движение фронта световой волны наблюдается как расширение светящейся сферы.

1.17. Для этого необходимо, чтобы данный объект (планета или черная дыра) входил в состав тесной двойной системы, а второй объект представлял собой видимую звезду. Из-за движения обоих объектов вокруг центра масс видимый компонент показывает периодические уклонения на небесной сфере. Такой же метод применяется и при наблюдениях линейчатого спектра.

1.18. Необходимо провести спектральные наблюдения близких звезд диска Галактики. Лучевые скорости звезд по радиус-вектору центра Галактики будут равны нулю, также будут отсутствовать лучевые скорости в направлении апекс-антиапекс галактического вращения. По направлениям, сдвинутым на 45° от данных направлений, наоборот, лучевые скорости будут максимальны.

1.19. Электромагнитные волны возникают вследствие ускоренного движения зарядов. Очевидно, что для возникновения гравитационных волн необходимо ускоренное движение космических тел, которое наиболее велико в тесных

двойных системах. Приемником гравитационных волн должна быть пара массивных тел, способных колебаться.

1.20. Теория показывает, что интенсивность гравитационных волн должна быть существенно более слабой по сравнению с интенсивностью электромагнитных волн.

1.21. Гравитационное и электромагнитное взаимодействия. Электромагнитное взаимодействие — это прежде всего световое давление, а также влияние магнитных полей.

1.22. При протекании термоядерных реакций в звездах преобладают ядерные взаимодействия; электромагнитные взаимодействия преобладают при действии светового давления звезды на космические пылинки, при действии магнитных полей на движущиеся заряженные частицы.

1.23. Неконтактные взаимодействия (гравитационные и электромагнитные) определяют орбиты космических тел, а также могут влиять на форму космических тел (приливы). Контактные взаимодействия космических тел, являющиеся неупругими (соударения), обязательно сопровождаются выделением тепла, что влечет за собой изменение облика космических тел (в частности, кратеры и моря на Луне), а часть механической энергии взаимодействующих тел идет на изменение их орбит.

1.24. Нет.

1.25. От соотношения масс.

1.26. В первом случае уменьшились бы размеры всех космических тел. Уменьшились бы орбиты тел, а следовательно, произошли бы столкновения многих из них. Луна упала бы на Землю, а планеты вместе со спутниками упали бы на Солнце. Излучение Солнца и других звезд резко увеличилось бы. Вселенную пронизали бы мощные нейтринное, рентгеновское и гамма-излучения.

Во втором случае орбиты планет и их спутников стали бы гиперболическими, из-за чего Солнечная система и планетные системы у других звезд распались бы. Размеры всех космических тел увеличились бы. Прекратились бы термоядерные реакции в недрах Солнца и подавляющего числа звезд, и звезды постепенно потухли бы.

1.27. В первом случае сила притяжения электронов к ядрам атомов увеличилась бы в 100 раз и произошел бы захват электронов протонами. Во Вселенной стали бы преобладать нейтронные объекты.

Во втором случае радиусы орбит электронов увеличились бы в 100 раз, что привело бы к увеличению размеров тел. Энергия связи электронов с ядром уменьшилась бы уже на четыре порядка, что привело бы к почти мгновенной ионизации атмосферного воздуха.

1.28. Закон всемирного тяготения сформулирован для двух материальных точек. Космические тела в большинстве случаев находятся друг от друга на очень больших расстояниях, и поэтому они могут рассматриваться как материальные точки. Закон всемирного тяготения также применим и к сферическим телам — планетам, звездам, даже если они находятся на близком расстоянии друг от друга при условии сферически симметричного распределения вещества в них.

1.29. Справедлив. Ускорения тел различных масс постоянны потому, что сила тяготения сама пропорциональна массе притягиваемого тела.

1.30. Речь идет об ускорении космического тела в неинерциальной системе отсчета, связанной с другим космическим телом. Это ускорение находится по формуле $a = G(M+m)/r^2$, где M и m — массы тел.

1.31. Второй закон Кеплера является следствием закона сохранения момента импульса для системы Солнце — планета. Данный закон выполняется в этой системе, так как момент силы притяжения планеты к Солнцу, являющейся центральной силой, равен нулю.

1.32. Второй эмпирический закон Кеплера справедлив для инерциальных систем отсчета. Например, в случае, если начало координат связано с центром масс гравитационной системы. Второй обобщенный закон Кеплера применим и для неинерциальных систем отсчета. Например, для системы отсчета, связанной с центром Солнца.

1.33. Одно космическое тело в поле тяготения другого может двигаться по одной из пяти возможных траекторий: прямой линии, окружности, эллипсу, параболе или гиперболе.

1.34. Движение космических тел по кривым коническим сечений возможно только во Вселенной, состоящей всего из двух таких тел. Реальное движение космического тела в пространстве есть возмущенное движение.

1.35. Двигутся по эллипсам планеты, периодические кометы, астероиды, естественные и искусственные спутники планет. Также по эллиптическим орбитам — Солнце и другие звезды вокруг центра Галактики.

Окружность — частный случай эллипса. Известны планеты и спутники, движущиеся по эллиптическим орбитам с очень малым эксцентриситетом, например Венера. Прямолинейное движение реализуется при падении тел с нулевой начальной скоростью.

По параболическим и гиперболическим орбитам могут двигаться кометы, приходящие из межзвездного пространства или изменившие свои орбиты под действием массивных космических тел.

1.36. Может. Обычно такие тела обнаруживаются в особых точках в системе, состоящей из двух массивных тел, обращающихся вокруг общего центра масс,— точках Лагранжа.

У Сатурна на одной орбите движутся три спутника: Тетия, Телесто и Калипсо; на орбите спутника Диона — еще один спутник: 1980 S6. Две группы малых планет находятся на орбите Юпитера: группа астероидов («греки») движется впереди Юпитера и несколько астероидов («троянцы») — позади него.

1.37. Первый закон Кеплера. Расширен класс траекторий, по которым одно космическое тело может двигаться в поле тяготения другого космического тела.

Второй закон Кеплера. Современная формулировка: «Секторная скорость одного космического тела в поле тяготения другого есть величина постоянная». Так как секторная скорость есть векторная величина, то обобщение Ньютона означает также, что космическое тело движется по кривой, в плоскости которой находится космическое тело, образующее поле тяготения.

Третий обобщенный закон Кеплера сформулирован для неинерциальных систем отсчета, в которых телами отсчета являются любые свободные космические тела.

1.38. Собственное движение Луны при наблюдении ее в телескоп с увеличением 500—1000 раз. Движение метеорных тел в атмосфере Земли. Собственное движение искусственных спутников.

1.39. Планеты Солнечной системы совершают как прямые, так и попятные движения на небе Земли. Петлеобразное движение планет является следствием сложения орбитальных движений Земли и планет. Аналогичные явления имеют место и на других планетах.

1.40. Такое движение имеет комета при движении к Земле или от нее. Петли образуются из-за орбитального движения Земли.

1.41. Апекс, вертекс, радиант.

1.42. Малые космические тела — метеороиды — могут быть видимы только во время их движения в земной атмосфере как явление метеора.

1.43. Для тела, находящегося на эллиптической орбите, полная механическая энергия меньше нуля, на параболической орбите равна нулю, на гиперболической больше нуля. Равенство нулю механической энергии означает равенство нулю в бесконечности как кинетической, так и потенциальной энергий. Тело на гиперболической орбите даже в бесконечности имеет отличную от нуля скорость.

1.44. Работа силы тяготения будет равна нулю при выполнении одного из условий: а) состояние покоя; б) движение космического тела по круговой орбите.

1.45. Третьему закону Ньютона подчиняется гравитационное взаимодействие космических тел. Сила светового давления пропорциональна мощности излучения первого тела, площади поперечного сечения и коэффициенту отражения второго тела. Силы светового давления у двух тел, очевидно, будут равны, если у них будут одинаковыми данные параметры.

1.46. Звезды состоят из плазмы, являющейся идеальным проводником.

1.47. При низких температурах возможно существование конденсированных состояний вещества — твердого и жидкого.

При $T \sim 10^3$ К происходит диссоциация молекул на атомы.

При $T \sim 10^4$ К начинается ионизация атомов, а при $T \sim 10^7$ К она заканчивается; вещество в конце этой стадии состоит только из ядер атомов и свободных электронов.

При $T > 10^9$ К происходит разрушение ядер; вещество при этом состоит из протонов и электронов.

При $T > 10^{13}$ К возможно образование пар нуклонов — антинуклонов.

1.48. Это понятие не имеет смысла. Можно говорить о температуре тела, находящегося в космическом пространстве.

1.49. Вселенная — это весь материальный мир; в более узком смысле под Вселенной понимается окружающее нас мировое пространство, небесные тела, их системы, газ и пыль, электромагнитные поля, космические элементарные частицы.

Вселенную, рассматриваемую как единое целое, подчиняющуюся общим законам, называют космосом. Слово «космос» в греческом языке означает «порядок», «гармония», «красота». Это слово родственно слову «косметика», смысл Вселенную как гармоничную, упорядоченную систему назвал космосом древнегреческий ученый Пифагор.

Метагалактика — вся наблюдаемая область Вселенной. Ее границы по мере совершенствования астрономических инструментов расширяются, но существует принципиальный предел, обусловленный конечностью скорости света. В настоящее время диаметр Метагалактики 6000 Мпк.

Под условным названием «мегамир» понимают совокупность макроскопических тел (физических систем, состоящих из огромного количества частиц — атомов и молекул) и их систем астрономического масштаба. Термин «мегамир» чаще используется физиками.

1.50. Прямое восхождение и склонение остаются постоянными у звезд и внегалактических объектов, если прене-

брежь влиянием прецессии и их собственным движением. Азимут и высота не изменяются у звезд, находящихся в полюсах мира.

1.51. На небе тел Солнечной системы, не имеющих атмосферы, днем можно одновременно видеть и Солнце, и звезды. Такое явление имеет место на Меркурии, Луне, большинстве спутников планет, астероидах. Причина этого заключается в отсутствии рассеяния солнечного света на молекулах.

1.52. Лунные моря и Океан Бурь, которые легко видеть невооруженным глазом на диске спутника Земли, — результат столкновений его с крупными космическими телами.

1.53. Космические лучи — это потоки частиц, движущихся к Земле из космоса. Их состав: 90% — протоны, 7% — α -частицы, 1% — электроны и более 1% — ядра тяжелых элементов. В пространстве около Земли в 1 см^3 находится одна такая частица. Среди корпускул космических лучей встречаются частицы с громадной энергией — до 10 ГэВ. Космические лучи образуются на Солнце и других звездах, при взрывах сверхновых, а также в центре Галактики.

1.54. До поверхности Земли доходят только вторичные космические лучи, образующиеся в земной атмосфере вследствие взаимодействия ее частиц с космическими лучами. Вторичные космические лучи несут только косвенную информацию о космосе.

1.55. Межгалактическое тепловое излучение с $T=2,7 \text{ К}$, называемое реликтовым, есть остывшее электромагнитное излучение эпохи Большого взрыва. Плотность реликтового излучения составляет примерно 500 фотонов в 1 см^3 .

1.56. Бесконечная амплитуда блеска по шкале звездных величин наблюдается у оптических пульсаров. Во время минимума блеска пульсар (нейтронная звезда) не виден с Земли вообще. Логарифм отношения освещенности в максимуме излучения к нулевому излучению равен бесконечности.

1.57. В спектре Марса обнаружено излучение, длина волны которого совпадает с длиной волны лазеров, работающих на двуокиси углерода. Предполагают, что атмосфера Марса ведет себя как естественный лазер, получающий энергию накачки от Солнца.

1.58. Усиление излучения посредством вынужденного испускания фотонов действует в естественных лазерах — ярких космических радиоисточниках, излучающих в линиях OH , H_2O , SiO .

1.59. Да. Силовой характеристикой гравитационного поля является ускорение свободного падения g . Размерность и физический смысл g совпадают с размерностью и физическим смыслом напряженности гравитационного поля.

1.60. Если космическое тело однородно, то ускорение свободного падения уменьшается с глубиной; в центре тела $g=0$. Близкая к этому ситуация предполагается у планет земной группы. Если плотность увеличивается с глубиной, то ускорение свободного падения будет иметь максимум на какой-то глубине; в центре объекта $g=0$. Такая ситуация имеет место на Солнце. Максимальное значение ускорения свободного падения для Солнца наблюдается на расстоянии 0,217 радиуса светила от центра.

1.61. Такая скорость называется второй космической. Она находится из соотношения, определяемого равенством кинетической и потенциальной энергий тела в поле тяготения космического тела. Вторая космическая скорость для Луны 2,4 км/с, Земли — 11,2 км/с, Юпитера — 61 км/с, Солнца — 620 км/с, белого карлика — 5200 км/с.

1.62. Пределом Роша называется расстояние, на котором спутник может быть разорван на части приливными силами, действующими со стороны планеты. Например, для Сатурна предел Роша составляет 148 000 км при диаметре планеты 120 800 км.

1.63. Кометы относятся к малым телам Солнечной системы. Твердое ядро кометы имеет диаметр порядка 1—10 км. Однако газопылевая атмосфера, окружающая ядро, при приближении кометы к Солнцу образует голову, диаметр которой сравним с диаметром Солнца ($1,4 \cdot 10^6$ км). Длина хвоста кометы может доходить до одной астрономической единицы и даже больше.

1.64. При нарушении твердой коры нейтронной звезды происходит резкое изменение момента инерции, следствием чего являются скачки периодов вращения. Скачкообразные изменения угловой скорости Земли также объясняют изменением момента инерции из-за перемещения воздушных и снеговых масс по поверхности Земли и радиального перемещения вещества внутри планеты.

1.65. Теплоемкость отрицательна у звезд. Если энергия звезды увеличивается, то звезда расширяется и при этом остывает. Остывание происходит за счет работы против сил тяготения.

1.66. Черные дыры имеют только три характеристики: массу, момент импульса и электрический заряд.

1.67. Нейтронные звезды в основном состоят из плотно упакованных нейтронов. В таком состоянии нейтронную звезду можно рассматривать как гигантское атомное ядро. Радиус таких звезд около 10 км. При определенных условиях нейтронную звезду можно наблюдать с Земли как пульсар. Космическое тело не может состоять из одних протонов, так как между ними в этом случае возникнут гигантские силы отталкивания, и тело разрушится.

1.68. Самый близкий к Земле космический источник нейтрино — Солнце. Энергия солнечных нейтрино, являющихся исключительно электронными, может достигать до 14 МэВ.

1.69. Невыполнение закона сохранения энергии и закона сохранения лептонного заряда в некоторых ядерных реакциях в космосе.

1.70. Кометы — космические тела, находящиеся в состоянии непрерывной дезинтеграции. В результате распада комет образуются метеорные потоки.

1.71. Такими свойствами обладают только черные дыры.

1.72. Железное ядро образуется в процессе эволюции у звезд с массой более 5 масс Солнца. Железное ядро предполагается у нашей планеты Земля.

1.73. Атмосферу имеют звезды, большинство планет, кометы, некоторые спутники планет.

1.74. Газопылевые хвосты появляются у комет при их приближении к Солнцу. Обнаружен также газовый хвост у Земли, направленный в сторону от Солнца. По оценкам, он простирается на расстояние около 650 000 км. Вероятно, газовые хвосты есть и у других планет, имеющих атмосферу.

1.75. Метеорное тело, движущееся в земной атмосфере, нагревается, и на его поверхности начинается термоэлектронная эмиссия. В результате тело приобретает громадный положительный заряд, а такой же отрицательный заряд оказывается распределенным в длинном плазменном хвосте.

1.76. Такое явление возможно, если крупный метеороид пролетает в атмосфере Земли. Большой положительный заряд метеороида индуцирует на поверхности Земли отрицательный заряд. При соответствующей напряженности электрического поля между метеорным телом и Землей в атмосфере может произойти искровой разряд.

1.77. Отдельные изолированные части искусственного спутника на орбите могут приобрести разный потенциал. При достаточно большой разности потенциалов между ними по поверхности спутника происходит электрический разряд, который отрицательно влияет на работу радиотехнической аппаратуры спутника.

1.78. Человеческое тело на 65% состоит из кислорода, на 18% — из углерода, в нем имеются азот, магний, фосфор и многие другие элементы. Всего в живых организмах выявлено 70 химических элементов. Все химические элементы, более тяжелые, чем водород и гелий, включая железо, синтезировались при термоядерных реакциях в недрах звезд. Химические элементы, более тяжелые, чем железо, образовались во время вспышек сверхновых звезд.

1.79. По спектральным наблюдениям в космосе обнаружены молекулы формальдегида, цианацетилена, древесного

спирта, муравьиной кислоты, уксусного альдегида, ацетонитрила и многих других соединений. Органические молекулы встречаются в плотных газопылевых облаках в межзвездной среде, где возможно столкновение между атомами и радикалами.

1.80. В Солнечной системе известны спутники Солнца: планеты, спутники планет и даже спутники астероидов. Двойные звезды состоят из главной звезды и звезды-спутника. Предполагается существование планетных систем у других звезд.

1.81. Межпланетную пыль можно увидеть с Земли благодаря рассеянию света Солнца на частицах пыли. Наблюдается она в виде зодиакального света — слабого диффузного свечения, видимого после наступления темноты или перед рассветом.

2 МЕТОДЫ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Диаметр объектива. Он определяет проникающую и разрешающую способности телескопа.

2.2. Геометрическая светосила телескопа, определяемая как отношение квадрата диаметра объектива телескопа к квадрату его фокусного расстояния. Чем больше светосила телескопа, тем больше яркость изображения протяженного объекта.

2.3. Телескопы-рефлекторы обладают рядом достоинств по сравнению с рефракторами: одна оптическая поверхность у объектива, меньшие (в основном термические) требования к стеклу, отсутствие хроматической аберрации. Рефракторы в основном применяются в астрометрии, так как у них отсутствует сферическая аберрация.

2.4. Изготовление большого телескопа-рефлектора экономически более целесообразно, чем изготовление такого же по диаметру телескопа-рефрактора. Кроме этого, линзовый объектив не может быть изготовлен больших размеров.

2.5. Для бытового зеркала главным является сохранение отражающего покрытия от механических повреждений, поэтому амальгама наносится на заднюю поверхность стекла. У астрономического зеркала не должно быть дополнительных оптических деталей, на которых теряется световой поток и происходит искажение изображения. Поэтому отражающее покрытие наносится на поверхность зеркала, обращенную к световым лучам.

2.6. Металлические рефлекторы трудно изготовить из-за твердости материала. Металл обладает значительной теплопроводностью и большим коэффициентом теплового

расширения. Стекло более удобно для обработки из-за меньшей теплопроводности. Специальные виды стекла имеют очень малые коэффициенты теплового расширения.

2.7. Существовали телескопы-рефлекторы, у которых объективом являлась поверхность жидкой ртути. Параболоидная форма объектива возникает при вращении жидкости вокруг вертикальной оси. Фокусное расстояние объектива зависит от угловой скорости вращения. В настоящее время подобные эксперименты не проводятся из-за того, что ртуть очень ядовита.

2.8. Световые лучи от космического объекта, идущие параллельно главной оптической оси параболоида, собираются в его фокусе без аберраций.

2.9. Форма зеркала — эллипсоид. Лучи от точечного источника света, помещенного в один из фокусов эллипсоида с внутренней отражающей поверхностью, соберутся в другом его фокусе. Зеркало с эллипсоидальной поверхностью используется в телескопической системе Грегори в качестве вторичного зеркала, обращенного вогнутостью к главному зеркалу. С одним из фокусов эллипсоида совмещен фокус главного зеркала. В другом фокусе возникает изображение космического объекта.

2.10. В телескопе системы Ньютона вторичное зеркало только поворачивает световые лучи (на 90°). В системе Кассегрена назначение вторичного зеркала другое — увеличение фокуса. Здесь форма вторичного зеркала должна быть симметричной по отношению к главной оптической оси главного зеркала.

2.11. На вторичное выпуклое зеркало от главного зеркала телескопа падает сходящийся пучок лучей, который остается сходящимся и после отражения от него. Эквивалентное фокусное расстояние оптической системы Кассегрена больше фокусного расстояния главного зеркала. Мнимое изображение в выпуклом зеркале возникает от источника света, дающего параллельный или расходящийся пучок лучей.

2.12. Еще в 1762 г. М. В. Ломоносов предложил схему телескопа-рефлектора, в котором главное зеркало наклонено к оси трубы. Такая схема позволяет обходиться без вторичного зеркала. Она широко применяется в солнечных телескопах. Большое фокусное расстояние объектива сводит к минимуму возникающие при наклоне объектива аберрации.

В современных больших телескопах (например, в шестиметровом) в верхней части трубы находится кабина наблюдателя, позволяющая проводить измерения и фотографирование непосредственно в прямом фокусе. Экранирование кабиной светового потока такое же, как и от вторичного зеркала.

2.13. Хроматическая аберрация возникает только у линзовых объективов. Причиной ее возникновения является зависимость показателя преломления стекла от длины волны.

2.14. Объектив в этом случае должен состоять из комбинации собирающей и рассеивающей линз, у которых хроматическая аберрация имеет разные знаки.

2.15. Объективом может служить плоскопараллельная прозрачная твердая пластина, на которую нанесены непрозрачные кольца, образующие вместе с прозрачными промежутками систему зон Френеля.

2.16. Окуляр — это лупа, при помощи которой рассматривается действительное изображение, создаваемое объективом. Без использования окуляра глаз может приблизиться к изображению, созданному объективом, только на расстояние ясного зрения, которое у взрослых составляет около 25 см. Увеличение визуального телескопа в этом случае будет очень небольшим.

2.17. Действительное изображение объекта на сетчатке глаза создает хрусталик.

2.18. Для этого достаточно выдвинуть окуляр настолько, чтобы изображение, созданное объективом телескопа, оказалось между фокусом и двойным фокусом окуляра. Окуляр в этом случае создает увеличенное действительное изображение той картины, которая возникла в фокальной плоскости объектива.

2.19. При помощи камеры-обскуры можно получить крупное и достаточно яркое изображение солнечного диска (В. Г. Сурдин) или увидеть фазы солнечного затмения.

2.20. Фокусное расстояние камеры-обскуры всегда равно расстоянию от отверстия до экрана. Масштаб изображения $\mu = 3,4/L$ (1/мм).

2.21. При больших увеличениях визуального телескопа снижается контрастность деталей протяженных объектов, становятся заметными дрожания, вызываемые атмосферной турбуленцией, проявляются дифракционные явления. Эксперименты показали, что нецелесообразно применять увеличения, большие $\Gamma = 1,4D$, где D — диаметр объектива телескопа, выраженный в миллиметрах.

Минимальным увеличением является так называемое равнозрачковое увеличение, при котором диаметр выходного зрачка окуляра равен диаметру зрачка глаза. В ночных условиях $d=8$ мм, отсюда $\Gamma_{\min} = D/d$.

2.22. Свет, несомненно, оказывает давление на объективы телескопов-рефлекторов, причем это давление в два раза больше давления, оказываемого на неотражающую поверхность.

Свет будет оказывать давление и на прозрачные объективы телескопов-рефлекторов, так как при прохождении

света через собирающую линзу уменьшается компонент импульсов фотонов, направленный вдоль главной оптической оси.

2.23. Расходимость световых лучей после окуляра больше, чем до окуляра, поэтому проекция импульсов фотонов на оптическую ось возрастает после окуляра. Это приводит к отрицательному световому давлению на окуляр или, иначе, к давлению света, направленному к источнику света.

2.24. Под световым давлением в физике понимают давление, оказываемое на второе тело любым электромагнитным излучением первого тела, в том числе излучением в рентгеновской, радио-, инфракрасной областях спектра.

2.25. Диаметр наблюдаемого диска звезды определяется шириной максимума нулевого порядка и рассеянием света в мутной среде — хрусталике глаза или фотографической эмульсии.

2.26. Видимый угловой диаметр звезды, под которым понимается ширина интерференционного максимума нулевого порядка, обратно пропорционален диаметру объектива.

2.27. Размер дифракционного диска не зависит от блеска звезды, а определяется только диаметром объектива. Явление фотографической иррадиации является определяющим в образовании диска звезды на фотографии. При визуальных наблюдениях рассеяние света происходит в мутной среде оптических компонентов глаза. Явление иррадиации больше у объектов с большим блеском.

2.28. Дифракция на оправе объектива телескопа — дифракция Фраунгофера, так как свет от космических объектов вследствие их удаленности идет параллельным пучком.

2.29. На больших расстояниях от некогерентного источника света пучок конечного сечения оказывается когерентным.

2.30. От двух звезд нельзя получить интерференционную картину, так как звезды не являются когерентными источниками света.

От одной звезды это можно сделать, если, разделив излучение, создать разность фаз между потоками. Интерференционная картина от одной звезды наблюдается также при дифракции света на оправе объектива и в приборах типа интерферометра Майкельсона.

2.31. У альтазимутальной установки не меняется положение центра масс при различных положениях телескопа. Это существенно уменьшает требования к прочности деталей конструкции.

2.32. Изменение горизонтальных координат небесного светила почти всегда происходит не линейно со временем. Для наблюдения светила при помощи альтазимутальной установки требуется сложный электрический привод, управляемый электронно-вычислительной машиной.

2.33. Для таких звезд наиболее велико влияние рефракции, а также ее изменение при вращении небесной сферы.

2.34. Понятие блеска возникло в астрономии до появления физических понятий «световой поток» и «освещенность». Звездные величины являются логарифмической мерой освещенности и отражают физиологические особенности восприятия человеческим глазом светового излучения. Для исследования физических характеристик космических объектов, конечно, необходимо знание освещенности, измеренной, например, в ваттах на квадратный метр.

2.35. В шкале звездных величин, введенной Гиппархом, основание a оказалось равным 2,5. Современное значение a выбрано равным 2,512, так как логарифм этой величины равен 0,4. Это приводит к более простому виду формулы Погсона: $m_2 - m_1 = -2,5 \lg E_2 / E_1$.

2.36. Децибел, как и звездная величина, является дифференциальной логарифмической мерой мощности. Децибелы применяются в акустике. Использование обеих величин основано на психофизиологическом законе Вебера — Фехнера. Один децибел эквивалентен $0,25^m$.

2.37. Понятие яркости неприменимо к точечным объектам, каковыми являются звезды. В данном случае надо использовать или астрономический термин «блеск», или физический термин «освещенность». Например: «Во сколько раз освещенность, создаваемая звездой первой величины, больше освещенности, создаваемой звездой шестой величины?»

2.38. Поверхностная яркость туманности не изменилась бы. Освещенность от элемента поверхности обратно пропорциональна квадрату расстояния, но и телесный угол, под которым виден этот элемент, убывает таким же образом.

2.39. Основная часть излучения звезд, более горячих и более холодных, чем Солнце, находится вне оптической области.

2.40. Первый способ основан на существовании селективных приемников излучения. Второй способ заключается в том, что в спектре при помощи светофильтров выделяются разные участки, излучение от которых последовательно регистрируется одним и тем же светочувствительным элементом.

2.41. Широкополосные светофильтры пропускают больше света — в этом случае телескопу доступны более слабые объекты. Однако за счет широкой полосы могут теряться детали спектра.

2.42. Цветочувствительные элементы сетчатки глаза — колбочки — имеют меньшую чувствительность по сравнению с более чувствительными элементами сетчатки — палочками.

2.43. Холодные звезды в основном излучают в красной и инфракрасной областях спектра, что и определяет их цвет.

Горячие звезды дают заметное излучение во всем оптическом диапазоне, которое создает ощущение белого цвета.

2.44. Главная причина заключается в том, что цветные изображения планет и спутников получают путем компьютерного синтеза трех отдельных черно-белых изображений, сделанных в космосе через разные светофильтры. В целях большего эффекта цветовой контраст при этом делается большим, чем он есть на самом деле.

2.45. Ультрафиолетовое излучение задерживается во внешней оболочке глаза и хрусталике, хотя сама сетчатка способна воспринимать излучение до 250 нм. Энергия квантов инфракрасного излучения недостаточна для реакции на них нервных окончаний (аналог — красная граница фотоэффекта или фотохимических реакций).

2.46. Человек и другие живые организмы на Земле развились в условиях солнечного излучения, максимум которого приходится на эту длину волны.

2.47. Документальность, объективность, кумулятивность.

2.48. Высокая чувствительность, точность, линейность зависимости фототока насыщения от светового потока.

2.49. В основе работы ФЭ лежит явление внешнего фотоэффекта. В ФЭУ, кроме этого явления, имеет место явление вторичной электронной эмиссии — выбивание электронов с поверхности металлических диодов потоком электронов, в результате чего происходит как бы умножение фотоэлектронов.

2.50. Линза Фабри создает изображение объектива телескопа, освещенного светом объекта, на фотокатоде фотумножителя. В этом случае неточности гидрирования телескопа не влияют на чувствительность электрофотометра.

2.51. При падении лучей на центральную часть зеркала возникло бы сильное вторичное рентгеновское излучение.

2.52. Слой свинца является конвертором, преобразующим гамма-излучение посредством комптоновского рассеяния или за счет рождения электронно-позитронных пар в поток элементарных частиц. Это вторичное излучение и фиксируется датчиками.

2.53. Только толща Земли (2—3 км) надежно защищает нейтринные детекторы от воздействия космических лучей.

2.54. Безразлично. Нейтрино обладает громадной проникающей способностью, и число зарегистрированных солнечных нейтрино будет одинаковым в любое время суток.

2.55. Приемником радиоизлучения является полуволновой диполь. Он фиксирует электромагнитную волну только одной частоты. Для регистрации излучения другой длины волны необходим другой диполь.

2.56. Направление вектора электрической напряженности должно совпадать с направлением диполя.

2.57. Форма поверхностей объективов согласно критерию Рэля не должна отступать от заданной больше чем на одну восьмую длины волны. Длина волны радиоизлучения много больше длины световой волны.

2.58. В принципе любой радиотелескоп фиксирует радиоизлучение в большом телесном угле благодаря существованию диаграммы направленности. Для наблюдения конкретных космических объектов в фокальной плоскости зеркала на растяжках перемещается приемник излучения.

2.59. Рассеянный в земной атмосфере солнечный свет имеет большую интенсивность, и поэтому даже яркие звезды на фоне дневного неба не видны. Радиоастрономам не мешает рассеянное радиоизлучение Солнца, поскольку оно очень мало.

2.60. При помощи призмы, расположенной перед объективом, в фокальной плоскости объектива возникают изображения спектров всех звезд поля зрения. Дифракционная решетка, установленная перед объективом, даст изображения звездных спектров нескольких порядков, что чрезвычайно усложнит получаемую картину. К тому же дифракционных решеток больших размеров не существует.

2.61. От звезды на призму как из коллиматора попадает параллельный пучок лучей.

2.62. Призмный спектр растянут в коротковолновой части, а в длинноволновой сжат. В дифракционном спектре дисперсия одинакова по всем длинам волн.

2.63. Причина в зависимости показателя преломления от длины волны. В красной области спектра дисперсия меньше, чем в коротковолновой части.

2.64. Линии поглощения возникают вследствие рассеяния лучистой энергии. В пользу этого свидетельствует тот факт, что интенсивность линий в спектре края солнечного диска такая же, как и интенсивность линий в центре диска. Если бы причиной образования линий было истинное поглощение, то интенсивность линий уменьшалась бы при переходе к краю диска.

2.65. Этим объектом может быть планета или спутник, освещенные Солнцем. Температуры их поверхностей заведомо ниже температуры поверхности Солнца.

2.66. Такое приближение существует в радиодиапазоне.

2.67. Методы измерения температур космических тел базируются на измерениях их электромагнитного излучения. Распределение энергии в спектре теплового источника близко к функции Планка, которая однозначно определяется температурой тела. Интенсивность спектральных линий также зависит от температуры атмосферы.

2.68. Естественное уширение происходит согласно принципу неопределенностей Гейзенберга.

2.69. Доплеровский эффект, связанный с турбулентным движением вещества в атмосферах звезд.

2.70. Температура в атмосфере звезды увеличивается с глубиной, что влечет за собой увеличение доплеровского уширения.

2.71. При увеличении зенитного расстояния Солнца интенсивность теллурических линий возрастает.

2.72. Спектр получен при помощи предобъективной призмы перед наступлением или сразу после окончания полной фазы солнечного затмения.

2.73. Щель спектрографа расположена вдоль экватора быстровращающейся планеты.

2.74. Гравитационное красное смещение имеет место, если свет испускается более массивным телом (звездой), чем тело, на котором находится наблюдатель (Земля). Для возникновения синего смещения необходимо, чтобы источник света находился в слабом гравитационном поле, а приемник — в сильном.

2.75. Стереоскопический эффект при базисе, определяемом расстоянием между глазами, имеет место до расстояния около 500 м.

2.76. В этом случае расстояния до звезд определяют при помощи векового параллакса, под которым понимают видимое угловое смещение звезды за год, вызванное движением Солнца относительно центра масс ближайших звезд.

2.77. Это оказывается возможным благодаря либрациям Луны и вращению Солнца.

2.78. В атмосферах планет ослабление света происходит вследствие рассеяния и истинного поглощения.

Усиление света при прохождении его через вещество происходит в лазерах.

2.79. Причина — многократное рассеяние света в атмосфере Земли.

2.80. Метод кривой Бугера. Одновременно определяется коэффициент экстинкции.

2.81. Увеличение коэффициента экстинкции влечет за собой увеличение угла наклона бугеровской прямой. При улучшении прозрачности картина будет обратная. Это же произойдет и при наблюдениях на большой высоте.

Точка пересечения бугеровской прямой с осью звездных величин во всех случаях останется без изменения, так как она определяется внеатмосферной звездной величиной объекта.

2.82. Формула $M(z) = \sec z$ основана на плоскопараллельной модели земной атмосферы. Такая модель справедлива лишь в случае малой толщины атмосферы по сравнению с радиусом планеты.

2.83. Различия в прозрачности локальных участков небосвода в данном месте Земли могут быть. Однако эффект,

упомянутый в условии, как правило, свидетельствует о монотонном изменении прозрачности в течение ночи.

2.84. Большой вклад в ослабление света в земной атмосфере вносят пары воды, а также твердые и жидкие аэрозоли. Расположение участков с пониженной прозрачностью на небосводе может отражать наличие на поверхности водоемов, мест выброса аэрозолей и т. д.

2.85. Такое явление возникает после пылевых бурь. Из-за наличия мелкодисперсной пыли в атмосфере свет небесных светил ослабевает на несколько звездных величин. Уменьшение освещенности днем для глаза почти незаметно, а уменьшение блеска звезд приводит к их кажущемуся отсутствию на ночном небе.

2.86. Интегральный коэффициент экстинкции на больших зенитных расстояниях оказывается меньшим, чем на малых. На больших зенитных расстояниях происходит покраснение излучения вследствие большего ослабления коротковолновой части видимого спектра.

2.87. Около половины земной поверхности всегда закрыто облаками, отражательная способность которых близка к единице. Часть излучения уходит в космос за счет рассеяния солнечного света на молекулах атмосферы Земли.

2.88. Преломляющие свойства воздуха в полярных районах больше из-за его большей плотности, что является следствием низкой температуры.

2.89. При измерении азимута.

2.90. Зенитное расстояние любого объекта увеличилось бы, а объекты у горизонта стали бы невидимыми.

2.91. Причина — уменьшение рефракции с увеличением угловой высоты. На горизонтальный диаметр рефракция не действует.

2.92. Показатель преломления электромагнитных волн в атмосфере зависит от длины волны.

3 | **ЗЕМЛЯ КАК КОСМИЧЕСКОЕ ТЕЛО**

3.1. Параллактическое смещение звезд, годичная аберрация звезд, смещение линий в спектрах звезд с периодом один год, периодичность в изменении периодов затменных звезд, а также аналогичные изменения в моментах затмений спутников Юпитера.

3.2. Вектор орбитальной скорости Земли лежит в плоскости эклиптики и направлен в ту ее точку, эклиптическая долгота которой на 90° меньше долготы Солнца в данное время.

3.3. Существует несколько методов. Наиболее очевидный метод — непосредственное измерение горизонтального параллакса Солнца — не применяется из-за очень малой

точности. Обычно горизонтальный параллакс Солнца определяют на основе наблюдений верхней планеты, например Марса, а также по лучевым скоростям звезд.

3.4. На основе измерений в течение года угловых размеров Солнца; измерений угловой скорости Солнца относительно звезд.

3.5. По эллиптической орбите движется центр масс системы Земля — Луна. Орбита Земли близка к эллипсу, но она искажена воздействием Луны.

3.6. Для Луны.

3.7. На наиболее близком расстоянии к Солнцу, в перигелии, Земля бывает 1—5 января, на наибольшем удалении от Солнца, в афелии, — 2—5 июля.

3.8. С Солнца Земля в перигелии (1—5 января) будет видна по тому же направлению, по которому с Земли видно Солнце в начале июля, т. е. в созвездии Близнецов. В афелии Земля будет видна, как и Солнце с Земли, в начале января, т. е. в созвездии Стрельца.

3.9. Наибольшее центростремительное ускорение в начале января, наименьшее в начале июля.

3.10. В июне тангенциальное ускорение Земли отрицательно, так как ее орбитальная скорость уменьшается, а в августе положительно, так как Земля приближается к перигелию, и ее скорость увеличивается.

3.11. а) Времена года имели бы одинаковую продолжительность; б) зима в северном полушарии стала бы очень короткой и теплой, а лето долгим и прохладным.

3.12. Число суток в году стало бы равным $366,25^d$.

3.13. Период обращения Земли вокруг центра масс системы Земля — Луна равен $27,3^d$, что совпадает с периодом обращения Луны вокруг Земли и с периодом вращения Луны вокруг собственной оси.

3.14. Эклиптика — видимый путь Солнца на небесной сфере — является большим кругом. Это указывает на то, что движение Земли происходит под действием центральной силы, которой является только сила тяготения Солнца.

3.15. Согласно третьему обобщенному закону Кеплера период обращения Земли вокруг Солнца уменьшился бы в $\sqrt{2}$ раза.

3.16. Расстояние Земли от Солнца останется прежним, так как напряженность гравитационного поля Солнца на расстоянии Земли не изменится.

3.17. На неинерциальности топоцентрических систем отсчета.

3.18. Например, по вращению плоскости колебаний маятника Фуко, по отклонению от вертикали падающего тела и т. д.

3.19. На полюсах Земли период полного оборота плоскости колебаний маятника Фуко составляет одни звездные

сутки (23^h56^m среднего солнечного времени). На широте φ угловая скорость поворота плоскости колебаний $\omega = 15^\circ \sin \varphi$ в звездный час. Например, для Рязани ($\varphi = 54^\circ38'$) период поворота окажется равным 29^h21^m . На экваторе Земли плоскость колебаний маятника Фуко не будет изменять свое положение и поэтому искомый период будет равен бесконечности.

3.20. Причина явления — действие кориолисовой силы, возникающей из-за вращения Земли и движения тела в меридианальном направлении. В северном полушарии отклонение движущегося тела всегда происходит вправо, а в южном полушарии — влево, если смотреть по направлению движения тела.

3.21. В циклонах, где давление понижено, воздух движется к центру, а в антициклонах, где давление, наоборот, более высокое, движение происходит от центра. Из-за действия кориолисовой силы возникает вихревое движение, которое в циклонах северного полушария происходит против часовой стрелки, а в циклонах южного полушария — по часовой стрелке, если смотреть из космоса. В антициклонах направление вихревого движения будет обратным по сравнению с циклонами.

3.22. У рек, текущих в северном полушарии Земли в меридианальном направлении, подмывается правый берег — западный у Волги, восточный у Енисея. Этот эффект возникает из-за действия сил Кориолиса в неинерциальной топоцентрической системе отсчета.

3.23. На поверхности эллипсоида вращения материальная точка находится в равновесии под действием только двух сил: силы тяготения и силы реакции опоры. Водная поверхность из-за отсутствия силы трения покоя может иметь только форму эллипсоида. Эллипсоид Земли мало отличается от шара.

3.24. Если бы Земля не вращалась, то система отсчета, связанная с точкой на ее поверхности, была бы инерциальной (ИСО). В ИСО свободные тела, которыми можно считать звезды, оставались бы неподвижными на небесной сфере.

Суточное вращение звездного неба однозначно свидетельствует о вращении топоцентрической системы отсчета, т. е. о вращении Земли. Суточное движение небесных светил с востока на запад указывает на вращение Земли с запада на восток.

3.25. Период вращения Земли 23 часа 56 минут, что на 4 минуты меньше продолжительности солнечных суток, определяемых как интервал времени между двумя последовательными прохождениями Солнца через меридиан места.

3.26. 366,25.

в состоянии полной невесомости. При движении тела (при отсутствии движителей) в атмосфере Земли к нему дополнительно приложена поверхностная сила сопротивления среды и, следовательно, возникает состояние невесомости. Эта сила зависит от скорости тела, но при малых скоростях движение тела мало отличается от свободного падения.

3.47. Кругосветные путешествия являются доказательством замкнутости земной поверхности. Примеры замкнутых поверхностей: внутренняя поверхность сферы, поверхности типа груши, цилиндра и т. д.

3.48. Данное явление доказывает кривизну земной поверхности, но необязательно ее шарообразность.

3.49. Дискообразное изображение Земли является доказательством шарообразности, только если фотографии сделаны с очень большого расстояния и при разных углах поворота Земли.

3.50. Частные фазы лунного затмения. Земная тень всегда имеет форму круга. Тень в виде круга бывает только от шара. Впервые обратил внимание на этот факт Аристотель (IV в. до н. э.).

3.51. Искомая работа конечна и составляет $6,3 \cdot 10^7$ Дж. Такая же работа будет затрачена при поднятии груза массой 6372,5 т на высоту 1 м.

3.52. Эта энергия конечна и ориентировочно составляет $2,4 \cdot 10^{32}$ Дж.

3.53. Земля, как и другие тела Солнечной системы, подвергалась интенсивным метеоритным бомбардировкам. Почти полное отсутствие кратеров на поверхности Земли в настоящее время свидетельствует об интенсивной водной и ветровой эрозии и наличии почвы, закрывающей эти образования. Тем не менее на поверхности Земли в результате поисков обнаружено более 100 кратеров ударного происхождения.

3.54. Из приведенных значений следует, что плотность ядра Земли больше средней плотности вещества Земли. В качестве возможного материала ядра предполагается железо ($\rho = 7,8$ г/см³).

3.55. Существуют два независимых предположения, объясняющие такое строение Земли:

а) Земля прошла стадию плавления вещества, во время которой происходила гравитационная дифференциация вещества;

б) при конденсации протопланетного облака вначале выделялись фрагменты никелистого железа, которые объединялись в компактные массы; силикатная оболочка образовалась уже позже.

3.56. Свойства вещества более разнообразны в коре Земли. В ядре при сжатии вещества его свойства нивелируют-

ся. При больших давлениях (10^{12} – 10^{13} Па) перестают существовать внешние электронные оболочки, ответственные за разнообразные физические и химические свойства.

3.57. Земля и другие планеты земной группы являются аморфными телами, вещество которых представляет вязкую жидкость. Под действием сил тяготения, имеющих центральную симметрию, массивные планеты и спутники приобретают шарообразную форму.

3.58. Земля полностью возвращает свою форму после приливных воздействий, что является свойством упругого тела.

3.59. С Луны, Марса.

3.60. Рефракция, подсвечивание Луны во время полной фазы лунного затмения, мерцание звезд.

3.61. Благодаря рефракции светило, которое находится на небольшой глубине под горизонтом, оказывается видимым.

3.62. Солнечный луч проходит толщу земной атмосферы дважды (до точки касания поверхности Земли и дальше) поэтому луч отклоняется от первоначального положения на $70'$.

3.63. Масса Земли недостаточна, чтобы удержать в атмосфере значительное количество такого легкого газа, как водород.

3.64. Углерод и кислород имеют примерно одинаковую распространенность в природе. Ядра этих элементов являются весьма устойчивыми.

3.65. Вначале в атмосфере Земли преобладал углекислый газ. Свободный кислород стал накапливаться в результате различных биологических процессов; зеленые растения — основной источник свободного кислорода в атмосфере Земли.

3.66. Наиболее мощное электромагнитное излучение Земли имеет в трех областях спектра:

а) отраженное излучение по спектральному составу полностью соответствующее излучению Солнца, длина волны максимума которого $0,5$ мкм;

б) собственное тепловое излучение с максимумом в области 10 мкм;

в) радиоизлучение от многочисленных радио- и телестаций; Земля — яркий радиоисточник в планетной системе.

3.67. При падении солнечных лучей на Землю происходит рассеяние их в земной атмосфере. Больше всего рассеивается коротковолновая часть спектра. Поэтому небо имеет голубой цвет и такой же цвет имеет Земля из космоса.

3.68. Солнце мало излучает в фиолетовой области спектра, а глаза человека в основном чувствительны к желтой и зеленой области.

в состоянии полной невесомости. При движении тела (при отсутствии движителей) в атмосфере Земли к нему дополнительно приложена поверхностная сила сопротивления среды и, следовательно, возникает состояние весомости. Эта сила зависит от скорости тела, но при малых скоростях движение тела мало отличается от свободного падения.

3.47. Кругосветные путешествия являются доказательством замкнутости земной поверхности. Примеры замкнутых поверхностей: внутренняя поверхность сферы, поверхности типа груши, цилиндра и т. д.

3.48. Данное явление доказывает кривизну земной поверхности, но необязательно ее шарообразность.

3.49. Дискообразное изображение Земли является доказательством шарообразности, только если фотографии сделаны с очень большого расстояния и при разных углах поворота Земли.

3.50. Частные фазы лунного затмения. Земная тень всегда имеет форму круга. Тень в виде круга бывает только от шара. Впервые обратил внимание на этот факт Аристотель (IV в. до н. э.).

3.51. Искомая работа конечна и составляет $6,3 \cdot 10^7$ Дж. Такая же работа будет затрачена при поднятии груза массой 6372,5 т на высоту 1 м.

3.52. Эта энергия конечна и ориентировочно составляет $2,4 \cdot 10^{32}$ Дж.

3.53. Земля, как и другие тела Солнечной системы, подвергалась интенсивным метеоритным бомбардировкам. Почти полное отсутствие кратеров на поверхности Земли в настоящее время свидетельствует об интенсивной водной и ветровой эрозии и наличии почвы, закрывающей эти образования. Тем не менее на поверхности Земли в результате поисков обнаружено более 100 кратеров ударного происхождения.

3.54. Из приведенных значений следует, что плотность ядра Земли больше средней плотности вещества Земли. В качестве возможного материала ядра предполагается железо ($\rho = 7,8$ г/см³).

3.55. Существуют два независимых предположения, объясняющие такое строение Земли:

а) Земля прошла стадию плавления вещества, во время которой происходила гравитационная дифференциация вещества;

б) при конденсации протопланетного облака вначале выделялись фрагменты никелистого железа, которые объединялись в компактные массы; силикатная оболочка образовалась уже позже.

3.56. Свойства вещества более разнообразны в коре Земли. В ядре при сжатии вещества его свойства нивелируют-

ся. При больших давлениях (10^{12} – 10^{13} Па) перестают существовать внешние электронные оболочки, ответственные за разнообразные физические и химические свойства.

3.57. Земля и другие планеты земной группы являются аморфными телами, вещество которых представляет очень вязкую жидкость. Под действием сил тяготения, имеющих центральную симметрию, массивные планеты и спутники приобретают шарообразную форму.

3.58. Земля полностью возвращает свою форму после приливных воздействий, что является свойством упругого тела.

3.59. С Луны, Марса.

3.60. Рефракция, подсвечивание Луны во время полной фазы лунного затмения, мерцание звезд.

3.61. Благодаря рефракции светило, которое находится на небольшой глубине под горизонтом, оказывается видимым.

3.62. Солнечный луч проходит толщу земной атмосферы дважды (до точки касания поверхности Земли и дальше), поэтому луч отклоняется от первоначального положения на $70'$.

3.63. Масса Земли недостаточна, чтобы удержать в атмосфере значительное количество такого легкого газа, как водород.

3.64. Углерод и кислород имеют примерно одинаковую распространенность в природе. Ядра этих элементов являются весьма устойчивыми.

3.65. Вначале в атмосфере Земли преобладал углекислый газ. Свободный кислород стал накапливаться в результате различных биологических процессов; зеленые растения — основной источник свободного кислорода в атмосфере Земли.

3.66. Наиболее мощное электромагнитное излучение Земли имеет в трех областях спектра:

а) отраженное излучение по спектральному составу, полностью соответствующее излучению Солнца, длина волны максимума которого $0,5$ мкм;

б) собственное тепловое излучение с максимумом в области 10 мкм;

в) радиоизлучение от многочисленных радио- и телестанций; Земля — яркий радиоисточник в планетной системе.

3.67. При падении солнечных лучей на Землю происходит рассеяние их в земной атмосфере. Больше всего рассеивается коротковолновая часть спектра. Поэтому небо имеет голубой цвет и такой же цвет имеет Земля из космоса.

3.68. Солнце мало излучает в фиолетовой области спектра, а глаза человека в основном чувствительны к желто-зеленой области.

3.69. В воздухе городов содержится больше пыли, которая рассеивает солнечный свет неселективно. Небо поэтому кажется беловатым.

3.70. В чистом виде это явление почти незаметно, так как существует освещенность тела от других предметов. Однако иногда упомянутый эффект заметен. Например, тени деревьев на белом снегу при безоблачном небе имеют синеватый оттенок. Синеватый оттенок приобретают предметы на Земле в сумерки, когда Солнце опускается под горизонт.

3.71. Радиоизлучение Земли из космоса может быть зарегистрировано только на высоких частотах (более 30 МГц), так как низкие частоты экранируются ионосферой.

3.72. Земля в диапазоне метровых радиоволн излучает такую же мощность, как и Солнце. Излучение Земли в этом диапазоне превышает радиоизлучение Венеры или Меркурия в миллионы раз.

3.73. Мерцание вызывается быстрыми изменениями показателя преломления света, происходящими из-за изменения оптической плотности атмосферы по лучу зрения, что является следствием конвективных процессов в нижних слоях атмосферы. Оно усиливается с увеличением зенитного расстояния звезды и вместе с отсутствием мерцания звезд при наблюдениях в космическом пространстве доказывает атмосферное происхождение этого явления.

3.74. Действие восходящих потоков в атмосфере сильнее будет сказываться на изображениях звезд, видимых на малых угловых высотах.

3.75. Лучи разных длин волн проходят в атмосфере разные пути, и поэтому изменения блеска звезды в разных цветах происходят несинхронно.

3.76. На угловом расстоянии 90° от Солнца луч зрения наблюдателя находится в плоскости колебаний вектора электрической напряженности.

3.77. Радуга возникает вследствие дисперсии солнечного света на дождевых каплях. В капле происходят два преломления и одно или два полных внутренних отражения. Для наблюдателя, находящегося на поверхности Земли, выходящие из капли лучи проецируются на противоположную от Солнца сторону небосвода. Из-за сферичности небосвода радуга имеет вид дуги.

3.78. Центр окружности, частью которой является радуга, лежит в противосолнечной точке небесной сферы. Ось, соединяющая Солнце и противосолнечную точку небесной сферы, проходит через наблюдателя, находящегося в центре небесной сферы.

3.79. Если в дождевой капле в атмосфере происходит одно полное внутреннее отражение, то возникает первая (основ-

ная) радуга. Внешний край радуги красный, внутренний фиолетовый. Угол между входящими лучами белого цвета и выходящими красными лучами $42,5^\circ$, фиолетовыми — $40,5^\circ$.

Если в капле происходят два полных внутренних отражения, то возникает вторая радуга большего углового диаметра. Вследствие двух отражений во второй радуге наблюдается обратный порядок цветов. Эта радуга шире, но она менее интенсивная.

3.80. Радуга имеет вид половины дуги окружности, когда Солнце находится на горизонте. В любое другое время дня длина дуги радуги меньше. Для наблюдателя, находящегося высоко над горизонтом, например в самолете, радуга может быть видна как полная окружность.

3.81. В средних и экваториальных широтах в околополуденные часы радуга никогда не наблюдается, так как при угловой высоте Солнца, большей 41° , основная радуга находится ниже линии горизонта, а при угловой высоте, большей 52° , не видна и вторая радуга.

3.82. Непосредственно перед заходом или перед восходом Солнца радуга представляет собой дугу красного цвета.

3.83. В отличие от радуги гало возникает вследствие дисперсии света на ледяных кристалликах высоких облаков. Кристаллики в этом случае имеют вид шестигранных призм или плоских пластин. Гало не возникает в облаках, состоящих из звездообразных снежинок.

3.84. На ледяных кристалликах свет испытывает только преломление, и поэтому угловое удаление гало от Солнца или Луны невелико. В капельках воды возникает одно или два полных внутренних отражения, вследствие чего вышедшие лучи меняют свое направление на противоположное.

3.85. «Ложные Солнца» — паргелии — возникают в результате дисперсии света на кристалликах льда, представляющих собой медленно опускающиеся шестигранные призмы, у которых главные оси расположены вертикально. Неоднородность яркости возникающих светлых столбов дает иллюзию светящегося яркого пятна. Это явление чаще бывает зимой, при низком положении Солнца. Гало наблюдаются чаще, чем «ложные Солнца».

3.86. О взрывах на поверхности Солнца и взаимодействии выброшенных заряженных корпускул с магнитным полем и атмосферой Земли.

3.87. Корпускулы солнечной плазмы свободнее проникают в атмосферу Земли в районах Северного и Южного магнитных полюсов, где векторы скоростей частиц направлены вдоль магнитных силовых линий.

3.88. В эмиссионном спектре полярных сияний самыми сильными являются линии, излучаемые кислородом в зеленой и красной областях спектра.

3.89. Спектр ночного неба и спектр полярных сияний определяются излучением атомов и молекул кислорода и азота, которые являются основными компонентами земной атмосферы. Линия H_{α} возникает в потоке солнечной плазмы, вторгающейся в земную атмосферу.

3.90. Показатель преломления в атмосфере Земли изменяется с высотой. При движении заряда в такой среде возникает электромагнитное излучение, называемое переходным и простирающееся от радиочастот до γ -частот.

3.91. Летом низкие облака состоят, конечно, из капелек воды, взвешенных в воздухе. Однако на больших высотах облака даже летом могут состоять из кристалликов льда, о чем свидетельствуют случаи выпадения града и существование серебристых облаков. Зимой облака также преимущественно состоят из капелек воды. Кристаллизация капелек воды зависит от наличия в них центров кристаллизации (пылинок и т. д.). Чем меньше капля, тем больше вероятность отсутствия в ней неоднородностей. Поэтому мелкие капли могут не замерзнуть даже при очень низкой температуре. Возможно переохлаждение капель даже до -40°C .

3.92. На капельки воды или льдинки в облаке действуют сила тяжести и выталкивающая сила (сила Архимеда). Компенсация этих двух сил в воздухе невозможна, и поэтому капелька движется вниз. При этом возникает сила сопротивления среды, направленная вверх. При установившемся движении скорость падения капельки невелика. В более низких теплых слоях атмосферы маленькая капля испаряется, а большие капли выпадают на Землю в виде дождя. В случае конвективных движений воздуха облако может существовать в атмосфере довольно долго.

3.93. При погружении Солнца на $3-16^{\circ}$ под горизонт создаются наилучшие условия освещения серебристых облаков, находящихся на высотах около 80 км.

3.94. Если бы ионизация воздуха происходила под действием радиоактивных излучений вещества Земли, то концентрация ионов уменьшалась бы с высотой. Исследования же указывают на возрастание числа ионов с высотой, что свидетельствует о главной роли космического фактора в ионизации воздуха, в качестве которого выступает коротковолновое (рентгеновское и ультрафиолетовое) излучение Солнца.

3.95. В нижних слоях атмосферы Земли концентрация заряженных частиц меньше, чем в верхних, так как здесь коротковолновое излучение Солнца ослаблено при прохождении через атмосферу планеты.

3.96. Нагревателем такой тепловой машины является экваториальная зона планеты, охладителем — полярные рай-

оны, а рабочим телом — атмосферный воздух. Коэффициент полезного действия атмосферной тепловой машины оценивается в 1,2%.

3.97. Земля имеет обширную гидросферу, теплоемкость которой намного выше теплоемкости марсианской литосферы (удельная теплоемкость воды 4200 Дж/кг·К).

3.98. После дня зимнего солнцестояния склонение Солнца увеличивается, что приводит к увеличению продолжительности дня. Однако наличие снегового покрова и ясного неба приводит к значительному отражению солнечного излучения в космос и дальнейшему охлаждению северного полушария.

3.99. В восточном полушарии Земли преобладают материки, а в западном — океаны, которые благодаря большой теплоемкости воды являются аккумуляторами тепла. Северный Ледовитый океан также отдает тепло атмосфере северного полушария в зимнее время. В южном полушарии роль постоянного охладителя выполняет Антарктида. Дополнительным фактором, способствующим охлаждению южного полушария, является меньшая продолжительность там весенне-летнего сезона (177^д), что связано с эллиптичностью земной орбиты и наклоном оси вращения планеты к плоскости орбиты.

3.100. Причина — парниковый эффект, возникающий из-за наличия в земной атмосфере водяного пара и углекислого газа.

3.101. Уменьшение концентрации водяного пара и углекислого газа.

3.102. Атмосфера Земли нагревается от поверхности планеты. С высотой плотность и температура атмосферы уменьшаются.

3.103. Температура днем была бы выше, а колебания температуры в течение суток и в течение года были бы больше.

3.104. Лето в северном полушарии станет прохладнее, зима — теплее.

3.105. Границы тепловых поясов перестанут существовать, так как на любой широте Солнце станет восходящим и заходящим светилом. Солнце будет проходить через зенит только на экваторе, а на полюсах всегда находиться на горизонте (при отсутствии атмосферы). Однако, как и в настоящее время, условия инсоляции будут монотонно уменьшаться от экватора к географическим полюсам.

3.106. Жаркий и холодные пояса увеличатся, а умеренные уменьшатся.

3.107. При наклонении оси вращения планеты к плоскости орбиты под углом 45° умеренные климатические пояса не будут существовать.

3.108. Природные условия на Земле остались бы прежними; изменился бы только вид звездного неба.

3.109. Электрический заряд Земли отрицателен и равен 588 000 Кл. Величина заряда находится по теореме Гаусса исходя из напряженности электрического поля у поверхности Земли (130 В/м). Электрический заряд Солнца, состоящего преимущественно из электрически нейтральной плазмы, очень мал и равен 0,08 Кл. Эта величина находится из теоретических соображений и не подтверждена измерениями.

3.110. Земля приобрела бы в этом случае гигантский положительный заряд. Под действием громадных сил отталкивания все протоны покинули бы Землю и планета превратилась бы в подобие нейтронной звезды.

3.111. Наличие у Земли магнитного поля.

3.112. Увеличение потока космических лучей по мере приближения к Земле объясняется появлением вторичных космических лучей, образующихся при взаимодействии первичных космических лучей с ядрами атомов атмосферы. В плотных слоях атмосферы (ниже 20 км) происходит поглощение вторичных космических лучей.

3.113. Северный магнитный полюс Земли находится недалеко ($\sim 11^\circ$) от Южного географического полюса. Северный магнитный полюс Марса расположен вблизи Северного ареографического полюса. На Земле происходила неоднократная смена положений Северного и Южного магнитных полюсов. Возможно, что подобное явление имело место и на Марсе.

3.114. Полярные сияния, обусловленные взаимодействием солнечных корпускул с земной атмосферой.

3.115. Налетающий на Землю поток солнечной плазмы сжимает силовые линии магнитного поля Земли, а на ночной стороне, наоборот, силовые линии вытягиваются до расстояний около 1000 радиусов Земли.

3.116. Эти частицы не могут обращаться вокруг Земли, так как этому препятствует сила Лоренца со стороны земного магнитного поля. Корпускулы движутся по спиральным траекториям вдоль магнитных силовых линий от одной полярной области до другой.

3.117. Самая безопасная область на Земле от воздействия космических лучей — это экваториальный пояс наиболее опасных районов, примыкающие к магнитным полюсам.

3.118. Наблюдения показали, что магнитные бури происходят спустя 1—2 суток после прохождения больших групп пятен через центральный меридиан Солнца.

3.119. Земля совершенно прозрачна для потока нейтрино.

3.120. Возраст Земли точно оценивается по содержанию изотопов свинца, образовавшихся в горных породах в результате радиоактивного распада изотопов урана. Этот метод дает для коры Земли возраст 4,5 млрд лет. Эта цифра согласуется с возрастом Солнечной системы.

3.121. В музеях и планетариях многих стран хранятся метеориты, которые являются обломками астероидов. С Луны советскими автоматическими станциями «Луна-16» и «Луна-20» и американскими экспедициями «Аполлон» доставлены образцы грунта и камней общей массой 327 кг.

3.122. В пределах лунной орбиты у Земли не обнаружено твердых естественных спутников диаметром более 5 м и обладающих такой же отражательной способностью, как и Луна. Но по лунной орбите движутся еще два естественных спутника — пылевых, так называемые облака Кордылевского. Один из них опережает Луну на 60° по орбите, другой на столько же отстает. Масса каждого спутника очень мала — около 20 000 т, а вот размеры их сравнимы с размерами Земли.

4 ДВИЖЕНИЕ И ПРИРОДА ЛУНЫ

4.1. Положение эклиптики на фоне звезд изменяется за счет лунно-солнечной прецессии, но эти изменения происходят очень медленно (50,2 секунды в год).

Лунный путь, наоборот, перемещается на фоне звезд достаточно быстро. Лунные узлы за один месяц смещаются на $1,5^\circ$ и делают полный оборот за 18 лет и 7 месяцев. Изображать лунный путь на звездной карте просто нецелесообразно.

4.2. Угловая скорость вращения небесной сферы, вызванная вращением Земли, больше угловой скорости движения Луны по орбите вокруг Земли.

4.3. Если Луна находится вблизи небесного экватора, то изменение ее прямого восхождения составит чуть более 50 минут. Если склонение Луны заметно больше, то суточное изменение α составит около часа.

4.4. Солнце на Луне всегда восходит вблизи точки востока и заходит вблизи точки запада.

4.5. Апокс орбитального движения Земли с точностью до 5° совпадает с положением Луны на небе в последнюю четверть. Луна в первой четверти определяет с такой же точностью положение антиапокса орбитального движения.

4.6. Сближения Луны с планетами происходят из-за того, что лунный путь, как и видимые пути планет, располагается вблизи эклиптики.

4.7. Во время новолуния Луна бывает ближе к Солнцу, чем Земля, приблизительно на величину радиуса своей орбиты, а во время полнолуния, наоборот, дальше от Солнца, чем Земля. Во время первой и последней четвертей Земля и Луна находятся на одинаковом расстоянии от Солнца.

4.8. По эллиптической орбите вокруг Солнца движется центр масс системы Земля — Луна. Центр Земли будет находиться то ближе, то дальше от Солнца, чем центр масс.

4.9. Во время первой четверти Луны Земля оказывается ведущим космическим телом в системе Земля — Луна при движении системы вокруг Солнца. Во время последней четверти ведущим телом оказывается Луна.

4.10. В новолуние скорость Луны вокруг Солнца будет минимальной, в полнолуние — максимальной.

4.11. Центростремительное ускорение Луны равно ускорению свободного падения тела, находящегося на этом же расстоянии. Впервые это было показано И Ньютоном. Луна движется вокруг Земли под действием центральной силы. Об этом говорит и тот факт, что лунный путь является большим кругом небесной сферы.

4.12. Земля и Луна имеют заряды разных знаков, и поэтому эти космические тела притягиваются. Положительный заряд Луны имеет существенно меньшее значение, чем модуль электрического заряда Земли. Сила электрического взаимодействия Земли и Луны на много порядков меньше силы их гравитационного взаимодействия. Движение Луны вокруг Земли с большой точностью объясняется действием только сил тяготения.

4.13. Ускоренное движение Луны вызывается действием приливного горба Земли, угловая скорость которого больше угловой скорости движения Луны по орбите.

4.14. Приращение импульса на половине орбиты равно $2mv$, где v — орбитальная скорость Луны; m — ее масса. Работа силы тяготения равна нулю.

4.15. Центр масс системы Земля — Луна находится на среднем расстоянии от центра Земли — 4670 км, т. е. он расположен в недрах Земли, ближе к поверхности, чем к центру.

4.16. Такой же.

4.17. Воздействие Луны вместе с Солнцем на избыток массы в экваториальном поясе Земли приводит к прецессионному движению оси вращения Земли вокруг оси эклиптики с периодом 26 000 лет.

4.18. Плоскость лунной орбиты совпала бы с плоскостью земной орбиты.

4.19. Луна вызывает приливы в воздушной оболочке Земли, в открытых водных пространствах и даже в земной коре.

4.20. Согласно третьему закону Кеплера, падение Луны на Землю будет происходить по эллиптической орбите, большая полуось которой по сравнению с имеющейся в настоящее время будет в два раза меньше. Время падения 4,9 суток.

4.21. Луна вращается вокруг своей оси с периодом, равным периоду обращения Луны вокруг Земли ($27,3^d$). Следствием этого является то, что Луна постоянно обращена к Земле одной и той же стороной.

4.22. В центре лунного диска.

4.23. С Земли можно было бы наблюдать всю поверхность Луны.

4.24. Максимальная высота Луны (в верхней кульминации) в каждом месте Земли на $5^{\circ}09'$ больше максимальной высоты Солнца. Минимальная высота Луны в верхней кульминации будет меньше, чем у Солнца, на $5^{\circ}09'$.

4.25. Синодический месяц — интервал времени между двумя последовательными одноименными фазами Луны: $S = 29,53^d$. Синодический период — интервал времени между двумя последовательными одноименными кульминациями Луны: $T = 24^h 52^m$.

4.26. В начале весны Солнце находится вблизи точки весеннего равноденствия, а «молодая» Луна — около того места эклиптики, где Солнце бывает летом. Вечером Луна окажется вблизи меридиана на большой угловой высоте $h_{\max} = 90 - \varphi + \varepsilon \pm i$.

4.27. В сентябре Солнце находится вблизи точки осеннего равноденствия, а «старая» Луна — около того места эклиптики, где Солнце бывает летом. Во время восхода Солнца Луна в последней четверти окажется вблизи меридиана. Ее угловая высота будет равна $h_{\max} = 90 - \varphi + \varepsilon \pm i$.

4.28. Максимальную высоту в верхней кульминации полная Луна имеет зимой, а минимальную — летом.

4.29. Нет, так как лунные сутки (синодический период) длиннее солнечных.

4.30. Из-за того что склонение Луны может быть больше склонения Солнца (на $5^{\circ}09'$), «лунный день» будет в этом случае больше солнечного дня.

4.31. В областях Земли, примыкающих к ее полюсам, Луна может длительное время находиться над горизонтом или, наоборот, быть под горизонтом. Предельные географические широты, на которых это происходит, смещены относительно соответствующих широт полярного дня и полярной ночи на 5° . Изменение положений границ происходит с периодом 18,6 года.

4.32. В случае полнолуния 22 декабря в северном полушарии Луна дольше всего находится над горизонтом.

4.33. Может, зимой в Арктике.

4.34. Можно, в июне в областях Земли, близких к Северному полюсу; в декабре в областях Земли, близких к Южному полюсу.

4.35. Во время сентябрьского полнолуния склонение Луны быстро увеличивается и поэтому растет время ее видимости над горизонтом, что почти компенсирует то запаздывание Луны, которое вызывается ее прямым движением к востоку.

Обратная картина наблюдается в марте, когда склонение полной Луны быстро убывает. Луна восходит каждый день позже на 1 ч 40 мин.

4.36. Синодический месяц Луны $(29,5)^d$ меньше продолжительности календарных месяцев в 30^d и 31^d , в течение каждого из которых обязательно произойдет одно или два полнолуния.

Месяцем без полнолуния может быть только февраль. Такой случай достаточно редкий. Предпоследним месяцем без полнолуния был февраль 1868 г., последним — февраль 1999 г.

4.37. Синодический месяц. Уравнения синодического движения будут иметь вид $1/S = 1/T - 1/T_{пл}$, где S — синодический период обращения спутника; T — сидерический период обращения спутника; $T_{пл}$ — сидерический период обращения планеты.

4.38. Продолжительность солнечных суток на Луне равна ее синодическому месяцу.

4.39. Простое геометрическое построение доказывает, что, находясь у горизонта, Луна дальше удалена от наблюдателя и, следовательно, имеет меньшие угловые размеры, чем когда она находится в зените. Кажущееся увеличение угловых размеров Луны у горизонта объясняется особенностями зрительного восприятия, благодаря которому протяженные объекты, видимые в горизонтальном направлении, кажутся большими, чем когда они видны над головой.

4.40. Причина в чисто физиологической особенности человеческого зрения — иррадиации, благодаря которой яркий объект кажется несколько крупнее, чем темный объект такого же углового размера.

4.41. Причина этого, как и в предыдущей задаче, — иррадиация.

4.42. Пепельный свет Луны — это отраженный от Земли свет Солнца на темную поверхность спутника.

Пепельный свет Венеры — слабое свечение неосвещенной стороны планеты в фазах, примыкающих к нижнему соединению. Возможно, что физическая природа этого свечения такая же, как и свечения земной атмосферы.

4.43. Можно, в тропических странах.

4.44. Терминатор располагается вблизи западного края Луны сразу после новолуния, вблизи восточного края — перед новолунием, а вблизи северного или южного края лимба — во время обычного полнолуния, когда фазовый угол может достигать 10° . Совпадение лимба с терминатором происходит только во время лунного затмения.

4.45. Новолуние — соединение, первая четверть — восточная квадратура, полнолуние — противостояние, последняя четверть — западная квадратура.

4.46. Фазы Земли и фазы Луны противоположны. Соответствия: новолуние — полноземелие, первая четверть — последняя четверть, полнолуние — новоземелие, последняя четверть — первая четверть.

4.47. В новолуние.

4.48. Это происходит в полнолуние в декабре — январе, когда Луна имеет наибольшую угловую высоту в верхней кульминации.

4.49. Белая стена, освещенная Солнцем, кажется ярче поверхности Луны, находящейся примерно на той же угловой высоте над горизонтом, что и Солнце.

4.50. Днем к желтоватому цвету Луны добавляется рассеянный атмосферой голубой свет небосвода. После захода Солнца влияние света небосвода резко ослабевает.

4.51. На обратной стороне Луны почти нет морей, покрытых, как известно, более темным веществом, чем горные районы. Поэтому в предполагаемом гипотетическом случае Луна освещала бы Землю лучше.

4.52. Угловая площадь диска Земли на небе Луны в 13,5 раза больше площади диска Луны на небе Земли. Освещенность же поверхности Луны Землей будет не в 13,5 раза, а в 80—100 раз больше освещенности Земли Луной при соответственных фазах. Это происходит за счет того, что альbedo Земли в 6—7 раз больше альbedo Луны.

4.53. Вследствие столкновения корпускул космических лучей с поверхностью Луны она является сильным источником γ -излучения. γ -Кванты Солнца фиксируются только во время сильных солнечных вспышек.

4.54. Основная причина — наличие теней, отбрасываемых неровностями лунной поверхности при косом освещении Солнцем.

4.55. Высота приливов достигает наибольших значений в новолуние и полнолуние, когда суммируется воздействие Солнца и Луны. Наименьшая их высота, когда Луна находится в первой и последней четвертях.

4.56. За сидерический месяц Земля проходит по всем зодиакальным созвездиям.

4.57. Земной наблюдатель в течение определенного времени может увидеть около 18% обратной стороны Луны. Причина заключается в лунных либрациях — «покачиваниях» Луны относительно земного наблюдателя. Либрации возникают вследствие эллиптичности лунной орбиты, наклона оси вращения Луны к плоскости ее орбиты и близости Луны к Земле.

4.58. Все 100%.

4.59. С видимой стороны Луны в течение 24 часов можно увидеть всю поверхность Земли.

4.60. Можно, в новолуние. Луна бывает видна только во время солнечного затмения в виде черного диска.

Во время новоземелия контур Земли очерчивается подсвеченной Солнцем земной атмосферой.

4.61. Дальность горизонта на Луне примерно в 2 раза меньше, чем на Земле. Это легко оценить из формулы дальности горизонта: $D = \sqrt{2RH}$, где R — радиус космического тела; H — высота точки наблюдения.

4.62. Для наблюдателя, находящегося в центре видимого полушария Луны, Земля постоянно видна на небе; наблюдатель, находящийся в противоположном полушарии, Землю не видит совсем. Для наблюдателя, находящегося на краю видимого диска, Земля восходит и заходит вследствие либрации Луны. Время восхода и захода до 3 суток.

4.63. Кратеры, моря, светлые лучи.

4.64. Лунные кратеры подчиняются общей зависимости диаметра воронки от ее глубины для воронок от взрывов снарядов и бомб.

4.65. Доля метеоритного вещества в лунном реголите не превышает 1%. При взрывном характере соударений метеоритов с поверхностью Луны выбрасываемое вещество на три порядка превышает массу самого метеорита.

4.66. Эксперимент и теория показывают, что при ударе крупного тела оно внедряется в скальное основание и вызывает отраженную волну, которая и порождает центральную горку.

4.67. Моря более молодые образования, чем материки. Застывшая лава закрыла древние кратеры, а мощность метеоритного воздействия на Луну в последние 1—2 млрд лет была меньше, чем в более раннее время.

4.68. Поскольку кратеры имеют ударное происхождение, указанная зависимость отражает распределение метеоритов по массам. Такой же зависимости подчиняются астероиды, космические пылинки, звезды.

4.69. К настоящему времени в околоземном космическом пространстве осталось мало метеоритных тел, так как почти все они пошли на образование больших космических тел — планет и их спутников.

4.70. Светлые лучи представляют собой полосы мелких кратеров, образовавшихся при ударном взаимодействии с поверхностью выброшенного из большого кратера материала. Дно таких кратеров покрыто светлым веществом, кажущимся наиболее ярким в полнолуние.

4.71. Моря — это равнины, покрытые веществом с меньшей отражательной способностью, чем у более светлых гор. Талассоиды (в переводе «мореподобные») — равнины на обратной стороне Луны, покрытые, как и горные районы, более светлым веществом.

4.72. Лунные моря представляют собой углубления, заполненные застывшей лавой. Моря, вероятно, возникли в результате падения на Луну тел с поперечником не более 200 км при скорости удара о лунную поверхность по-

- рядка 8 км/с. Эти процессы происходили в самый ранний период лунной истории (от 4,25 до 3,85 млрд лет назад).
- 4.73.** В полнолуние диск Луны выглядит равномерно ярким, что дает ощущение плоского диска. Это явление объясняется тем, что поверхность спутника покрыта мелкозернистым обломочно-пылевым материалом, отражающим солнечные лучи одинаково в разные стороны.
- 4.74.** На поверхностях Луны и Марса никогда не были отмечены солнечные блики, что могло быть, если бы эти космические тела были покрыты водой.
- 4.75.** Зеркальный характер отражения у планет и Луны наблюдается в радиодиапазоне. При радиолокации этих космических тел с Земли отраженное радиоизлучение исходит от центра диска.
- 4.76.** Это было около 3—4 млрд лет назад. Ландшафт лунной поверхности почти не изменился, а Земля покрылась толстым слоем осадочных пород. На Земле также происходила сильная водная и ветровая эрозия.
- 4.77.** Темные области — моря — нагреваются сильнее светлых участков лунной поверхности.
- 4.78.** Температура поверхности Луны зависит от высоты Солнца над горизонтом. В полнолуние для наблюдателя, находящегося в центре видимого диска Луны, Солнце стоит в зените и температура поверхности наибольшая — выше 100 °С; на краях диска, где Солнце около горизонта, мороз и температура ниже -50 °С. По аналогии можно оценить температуру поверхности по диску Луны и для других лунных фаз.
- 4.79.** На поверхности Луны имеется большое количество малых участков (точек), остывание которых во время затмения Солнца происходит медленнее по сравнению с окружающей поверхностью. Большинство горячих точек отождествляется с малыми кратерами, которые в полнолуние выглядят очень яркими.
- 4.80.** Основные причины: а) на Луне нет атмосферы, задерживающей около 20% солнечного излучения; б) низкое альbedo лунной поверхности; в) длинный день — около двух земных недель.
- 4.81.** Толстый рыхлый слой образовался на поверхности Луны в результате бомбардировки ее метеоритами. Образованию реголита способствует также и большой суточный перепад температур.
- 4.82.** На Земле — в результате действия водной и ветровой эрозии, углекислоты, живых организмов. На Луне — под действием солнечного ветра, корпускулярного космического излучения, ударов метеоритов, значительных колебаний температур, космического вакуума.
- 4.83.** Рассматривая условия равновесия песчинки на

склоне, получим, что угол склона горки реголита зависит только от коэффициента трения ($\text{tg } \alpha = \mu$) 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 ускорение свободного падения на Луне.

4.84. Дифракция световой волны на краю лунного диска приводит к появлению интерференционных полос, располагающихся параллельно краю Луны. Все изменения интенсивности происходят за очень короткое время — 0,2—0,3^с. Звезды с меньшим угловым диаметром дают колебания блеска с большей амплитудой, что и используется для определения угловых диаметров звезд.

4.85. На поверхности Луны наблюдаются локальные кратковременные посветления, потемнения, вспышки, изменения цвета, помутнения, ослабления блеска звезд перед покрытием их Луной. Реальность процессов дегазации подтверждена инструментальными методами.

4.86. Средняя плотность Луны близка к плотности горных пород. Это свидетельствует о том, что у Луны в отличие от Земли нет плотного ядра.

4.87. Человек при ходьбе передвигается посредством вынужденных колебаний ног как физических маятников. Частота их колебаний близка к резонансной частоте. В условиях Луны, где ускорение свободного падения в 6 раз меньше, чем на Земле, скорость передвижения уменьшается примерно в 2,5 раза. Дальность прыжков, наоборот, увеличивается в 6 раз при той же начальной скорости прыжка.

4.88. В новолуние и полнолуние, т. е. тогда, когда Солнце, Земля и Луна оказываются примерно на одной линии, их воздействие на Землю суммируется.

4.89. Приливы и отливы на Луне имели место тогда, когда движение Луны еще не было синхронным. В настоящее время приливные горбы застыли в направлении Земля — Луна.

4.90. Земля своим приливным воздействием уже затормозила вращение Луны до такой степени, что ее период вращения стал равен периоду обращения вокруг Земли. В течение сидерического месяца возникают лишь очень небольшие ускоряющие и тормозящие моменты, вызванные эллиптичностью орбиты Луны.

4.91. Во время землетрясений или ударов крупных метеоритов в твердом космическом теле распространяются поперечные и продольные звуковые волны.

4.92. Услышит. Звуковые волны пройдут через вещество Луны и тело космонавта.

4.93. Температура поверхности Титана около 70—120 К, что намного ниже температуры лунной поверхности. При такой низкой температуре обладают тепловыми скоростями, достаточными для быстрого улетучивания в космическое пространство, только самые легкие газы — водород и гелий. Атмосфера Титана состоит из более тяжелых, чем водород и гелий, газов. Луна же не может удержать около себя атмосферу из любых газов.

4.94. В плотной земной атмосфере средняя длина пробега молекул очень мала и траектории молекул являются прямыми линиями. В чрезвычайно разреженной лунной атмосфере средняя длина пробега молекул в 10—100 раз превышает радиус Луны. Атомы и молекулы движутся по эллиптическим орбитам, в одном из фокусов которых находится центр Луны.

4.95. Полагаем, что во время этих наблюдений исключалось ослепляющее действие солнечного света на глаз. Тогда предельная звездная величина звезд должна была быть такой же, как и на Земле ночью, т. е. около 6^m. Отсутствие на небе Луны слабых звезд указывает на рассеяние солнечного света в околослунном пространстве. Предполагают, что причиной этого является мелкодисперсная пыль — своего рода пылевая атмосфера Луны.

4.96. На Луне нет кислорода в газообразном состоянии. Но основные минералы на Луне содержат значительное количество кислорода в различных соединениях: пироксен — 44%, плагиоглаз — 46%, ильменит — 32%, который определенным технологическим процессом может быть частично выделен.

4.97. Большое количество изотопа гелия ${}^3\text{He}$ образовалось на Луне благодаря бомбардировке ее поверхности солнечными космическими лучами. Земля же защищена от облучения плотной атмосферой.

4.98. Отсутствие на Луне глобального магнитного поля связано с малой электропроводностью ее вещества и медленным вращением.

4.99. Намагничивание лунного грунта происходит при соударениях с Луной метеоритов.

4.100. Наблюдения во время полных лунных затмений показывают, что Луна не имеет естественных спутников, диаметр которых больше 30 м. У Луны невозможно длительное существование спутников. Земля своим гравитационным полем возмущает высокоорбитальные спутники, а низкие орбиты неустойчивы из-за наличия масконов, которые вызывают постепенное опускание периселения спутников.

5.1. С Земли: затмения Солнца, прохождения Меркурия и Венеры по диску Солнца, покрытия звезд и планет Луной, прохождения спутников планет по дискам своих планет.

С Луны: затмения Солнца, прохождения Меркурия и Венеры по диску Солнца, покрытия звезд и планет Землей, прохождение спутников планет по дискам своих планет.

С Марса: прохождения Фобоса и Деймоса по диску Солнца, прохождения Меркурия, Венеры и Земли по диску Солнца, покрытия звезд и планет Фобосом и Деймосом, прохождения спутников планет по дискам своих планет.

5.2. С Земли: затмения Луны, вхождение искусственных спутников в тень Земли, физические затмения естественных спутников планет.

С Луны: прохождение тени Луны по диску Земли, физические затмения естественных спутников планет.

С Марса: вхождение Фобоса и Деймоса в тень Марса, физические затмения естественных спутников планет.

5.3. В течение ночи можно наблюдать много раз вхождение в тень Земли низких искусственных спутников.

5.4. Можно. Например, в системе Юпитера наблюдается прохождение близкого спутника по диску планеты (оптическое затмение) и одновременно видна тень от спутника на поверхности планеты (физическое затмение).

5.5. Такое явление наблюдается только на Земле. Из-за эллиптичности орбит Земли вокруг Солнца и Луны вокруг Земли угловой диаметр Солнца изменяется от 31,5' до 32,5', а диаметр Луны — от 29,4' до 33,5'. Если угловой диаметр Луны больше углового диаметра Солнца, то может произойти полное солнечное затмение; если, наоборот, угловой диаметр Солнца превышает диаметр Луны, то может произойти кольцеобразное затмение.

5.6. В целом на Земле чаще происходят солнечные затмения: в течение года максимальное количество — 5, минимальное — 2. Максимальное количество лунных затмений в году — 3. Бывают годы, когда лунных затмений не происходит вообще. Однако лунные затмения видны везде на Земле, где во время затмения Луна находится над горизонтом. Солнечные же затмения видны только в узкой полосе на земной поверхности; ширина полосы полной фазы не превышает 270 км. Поэтому в каждом данном месте лунные затмения видны чаще, чем солнечные.

5.7. В экваториальной зоне затмения происходят чаще.

5.8. Плоскость лунной орбиты должна совпадать с плоскостью земной орбиты.

5.9. Половина синодического месяца.

5.10. Лунное, так как угловой диаметр земной тени превосходит диаметр Луны, а угловые диаметры Солнца и Луны практически равны.

5.11. На малых широтах лунная тень движется по поверхности Земли медленнее.

5.12. Максимальная продолжительность солнечного затмения в отдельном пункте на поверхности Земли не превышает нескольких минут, на Луне оно длится несколько часов.

5.13. Такое явление возможно во время полярного дня, когда Солнце в полночь находится над горизонтом.

5.14. Увеличится число кольцеобразных солнечных затмений.

5.15. Из геометрических соображений очевидно, что лунные затмения будут происходить чаще.

5.16. Внутренняя часть серпа Луны представляет собой эллипс, внешняя часть, естественно, окружность. Во время частного солнечного затмения обе стороны серпа представляют собой дуги окружностей.

5.17. Кривые блеска затменно-переменных звезд являются основным источником информации о таком явлении. Конструирование геометрических и физических обстоятельств затмения является итогом анализа кривой блеска и производится с той или иной степенью достоверности.

В случае затмений Солнца и Луны, а также спутников больших планет геометрические обстоятельства затмений оказываются вполне очевидными. Фотометрические же эффекты позволяют получить дополнительную информацию о явлении (например, о состоянии земной атмосферы, о рельефе лунной поверхности и т. д.).

5.18. Линейная скорость движения лунной тени на расстоянии Земли будет приблизительно равна линейной скорости Луны на орбите: $v \approx 1$ км/с.

5.19. Скорость движения лунной тени по поверхности Земли равна разности орбитальной скорости Луны (1 км/с) и линейной скорости точки земной поверхности (на экваторе 0,5 км/с), т. е. эта разность равна 0,5 км/с. Скорость движения земной тени по поверхности Луны будет равна разности орбитальной скорости Земли в системе отсчета, связанной с Луной (1 км/с), и линейной скорости точки лунной поверхности (на экваторе Луны около 0,1 км/с), т. е. 0,9 км/с. Таким образом, земная тень по поверхности Луны движется примерно в два раза быстрее, чем лунная тень по поверхности Земли.

5.20. Полутеневое лунное затмение.

5.21. Тень от Луны на освещенной стороне Земли с угловым размером около трех угловых минут. Наблюдение возможно с помощью оптических приборов.

- 5.22.** Темный диск Земли, окруженный огненным ободком подсвеченной атмосферы.
- 5.23.** Чтобы увеличить наблюдаемую продолжительность солнечного затмения, надо перемещаться по поверхности Земли со скоростью тени. На экваторе Земли эта скорость составляет 1800 км/ч (скорость реактивного самолета).
- 5.24.** Корона Солнца является мощным источником радиационного излучения, особенно на метровых радиоволнах.
- 5.25.** Затмение начинается в том месте Земли, где Солнце и Луна находятся на горизонте.
- 5.26.** Данная формула определяет начало частного теневого затмения. Для полутеневого затмения в формуле предельной эклиптической широты центра лунного диска вместо углового радиуса земной тени надо взять угловой радиус земной полутени $\rho_{з\text{пт}} > \rho_{з\text{т}}$, т. е. $\beta = \rho_{з\text{пт}} + \rho_{л}$. Для начала полного затмения, очевидно, $\beta = \rho_{з\text{т}} - \rho_{л}$.
- 5.27.** Значение углового радиуса земной тени в данной формуле используется для расстояния Луны, поэтому учет параллакса здесь теряет смысл.
- 5.28.** На Земле в это время происходит полутеневое затмение Луны.
- 5.29.** Лунное затмение начинается с левого края лунного диска, солнечное затмение — с правого края солнечного диска.
- 5.30.** Вечером, в экваториальной зоне Земли.
- 5.31.** Такое небесное явление можно наблюдать благодаря рефракции. Солнце и Луна будут в этом случае вблизи горизонта.
- 5.32.** В современную эпоху этого быть не может, так как угловой радиус земной тени больше углового радиуса Луны.
- 5.33.** Земная тень перемещается с угловой скоростью, равной угловой скорости Солнца: $\omega_{срс} = 59'/\text{сутки}$. Траектория центра земной тени совпадает с эклипстикой.
- 5.34.** Тень Земли в голубых лучах имеет большие размеры по сравнению с тенью в красных лучах.
- 5.35.** Диаметр Земли должен быть равен диаметру Солнца.
- 5.36.** Можно, по уменьшению яркости восточной стороны диска Луны перед началом частной фазы и соответственно западной стороны после окончания частной фазы.
- 5.37.** Протяженные источники света всегда дают полутень. Есть полутень и от земных предметов, если они освещаются Солнцем. Однако для земных предметов полутень существенно меньше тени и ее влияние сводится лишь к некоторой нерезкости края тени.
- 5.38.** При малых углах погружения Солнца земная тень может быть зафиксирована на противоположной стороне неба в виде сегмента сизо-серого цвета. По мере погружения Солнца сегмент увеличивается, но его край стано-

вится менее резким. Более заметным явление тени Земли оказывается для наблюдателя, находящегося на высоте нескольких километров (в самолете).

5.39. Затмения Солнца и Земли можно наблюдать лишь с полушария Луны, обращенного к Земле.

5.40. Причина заключается в уменьшении рефракции с высотой. Луч света, проходящий через верхние слои атмосферы, отклоняется меньше, чем луч, идущий через нижние, более плотные слои атмосферы. Атмосфера действует на проходящие лучи как рассеивающая линза, которая также дает тень от параллельного пучка света.

5.41. Во время частного затмения земная тень кажется черной из-за контраста с освещенной поверхностью Луны.

5.42. Во время полной фазы лунного затмения Луна освещается лучами Солнца, преломленными в земной атмосфере. Луч Солнца, касательный земной поверхности, преломляется в сторону земной тени на угол, равный удвоенной величине рефракции, т. е. на $35' \times 2 = 70'$ (стандартное значение для средних широт). Угловой диаметр земной тени $84'$ (среднее значение). Таким образом, касательные лучи Солнца освещают Луну во время практически всего теневого затмения. Лучи, идущие через верхние слои земной атмосферы, преломляются меньше, но тоже загигаются внутрь земной тени.

5.43. Красновато-бурый цвет Луны во время полного лунного затмения объясняется большим рассеянием голубой части спектра и меньшим рассеянием красных лучей при прохождении их через земную атмосферу. Наибольший эффект имеет место для касательных Земле лучей Солнца. Этот факт хорошо известен. При восходе и заходе Солнца и Луна имеют красный цвет.

5.44. Здесь играют роль два фактора: ослабление света Солнца вследствие увеличения оптической толщи атмосферы и наличие полутени Земли.

5.45. Из-за малых размеров спутников на поверхности Земли может наблюдаться только прохождение объекта по диску Солнца. Без оптических приборов для существующих спутников это явление наблюдаться не может.

5.46. Да; нет.

5.47. Оптические затмения: покрытия Юпитером своих спутников, прохождение спутников по диску Юпитера. Физические затмения: вхождение спутников в тень планеты, движение тени от спутников по поверхности Юпитера.

Из наблюдаемых затмений наиболее кратковременны физические затмения спутников. Юпитер как удаленная планета всегда находится в фазе, близкой к «полнолунию», и поэтому проекция тени от него на картинную плоскость мала.

5.48. В современную эпоху ось вращения Урана направлена на Солнце. Орбиты спутников располагаются в плоскостях, близких к картинной плоскости. Поэтому сейчас затмения в системе Урана не происходят, и, следовательно, они не могут быть видимы с Земли.

6 | СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА. СОЛНЦЕ

6.1. Солнечная система находится на расстоянии 10 кпк (по новым данным, 8,5 кпк) от центра Галактики на высоте 20 пк от ее плоскости между спиральными рукавами Персея и Стрельца. Солнце медленно перемещается к рукаву Персея.

6.2. Существуют два критерия границы Солнечной системы:
а) расстояние 10^3 — 10^4 а.е., где происходит торможение частиц солнечного ветра;

б) расстояние около $1,5 \cdot 10^5$ а.е., где притяжение Солнца оказывается равным силе притяжения ближайших звезд.

6.3. Движение Солнечной системы относительно ближайших звезд происходит в направлении апекса, расположенного на границе созвездий Лиры и Геркулеса. Скорость этого движения около 16 км/с.

Движение Солнечной системы вокруг центра Галактики происходит со скоростью 220—250 км/с. В современную эпоху оно направлено к созвездию Лебедя.

6.4. Направление движения Солнца относительно ближайших звезд (апекс) определяется по собственным движениям и лучевым скоростям звезд. Вблизи апекса звезды «разбегаются», вблизи же антиапекса собственные движения звезд в среднем направлены к нему. Модули лучевых скоростей звезд максимальны в районах апекса и антиапекса.

6.5. Можно, по систематическому увеличению видимого блеска звезд вблизи апекса и его уменьшению у звезд в районе антиапекса.

6.6. Условием постоянства структур и функционирования систем является периодичность движения их компонентов. Движение планет и других тел Солнечной системы является периодическим; оно стабильно уже несколько миллиардов лет.

6.7. Движение всех планет и вращение Солнца происходят против движения часовой стрелки, если смотреть с северного полюса эклиптики. Векторы момента импульса орбитального движения планет и вектор момента импульса вращения Солнца приблизительно сонаправлены.

6.8. Все большие планеты и подавляющее число малых — это, несомненно, плоская составляющая Солнечной систе-

мы. Кометы, движущиеся по орбитам с самыми разными наклонениями, могут быть отнесены к сферической составляющей.

6.9. Планеты-гиганты в определенной степени замыкают на себя орбиты вторгшихся во внутренние районы Солнечной системы малых тел.

6.10. Мелкие твердые частички (пылинки) интенсивно образуются при столкновениях в поясе астероидов, при дезинтеграции комет, при соударениях метеоритов с Луной, Марсом, Меркурием, спутниками планет-гигантов и при выбросах этого вещества в космическое пространство.

6.11. Пылевые облака могут иметь другие параметры орбит, нежели Солнце. Интервалы прохождения Солнечной системы через пылевые облака меньше периода обращения Солнца вокруг центра Галактики (250 млн лет).

6.12. По определению горизонтальный параллакс Солнца — это максимальный угол, под которым с Солнца виден экваториальный радиус Земли ($\rho = 8,8''$). Годичный параллакс любой звезды — это максимальный угол, под которым со звезды виден радиус земной орбиты. Удвоенное значение этой величины определяется по перемещению звезды на фоне удаленных космических объектов при наблюдениях с диаметрально противоположных точек земной орбиты. Положение Солнца относительно звезд за полгода меняется на 180° . Следовательно, годичный параллакс Солнца $\pi = 90^\circ$. Практического значения эта величина в отличие от горизонтального параллакса не имеет.

6.13. Зимой — наибольшая, летом — наименьшая.

6.14. Для самой удаленной планеты — Плутона.

6.15. Влиянием давления солнечного света на большие тела по сравнению с гравитационным взаимодействием можно пренебречь. Так, для Земли сила притяжения к Солнцу превышает силу светового давления от Солнца в 10^{13} раз. А вот для пылинок размером менее 10^{-6} м сила давления солнечного света оказывается преобладающей.

6.16. Расстояния планет от Солнца увеличиваются.

6.17. Самые круглые орбиты имеют планеты, у большинства из которых эксцентриситет очень мал. Наиболее вытянутые орбиты имеют периодические кометы.

6.18. Если скорость прыжка человека на данном теле будет превышать вторую космическую, то человек навсегда его покинет. Такие условия могут быть на поверхностях некоторых астероидов и спутников планет.

6.19. У Урана.

6.20. Самые темные объекты — это ядро кометы Галлея (альbedo — 0,04), кольца Урана и спутники этой планеты.

6.21. Самую развитую систему колец имеет Сатурн. Обнаружены также кольца у Юпитера, Урана, Нептуна.

6.22. Горный рельеф имеется на Меркурии, Венере, Земле, Марсе, спутниках планет, астероидах, ядре кометы Галлея.

6.23. Крупнейшие горы обнаружены на поверхности Марса. Это вулканы Арсия и Акреус (их высота 27 км) и вулканы Павонис и Снежный Олимп высотой 26 км. В основании эти горы достигают 500—600 км, диаметр кратеров (кальдеры) 60—100 км.

6.24. Все кратеры на поверхности Луны, Земли, Марса, Венеры, Меркурия, спутниках планет-гигантов возникли в результате ударов метеоритов. Этот процесс был наиболее интенсивным 4 млрд лет назад. На Земле крупнейший метеоритный кратер (астроблема) диаметром 100 км обнаружен на севере Сибири.

6.25. Метеоритный кратер Стикни на поверхности спутника Марса Фобоса — чемпион Солнечной системы. Его диаметр 10 км — лишь чуть меньше среднего радиуса спутника.

6.26. Самая большая долина из известных в настоящее время в Солнечной системе — это долина Маринера на Марсе. Она представляет собой громадный каньон длиной более 4000 км, шириной 120 км и глубиной 5—6 км.

6.27. Не менее 55% объема спутника Юпитера Ио составляет свободная сера. Поверхность этого космического тела покрыта твердой серой, а под корой, возможно, имеются целые бассейны расплавленной серы.

6.28. Действующие вулканы обнаружены на Венере, Земле и спутнике Юпитера — Ио. Мощный гейзер найден на спутнике Нептуна — Тритоне.

6.29. 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 мощного гейзера происходит в результате прорыва на поверхность азота, находящегося под большим давлением в недрах. Бурно вырываясь на поверхность, газ увлекает за собой лед и частицы вещества горных пород.

6.30. Единственное тело в Солнечной системе, которое обладает жидкой оболочкой из воды, — это Земля.

6.31. 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.

6.32. Атмосферы комет могут превышать по своим размерам все известные объекты Солнечной системы, в том числе и само Солнце. Так, комета Холмса в 1882 г. имела оболочку диаметром 1,5 млн км. Комета Когоутека в 1973 г. при прохождении вблизи Солнца имела внешнюю оболочку из водорода диаметром 1,4 млн км, большим диаметра Солнца.

6.33. С Земли легко заметить, что середина Млечного Пути совпадает с большим кругом небесной сферы. Это означает, что Солнце находится в плоскости Галактики, т. е. относится к ее плоской составляющей. Звезды этого населения Галактики относительно «молодые» звезды (возраст Солнца около 5 млрд лет).

6.34. По возрасту, расположению в Галактике, физическим характеристикам Солнце можно считать совершенно рядовым объектом. Однако в некотором смысле Солнце является уникальной звездой. Не обнаружено ни одной звезды, физические характеристики которой полностью бы совпадали с солнечными.

6.35. Масса Солнца в 743 раза больше массы планет, а момент импульса Солнца составляет всего 2% от суммарного момента импульса Солнечной системы. Перераспределение момента импульса произошло на этапе формирования планетной системы из-за действия ряда факторов, в том числе посредством магнитного поля.

6.36. Непосредственные измерения мощности излучения Солнца очень трудны, так как требуют точного определения коэффициента прозрачности земной атмосферы. К тому же отсутствуют соответствующие по блеску фотометрические стандарты. Проще и надежнее наблюдать планету или спутник, освещенные солнечными лучами, и сравнивать их блеск с блеском постоянных звезд.

6.37. Исправленное с учетом ослабления света в земной атмосфере значение освещенности от Солнца надо умножить на площадь сферы радиусом, равным расстоянию от Земли до Солнца.

6.38. Исходя из того что максимум излучения Солнца попадает на оптическую область спектра, а кривая излучения Солнца, как и кривая Планка, асимметрична, следует, что основная часть излучения звезды попадает на длинноволновую часть спектра. Подсчеты показывают, что 54% всей энергии Солнца излучается в инфракрасной области.

6.39. Солнце представляет собой газовый, точнее плазменный, шар, и поэтому оно не может иметь резкой границы,

как жидкое или твердое тело. Однако у Солнца переход к полной непрозрачности вещества наступает в слое толщиной всего 300 км, что с расстояния 150 млн км и дает резкую границу.

6.40. Рефракция у края диска Солнца также вызывает отклонение лучей света звезды. Для минимизации влияния рефракции наблюдения с целью подтверждения теории относительности проводят в радио- и микроволновом диапазонах. Необходимую точность угловых измерений получают при использовании радиоинтерферометров со сверхдлинной базой.

6.41. Около 100 м.

6.42. Метровые радиоволны излучаются солнечной короной, размер которой больше видимого диска Солнца, создаваемого фотосферой.

6.43. В коротковолновой области спектра, что определяется большим значением коэффициента поглощения в этой области спектра.

6.44. У края диска Солнца глаз видит менее глубокие, а значит, более холодные слои по сравнению с центром диска. В целом это воспринимается как потемнение диска к краю.

Яркость в рентгеновских лучах определяется оптической толщиной солнечной короны, где возникает это излучение. Вблизи края диска оптическая толщина короны больше, чем в центре, а следовательно, будет больше и яркость.

6.45. Уменьшение потока энергии в пятнах обусловлено подавлением магнитным полем конвективных движений в фотосфере. Температура пятен примерно на 1500 К ниже температуры фотосферы. По контрасту пятно кажется более темным по сравнению с окружающей фотосферой. Учитывая более низкую температуру пятна, его цвет должен быть красным. Однако визуально это не фиксируется, поскольку излучение пятен составляет ничтожную долю от излучения фотосферы.

6.46. Плотность вещества в пятне меньше, чем в окружающей пятно фотосфере. Следовательно, газ в пятне более разрежен и более прозрачен, чем в фотосфере. Меньшая плотность газа в пятне объясняется наличием здесь дополнительного давления со стороны локального магнитного поля.

6.47. Пятна, являющиеся участками более холодными, чем фотосфера, окружены более горячими и поэтому более яркими областями. Общая мощность излучения в районе пятна примерно такая же, как и в фотосфере. Поэтому светимость Солнца и соответственно его блеск практически не зависят от числа пятен на его поверхности.

6.48. Пятна — это лишь один вид образований на Солнце, характеризующих его активность. Проводить наблюдения

- пятен просто и надежно. Число пятен коррелирует с другими проявлениями солнечной активности.
- 6.49.** Числа Вольфа пропорциональны площади солнечных пятен.
- 6.50.** На краю диска из-за его потемнения контраст между факелом и фотосферой больше, чем в центре диска.
- 6.51.** Вспышка — это взрыв в солнечной плазме, вызванный быстрым сжатием солнечной плазмы в области между пятнами, где отсутствует магнитное давление.
- 6.52.** Гранулы и супергранулы.
- 6.53.** Волокна.
- 6.54.** Солнце вращается вокруг оси в направлении движения планет вокруг него. Это соответствует движению против часовой стрелки, если смотреть со стороны Северного полюса мира. Вращение Солнца приводит к перемещению пятен от восточного к западному краю, что совпадает по направлению с суточным движением Солнца по небесной сфере.
- 6.55.** Угловая скорость вращения Солнца уменьшается по мере удаления от экватора к полюсам. На экваторе период равен 25 суткам, в полярных районах — около 30 суток. Для наблюдателя, находящегося на Земле, которая сама обращается вокруг Солнца, период вращения экваториальной зоны Солнца 27 суток.
- 6.56.** Солнце обладает сложным магнитным полем. В полярных районах до широт $+55^\circ$ магнитные силовые линии направлены вдоль меридианов, а в экваториальных областях силовые линии направлены вдоль его параллелей. Причиной такого характера магнитного поля является дифференциальное вращение Солнца.
- 6.57.** Вся планетная система погружена в атмосферу Солнца. Плотность ее уменьшается по мере удаления от светила. В окрестностях Земли концентрация газа составляет всего около десятка частиц в кубическом сантиметре.
- 6.58.** Солнечный ветер — это постоянное истечение плазмы солнечной короны (в основном протоны и электроны) в межпланетное пространство. На расстоянии Земли скорость солнечного ветра достигает 350—750 км/с.
- 6.59.** Солнечный ветер, состоящий из заряженных корпускул, является идеальным проводником. Согласно закону Фарадея для электромагнитной индукции и правилу Ленца любые изменения внешнего магнитного поля в идеальном проводнике приводят к появлению индукционного тока такого направления и силы, что его магнитное поле полностью компенсирует эти изменения.
- 6.60.** Начальная скорость корпускул в гелиоцентрической системе отсчета определяется скоростью выброса относительно поверхности Солнца и направленной нормально

к ней и скоростью вращения данного участка поверхности. В поле тяготения Солнца частицы движутся по законам Кеплера. На заряженные частицы действует магнитное поле.

6.61. Линии поглощения возникают в верхних, более холодных слоях фотосферы.

6.62. Это происходит во время полного солнечного затмения. Фотосфера в это время закрывается Луной, а линии излучения образуются в разреженной солнечной атмосфере.

6.63. Существуют две основные причины:

а) распределение энергии в спектре Солнца отличается от распределения энергии в спектре абсолютно черного тела;

б) разные методы дают температуру различных слоев солнечной атмосферы.

6.64. Корона имеет очень большую протяженность по высоте. Согласно распределению Максвелла — Больцмана это свидетельствует о ее очень высокой температуре.

6.65. Температура короны выше миллиона градусов, что значительно превышает температуру фотосферы (6000 К). Дополнительный нагрев происходит за счет перехода в тепло кинетической энергии конвективных движений подфотосферных слоев.

6.66. Непрерывный спектр короны возникает при рассеянии света фотосферы на свободных электронах короны. Отсутствие фраунгоферовых линий объясняется очень высокими скоростями рассеивающих частиц. Доплеровское уширение линий поглощения так велико, что линии «размазаны» по непрерывному спектру.

6.67. В конвективной зоне Солнца на глубине 100—200 тыс. км температура составляет от 10 000 до миллиона градусов, что объясняется близостью к более горячему ядру. Температура в сотни тысяч градусов наблюдается и над видимой поверхностью Солнца в хромосфере и нижних слоях короны. Повышение температуры в верхних слоях атмосферы Солнца происходит в результате действия ударных волн.

6.68. Термоядерные реакции идут только в центральной зоне Солнца, где температура достаточна для их осуществления.

6.69. Энергия, излучаемая Солнцем за 1 с, равна $3,83 \cdot 10^{26}$ Дж. Относительное тепловыделение Солнца (энергия, излучаемая 1 кг вещества в 1 с) составляет $1,92 \cdot 10^{-4}$ Вт/кг. Таким образом, 1 кг тела человека излучает примерно в 5000 раз больше, чем 1 кг солнечного вещества.

6.70. Нет. За интенсивность теплообмена на Солнце ответствен более высокий градиент температуры, на порядок превышающий градиент температуры в теле Земли.

6.71. Существуют два фактора:

а) гравитационное притяжение Земли недостаточно для удержания в ее атмосфере легких газов — водорода и гелия;

б) химический состав солнечной атмосферы близок к составу вещества всего Солнца, которое рассматривается как типичный представитель звездного населения Вселенной.

6.72. Для перехода атома гелия на ближайший уровень после основного нужна энергия до 20 эВ, которая соответствует температуре 180 000 К. При температуре солнечной поверхности около 6000 К такую энергию имеет относительно небольшое число частиц.

6.73. Вещество Солнца находится в виде плазмы, и поэтому при подсчете средней молярной массы необходимо учитывать не только протоны и ядра атомов гелия, но и электроны, которые имеют очень малую массу. На 91 протон приходится 9 ядер гелия и 109 оторвавшихся от атомов водорода и гелия электронов.

6.74. Сейчас на Солнце масса водорода составляет 63% от всей его массы. К началу термоядерных реакций оно состояло по массе на 70% из водорода и на 30% из гелия, который образовался при термоядерном синтезе во время Большого взрыва.

6.75. Синтез тяжелых элементов произошел в звездах первого поколения, которые затем взорвались, и их вещество пошло на образование звезд второго поколения, в том числе и Солнца. Термоядерные реакции на Солнце дают ничтожное количество тяжелых элементов.

6.76. Поток нейтрино, возникающих во время термоядерных реакций в центральной части Солнца.

6.77. Теплопередача из недр Солнца к его поверхности занимает около миллиона лет. Длительность этого процесса объясняется многократным поглощением и переизлучением квантов.

6.78. Равновесие любой звезды определяется силой газового давления, стремящейся раздуть звезду, и силой тяготения, которая сжимает звезду. При действии только силы тяготения Солнце через 40 мин схлопнулось бы в точку.

7 ФИЗИКА ПЛАНЕТ

7.1. Все планеты светят отраженным от Солнца светом. Планеты земной группы, расположенные к Солнцу ближе, чем планеты-гиганты, имеют твердую поверхность. У планет-гигантов газообразная природа, твердой поверхности у них нет.

- 7.2.** Планеты всегда наблюдаются в зодиакальных созвездиях, в зоне, средней линией которой является эклиптика. Плоскости орбит планет наклонены к плоскости земной орбиты под небольшими углами. Малые планеты могут иметь большие эклиптические широты, чем большие планеты, так как наклонения их орбит больше, чем у больших планет.
- 7.3.** Планеты из-за наличия у них диска практически не мерцают.
- 7.4.** Меркурий и Венера в фазе узкого серпа.
- 7.5.** Для нижней планеты определяющим является максимальное угловое удаление от Солнца, т. е. положение планеты в наибольших западной и восточной элонгациях. Для верхней планеты определяющим условием является наименьшее расстояние до Земли, что бывает, когда планета в противостоянии.
- 7.6.** Во время наибольшей элонгации нижняя планета движется по лучу зрения. В восточной элонгации планета приближается к Земле с максимальной скоростью, а в западной элонгации удаляется с максимальной скоростью.
- 7.7.** В квадратурах, когда угловое удаление планеты от Солнца составляет угол 90° , скорость приближения планеты к Земле или удаления от нее максимальна.
- 7.8.** Наиболее благоприятные периоды видимости Меркурия: вечерняя видимость весной, так как в это время на западе эклиптика образует с горизонтом наибольший угол; утренняя видимость осенью, когда тоже, но уже на востоке эклиптика образует с горизонтом наибольший угол.
- 7.9.** Во время квадратур угол фазы планеты, т. е. угол между направлениями на Солнце и Землю, достигает наибольшего значения.
- 7.10.** Верхняя.
- 7.11.** Земля в это время для наблюдателя, находящегося на Марсе, находится в нижнем соединении и, следовательно, недоступна для наблюдений, за исключением очень редкой возможности прохождения Земли по диску Солнца.
- 7.12.** Планеты описывают петли, когда они находятся на наиболее близком расстоянии от Земли. Верхние планеты в этой ситуации находятся в противостоянии, Меркурий и Венера — в нижнем соединении.
- 7.13.** Период этих явлений равен синодическому периоду Марса ($S = 780^d$).
- 7.14.** Великие противостояния происходят тогда, когда верхняя планета, находясь в противостоянии, к тому же оказывается и в перигелии. Из верхних планет Марс имеет наиболее благоприятные условия видимости с Земли, а также обладает значительным эксцентриситетом — 0,093.
- 7.15.** Под «парадом планет» понимается явление расположения планет в узком секторе гелиоцентрической долготы.

Наиболее ярко выраженный «парад планет» состоялся в 1128 г., когда этот сектор составлял всего 45° . В 1982 г. состоялся «парад планет-гигантов» и Плутона, при этом угол сектора был равен 65° .

7.16. Нижние планеты Меркурий и Венера при своем движении вокруг Солнца показывают фазы, аналогичные фазам Луны. В нижнем соединении планета имеет вид Луны в новолуние, верхнее соединение соответствует полнолунию, первая четверть — наибольшей восточной элонгации, последняя четверть — наибольшей западной элонгации.

7.17. Нижние планеты имеют такой вид в верхнем соединении, однако в это время планета теряется в лучах Солнца и поэтому не видна. Верхняя планета в соединении не видна по той же причине. Полностью освещенный диск верхней планета имеет только в противостояниях, интервал времени между которыми равен синодическому периоду.

7.18. Удаленные планеты имеют фазу, близкую к «полнолунию», при любой конфигурации. Пределы изменения фаз далеких планет: Уран — $1,0-0,993$; Нептун — $1,0-0,997$; Плутон — $1,0-0,999$. Под фазой φ планеты здесь понимается, как и для лунных фаз, отношение наибольшей освещенной части b диаметра диска планеты ко всему диаметру d : $\varphi = b/d$. В противостоянии, когда у планеты освещен весь видимый с Земли диск, $\varphi = 1,000$.

7.19. Фотографии получены с близкого расстояния космическими аппаратами при определенном расположении Солнца, планеты и Земли. С Земли увидеть верхние планеты в виде серпа в принципе невозможно.

7.20. Из геометрических соображений очевидно, что угловое удаление этих объектов от Солнца при одной и той же фазе $\varphi = 0,5$ будет разным, и поэтому они будут видны не по одному направлению.

7.21. Нижняя планета имела бы синодический период, равный одному году, если бы ее сидерический период составлял 0,5 года. Такой планеты не существует.

Синодический период, близкий к одному году, может иметь также и удаленная верхняя планета. Например, синодические периоды: Юпитера — 399^d , Сатурна — 378^d , Урана — 370^d , Нептуна — 368^d , Плутона — 367^d .

7.22. Этому условию удовлетворяют и верхние, и нижние планеты.

7.23. Нижней планеты, у которой $S = T$ не может существовать. Для верхней планеты $S = T = 2T_s$. Наиболее близка к такой ситуации планета Марс ($T = 687^d$, $S = 780^d$).

7.24. Колебания значения синодического периода планеты объясняются изменением ориентации линий апсид планеты и Земли при их движении вокруг Солнца. Если бы орбиты планет были окружностями, то такое явление не наблюдалось бы.

- 7.25.** Синодический период обеих планет увеличится.
- 7.26.** Синодический период равен бесконечности при равенстве периодов обращений вокруг Солнца некоей планеты и Земли для наблюдателя, находящегося на Земле. Такой планеты, как известно, нет. Но в Солнечной системе такая ситуация имеет место: это пылевые спутники Земли для наблюдателя, находящегося на Луне; астероиды «греки» и «троянцы», находящиеся на орбите Юпитера, и сам Юпитер по отношению друг к другу; некоторые спутники планет-гигантов.
- 7.27.** Планета, орбита которой полностью находилась бы внутри орбиты Меркурия, не обнаружена. Однако малая планета Икар в перигелии оказывается к Солнцу ближе, чем Меркурий. В это время ее расстояние до Солнца всего 0,19 а. е.
- 7.28.** Такие планеты есть Это некоторые астероиды. 34 астероида при своем движении пересекают орбиту Марса, а следовательно, часть их орбит находится между орбитами Земли и Марса. 8 астероидов группы Аполлон в перигелии заходят внутрь орбиты Земли.
- 7.29.** Самой удаленной планетой от Солнца является Плутон, если рассматривать среднее расстояние планет от Солнца. Однако из-за большой эллиптичности орбиты часть своего периода обращения (20 лет из 248) Плутон оказывается ближе к Солнцу, чем Нептун. С 28 января 1979 г. по 15 марта 1999 г. самой удаленной планетой был Нептун
- 7.30.** Отношение средних орбитальных скоростей Плутона и Меркурия равно 0,099, средних расстояний — 101,3, сидерических периодов — 1035. Полагая отношение средних расстояний (100) случайной величиной, из третьего закона Кеплера находим отношение сидерических периодов — 1000 и средних орбитальных скоростей — 0,1.
- 7.31.** Крайние планеты Солнечной системы — Меркурий и Плутон — имеют орбиты с наибольшими эксцентриситетами: 0,206 и 0,253. Ближе всего к окружности орбита Венеры, эксцентриситет которой всего 0,007.
- 7.32.** В современную эпоху столкновения больших планет невозможны, но существует вероятность столкновения астероидов с большими планетами. Происходят также столкновения астероидов между собой. Осколки, возникающие при таких соударениях, достигают Земли в виде метеоритов.
- 7.33.** Причина этого — годовая абберрация света звезд, вызванная относительным движением светила и наблюдателя. Абберрация обусловлена конечностью скорости света.
- 7.34.** Годовая абберрация света звезд пропорциональна орбитальной скорости движения планеты. На Меркурии большая полуось абберрационного эллипса наибольшая — 33', на Плуtone наименьшая — 6,6'.

7.35. На Земле абберационный эллипс для звезд, находящихся близ полюсов эклиптики, вырождается в окружность радиусом $20,5''$, для звезд на эклиптике — в отрезок дуги длиной $41''$.

7.36. Годичный параллакс пропорционален радиусу орбиты планеты. Поэтому для одной и той же звезды на Плутоне параллактический эллипс будет наибольшим, на Меркурии — наименьшим.

7.37. На небе видимого полушария Луны Земля постоянно висит в определенном месте относительно горизонта, совершая при этом криволинейное движение, представляющее собой плавно переходящие друг в друга эллипсы. Причиной этого явления являются либрации Луны по широте и долготе. Либрация по широте вызвана наклоном оси вращения Луны к плоскости ее орбиты. Либрация по долготе возникает как следствие неравномерного движения Луны по орбите.

7.38. Сплюснутость планеты Юпитер возникает из-за ее быстрого вращения (период вращения экваториальной зоны 9^h50^m). Солнце тоже сплюснуто, но вследствие сравнительно медленного вращения (период вращения экваториальной зоны 25,4 суток) эта сплюснутость очень мала — 73 км и не поддается измерениям ($0,1''$).

7.39. Вероятная причина этого — меньшая плотность Сатурна по сравнению с Юпитером.

7.40. Самое большое сжатие у Сатурна (1:10). Причина — быстрое вращение.

7.41. Быстрее всех планет вращается Юпитер. Он делает полный оборот вокруг оси за 9 часов 55 минут. Однако угловые скорости точек поверхности зависят от широты. Самое медленное вращение у Венеры. Период ее вращения $243,1$ земных суток.

7.42. Земля оказывает большое влияние на движение своей соседки Венеры. Скорости движения Венеры вокруг Солнца и ее вращения таковы, что в моменты времени, когда Венера находится в нижнем соединении, она всегда обращена к Земле одной и той же стороной.

7.43. На Венере Солнце восходит на западе, а заходит на востоке. Причина этого явления — в обратном вращении планеты.

7.44. Такое явление происходит с Солнцем на небе Меркурия, когда планета проходит перигелий. В течение 8 суток Солнце движется в обратном направлении, после чего снова меняет курс на прямой. Такое видимое движение Солнца возникает из-за того, что при прохождении планетой перигелия угловая скорость по орбите на некоторое время превышает угловую скорость ее вращения.

7.45. а) Да; б) да; в) нет. Ответы легко получить, рассмотрев действие сил на отвес в топоцентрической системе координат.

7.46. Направление осевого и орбитального движений Меркурия совпадают; у Венеры эти движения противоположны. У Земли, как и у Меркурия, направления этих движений совпадают, поэтому солнечные сутки на Земле больше периода ее осевого вращения.

7.47. На Венере и Юпитере нет смены времен года, так как оси вращения этих планет почти перпендикулярны плоскостям орбит, а эксцентриситеты орбит малы.

7.48. Расположение тропиков и полярных кругов определяется наклоном оси вращения планеты к плоскости ее орбиты. Эти величины близки у трех планет: Земли — $66^{\circ},45$; Марса — $66^{\circ},02$; Сатурна — $63^{\circ},27$.

7.49. Смена времен года на любой планете происходит по трем причинам: а) обращение планеты вокруг Солнца; б) наклон оси вращения к плоскости орбиты; в) сохранение направления оси вращения в пространстве.

Марс удовлетворяет этим требованиям, и, следовательно, на нем происходит смена времен года, что и зафиксировано астрономическими наблюдениями.

7.50. Так как ось вращения Меркурия перпендикулярна плоскости его орбиты, то на нем нет сезонных изменений по широте. Однако кратность солнечных суток и периода обращения вызывает сезонные изменения температуры по долготе.

7.51. При движении планеты от афелия к перигелию сила тяготения Солнца совершает положительную работу, что согласно теореме о кинетической энергии приводит к увеличению скорости планеты. При ее движении от перигелия к афелию, наоборот, сила тяготения совершает отрицательную работу и скорость планеты уменьшается.

7.52. Закон сохранения момента импульса. Второй закон Кеплера.

7.53. Сила притяжения между двумя заряженными сферическими телами является, как и сила тяготения, центральной силой. Момент такой силы равен нулю, и поэтому момент импульса и секторная скорость такой планеты будут величинами постоянными.

7.54. Возможны два варианта: а) ось вращения планеты должна быть перпендикулярна плоскости орбиты; б) ось вращения должна прецессировать с периодом, равным периоду обращения планеты вокруг Солнца.

7.55. Момент импульса обращения планеты $L = mvr$, где m — ее масса; v — скорость; r — расстояние от Солнца. Скорость $v \sim \sqrt{1/r}$. Отсюда $L/m \sim \sqrt{r}$.

7.56. Орбитальный момент импульса планеты точно определяется по формуле момента импульса материальной точки $L = mvr$. Для нахождения момента импульса вращения планеты $L = I\omega$ необходимо знать момент инерции I , вычис-

ление которого возможно только при наличии сведений о распределении вещества внутри планеты.

7.57. Обобщение первого закона Кеплера расширяет класс траекторий, по которым могут двигаться одни космические тела в поле тяготения других. Такими орбитами могут быть все возможные кривые конических сечений, а не только эллипсы. Второй обобщенный закон утверждает, что постоянным является не просто модуль секторной скорости, а вектор секторной скорости, откуда следует также вывод о плоском характере орбит планет. Третий обобщенный закон планетных движений является более точным, чем закон в формулировке Кеплера. Это объясняется учетом неинерциальности системы отсчета, связанной с Солнцем.

7.58. Из закона сохранения момента импульса в системе Солнце — планета вытекает второй закон Кеплера, который утверждает постоянство вектора секторной скорости планеты. Это означает, что орбита любой планеты плоская и что положение плоскости орбиты планеты остается неизменным в пространстве. Влиянием несферичности формы планеты, действием других планет можно пренебречь.

7.59. Нет. Это вызовет прецессию оси вращения. Наклонение оси вращения к плоскости орбиты останется прежним.

7.60. Пояснение: сфера действия планеты ограничивается тем расстоянием, на котором сила притяжения планеты превосходит силу притяжения Солнца.

7.61. На Земле небо голубое из-за того, что рассеяние солнечного света на молекулах воздуха носит селективный характер: голубая часть спектра рассеивается больше, чем красная. На Луне нет атмосферы и поэтому почти нет рассеяния света. На Марсе из-за частых пылевых бурь атмосфера насыщена мельчайшими пылевыми частичками, имеющими, как и почва, красный цвет.

7.62. Положение звезд, очертания созвездий будут точно такими же, как и на Земле. Более того, положение полюсов мира будет мало отличаться от их положения на земном небе, так как наклонение оси вращения Марса к плоскости его орбиты почти такое же, как и у Земли ($i_M = 65^\circ 12'$, $i_3 = 66^\circ 34'$). Изменится видимость планет. Верхние планеты в противостоянии будут ярче, существенно улучшится видимость астероидов, Земля будет видна в виде нижней планеты. Существенно ухудшится видимость Меркурия.

7.63. При явлении покрытия звезды Венерой или Марсом наблюдается постепенное уменьшение блеска звезды. При покрытии звезды Луной ее блеск остается постоянным вплоть до исчезновения, если, конечно, не принимать во внимание дифракционные явления.

7.64. В нижних слоях атмосферы планеты ускользанию молекул препятствуют их частые столкновения.

7.65. Атмосферы планет-гигантов преимущественно состоят из водорода (у Юпитера — 87% по объему). В атмосферах Венеры и Марса преобладает углекислый газ (95%), а атмосфера Земли большей частью состоит из азота (78%).

7.66. Исходим из вероятного предположения, что Солнце и Юпитер образовались в одной области пространства. Вещество Юпитера представляет собой практически «консервированное» вещество газопылевого облака, из которого образовалась Солнечная система, а на Солнце протекали термоядерные реакции, изменившие первоначальный химический состав вещества.

7.67. Газовые оболочки планет возникают вследствие процессов дегазации твердых пород и испарения вещества метеоритов и комет, сталкивающихся с данным небесным телом.

7.68. Равновесие планетных атмосфер происходит из-за того, что силы тяготения, стремящиеся прижать молекулы к поверхности, уравновешиваются силами газового давления. Чем выше температура атмосферы, тем больше протяженность атмосферы по высоте, и, наоборот, чем ниже температура, тем больше концентрация молекул к поверхности планеты.

7.69. 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, наоборот, время рассеяния очень мало из-за малой скорости убегания и высокой температуры поверхности. Поэтому Меркурием его атмосфера давно утеряна.

7.70. Плутон обладает очень разреженной и протяженной атмосферой, а также орбитой с большим эксцентриситетом. В середине зимы, когда Плутон находится в афелии, из-за низкой температуры большая часть газа оказывается замороженной в его поверхность, а атмосферное давление падает в 250 раз по сравнению с серединой лета.

7.71. Грандиозный атмосферный вихрь наблюдается на планете Юпитер уже на протяжении более 300 лет. Он виден в виде розоватого овального пятна в южном полушарии, за что и получил название «Большое Красное Пятно (БКП)». Его размеры: длина большой оси 20—25 тыс. км, малой — 10—12 тыс. км.

7.72. Облака — это скопления взвешенных в атмосфере планеты аэрозолей (твердых или жидких).

7.73. Исследованию оптическими методами доступны поверхности только трех больших планет: Меркурия, Марса, Плутона. Поверхность Венеры скрыта под толстым слоем облаков. Планеты-гиганты вообще не имеют твердой поверхности.

7.74. Наиболее доступна для астрономических наблюдений как с Земли, так и из космоса поверхность Марса в связи с очень разреженной атмосферой и благоприятными условиями видимости и освещенности Солнцем.

7.75. Альbedo (отражательная способность) Венеры составляет 61%, альbedo Меркурия — 6%. У Венеры свет Солнца отражается от облачного покрова, у Меркурия — от темных горных пород, похожих на лунные.

7.76. Большую часть поверхности Земли занимает Мировой океан, поэтому нашу планету логичнее было бы назвать Океаном, а не Землей. Дж. Челлис, один из участников открытия Нептуна, предлагал назвать эту планету Океан. Однако закрепилось название, предложенное Лавуазье.

7.77. Полярные шапки существуют на Земле, Марсе, Плутоне. На Плутоне полярные шапки состоят из замерзшего метана. Там они достигают широт $\pm 45^\circ$.

7.78. На одном из марсианских полюсов обнаружена область, покрытая в основном твердой углекислотой с небольшой примесью обычного льда. Вся полярная шапка преимущественно состоит из так называемого газгидрата (соединение $\text{CO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Края полярной шапки, вероятно, состоят из обычного льда.

7.79. Сетка узких темных линий, видимых на Марсе в телескоп, была названа итальянским астрономом Дж. Скиапарелли в 1877 г. каналами (по итал. *canali* — проливы). Вскоре американский астроном П. Ловелл выдвинул гипотезу об их искусственном происхождении, т. е. предположил, что эти образования действительно являются каналами. Исходя из природных условий давно стало ясно, что на поверхности планеты не может быть воды в жидком виде. Фотографии Марса, сделанные с близкого расстояния при помощи космических аппаратов, показали, что каналы связаны с разломами коры. Им соответствуют крупные долины, уступы, расположенные в ряд возвышенности, скопления кратеров.

7.80. Открытых водных пространств на Марсе нет, но на крупномасштабных фотографиях отчетливо видны полярные шапки, русла бывших рек, проявление вечной мерзлоты. Если лед растопить, то Марс будет покрыт слоем воды толщиной 10 м.

7.81. Существует технически обоснованный проект глобального озеленения Марса. На орбиту планеты предполагается вывести гигантские эластичные отражатели и с помощью их

растопить часть полярных шапок. Пары воды и углекислого газа окутают планету, и начнет работать парниковый эффект, температура поверхности и атмосферы повысится. Образовавшуюся среду надо заселить сначала микроорганизмами, а потом растениями. По оценкам специалистов, для того чтобы Марс стал пригодным для жизни при помощи такого воздействия, потребуется от сотни лет до тысячелетий.

7.82. Высота горы определяется предельным механическим напряжением, при котором начинает разрушаться кристаллическая решетка. Механическое напряжение зависит от веса горы. Вес тел на Марсе меньше, чем на Земле, примерно в 2,5 раза. При одинаковых механических свойствах горных пород на Земле и Марсе и одинаковой горообразовательной деятельности высота самых высоких гор на Марсе должна быть примерно в 2,5 раза больше высоты гор на Земле, что и подтверждается наблюдениями. Самые высокие горы на Марсе (Арсия, Акреус, Павонис, Снежный Олимп) имеют высоту 25—27 км.

7.83. Причина — обилие марсианской пыли, покрывающей все детали поверхности. Сильные ветры переносят эту пыль. На Луне отражательные свойства поверхности связаны с происхождением форм рельефа.

7.84. Изменение контраста морей, скорее всего, связано с перемещением сыпучих форм марсианского грунта.

7.85. Марс соседствует с поясом астероидов, который является источником метеоритов в Солнечной системе.

7.86. Лунные кратеры имеют взрывное происхождение. Во время соударений метеорных тел с поверхностью планеты происходит почти мгновенное выделение тепловой энергии, что и обуславливает центральную симметрию выбрасываемого вещества.

7.87. Доказано, что если метеорит соударяется с космическим телом под очень небольшим углом к поверхности (менее 5°), то результатом взрыва является удлинённый кратер с боковыми выбросами.

7.88. Кратеры интенсивно образовывались 3,5—4 млрд лет назад. Вулканы действовали сравнительно недавно, возможно, не более нескольких сотен миллионов лет назад.

7.89. Уже тогда было понятно, что в условиях сухой и весьма разреженной атмосферы вода из открытых водоемов быстро испарилась бы.

7.90. В условиях малого атмосферного давления часть воды выкипит, а оставшаяся часть замерзнет.

7.91. Красный цвет поверхности Марса определяется большим содержанием в его почве железа (12—14%). Красный цвет планеты в древности ассоциировался с цветом крови, и поэтому планета была названа в честь бога

войны Марса (Арес — у греков). Цвет крови определяется наличием гемоглобина, в состав которого также входит железо.

7.92. Края диска Марса рассматриваются с Земли сквозь большую толщу марсианской атмосферы, чем его центр.

7.93. Оба утверждения справедливы. Первое утверждение правильно, если речь идет о средней плотности атмосфер или о плотности у поверхности и на низких высотах. Второе утверждение справедливо для больших высот над поверхностями планет. Этот парадоксальный факт объясняется тем, что на планетах с меньшей массой плотность атмосферы с высотой уменьшается медленнее, чем у планет с большой массой.

7.94. Цвет красных железистых песков Марса определяется обилием в них оксидов железа (ржавчины). Для их образования были необходимы вода и кислород. Такие почвы есть в достаточном количестве и на поверхности Земли.

7.95. Есть две гипотезы происхождения этих форм рельефа: а) когда-то на Марсе был теплый климат и текли реки; сейчас эта планета переживает период великого оледенения, а лед засыпан песком; б) Марс испытал краткое временное потепление предположительно из-за столкновения с другим космическим телом, во время которого бурные потоки воды образовали долины.

7.96. Атмосфера Марса на больших высотах ($H > 30$ км) плотнее, чем на Земле.

7.97. Причина — малая тепловая инертность марсианской атмосферы. Ветры на Марсе имеют суточную и сезонную цикличность.

7.98. Скорость ветра изменяется с высотой. Она меньше у поверхности из-за трения слоев воздуха о поверхность и внутреннего трения слоев газа.

7.99. Венера видна как идеально белый шар, освещенный Солнцем. Отсутствие на нем деталей указывает на то, что видна не сама поверхность планеты. Серебристо-белая окраска может быть объяснена только отражением солнечного света от взвешенных в атмосфере частиц твердого или жидкого вещества. Если бы отражение происходило от слоя пыли, то планета имела бы красноватый оттенок из-за поглощения коротковолновой части спектра. Отсюда следует вывод, что облака Венеры имеют капельно-жидкую природу.

7.100. Это явление возникает в результате преломления солнечных лучей в протяженной и плотной атмосфере Венеры.

7.101. Полагают, что коротковолновая часть оптического излучения Солнца интенсивно поглощается в атмосфере Венеры некоторыми химическими соединениями.

7.102. Поверхности Меркурия, Марса, Венеры покрыты большим количеством кратеров, в большинстве своем ударного происхождения. Поверхность Земли тоже была покрыта кратерами, но вследствие мощной водной и ветровой эрозии, наличия растительности большинство кратеров оказались размытыми или покрытыми почвой.

7.103. В условиях высокой температуры на Венере происходила более интенсивная дегазация горных пород.

7.104. Решение следует из анализа уравнения Менделеева — Клапейрона: $p = \rho RT/M$, где p — давление; ρ — плотность газа; T — температура; M — молярная масса; R — универсальная газовая постоянная.

Исходя из оценок температуры и молярной массы атмосфер Венеры и Земли можно сделать заключение, что определяющим в существовании высокого давления на Венере является большая плотность атмосферы.

7.105. Венера расположена в 1,5 раза ближе к Солнцу, чем Земля, вследствие чего с учетом ее чуть меньших размеров на нее попадает в 2 раза больше солнечной энергии. Альbedo Венеры приблизительно в 2 раза превышает альbedo Земли, что связано со сплошным облачным покровом. Очевидно, Венера получает от Солнца почти столько же энергии, что и Земля, поэтому ее близость к Солнцу не является определяющим фактором для значений термодинамических параметров ее атмосферы.

7.106. При гипотетическом перемещении Венеры на земную орбиту масса ее атмосферы не изменится, плотность и температура изменятся мало. Поэтому давление в атмосфере останется по-прежнему высоким.

7.107. Тепловое излучение планеты в основном проявляется в инфракрасном и радиодиапазонах. Измерения в инфракрасном диапазоне показали, что температура Венеры составляет от -38 до $+12$ °С, что соответствовало ожидаемой температуре верхних слоев облачного покрытия. Температуру поверхности и нижних слоев атмосферы удалось определить только по наблюдениям в радиодиапазоне ($\lambda = 3—21$ см). Полученное значение $600—700$ К было позднее подтверждено непосредственными исследованиями на поверхности.

7.108. Оптическими методами фиксируется видимый угловой диаметр планеты, определяемый плотным облачным слоем. Радиоволны свободно проникают через облака и отражаются от твердой поверхности.

7.109. Атмосфера Венеры прозрачна в радиодиапазоне от 3 до 30 см. В оптическом диапазоне атмосфера непрозрачна. У земной атмосферы дополнительные «окна прозрачности» есть также в радиодиапазоне.

7.110. Потемнение диска к краю свидетельствует о горячей поверхности планеты, наблюдаемой через более хо-

лодную атмосферу. Обратный эффект мог бы наблюдаться в радиодиапазоне, если бы планета обладала горячей ионосферой.

7.111. Достаточно большие перепады атмосферного давления на Земле обусловлены малой толщиной и соответственно малой массой ее атмосферы. На Венере, очевидно, из-за массивности атмосферы колебания давления будут меньше, чем на Земле.

7.112. Фотографические наблюдения в ультрафиолетовых лучах фиксируют изменения, происходящие в верхних слоях облачного слоя. Ветры на этих высотах, дующие в широтном направлении, достигают 100 м/с.

7.113. Замедление вращения Венеры могло произойти, если предположить существование у нее в прошлом массивного спутника, находящегося на орбите выше стационарной. В некоторых гипотезах считается, что таким спутником мог быть Меркурий. Для раскрутки планеты уже в обратном направлении спутник какое-то время должен был находиться на орбите ниже стационарной.

7.114. Убывание концентрации газов с высотой согласно распределению Больцмана происходит медленнее у легких газов. Поэтому у любой планеты на большой высоте преобладающим компонентом атмосферы является водород.

7.115. Излучение красной части спектра Нептуна задерживается сильными метановыми полосами поглощения.

7.116. По снимкам, сделанным с космических аппаратов, на Меркурии зафиксированы резко очерченные линии терминатора, четкий рельеф поверхности, хорошо видимые тени от гор.

7.117. У планеты Меркурий существует чрезвычайно разреженная гелиевая атмосфера. Существование такой атмосферы поддерживается за счет распада радиоактивных изотопов в коре планеты и выделения при этом гелия из поверхности и путем захвата его ядер из солнечного ветра. Без постоянного действия этих факторов Меркурий потерял бы свою газовую оболочку буквально через сутки.

7.118. Планеты и спутники, не имеющие атмосфер, приобретают темную окраску под действием длительного облучения протонами солнечного ветра.

7.119. Дальность полета выбрасываемого вещества при взрыве на Меркурии меньше, чем на Луне, так как ускорение свободного падения на этой планете в 2 раза больше. Еще одной причиной может быть различное распределение метеорных тел по размерам в окрестностях этих двух космических тел.

7.120. Высота и дальность прыжков обратно пропорциональны ускорению свободного падения на поверхности планеты. Самое малое ускорение на поверхности Меркурия

и Марса $g = 3,7 \text{ м/с}^2$. Высота и длина прыжков при одинаковой скорости отталкивания будут на этих планетах в 2,6 раза больше, чем на Земле. Аналогичные условия на Плуtone.

7.121. На Марсе и Меркурии значения ускорения свободного падения близки, а следовательно, и вес космонавтов будет одинаков, но меньше веса на Земле в 2,6 раза.

7.122. Масса, размер, средняя плотность, ускорение силы тяжести на поверхности, космические скорости Венеры близки к соответствующим параметрам Земли.

7.123. Двойной планетой может считаться система Земля — Луна. Относительная масса Луны велика. Луна притягивается Солнцем больше, чем Землей. Гелиоцентрическая орбита Луны представляет собой эллипс, возмущаемый Землей.

Еще более тесной двойной планетой может считаться система Плутон — Харон. Расстояние между центрами Плутона и Харона в 20 раз меньше расстояния между Землей и Луной. Диаметр Плутона всего в 2 раза превышает диаметр Харона.

7.124. Сатурн имеет среднюю плотность всего 700 кг/м^3 , что свидетельствует о газожидкой природе планеты.

7.125. Поверхность Меркурия очень похожа на поверхность Луны не только деталями, но и историей возникновения. На поверхности находится очень много кратеров. Верхний слой — темный реголит, похожий на лунный.

С другой стороны, средняя плотность Меркурия ($5,43 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$) лишь немногим меньше, чем Земли ($5,62 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$). Это, возможно, свидетельствует о железном ядре.

7.126. Предполагается, что у Меркурия самое большое ядро среди планет. Оно составляет 0,75 от радиуса планеты. Этот вывод опирается на данные о высокой средней плотности планеты и сильном магнитном поле.

7.127. Химический состав Юпитера аналогичен составу Солнца: на 1 атом гелия приходится 10 атомов водорода. По внутреннему строению Юпитер не похож ни на одну из планет земной группы. В основном это жидкое тело, в центре которого находится маленькое твердое ядро.

7.128. Водородный состав атмосфер, быстрое зональное вращение, малая средняя плотность вещества.

7.129. В данном случае это вопрос дефиниций. Если под звездой понимать объект, в недрах которого идут или будут идти термоядерные реакции, то Юпитер не может быть отнесен к классу звезд. Если под звездами понимать самосветящиеся космические тела, то Юпитер вполне подходит под эту категорию: он излучает в 2,5 раза больше, чем получает энергии от Солнца. По массе он приближается к

звездам-карликам (1/950 от массы Солнца). Однако с учетом того, что собственное излучение Юпитера является инфракрасным и не проявляется в оптической области, традиционно его считают планетой.

7.130. У планет земной группы отношение плотности центральной зоны всего в 3—4 раза превышает плотность коры. У планет-гигантов градиент плотности существенно выше.

7.131. Вещество Солнца находится в виде горячей плазмы. Большая часть вещества Юпитера и Сатурна находится в жидком и металлическом состояниях. Газовый характер имеет только сравнительно тонкая оболочка.

7.132. Металлическое состояние водорода наступает при высоком давлении. При этом один из электронов молекулы H_2 обобществляется между всеми атомами, как это происходит в металлах. Металлическому водороду присуща высокая электропроводность. Выше оболочки из металлического водорода располагается зона жидкого молекулярного водорода.

7.133. Предполагаемая причина — пространственная неоднородность химического состава протопланетного облака.

7.134. Юпитер, Сатурн и Нептун излучают в космос значительно больше энергии, чем получают ее от Солнца.

Юпитер излучает тепла в 2,7 раза больше, чем получает, за счет медленного сжатия и предположительно за счет термоядерных реакций.

Сатурн излучает в 2,5 раза больше энергии, получаемой им от Солнца. Избыток энергии превышает тот, который может быть получен за счет сжатия и радиоактивного распада. Интересно, что Уран, расположенный между Сатурном и Нептуном, излучает столько же энергии, сколько получает от Солнца.

7.135. Планета Плутон излучает всего 60% от той энергии, которую она получает от Солнца. Остальные 40% вероятно, расходуются на какие-то процессы в кристаллической коре планеты.

7.136. Освещенность планеты Солнцем обратно пропорциональна квадрату расстояния от Солнца. Если рассматривать планету как черное или серое тело, то ее излучательная способность согласно закону Стефана — Больцмана будет пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры. Из этих соотношений вытекает, что $T \approx 1/r^{0.5}$. С использованием в качестве нормировки температуры поверхности Земли формула для температуры поверхности планеты приобретает вид $T(K) = 277/r^{0.5}$, где гелиоцентрическое расстояние r выражено в астрономических единицах.

7.137. На Венере температура поверхности днем и ночью в течение всего года остается практически постоянной и очень высокой (почти 500 °С). Планета обладает мощной

атмосферой и медленно вращается. В течение солнечных суток (117^d) происходит выравнивание температуры по всей поверхности.

7.138. Температура Плутона почти одинакова на всей поверхности: 59 К на экваторе и 54 К на полюсах.

7.139. Причины две: Венера ближе к Солнцу, чем Земля, и обладает мощной углекислой атмосферой, создающей парниковый эффект.

7.140. Инфракрасное (тепловое) излучение приходит с наружной поверхности облаков. В верхних слоях венерианской атмосферы, так же как и в атмосфере Земли, температура низкая и мало изменяется в течение суток.

7.141. Это явление аналогично потемнению диска к краю у Солнца и свидетельствует об увеличении температуры с глубиной. На краю диска излучение приходит из более высоких и холодных слоев атмосферы.

7.142. Одна из гипотез объясняет данное явление так. Днем в атмосфере планеты под действием солнечного света образуются мельчайшие капли серной кислоты, которые частично экранируют тепловое излучение поверхности. Ночью атмосфера просветляется и тепловое излучение, выходящее в космос, увеличивается.

7.143. Области планеты Меркурий, где Солнце проходит в зените, нагреваются от +340 (планета в афелии) до +430 °С (планета в перигелии), а ночью поверхность охлаждается до -170 °С. Такой большой перепад температур объясняется близостью планеты к Солнцу и отсутствием у нее атмосферы.

7.144. Ось вращения Меркурия почти перпендикулярна к плоскости орбиты. Поэтому в полярных районах Солнце стоит низко над горизонтом и температура там крайне низкая — около 60 К.

7.145. Атмосфера Марса очень разрежена и не в состоянии сохранить тепло, полученное поверхностью днем.

7.146. Сильным парниковым эффектом обладает атмосфера Венеры. Углекислый газ не пропускает тепловое излучение планеты, вследствие чего температура поверхности сильно повышается (470 °С).

7.147. На планете Марс во время пылевых бурь наблюдается сильный антипарниковый эффект. В это время в атмосферу поднимается громадное количество пыли, которая непрозрачна для приходящего излучения. Это приводит к остыванию поверхности планеты и нагреванию атмосферы.

7.148. Атмосферы планет пропускают к их поверхностям солнечное излучение лишь с небольшим ослаблением. Поверхности, нагреваясь, излучают в инфракрасной области, в которой атмосферы Венеры и Земли почти полностью непрозрачны из-за полос водяного пара и уг-

лекислого газа. В результате происходит перегрев поверхностей и излучение планет смещается в сторону более коротких длин волн. На Земле парниковый эффект увеличивает температуру планеты примерно на 50 К. На Венере действие парникового эффекта существенно выше.

В земных парниках повышение температуры обусловлено в основном прекращением перемешивания воздуха с окружающей атмосферой.

7.149. За радиоизлучение ответственны частицы больших энергий, сконцентрированные в радиационных поясах Юпитера.

7.150. В этом процессе внутренняя энергия планеты увеличивается. Возможно, этот процесс объясняет, что энергия излучения Юпитера превышает поглощенную им солнечную энергию.

7.151. Данный факт свидетельствует о низкой теплопроводности марсианского грунта.

7.152. Вероятные причины — быстрое вращение Земли и очень медленное вращение Венеры.

7.153. Юпитер является единственной планетой Солнечной системы, о которой еще до полетов космических аппаратов было известно, что она обладает магнитосферой. Анализ нетеплового излучения Юпитера, обнаруженного радиоастрономическим методом в 1955 г., показал, что оно является синхротронным излучением релятивистских электронов, движущихся по спиральным траекториям вдоль силовых линий.

7.154. Планеты Земля, Юпитер, Сатурн и Уран имеют заметные магнитные поля.

7.155. У планеты Уран полярность поля магнитосферы изменяется за половину оборота планеты, т. е. за 8,62 часа. Причиной этого является наклонение оси дипольного магнитного поля Урана к его оси вращения на 60° .

7.156. Самое мощное радиоизлучение у планеты Юпитер. Оно превышает радиоизлучения всех других небесных тел, за исключением Солнца. Радиоизлучение Юпитера возникает в протяженной магнитосфере, состоящей из заряженных элементарных частиц, удерживаемых магнитным полем планеты. Третьим объектом в Солнечной системе, имеющим мощное радиоизлучение, является Земля. Радиоизлучение Земли возникает в результате работы многочисленных радио- и телепередающих станций.

7.157. По оценкам, около 10% всех звезд Галактики обладает темными спутниками, в том числе и планетами. Но из-за их слабого излучения они при современном развитии астрономической техники не могут быть видимы с Земли. Обнаруживают темные спутники по периодическим

изменениям положения звезды вокруг общего центра масс или периодическим смещениям линий в спектре звезды из-за эффекта Доплера.

8 | СПУТНИКИ ПЛАНЕТ

8.1. Спутники не обнаружены у самых близких к Солнцу планет — Меркурия и Венеры. Самое большое число спутников, по три десятка, у Юпитера и Сатурна. Более полутора десятка спутников у Урана. Новые слабые спутники планет-гигантов открывают почти каждый год.

8.2. «Вальсирующей парой» называют коорбитальные, т. е. движущиеся по практически одинаковым орбитам, спутники Сатурна — Эпитемий и Янус. Раз в четыре года они сближаются и из-за гравитационного взаимодействия «обмениваются» своими орбитами. Эта пара спутников не имеет аналогов в Солнечной системе.

8.3. Спутник Нептуна Нереида имеет орбиту с самым большим эксцентриситетом $e = 0,75$.

8.4. Радиус орбиты спутника Марса Фобоса 9378 км, радиус орбиты спутника Плутона Харона 19 100 км.

8.5. Такой спутник — единственный в Солнечной системе. Это Луна. Орбита Луны в гелиоцентрической системе координат близка к эллипсу. Во всех своих точках орбита обращена вогнутостью к Солнцу.

8.6. Радиус орбиты Луны составляет 384,4 тыс. км, период обращения вокруг Земли 27,3 суток.

Радиус орбиты спутника Сатурна Дионы 377,4 тыс. км, а орбитальный период всего 2,737 суток. Такое явление имеет место из-за того, что масса Сатурна существенно больше массы Земли.

8.7. Этот спутник расположен ближе всего к планете.

8.8. Необходимо выполнение следующих кинематических условий: а) орбита спутника должна быть окружностью; б) период вращения спутника должен быть равен периоду его обращения вокруг планеты; в) векторы угловой скорости вращения и угловой скорости обращения спутника должны быть сонаправлены.

8.9. Прямое движение планет и спутников указывает на генетическое родство их с центральным телом. Обратное движение спутников указывает на захват этих тел из околопланетного пространства. Такое движение имеют некоторые из далеких спутников планет-гигантов: спутники Юпитера (Ананке, Карме, Пасифае, Синопе), спутник Сатурна (Феба) и спутник Нептуна (Тритон). Возможно, что эти спутники — захваченные планетами астероиды.

8.10. Такое движение, называемое синхронным, имеют Луна, галилеевы спутники Юпитера и некоторые другие.

8.11. В этом случае момент сил, действующих со стороны планеты на спутник, равен нулю. Период вращения спутника равен периоду его обращения.

8.12. У этих спутников, как и у Луны, периоды вращения равны периодам обращения вокруг планеты. Последние согласно третьему закону Кеплера определяются планетоцентрическим расстоянием.

8.13. Фобос — синхронный спутник Марса, и поэтому его период вращения равен периоду обращения.

8.14. а) Спутники Марса видны с поверхности планеты в виде крошечных лун; б) оба спутника в фазе «полнолуние» обязательно входят в тень Марса; затмение Деймоса длится 11 часов, Фобоса — 2 часа; в) в полярных районах оба спутника не могут быть видимы.

8.15. Двойная синхронность наблюдается в системе Плутон — Харон. В результате планета и спутник постоянно обращены друг к другу одними и теми же сторонами.

8.16. Для спутников Марса выполняется третий закон Кеплера, который является следствием закона всемирного тяготения и второго закона Ньютона.

8.17. Период обращения Фобоса вокруг Марса ($0,319^d$) меньше периода вращения планеты ($24,6^h$). Вследствие этого приливные выступы Марса тормозят движение Фобоса. Другой причиной является его торможение в верхних слоях атмосферы из-за низкой высоты над поверхностью (всего около 6000 км). Период обращения Деймоса ($1,26^d$) больше периода вращения Марса. Приливные выступы от этого спутника так же, как и в случае Луны, тормозят вращение планеты и увеличивают расстояние спутника от нее.

8.18. Упругие напряжения, возникающие в теле спутника из-за действия приливных сил, меньше предела прочности его вещества.

8.19. Оба спутника Марса — Фобос и Деймос — не могут наблюдаться с поверхности планеты в фазе «полнолуние», так как при приближении к этой фазе они входят в тень планеты. Основной причиной этого является очень близкое расположение спутников к планете. Аналогичное явление имеет место у искусственных спутников Земли.

8.20. Самые близкие к поверхности Юпитера спутники — Амальтея, Ио, Европа, Ганимед — во время «полнолуния» попадают в тень планеты; спутники более удаленные, на большом расстоянии от узлов орбиты, в этой фазе освещаются Солнцем.

8.21. В связи с тем что спутники находятся близко от поверхности планеты, над горизонтом всегда оказывается меньшая часть орбиты. Для наблюдателя, находящегося на поверхности, видимую часть орбиты спутники проходят с

большой угловой скоростью. В полярных районах спутники Марса вообще не видны.

8.22. В качестве обратного примера можно указать на Фобос — спутник Марса, который восходит на небе планеты на западе и заходит на востоке. Так же движутся в небе Земли низкие искусственные спутники. Таким же образом движутся в небе своих планет все спутники, имеющие прямое движение и орбиту, располагающуюся ниже орбиты стационарного спутника. Прямые спутники с орбитой выше стационарной, например Луна, восходят на востоке и заходят на западе.

8.23. Если космическое тело имеет массу, большую критической, при которой сдвиговые напряжения больше предела прочности, то тогда твердое тело необратимо меняет форму. Установившаяся форма становится близка к сферической, как, например, у Луны и галилеевых спутников Юпитера. Если масса космического тела меньше критической, то в этом случае его форма может быть далека от сферической. Примеры таких тел: Фобос и Деймос, спутник Юпитера Амальтея, астероиды.

8.24. Спутник Юпитера Ганимед ($1,482 \cdot 10^{23}$ кг), спутник Сатурна Титан ($1,346 \cdot 10^{23}$ кг), спутник Нептуна Тритон ($1,300 \cdot 10^{23}$ кг), спутник Юпитера Каллисто ($1,077 \cdot 10^{23}$ кг). Луна по массе занимает пятое место среди спутников.

8.25. Спутник Юпитера Ганимед ($R=2631$ км) и спутник Сатурна Титан ($R=2575$ км) превосходят по своим размерам планеты Меркурий ($R=2439$ км) и Плутон ($R=2200$ км). Плутон превосходит и спутник Юпитера Каллисто.

8.26. Контраст освещенных Солнцем спутников на темном фоне неба существенно выше, чем контраст мелких деталей на поверхности Марса.

8.27. Два фактора способствуют этому явлению: более низкая отражательная способность спутников по сравнению с поверхностью планеты и потемнение диска Юпитера к краю.

8.28. Нет, Ганимед из-за своей ледяной природы имеет массу, в 2,2 раза меньшую массы Меркурия.

8.29. Самую высокую отражательную способность, близкую к единице, как у свежеснеженного снега, имеет спутник Сатурна Энцелад. Отражательная способность спутника Урана 1985 U1 меньше, чем сажу, — всего 2—3%. Одно полушарие спутника Сатурна Япета отражает всего 4% падающего на него света, а другое — 28%.

8.30. Лед, снег.

8.31. Доопределим задачу. Полагаем, что у спутников нет внутренних источников энергии, нет атмосфер и излучением Юпитера можно пренебречь. Очевидно, что в этом случае основным фактором, определяющим температуру

поверхности, будет альбеда A . Оценка температуры следует из соотношения $\sigma T_s^4 = (1 - A)E$, где T_s — температура поверхности; σ — постоянная Стефана — Больцмана; E — освещенность на расстоянии Юпитера. Исходя из изложенного температура Амальтеи и Ио должна быть выше, чем Ганимеда и Европы. У Ио температура также заметно выше за счет сильных приливных деформаций.

8.32. Орбита Ио имеет небольшой эксцентриситет, что приводит к либрациям по долготе, а следовательно, и к приливным деформациям.

8.33. Помеха наблюдениям невооруженным глазом — иррадиация со стороны яркой планеты.

8.34. «Ледяными» называют спутники планет, внешние слои или даже кора которых состоят из водяного льда. К таким объектам относят спутник Юпитера Европу, спутники Сатурна Титан и Энделад, спутник Урана Миранду и др.

8.35. Самый гладкий спутник — спутник Юпитера Европа. Поверхность спутника покрыта толстым слоем льда. Наибольшие перепады высот оцениваются лишь в десятки метров при диаметре спутника всего лишь на 350 км меньше, чем у Луны.

8.36. Европа на Земле — всем известная часть света. Европа в космосе — спутник планеты Юпитер. Из-за того что поверхность спутника покрыта толстым слоем льда, он больше похож на земной континент — Антарктиду.

8.37. Существует достаточно простое и правдоподобное объяснение этого феномена. В роли плуга выступили глыбы горных пород. Пашня пришла в движение от толчка гигантского метеорита. Глыбы при толчке по инерции остались на месте, а сам спутник сместился из-под них. Глыбы и пропахали борозды по его поверхности.

8.38. Лишь у двух спутников планет в Солнечной системе обнаружены атмосферы: у Титана — спутника Сатурна и у Тритона — спутника Нептуна.

8.39. Планета Уран имеет самую узкую систему колец — шириной всего 9,3 тыс. км. Кольца расположены близко к планете.

8.40. Кольца Урана, открытые в 1977 г., оказались более темными, чем сажа. Темный цвет поверхности составляющих колец элементов (глыб, камней), возможно, объясняется постоянной бомбардировкой их заряженными частицами магнитосферы.

8.41. Кольца состоят из пылинок, песчинок и более крупных тел, образующихся при столкновении метеоритов со спутниками планет-гигантов и последующих соударениях друг с другом. Эти фрагменты постепенно оседают на планету, и поэтому количество вещества в кольцах со временем уменьшается.

8.42. По существующей гипотезе кольца должны отсутствовать у планет, не имеющих спутников (Меркурий, Венера). Масса Луны достаточно высока, и поэтому все выброшенное в результате ударных взаимодействий вещество падает на ее поверхность.

8.43. Основные кольца Сатурна *D, C, B, A, F, E* распадаются на множество узких колец, общее количество которых близко к тысяче. Хотя существование узких колец фиксировалось отдельными наблюдателями еще в XIX веке, подтверждены они были в ноябре 1980 г., когда в окрестностях Сатурна пролетал космический аппарат «Вояджер-1».

8.44. Два раза за период обращения Сатурна вокруг Солнца (29,46 лет) его кольца бывают обращены к Земле ребром. Так как толщина колец мала (по разным оценкам, 1,5—3 км), то для земного наблюдателя в это время они становятся невидимыми.

8.45. Так как кольца Сатурна расположены в плоскости его экватора, то с полюсов планеты они не видны вообще. На экваторе они видны в виде очень узкой полосы.

8.46. «Спицы» — это радиальные образования длиной до 10 000 км и шириной 100 км, наблюдаемые на кольцах Сатурна. В отраженном свете они выглядят темными, а в проходящем — светлыми. Время их жизни не превышает нескольких часов.

Предполагают, что эти образования состоят из облаков очень мелких частиц, лежащих над основными кольцами на высоте всего десятка метров. Природа этих образований, возможно, связана с динамическими и электростатическими эффектами внутри колец.

8.47. Вероятно, кольца Сатурна образовались сравнительно недавно, а кольца Юпитера более древние.

8.48. Внутри полости Роша велико действие приливных сил. Кольца Сатурна могли образоваться из материала спутника, попавшего в эту полость и разрушенного действием планеты. Кольца также могут состоять их протопланетного вещества, которое не сконденсировалось в дискретное крупное тело.

8.49. Спектральные наблюдения показывают, что внешние части колец Сатурна вращаются медленнее, чем внутренние, что находится в согласии со вторым законом Кеплера. Если бы кольца были сплошными, то линейная скорость внешних частей колец была бы больше, чем внутренних.

8.50. Вне фазы противостояния часть видимых с Земли частиц кольца находится в тени от других частиц. Во время противостояния наблюдатель с Земли видит только освещенные частицы.

8.51. Как правило, границы колец — окружности, но допустимы и эллиптические орбиты. Такую форму, например, имеет внешнее кольцо ϵ Урана.

9.1. Идея многоступенчатых ракет — «ракетных поездов» — была выдвинута К. Э. Циолковским. При последовательном сбрасывании частей корпуса ракеты происходит существенная экономия топлива. Химические ракеты, достигающие космических скоростей, могут быть только многоступенчатыми.

9.2. В двигателях, работающих на Земле, окислителем горючего является атмосферный кислород. В космической ракете, работающей в условиях вакуума, топливо должно состоять из двух компонентов: горючего и окислителя.

9.3. Для запуска геофизической ракеты необходимо только совершить работу против силы тяжести. Для запуска ИСЗ, кроме этой работы, необходимо затратить энергию на увеличение скорости спутника до круговой на данной высоте.

9.4. При наклонном пуске ракета дольше движется в плотных слоях атмосферы и поэтому потери энергии на преодоление сил сопротивления воздуха больше. К тому же стартовый комплекс для вертикального взлета более компактен.

9.5. Скорость ракеты увеличиваться будет. Это становится очевидным, если перейти в систему отсчета, связанную с центром масс ракеты вместе с топливом.

9.6. Из закона сохранения импульса следует, что масса топлива должна в несколько раз превышать массу ракеты. Максимальный эффект будет иметь место при мгновенном расходовании топлива (взрыве), что влечет даже при сохранении конструкции ракеты гигантские перегрузки. В реальном сравнительно медленном процессе сгорания топлива необходимо для расчета скорости ракеты использовать формулу К. Э. Циолковского: $v = u \ln M_0/M_k$, где u — скорость истечения продуктов сгорания; M_0 — масса всей ракеты с топливом на старте; M_k — масса конструкции ракеты с полезным грузом.

9.7. Можно с $i \geq \varphi$; $i < \varphi$ только с дополнительным маневрированием на орбите.

9.8. При этом в большей степени используется линейная скорость вращения планеты.

9.9. Полагаем, что спутник запускается на низкую орбиту. В этом случае круговая скорость близка к первой космической. При запуске экваториального спутника в прямом направлении его стартовая скорость будет меньше на величину линейной скорости точки экватора (465 м/с); при запуске обратного спутника соответственно на эту же величину больше. В случае запуска ИСЗ на широте 60° старто-

вая скорость будет также меньше или больше на величину линейной скорости вращения Земли на данной широте (233 м/с).

9.10. Запуск такого спутника энергетически невыгоден, так как требует лишних затрат топлива. В отношении обзора земной поверхности он равноценен прямому спутнику с наклоном $i' = 180 - i$.

9.11. Это возможно в следующих случаях: а) космический корабль движется с работающим двигателем; б) космический аппарат движется с выключенным двигателем по направлению вектора напряженности гравитационного поля (падение); в) космический аппарат, имеющий бесконечную скорость, может двигаться с выключенным двигателем в произвольном направлении относительно полей тяготения.

9.12. При использовании реактивной тяги корабль может иметь любую скорость. С выключенным двигателем скорость корабля может быть только круговой, вычисляемой по формуле $v = \sqrt{GM/(R+H)}$, где M — масса Земли; R — радиус Земли; H — высота космического корабля над поверхностью Земли; G — гравитационная постоянная.

9.13. Искусственный спутник Земли не может двигаться на высотах, меньших 200 км, так как из-за сопротивления атмосферы время его жизни будет мало (несколько суток или даже несколько часов). Предельная высота полета искусственного спутника Луны определяется прежде всего горным рельефом, так как атмосферы на Луне нет.

9.14. Выше высоты примерно 250—300 км располагаются радиационные пояса Земли, пролетая через которые космонавты могут приобрести лучевую болезнь и даже погибнуть.

9.15. Орбита в том и другом случае станет эллиптической. В первом случае та точка орбиты, где произошло увеличение скорости, станет перигеем новой эллиптической орбиты, а во втором случае при уменьшении скорости — ее апогеем.

9.16. В полях, сила взаимодействия в которых убывает обратно пропорционально квадрату расстояния, потенциальная энергия тела равна его удвоенной кинетической энергии, взятой с обратным знаком.

9.17. При запуске спутника со скоростью, несколько большей круговой, его время жизни заметно больше.

9.18. Из закона сохранения момента импульса следует, что отношение скоростей обратно пропорционально отношению геоцентрических расстояний.

9.19. Такую трассу будет иметь суточный искусственный спутник Земли с наклоном орбиты $i = 60^\circ$.

9.20. Нет. Искусственный спутник Земли движется под действием центральной силы — силы притяжения Земли

Момент центральной силы равен нулю. В предлагаемом варианте момент этой силы будет отличен от нуля.

9.21. Это можно сделать тремя способами: а) отбросить тело назад по орбите, т. е. тем самым уменьшить его скорость и перевести на эллиптическую орбиту, лежащую внутри круговой; б) тело надо бросить вниз, это тоже приведет его на внутреннюю эллиптическую орбиту; в) сочетанием первого и второго способов.

9.22. Подобные орбиты разработаны в небесной механике Гоманом. В данном случае это эллиптическая орбита, в апогее касающаяся первоначальной круговой орбиты, а в перигее — поверхности Земли. Для перевода на эту орбиту в направлении вектора орбитальной скорости создается кратковременный тормозящий импульс. При $a \gg R_3$ большая полуось новой орбиты будет в 2 раза меньше предшествующей, а время спуска на Землю равно половине периода движения спутника по эллиптической орбите.

9.23. Имея большее поперечное сечение, ракета-носитель сильнее тормозится атмосферой, вследствие чего, снижаясь, она начинает двигаться с большей угловой скоростью вокруг Земли.

9.24. Закон сохранения импульса справедлив только для замкнутых систем, а на космический корабль и его компоненты действует внешняя сила — сила притяжения Земли. Однако при отстреливании частей корабля силы взаимодействия, возникающие при этом, существенно больше внешней силы, и систему корабля можно считать замкнутой. Закон сохранения импульса будет также справедлив и для проекции на ось, перпендикулярную внешней силе.

9.25. У полярных спутников ось вращения Земли лежит в плоскости орбиты; у экваториальных спутников плоскость орбиты совпадает с плоскостью экватора. Синхронные спутники имеют период обращения, кратный периоду вращения Земли. У суточных спутников эти два периода совпадают. Геостационарные спутники — это экваториальные суточные спутники. Их подспутниковая точка не перемещается по поверхности Земли.

9.26. Околоземное космическое пространство, в котором летают низкоорбитальные спутники, эффективно очищается от космических аппаратов и их фрагментов вследствие торможения в верхних слоях атмосферы. Высокоорбитальные спутники, особенно находящиеся на геостационарной орбите, остаются там навсегда.

9.27. Постоянство азимута и высоты ИСЗ означает, что это геостационарный спутник. Такой спутник может существовать только у вращающейся планеты. Орбита спутника единственная у данной планеты, она круговая и располагается в экваториальной плоскости Земли.

9.28. Сделаем вопрос более конкретным: какая минимальная дистанция на геостационарной орбите может быть между искусственными спутниками? Положение спутников на геостационарной орбите активными методами может выдерживаться по долготе с точностью не более $0,1^\circ$, что соответствует расстоянию на этой орбите около 150 км. Принятое в практике расстояние 200 км. Число спутников на геостационарной орбите подсчитывать не имеет смысла, так как не все участки орбиты используются активно.

9.29. Нельзя.

9.30. Отечественные спутники серии «Молния» имеют период 12 часов и большой эксцентриситет при наклонении около 60° . Во время нахождения спутника вблизи апогея он на несколько часов зависает над данным местом территории нашей страны.

9.31. Такой эксперимент в принципе осуществим. По тросу можно было бы транспортировать без помощи ракет тела в космическое пространство. Реализация проекта пока встречает технические трудности. Материал троса должен иметь необычайно высокую прочность, чтобы выдержать хотя бы свой вес.

9.32. Конфигурации искусственных спутников Земли и Луны совпадают. Изменение фазы оказывает влияние на изменение блеска ИСЗ.

9.33. Да, но весьма кратковременная из-за его малых размеров.

9.34. В это время тень от Земли располагается близко к горизонту и спутник на большей части видимой траектории не затмевается.

9.35. Третья ступень ракеты-носителя (РН), выведшей спутник на орбиту, тоже приобрела первую космическую скорость. Первое время оба объекта двигались по одной траектории и время их пролета над данным пунктом совпадало. Третья ступень РН была заметно больше самого спутника и, следовательно, ярче.

9.36. У низкого спутника пределы изменения блеска будут больше, так как отношения топоцентрических расстояний на любых зенитных расстояниях у него будут больше, чем у высокого.

9.37. У зеркального спутника нет зависимости блеска от фазы. Наибольший блеск он имеет на наименьшем расстоянии от наблюдателя.

9.38. Причины: спутник имеет несферическую форму и вращается. Если ось вращения при данной ориентации орбиты направлена на наблюдателя, то пульсации блеска не происходят.

9.39. Вспышки блеска происходят вследствие зеркального отражения солнечного света от панелей полупроводни-

ковых батарей при их соответствующей ориентации относительно Солнца и наблюдателя.

9.40. Изменение блеска стационарных ИСЗ определяется изменением фазы.

9.41. Зимой, так как в это время Земля ближе к Солнцу.

9.42. На Луне блеск спутника, находящегося на стационарной орбите, будет на одну звездную величину слабее, чем блеск аналогичного геостационарного спутника.

9.43. Для вычисления высоты стационарной орбиты массивного спутника, как, например, Земля для Луны, необходимо использовать третий обобщенный закон Кеплера.

9.44. Космический корабль вращается вокруг собственной оси с периодом, равным периоду обращения корабля вокруг Земли. Аналогичная ситуация имеет место в системе Земля — Луна.

9.45. Луна под действием силы притяжения к Земле.

9.46. Все планеты Солнечной системы под действием силы притяжения к Солнцу.

9.47. На движение ИСЗ, кроме гравитационных сил, оказывают влияние силы сопротивления верхних слоев земной атмосферы, давление солнечных лучей, удары микрометеоритов. В результате движение ИСЗ не является, строго говоря, кеплеровым. Для исключения влияния негравитационных сил спутник необходимо заключить в герметичный спутник — футляр, снабженный реактивными двигателями коррекции орбиты. Благодаря их тяге движение футляра подстраивается к неискаженному движению внутреннего спутника. Такой спутник «Траяд-1» был сконструирован и запущен для целей навигации.

9.48. а) Для стабилизации относительно звезд спутнику необходимо придать вращение относительно оси симметрии, при этом согласно закону сохранения момента импульса ось вращения сохранит свое положение в пространстве неизменным; б) для стабилизации спутника относительно Земли его закручивают вокруг оси, перпендикулярной радиусу планеты, с периодом, равным периоду обращения; в) аэродинамическая стабилизация происходит путем действия атмосферы на стабилизатор, обладающий парусностью; при этом ось ИСЗ направлена вдоль вектора орбитальной скорости.

9.49. Задача недоопределена. Полагаем, что орбитой корабля будет эллипс, у которого перигей располагается вблизи Земли, а апогей — вблизи орбиты Луны. Пусть геоцентрическое расстояние в перигее определяется вспомогательной орбитой искусственного спутника Земли. Большая ось эллиптической орбиты равна расстоянию от Земли до Луны — 400 тыс. км, тогда большая полуось $a \approx 200$ тыс. км. Из формулы для расстояния корабля в

перигея $r_p = a(1 - e)$ заключаем, что эксцентриситет e близок к единице. Отсюда следует, что вблизи Земли орбита мало отличается от параболы и скорость в перигее должна быть равна параболической, а, учитывая малую высоту, эта скорость близка ко второй космической — 11,2 км/с. Время полета равно половине периода обращения тела по данной эллиптической орбите. Используя третий закон Кеплера, можно оценить это время, равное примерно 5 суткам.

9.50. Прежде всего реактивным импульсом в сторону движения корабля скорость делается меньше круговой. Орбита спутника становится эллиптической с перигеем в противоположной от импульса точке орбиты. В условиях Земли корабль начинает тормозиться в основном в перигее в плотных слоях атмосферы. Совершив несколько оборотов, скорость корабля снижается до такой степени, что становится возможным его спуск на парашюте на поверхность Земли. На расстоянии нескольких метров от поверхности остатки радиальной скорости гасятся при помощи включения мини-ракет.

При спуске на Луну полностью отпадает возможность торможения в атмосфере. Все торможение производится при помощи реактивных импульсов. Последние метры пути космический корабль садится на струе газа из сопла.

9.51. Траектория должна иметь наименьшую большую полуось. В этом случае скорость в перигелии будет минимальной и, следовательно, затраты топлива для ее сообщения будут тоже минимальными. Такой предельной орбитой является гомановская эллиптическая орбита, у которой в афелии находится Марс.

9.52. Выполняется. В апогее потенциальная энергия наибольшая; при переходе в перигей часть потенциальной энергии переходит в кинетическую.

9.53. Формально под любым углом. Необходимое условие: скорость в перигее должна равняться параболической на данном расстоянии от центра Земли.

9.54. Если бы Земля являлась единственным гравитирующим телом в пространстве, то космический аппарат действительно удалился бы от планеты на бесконечно большое расстояние. В действительности он останется в пределах Солнечной системы, поскольку вторая космическая скорость (11,2 км/с), с которой он начинает движение, меньше третьей космической скорости (16,7 км/с), имея которую объект навсегда покидает Солнечную систему.

9.55. С учетом орбитальной скорости Земли (29,8 км/с) при запуске в направлении движения планеты скорость космического аппарата составит 46,5 км/с, что превышает параболическую скорость для Солнца на расстоянии Зем-

- ли. Избыточная энергия необходима для преодоления земного притяжения. Если бы масса Земли была мала, то третья космическая скорость составила бы всего 12,3 км/с.
- 9.56.** Траекторией этого искусственного тела является парабола. Тело, движущееся по параболе на больших расстояниях от Солнца, будет иметь скорость, близкую к нулю. Полет даже до ближайших звезд будет продолжаться чрезвычайно долго — миллионы или миллиарды лет. Гораздо предпочтительнее является гиперболическая орбита, на которой тело даже на очень далеком расстоянии от Солнца будет иметь отличную от нуля скорость.
- 9.57.** Спутники-баллоны применяют для изучения земной атмосферы и активности Солнца. Такие спутники, обладающие малой массой и большим поперечным сечением, легко реагируют на изменения плотности атмосферы.
- 9.58.** В 1975 г. Францией был запущен ИСЗ, изготовленный из урана-238. Его масса 47 кг, радиус 25 см, поверхность покрыта уголковыми отражателями и обеспечивает точность световой локации от наземных объектов до 2 см. Использование материала большой плотности позволило свести к минимуму силы сопротивления земной атмосферы.
- 9.59.** ИСЗ приобретает положительный заряд в результате облучения его космическими лучами, состоящими преимущественно из протонов и α -частиц.
- 9.60.** Концентрация молекул и атомов воздуха на больших высотах так мала, что они не могут передать спутнику то количество тепла, которое необходимо для его расплавления. Но этот эффект оказывается значительным на высотах ниже 100 км.
- 9.61.** Ракета проходит плотные слои воздуха с малой скоростью, а спускаемый аппарат, наоборот, наибольшее торможение испытывает как раз в плотных слоях.
- 9.62.** При движении спускаемого аппарата в плотных слоях атмосферы его поверхность нагревается до высокой температуры. Керамика обладает малой теплопроводностью и большой удельной теплотой плавления.
- 9.63.** В вакууме вследствие диффузии происходит холодная сварка металлических деталей.
- 9.64.** При движении ИСЗ в атмосфере на него действует, кроме силы притяжения Земли, сила сопротивления среды, являющаяся диссипативной силой, что приводит к уменьшению его механической энергии и радиуса орбиты. Из-за движения ИСЗ по спиралеобразной траектории угол между векторами силы тяготения и орбитальной скорости оказывается меньшим 90° . В результате этого сила тяготения совершает положительную работу и по теореме о кинетической энергии приводит к увеличению орбитальной скорости

полета. Суть этого явления носит название аэродинамического парадокса.

9.65. Летом из-за более высокой температуры атмосфера становится более протяженной и соответственно более плотной на больших высотах.

9.66. На дневной стороне земная атмосфера из-за прогрева ее солнечным излучением оказывается более протяженной, чем на ночной, и поэтому на дневной стороне происходит большее торможение спутника.

9.67. На заряженные спутники с малым наклоном плоскости орбиты к плоскости земного экватора в большей степени влияет сила Лоренца со стороны земного магнитного поля, чем на спутники с большим наклоном. Сила Лоренца деформирует орбиту спутника.

9.68. На смену дня и ночи влияет как вращение корабля, так и вхождение его в обширную тень Земли. Очевидно, что первый фактор может быть сглажен наличием нескольких иллюминаторов на корабле, а второй фактор вообще может не иметь места, если плоскость орбиты совпадает с земным терминатором.

9.69. Причина — эффект Доплера.

9.70. На этапах взлета и посадки, когда космический корабль движется с ускорением, имеет место перегрузка; в свободном полете по орбите наблюдается невесомость.

9.71. Космический корабль и находящиеся в нем тела падают на Землю с одинаковым ускорением, вследствие чего для тел исчезает реакция опоры. Это воспринимается как потеря веса. Такое состояние называется динамической невесомостью.

9.72. В данном случае космонавт будет иметь вес вследствие притяжения к космическому кораблю, однако эта величина будет очень мала.

9.73. Динамическая невесомость может быть только локальной из-за неоднородности поля тяготения планеты. Условие статической невесомости выполняется только в центре планеты.

9.74. Нет, так как поверхностные силы, каковыми являются силы Архимеда, остаются. Однако равномерное распределение этих сил по поверхности тела космонавта приводит к уменьшению локальных деформаций тела, что создает иллюзию уменьшения веса.

9.75. Работа совершается в начале и конце движения груза, когда он движется ускоренно.

9.76. Возможны два варианта: а) космический корабль должен двигаться поступательно с ускорением, равным ускорению свободного падения на поверхности Земли; б) космический корабль должен вращаться с такой угловой скоростью, чтобы в месте нахождения космонавта на корабле центростремительное ускорение было равно $9,8 \text{ м/с}^2$.

9.77. Поле искусственной тяжести, т. е. веса, является полем центробежных сил инерции. Поле центробежных сил инерции является неоднородным в отличие от поля сил тяготения вблизи поверхности Земли.

9.78. Справедливы оба закона. В условиях невесомости сила Архимеда равна нулю.

9.79. Считаем, что жидкость занимает часть сосуда. Несмачивающая жидкость примет форму шара. Смачивающая жидкость растечется по внутренней поверхности сосуда.

9.80. Жидкость не может быть налита в сосуд обычным образом из-за отсутствия у нее веса. Наполнить сосуд можно только из резервуара с упругими стенками. При любом, даже очень очень небольшом, толчке жидкое тело превратится в шар, который при столкновениях со стенками будет дробиться на более мелкие шарики, плавающие в атмосфере корабля.

9.81. Ответ на оба вопроса — да.

9.82. Из-за невесомости естественная конвекция практически не будет иметь места. Принудительная циркуляция газа обеспечивается при помощи вентиляторов; теплопроводность и лучеиспускание не зависят от невесомости.

9.83. Процесс газообмена отчасти возможен благодаря явлению диффузии. Кроме этого, на борту космического корабля при помощи вентиляторов обеспечивается принудительное перемещение газовых масс.

9.84. В невесомости смешивание веществ происходит благодаря только диффузии; конвекция же в невесомости отсутствует.

9.85. Спутник, движущийся над терминатором, получает от Солнца в 2 раза больше энергии, чем спутник, находящийся на перпендикулярной орбите. Согласно закону Стефана — Больцмана при этих условиях абсолютная температура первого спутника будет на 19% выше.

9.86. На искусственных спутниках Земли в качестве долговременных источников энергии используются полупроводниковые солнечные батареи. На автоматических межпланетных станциях используются ядерные источники энергии, так как интенсивность солнечного излучения на больших гелиоцентрических расстояниях невелика.

10 МАЛЫЕ ТЕЛА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

10.1. Термин «малые тела» объединяет три класса объектов: малые планеты (астероиды), кометы и метеорные тела (метеороиды).

10.2. Астероид Икар имеет самую вытянутую орбиту из всех известных малых планет. Эксцентриситет его орбиты $e = 0,827$.

10.3. Комета Швассмана-Вахмана движется по почти круговой орбите.

10.4. В результате столкновений и дроблений астероидов возникают метеориты. Кометы в конце своей жизни распадаются на метеорные потоки, которые состоят из очень мелких частиц — массой от долей миллиграмма до граммов.

10.5. Самые крупные астероиды находятся между орбитами Марса и Юпитера. Наиболее крупный из них — Церера — достигает в диаметре 1000 км, за ним идет Паллада (610 км), Веста (540 км), Гигея (450 км).

10.6. 97% известных малых планет располагается на расстоянии от 2,27 до 3,64 а.е. от Солнца. Самое большое количество малых планет находится на гелиоцентрическом расстоянии, равном 2,8 а.е.

10.7. Из-за большого количества малых планет между орбитами Марса и Юпитера происходят их частые столкновения, результатом которых является их дробление.

10.8. Нет.

10.9. Астероиды избегают средних расстояний, на которых их периоды обращения вокруг Солнца соизмеримы с периодами обращения Юпитера ($T=1/2, 2/5, 1/3 T_{\text{Юп}}$). «Люки» связаны с возмущающим влиянием Юпитера.

10.10. Невооруженным глазом можно увидеть только одну малую планету — Весту, блеск которой иногда достигает значения 5,5 звездной величины.

10.11. В оптическом диапазоне от астероидов идет отраженный свет Солнца, а в инфракрасной области — собственное тепловое излучение. Тот факт, что интенсивность излучения в инфракрасном диапазоне выше, чем в оптическом, свидетельствует о низкой отражательной способности поверхности астероидов. Типичное альbedo малых планет около 10%.

10.12. Цвет астероидов не показывает изменений при их вращении.

10.13. Летом 1989 г. открыт первый двойной астероид (1989 PB), состоящий из двух почти сферических тел диаметром 750 м, вращающихся как единое целое. Космический аппарат «Галилей» в августе 1993 г. обнаружил у астероида Ида спутник с поперечником 1,5 км. Найдены и другие парные астероиды. Образуются такие объекты либо при столкновениях астероидов, либо вследствие длительного соседства двух независимых тел на сходных орбитах.

10.14. Эксцентриситет практически всех комет меньше единицы, т. е. они обращаются вокруг Солнца по замкнутым орбитам.

10.15. Комета становится более яркой, и у нее появляется хвост по мере ее приближения к Солнцу. Поэтому в пер-

вую очередь важно обозреть те части ночного неба, которые расположены ближе к Солнцу, т. е. в первой половине ночи — западную часть неба, во второй половине ночи — восточную.

10.16. Астероиды только отражают солнечный свет, а в кометах наблюдаются явления флуоресценции. Основной вклад в светимость комет вносит не ядро, а голова и хвост.

10.17. Короткопериодические кометы, которые часто возвращаются к Солнцу, теряют вещество значительно быстрее, чем долгопериодические кометы.

10.18. См. ответ к задаче 10.17.

10.19. Эффект фазы может иметь только ядро, но излучение от него мало по сравнению с излучением головы и хвоста кометы.

10.20. Блеск кометы определяется количеством излучающего газа, которое растёт быстрее, чем освещённость, при приближении кометы к Солнцу.

10.21. Солнечная система окружена гигантским облаком ядер комет, которое названо в честь голландского ученого Я. Оорта, доказавшего его существование в 1950 г. Кометы движутся по чрезвычайно вытянутым орбитам, и подавляющую часть своего периода кометы проводят в окрестностях своих афелиев. Границы облака предполагаются на расстоянии от 20 до 200 тыс. а.е. от Солнца. Кроме этого внешнего слоя комет, есть еще и внутренний слой за орбитой Плутона. Его внутренняя граница находится на расстоянии не более 2 тыс. а.е.

10.22. Направление на апекс движения Солнца относительно ближайших звезд оказывается близким к плоскостям орбит долгопериодических комет. Солнце, двигаясь в пространстве в направлении созвездий Лиры и Геркулеса, встречается с ядрами комет, имеющими межзвездное происхождение. Затем кометы захватываются Солнцем и становятся периодическими объектами. По химическому составу вещество комет близко к составу межзвездных пылевых облаков.

10.23. Силы притяжения со стороны планет искажают первоначальную эллиптическую орбиту кометы. Изменения в орбитах накапливаются от оборота к обороту вокруг Солнца.

10.24. На больших расстояниях от Солнца любая комета выглядит как туманное пятнышко, т. е. не имеет хвоста. При приближении к Солнцу ядро кометы прогревается и из него выделяются газ и пыль, которые под действием давления солнечного излучения и солнечного ветра образуют хвост. К тому же на больших расстояниях от Солнца фазовый угол кометы очень мал и с Земли комета наблюдается как бы в анфас.

10.25. Комета перемещается относительно звезд. Это перемещение можно заметить за несколько часов или даже за несколько десятков минут.

10.26. У большинства комет хвост под действием светового давления и солнечного ветра направлен от Солнца.

Некоторые кометы имеют аномальные хвосты, направленные к Солнцу. У части комет такое направление является кажущимся из-за особенностей проекции хвоста на небесную сферу. У других аномальное направление хвоста возникает в результате физических процессов в ядре.

10.27. Комета 1965f относится к числу так называемых «царапающих» комет. Она прошла от Солнца на расстоянии меньше его радиуса. Ее скорость в это время была очень высока — несколько сотен километров в секунду. Хвост, по-видимому, просто не успевал разворачиваться под действием солнечного ветра и светового давления.

10.28. Мощное воздействие излучения Солнца около перигелия на ядро кометы обеспечило образование большого количества диффузного вещества.

10.29. Ядро наиболее исследованной кометы Галлея представляет собой громадную глыбу загрязненного льда размером 14×7 , $5 \times 7,5$ км, вращающуюся с периодом 53 часа.

10.30. Если бы ядро состояло из отдельных тел, то под действием центробежных сил они разлетелись бы в стороны.

10.31. Струйки кометного вещества, выброшенные с поверхности ядра, под действием однородного поля солнечного ветра и светового давления движутся по параболическим траекториям. При этом сама голова приобретает параболическую форму.

10.32. Диаметр головы определяется диаметром ядра. Крупных тел всегда меньше, чем мелких. Однако мелкие тела трудно наблюдать. Сочетание этих факторов и определяет наиболее часто фиксируемый диаметр голов комет.

10.33. По-видимому, на расстояниях от Солнца 1—1,5 а.е. образование головы уже идет достаточно эффективно, а отток вещества от головы еще не так велик.

10.34. В 1910 г. Земля прошла через хвост кометы Галлея, но это никак не повлияло на Землю и ее обитателей.

Согласно одной из гипотез Тунгусское тело, столкнувшееся с Землей в 1908 г., было ядром необычной кометы.

По наблюдениям Земли из космоса обнаружено, что за одну минуту в атмосферу Земли влетает 20 ледяных комет со средним диаметром 10 м, каждая из которых приносит 100 т воды.

Летом 1994 г. произошло столкновение фрагментов кометы Шумейкеров-Леви-9 с Юпитером.

10.35. Наблюдения блеска близких спутников Юпитера, которые были освещены вспышкой при соударении фрагментов кометы с Юпитером.

10.36. В инфракрасных лучах мощность излучения взрыва превосходила мощность излучения всего Юпитера.

10.37. На комете Галлея обнаружены своеобразные действующие вулканы. Под действием солнечного излучения происходят нагрев и сублимация летучих веществ, а затем в присутствии кислорода их воспламенение. Горение распространяется под поверхность ядра. При этом происходит интенсивное истечение газа и пыли со скоростью около 1 км/с.

10.38. «Молодыми» обычно называют кометы, которые совершили небольшое число проходов через перигелий. У таких комет интенсивное газовыделение. «Старые» кометы — это короткопериодические кометы, многократно проходившие вблизи Солнца. Их активность существенно ниже, чем «молодых».

10.39. В 1845 г. ядро кометы Белого разделилось на две части, а в следующем прохождении произошел его распад на еще более мелкие части. В дальнейшем сама комета больше не наблюдалась, а в ожидаемое время ее прохождения вблизи Солнца наблюдались обильные метеорные дожди.

10.40. С помощью масс-спектрометра, установленного на автоматической межпланетной станции «Вега-1», исследовался состав пылевых частиц кометы Галлея. Никаких бактерий и вирусов даже в замороженном состоянии в них обнаружено не было.

10.41. Искусственная комета представляет собой облако газа, образовавшееся при сублимации натрия, выпущенного на большой высоте над поверхностью Земли. Свечение расширяющегося плазменного облака позволяет изучить свойства атмосферы и магнитосферы Земли.

10.42. Орбиты метеорных тел такие же, как у комет и астероидов, т. е. преимущественно эллиптические.

10.43. Наблюдатель на поверхности Земли видит свечение метеоров только в очень небольшой части земной атмосферы. Это связано с малой толщиной атмосферы.

10.44. На утреннюю сторону земного шара попадают как те метеорные тела, которые летят ей навстречу, так и те, которые ее нагоняют. На вечернюю сторону попадают только те метеоры, которые нагоняют Землю.

10.45. Метеорное вещество во внутренних областях Солнечной системы быстро рассеивается. Его пополнение идет за счет распада комет, дробления астероидов и притока метеорных тел с периферии Солнечной системы.

10.46. Это является следствием кривизны орбит Земли и метеорного роя.

10.47. В метеорном рое Леонид имеется сгущение частиц, с которыми Земля встречается каждые 33 года.

10.48. Плазменный след метеора фиксируется радиолокаторами. Полет очень крупного метеороида может наблюдаться визуально.

10.49. Микрометеороиды, имеющие массы меньше 10^{-6} г, тормозятся в верхних слоях атмосферы еще до того, как они могут нагреться и начать светиться.

10.50. Очевидно, при движении метеорных тел вокруг общего центра масс происходят их многочисленные столкновения, в результате чего возникает дисперсия в скоростях.

10.51. Метеорное тело, вторгаясь в земную атмосферу, возбуждает ударную волну. Последняя порождает резкий звук.

10.52. При движении с большой скоростью метеорного тела в атмосфере Земли происходят его нагрев и ионизация окружающего воздуха. Энергия рекомбинации ионов выделяется в виде светового излучения. Малые метеорные тела сгорают.

10.53. Явление метеора возникает только на определенной высоте (около 80 км), где плотность воздуха оказывается достаточной для нагрева метеорного тела. Метеор перестает светиться, если его скорость после торможения становится малой или он просто сгорает.

10.54. Причины: а) рекомбинация ионов вдоль траектории метеорного тела в атмосфере; б) инертные свойства человеческого зрения.

10.55. В верхней части видимой траектории метеора плотность воздуха меньше и, следовательно, меньше скорость рекомбинации.

10.56. Метеорное тело по мере приближения к Земле сталкивается в единицу времени с большим числом молекул, так как плотность атмосферы увеличивается с уменьшением высоты.

10.57. Линии азота и частично кислорода принадлежат спектру земной атмосферы.

10.58. Мелких метеорных тел существенно больше, чем крупных. Большие метеорные тела выпадают на поверхность Земли в виде метеоритов.

10.59. Железные метеориты могли возникнуть только после плавления и дифференциации вещества. В каменных метеоритах обнаруживаются стеклообразные включения, которые также подтверждают факт плавления.

10.60. Метеорит нагревается до температуры плавления всего в течение нескольких секунд. За это время успевает расплавиться только тонкий поверхностный слой. При дальнейшем движении слой быстро остывает.

10.61. При движении метеорного тела через атмосферу тонкий расплавленный поверхностный слой вещества сду-

вается потоками воздуха. Масса упавшего на Землю метеорита оказывается меньше его массы в космическом пространстве.

10.62. Крупнейший из известных метеоритов находится на месте падения в пустыне Адрар (Западная Африка). Его вес оценивается в 100 000 т. Второй по величине железный метеорит Гоба массой 60 т находится в Юго-Западной Африке, третий массой 50 т хранится в Нью-Йорке. Масса найденных осколков Сихотэ-Алинского метеорита достигает 23 т.

10.63. Диаметр Попигайского кратера на севере Якутии 130 км. По соседству с ним обнаружены кратеры диаметрами в десятки километров. Предполагают, что 35 млн лет назад произошло столкновение с Землей астероида диаметром 10 км.

10.64. Находясь на поверхности Земли, каменные метеориты сравнительно быстро разрушаются, а железные метеориты могут сохраняться тысячелетиями.

10.65. Крупные осколки испытывают меньшее торможение в земной атмосфере.

10.66. Большие кратеры возникают в результате взрыва, во время которого вещество метеорита обращается в пар.

10.67. Крупные метеорные тела дробятся во время движения в атмосфере Земли.

11 | Мир звезд

11.1. Исторически созвездие возникло как определенная конфигурация звезд, сейчас это определенный участок небесной сферы. В 1922 г. все небо было разделено на 88 созвездий, из них 31 находится в северной полусфере, 48 — в южной, а остальные 9 расположены по обе стороны небесного экватора. Понятие созвездия весьма удобно для быстрой ориентировки на звездном небе.

11.2. Сириус является одной из ближайших звезд, поэтому вид звездного неба из его окрестностей будет практически таким же, как и от Солнца. Солнце будет видно в диаметральном противоположной точке небесной сферы в созвездии Геркулеса $\alpha = 18^{\circ}43'$, $\delta = +16^{\circ}39'$.

11.3. Под элонгацией близполюсных звезд, в том числе и Полярной, понимается наибольшее угловое удаление звезды по азимуту от плоскости меридиана.

11.4. В районе апекса и антиапекса звезды имеют максимальные лучевые скорости, а в поясе, равноудаленном от этих точек, — минимальные лучевые, но наибольшие тангенциальные скорости.

11.5. Лучевая скорость определяется по линейчатому спектру на основе продольного эффекта Доплера. «Мгновенность» ограничена временем экспозиции спектрограммы.

Для определения средней тангенциальной компоненты скорости необходимы позиционные наблюдения, разделенные большим промежутком времени (несколько лет и более). Определение мгновенной тангенциальной скорости невозможно.

11.6. Стандартный солнечный апекс, определяемый по звездам, видимым невооруженным глазом, находится в созвездии Геркулеса недалеко от Веги. Лучевая скорость Солнца в направлении апекса 19,5 км/с. Следовательно, лучевая скорость Веги в основном определяется движением Солнца.

11.7. Так как по условию расстояние между звездами не изменяется, то каждая из звезд будет двигаться по окружности. Радиусы орбит звезд относительно центра масс обратно пропорциональны их массам. Если масса одной звезды существенно больше массы другой, то практически окажется, что маломассивная звезда движется вокруг более массивной.

11.8. Если орбита звезды-спутника не лежит в картинной плоскости, то главная звезда не находится в фокусе эллипса, описываемого звездой-спутником.

11.9. Плоскость параллактического эллипса любой звезды параллельна плоскости земной орбиты. Звезда, имеющая параллактическое движение по окружности, однозначно указывает положение полюса эклиптики, т. е. точки пересечения с небесной сферой нормали к плоскости земной орбиты.

11.10. Такие звезды могут быть обнаружены по периодическому смещению линий в их спектрах, которое возникает из-за эффекта Доплера. Метод неприменим, если плоскость орбиты лежит в картинной плоскости.

11.11. Оба тела движутся вокруг центра масс по эллиптическим орбитам с одинаковыми периодами. Сумма больших осей этих орбит равна большой оси относительной орбиты.

11.12. Относительно центра масс.

11.13. У звезды, имеющей меньшую массу.

11.14. Плоскости орбит компонентов затменно-двойной звезды перпендикулярны или почти перпендикулярны картинной плоскости.

11.15. При двух независимых условиях: а) орбита спутника — окружность; б) линия апсид близка к лучу зрения. Выполнение первого условия более вероятно.

11.16. Эксцентриситет орбиты больше у второй звезды при условии, что линия апсид у обеих звезд близка к картинной плоскости.

11.17. Освещенность от системы в целом больше, чем от каждого компонента в отдельности. Система имеет блеск.

равный 0^m , если освещенность от обоих объектов превысит освещенность от первого объекта в 2,512 раза. На самом же деле блеск второго объекта заметно слабее первого: освещенность от него составляет всего $1/2,512$ от освещенности первого объекта. Поэтому суммарный блеск системы будет лишь немногим больше блеска звезды со звездной величиной 1^m . Наиболее вероятное значение блеска системы заключено между $0,5^m$ и 1^m . Точное значение блеска данной системы $0,64^m$.

11.18. Согласно закону Стефана — Больцмана отношение эффективных температур звезд равно $\sqrt[4]{2}$.

11.19. Изменение блеска β Лиры определяется не только затмениями в системе, как в случае β Персея, но и изменением ориентации вытянутых друг к другу компонентов по отношению к лучу зрения наблюдателя.

11.20. Пять из семи звезд ковша Большой Медведицы (кроме α и η) близки по блеску и цвету, а также имеют одинаковые собственные движения и лучевые скорости. Это дает основание полагать, что эти звезды являются членами одного рассеянного скопления.

11.21. Рассеянные звездные скопления принадлежат к плоской составляющей Галактики, а звезды, входящие в их состав, молодые (возраст $\sim 10^8$ лет) с повышенным содержанием тяжелых элементов. Шаровые звездные скопления относятся к сферической составляющей Галактики; их звезды — это звезды первого поколения. Шаровое скопление насчитывает 10^5 — 10^7 звезд, что на три порядка превышает число звезд в рассеянном скоплении.

11.22. Звезды имеют разную массу, что определяет разную светимость и разный темп эволюции.

11.23. Голубыми звездами могут быть только массивные молодые звезды. Исключением являются белые карлики, к которым звезды Плеяд не относятся.

11.24. Скопления χ и h Персея. Их возраст около 1 млрд лет. Большая часть звезд из этих скоплений уже успела стать в процессе эволюции красными гигантами и сверхгигантами.

11.25. Светимости звезд зависят от массы. Чем меньше масса звезды, тем ниже она оказывается на главной последовательности.

11.26. В принципе любая звезда излучает в инфракрасной области, но в астрономии под инфракрасными звездами понимают звезды, дающие основную часть своей энергии в диапазоне $0,74$ — 2 мкм. Большинство из обнаруженных инфракрасных звезд относится к долгопериодическим переменным звездам с температурами 1500 — 3000 К. Однако некоторые из них излучают в далекой инфракрасной области ($\lambda > 4$ мкм). Предполагают, что такое излучение создает газопылевая оболочка, окружающая звезду.

11.27. Объекты массой, меньшей чем 0,08 от массы Солнца,— это несостоявшиеся звезды, называемые коричневыми карликами. Из-за низкой температуры в них не могут начаться термоядерные реакции. Под действием сил тяготения они медленно сжимаются и за счет этого излучают в инфракрасной области. Коричневым карликом может считаться планета Юпитер, так как она излучает энергии больше, чем получает от Солнца.

11.28. Это так называемые звезды типа *R* Северной Короны. В этих переменных звездах время от времени блеск медленно ослабевает на 1—9 звездных величин, после чего постепенно возвращается к первоначальному значению. Предполагается, что блеск этих звезд, обладающих по сравнению с Солнцем избытком углерода, ослабляется частицами углерода, образующимися в выброшенном звездой облаке.

11.29. В атмосферах гигантов поздних спектральных классов обнаружен горячий водяной пар.

11.30. В визуальной области спектра изменения блеска Миры Кита происходят не только вследствие колебаний температуры и размеров звезды, но и за счет изменения интенсивности мощных полос окиси титана. На болометрические и инфракрасные звездные величины влияние полос окиси титана незначительно.

11.31. Новыми могут становиться звезды — белые карлики, входящие в систему тесной двойной звезды. От главной звезды на поверхность белого карлика перетекает водород. Когда его становится много (0,001 от массы Солнца), то начинается термоядерный взрыв на поверхности звезды. С Земли взрыв регистрируется как вспышка новой звезды.

11.32. В предположении одинаковости механизма вспышки у новых, новоподобных и повторно-новых звезд новые должны вспыхивать с интервалом в несколько тысячелетий.

11.33. Долгопериодическая переменная звезда типа Миры Кита — χ Лебеда имеет самую большую амплитуду блеска в визуальной области — 11 звездных величин. В максимуме ее блеск достигает $3,3^m$, а в минимуме падает почти до 14^m .

11.34. Полярная звезда является переменной звездой-цефеидой, блеск которой изменяется с периодом около 4 суток и амплитудой меньше 0,1 звездной величины. Полярная звезда видна всю ночь в течение всего года во всем северном полушарии Земли, где проживает большая часть населения планеты. Блеск Полярной звезды 2^m . В последние годы ее амплитуда еще больше уменьшилась. По-видимому, звезда выходит из полосы нестабильности на диаграмме «Спектр — светимость» и превращается в обычный гигант.

11.35. Самыми горячими являются ядра планетарных туманностей. Температура поверхностей этих звезд достигает более 50 тыс. К.

Одной из самых холодных является χ Лебеда, температура поверхности которой равна 1600 К. А самой холодной из известных в наше время является звезда ϵ Возничего. Температура ее поверхности всего 1300 К.

11.36. Звезды имеют непрерывный спектр, на фоне которого видны абсорбционные линии.

11.37. Нижний предел периодов вращения рентгеновских пульсаров составляет сотые доли секунды.

11.38. Вращение звезды приводит к расширению спектральной линии вследствие эффекта Доплера. Эквивалентная ширина линии при этом будет такой же, как и у невращающейся звезды.

11.39. На конечном этапе эволюции звезды массой около одной массы Солнца сжимаются до размеров Земли.

11.40. Увеличение массы белых карликов влечет за собой увеличение плотности вещества и соответственно уменьшение размеров. Существование твердой планеты как единого целого обуславливается не силой притяжения, а силой межмолекулярного взаимодействия вещества. Плотность твердых планет в первом приближении не зависит от их масс. Поэтому более массивная планета имеет и большие размеры.

11.41. Невращающиеся одиночные звезды имеют форму шара. Вращающаяся звезда сплюснута с полюсов. В тесных двойных системах форма звезд более сложная. Пока размеры звезды малы по сравнению с размерами полости Роша, ее форма напоминает трехосный эллипсоид. По мере приближения к полости Роша ее форма становится несимметричной. И наконец, у звезды, заполнившей полость Роша, вблизи внутренней точки Лагранжа появляется «носик». Звезда становится похожей на грушу.

11.42. Такая форма соответствует минимуму потенциальной энергии.

11.43. Эквипотенциальная поверхность ($\varphi = GM/r = \text{const}$) вокруг одиночной звезды имеет сферическую форму. В тесной двойной системе поверхность равного гравитационного потенциала близка к форме эллипсоида. На большом расстоянии от двойной звезды эквипотенциальная поверхность вновь приобретает сферическую форму.

11.44. Звезды в отличие от планет, которые светят отраженным от звезды светом, — массивные раскаленные газовые (плазменные) тела, излучающие собственный свет. В недрах большинства звезд протекают термоядерные реакции; в планетах такие реакции не идут. Пограничная масса равна примерно 0,02 от массы Солнца или примерно

20 массам планеты Юпитер. Имея такую массу, объект уже может считаться звездой, в его недрах, хотя и с малой скоростью, водород превращается в гелий.

11.45. В планетах. При более низкой температуре возможно образование многочисленных разновидностей молекул, а также кристаллических структур.

11.46. Холодных. Горячие звезды состоят из ионов, электронов и атомов, в холодных звездах происходит также и образование молекул. Усложнение структуры вещества при понижении температуры звезды демонстрируют звездные спектры. В спектрах холодных звезд видны многочисленные молекулярные полосы.

11.47. Равновесие вещества звезды и, следовательно, существование звезды как единого целого обусловлено равенством силы притяжения вещества, направленной к центру, и силы газового давления, направленной от центра. Превышение силы газового давления над силами тяготения имеет место при взрыве звезды; обратное отношение — при коллапсе звезды.

11.48. Нет. В звезде также должно выполняться условие термодинамического равновесия: все выделенное в недрах звезды тепло за тот же промежуток времени должно рассеиваться в пространстве. В противном случае возможен взрыв звезды.

11.49. У большинства звезд в исторических временных интервалах не наблюдается изменение физических характеристик.

11.50. Нестационарное физическое состояние наблюдается у переменных и нестационарных звезд.

11.51. У звезды, которая не вращается.

11.52. Процессы, связанные с рождением звезд, такие, как конденсация пыли, сжатие, проявляют себя в инфракрасной области и радиодиапазоне. Звезды, находящиеся на поздних стадиях эволюции, — нейтронные звезды, черные дыры — излучают в рентгеновской области спектра.

11.53. Причиной образования непрерывного спектра являются преимущественно свободно-связанные переходы, т. е. рекомбинация электронов на соответствующие энергетические уровни. Так как скорости электронов могут быть произвольными, то частота излучаемых квантов оказывается разной. Оптически плотный газ, каким является фотосфера звезды, дает яркое непрерывное излучение, на фоне которого видны темные линии, возникающие при связанно-связанных переходах в более холодном газе.

11.54. У Солнца. Основным источником непрозрачности у Солнца являются отрицательные ионы водорода, находящиеся в фотосфере, которые для всех длин волн почти одинаково ослабляют излучение, идущее из недр звезды.

У Веги основным источником ослабления света в атмосфере является нейтральный водород, влияние которого селективно.

11.55. Для определения температуры поверхностей холодных и горячих звезд с использованием закона Вина необходимы спектрофотометрические наблюдения вне пределов оптического диапазона — в инфракрасной и ультрафиолетовой области спектра.

11.56. Светимость — это мощность излучения звезды. Она эквивалентна полному потоку электромагнитного излучения звезды. Сила света равна мощности излучения в единичном телесном угле.

11.57. Установившаяся светимость сферы Дайсона будет равна светимости звезды. Поверхностная температура сферы Дайсона будет тем меньше, чем больше радиус сферы.

11.58. Верхняя часть главной последовательности действительно менее населена, чем нижняя, так как звезд большей светимости и, следовательно, большей массы меньше чем звезд малой светимости. В нижней части главной последовательности располагаются маломассивные и поэтому слабые звезды, из которых доступны наблюдениям только близкие объекты.

11.59. Большинство звезд, видимых невооруженным глазом, является объектами высокой светимости.

11.60. Карликами в астрономии называют звезды малых размеров. Белыми эти звезды названы потому, что большинство из них имеет поверхностную температуру около 10 000 К. Звезды с такой температурой воспринимаются как белые.

11.61. У карликов, где плотность вещества больше, непрозрачность наступает при меньшей толщине. У гигантов можно видеть сквозь большую толщу атмосферы.

11.62. Мощность излучения звезды — светимость — зависит не только от температуры звезды, но и от ее размеров.

11.63. Излучательная способность звезды спектрального класса M будет меньше, а следовательно, она будет иметь большие размеры.

11.64. Показатель цвета $B - V$ для звезд спектрального класса A_0 ($T = 10\,000$ К) принят за нуль. Более горячие звезды, у которых максимум излучения смещен в коротковолновую область спектра, имеют $(B - V) < 0$, а холодные звезды, которые в основном излучают в инфракрасной области, имеют $(B - V) > 0$.

11.65. Во-первых, термоядерный синтез в звездах является процессом естественным и саморегулирующимся, а на Земле — искусственным и практически неуправляемым.

Во-вторых, в звездах происходит синтез изотопа водорода противя в гелий, а на Земле в лабораториях в термоядерном синтезе используют дейтерий, тритий, литий.

11.66. Температуры в недрах красных карликов ($M = 0,08 - 0,3 M_{\odot}$) достаточны для синтеза только изотопа ${}^2\text{He}^3$.

11.67. Основой существования звезд является термоядерный синтез в их недрах. Синтез двух ядер водорода при температурах порядка $10 - 20$ млн К возможен только вследствие туннельного эффекта.

11.68. Вероятность термоядерной реакции образования гелия определяется еще и достаточно редким событием — превращением одного из протонов в ядре в нейтрон, так как только протон и нейтрон могут образовать ядро дейтерия.

11.69. Свободных нейтронов в космическом пространстве мало, так как они нестабильны и за полчаса распадаются на протон, электрон и нейтрино.

11.70. В красных гигантах и сверхгигантах термоядерные реакции протекают в слоевом источнике, постепенно продвигающемся в направлении от центра к поверхности. В процессе взрыва сверхновой звезды ударная волна на короткое время нагревает внешнюю оболочку до такой высокой температуры, что в ней тоже протекают термоядерные реакции. Термоядерные реакции могут происходить и на отдельных участках поверхности звезды, если температура там повышается до высоких значений.

11.71. Внутри Солнца и звезд, не являющихся сверхплотными.

11.72. В сверхплотных звездах — белых карликах. В этих объектах число электронов больше числа возможных энергетических состояний. Это приводит к равномерному распределению электронов по скоростям.

11.73. На Солнце и в подавляющем числе звезд, за исключением сверхплотных, при очень высокой температуре недр вещество полностью ионизовано, т. е. состоит из электронов и положительных ядер атомов. Такой газ по своим свойствам близок к идеальному.

11.74. Можно, но изложенная ситуация будет иметь место и в случае, когда звезда наблюдается со стороны одного из своих полюсов.

11.75. Звезда удовлетворяет определению точечного источника света, под которым понимается изотропно излучающий источник света, имеющий размеры, существенно меньшие расстояния, на котором оценивается его действие.

11.76. Волновая поверхность излучения звезды как точечного источника света имеет сферическую форму. На расстоянии Земли из-за большой удаленности волновая поверхность любой звезды преобразуется в плоскость.

11.77. Если речь идет о мощности излучения единицы площади поверхности звезды, то эта величина и является яркостью. Однако иногда, особенно в быту или в старых изданиях, под яркостью понимается блеск звезды, т. е. освещенность, создаваемая ею на расстоянии Земли.

11.78. а) Находящиеся на стадии протозвезды, когда газопылевое облако, сжимаясь, излучает в инфракрасной области спектра; б) гиганты или сверхгиганты и звезды на главной последовательности; в) сверхновые первого типа после максимума блеска поддерживают свечение за счет распада радиоактивных нуклидов; г) белые карлики, охлаждаясь, светят за счет тепловой энергии; д) более холодные компоненты в тесных двойных системах.

11.79. При спонтанном сжатии полностью ионизованного газа его коэффициент поглощения уменьшается и звездное вещество начинает усиленно терять энергию, в результате чего вещество остывает. При спонтанном сжатии не полностью ионизованного газа его коэффициент поглощения увеличивается, при этом непрозрачность возрастает. В этом слое звезды начинается ионизация, и в нем накапливается энергия. Благодаря первому процессу обеспечивается стабильность звезды. Второй процесс лежит в основе автоколебательных явлений в цефеидах.

11.80. В тесных двойных системах для земного наблюдателя холодная звезда меняет фазы при условии, что плоскость орбиты спутника не лежит в картинной плоскости.

11.81. На заключительном этапе своей жизни звезда может иметь светимость до 10^{10} светимостей Солнца и даже выше, т. е. светимость звезды будет сравнима со светимостью галактики. Это происходит во время вспышки сверхновой.

11.82. В тесной двойной системе одним из компонентов может быть нейтронная звезда. Вещество, засасываемое этой звездой, в ее окрестностях разгоняется до скоростей, достигающих 100 000 км/с. При соударении вещества с поверхностью выделяется энергия в виде рентгеновского излучения. Рентгеновское излучение может возникнуть и при столкновении между собой частиц, падающих на черную дыру. Механизм образования звездного рентгеновского излучения подобен происходящему в рентгеновской трубке.

11.83. В барстерах компаньонами нейтронных звезд являются слабые по блеску старые звезды малой массы. Магнитное поле таких нейтронных звезд слабое. Аккреция вещества происходит по всей поверхности нейтронной звезды, и поэтому нет периодичности в рентгеновском излучении.

В пульсарах компаньонами нейтронной звезды с сильным магнитным полем оказываются молодые яркие звезды-

гиганты. Аккреция вещества происходит только в районе полюсов нейтронной звезды. Вращение такой нейтронной звезды может создать явление пульсара.

11.84. Как известно, темные пятна есть на поверхности Солнца. Предполагается также существование огромных устойчивых темных пятен на поверхности молодых звезд.

На Солнце вокруг пятен существуют яркие площадки — факелы, где наблюдается приток дополнительной энергии из конвективной зоны. Самыми яркими являются участки солнечных вспышек, которые по своей природе есть взрывы, вызванные сжатием солнечной плазмы.

На пульсарах яркими пятнами оказываются районы магнитных полюсов.

11.85. Сильные бальмеровские линии возникают в атмосферах тех звезд, в которых имеется достаточное количество атомов водорода в возбужденном состоянии на уровне $n=2$. В горячих звездах ($T > 3 \cdot 10^4$ К) все атомы водорода ионизированы и, следовательно, линии водорода возникнуть просто не могут, а в холодных звездах ($T < 6 \cdot 10^3$ К) мало возбужденных атомов.

11.86. Спектральная последовательность есть температурная последовательность, в этом смысле шкала спектральных классов эквивалентна шкале температур. Спектральные типы определяются легче и известны для большего числа звезд, чем их температуры.

11.87. Постоянство мощности излучения звезды происходит путем ее автоматического расширения и сжатия.

11.88. При таких высоких температурах — десятки миллионов кельвин, которые имеют место в недрах звезд, вещество может находиться только в состоянии плазмы.

11.89. В недрах нейтронной звезды вещество находится в жидком сверхтекучем состоянии.

11.90. Внешняя оболочка нейтронных звезд представляет собой твердую кристаллическую кору из железа. При вращении такой звезды в коре могут возникнуть сильные напряжения, которые приводят к разломам коры.

11.91. Существуют две причины: а) высокая температура необходима для обеспечения большого газового давления, без которого произойдет коллапс звезды; б) только при очень высокой температуре возможны термоядерные реакции.

11.92. Конвекция возникает при повышенной непрозрачности вещества — в более удаленных от центра слоях звезды, в красных карликах. При высокой температуре, когда вещество прозрачно, основной механизм теплообмена — излучение. Полностью перенос энергии в недрах звезд путем конвекции происходит у звезд двух типов: сверхгигантов и карликов. У других типов звезд конвекция имеет ме-

сто вблизи поверхности, а во всем остальном объеме звезды энергия переносится излучением.

11.93. Теплопроводность является основным механизмом теплообмена в белых карликах. Причина этого — очень большая плотность вещества.

11.94. В красных карликах из-за низкой светимости имеет место большая непрозрачность вещества. В этом случае наиболее эффективна конвекция. Звезды верхней части главной последовательности вследствие высокой температуры имеют прозрачные недра, в которых перенос энергии происходит путем лучеиспускания.

11.95. Возможны три ситуации: а) квант света может быть переизлучен в той же частоте, но по другому направлению, что приводит к ослаблению излучения; б) квант может быть переизлучен в другой частоте, что приводит к перераспределению интенсивности по спектру; в) энергия кванта может быть использована на увеличение кинетической энергии атома, при этом повышается внутренняя энергия вещества.

11.96. Двигатель внутреннего сгорания и любая физическая переменная звезда. в том числе и цефеида, суть тепловые машины. Например, в дизеле при сжатии рабочего вещества происходит его воспламенение. При этом давление резко повышается и сжатие сменяется расширением. При расширении и последующем выхлопе температура газа понижается. После этого процесс повторяется. Аналогичный процесс имеет место и в физических переменных звездах. При сжатии звезды недра перегреваются и давление вещества звезды повышается, звезда начинает расширяться и терять энергию. После этого снова звезда сжимается. Роль клапана играет слой двукратно ионизированного гелия, который при сжатии звезды увеличивает непрозрачность и тем самым ведет к перегреву звезды, а при расширении, наоборот, увеличивает прозрачность и способствует ее охлаждению.

11.97. К автоколебаниям.

11.98. Для того чтобы могли образовываться отрицательные ионы, в плазме должны быть и нейтральные атомы. Это означает, что вещество звезды должно быть не полностью, а частично ионизованным. Состояние частично ионизованного газа встречается только во внешних слоях звезд, где сравнительно низкая температура. Наличие отрицательных ионов водорода в фотосфере Солнца обуславливает ее высокую непрозрачность.

11.99. Содержание гелия в звездах практически одинаково, так как определяется преимущественно термоядерным синтезом в первые минуты Большого взрыва. Образование тяжелых элементов происходило в результате локального синтеза в ходе эволюции конкретных звезд.

11.100. Звезды типа Вольф-Райе представляют собой обнаженные ядра массивных (от 30 до 100 масс Солнца) и горячих (от 30 до 40 тыс. К) звезд спектральных классов *O* и *B*, потерявших значительную часть (до 60%) своей массы вследствие истечения вещества.

11.101. Звезды массой более $5M_{\odot}$ по мере развития термоядерных реакций становятся слоистыми. Внешний слой состоит из водорода и гелия, ниже находится чисто гелиевая оболочка, а еще глубже залегают оболочки из углерода, кислорода, марганца, кремния. В центре образуется железное ядро.

11.102. Ядра железа имеют самую большую удельную энергию связи. Синтез более тяжелых ядер уже не сопровождается выделением энергии, а требует ее затрат. Такие тяжелые ядра обычно образуются при взрывах сверхновых.

11.103. Одно из объяснений этого явления — вынос тяжелых элементов из ядра звезды в результате конвективных явлений.

11.104. Звезды более поздних поколений образуются из рассеянного вещества ранее существовавших звезд, в которых уже образовались более тяжелые элементы, чем водород и гелий.

11.105. У красных гигантов.

11.106. В спектрах звезд присутствуют линии поглощения, которые могут возникать только в газе.

11.107. Непрерывный спектр дают оптически плотные газовые тела.

11.108. Звезды — белые карлики — представляют собой гелиевые ядра красных гигантов, внешняя оболочка которых, расширяясь, отделилась от звезды и превратилась в планетарную туманность.

11.109. Оптическая плотность сферического слоя у края туманности больше, чем в центре туманности.

11.110. При гравитационном коллапсе звезда массой 1—3 масс Солнца сжимается до размеров шара диаметром 10 км. При этом происходит нейтронизация вещества, т. е. превращение протонов и электронов в нейтроны. В таком состоянии звезды называют нейтронными. При определенных условиях нейтронные звезды наблюдаются в виде пульсаров. Вещество таких звезд находится в сверхплотном состоянии.

11.111. Интенсивное звездообразование происходит в знаменитой газопылевой туманности Ориона, расположенной на расстоянии приблизительно 1500 световых лет от Солнца.

11.112. Происхождение звезд современная космогония достаточно четко объясняет в рамках конденсационной теории. По-видимому, эта теория применима и к образова-

нию планет. Однако определить конкретный механизм формирования планет очень трудно, так как: а) планетная система весьма устойчивая структура, «забывшая» свое прошлое; б) детально пока может исследоваться только одна планетная система; в) основные планетообразующие молекулы и атомы сложнее, чем частицы, из которых состоят звезды.

11.113. В газопылевой туманности массой около $1M_{\odot}$ и меньше звезды образовываться не могут, так как гравитационное сжатие туманности на определенном этапе останавливается из-за возникших сил газового давления и термоядерные реакции из-за низкой температуры не могут начаться.

11.114. С повышением температуры возрастает энергия ядер гелия и становятся возможными термоядерные реакции с образованием все более тяжелых ядер.

11.115. Возраст Ригеля (β Ориона) составляет всего лишь 10 млн лет, т. е. примерно 0,002 от возраста Земли. Каждую секунду Ригель обращает в энергию излучения 90 млрд т вещества, что в 23 000 раз больше, чем Солнце. Через 10 млн лет эта звезда закончит свое существование.

11.116. Мощность излучения звезды в среднем пропорциональна массе в третьей степени, а внутренняя энергия пропорциональна массе в первой степени. Отсюда время жизни звезды обратно пропорционально массе звезды во второй степени.

11.117. Звезда постоянно теряет массу из-за светового излучения и истечения вещества. Значительная потеря массы происходит на поздних этапах жизни звезды — при образовании планетарных туманностей, вспышек сверхновых. Заметная перекачка вещества наблюдается в тесных двойных системах.

11.118. Массивные звезды массой, большей $5M_{\odot}$, взрываются как сверхновые второго типа. Если масса ядра, оставшегося после взрыва, меньше $3M_{\odot}$, то возникает быстро вращающийся пульсар диаметром до 10 км. Если же масса остатков взорвавшегося гиганта больше $3M_{\odot}$, то происходит неудержимое гравитационное сжатие и образуется черная дыра.

11.119. Коллапс звезды — это неудержимое гравитационное сжатие массивной звезды после того, как у нее полностью выгорит ядерное горючее. Звезда при этом схлопывается в очень плотное и компактное образование. Коллапс сопровождается выделением большого количества энергии, что позволяет наблюдать это явление в виде вспышки сверхновой.

11.120. По расчетам, сверхновые должны вспыхивать в Галактике каждые 30 лет. Однако наблюдаются они существенно реже из-за поглощения света в межзвездной среде.

Зарегистрировано же учеными всего три взрыва сверхновых: 4 июня 1054 г., 5 ноября 1572 г. и 9 октября 1604 г.

11.121. Явление сверхновой в спутнике нашей Галактики Большом Магеллановом Облаке ученые на Земле наблюдали в ночь с 23 на 24 февраля 1987 года. Однако сам взрыв этой звезды произошел 180 000 лет тому назад. Только сейчас свет донес информацию об этом событии до землян.

11.122. Крабовидная туманность — остатки взрыва сверхновой в 1054 году. Газы этой туманности разлетаются во все стороны от ядра со скоростью около 1000 км/с. В центре туманности находится пульсар.

11.123. Пульсары — это вращающиеся нейтронные звезды, магнитная ось которых не совпадает с осью вращения звезды. Пульсары излучают в узком телесном угле. С наблюдательной стороны характеризуются импульсным радио- и оптическим излучением с очень малым периодом (несколько десятков миллисекунд — несколько секунд).

11.124. Не изменяются масса, момент импульса, магнитный поток. Значительно увеличиваются плотность вещества, угловая скорость, индукция магнитного поля на поверхности звезды. Сильно уменьшается размер звезды.

11.125. Пульсары образуются при сжатии обычной вращающейся звезды. В процессе сжатия выполняется физический закон сохранения момента импульса. Так как при сильном сжатии существенно уменьшается момент инерции звезды, то в такой же степени возрастает угловая скорость вращения.

11.126. Черные дыры — это космические объекты, образующиеся в результате релятивистского гравитационного коллапса массивных тел. Черные дыры обладают таким сильным гравитационным полем, что даже кванты света не могут покинуть объект. Вследствие этого сами черные дыры невидимы.

О наличии черной дыры в двойной системе можно судить по жесткому рентгеновскому излучению, испускаемому веществом соседней звезды, падающим с большой скоростью на черную дыру. Излучение возникает в результате трений между слоями газа.

Черная дыра косвенно может быть обнаружена по движению звезды-компаньона, видимой в оптическом диапазоне, вокруг общего центра масс.

Возможен также способ обнаружения массивной черной дыры по эффекту гравитационной линзы. Каждая звезда, находящаяся за черной дырой, будет видна в виде пары звезд с совершенно одинаковыми характеристиками.

11.127. Черные дыры испаряются. Их масса переходит в излучение: фотоны, нейтрино, гравитоны. Однако процесс испарения для массивных черных дыр очень медленный.

Так, черная дыра массой, равной $10M_{\odot}$, испарится за невообразимо долгий срок — 10^{69} лет.

11.128. Ядерный этап эволюции звезд закончится через 10^{14} лет, после чего звезды образовываться не будут, а старые, остыв, превратятся в холодные тела или черные дыры.

11.129. Граница наблюдаемой звездной Вселенной находится от Земли на расстоянии порядка 10 млрд световых лет. Такое расстояние свет пройдет с момента образования первых звезд. На более далеких расстояниях звезд просто нет. Такой же предел в звездной Вселенной будет для любой точки Метагалактики.

11.130. Эффективнее всего это можно сделать по наблюдениям линий в спектре двойной звезды. Линии, возникшие в атмосфере звезд, вследствие эффекта Доплера испытывают периодические смещения; линии же межзвездного газа неподвижны.

11.131. Межзвездная пыль состоит из вытянутых пылинок, ориентированных в магнитных полях.

11.132. Заряженная межзвездная частица (протон или альфа-частица), попав со скоростью v в магнитное поле межзвездного облака, движущегося в направлении Земли со скоростью u , после «отражения» вылетает из облака со скоростью $v+2u$ и, таким образом, увеличивает свою скорость на $2u$. Наличие частиц с большой энергией указывает на эффективность такого механизма.

11.133. При взаимодействии электромагнитной волны с электроном происходит рассеяние фотонов, так как поглощение и излучение фотона при таком взаимодействии происходить не может. Свободно движущиеся атомы и молекулы могут поглощать и излучать.

11.134. Обратный процесс — это комптоновское рассеяние квантов на релятивистских электронах. В результате этого радиоизлучение может превратиться в электромагнитные волны оптического диапазона.

12 ГАЛАКТИКА. МЕТАГАЛАКТИКА

12.1. В звездах происходят частые столкновения частиц веществ, поэтому состояние их вещества нужно описывать уравнениями газодинамики. Галактики же представляют собой гравитационно-связанные системы объектов, не подверженных столкновениям, — звезд.

12.2. Середина Млечного Пути почти совпадает с большим кругом небесной сферы. Вектор скорости Солнца относительно центра Галактики тоже лежит в галактической плоскости, что указывает на его движение в этой плоскости.

12.3. Звезд с малыми массами существенно больше, чем звезд с большими массами. Основная часть звезд с малыми массами — красные карлики.

12.4. Самые старые звезды в Галактике занимают пространство примерно такое же, какое занимало протогалактическое облако. Оставшийся газ сжимался к центру и в результате столкновений частиц, его образующих, терял энергию. Новые подсистемы имели меньший размер. Сжатие в галактической плоскости мешали центробежные силы, а по оси вращения сжатие газа ничто не мешало. В результате в плоскости Галактики возник тонкий вращающийся газовый диск, в котором и образуются самые молодые звездные объекты Галактики.

12.5. Самые старые звезды образовались из бедного тяжелыми элементами протогалактического газового облака. Массивные звезды, быстро эволюционируя, взрывались и обогащали газ протогалактики образовавшимися в них тяжелыми элементами. Поздние поколения звезд образовались из веществ с большим содержанием металлов.

12.6. Согласно третьему закону Кеплера более удаленные от центра Галактики звезды имеют и больший период обращения. Поэтому спиральный узор Галактики должен разрушаться, по оценкам, за время примерно одного оборота.

В настоящее время существует теория, объясняющая сохранение спирального узора при вращении Галактики. Спиральные ветви — это места образования молодых горячих звезд в областях уплотнения вещества, которые соответствуют подошедшему фронту волны. Таким образом, фронт волны перемещается как единое целое, а звезды, покидая ветвь, уменьшают интенсивность излучения.

12.7. Под вращением Галактики понимают движение спиральных рукавов, которые имеют одинаковую угловую скорость на разных расстояниях от ядра.

12.8. Галактики, не испытывающие внешнего воздействия, за достаточно долгое время приходят к равновесному состоянию, в котором средняя скорость звезд постоянна, а плотность уменьшается от центра к периферии по определенному закону. Структура равновесной самогравитирующей системы определяется тремя динамическими характеристиками: массой, энергией и моментом импульса.

12.9. Шаровые звездные скопления являются самыми старыми образованиями в нашей и других галактиках. Шаровые скопления насчитывают сотни тысяч звезд каждое. В нашей Галактике сейчас известно 130 шаровых скоплений.

12.10. Звездное скопление (рассеянное или шаровое) — это гравитационно-связанная система. Полная механическая энергия таких систем отрицательна. Это означает, что модуль потенциальной энергии системы больше ее кинетической энергии.

12.11. Шаровые скопления имеют сильное сферически симметричное гравитационное поле, которое и обеспечивает им временную устойчивость.

12.12. Корона звездного скопления обнаруживается по превышению концентрации звезд над фоном в кольцевой зоне, примыкающей к видимым очертаниям скопления.

12.13. В старых рассеянных скоплениях нет горячих звезд высокой светимости, так как они уже превратились в красные гиганты и сверхгиганты. Примером таких скоплений с возрастом около 1 млрд лет являются скопления χ и h Персея. Молодым скоплением являются Плеяды.

12.14. Собственные движения звезд кратных систем указывают на их гравитационную неустойчивость. Такие системы распадаются в течение десятков и сотен тысяч лет, что и характеризует их возраст.

12.15. Облака космической пыли легко обнаруживаются по их экранирующему действию на свет звезд в виде темных прогалов на звездном фоне. Например, область сильного поглощения света в южной части Млечного Пути носит название «Угольный мешок».

12.16. На фотографиях многих галактик, наблюдаемых с ребра, отчетливо видна темная полоса межзвездной пыли, концентрирующейся к плоскости галактики. В нашей Галактике пыль полностью закрывает для наблюдений с Земли центр Галактики в созвездии Стрельца.

12.17. Электромагнитная волна индуцирует в металлической частице электрический ток, который нагревает частицу. За счет джоулева тепла происходит дополнительное поглощение света. В диэлектрических частицах электрический ток возникнуть не может, и поэтому такие частицы только рассеивают свет.

12.18. В условиях термодинамического равновесия вся полученная частицей энергия должна переизлучаться. Оценка температуры частицы может быть сделана исходя из закона Стефана — Больцмана. Считая пылинку абсолютно черным телом, что является хорошим приближением, ее температура при данных условиях будет равна 2,4 К.

12.19. Заряженные частицы движутся по спиральным траекториям вдоль силовых линий магнитных полей, которые могут иметь сложную конфигурацию. В результате этого заряженные частицы космических лучей, оставаясь внутри Галактики, проходят путь, существенно превышающий ее радиус.

12.20. Изотропия космических лучей, скорее всего, возникает благодаря длительному движению заряженных частиц в сложных магнитных полях межзвездного пространства. Источником космических лучей являются дискретные объекты.

12.21. Вторичные космические лучи анизотропны. Их наибольшая интенсивность наблюдается в районах магнитных полюсов Земли.

12.22. В результате ядерных реакций частиц галактических космических лучей с межзвездным веществом оно обогащается ядрами легких элементов. Состав солнечных космических лучей близок к составу вещества атмосферы Солнца.

12.23. В направлении галактических полюсов луч зрения пронизывает области пространства с наименьшим числом звезд Галактики. В этих же направлениях из-за малого поглощения света галактической пылью видно наибольшее число других галактик. Северный полюс Галактики находится в созвездии Волосы Вероники ($\alpha = 12^h 49^m$, $\delta = 27,4^\circ$)

12.24. Одна из таких галактик — это наша Галактика, видимая как Млечный Путь. Мы рассматриваем ее изнутри, поэтому она представляется в виде светлой полосы на ночном небе. Следующая галактика — это знаменитая туманность Андромеды. Ее интегральный блеск $4,3^m$, и она видна невооруженным глазом как светящееся пятнышко с небольшим угловым размером ($0,25^\circ$). Кроме этих галактик, на южном небе хорошо видны спутники нашей Галактики — Большое и Малое Магеллановы Облака.

12.25. Самая близкая галактика — это спутник нашей Галактики Большое Магелланово Облако. От центра Галактики она находится на расстоянии 52 кпк. Видна в южном полушарии, в созвездии Золотой Рыбы. Несколько дальше находится другой спутник Галактики — Малое Магелланово Облако. Расстояние до него 69 кпк. Эта галактика видна в созвездии Тукана. Обе галактики относятся к типу неправильных.

12.26. Туманность Андромеды — ближайшая к нам спиральная галактика M31. До нее 2 184 000 световых лет, или 670 кпк. Масса этой галактики $3,6 \cdot 10^{11}$ масс Солнца, т. е. ее масса примерно в 1,5 раза больше, чем наша Галактика.

12.27. В более далеких группах галактик не видны небольшие (карликовые) галактики.

12.28. Отношение $N_{m+1}/N_m = 3,98$ выполняется в случае равномерного распределения объектов в беспредельной системе. Очевидно, что оно справедливо для той части Метагалактики, где существуют галактики. Аналогичные подсчеты для звезд свидетельствуют, что Галактика является ограниченной (конечной) системой.

12.29. В далеком прошлом все объекты Метагалактики, ныне находящиеся далеко друг от друга, были расположены в пространстве близко друг к другу.

12.30. Эллиптические галактики имеют красноватый цвет, а спиральные — голубой. Цвет определяется суммарным цветом звезд. Эллиптические галактики содержат преиму-

щественно холодные красные звезды Голубой цвет спиральных рукавов спиральных галактик определяется горячими молодыми звездами.

12.31. Данные о вращении спиральных галактик указывают на то, что в галактиках, кроме видимого звездного вещества, существует не видимое ни в одном спектральном диапазоне вещество — так называемая скрытая масса. Одно из предположений о природе этого вещества заключается в том, что оно состоит из очень слабо взаимодействующих с обычным веществом элементарных частиц: легких массой 10^{-14} — 10^{-10} масс протона и тяжелых массой 1—1000 масс протона.

12.32. Основная причина — движение громадного количества звезд с разными по модулю и направлению скоростями.

12.33. Звезды образуются в спиральных и неправильных галактиках, которые имеют большие запасы газа. В эллиптических галактиках звездообразование не происходит, так как весь газ в них уже израсходован.

12.34. Две галактики, движущиеся относительно друг друга по замкнутым орбитам, называются двойными. Влияние других галактик на такую пару будет мало. В настоящее время известно несколько сотен тысяч таких пар галактик. Среди них встречаются почти соприкасающиеся галактики.

12.35. Галактики образуют облака, называемые скоплениями, которые содержат от десятков до десятков тысяч членов. Размер скоплений галактик порядка 10 Мпк. Ближайшее скопление галактик видно в созвездии Девы. До него 40 млн световых лет, а на небесной сфере оно занимает пространство площадью $40 \times 40^\circ$. В него входят 203 яркие галактики и тысячи гораздо более слабых. В настоящее время известно около 7000 скоплений галактик.

Местная Группа — это скопление галактик, в которое входят наша Галактика со своими спутниками — карликовыми галактиками, галактика в Андромеде (M31) и еще полтора десятка карликовых галактик. Диаметр Местной Группы 3 млн световых лет. Центр Местной Группы находится в направлении туманности Андромеды.

12.36. По наблюдениям за скоростями звезд предполагается, что в центрах близких галактик M31 и M32 находятся черные дыры массой от 10 до 100 млн масс Солнца. В центре нашей Галактики тоже находится компактный объект массой около $4 \cdot 10^6$ масс Солнца. По мнению ученых, скорее всего, это черная дыра, хотя и не исключено наличие концентрированного звездного скопления.

12.37. Активность галактик проявляется в истечении газа или сильном радиоизлучении ядра. Масса изверженного газа составляет около одной солнечной массы в год. В прошлом активных галактик было намного больше. По одной

из гипотез, квазары представляют собой галактики с большой активностью, находящиеся на космологических расстояниях.

12.38. Уширение линии вызвано разбросом скоростей частиц излучающего газа. По формуле эффекта Доплера скорость облаков оказывается в пределах ± 1000 км/с.

12.39. Первый открытый квазар 3C273 оказался и самым близким из всех. Он находится на расстоянии в миллиард световых лет. Его красное смещение $z=0,16$. Этот квазар, возможно, является черной дырой массой 2,5 млрд масс Солнца, ежегодно поглощающей из внешней среды вещество массой 25 масс Солнца.

12.40. Квазары, по доминирующей гипотезе, — активная стадия в эволюции галактик, через которую они прошли в раннем периоде существования Метагалактики. Сравнительно близкие галактики стадию квазаров прошли давно.

12.41. Размер источника излучения не должен в этом случае превышать 10 световых лет, т. е. расстояние, которое проходит свет от дальнего края до ближнего края объекта за 10 лет. Оценка размеров не зависит от механизма изменения блеска.

12.42. Это явление получило название «метagalактическое красное смещение». Оно интерпретируется согласно принципу Доплера как увеличение средних расстояний между галактиками. Причиной этого является, по современным воззрениям, огромный взрыв, происшедший 10—20 млрд лет назад и приведший к разбеганию галактик.

12.43. Этот наблюдательный факт доказывает ячеистую структуру Метагалактики.

12.44. Пекулярные скорости этих галактик больше скоростей разбегания галактик.

12.45. Галактики образовались из разлетающегося вещества и сохранили его импульс.

12.46. Основная сила в космосе — это гравитация, которая стремится собрать все вещество. Равновесие при действии только сил тяготения невозможно. В зависимости от величины начальной скорости вещество может неограниченно расширяться или расширяться с замедлением.

12.47. В космологическом расширении не участвуют гравитационно-связанные системы (Солнечная система, галактика, скопления галактик). Поэтому в этих случаях космологическое расширение не влияет на расстояния между Землей и указанными объектами.

12.48. Если средняя плотность вещества Вселенной будет меньше критической плотности $\rho_{кр} = 3 \cdot 10^{-27}$ кг/м³, то Вселенная будет бесконечно расширяться. Современные оценки средней плотности видимого вещества дают значение

$\rho = 3 \cdot 10^{-28}$ кг/м³. Учет скрытой массы может увеличить эту величину. Таким образом, вопрос о будущем Вселенной еще не решен.

12.49. Фоновое внегалактическое тепловое излучение с температурой 2,7 К, являющееся результатом Большого взрыва, называется реликтовым излучением. Реликтовое излучение изотропно только в системе отсчета, связанной с разбегающимися галактиками. В системе отсчета, связанной с движущейся Землей, реликтовое излучение анизотропно. Наблюдения интенсивности реликтового излучения позволяют фиксировать движение Земли вокруг Солнца, движение Солнца в Галактике и движение Галактики в направлении к скоплению галактик в созвездии Девы.

12.50. Реликтовое излучение имеет планковский спектр.

12.51. По массе во Вселенной больше всего водорода (77,4%) и гелия (20,8%). Водород и гелий образовались через 5 минут после начала Большого взрыва.

12.52. Вселенная состоит преимущественно из легких элементов — водорода и гелия. При высокой температуре они синтезируются в более тяжелые элементы. Элементов с большим массовым числом, с которыми могут происходить реакции деления, во Вселенной очень мало.

12.53. Активность ядер сейфертовских и маркарянских галактик, громадная активность радиогалактик, активность квазаров.

12.54. Наука не имеет совершенно определенного взгляда на эту проблему. Однако очевидно, что выброшенное в космическое пространство диффузное вещество далее подвергается процессам конденсации, что влечет к появлению звезд, планет и других тел.

12.55. В больших масштабах (больше 300 Мпк) вещество Метагалактики однородно. В меньших масштабах Метагалактика резко неоднородна, так как состоит из отдельных космических объектов и их систем (планеты, звезды, галактики, скопления галактик).

12.56. Происхождение структуры Вселенной связывается с очень малыми адиабатическими неоднородностями плотности в первоначально однородной Вселенной. С течением времени эти неоднородности возрастают и из них возникают обширные области, массы которых совпадают с массами скоплений галактик.

12.57. На данном этапе эволюция идет от простого к сложному. Вселенная, точнее Метагалактика, находилась в момент Большого взрыва в структурно более простой форме, так как она не содержала в то время ядер элементов, атомов, молекул, космических тел и их систем.

12.58. Вселенная, точнее Метагалактика, по-видимому, находится в неравновесном состоянии. В таком состоянии возможны процессы самоорганизации материи.

12.59. Космические объекты образуют системы. Планеты и спутники вместе с Солнцем составляют Солнечную систему. Звезды, их скопления, газовые и пылевые туманности образуют Галактику. Большая часть галактик входит в состав скоплений галактик. Следующая ступень иерархии космических объектов — гигантские ячейки, стенки которых созданы сверхскоплениями галактик. Внутри ячеек галактик мало. Более крупных структур видимого вещества в Метагалактике не обнаружено.

12.60. В расширяющейся Вселенной любая ее область испускает больше электромагнитного излучения, чем получает извне. Этот феномен носит название фотометрического парадокса Ольберса. Данный наблюдательный факт доказывает, что Метагалактика не находится в состоянии термодинамического равновесия.

12.61. Расширение Вселенной происходит адиабатно, а в адиабатном процессе энтропия сохраняется.

12.62. В современной Вселенной на 1 протон приходится 10^9 фотонов реликтового излучения. Это означает, что в самую раннюю эпоху расширения существовало примерно 10^9 нуклон-антинуклонных пар.

12.63. Нуклоны вещества нашего мира — это избыток барионов над антибарионами, существовавший на ранней стадии эволюции Вселенной. Этот факт образует основу зарядово-несимметричной модели Вселенной.

12.64. Считают, что если бы во Вселенной присутствовало в больших количествах антивещество, то на границах мира, состоящего из вещества, и антимира непрерывно происходила бы аннигиляция частиц и античастиц. Возникающие в этом процессе кванты с энергией 0,5 МэВ заполнили бы все пространство. Однако наблюдения в γ -диапазоне не обнаружили квантов с такой энергией.

12.65. Доступная наблюдениям часть Вселенной конечна. Радиус наблюдаемой Вселенной определяется расстоянием, которое свет прошел с момента Большого взрыва до наших дней. Наблюдаемые границы Метагалактики определяются положением наблюдателя.

12.66. Это может сделать любой человек, наблюдая звездное небо. Чем дальше от нас расположены звезды или галактики, тем дольше от них идет свет и в более далекое прошлое можно заглянуть. Так, самую близкую к нам звездную группу α Центавра мы видим такой, какой она была 4,3 года назад. Туманность Андромеды имеет такой вид, какой она была 2,184 млн лет назад.

12.67. Под возрастом Вселенной обычно понимается продолжительность нынешнего этапа ее развития, начавшегося с Большого взрыва 10—20 млрд лет назад. Однако существует предположение, что во Вселенной, кроме сил

всемирного тяготения, есть и силы отталкивания. Из-за действия последних в расширении могла бы наступить квазистатическая фаза, когда силы тяготения компенсировались силами отталкивания. Продолжительность такой фазы могла быть 50 млрд лет.

12.68. В результате гравитационного взаимодействия звезд галактики со временем разрушаются. Звезды постепенно покидают галактики, а их центральные части сжимаются и превращаются в сверхмассивные черные дыры. Процесс дезинтеграции галактик должен закончиться через 10^{19} лет. Звезды к тому времени давно погаснут.

12.69. Эволюция вещества во Вселенной имеет необратимый характер. Доказательством этого является существование звезд, в которых происходит необратимый процесс превращения водорода в более тяжелые элементы.

ЛИТЕРАТУРА

- Акоста В., Кован К., Грэм Б. Основы современной физики.— М.: Просвещение, 1981.
- Бакулин П. И., Кононович Э. В., Мороз В. И. Курс общей астрономии.— М.: Наука, 1974.
- Бова Б. Новая астрономия.— М.: Мир, 1976.
- Булат В. Л. Оптические явления в природе.— М.: Просвещение, 1974.
- Бутиков Е. И., Быков А. А., Кондратьев Л. С. Физика в задачах.— Л.: Изд-во ЛГУ, 1976.
- Буховцев Б. В., Кривченков В. Д., Мякишев Г. Я. Сборник задач по элементарной физике.— М.: Наука, 1974.
- Бялко А. В. Наша планета — Земля.— М.: Наука, 1983.
- Воронцов-Вельяминов Б. А. Сборник задач и практических упражнений по астрономии.— М.: Наука, 1977.
- Воронцов-Вельяминов Б. А. Сборник задач по астрономии.— М.: Просвещение, 1980.
- Гусев Е. Б., Гусева Т. А. Вопросы и качественные задачи по астрономии.— Рязань: РГПИ, 1991.
- Гусев Е. Б. Решение астрономических задач на уравнения синодического движения.— Рязань: РГПУ, 1993.
- Гусев Е. Б. Качественные задачи по астрономии.— Рязань: РИРО, 1996.
- Дагаев М. М., Демин В. Г., Климишин И. А., Чаругин В. М. Астрономия.— М.: Просвещение, 1983.
- Дагаев М. М., Чаругин В. М. Книга для чтения по астрономии Астрофизика.— М.: Просвещение, 1988.
- Жуков Л. В., Пронин В. П. Оптические инструменты. Астрономические приемники излучения.— Л., 1991.
- Засов А. В., Кононович Э. В. Астрономия.— М.: Просвещение, 1988.
- Зигель Ф. Ю. Лунные горизонты.— М.: Просвещение, 1976.
- Иванов Б. Н. Законы физики.— М.: Высшая школа, 1986.
- Иванов В. В., Кривов А. В., Денисенков П. А. Парадоксальная Вселенная.— СПб.: Изд-во С.-Петербургского гос. ун-та, 1997.
- Инженерный справочник по космической технике.— М.: Воениздат, 1977.
- Каплан С. А. Физика звезд.— М.: Наука, 1979.
- Климишин И. А. Астрономия наших дней.— М.: Наука, 1986.
- Климишин И. А. Элементарная астрономия.— М.: Наука, 1991.
- Кринов Е. А. Железный дождь.— М.: Наука, 1981.
- Ксанфомалити Л. В. Парад планет.— М.: Наука, 1997.
- Кузьмин А. Д. Планета Венера.— М.: Наука, 1981.
- Куликовский П. Г. Справочник астронома-любителя.— М.: Наука, 1971.
- Ланге В. Н. Физические парадоксы и софизмы.— М.: Просвещение, 1978.

- Левантовский В. И. Механика космического полета.— М.: Наука, 1974.
- Левитан Е. П. Астрономия — М.: Просвещение, 1994.
- Левитан Е. П. Физика Вселенной.— М.: Наука, 1976.
- Левитан Е. П. Эволюционирующая Вселенная.— М.: Просвещение, 1993.
- Малахова Г. И., Стамейкина И. А. Задачи и вопросы по астрономии для средней школы.— М.: Никель, 1993.
- Маркелова Л. П. Ключи к планетам.— М.: Знание, 1976.
- Маров М. Я. Планеты Солнечной системы.— М.: Наука, 1974.
- Мартынов Д. Я. Курс практической астрофизики.— М.: Наука, 1977.
- Мартынов Д. Я., Липунов В. М. Сборник задач по астрофизике.— М.: Наука, 1986.
- Мигдал А. Б. Как рождаются физические теории.— М.: Педагогика, 1984.
- Нарликар Дж. Неистовая Вселенная.— М.: Мир, 1965
- Основы космической биологии и медицины/Под ред. О. Г. Газенко.— М.: Наука, 1975
- Ротарь А. В. Задачи для юного космонавта.— М.: Просвещение, 1965.
- Рябов Ю. А. Движения небесных тел.— М.: Наука, 1988.
- Савельев И. В. Курс общей физики. В 3 т.— М.: Наука, 1982, 1987.
- Силк Дж. Большой взрыв.— М.: Мир, 1982.
- Силкин Б. И. В мире множества лун. Спутники планет.— М.: Наука, 1982.
- Струве О., Линдс Б., Пилланс Э. Элементарная астрономия.— М.: Наука, 1964.
- Сурдин В. Г. Астрономические олимпиады: задачи с решениями.— М.: Изд-во МГУ, 1996.
- Сучков А. А. Галактики: знакомые и загадочные.— М.: Наука, 1988.
- Суэрц К. Необыкновенная физика обыкновенных явлений.— М.: Наука, 1987.
- Тульчинский М. Е. Сборник качественных задач по физике.— М.: Просвещение, 1965.
- Уиппл Ф. Л. Семья Солнца. Планеты и спутники Солнечной системы.— М.: Мир, 1984.
- Физика космоса. Маленькая энциклопедия.— М.: Советская энциклопедия, 1986.
- Чурюмов К. И. Кометы и их наблюдения.— М.: Наука, 1980.
- Сборники общества «Знание»: «Космонавтика, астрономия».
- Журналы: «Астрономический журнал», «Успехи физических наук», «Со-росовский образовательный журнал», «Земля и Вселенная», «Звездочет», «Физика в школе», «Квант», «Наука и жизнь», реферативные журналы: «Астрономия», «Исследование космического пространства».

Учебное издание

Гусев Евгений Борисович

**СБОРНИК ВОПРОСОВ
И КАЧЕСТВЕННЫХ ЗАДАЧ
ПО АСТРОНОМИИ**

Книга для учащихся

Зав. редакцией Г. Н. Федина

Редактор Е. В. Соколова

Младший редактор Л. А. Крикунова

Художественный редактор В. Н. Алексеев

Художник С. А. Минаева

Технический редактор Е. Н. Зелянина

Корректоры Н. В. Бурдина, О. В. Ивашкина

Налоговая льгота — Общероссийский классификатор продукции ОК 005-93—953000. Изд. лиц. Серия ИД № 05824 от 12.09.01. Сдано в набор 15.08.01. Подписано к печати 10.01.02. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага офсетная № 1. Гарнитура Прагматика. Печать офсетная. Усл. печ. л. 11,0. Усл. кр.-отт. 11,5. Уч.-изд. л. 10,91. Тираж 10 000 экз. Заказ № 857.

Федеральное государственное унитарное предприятие ордена Трудового Красного Знамени «Издательство «Просвещение» Министерства Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. 127521, Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Государственное унитарное предприятие ордена Трудового Красного Знамени полиграфический комбинат Министерства Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. 410004 Саратов, ул. Чернышевского, 59.

**Издательство «Просвещение»
в 2002 году
выпускает новую учебную литературу
по физике**

- ▶ **Физика: 9 кл./**
Под ред. А. А. Фадеевой.
- ▶ Фадеева А. А.
Карточки-задания по физике: 8 кл.
- ▶ Мартынова Н. К.
Физика: 7—9 кл.: Книга для учителя.
- ▶ Мартынова Н. К. и др.
Рабочая тетрадь по физике: 7 кл.
- ▶ Мартынова Н. К. и др.
Рабочая тетрадь по физике: 8 кл.
- ▶ Тулькибаева Н. Н. и др.
Тесты по физике: 10—11 кл.
- ▶ Шилов В. Ф.
**Тетрадь для лабораторных работ по физике:
8 кл.**
- ▶ Изергин Э. Т.
Физика: 7 кл.
- ▶ Любимов К. В.
Я решу задачу по физике!
- ▶ Марон А. Е., Марон Е. А.
Контрольные тесты по физике: 10—11 кл.
- ▶ Марон А. Е., Марон Е. А.
**Физика: Опорные конспекты и дифферен-
цированные задачи: 7—9 кл.**
- ▶ Гусев Е. Б.
**Сборник вопросов и качественных задач по
астрономии: 10—11 кл.**
- ▶ Заботин В. А., Комиссаров В. Н.
**Контроль знаний, умений и навыков уча-
щихся при изучении курса «Физика и астро-
номия»: 7—9 кл.: Книга для учителя.**

Сборник вопросов и качественных задач по астрономии

Книга для учащихся

- Почему горы на Марсе выше, чем горы на Земле?

Почему лунный грунт ведет себя как влажный песок, хотя на Луне нет воды?

Какую начальную скорость должен иметь космический корабль, отправляющийся к далеким звездам?

Будут ли в будущем на Марсе расти яблони?

- Ответы на эти и многие другие интересующие вас вопросы таятся в решениях задач из книги Е.Б. Гусева **«Сборник вопросов и качественных задач по астрономии»**.

ISBN 5-09-010676-2



9 785090 106764

·Просвещение·