



А. М. Татарников
О. С. Угольников
Е. Н. Фадеев

Сборник задач и упражнений

АСТРОНОМИЯ

10–11



**А. М. Татарников
О. С. Угольников
Е. Н. Фадеев**

АСТРОНОМИЯ

Сборник задач и упражнений

10–11

Учебное пособие
для общеобразовательных организаций

2-е издание

Москва
«ПРОСВЕЩЕНИЕ»
2018



УДК 373:52
ББК 22.6я72
Т23

12+

Помощь в разработке заданий и составлении сборника оказывали:
О. А. Рыжикова, Е. В. Копачева, А. Ю. Бельшев

При подготовке данного издания были использованы материалы
сайтов vos.olimpiada.ru и www.nasa.gov.

Татарников А. М.

Т23 Астрономия. Сборник задач и упражнений. 10—11 классы :
учеб. пособие для общеобразоват. организаций / А. М. Татарни-
ков, О. С. Угольников, Е. Н. Фадеев. — 2-е изд. — М. : Просве-
щение, 2018. — 160 с. — ISBN 978-5-09-062655-2.

Предлагаемый сборник задач и упражнений по астрономии для учащихся
10—11 классов выполняет функцию одного из инструментов достижения об-
разовательных результатов по астрономии в соответствии с требованиями
ФГОС СОО. Разнообразие заданий позволяет отрабатывать различные умения
и компетенции.

УДК 373:52
ББК 22.6я72

ISBN 978-5-09-062655-2

© Издательство «Просвещение», 2018
© Художественное оформление.
Издательство «Просвещение», 2018
Все права защищены

Дорогие друзья!

В 2017 г. астрономию вернули в школу как отдельный учебный предмет, а в федеральном компоненте государственных образовательных стандартов появился раздел «Стандарт среднего (полного) общего образования по астрономии». Эффективное изучение астрономии возможно только при активном решении астрономических задач разных типов.

В предлагаемом вашему вниманию сборнике представлены задачи по всем основным темам астрономии — от законов движения небесных тел и небесных координат до внегалактической астрономии и эволюции Вселенной. Задания в сборнике сгруппированы по трём уровням сложности: **базовый, повышенный и олимпиадный.**

Астрономические задачи имеют свою специфику, которая проявляется и при их решении, и при проверке этого решения. Во-первых, требуется знание достаточно большого количества фактического материала, например названий созвездий и ярких звёзд. Во-вторых, несмотря на расхожее выражение «астрономическая точность», численные данные в астрономии часто бывают известны с недостаточно высокой точностью. Например, в условии задачи указано расстояние до звезды 200 пк. В реальности эта величина будет известна с точностью не более 10%. По этой причине в ответах ко многим задачам перед числом стоит слово или знак «примерно». Призываем педагогов с пониманием относиться к небольшим отклонениям в ответах учащихся. По той же причине числа в ответе желательно округлять с учётом точности входных данных. В-третьих, в некоторых задачах (особенно повышенного и олимпиадного уровней сложности) при решении требуется использовать те или иные астрономические величины (например, массу Солнца, температуру поверхности Солнца, диаметр зрачка человеческого глаза, величину астрономической единицы и т. д.), значения которых не даны в условии, но считается, что учащиеся должны их знать. Из-за того что в разных справочниках и учебниках приводятся несколько различающиеся значения, могут возникать отклонения ответа от авторского.

Данный сборник содержит восемь разделов и приложение со справочными данными и списком литературы. В разделе **Введение в астрономию** представлены задачи, которые призваны проверить знания по общим вопросам астрономии как предмета, знание основ-

ных астрономических явлений и звёздного неба. В разделе **Основы практической астрономии** собраны задачи по темам «Небесная сфера», «Время и календарь», «Угловые размеры и параллакс», «Звёздные величины» и «Методы астрофизических исследований» без привязки к каким-то конкретным типам астрономических объектов. Задачи на эти темы будут встречаться и в других разделах сборника. В разделе **Законы движения небесных тел** рассматриваются задачи на закон всемирного тяготения и законы Кеплера. Раздел **Строение Солнечной системы** посвящён конфигурациям планет, составу и общему строению нашей планетной системы, размерам и формам орбит, движению планет. Физические условия на поверхности планет, атмосферные явления, солнечные и лунные затмения и приливы рассматриваются в задачах раздела **Физическая природа тел Солнечной системы**. В раздел **Солнце и звёзды** включены задачи на физическую природу звёзд, их строение и эволюцию. В разделе **Галактики** собраны задачи, которые затрагивают строение нашей Галактики, особенности её звёздного состава, звёздные скопления, строение галактик разных типов. Завершает сборник раздел **Строение и эволюция Вселенной**, в котором приведены задачи и вопросы, касающиеся расширения Вселенной и закона Хаббла, а также методов определения расстояний во Вселенной.

В **Приложение** вынесены справочные данные, которые могут помочь в решении задач сборника. Если в условии задачи не приведены какие-то значения, например размер орбиты планеты или её масса, эти данные можно найти в Приложении.

В требованиях ФГОС и в некоторых задачах этого сборника есть упоминание компьютерных программ, которые помогают ориентироваться в звёздах на ночном небе. Авторы рекомендуют использовать свободно распространяемую программу-планетарий Stellarium, которая работает с разными операционными системами. Установите в настройках координаты местности, в которой вы живёте (или кликните мышкой в нужное место карты), — после этого планетарий готов к работе.

Надеемся, что сборник будет полезен учащимся для того, чтобы лучше изучить астрономию, а учителям для организации учебного процесса. Желаем успехов в учебной деятельности и новых открытий в бесконечных глубинах Вселенной.

Авторы

Раздел I

Введение в астрономию



Введение в астрономию

Базовый уровень сложности

Задача 1.1. Установите соответствие между разделами астрономии и изучаемым в них материалом.

1) Астрометрия	А) изучает природу небесных тел
2) Небесная механика	Б) изучает положение небесных тел в определённые промежутки времени
3) Астрофизика	В) изучает происхождение и развитие космических тел и их систем
4) Космогония	Г) изучает свойства и эволюцию Вселенной в целом
5) Космология	Д) изучает законы движения небесных тел

Задача 1.2. Продолжите высказывание.

Астрономия — это наука

- А) о звёздах, их поведении, развитии и движении
- Б) о небесных явлениях
- В) о влиянии движения планет на судьбу человека
- Г) о движении небесных тел, их природе, происхождении и развитии

Задача 1.3. Перечислите особенности астрономии как науки (приведите не менее трёх вариантов).

Задача 1.4. Известно, что многие астрономические термины появились ещё в античные времена и являются словами или производными слов греческого или латинского языка. Продолжали эту традицию астрономы и позже. Сопоставьте термин и его перевод.

- | | |
|---------------|-----------------------|
| А) космос | 1) странник |
| Б) комета | 2) подобный звезде |
| В) астероид | 3) волосатый/косматый |
| Г) меридиан | 4) мир |
| Д) планета | 5) закон звёзд |
| Е) астрономия | 6) полуденный |
| Ж) метеор | 7) небесный |

Задача 1.5. Наблюдая ночью за звёздным небом в течение часа, вы заметили, что звёзды перемещаются по небу. Это происходит потому, что

- А) Земля движется вокруг Солнца
- Б) Солнце движется по эклиптике
- В) Земля вращается вокруг своей оси
- Г) звёзды движутся вокруг Земли

Задача 1.6. Какая из единиц измерения расстояния в астрономии является первичной, а какая — производной от других: световой год или парсек? Ответ объясните.

Задача 1.7. Сколько созвездий на небе?

Задача 1.8. Можно ли долететь на ракете до какого-нибудь созвездия?

Задача 1.9. Сопоставьте звезду и созвездие, в котором она находится.

- | | |
|----------------|--------------------|
| А) Антарес | 1) Близнецы |
| Б) Бетельгейзе | 2) Возничий |
| В) Денеб | 3) Лебедь |
| Г) Капелла | 4) Малая Медведица |
| Д) Кастор | 5) Орион |
| Е) Кохаб | 6) Скорпион |

Задача 1.10. Выберите из списка экваториальные созвездия.

Большая Медведица, Большой Пёс, Дева, Кассиопея, Змееносец, Орёл, Орион, Рыбы.

Задача 1.11. Выберите из списка созвездия Северного полушария неба. Волк, Возничий, Кассиопея, Лебедь, Стрелец, Лира, Малая Медведица.

Задача 1.12. Выберите из приведённого списка слова, являющиеся названиями созвездий.

Орёл, Лебедь, Рак, Щука, Гидра, Орион, Лира, Кассиопея, Кит, Малый Тигр, Лев, Большой Пёс.

Задача 1.13. Выберите из списка созвездия Южного полушария неба. Андромеда, Близнецы, Большая Медведица, Малая Медведица, Лебедь, Кассиопея, Киль, Персей, Скорпион, Волопас, Центавр.

Задача 1.14. К каким созвездиям относятся следующие звёзды: Полярная звезда, Вега, Арктур, Капелла, Сириус, Бетельгейзе?

Задача 1.15. Как называется самая яркая звезда на ночном небе? Как называется самая яркая звезда северной полусферы неба?

Задача 1.16. Какие названия попали в список звёзд по ошибке?

Вега, Альдебаран, Волопас, Сириус, Капелла, Арктур, Полярная, Денеб, Альтаир, Мицар, Квазар.

Задача 1.17. Какой объект попал в приведённый список по ошибке? Почему вы так считаете?

Сатурн, Земля, комета, астероид, Солнце, галактика, Луна, Марс, Ганимед.

Задача 1.18. Какие из перечисленных небесных тел не были известны астрономам древности: Церера, Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон, Солнце, Луна?

Задача 1.19. Напишите названия: 1) самой яркой звезды на нашем небе; 2) ближайшей к нам звезды.

Задача 1.20. Назовите три самых ярких светила на нашем небе.

Задача 1.21. Какие три яркие звезды в средних широтах Северного полушария Земли первыми появляются на вечернем осеннем небе в южной части горизонта? Из каких они созвездий?

Задача 1.22. Где на звёздном небе находится Летний треугольник? Что он собой представляет?

Задача 1.23. В каких созвездиях Солнце бывает в сентябре—октябре?

Задача 1.24. В каком созвездии находится Солнце в 23 ч 14 ноября?

А) Лев

Б) Дева

В) Весы

Г) Скорпион

Д) ни в каком, так как в это время ночь

Задача 1.25. Совпадает ли число зодиакальных созвездий с числом созвездий, через которые проходит Солнце, двигаясь по эклиптике? Через сколько созвездий проходит годовой путь Солнца по небесной сфере?

Задача 1.26. Расставьте следующие объекты Солнечной системы в порядке их открытия:

Нептун, Плутон, Уран, Церера, Эрида.

Задача 1.27. Что больше — суммарный рост всех людей на Земле или расстояние до Луны?

Задача 1.28. Сколько времени идёт до нас свет от Сириуса, если расстояние от Земли до Сириуса 8,611 световых лет? Ответ выразите в годах, месяцах и днях.

Задача 1.29. Расстояние до звезды 250 св. лет. Сколько времени будет лететь до неё космический аппарат, движущийся со скоростью, равной $1/10$ скорости света? Ответ выразите в годах.

Задача 1.30. Звезда ϵ Эридана расположена на расстоянии 10,5 св. лет от Солнца и удаляется от него со скоростью 15 км/с. За какое время сумел бы добраться до неё космический аппарат, движущийся со скоростью 45 км/с относительно Солнца?

Задача 1.31. Звезда τ Кита расположена на расстоянии 12 св. лет от Солнца и приближается к нему со скоростью 16 км/с. За какое время сумел бы добраться до неё космический аппарат, движущийся со скоростью 56 км/с относительно Солнца?

Задача 1.32. Угловой диаметр Сириуса равен $0,0060''$. На какое расстояние от наблюдателя нужно удалить десятирублёвую монету диаметром 22 мм, чтобы она была видна с таким же угловым диаметром?

Задача 1.33. Видно ли сегодня ночью на небе созвездие Цефея из средних широт Северного полушария? Ответ поясните.

А) да

Б) нет

В) невозможно определить

Г) невозможно определить, так как не указана дата

Задача 1.34. 15 февраля 2014 г. исполнилось 450 лет со дня рождения итальянского учёного Галилео Галилея. В 1609 г. он сконструировал телескоп и впервые провёл астрономические наблюдения. Перечислите открытия, которые он совершил.

Задача 1.35. Какое созвездие на небе состоит из двух отдельных частей, не соединяющихся друг с другом?

Задача 1.36. В один и тот же день на Земле были зарегистрированы следующие события (время всемирное):

- А) землетрясение в Японии в 12 ч 02 мин
 Б) образование пятна на Солнце в 12 ч 09 мин
 В) вспышка на Солнце в 12 ч 12 мин
 Г) извержение вулкана на Ио в 12 ч 18 мин
- Расположите события в порядке их наступления.

Повышенный уровень сложности

Задача 1.37. Сопоставьте дату с астрономическим открытием и с учёным, его сделавшим.

Дата	Событие	Учёный
1) 1610 г.	А) Открытие Плутона	1) Урбен Леверье
2) 1761 г.	Б) Открытие ускоренного расширения Вселенной	2) Галилео Галилей
3) 1781 г.	В) Открытие Урана	3) Михайло Ломоносов
4) 1846 г.	Г) Открытие спутников Юпитера	4) Уильям Гершель
5) 1930 г.	Д) Открытие Нептуна	5) Сол Перлмуттер, Брайан Шмидт и Адам Рисс
6) 1998 г.	Е) Открытие атмосферы на Венере	6) Клайд Томбо

Задача 1.38. В оптическом диапазоне длин волн наземные наблюдения всегда проводятся ночью, а объект при этом должен находиться над горизонтом. В радиодиапазоне наблюдения могут проводиться и днём. С помощью каких телескопов можно с поверхности Земли наблюдать объекты и днём и ночью, причём объекты могут находиться и под горизонтом?

Задача 1.39. Выберите из списка пары звёзд, находящиеся в одном созвездии.

Алиот, Альбиро, Альдебаран, Денеб, Дубхе, Кастор, Поллукс.

Задача 1.40. Выберите из списка звёзды, принадлежащие созвездию Орион.

Бетельгейзе, Беллатрикс, Процион, Регул, Ригель, Сириус, Этамин.

Задача 1.41. Выберите из списка названия созвездий.

Орион, Ариадна, Полярная, Динозавр, Ворона, Лиса, Ящерица, Телец, Микроскоп, Телевизор.

Задача 1.42. Выберите из списка названия созвездий.

Альдебаран, Попугай, Орион, Лягушка, Рысь, Близнецы, Телескоп, Вышка, Большой Лев, Малый Лев, Большой Кот, Пёс.

Задача 1.43. Царь Иолка Пелий, дабы погубить своего племянника Ясона, потребовал, чтобы тот доставил из Колхиды золотое руно. Для совершения этого подвига Ясон собрал множество героев, которые поплыли в Колхиду на корабле с названием «Арго»... В древности одно из созвездий называлось «Корабль «Арго»». Но на современных картах этого созвездия нет. Какие же созвездия теперь находятся на его месте?

Задача 1.44. Однажды жена титана Атласа Плейона вместе со своими дочерьми Алкионой, Келено, Майей, Меропой, Астеропой, Тайгетой и Электрой находилась в Беотии. Там их повстречал местный охотник. Женщины испугались его и начали убегать, а охотник и его собака бросились за ними вслед. Пять месяцев продолжалась погоня. Наконец Зевс сжалился над несчастными и поместил их на небо... Как мы теперь называем охотника и его собаку, а как — Плейону и её дочерей?

Задача 1.45. В XVIII в. в России бытовали следующие названия звёзд: Воловий Глаз, Пёсия звезда, Львово Сердце. Как эти звёзды называются сейчас?

Задача 1.46. Приведённая на рисунке 1 фотография была получена любителем астрономии с помощью неподвижного фотоаппарата. Оцените, с какой выдержкой был получен этот снимок.

Задача 1.47. Как можно, не покидая Землю, понять, что она круглая?

Задача 1.48. Как можно, находясь на Земле, понять, что она (а не небо) вращается?



Рис. 1

Задача 1.49. Считается, что на всём небе невооружённым глазом видно примерно 6000 звёзд, из них на Северном полушарии неба — около 3000 звёзд. В наше время тщательно пересчитаны и внесены в каталоги многие миллионы звёзд, в том числе очень слабых. Почему же число звёзд, которые можно увидеть невооружённым глазом на Северном полушарии небесной сферы, никогда не указывается точно?

Задача 1.50. С помощью подвижной карты звёздного неба или программы-планетария определите: видны ли в Москве 3 декабря в 20 ч созвездия Кассиопеи, Большой Медведицы, Орла и Водолея? Если видны, то в какой части неба?

Задача 1.51. Средняя плотность нейтронных звёзд составляет 10^{18} кг/м³. Каким стал бы радиус Земли, если бы она сжалась до такой плотности?

Олимпиадный уровень сложности

Задача 1.52. Сопоставьте дату с астрономическим открытием и учёным, его сделавшим.

Дата	Событие	Учёный
1) 1610 г.	А) Открытие Нептуна	1) Сол Перлмуттер, Брайан Шмидт и Адам Рисс
2) 1618 г.	Б) Открытие радиоизлучения Галактики	2) Эдвин Хаббл
3) 1716 г.	В) Открытие абберрации света	3) Карл Янский
4) 1727 г.	Г) Открытие периодичности комет	4) Джузеппе Пиаци
5) 1801 г.	Д) Открытие карликовой планеты Эриды	5) Джеймс Брайдлей
6) 1846 г.	Е) Открытие спутников Юпитера	6) Урбен Леверье
7) 1927 г.	Ж) Открытие зависимости расстояния до галактик от красного смещения	7) Иоганн Кеплер

Дата	Событие	Учёный
8) 1933 г.	З) Открытие закона движения планет ($a^3/T^2 = \text{const}$)	8) Эдмунд Галлей
9) 1965 г.	И) Открытие ускоренного расширения Вселенной	9) Арно Пензиас и Роберт Вильсон
10) 1998 г.	К) Открытие реликтового излучения	10) Галилео Галилей
11) 2005 г.	Л) Открытие первого астероида (Цереры)	11) Майкл Браун, Чедвик Трухильо и Дэвид Рабинович

Задача 1.53. Пользуясь картой звёздного неба и изучив историю появления названий разных созвездий, определите, какие созвездия носят названия приборов, устройств или инструментов.

Задача 1.54. Выберите из списка звёзды, которые являются первыми (α) в своих созвездиях: Вега, Бетельгейзе, Денебола, Мицар, Полярная, Ригель, Сириус.

Задача 1.55. К каким созвездиям относятся следующие звёзды: Альдебаран, Ахернар, Арктур, Алголь, Спика, Канопус, Процион, Регул?

Задача 1.56. Отрубил герой голову Медузе Горгоне, и из тела её взвился к небу крылатый конь. Спрятав голову в волшебную сумку, отправился герой в дальний обратный путь. Пролетая над Эфиопией, он увидел на берегу моря прекрасную девушку — дочь царя. Жена царя, гордившаяся своей красотой, прогневала морских нимф, которые убедили Посейдона наслать на побережье Эфиопии страшного зверя, чтоб он разорял побережье. И дочь царя должна была стать искупительной жертвой. Храбрый герой набросился на зверя и победил его с помощью головы Медузы Горгоны, которая обращала в камень всех, кто посмотрит на неё.

Все персонажи этого мифа (герой, царь, царица и их дочь и даже конь и зверь) есть на небе. Назовите их. Голова Медузы Горгоны дала название звезде. Какой?

Задача 1.57. (ВсОШ-2017, школ.) На рисунках 1—9 (рис. 2) представлены фигуры нескольких созвездий. Напишите их названия.

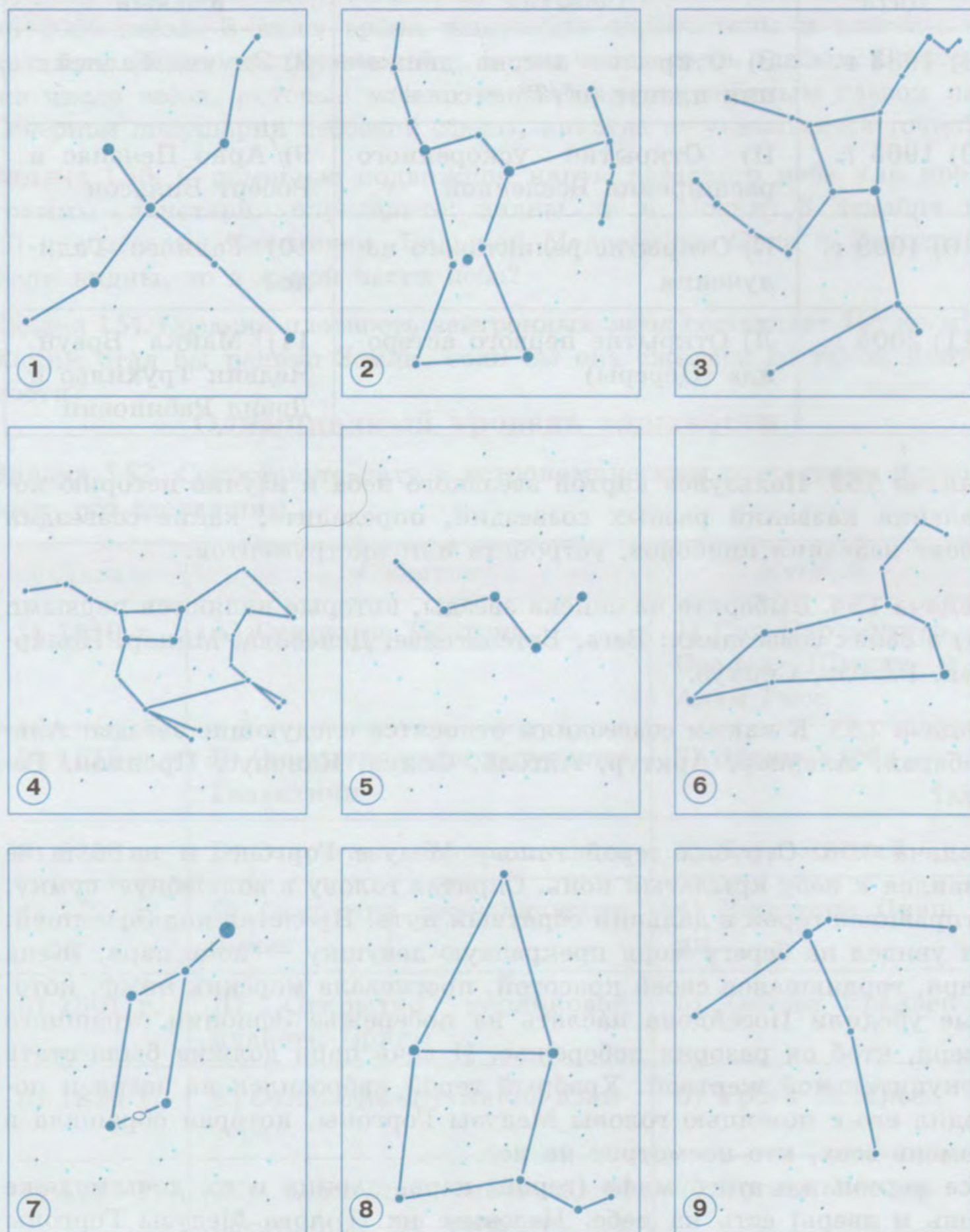


Рис. 2

Задача 1.58. Хорошо известно созвездие Волопаса. Волопас — это землепашец, который использует волов, чтобы они тащили плуг. Где же эти волы и сколько их?

Задача 1.59. Нарисуйте созвездие Ориона. Укажите расположение известных вам объектов, подпишите названия звёзд и объектов. В какое время года можно наблюдать это созвездие вечером?

Задача 1.60. Нарисуйте созвездие Лир. Какие созвездия граничат с ним? Укажите расположение известных вам объектов, подпишите названия звёзд и объектов.

Задача 1.61. На рисунке 3 представлены фотографии известных небесных объектов. Составьте таблицу из четырёх колонок: 1) номер фотографии; 2) название объекта (или его номер в одном из астрономических каталогов); 3) тип объекта; 4) созвездие, в котором объект находится.

Задача 1.62. (ВсОШ-2017, школ.) На фотографиях 1—12 (рис. 4) представлены различные небесные явления. Укажите, что за явление изображено на каждой снимке, имея в виду, что изображения не перевёрнутые, а наблюдения проводились из средних широт Северного полушария Земли.

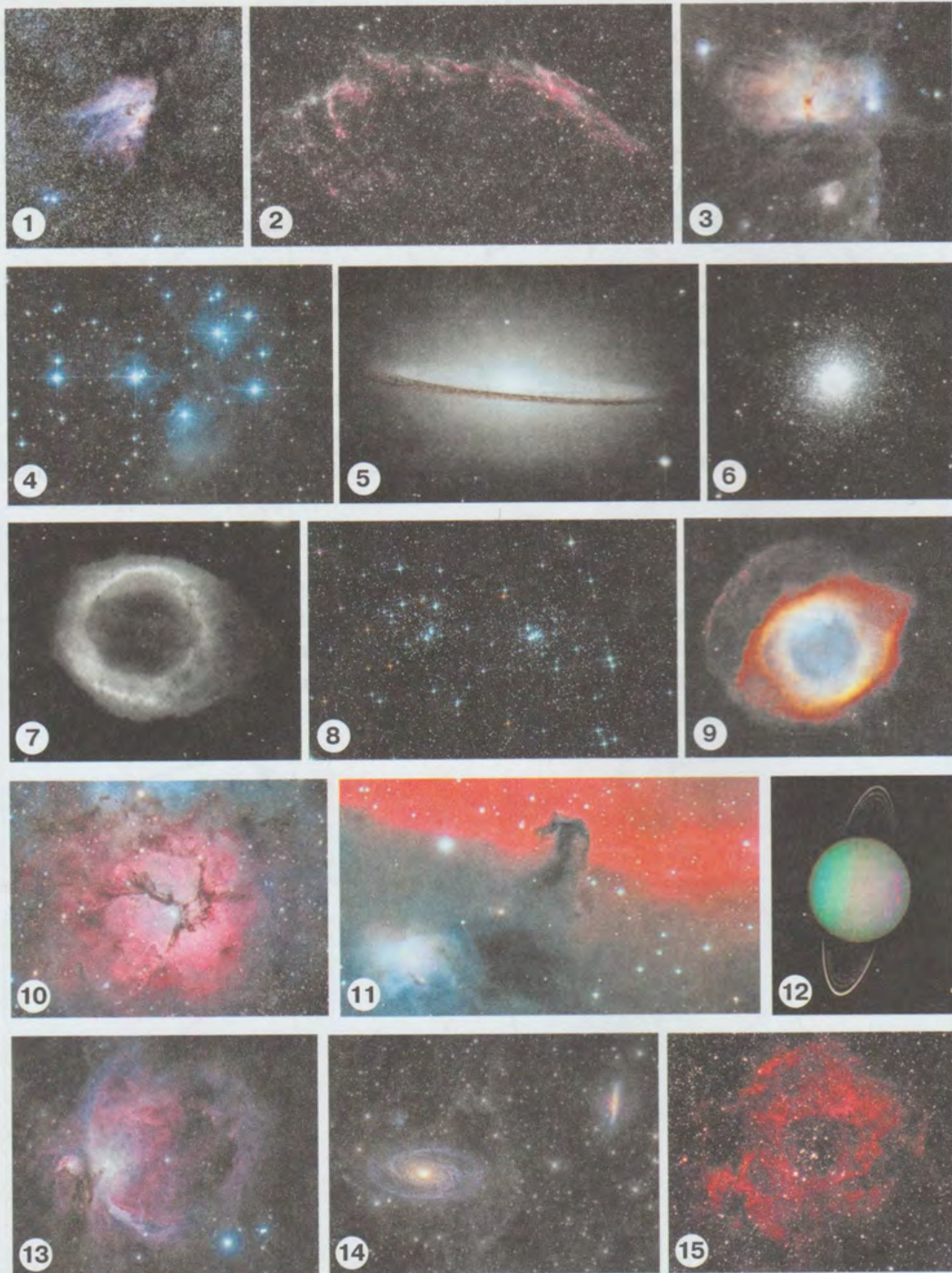
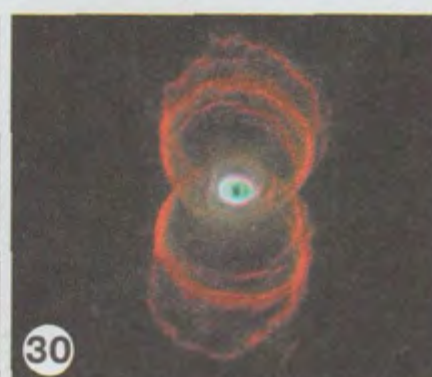


Рис. 3



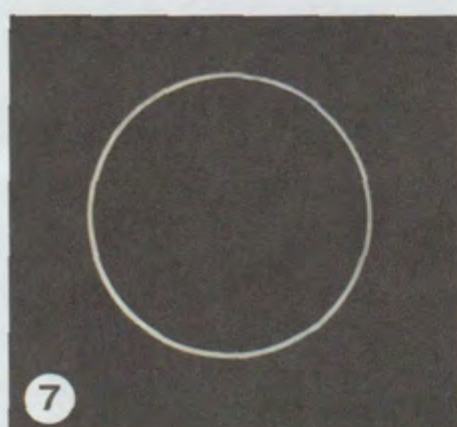
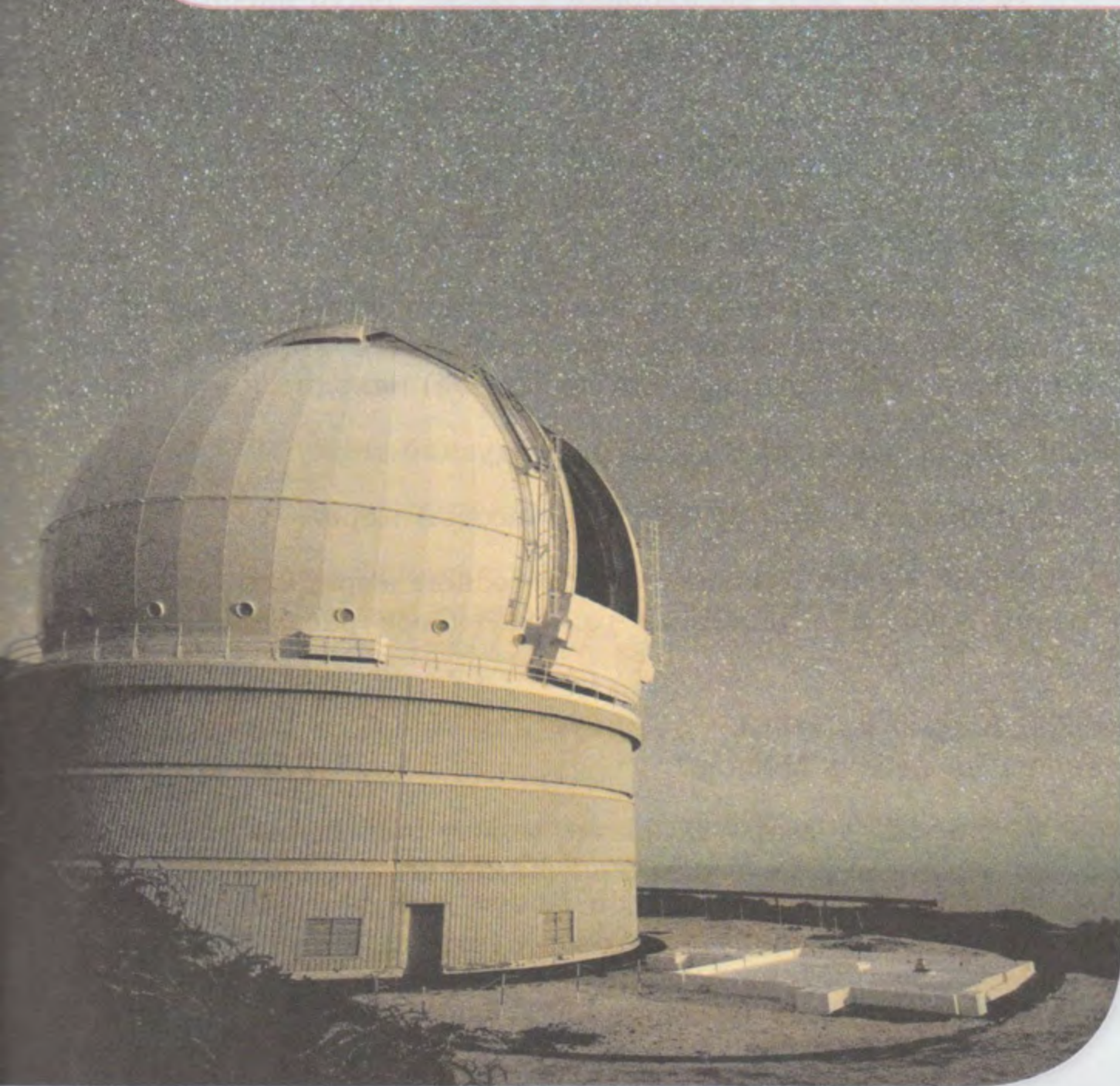


Рис. 4

Раздел II

Основы практической астрономии



Небесная сфера

Базовый уровень сложности

Задача 2.1. В каких точках небесной сферы небесный меридиан пересекается с горизонтом?

Задача 2.2. В каких точках небесной сферы небесный экватор пересекается с горизонтом 20 марта? 22 июня? 21 сентября? 22 декабря?

Задача 2.3. В некотором пункте Земли граница между северной и южной частями небесной сферы делит видимый небесный свод пополам. Где находится этот пункт Земли?

Задача 2.4. Где бы вы искали Полярную звезду, если бы находились на Северном полюсе?

А) вблизи зенита

Б) над северной точкой горизонта

В) на высоте $66,5^\circ$ над горизонтом

Г) над южной точкой горизонта

Задача 2.5. Находясь в Северном полушарии, человек наблюдает за звездой, которая с течением времени смещается вправо и вверх. В какой стороне неба (западной или восточной) находится эта звезда?

Задача 2.6. Выразите угол $8^h 25^m 16^s$ в градусной мере.

Задача 2.7. Выразите угол $68^\circ 24' 15''$ в часовой мере.

Задача 2.8. Две звезды находятся на небесном меридиане, их склонения равны $+15^\circ$ и -15° . Чему равно угловое расстояние между ними?

Задача 2.9. Какую из звёзд — Сириус или Денеб — можно наблюдать дольше на небе в Москве?

Задача 2.10. На каких широтах звезда может последовательно кульминировать в зените и на горизонте? Какое склонение может быть при этом у звезды?

Задача 2.11. Звезда Альтаир имеет склонение $\delta = +9^\circ$. На каких широтах эта звезда является незаходящей? невосходящей?

Задача 2.12. Звёзды с какими склонениями и восходят, и заходят в Анадыре ($64^{\circ}44'$ с. ш., $177^{\circ}31'$ в. д.)? во Владивостоке ($43^{\circ}07'$ с. ш., $131^{\circ}54'$ в. д.)?

Задача 2.13. На каких широтах звезда Нави (γ Кассиопеи) со склонением $+61^{\circ}$ может оказаться в верхней кульминации над северной стороной горизонта?

Задача 2.14. Какой наибольшей высоты достигает Вега ($\delta = +38^{\circ}47'$) в Вологде ($59^{\circ}13'$ с. ш.)?

Задача 2.15. На какой высоте произойдёт верхняя кульминация звезды Альгиеба (γ Льва) со склонением $+20^{\circ}$ для наблюдателя на широте $+60^{\circ}$? На какой высоте произойдёт нижняя кульминация? В какой стороне будет звезда в каждый из этих моментов?

Задача 2.16. Звезда Танийя Северная (λ Большой Медведицы) кульминирует в Сочи (широта $+43^{\circ}$) в зените. Будет ли эта звезда заходить за горизонт в Краснодаре (широта $+45^{\circ}$), Москве (широта $+56^{\circ}$) и Мурманске (широта $+69^{\circ}$)?

Задача 2.17. Когда в течение года в средней полосе России Солнце поднимается выше всего над горизонтом?

- А) 22 декабря
- Б) 21 марта
- В) 22 июня
- Г) 23 сентября

Задача 2.18. Как меняется склонение Солнца в течение года?

Задача 2.19. Экваториальные координаты Солнца 22 декабря: $\alpha = 18^h$, $\delta = -23^{\circ}26'$. В каком созвездии оно находится?

- А) Близнецы
- Б) Телец
- В) Стрелец
- Г) Козерог

Задача 2.20. Группа охотников в период равноденствия несколько дней двигалась на запад. При этом они выбирали направление по Солнцу таким образом, чтобы после восхода Солнце было у них за спиной, в обед — справа, а заходило впереди. В каком полушарии Земли они охотились, если известно, что охота проходила в средних широтах?

Задача 2.21. Чему равна высота Солнца в Перми ($\varphi = 58^\circ$) в местный полдень 23 сентября?

- А) $23,5^\circ$
- Б) 32°
- В) 58°
- Г) $66,5^\circ$

Задача 2.22. Где Солнце в полдень бывает выше: в Ростове-на-Дону ($\varphi = 47^\circ$) в день весеннего равноденствия или в Ростове ($\varphi = 57^\circ$) в день летнего солнцестояния?

Задача 2.23. Используя карту звёздного неба, сопоставьте звезду и её примерные экваториальные координаты.

- | | |
|----------------|---|
| 1) Вега | А) $\alpha = 14^h16^m$, $\delta = +19^\circ$ |
| 2) Арктур | Б) $\alpha = 18^h37^m$, $\delta = +39^\circ$ |
| 3) Бетельгейзе | В) $\alpha = 10^h08^m$, $\delta = +12^\circ$ |
| 4) Регул | Г) $\alpha = 19^h51^m$, $\delta = +9^\circ$ |
| 5) Альтаир | Д) $\alpha = 5^h55^m$, $\delta = +7^\circ$ |

Задача 2.24. С помощью подвижной карты звёздного неба или программы-планетария определите, какие созвездия являются незаходящими для Москвы. (Незаходящими считаются те созвездия, все звёзды которых являются незаходящими.)

Задача 2.25. Пользуясь картой звёздного неба, определите, через какие созвездия пролетел искусственный спутник Земли, если его начальные координаты $\alpha = 10^h10^m$, $\delta = 15^\circ$, а конечные $\alpha = 14^h40^m$, $\delta = 30^\circ$.

Задача 2.26. Пользуясь картой звёздного неба, определите примерно экваториальные координаты Веги и Антареса.

Задача 2.27. Пользуясь подвижной картой звёздного неба или программой-планетарием, определите примерно моменты восхода и захода звезды α Большого Пса 22 декабря в Москве.

Повышенный уровень сложности

Задача 2.28. У только что кульминировавшей звезды увеличивается её высота над горизонтом. В какой стороне неба находится наблюдаемая звезда? Ответ объясните.

- А) в восточной
- Б) в южной
- В) в западной
- Г) в северной

Задача 2.29. В центре необитаемого острова находится гора высотой 1000 м. С какого расстояния ещё можно увидеть вершину этой горы? Влияние атмосферы не учитывайте.

Задача 2.30. В каком созвездии располагался бы Северный полюс мира, сейчас расположенный рядом с Полярной звездой, если бы ось вращения Земли была перпендикулярна плоскости орбиты? Ответ объясните.

Задача 2.31. Астрономический азимут точки восхода звезды равен 238° . Чему равен азимут точки захода этой же звезды?

Задача 2.32. Пусть экваториальные координаты некоторой точки неба на горизонте: $\alpha = 2^h15^m$, $\delta = +20^\circ$. Чему равны координаты противоположной точки горизонта?

Задача 2.33. На широте $+70^\circ$ в верхней кульминации незаходящая звезда видна вдвое выше, чем в нижней кульминации. Чему равно склонение звезды?

Задача 2.34. Широта Москвы $+56^\circ$, а широта Санкт-Петербурга $+60^\circ$. Некоторая звезда проходит точку верхней кульминации в этих городах на одинаковой высоте. Чему равна эта высота и склонение звезды?

Задача 2.35. Звезда на некоторой широте кульминирует к югу от зенита на зенитном расстоянии z , а на другой широте на таком же зенитном расстоянии к северу от зенита. Определите разность широт этих мест.

Задача 2.36. Высота звезды в верхней кульминации на широте $\varphi = 50^\circ$ равна 65° . Чему равна её высота в нижней кульминации?

Задача 2.37. Нижняя кульминация звезды Веги со склонением $38^\circ48'$ произошла на высоте 5° . На какой высоте произойдёт её верхняя кульминация?

Задача 2.38. В какой стороне горизонта восходит Солнце в Мурманске ($\varphi = 68^\circ58'$) в день зимнего/летнего солнцестояния? Ответ поясните.

Задача 2.39. (ВсОШ-2015, мун.) Житель Москвы решил тёплым летним вечером посмотреть заход Солнца из окна своей квартиры.

В квартире есть окна, выходящие на север, и окна, выходящие на юг. Из какого окна будет виден закат? Ответ обоснуйте. (Считайте, что москвич живёт на высоком этаже, выше деревьев и соседних домов.)

Задача 2.40. Склонения двух звёзд одинаковы и равны $+70^\circ$, а их прямые восхождения равны 2^h и 14^h . Чему равно угловое расстояние между звёздами?

Задача 2.41. Пусть в некоторый момент времени прямое восхождение точки запада равно 7^h . Чему равны экваториальные координаты точки востока?

Задача 2.42. Чему равен часовой угол точки востока в 19 ч по местному времени, если в 18 ч по местному времени он равен 18^c (270°)?

Олимпиадный уровень сложности

Задача 2.43. В некотором пункте Земли для наблюдателя, находящегося на уровне моря, восходит звезда. На какой высоте над горизонтом будет видеть эту звезду матрос, стоящий на площадке, закреплённой на мачте на высоте 30 м над уровнем моря? Рост матроса 2 м. Влияние атмосферы не учитывайте.

Задача 2.44. Верхняя кульминация некоторой звезды происходит на высоте 70° , а нижняя — на высоте 10° . Определите склонение δ звезды и широту φ места наблюдения.

Задача 2.45. Две звезды имеют одно и то же зенитное расстояние z в верхней кульминации. Чему равна разность их высот в нижней кульминации?

Задача 2.46. Склонения двух звёзд равны $+80^\circ$, а прямые восхождения 6^h и 12^h . Чему равно угловое расстояние между этими звёздами?

Задача 2.47. (МОШ-2017) Склонение Веги $\delta = +38^\circ$. На какой максимальной и на какой минимальной высоте может происходить верхняя кульминация Веги? На каких широтах происходят эти кульминации?

Время и календарь

Базовый уровень сложности

Задача 2.48. Сейчас в Москве (UTC + 3) 7 ч 25 мин. Какое время показывают часы в Иркутске (UTC + 8)? (UTC — всемирное время.)

- А) 7 ч 25 мин
- Б) 12 ч 25 мин
- В) 2 ч 25 мин
- Г) 15 ч 25 мин
- Д) 23 ч 25 мин

Задача 2.49. 1 января пришлось на пятницу. Каким днём недели окажется 1 февраля?

Задача 2.50. Какой датой по старому стилю является дата 1 января 2003 г. по новому стилю?

- А) 14 января 2003 г.
- Б) 13 января 2003 г.
- В) 19 декабря 2002 г.
- Г) 20 декабря 2002 г.

Задача 2.51. Сколько високосных лет будет в интервале от 2090 до 2110 г. по григорианскому календарю (новому стилю)? Приведите их номера.

Задача 2.52. Почему солнечные сутки на 4 мин длиннее периода обращения Земли вокруг своей оси (т. е. звёздных суток)?

Задача 2.53. Если звезда кульминировала сегодня в 19 ч 12 мин по местному времени, то в какое время произойдёт её кульминация завтра?

Задача 2.54. Две звезды располагаются на небесном экваторе и имеют прямые восхождения 16^h и 17^h . Обе восходят в один день вечером. Какая из них сделает это раньше?

Задача 2.55. В какое время (приблизительно) сегодня восходит звезда, которая месяц назад восходила в 10 ч вечера?

Задача 2.56. Чему равно звёздное время в момент верхней кульминации звезды Альтаир (α Орла) с координатами $\alpha = 19^h51^m$, $\delta = +8^\circ56'$?

Повышенный уровень сложности

Задача 2.57. Сколько оборотов вокруг своей оси делает Земля в среднем за год?

Задача 2.58. Известно, что первый полёт человека в космос состоялся в среду 12 апреля 1961 г. Запуск первого спутника Земли произошёл за несколько лет до этого, 4 октября 1957 г. Какой это был день недели?

Задача 2.59. Долгота Москвы $+38^\circ$. С 2014 г. поясное время там отличается от всемирного на 3 ч. Какое время показывают часы в Москве во время верхней кульминации Солнца? Уравнение времени не учитывайте.

Задача 2.60. Как местное время в Рязани (долгота $39^\circ 43'$) отличается от московского времени?

- А) опережает на 39 мин
- Б) опережает на 21 мин
- В) отстаёт на 21 мин
- Г) отстаёт на 39 мин

Задача 2.61. В 18 ч 38 мин по местному времени штурман корабля принял сигнал московского времени, переданный в 12 ч. Определите долготу корабля, если долгота Москвы $+38^\circ$.

Задача 2.62. Из Хабаровска (UTC + 10) в 18 ч 20 мин отправлена телеграмма в Мурманск (UTC + 3), где она доставлена адресату в 13 ч 25 мин того же дня. Сколько времени прошло с момента отправки телеграммы до её доставки адресату? (UTC — всемирное время.)

Задача 2.63. Из Москвы (UTC + 3) самолёт вылетел в 22 ч 05 мин и прибыл в Абакан (UTC + 7) в 6 ч 35 мин. Сколько времени длился полёт?

Задача 2.64. В Москве (широта $+56^\circ$, долгота $+38^\circ$) Солнце зашло за горизонт в 20 ч 14 мин. В какое время по московскому времени Солнце зашло в этот же день в Нижнем Новгороде (широта $+56^\circ$, долгота $+44^\circ$)?

Задача 2.65. Звезда Антарес (α Скорпиона) с координатами $\alpha = 16^h 30^m$, $\delta = -26^\circ 28'$ наблюдалась в верхней кульминации 1,5 ч назад. Какое сейчас звёздное время?

Задача 2.66. В 19 ч 27 мин 42 с по звёздному времени наблюдалась нижняя кульминация некоторой звезды. Через 12 мин 20 с звёздного времени произошла нижняя кульминация ещё одной звезды. Чему равны прямые восхождения обеих звёзд?

Олимпиадный уровень сложности

Задача 2.67. (МОШ-2015) Житель острова Киритимати ($1^{\circ}53'$ с. ш., $157^{\circ}24'$ з. д., UTC + 14) решил сплавать в гости к своему другу, живущему на острове Нуку-Хива ($8^{\circ}52'$ ю. ш., $140^{\circ}06'$ з. д., UTC – 9,5). Для этого он сел на корабль, который по прямой со скоростью 40 км/ч доставил его на Нуку-Хива. Какой был день недели и какое время было на Нуку-Хива, когда туда прибыл путешественник, если он начал свой путь в полдень понедельника? (UTC — всемирное время.)

Задача 2.68. 2 августа 1572 г. по старому стилю русское войско под началом князя Воротынского в битве при Молодах разгромило войско крымского хана Девлет-Гирея. Какова дата этого исторического события по григорианскому календарю?

Задача 2.69. (ВсОШ-2006, рег.) С 1079 г. по середину XIX в. в Иране использовался солнечный календарь, разработанный Омаром Хайямом. В этом календаре обычный год состоял из 365 дней, а високосный — из 366, причём из каждых 33 лет 8 лет было високосных (3, 7, 11, 15, 20, 24, 28, 32-й). Сравните этот календарь с юлианским и григорианским. Какой из них более точный? За какое время в каждом календаре набегает лишний день? Продолжительность тропического года составляет 365,2422 сут.

Задача 2.70. В некотором пункте России Солнце взошло в 6 ч, а зашло в 12 ч по всемирному времени. Определите долготу пункта и сезон года (примерно).

Угловые размеры. Параллакс. Единицы измерения расстояний

Базовый уровень сложности

Задача 2.71. Используя справочные данные, определите примерный видимый диаметр Луны для среднего расстояния между ней и Землёй. Ответ выразите в радианах; в угловых минутах.

Задача 2.72. Угловой диаметр звезды равен $0,02''$. На какое расстояние от наблюдателя нужно поместить шарик для пинг-понга (диаметр 40 мм), чтобы он был виден под таким же углом?

Задача 2.73. Годичный параллакс используется для

- А) определения расстояний до звёзд
- Б) определения расстояний внутри Солнечной системы
- В) определения расстояния, которое Земля проходит за год
- Г) доказательства конечности скорости света

Задача 2.74. Суточный параллакс служит для

- А) определения расстояний до звёзд
- Б) определения расстояний внутри Солнечной системы
- В) определения расстояния, которое Земля проходит за сутки
- Г) доказательства конечности скорости света

Задача 2.75. Выразите расстояние 1 пк в километрах и в световых годах.

Задача 2.76. Вычислите число угловых секунд в одном радиане и число астрономических единиц в одном парсеке. Сравните полученные величины.

Задача 2.77. Линейный диаметр шарового звёздного скопления равен примерно 4 пк, а его угловой диаметр равен $3'$. Определите расстояние до скопления и выразите ответ в астрономических единицах.

Задача 2.78. Астероид Седна удаляется от Солнца на расстояние до 960 а. е. Во сколько раз эта величина меньше расстояния 1,3 пк до ближайшей звезды? Как долго в эти моменты идёт до астероида солнечный свет?

Задача 2.79. Чему равно расстояние до звезды в парсеках, если её годичный параллакс равен $0,16''$?

- А) 0,16
- Б) 0,32
- В) 6,25
- Г) 3,26
- Д) 62,5

Задача 2.80. Расстояние до звезды Бетельгейзе составляет 200 пк. Чему равен её параллакс?

- А) $0,005''$
- Б) $0,5''$
- В) $0,05''$
- Г) $5''$
- Д) $0,35''$

Задача 2.81. Во сколько раз ближе к нам звезда Дубхе (α Большой Медведицы), чем Мирфак (α Персея), если их годичные параллаксы соответственно равны $0,026''$ и $0,0064''$?

Задача 2.82. Параллакс Полярной звезды равен $0,0075''$. Сколько лет идёт свет от этой звезды к нам?

Повышенный уровень сложности

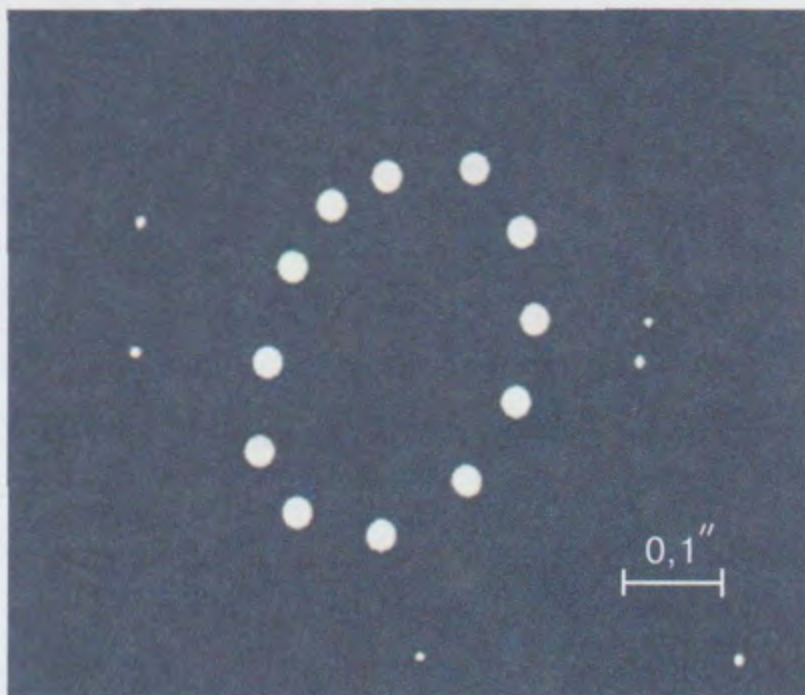
Задача 2.83. Какая звезда и во сколько раз ближе к нам — Денеб (α Лебедя), расстояние до которого 1400 св. лет, или Денебола (β Льва), годичный параллакс которой равен $0,090''$?

Задача 2.84. В звёздных каталогах можно встретить такую запись для параллакса звезды: $\pi = 0,005'' \pm 0,002''$ и даже такую: $\pi = 0,001'' \pm 0,002''$. Что можно сказать о расстояниях до этих звёзд?

Олимпиадный уровень сложности

Задача 2.85. (МОШ-1951) Параллакс Солнца $8,80''$, а параллакс звезды $0,44''$. Во сколько раз эта звезда дальше от Земли, чем Солнце?

Задача 2.86. Космическая обсерватория будущего, работающая на орбите вокруг Юпитера, в течение юпитерианского года наблюдала некоторый участок неба. Все полученные изображения были сложе-



ны друг с другом (рис. 5). Было обнаружено, что одна яркая звезда на этом участке неба смещается на фоне слабых. Определите расстояние до этой звезды. Оцените её эклиптическую широту.

Рис. 5

Звёздные величины

Базовый уровень сложности

Задача 2.87. Звезда какой звёздной величины — 11^m или 16^m — ярче и во сколько раз?

- А) 11^m , в 100 раз
- Б) 16^m , в 100 раз
- В) 11^m , в 2,512 раза
- Г) 16^m , в 2,512 раза

Задача 2.88. Во сколько раз звезда, имеющая видимую звёздную величину -3 , ярче звезды второй звёздной величины?

- А) 100 000
- Б) 10 000
- В) 1000
- Г) 100
- Д) 10

Задача 2.89. Две звезды имеют звёздные величины $2,0^m$ и $2,1^m$. Какая из них ярче и на сколько процентов?

Задача 2.90. Самая яркая звезда ночного неба Сириус имеет видимую звёздную величину $-1,5^m$. Во сколько раз Сириус слабее Марса в великом противостоянии (блеск $-2,9^m$)?

Задача 2.91. Двойная система состоит из звёзд 4^m и 5^m . Чему равна суммарная звёздная величина системы?

Задача 2.92. Одна звезда ярче другой в 25,2 раза. Чему равна разность их звёздных величин?

Задача 2.93. Шаровое звёздное скопление имеет блеск 10^m и состоит из 100 000 звёзд. Считая все звёзды скопления одинаковыми, определите блеск каждой из них.

Задача 2.94. Наблюдатель находился на некотором расстоянии от источника света. Как и на сколько изменилась видимая звёздная величина источника, когда наблюдатель удалился от него вдвое дальше?

Задача 2.95. Найдите абсолютную звёздную величину звезды Денеб (α Лебедя), если её видимая звёздная величина $1,25^m$ и находится она от нас на расстоянии примерно 430 пк.

- А) $-16,92$
- Б) $-6,92$
- В) $6,92$
- Г) $16,92$
- Д) $-9,41$

Задача 2.96. Какое светило — Солнце или Капелла (α Возничего) — обладает большей светимостью, если их абсолютные звёздные величины соответственно равны $4,84^m$ и $-0,54^m$? Во сколько раз различаются их светимости?

Задача 2.97. В одной не очень далёкой галактике (расстояние до неё $20,6 \cdot 10^5$ св. лет) обнаружена звезда с видимой звёздной величиной $+17^m$. Чему равна абсолютная звёздная величина этой звезды? (Влияние межзвёздного поглощения не учитывайте.)

- А) -6^m
- Б) -7^m
- В) -5^m
- Г) -4^m
- Д) -3^m

Задача 2.98. Экваториальные координаты голубого сверхгиганта $\alpha = 5^h14^m$, $\delta = -8^\circ12'$. Какая это звезда? Вычислите расстояние до неё и её параллакс, если абсолютная звёздная величина $-6,98^m$, а видимая звёздная величина $0,13^m$.

Повышенный уровень сложности

Задача 2.99. Одиночная звезда расположена вдвое ближе, чем неразрешённая система из двух звёзд (звёзды в системе расположены так близко, что не видны раздельно). Все три звезды (одионочная и оба компонента двойной) одинаковые. Какая из видимых звёзд — одиночная или двойная — ярче и во сколько раз?

Задача 2.100. Какое минимальное количество звёзд 4^m может дать света больше, чем одна звезда 2^m ?

Задача 2.101. Что ярче — две звезды второй величины или три звезды третьей величины?

Задача 2.102. Суммарный блеск двух компонентов двойной звезды равен 0^m . Чему равен блеск каждой из звёзд, если: а) их светимость одинакова; б) светимость одной вдвое больше светимости другой?

Олимпиадный уровень сложности

Задача 2.103. Две неразрешённые двойные звезды имеют одинаковую звёздную величину. Каждая двойная звезда состоит из пары одинаковых звёзд, но компоненты первой в восемь раз ярче, чем компоненты второй. Во сколько раз различаются расстояния до двойных звёзд?

Задача 2.104. Видимая звёздная величина двойной звезды, состоящей из двух одинаковых звёзд, равна 5^m . Какую звёздную величину каждого из компонентов зафиксирует наблюдатель, находящийся в 10 раз ближе к двойной звезде?

Задача 2.105. (ВсОШ-2009) Визуально тройная звезда состоит из звёзд с видимыми звёздными величинами $6,00^m$, $7,00^m$, $8,00^m$. Расстояния до этих звёзд равны 10, 15 и 20 пк соответственно. Наблюдатель пролетел 5 пк в сторону этой тройной звезды. Определите суммарный блеск этой системы для наблюдателя после перелёта.

Задача 2.106. На ночном небе в какой-то момент времени невооружённым глазом видно около 3000 звёзд. С каким объектом можно сравнить по яркости все звёзды ночного неба, вместе взятые?

Задача 2.107. Звёзды Вега и Этамин имеют звёздные величины 0^m и $2,2^m$ и находятся от нас на расстояниях 7,7 пк и 47 пк соответственно. Светимость какой звезды больше и во сколько раз?

Задача 2.108. Любитель астрономии сфотографировал небо неподвижным цифровым фотоаппаратом с выдержкой 30 мин. В кадр попали в числе других звёзд и две белые звезды Альферац (α Андромеды, $\alpha_1 = 0^h 9^m$, $\delta_1 = +29^\circ 11'$) и Нави (γ Кассиопеи, $\alpha_2 = 0^h 58^m$, $\delta_2 = +60^\circ 48'$). След какой из этих звёзд будет ярче на снимке, если их звёздные величины равны $2,06^m$ и $2,47^m$ соответственно? Ответ подтвердите расчётами.

Задача 2.109. Некоторое шаровое звёздное скопление состоит из миллиона звёзд с видимой звёздной величиной 21^m и занимает на небе площадь в 1 квадратную минуту. Определите интегральную звёздную величину скопления и поверхностную яркость в звёздных величинах с квадратной секунды.

Методы астрофизических исследований

Базовый уровень сложности

Задача 2.110. Зачем астрономам большие телескопы?

Задача 2.111. Расставьте диапазоны шкалы электромагнитных излучений в порядке увеличения длины волны:

- А) инфракрасный
- Б) видимый
- В) радио
- Г) ультрафиолетовый
- Д) гамма
- Е) рентгеновский

Задача 2.112. Схема какого телескопа с ходом лучей в нём изображена на рисунке 6?

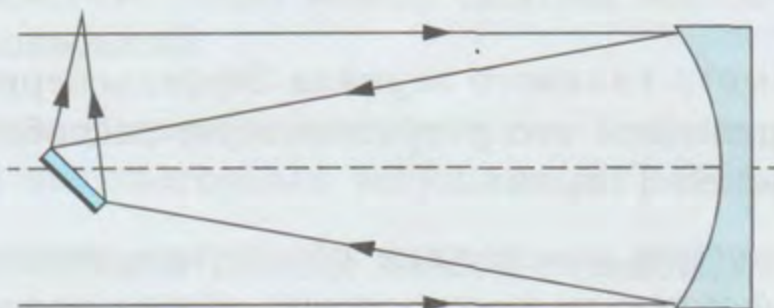


Рис. 6

Задача 2.113. Схема какого телескопа с ходом лучей в нём изображена на рисунке 7?

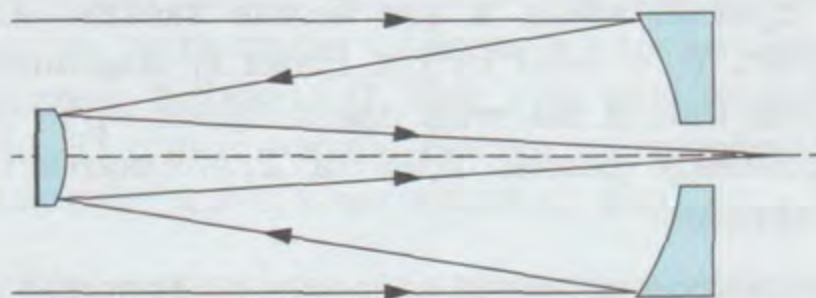


Рис. 7

Задача 2.114. Наблюдатель смотрит в телескоп-рефрактор и видит, что на правой части солнечного диска находится большая группа пятен. Как изменится вид Солнца для этого наблюдателя, если закрыть левую (относительно него) половину объектива телескопа?

- А) ничего не изменится
- Б) половина диска с группой пятен перестанет быть видимой
- В) перестанет быть видимой часть диска Солнца без пятен
- Г) внешний вид изображения не изменится, но оно станет вдвое тусклее

Задача 2.115. Выберите из списка утверждения, характерные для радиоастрономических наблюдений.

- А. Межзвёздная среда не влияет на радиоизлучение.
- Б. Существуют объекты, яркие в радиодиапазоне, но невидимые в оптическом диапазоне спектра.
- В. Радиоизлучение может проходить через межзвёздную среду, непрозрачную для видимого диапазона спектра.
- Г. На нашем небе Солнце — слабый радиоисточник.
- Д. Атмосфера Земли не влияет на радиоизлучение.

Задача 2.116. Почему звезда, которая для невооружённого глаза выглядит одиночной, при наблюдении в телескоп может разделиться на две близко расположенные звезды, т. е. оказаться двойной звёздной системой?

Задача 2.117. Диаметр главного зеркала Эффельсбергского радиотелескопа 100 м. Определите его разрешающую способность при наблюдениях на частоте 86 ГГц.

Задача 2.118. Фокусное расстояние объектива телескопа равно 1 м. Окуляр с каким фокусным расстоянием нужно использовать для достижения 20-кратного увеличения?

Задача 2.119. Если наименьшие линейные размеры объектов, различаемых в телескоп на Луне, равны 7 км, то угловое разрешение примерно равно

- А) 7,4"
- Б) 5,6"
- В) 3,7"
- Г) 1,9"
- Д) 0,7"

Задача 2.120. Диаметр объектива рефрактора $D = 20$ см, фокусное расстояние $F = 4,5$ м. Каким разрешением теоретически обладает телескоп? Какое увеличение получится с 15-миллиметровым окуляром?

Задача 2.121. Невооружённый глаз видит объекты до звёздной величины 6^m . Телескоп с объективом какого диаметра нужен, чтобы наблюдать звёзды 10^m ? Считайте диаметр человеческого зрачка равным 8 мм.

Задача 2.122. Можно ли запечатлеть на одном кадре полную Луну, используя телескоп с объективом диаметром 10 см, фокусным расстоянием 1 м и светочувствительной матрицей (микросхемой, состоящей из светочувствительных фотодиодов) размером 36×24 мм?

Задача 2.123. В спектре звезды, находящейся в созвездии Дракона, видна линия водорода $H\alpha$, имеющая длину волны 656,00 нм. С какой лучевой скоростью движется звезда? Лабораторная длина волны $H\alpha$ равна 656,28 нм.

Задача 2.124. В спектре звезды синяя линия водорода с лабораторной длиной волны 486,13 нм смещена на $4,5 \cdot 10^{-11}$ м к красному концу спектра. Определите направление и модуль скорости звезды.

Повышенный уровень сложности

Задача 2.125. Выведите связь между длиной волны и частотой электромагнитных колебаний.

Задача 2.126. Почему специализированные инфракрасные телескопы располагаются в высокогорных засушливых районах?

Задача 2.127. На Южном полюсе Земли установлен телескоп, позволяющий проводить наблюдения в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах длин волн (SPT, *англ.* South Pole Telescope). В этих

диапазонах, так же как и в инфракрасном, велико поглощение водяного пара. Почему же телескоп установили в таком месте, где вокруг сплошной снег, т. е. та же вода?

Задача 2.128. Выберите из списка утверждения, характеризующие радиотелескопы. Объясните свой выбор.

- А. Это самые большие телескопы.
- Б. Радиотелескопы могут работать в облачную погоду.
- В. Погода не влияет на работу радиотелескопа.
- Г. Радиотелескопы могут работать днём.
- Д. Одиночные крупные радиотелескопы обладают бóльшим угловым разрешением, чем крупные оптические.
- Е. Отдельные телескопы могут работать совместно, как один большой телескоп.

Задача 2.129. Какие из перечисленных объектов нельзя увидеть в небольшой телескоп (с диаметром объектива до 60 мм) в начале XXI в.: Луна, Юпитер, Плутон, комета Галлея, Ганимед, Харон, пульсар, Туманность Андромеды, Деймос, квазары, Церера? Почему?

Задача 2.130. Компоненты двойной звёздной системы разделены на 2". Какой телескоп нужно использовать для раздельного наблюдения компонентов этой двойной системы? Предел разрешения человеческого глаза считайте равным 2'.

Задача 2.131. Телескоп имеет диаметр объектива 10 см и фокусное расстояние 1 м. Окуляры с какими фокусными расстояниями имеет смысл использовать с этим телескопом: 5 мм; 15 мм; 25 мм; 10 см? Ответ поясните.

Задача 2.132. Наблюдения ведутся с радиоинтерферометром, состоящим из двух телескопов диаметром 22 м каждый. Расстояние между телескопами 1200 км. Какого углового разрешения можно достичь с этим интерферометром при наблюдениях на длине волны 10 см? Ответ выразите в угловых секундах.

Задача 2.133. При наблюдениях с помощью телескопа с диаметром 2,5 м и фокусным расстоянием 20 м используется ПЗС-матрица (микросхема, состоящая из светочувствительных элементов) форматом 4096×4096 пикселей с размером пикселя 10 мкм. Определите угловой масштаб получаемых фотографий и угловой размер стороны кадра.

Задача 2.134. Определите блеск звезды, от которой наблюдатель с телескопом-рефрактором диаметром 1 м зафиксировал 5000 квантов за время экспозиции 100 с. Известно, что от звезды 0^m за время 1 с на 1 см^2 поверхности приходит примерно 10^6 квантов.

Задача 2.135. С какой точностью нужно измерять длины волн линий в спектре объекта в зелёной области (длина волны около 550 нм), чтобы определить скорость его движения с точностью около 100 м/с? Ответ приведите в нанометрах.

Задача 2.136. В спектре одной сейфертовской галактики наблюдается три компонента у линии излучения водорода $\text{H}\alpha$, отстоящие от основного компонента на $\Delta\lambda$ до 30 нм. Объясните это явление. (Сейфертовская галактика — спиральная или неправильная галактика с активным ядром, спектр излучения которого содержит множество ярких широких полос, связанных с мощными выбросами газа.)

Олимпиадный уровень сложности

Задача 2.137. В астрономии часто используются единицы измерения, отличные от единиц системы СИ. Например, энергия часто измеряется в эргах: $1 \text{ эрг} = 10^{-7} \text{ Дж}$. Энергию частиц космических лучей и энергию квантов рентгеновского диапазона и гамма-диапазона часто измеряют в электронвольтах (эВ). В физике высоких энергий в электронвольтах измеряют и массы элементарных частиц, используя соотношение $E = mc^2$. Энергию в 1 эВ приобретает единичный заряд при прохождении разности потенциалов 1 В. Вычислите, чему равен 1 эВ в единицах СИ и в эргах; выразите массу покоя электрона в электронвольтах.

Задача 2.138. Предположим, что в некотором месте наблюдатель невооружённым глазом на пределе видит звёзды 4^m , при этом диаметр его зрачка 5 мм. Получите формулу для предельной звёздной величины m , видимой в этом месте в телескоп диаметром D см.

Задача 2.139. (МОШ-2016) Телескоп с диаметром объектива 3 м и относительным размером отверстия $f/10$ оснащён ПЗС-матрицей размером 2048×2048 пикселей при размере одного пикселя 9×9 мкм. Можно ли с помощью этого телескопа сфотографировать двойную звезду, расстояние между компонентами которой равно $1,5'$; $2,5'$; $3,5'$?

Задача 2.140. (ВсОШ-2008) Некий близорукий человек при наблюдениях в своих очках может видеть на пределе звёзды 6^m . В тех же условиях без очков он видит на пределе звёзды 3^m . Оцените разрешающую способность глаза этого наблюдателя без очков, если с использованием очков она равна $2'$.

Задача 2.141. (ВсОШ-2005) Марс в противостоянии (видимый угловой диаметр $27''$) имел видимую звёздную величину $-2,8^m$. Луна в полнолуние имеет звёздную величину $-12,8^m$. Во сколько раз различаются выдержки, необходимые для получения нормальных изображений Луны и Марса при их фотографировании с помощью телескопа с фокусным расстоянием $11,4$ м? Как будет меняться отношение требуемых выдержек при уменьшении фокусного расстояния (если диаметр телескопа при этом не меняется)?

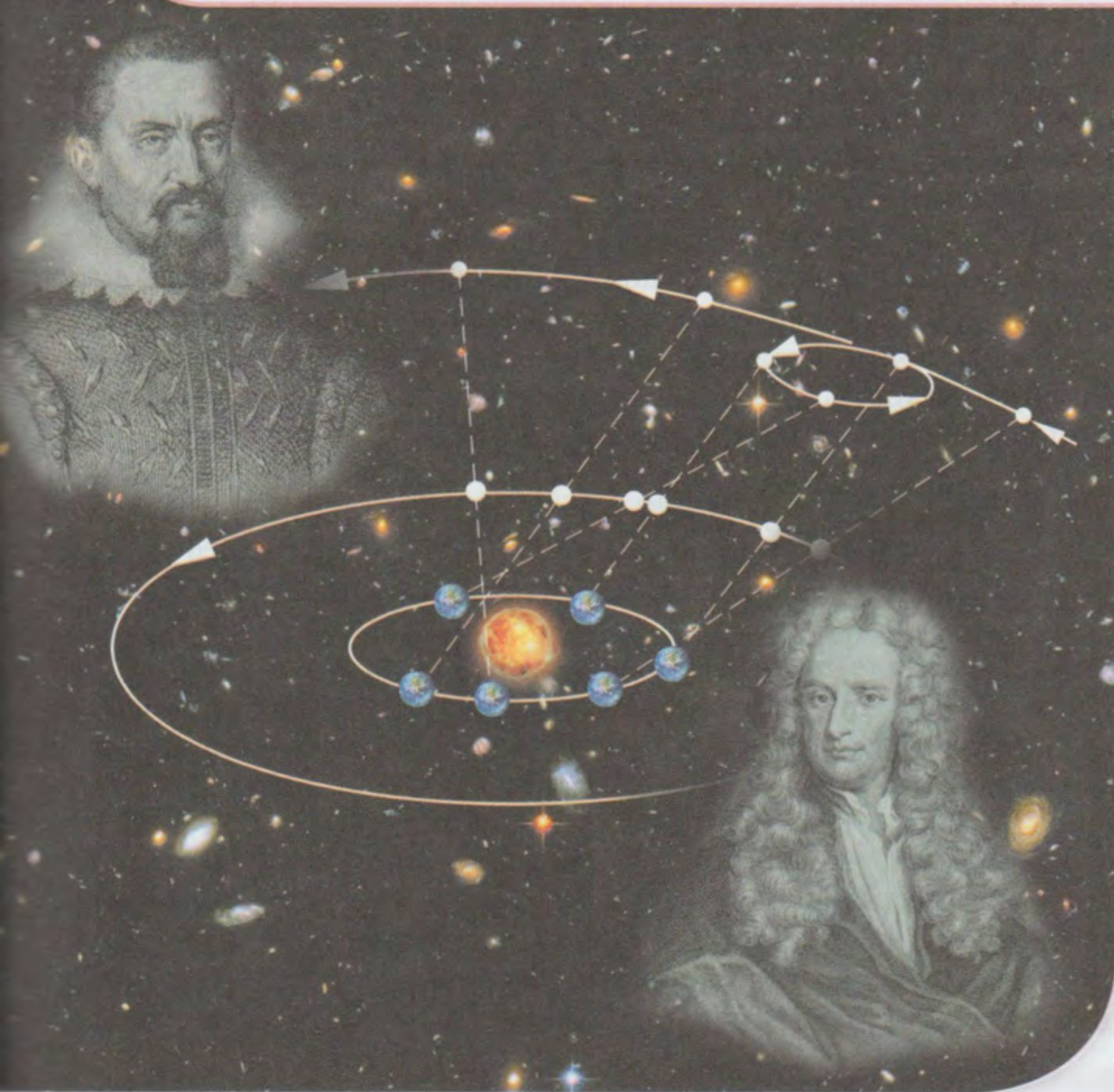
Задача 2.142. Астроном-любитель навёл телескоп на туманность и увидел её в виде едва заметного светящегося маленького пятнышка. Для того чтобы разглядеть его лучше, он взял окуляр с фокусным расстоянием, в 2 раза меньшим, чем использовал вначале. Насколько лучше астроном-любитель стал видеть туманность?

Задача 2.143. Многолетние спектральные наблюдения одиночной звезды, расположенной в созвездии Рыб, показали, что длина волны линии водорода $H\alpha$ в её спектре меняется в диапазоне от $656,42$ нм до $656,55$ нм с периодом 1 год. Объясните наблюдаемый эффект и определите скорость движения этой звезды относительно Солнца. Лабораторная длина волны линии $H\alpha$ равна $656,28$ нм.

Задача 2.144. При одном из способов измерения лучевой скорости объекта производят сравнение спектра объекта со спектром стандартной звезды с известной лучевой скоростью. Для этого выбирают маленький участок спектра объекта и простым сдвигом совмещают его со спектром стандарта. Почему в этом методе не используют спектр во всём диапазоне длин волн?

Раздел III

Законы движения небесных тел



Законы движения небесных тел

Базовый уровень сложности

Задача 3.1. Два шара находятся на расстоянии R друг от друга. Что нужно сделать, чтобы сила притяжения между ними уменьшилась в 2 раза?

- А) уменьшить в 2 раза массу первого тела
- Б) увеличить в 2 раза массу первого тела
- В) уменьшить в 2 раза массы обоих тел
- Г) расположить тела на расстоянии в $2R$
- Д) расположить тела на расстоянии в $R/2$

Задача 3.2. Более 150 лет назад французский учёный Леверье исследовал движение Урана. Он учёл все силы, действующие на планету как со стороны Солнца, так и со стороны всех известных к тому времени планет. Сравнив результаты своих вычислений с видимым движением Урана, Леверье обнаружил расхождение этого движения с расчётным. Он объяснил это расхождение тем, что ещё дальше от Солнца, чем Уран, должна находиться ещё одна неизвестная планета, и рассчитал, в каком месте на небе она должна быть видна. И действительно, именно там была обнаружена неизвестная ранее планета. Какая? Правильность какого закона механики доказывало существование этой планеты?

Задача 3.3. Массы Земли и Нептуна относятся как $1:17$, а их радиусы — как $1:4$. Считая, что на Земле ускорение свободного падения $g = 9,8 \text{ м/с}^2$, найдите ускорение свободного падения на Нептуне.

Задача 3.4. На Земле взрослый человек может поднять предмет массой около 40 кг. Предмет с какой массой он сможет поднять на Марсе (радиус Марса равен 0,53 радиуса Земли, масса Марса равна 0,11 массы Земли)?

Задача 3.5. Считая, что некий человек на Земле может одной рукой поднять гирию массой 36 кг, сопоставьте планету и ту массу, которую этот человек смог бы поднять на данной планете (при условии существования для этого необходимых условий и пренебрегая вращением планет вокруг своей оси).

- | | |
|-------------|----------|
| 1) Меркурий | А) 14 кг |
| 2) Венера | Б) 39 кг |
| 3) Юпитер | В) 92 кг |
| 4) Сатурн | Г) 33 кг |

Задача 3.6. Используя справочные данные, вычислите силы притяжения, действующие на Луну со стороны Земли и со стороны Солнца. Ответ выразите в ньютонах. Какая из сил притяжения больше? Во сколько раз?

Задача 3.7. Отношение квадратов периодов обращения двух небесных тел вокруг Солнца равно 125. Следовательно, большая полуось орбиты одного тела меньше большой полуоси орбиты другого тела

- А) в 64 раза
- Б) в 32 раза
- В) в 16 раз
- Г) в 5 раз
- Д) в 2 раза

Задача 3.8. Отношение кубов больших полуосей орбит двух астероидов равно 25. Следовательно, период обращения одного астероида больше периода обращения другого астероида

- А) в 8 раз
- Б) в 5 раз
- В) в 2,5 раза
- Г) в 16 раз
- Д) в 32 раза

Задача 3.9. Минимальное расстояние от Солнца до некоторого астероида равно 2,2 а. е., а максимальное — 2,8 а. е. Определите размер большой полуоси орбиты астероида.

Задача 3.10. Минимальное расстояние от Солнца до кометы равно 0,8 а. е., а максимальное — 8,2 а. е. Чему равна большая полуось орбиты кометы и её эксцентриситет?

Задача 3.11. Почему искусственные спутники Земли (ИСЗ), работающие на низких околоземных орбитах, требуют постоянной коррекции высоты?

Задача 3.12. Большая пушка, установленная в Подмосковье, стреляет под углом 45° к горизонту так, что снаряд вылетает за пределы атмосферы и становится спутником Земли. Попадёт ли снаряд снова в пушку? Влияние атмосферы не учитывайте. Ответ объясните.

Задача 3.13. В какой точке эллиптической орбиты кинетическая энергия искусственного спутника Земли максимальна, а в какой — минимальна?

Задача 3.14. Вокруг некоторой звезды вращаются три планеты. Они имеют следующие характеристики:

Планета	Период обращения	Масса
1	25 лет	10 масс Земли
2	100 лет	20 масс Земли
3	50 лет	0,5 массы Земли

На основе законов Кеплера выберите правильный порядок расположения этих планет относительно звезды, начиная с ближайшей к ней планеты.

- А) 1 — 2 — 3
- Б) 2 — 3 — 1
- В) 3 — 1 — 2
- Г) 2 — 1 — 3
- Д) 1 — 3 — 2

Задача 3.15. Два искусственных спутника Земли имеют орбитальные периоды, различающиеся в 8 раз. Чему равно отношение радиусов их орбит?

Задача 3.16. За какое время космическое тело может облететь Солнце, двигаясь у самой его поверхности?

Задача 3.17. Юпитер удалён от Солнца примерно в 5 раз больше, чем Земля. За какое время Юпитер совершает полный оборот вокруг Солнца?

Задача 3.18. Планета обращается вокруг звезды с массой, вдвое большей массы Солнца, по орбите, похожей на земную (радиус орбиты 1 а. е.). Сколько земных суток длится год на этой планете?

Задача 3.19. Спутник Юпитера Европа совершает один оборот вокруг планеты за 3,55 сут. и удалён от центра Юпитера на расстояние 671 000 км. На основании этих данных вычислите массу Юпитера, выразив её в массах Земли.

Задача 3.20. Расстояние от Сатурна до его спутника Титана 1,22 млн км, а период обращения спутника 15,9 сут. Считая, что расстояние от Земли до Луны составляет 384 000 км, а период обращения Луны вокруг Земли 27,3 сут., определите, во сколько раз масса Сатурна больше массы Земли.

Задача 3.21. Первая космическая скорость для Земли примерно равна 8000 м/с. Каким будет её значение для планеты, масса и радиус которой в 4 раза больше, чем у Земли?

- А) 2 км/с
- Б) 4 км/с
- В) 8 км/с
- Г) 16 км/с
- Д) 32 км/с

Задача 3.22. Какую скорость (в км/с) должно иметь космическое тело, чтобы облететь Солнце у самой поверхности?

Задача 3.23. На какой высоте над поверхностью Земли движется по круговой орбите искусственный спутник, если его скорость равна 5 км/с?

Задача 3.24. Используя справочные данные, рассчитайте вторую космическую скорость для Луны.

Задача 3.25. Вычислите первую и вторую космические скорости для Марса (масса Марса составляет 0,11 массы Земли, радиус Марса меньше земного примерно в 1,9 раза, а первая космическая скорость для Земли равна 7,9 км/с).

Задача 3.26. Луна меньше Земли в 81 раз по массе и в 3,7 раза по диаметру. Во сколько раз ускорение свободного падения на Луне меньше, чем на Земле? Во сколько раз вторая космическая скорость там меньше, чем на Земле?

Задача 3.27. Какой максимальный радиус должно иметь сферическое тело с плотностью, как у Земли ($5,5 \text{ г/см}^3$), чтобы с него можно было навсегда улететь за счёт одного прыжка в высоту со скоростью 5 м/с?

Задача 3.28. Эксцентриситет орбиты искусственного спутника Земли равен 0,5. Во сколько раз различаются скорости его движения в перигее и апогее?

Задача 3.29. Сколько времени понадобится геостационарному спутнику, чтобы совершить полный виток вокруг нашей планеты?

Задача 3.30. Почему геостационарные спутники оказываются неподвижными относительно земной поверхности?

Задача 3.31. Объясните, почему с точки зрения затрат топлива выгоднее запускать искусственный спутник Земли (ИСЗ) с направлением вращения вокруг Земли с запада на восток.

Повышенный уровень сложности

Задача 3.32. Как известно, если космический корабль движется с выключенными двигателями (например, по орбите вокруг Земли), то все тела, находящиеся внутри него, невесомы. Это происходит из-за того, что

- А) корпус корабля экранирует притяжение других тел
- Б) на тела, движущиеся по круговым орбитам, не действует сила тяжести
- В) все тела внутри корабля покоятся относительно его корпуса
- Г) все тела внутри космического корабля и сам корабль приобретают одинаковое ускорение относительно других тел
- Д) на все тела внутри космического корабля и на сам корабль действуют одинаковые силы притяжения других тел

Задача 3.33. Искусственный спутник пролетает на высоте 300 км над поверхностью Земли, а потом удаляется от центра нашей планеты на 10 000 км. Определите эксцентриситет орбиты спутника.

Задача 3.34. Далёкая планетная система состоит из двух экзопланет. Одна из них совершает оборот вокруг звезды за 90 дней и движется по орбите с большой полуосью 0,5 а. е. и эксцентриситетом 0,2. Другая экзопланета совершает один оборот за 1007 дней, а эксцентриситет её орбиты равен 0,01. Чему равна большая полуось орбиты второй экзопланеты?

Задача 3.35. Определите примерно, в каких пределах изменяется видимый угловой размер Солнца при наблюдении его с кометы Галлея (период обращения кометы $P = 75,3$ года, эксцентриситет орбиты $e = 0,967$).

- А) $10''$ — $753''$
- Б) $53''$ — $53'$
- В) $2''$ — 2°
- Г) $10''$ — $10'$
- Д) $27''$ — $27'$

Задача 3.36. Две звезды с массами, равными массе Солнца, движутся по орбите вокруг общего центра масс с периодом 100 сут. Определите расстояние между звёздами в астрономических единицах.

Задача 3.37. Параллакс двойной звезды равен $0,025''$. Большая полуось орбиты видна под углом $2''$, а период обращения равен 300 лет. Определите массу двойной системы в массах Солнца.

Задача 3.38. Чему равна большая полуось орбиты геостационарного спутника и скорость, с которой он движется по своей орбите?

Задача 3.39. Эксцентриситет орбиты некоторого искусственного спутника Земли равен 0,8. Во сколько раз различаются угловые скорости его движения в перигее и апогее при наблюдении из центра Земли?

Задача 3.40. Предположим, что в некоторый момент времени масса Солнца уменьшилась. Земля стала двигаться по вытянутой орбите, которая касается реальной орбиты Марса. На сколько процентов уменьшилась масса Солнца?

Олимпиадный уровень сложности

Задача 3.41. Маятниковые часы привезли с Земли на Марс. За какое земное время пройдёт 1 ч по показаниям этих часов?

Задача 3.42. (МОШ-2016) Представьте себе, что на Луне построили сквозной тоннель от северного полюса до южного. Какую минимальную скорость нужно придать телу, находящемуся в центре Луны, чтобы оно навсегда улетело? За какое время в этом случае тело достигнет лунного полюса? Влияние Земли и Солнца можно не учитывать. Считайте, что плотность Луны распределена равномерно.

Задача 3.43. Во сколько раз нужно увеличить скорость движения спутника некоторого центрального тела, чтобы перевести спутник с круговой орбиты на эллиптическую с эксцентриситетом 0,3? Точка изменения скорости должна стать перицентром новой орбиты.

Задача 3.44. Эксцентриситет орбиты Луны равен 0,055. Чему равна разница между минимальной и максимальной звёздной величиной Луны в полнолуние?

Задача 3.45. Космический корабль прошёл точку перисатурния над полюсом Сатурна на расстоянии его экваториального радиуса от центра планеты, после чего пролетел сквозь щель Энке (радиус $1,34 \cdot 10^5$ км)

в кольцах. Определите расстояние апосатурния этого корабля. Останется ли аппарат искусственным спутником Сатурна? Решите задачу также для аппарата, пролетающего сквозь щель Гюйгенса (радиус $1,17 \cdot 10^5$ км).

Задача 3.46. Спутник стартует с околоземной орбиты и летит к Луне. Определите минимально возможное значение эксцентриситета этой орбиты.

Задача 3.47. Какую плотность должно иметь небесное тело, чтобы его можно было облететь по орбите с выключенными двигателями за 10 мин.

Задача 3.48. Космический аппарат «Вояджер-2» потратил на полёт от орбиты Урана к орбите Нептуна 3,6 года. Сможет ли он в дальнейшем покинуть Солнечную систему?

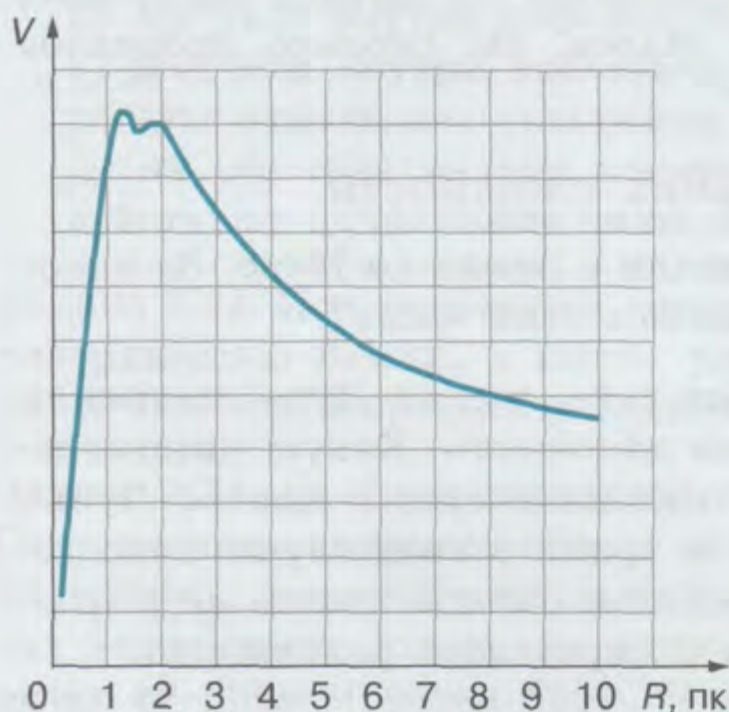


Рис. 8

Задача 3.49. На рисунке 8 приведён график зависимости скорости V движения по круговой орбите от расстояния R до центра некоторого шарового звёздного скопления. Оцените по виду кривой диаметр этого скопления.

Задача 3.50. Предположим, что масса Солнца внезапно увеличилась вдвое. Какой эксцентриситет орбиты и период обращения будет у Земли?

Задача 3.51. Предположим, Солнце стало терять массу со скоростью 1 млрд т в секунду. На какое расстояние удалится от него Земля за 1 год? Изначальную орбиту Земли считайте круговой.

Задача 3.52. Три звезды с одинаковыми массами обращаются вокруг общего центра масс по одинаковой круговой траектории, находясь в вершинах равностороннего треугольника. В какой-то момент одна из звёзд взрывается как сверхновая, и её масса без остатка быстро покидает систему. Найдите эксцентриситет новой орбиты оставшихся двух звёзд.

Раздел IV

Строение Солнечной системы



Строение Солнечной системы

Базовый уровень сложности

Задача 4.1. Перечислите типы астрономических объектов, входящих в состав Солнечной системы.

Задача 4.2. Выберите верные окончания высказываний.

- 1) Самая большая планета в Солнечной системе...
- 2) Самая массивная планета...
- 3) Самая похожая на Землю по размерам и массе планета...
- 4) Самое большое число спутников у планеты...
- 5) Самая сплюснутая планета...
- 6) Самая лёгкая планета...

- | | | | |
|-------------|-----------|-----------|-----------|
| А) Меркурий | Б) Венера | В) Марс | Г) Сатурн |
| Д) Юпитер | Е) Уран | Ж) Нептун | |

Задача 4.3. Составьте верные высказывания, используя предложенные окончания.

- 1) Большие массы имеют...
 - 2) Малыми размерами и большой плотностью обладают...
 - 3) Высокие скорости вращения вокруг своей оси имеют...
 - 4) Большое количество спутников и кольца имеют...
 - 5) Содержат мало лёгких газов, но много тугоплавких металлов...
 - 6) Твёрдые поверхности имеют...
 - 7) Значительные магнитные поля имеют...
 - 8) Вращаются как жидкие тела...
 - 9) Меркурий, Венера и Марс — это...
- А) планеты земной группы
Б) планеты-гиганты

Задача 4.4. Какая малая планета была открыта первой? Какой примерно у неё диаметр?

Задача 4.5. 1) У каких планет есть кольца? 2) У каких планет кольца были открыты с Земли до полёта к ним космических аппаратов?

Задача 4.6. Сколько в Солнечной системе известно спутников планет размером более 3000 км (т. е. как Луна или больше)? Каких планет это спутники?

Задача 4.7. Сопоставьте планету и форму её орбиты.

- | | |
|-----------|---------------|
| 1) Земля | А) эллипс |
| 2) Марс | Б) окружность |
| 3) Юпитер | В) парабола |
| 4) Сатурн | |

Задача 4.8. Расставьте в порядке удаления от Солнца и укажите, из чего состоят:

- А) пояс Койпера
- Б) облако Оорта
- В) Главный пояс астероидов

Задача 4.9. Какая планета совершила примерно один оборот вокруг Солнца с момента своего открытия?

Задача 4.10. Сближение Земли и Марса астрономы называют противостоянием. Почему при каждом противостоянии планеты встречаются в разные сезоны?

Задача 4.11. Какие планеты можно увидеть невооружённым глазом? Как их отличить от звёзд при длительных наблюдениях?

Задача 4.12. Расстояние до некоторого астероида равно 2,3 млрд км. Выразите эту величину в астрономических единицах.

Задача 4.13. С помощью таблиц определите, что больше по массе — Солнце или все остальные тела Солнечной системы, вместе взятые? Во сколько раз?

Задача 4.14. Пользуясь справочными данными, определите, что больше по массе — Юпитер или остальные планеты, вместе взятые? Во сколько раз?

Задача 4.15. Если расположить все планеты Солнечной системы бок о бок в ряд, поместятся ли они между Землёй и Луной?

Задача 4.16. Что массивнее — Земля или все известные астероиды, вместе взятые?

Задача 4.17. В одном из фантастических рассказов написано, что в третьем тысячелетии земляне решили построить в Солнечной системе монорельсовую дорогу из специально обработанного земного грунта. Какой слой надо снять с поверхности Земли, чтобы эта дорога по прямой достала до орбиты Нептуна? Считайте, что рельса имеет в сечении вид прямоугольника 5×10 см.

Задача 4.18. Пользуясь справочными данными, определите диапазон изменения видимых с Земли угловых размеров Юпитера и Сатурна (эксцентриситетом орбит, сплюснутостью планет и наличием колец пренебечь). Ответ выразите в угловых секундах.

Задача 4.19. Горизонтальный параллакс планеты равен $4,4''$. Что это за планета?

Задача 4.20. Горизонтальный параллакс первого астероида $2,4''$, а второго — $4,8''$. Выберите правильное утверждение.

А. Первый астероид в 2 раза больше второго.

Б. Второй астероид в 2 раза больше первого.

В. На основании данных задачи вывод о соотношении размеров сделать нельзя.

Задача 4.21. Планета видна на расстоянии 100° от Солнца. Внешняя это планета или внутренняя? Ответ объясните.

Задача 4.22. Планета в своём видимом движении по небу не удаляется от Солнца больше, чем на 48° . Внешняя это планета или внутренняя?

Задача 4.23. Планета видна на расстоянии 48° от Солнца. Внешняя это планета или внутренняя?

Задача 4.24. Какая конфигурация является наилучшей для наблюдений Марса?

Задача 4.25. Вращается ли Луна вокруг своей оси?

Задача 4.26. Как известно, с Земли можно наблюдать только одну сторону Луны, т. е. Луна всегда повернута к Земле одной стороной. Ответьте «да» или «нет» на вопросы.

1) Можно ли с Луны наблюдать Землю со всех сторон?

2) Наблюдается ли на Луне смена дня и ночи?

3) Вращается ли Луна вокруг своей оси?

4) Является ли Луна самым крупным спутником планеты в Солнечной системе?

Задача 4.27. Известно, что смена времён года на Земле обусловлена тем, что ось вращения Земли наклонена к плоскости эклиптики. Угол наклона оси вращения Урана ещё больше — Уран вращается практически «лёжа на боку». Могут ли у него наблюдаться смены времён года?

Задача 4.28. Какую планету издавна на Руси называли утренней звездой или вечерницей? Почему?

Задача 4.29. Какие конфигурации не существуют, а выдуманы автором?

- А) западная квадратура
- Б) северная квадратура
- В) верхнее противостояние
- Г) нижнее противостояние
- Д) южная элонгация
- Е) верхнее прохождение

Задача 4.30. У каких планет при наблюдении с Земли происходят и верхние, и нижние соединения с Солнцем?

Задача 4.31. Если планета оказывается в противостоянии, видна ли она на небе вечером, после наступления темноты? Видна ли она под утро, до зари?

Задача 4.32. У какой планеты видимый диаметр при наблюдении с Земли может достигать $1'$?

Задача 4.33. Во сколько раз различаются видимые угловые диаметры Венеры в нижнем соединении и в наибольшей элонгации?

Задача 4.34. Мы наблюдаем Марс в восточной квадратуре. В какой конфигурации при этом видна Земля с Марса?

Задача 4.35. Марс и Юпитер наблюдаются в западной квадратуре. Какое между ними расстояние? Ответ выразите в астрономических единицах.

Задача 4.36. Венера видна в максимальной элонгации, а Марс — в противостоянии. Чему равно расстояние между ними?

Задача 4.37. У какой из перечисленных планет самый большой синодический период?

- А) Меркурий
- Б) Марс
- В) Юпитер
- Г) Уран

Задача 4.38. Астероид Кваввар имеет радиус орбиты $43,4$ а. е. Определите его синодический и сидерический периоды.

Задача 4.39. Расстояние от Земли до астероида меняется в пределах от 1,4 до 3,4 а. е. Определите его сидерический и синодический периоды обращения (при условии, что направление орбитального движения астероида совпадает с земным, а его орбита круговая).

Задача 4.40. Оцените, с какой точностью можно измерить расстояние до объекта на Луне методом радиолокации, если моменты времени у некоторого радиолокатора фиксируются с точностью 10^{-7} с. Движение Луны не учитывайте.

Задача 4.41. Какая планета подходит ближе всего к Земле и на какое расстояние?

Задача 4.42. Если радиолокатор зафиксировал отражённый от пролетающего вблизи Земли астероида сигнал через 0,9 с после того, как сигнал был послан, то расстояние до астероида равно:

- 1) 50 000 км
- 2) 67 500 км
- 3) 90 000 км
- 4) 135 000 км
- 5) 270 000 км

Задача 4.43. Большая полуось орбиты астероида 1999 TD10 равна 101 а. е., а эксцентриситет — 0,875. Насколько этот астероид может удаляться от Солнца? Орбиты каких планет он пересекает?

Задача 4.44. Аппарат какой страны (СССР или США) первым совершил мягкую посадку на Луну? Как он назывался?

Задача 4.45. Аппарат какой страны (СССР или США) впервые совершил мягкую посадку на Венеру? на Марс?

Повышенный уровень сложности

Задача 4.46. Какие планеты Солнечной системы при наблюдении с Земли меняют фазы (серп — половина — полная — половина — серп) и это можно увидеть глазом или в телескоп?

Задача 4.47. У каких планет Солнечной системы есть (или были) искусственные спутники — космические аппараты, обращающиеся по орбитам вокруг этих планет?

Задача 4.48. Какой межпланетный аппарат посетил окрестности сразу пяти планет Солнечной системы? Что это за планеты?

Задача 4.49. Сколько планет радиусом R км поместится внутри Солнца ($R \ll R_{\text{Солнца}}$)?

Задача 4.50. Сколько планет, похожих на Юпитер, нужно объединить, чтобы образовалась звезда, похожая на Солнце? Можно ли создать такую звезду из огромного числа планет, похожих на Землю? Сколько их для этого понадобится? Масса Солнца $2 \cdot 10^{30}$ кг, масса Юпитера $2 \cdot 10^{27}$ кг, масса Земли $6 \cdot 10^{24}$ кг. Ответы объясните.

Задача 4.51. Почему точность измерения расстояния до объекта на Луне с помощью метода лазерной локации гораздо выше, чем точность радиолокации?

Задача 4.52. Радиолокатор облучает астероид импульсным радиосигналом. Ответный сигнал имеет продолжительность 2 мкс. Оцените радиус астероида.

Задача 4.53. В некоторый момент времени был измерен горизонтальный параллакс планеты. Он оказался равен $10''$. Что это за планета?

Задача 4.54. Каким должен быть диаметр объектива телескопа, чтобы в него можно было разглядеть диск Цереры? Радиус орбиты Цереры 2,8 а. е., радиус самой малой планеты 480 км (считайте, что диск виден, если разрешение телескопа соответствует угловому радиусу диска).

Задача 4.55. Какие планеты при наблюдениях с Земли могут двигаться по небу среди звёзд быстрее Солнца?

Задача 4.56. Планета видна 23 сентября вблизи точки летнего солнцестояния. Что это за планета? Ответ объясните.

Задача 4.57. Может ли видимое движение планеты среди звёзд в некоторый момент времени быть направленным точно на север? на юг? на запад? на восток?

Задача 4.58. Орбита Меркурия имеет большую полуось 0,387 а. е. и эксцентриситет 0,209. На какое максимальное угловое расстояние может удалиться Меркурий от Солнца в небе Земли? Нарисуй-

те схему с орбитами Земли и Меркурия, а также взаимное положение Земли, Солнца и Меркурия в момент максимальной элонгации.

Задача 4.59. Как часто можно наблюдать Марс в западной квадратуре? В какой стороне горизонта он при этом может быть найден незадолго до восхода Солнца при наблюдениях невооружённым глазом из средних широт нашей страны?

Задача 4.60. Известно, что время от времени кольца Сатурна исчезают для земного наблюдателя. Почему происходит это явление и как часто оно случается?

Задача 4.61. Синодический период обращения Юпитера при наблюдении с Земли равен 399 сут. Чему равен синодический период обращения Земли при наблюдении с Юпитера?

Задача 4.62. Астероид движется по ретроградной орбите, т. е. в сторону, противоположную направлению движения Земли, на расстоянии 20 а. е. от Солнца. Определите его синодический период.

Задача 4.63. Венера в элонгации имеет звёздную величину $-4,6^m$. Какую видимую звёздную величину имеет в этот момент Венера для наблюдателя на спутнике Юпитера, если он видит её в соединении с Землёй?

Задача 4.64. Комета пролетела через перигелий на расстоянии 1 а. е. от Солнца. Её эксцентриситет равен $0,985 \pm 0,002$. Через сколько лет эта комета снова вернётся к Солнцу?

Задача 4.65. Астероид из пояса Койпера движется в плоскости эклиптики с периодом 500 лет по вытянутой орбите. Его видимая звёздная величина увеличивается от прохождения перигелия к прохождению апоцентра на $3,6^m$. Определите большую полуось и эксцентриситет орбиты астероида. При решении различием расстояния астероида до Земли и до Солнца можно пренебречь.

Задача 4.66. После столкновения двух астероидов в поясе Койпера на расстоянии 45 а. е. один из осколков начал падать на Солнце с нулевой начальной скоростью. Как долго продлится падение?

Олимпиадный уровень сложности

Задача 4.67. Абсолютной звёздной величиной для объектов Солнечной системы называют звёздную величину, которую имел бы этот объект при наблюдении гипотетическим наблюдателем из центра Солнца с расстояния 1 а. е. Чему равна абсолютная звёздная величина астероида, находящегося в плоскости эклиптики в противостоянии с Солнцем на расстоянии 4 а. е. от Земли и имеющего звёздную величину 12^m ?

Задача 4.68. Абсолютная звёздная величина астероида 5^m , а радиус орбиты 3 а. е. Чему будет равна его видимая звёздная величина в соединении с Солнцем?

Задача 4.69. Астероид А движется по орбите радиусом 40 а. е., а астероид Б — по орбите радиусом 3 а. е. Альbedo астероида А в 10 раз больше, чем альbedo астероида Б. В момент противостояния с Солнцем эти астероиды имеют одинаковую звёздную величину. Во сколько раз различаются их размеры?

Задача 4.70. Астероид из группы аполлонов имеет перигелийное расстояние, в точности равное радиусу орбиты Земли. Вблизи перигелия он пролетает рядом с Землёй, догоняя её. Находясь на расстоянии 2 млн км, он имел звёздную величину 10^m . Какую звёздную величину он будет иметь на расстоянии 1 млн км? Какая у него абсолютная звёздная величина?

Задача 4.71. Перечислите все планеты и спутники планет, на поверхность которых совершали посадку космические аппараты.

Задача 4.72. (МОШ-2003) Пусть внутренняя планета А и внешняя планета Б при наблюдении с Земли имеют одинаковый синодический период S . Чему равен синодический период планеты А при наблюдении с планеты Б?

Задача 4.73. Синодический период некоторого астероида вдвое больше сидерического. Чему равен радиус его орбиты, если он вращается по кругу в ту же сторону, что и Земля?

Задача 4.74. Сколько времени проходит от наибольшей восточной элонгации Венеры до её нижнего соединения?

Задача 4.75. Сколько времени проходит от наибольшей западной элонгации Венеры до её верхнего соединения?

Задача 4.76. На искусственном спутнике Земли проводились измерения звёздной величины Меркурия, Венеры, Марса и Юпитера. Измерения для каждой планеты начинались и заканчивались в соединении (для внутренних планет — в верхнем соединении) и проводились в течение её синодического периода. На рисунке 9 представлен сводный график изменения звёздной величины планет. По оси абсцисс отложены доли синодического периода, по оси ординат — изменение звёздной величины по сравнению со значением в (верхнем) соединении. Определите, какой планете какая кривая соответствует. Ответ обоснуйте.

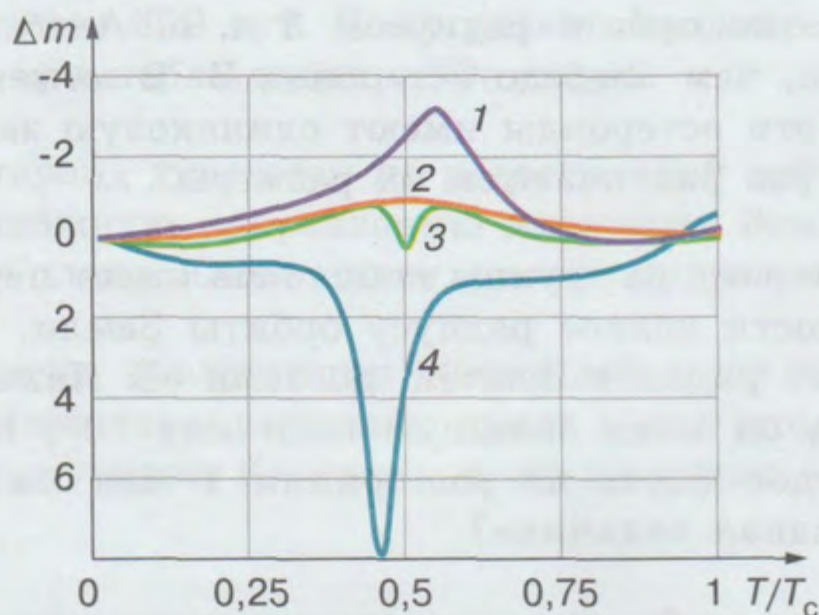
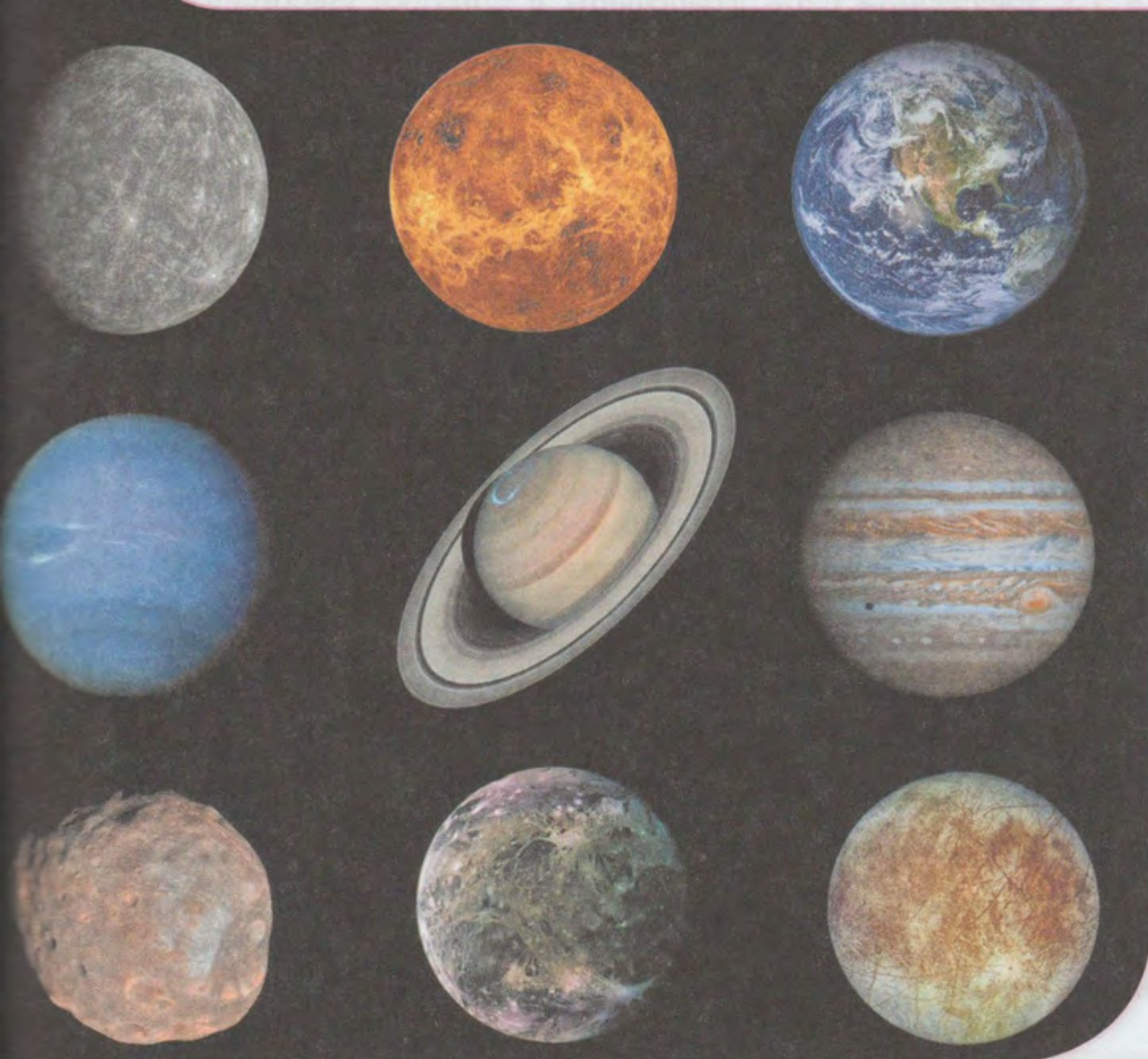


Рис. 9

Раздел V

Физическая природа тел Солнечной системы



Физическая природа тел Солнечной системы

Базовый уровень сложности

Задача 5.1. Используя справочные данные, вычислите силы притяжения Земли к Луне и к Солнцу. Сравните их. Выберите верное утверждение.

А. Солнечные приливы сильнее лунных.

Б. Лунные приливы сильнее солнечных.

Задача 5.2. Какая энергия выделится при ударе о Землю метеорита массой 100 кг, имеющего скорость у поверхности Земли 2 км/с?

Задача 5.3. Расставьте слои атмосферы в порядке увеличения высоты расположения.

А) термосфера

Б) тропосфера

В) мезосфера

Г) стратосфера

Д) экзосфера

Задача 5.4. Почему днём небо синее, а ночью чёрное?

Задача 5.5. Почему все космические тела входят в атмосферу Земли со скоростью, не меньшей, чем вторая космическая скорость для Земли?

Задача 5.6. В какое время сила приливов на Земле максимальна?

А) когда Луна в фазе новолуния

Б) когда Луна в фазе полнолуния

В) когда Луна в фазе первой четверти

Г) когда Луна в фазе последней четверти

Д) сила приливов постоянна

Задача 5.7. Вы увидели «падающую звезду». Что это такое на самом деле?

Задача 5.8. Оцените примерную ширину роя метеорных частиц потока Леонид (в километрах), зная, что его метеоры наблюдаются в основном с 14 по 21 ноября.

Задача 5.9. Установите соответствие между названиями и определениями космических объектов.

1) Болид — это...	А) световое явление, вызванное вторжением в атмосферу Земли метеорного тела
2) Метеорное тело — это...	Б) остаток небесного тела, не сгоревший в атмосфере и выпавший на Землю
3) Метеор — это...	В) малая планета, движущаяся вокруг Солнца
4) Метеорит — это...	Г) небольшое тело, которое движется вокруг Солнца
	Д) очень яркий метеор, похожий на летящий огненный шар

Задача 5.10. Что такое «метеорный дождь»? Может ли он наблюдаться одновременно над всей поверхностью Земли?

Задача 5.11. Выберите верные утверждения.

А. По занимаемой площади на обратной стороне Луны преобладают материки.

Б. По занимаемой площади на видимой стороне Луны преобладают моря.

В. Терминатор — это граница между освещённым и тёмным полушариями Луны.

Г. На подсолнечной стороне поверхности Луны температура достигает 400 К.

Д. На Луне бывают «лунотрясения».

Е. Большинство кратеров на Луне имеют ударную природу.

Задача 5.12. Можно ли на Луне наблюдать метеоры? Ответ поясните.

Задача 5.13. Луна и Земля находятся практически на одинаковом расстоянии от Солнца. Почему при этом разница дневных и ночных температур на Луне гораздо больше, чем на Земле?

Задача 5.14. На лунной поверхности можно наблюдать большое количество очень старых кратеров, а на земной поверхности их нет. Чем это объясняется?

Задача 5.15. Где на Луне можно найти водяной лёд?

Задача 5.16. Объясните, почему у Луны нет атмосферы.

Задача 5.17. Объясните, почему у Меркурия нет атмосферы, а у Титана (спутника Сатурна), имеющего почти такие же размеры, она есть.

Задача 5.18. В середине XX в. Венера всерьёз рассматривалась как запасная планета для жизни землян. Однако в настоящее время в качестве такой планеты рассматривают не Венеру, а Марс. С чем связаны эти перемены?

Задача 5.19. Планета Венера освещается Солнцем примерно вдвое сильнее, чем планета Земля, но из-за высокого альбеда облачного покрова значительная часть падающего солнечного излучения отражается от облаков в её атмосфере. В итоге поверхности Венеры и Земли получают примерно одинаковое количество световой энергии. Почему же на Венере значительно жарче, чем на Земле? (*Примечание.* Альbedo (от лат. *albus* — светлый) — величина, характеризующая отражательную способность поверхности; выражается отношением энергии излучения, отражаемого поверхностью, к энергии солнечного излучения, попавшего на поверхность.)

Задача 5.20. Сколько планет имеет атмосферу? Сколько спутников планет имеет атмосферу?

Задача 5.21. На каких планетах Солнечной системы космонавт может попасть в ураган?

Задача 5.22. На каких планетах Солнечной системы можно наблюдать радугу? Ответ поясните.

Задача 5.23. В атмосфере Венеры нет кислорода. Могут ли там быть метеоры? Ответ поясните.

Задача 5.24. Предположим, что вчера произошло покрытие Венеры Луной. Может ли в этом случае завтра наступить затмение Солнца? Луны?

Задача 5.25. Чему равна средняя продолжительность полной фазы солнечного затмения?

- А) 1 с
- Б) 20 с
- В) 2 мин
- Г) 20 мин

Задача 5.26. Какова максимальная продолжительность полной фазы солнечного затмения?

- А) 20 с
- Б) 120 с
- В) 450 с
- Г) 1870 с

Задача 5.27. Какие затмения можно наблюдать в Москве чаще — солнечные или теневые лунные?

Задача 5.28. Какие затмения чаще наблюдаются на Земле — солнечные или теневые лунные?

Задача 5.29. С чем из перечисленного имеет общую природу красный цвет затмившейся Луны?

- А) с красным цветом планеты Марс
- Б) с красным цветом звезды Антарес
- В) с красным цветом Солнца на закате
- Г) с красным цветом зари

Задача 5.30. Какая планета самая «рыхлая» (с минимальной средней плотностью)? Какая планета, наоборот, самая плотная?

Задача 5.31. Какого газа много и в атмосфере Земли, и в атмосфере Титана?

Задача 5.32. У какого из больших спутников планет самая холодная поверхность (до -240 К)?

Задача 5.33. Какое тело Солнечной системы обладает самой сильной вулканической активностью?

Задача 5.34. Какие известные вам большие спутники планет покрыты слоем льда?

Задача 5.35. Каков характерный размер ядра кометы?

- А) <100 м
- Б) 100 м — 10 км
- В) 10—100 км
- Г) >100 км

Задача 5.36. Может ли хвост кометы быть размером с Землю? с Юпитер? с Солнце?

Задача 5.37. Какие бывают хвосты у комет?

- А) газовые
- Б) пылевые
- В) кислотные
- Г) метеоритные

Задача 5.38. Может ли периодическая комета сохранять свой вид неизменным на протяжении десятков возвращений к Солнцу? Ответ объясните.

Задача 5.39. Почему хвосты комет обычно направлены в сторону от Солнца?

Задача 5.40. Полярные шапки на Марсе в основном состоят из:

- А) водяного льда
- Б) твёрдой углекислоты
- В) известняковых отложений

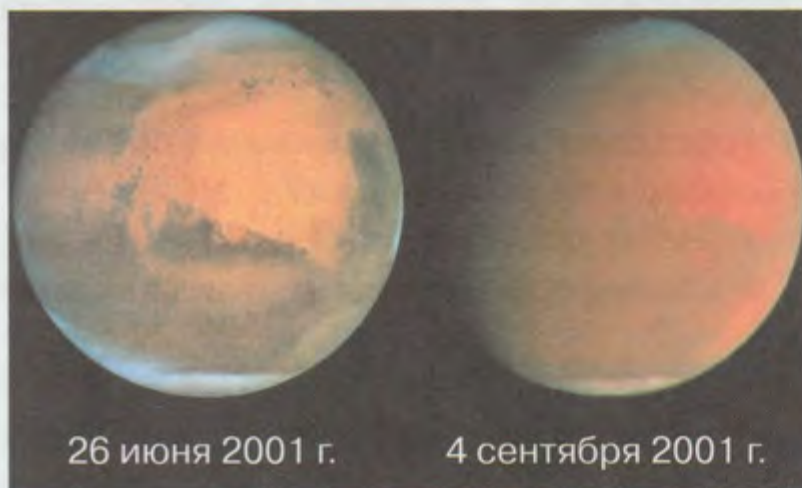


Рис. 10

Задача 5.41. На рисунке 10 показаны два изображения Марса, полученные с интервалом 70 дней. С чем могут быть связаны изменения на поверхности планеты?

- А) Марс повернулся другой стороной к наблюдателю
- Б) на Марсе происходит сильная пылевая буря
- В) на Марсе растаяла Северная полярная шапка
- Г) изменилась фаза планеты

Задача 5.42. Какой из астероидов будет выглядеть ярче при наблюдении с одинакового расстояния? (Примечание. Альbedo (от лат. albus — светлый) — величина, характеризующая отражательную

способность поверхности; выражается отношением энергии излучения, отражаемого поверхностью, к энергии солнечного излучения, попавшего на поверхность.)

- А) диаметром 200 км с альбедо поверхности 0,1
- Б) диаметром 50 км с альбедо поверхности 0,3
- В) они будут выглядеть одинаково

Повышенный уровень сложности

Задача 5.43. Массы Земли и Луны различаются в 81 раз, но при этом земные приливы на Луне почти в 22 раза сильнее, чем лунные на Земле. Объясните почему.

Задача 5.44. Сопоставьте явление и название оболочки атмосферы Земли, в которой оно в основном происходит.

А) гроза	1) экзосфера
Б) метеор	2) тропосфера
В) серебристые облака	3) мезосфера
Г) полярное сияние	4) термосфера

Задача 5.45. Верны ли следующие утверждения? Ответьте «да» или «нет».

- А. Голубой цвет дневного неба и покраснение Солнца у горизонта имеют одну и ту же физическую причину.
- Б. Атмосферная рефракция существенно изменяет как вертикальные, так и горизонтальные видимые размеры Солнца и Луны.
- В. При наблюдении с борта космического корабля величина рефракции у лимба Земли превышает 1° .
- Г. Луна во время затмения имеет красный цвет из-за более сильного преломления красных лучей в атмосфере Земли.

Задача 5.46. Объясните, почему Луна и Солнце при восходе и заходе выглядят сплюснутыми.

Задача 5.47. Почему наименее интересное время для наблюдения Луны — фазы вблизи полнолуния?

Задача 5.48. Вычислите максимальную фазу Луны, которая может быть во время покрытия ею Венеры.

Задача 5.49. Чем обусловлены различия в плотности атмосфер планет Солнечной системы?

Задача 5.50. Характерный размер кометных ядер $d = 10$ км. Некоторые кометы возвращаются к Солнцу не один десяток раз. При этом у них каждый раз образуется относительно плотная кома с характерным радиусом $R = 100\,000$ км. Грубо оцените плотность комы кометы (в кг/м^3), считая, что комета полностью разрушается за 100 возвращений к Солнцу.

Задача 5.51. Расставьте астероиды в порядке возрастания их блеска в противостоянии (орбиты считайте круговыми).

№	Диаметр, км	Альбедо	Большая полуось орбиты, а. е.
1	50	0,3	1,5
2	100	0,1	2,0
3	200	0,2	3,0

Задача 5.52. Астероид движется по круговой орбите со скоростью 20 км/с. Определите период обращения астероида вокруг Солнца.

Задача 5.53. В таблице приведены параметры нескольких астероидов.

№	Диаметр, км	Альбедо	Большая полуось орбиты, а. е.
1	50	0,3	1,5
2	100	0,1	2,0
3	200	0,2	3,0
4	150	0,4	3,0
5	550	0,1	8,0

Считая орбиты астероидов круговыми, выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам этих малых тел.

- А. Наибольший блеск в противостоянии имеет астероид № 1.
Б. Самую тёмную поверхность имеет астероид № 4.
В. Астероид № 5 имеет наибольший абсолютный блеск.
Г. Все астероиды из таблицы принадлежат Главному поясу астероидов.
Д. Наибольший блеск в противостоянии имеет астероид № 3.

Олимпиадный уровень сложности

Задача 5.54. Укажите диапазон скоростей, с которыми могут столкнуться с Землёй опасные космические тела, принадлежащие Солнечной системе. Торможением тел в атмосфере Земли пренебрегите.

Задача 5.55. Искусственный спутник Луны массой 1 т, вращающийся по очень низкой круговой орбите, постепенно снизился и ударился о вертикально расположенный склон горы. Оцените энергию (в тротиловом эквиваленте), выделившуюся при соударении. Можно ли будет увидеть невооружённым глазом с Земли вспышку света, если предположить, что в световую энергию перешло 10% энергии соударения? Масса Луны $7,3 \cdot 10^{22}$ кг, радиус Луны 1740 км, расстояние от Земли до Луны 384 000 км, при взрыве 1 кг тротила выделяется $4,2 \cdot 10^9$ Дж.

Задача 5.56. Один из гипотетических способов предотвращения столкновения астероидов с Землёй — покраска половины поверхности небесного тела белой краской. Считая, что альbedo астероида равно лунному (0,08), а альbedo белой краски равно 0,9, определите максимальную амплитуду колебаний блеска покрашенного астероида из-за осевого вращения.

Задача 5.57. Зная, что Солнце теряет в виде солнечного ветра 10^{36} частиц/с, и считая, что скорость ветра постоянна и равна 400 км/с, оцените плотность солнечного ветра в районе орбиты Венеры. Ответ выразите в кг/м³.

Задача 5.58. Масса атмосферы Венеры составляет $4,8 \cdot 10^{20}$ кг. В ней на каждые 1000 молекул приходится 965 молекул углекислого газа CO_2 и 35 молекул азота N_2 . 97% массы атмосферы Титана приходится на долю азота и 3% — на долю метана CH_4 . Атмосферное давление на поверхности Титана в 1,5 раза превышает атмосферное давление на поверхности Земли. В какой из атмосфер масса азота больше и во сколько раз?

Задача 5.59. По современным данным, массовая доля кислорода на Солнце составляет 0,8%. На сколько планетных атмосфер, подобных земной, хватило бы солнечного кислорода?

Задача 5.60. (ВсОШ-2017, рег.) Учёные будущего предложили фантастический проект, в ходе которого весь грунт на поверхности Марса электрохимическим способом был бы разложен на свободные металл и кислород, и таким образом была бы создана кислородная атмосфера на планете. Какой толщины слой грунта нужно переработать, чтобы давление такой кислородной атмосферы у поверхности Марса оказалось таким же, как атмосферное давление у поверхности Земли? Считайте, что грунт Марса состоит из минерала лимонита с химической формулой Fe_2O_3 и плотностью $3,5 \text{ г/см}^3$. Атомные веса железа и кислорода составляют 56 и 16 соответственно.

Задача 5.61. (МОШ-1999) Во время солнечного затмения в некотором пункте Земли на горизонте наблюдается конфигурация Солнца и Луны, показанная на рисунке 11. Можно ли в этот момент откуда-нибудь на Земле наблюдать полное солнечное затмение?

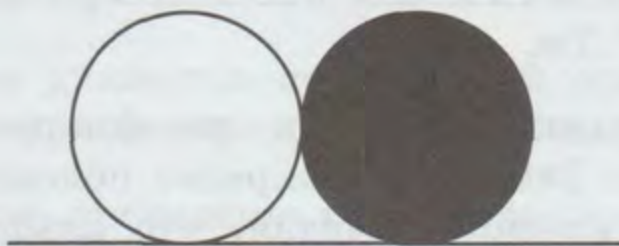


Рис. 11

Задача 5.62. В октябре 2007 г. комета Холмса с ядром радиусом 3,3 км, имеющая блеск около 16^m , в результате взрыва резко разгорелась до 2^m . Считая, что при взрыве всё ядро распалось на одинаковые осколки, определите радиус этих осколков. Вклад частиц вне ядра в яркость кометы до вспышки не учитывайте.

Раздел VI

Солнце и звёзды



Солнце и звёзды

Базовый уровень сложности

Задача 6.1. В каких местах рождаются звёзды?

- А) в холодных массивных облаках пыли и газа
- Б) в горячих голубых туманностях
- В) в планетарных туманностях
- Г) в любом месте галактик
- Д) в ядрах галактик

Задача 6.2. На рисунке 12 показана последовательность различных эволюционных фаз для звезды небольшой массы. Перерисуйте эту последовательность и подпишите название различных этапов звёздной эволюции.



Рис. 12

Задача 6.3. Расставьте в порядке увеличения возраста.

- А) Солнце
- Б) звёзды рассеянного скопления Плеяды
- В) звёзды шарового скопления М13

Задача 6.4. Где в нашей Галактике наблюдается больше всего молодых звёзд?

- А) в центре Галактики
- Б) в центре шаровых звёздных скоплений
- В) в спиральных рукавах Галактики
- Г) в гало Галактики

Задача 6.5. Возраст шарового звёздного скопления 12 млрд лет. Какие звёзды в нём могут быть?

Задача 6.6. Из приведённого списка выберите в нужном порядке стадии эволюции для звезды с массой, равной массе Солнца.

- А) сверхновая звезда
- Б) планетарная туманность
- В) протозвезда
- Г) главная последовательность
- Д) красный гигант
- Е) белый карлик
- Ж) нейтронная звезда
- З) чёрная дыра

Задача 6.7. Из приведённого списка выберите в нужном порядке стадии эволюции для звезды с массой, равной 50 массам Солнца.

- А) сверхновая звезда
- Б) планетарная туманность
- В) протозвезда
- Г) главная последовательность
- Д) красный гигант
- Е) белый карлик
- Ж) красный сверхгигант

Задача 6.8. Какая стадия жизни Солнца наиболее длительная?

Задача 6.9. Что общего у всех звёзд, находящихся на главной последовательности?

Задача 6.10. Выберите верное продолжение выражения.

Планетарная туманность — это

- А) остаток взрыва звезды — сверхновой типа II
- Б) место рождения планетных систем
- В) тёмная туманность, образовавшаяся сразу после Большого взрыва
- Г) оболочка, сброшенная звездой после стадии красного гиганта, которая светится благодаря излучению её ядра

Задача 6.11. Белый карлик имеет солнечную массу и земной радиус. Определите минимальное время его облёта по орбите.

Задача 6.12. Вычислите значение солнечной постоянной (так называют полное количество энергии, падающее за границами земной атмосферы в единицу времени на площадку единичной площади, перпендикулярную направлению на Солнце). Ответ выразите в Вт/м².

Задача 6.13. Звезда вдвое больше и вдвое горячее Солнца. Во сколько раз её светимость превышает солнечную?

Задача 6.14. Звезда Денеб имеет светимость 60 000 светимостей Солнца и температуру 9000 К. Во сколько раз она больше Солнца?

Задача 6.15. Предположим, в один момент времени всё Солнце покрылось пятнами (температура пятен 4200 К). Какой станет видимая звёздная величина Солнца?

Задача 6.16. Через несколько миллиардов лет Солнце расширится до орбиты Земли, а температура его поверхности уменьшится до 2600 К. Какой станет светимость Солнца по сравнению с нынешней?

Задача 6.17. Звезда Арктур имеет массу, в 1,5 раза бóльшую, чем у Солнца, светимость — в 210 раз бóльшую, чем у Солнца, и температуру 4300 К. Чему равна её средняя плотность?

Задача 6.18. Две звезды имеют одинаковые массу, видимую звёздную величину и угловой диаметр. При этом первая звезда находится вдвое дальше второй. Как соотносятся их средние плотности и температуры?

Задача 6.19. Во сколько раз радиус некоторой звезды больше радиуса Солнца, если температура фотосферы у неё равна солнечной, а светимость в 10 000 раз больше?

Задача 6.20. Какая звезда больше и во сколько раз: звезда А (светимость 10 светимостей Солнца, температура поверхности 8000 К) или звезда Б (светимость 100 светимостей Солнца, температура поверхности 3000 К)?

Задача 6.21. Сопоставьте температуру абсолютно чёрного тела и длину волны, на которую приходится максимум его излучения.

- | | |
|--------------|------------|
| А) 1000 К | 1) 480 нм |
| Б) 6000 К | 2) 0,97 мм |
| В) 100 000 К | 3) 9,4 мкм |
| Г) 3 К | 4) 2,9 мкм |
| Д) 36,6 °С | 5) 29 нм |

Задача 6.22. Закон смещения Вина часто записывают в виде $T = 2900/\lambda_{\max}$, где длина волны максимума излучения $\lambda_{\max}$ выражена в мкм, а температура в ответе получается в градусах Кельвина. Запишите эту формулу для длины волны в ангстремах ($1\text{Å} = 10^{-10}\text{ м}$) так, чтобы в ответе получались градусы Цельсия.

Задача 6.23. Одна звезда имеет спектральный класс А, другая — G, а их светимости одинаковы. У какой звезды больше радиус?

Задача 6.24. Сопоставьте цвет звезды и её спектральный класс.

- | | |
|------------|------|
| А) красный | 1) В |
| Б) жёлтый | 2) А |
| В) белый | 3) М |
| Г) голубой | 4) G |

Задача 6.25. У каких звёзд в спектрах лучше всего видны линии бальмеровской серии водорода?

Задача 6.26. Какого цвета нам кажутся самые горячие из близких звёзд? самые холодные?

Задача 6.27. Расставьте в порядке увеличения массы звёзды главной последовательности следующих спектральных классов: G, A, O, M, B.

Задача 6.28. Для звёзд какого типа выполняется правило: чем звезда горячее, тем больше её светимость?

Задача 6.29. Красная звезда не превосходит Солнце по массе, но светит гораздо мощнее. Что это за звезда?

Задача 6.30. Звезда вдесятеро уступает Солнцу по светимости. Что это за звезда?

Задача 6.31. Расставьте звёзды в порядке увеличения радиуса.

- А) красный карлик
- Б) белый карлик
- В) жёлтый карлик
- Г) голубая звезда главной последовательности
- Д) голубой сверхгигант
- Е) красный сверхгигант

Задача 6.32. Светимость некоторой звезды в 12 раз больше светимости Солнца. Определите температуру поверхности этой звезды, если известно, что её радиус равен 850 000 км.

Задача 6.33. Радиус звезды в 10 раз меньше радиуса Солнца, а температура её поверхности составляет 3300 К. Определите светимость

этой звезды (в единицах светимости Солнца). К какому спектральному классу она принадлежит? К какому типу звёзд относится эта звезда?

Задача 6.34. Определите массу чёрной дыры, гравитационный радиус которой равен радиусу типичной нейтронной звезды (10 км). Ответ дайте в массах Солнца.

Задача 6.35. Определите скорость движения частицы вокруг чёрной дыры по круговой орбите на расстоянии 32 гравитационных радиусов от её центра.

Задача 6.36. Собственное движение звезды равно $5''$ в год, а лучевая скорость равна нулю. За какое время эта звезда пройдёт на небе дугу 1° ? 180° ?

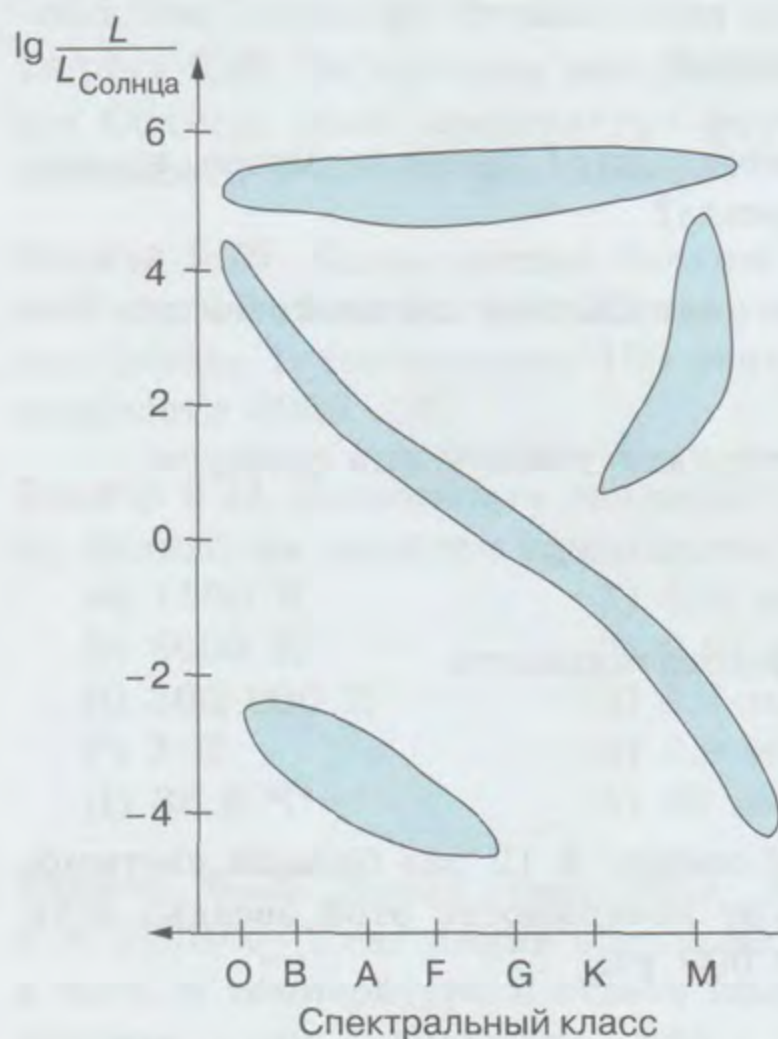


Рис. 13

Задача 6.37. Собственное движение звезды Барнарда равно $10,3''$ в год, а её параллакс — $0,548''$. Собственное движение и параллакс звезды Росс 619 равны соответственно $5,2''$ в год и $0,148''$. У какой из звёзд тангенциальная скорость (проекция полной пространственной скорости на картинную плоскость) выше? Чему она равна?

Задача 6.38. Линия с лабораторной длиной волны $486,1$ нм в спектре звезды сдвинута на $0,5$ нм в синюю сторону спектра. С какой скоростью движется звезда? Она приближается или удаляется от нас?

Задача 6.39. На рисунке 13 представлена диаграмма спектр — светимость. Перерисуйте диаграмму в тетрадь и нанеси-

те на неё точки, соответствующие положениям следующих звёзд:

Название	Температура, К	Светимость в светимостях Солнца
Солнце	6000	1
Сириус А	9400	21
Сириус В	23 000	0,0002
Арктур	4500	110
Ригель	11 200	45 000
Антарес	3500	14 000
Денеб	9200	270 000
Проксима Центавра	2700	0,0001

Задача 6.40. Звезда главной последовательности имеет блеск 0^m и удалена от нас на 100 пк. Старше она или моложе Солнца? Ответ объясните.

Задача 6.41. Можно ли из представленной на рисунке 14 кривой блеска двойной звезды сделать вывод о том, что орбита входящих в неё звёзд является круговой? Ответ объясните.

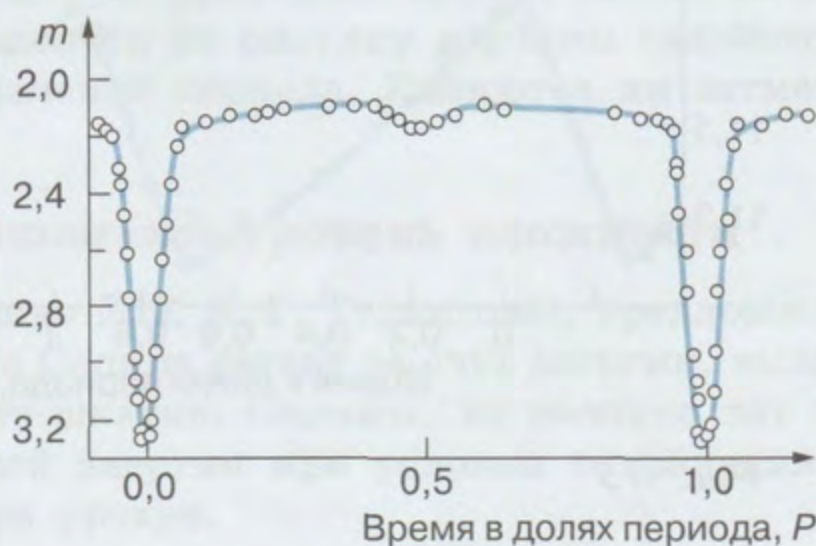


Рис. 14

Задача 6.42. У затменной звезды два компонента: сверхгигант спектрального класса К и звезда главной последовательности спектрального класса В. При затмении какого из компонентов будет наблюдаться главный минимум на кривой блеска?

Задача 6.43. Глубина минимума затменно-переменной звезды составляет 1^m . Какой это минимум — главный или вторичный? Ответ объясните.

Задача 6.44. Блеск звезды δ Цефея в максимуме и минимуме равен $3,5^m$ и $4,4^m$, а температура — 6800 и 5400 К соответственно. Когда размер звезды больше и во сколько раз?

Задача 6.45. На рисунке 15 приведена кривая блеска цефеиды (переменной типа δ Цефея). Определите по нему амплитуду переменности и показатель асимметрии кривой блеска — отношение длительности восходящей части кривой к нисходящей.

Задача 6.46. На рисунке 16 представлен один из старых вариантов зависимости абсолютной звёздной величины M от периода (в сутках) для звёзд типа δ Цефея. Оцените, в каком диапазоне находятся светимости звёзд этого типа, если известно, что их периоды лежат в диапазоне 1—100 сут.

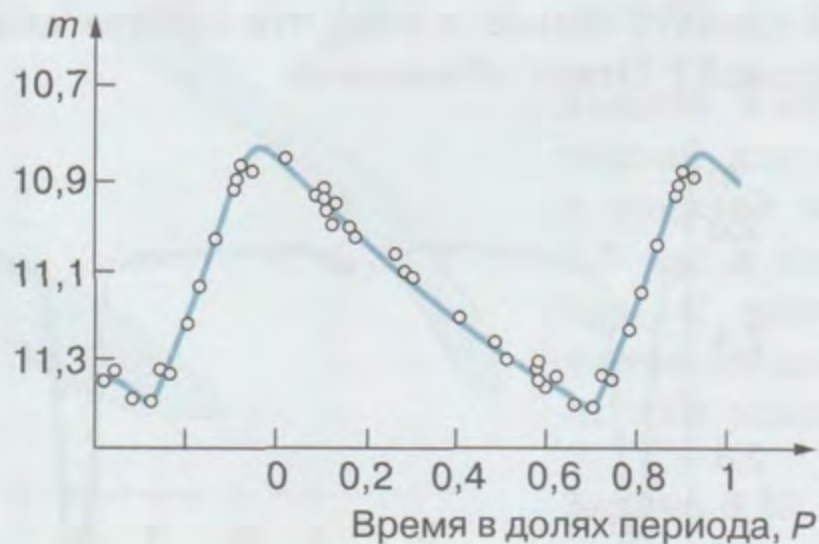


Рис. 15

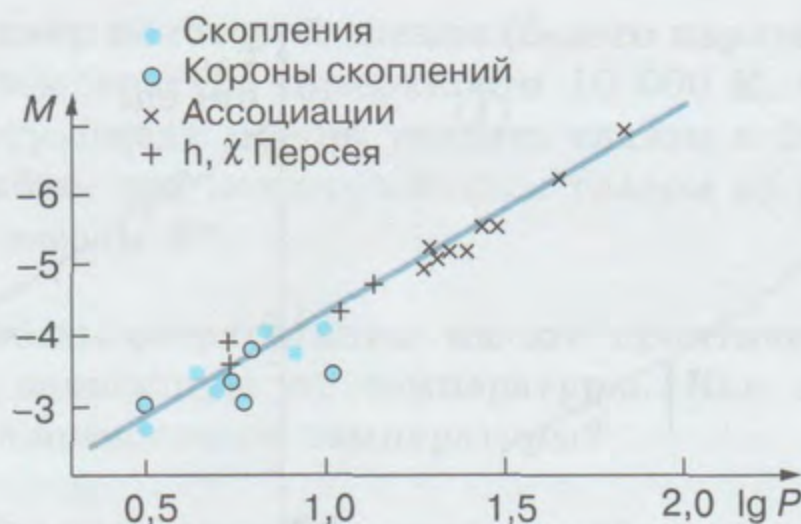


Рис. 16

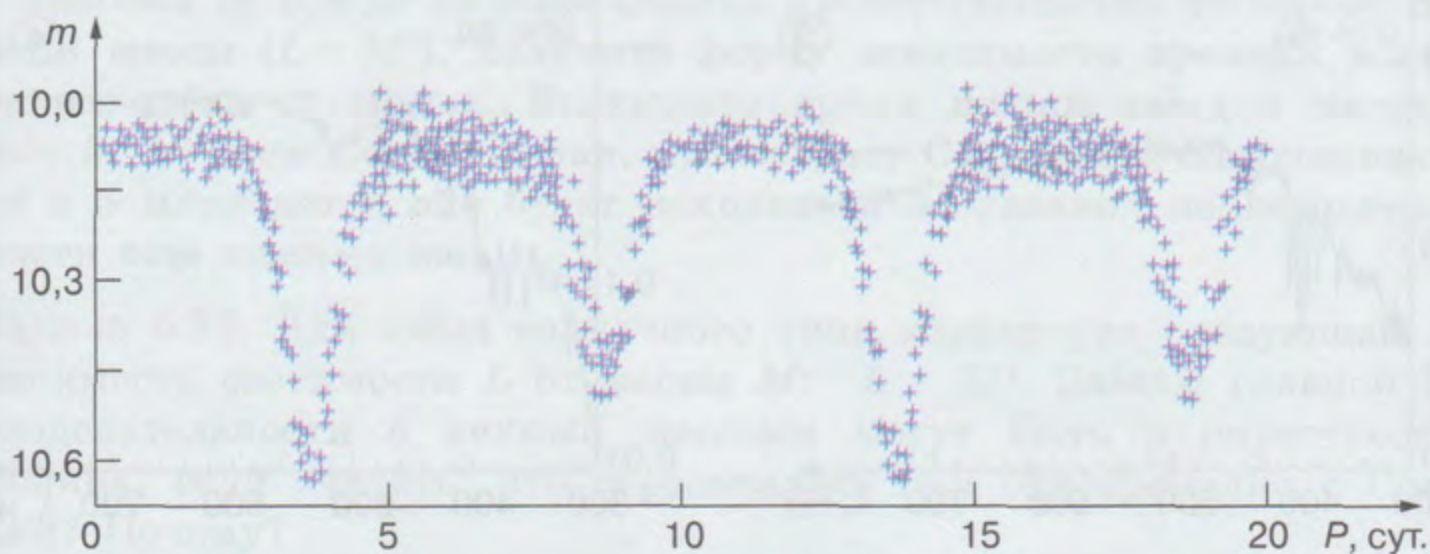


Рис. 17

Задача 6.47. На рисунке 17 приведена кривая блеска затменно-переменной звезды. Определите по рисунку глубины главного и вторичного минимума и значение периода. Являются ли затмения в этой системе полными?

Повышенный уровень сложности

Задача 6.48. В середине XIX в. Г. Гельмгольц предложил гипотезу, предполагающую, что Солнце светит за счёт энергии, выделяющейся в ходе его медленного сжатия. Оцените, на сколько лет хватило бы Солнцу потенциальной энергии при условии сохранения им светимости на современном уровне.

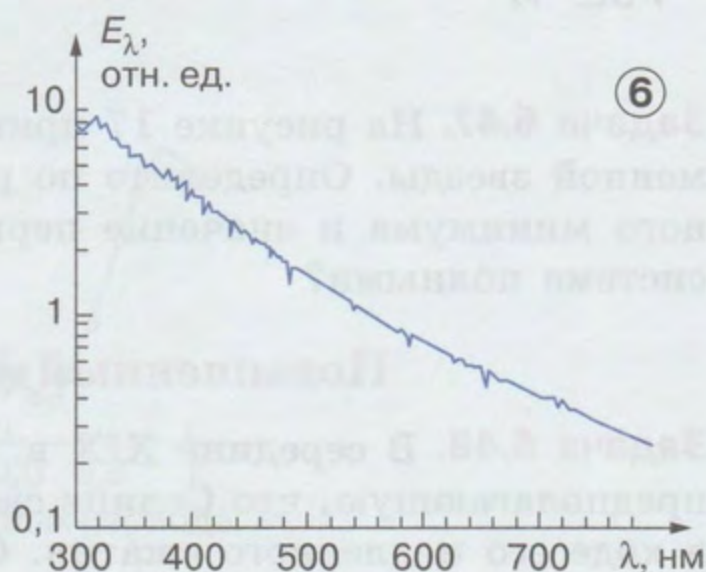
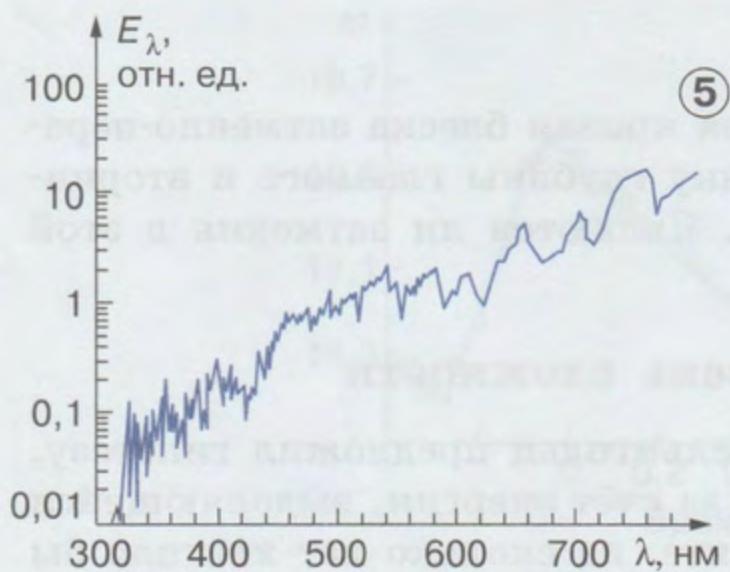
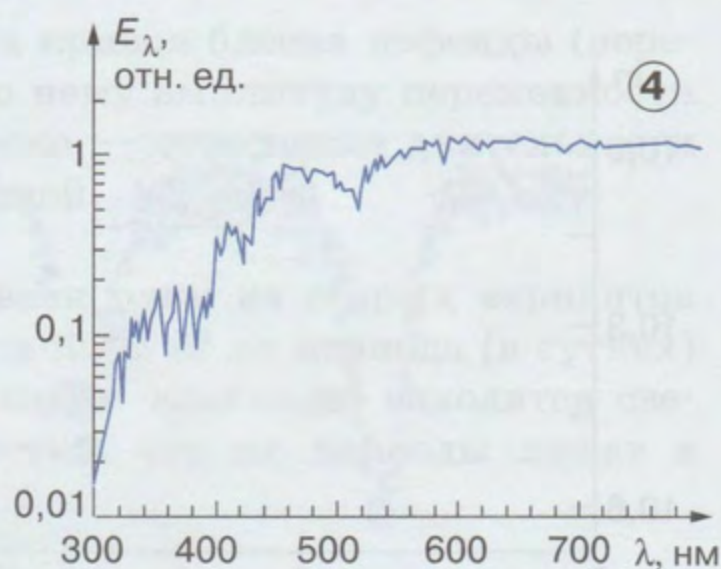
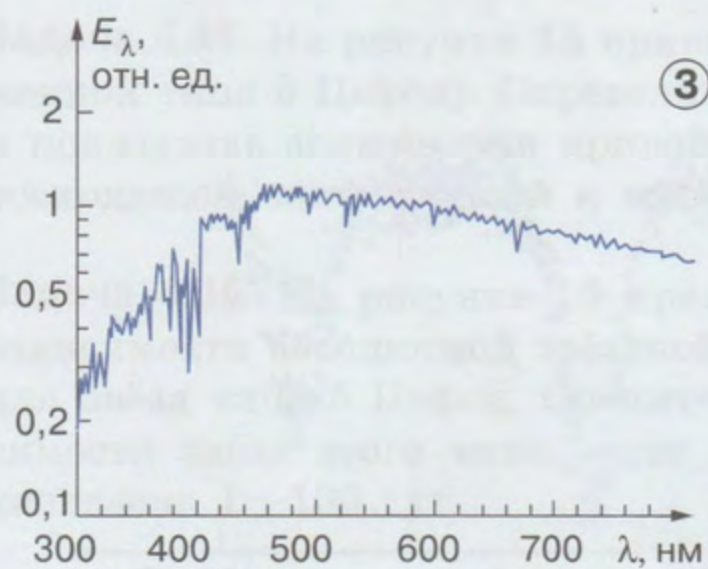
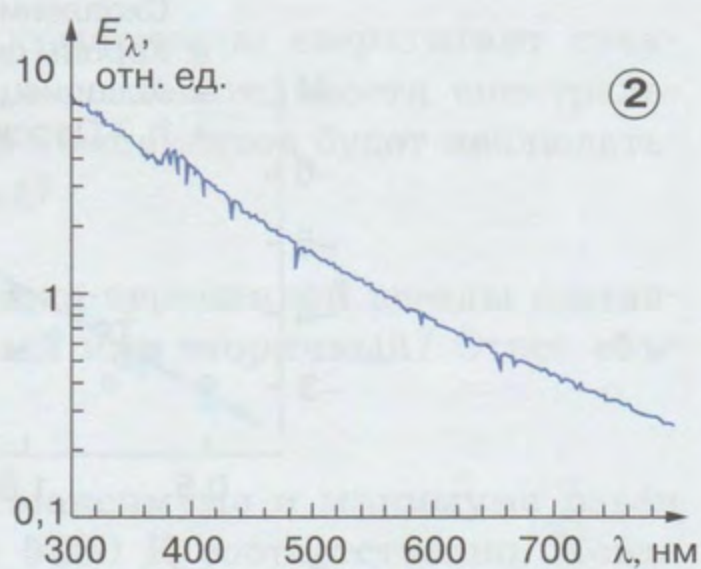
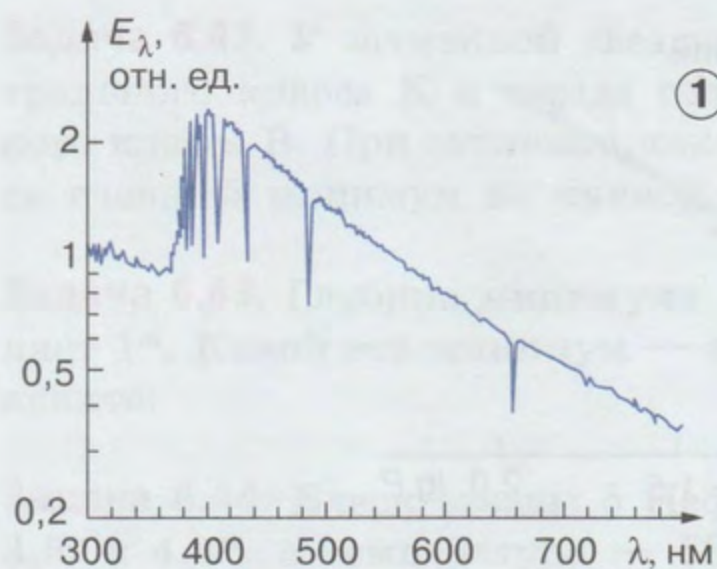


Рис. 18

Задача 6.49. Размер некоторой звезды (белого карлика) близок к размеру Земли, а температура поверхности 10 000 К. Оцените, с какого расстояния эту звезду можно увидеть глазом в 20-сантиметровый телескоп. Считайте, что невооружённым глазом со зрачком 6 мм на пределе видны звёзды 6^м.

Задача 6.50. Звёзды-сверхгиганты имеют практически одинаковую светимость, не зависящую от температуры. Как меняется радиус этих звёзд в зависимости от температуры?

Задача 6.51. Классифицируйте звёзды, распределения энергии в спектрах которых приведены на графиках (рис. 18).

Задача 6.52. Зная, что светимость звёзд главной последовательности с массами от 0,5 до 10 масс Солнца пропорциональна четвёртой степени массы ($L \sim M^4$), получите форму зависимости времени жизни таких звёзд от массы. Вычислите время жизни звёзд с массами 0,5; 5; 10 масс Солнца, зная, что возраст Солнца сейчас оценивается в 5 млрд лет и оно будет находиться на главной последовательности ещё столько же.

Задача 6.53. Для звёзд солнечного типа характерна следующая зависимость светимости L от массы M : $L \sim M^4$. Звёзды главной последовательности с какими массами могут быть в окрестностях Солнца, если считать, что образовались они одновременно с Солнцем? Почему?

Задача 6.54. Двойная звезда состоит из чёрной дыры и коричневого карлика, движущихся по круговым орбитам на расстоянии 10 а. е. друг от друга. Мы видим систему точно сбоку (находимся в плоскости орбиты). Лучевая скорость коричневого карлика меняется от 40 до 100 км/с. Определите массу (в массах Солнца) и гравитационный радиус чёрной дыры.

Задача 6.55. Собственное движение, параллакс и красное смещение звезды ε Эрида на равны 3,1" в год, 0,165" и 0,000292, а звезды 61 Лебеда — 5,2" в год, 0,286" и -0,000214. У какой из звёзд пространственная скорость выше? Чему она равна?

Задача 6.56. Пульсар приближается к нам со скоростью 300 км/с. Наблюдаемый период пульсара равен 0,8436 с. Определите период пульсара, который наблюдался бы, если бы пульсар был неподвижен.

Задача 6.57. Относительно звёзд спектральных классов от А до G Солнце движется в направлении $\alpha = 18^h$, $\delta = +30^\circ$ со скоростью 19,7 км/с. Движение Солнца относительно близких звёзд происходит в направлении $\alpha = 17^h40^m$, $\delta = +21^\circ$ и составляет 15,5 км/с. Объясните, почему возникает такая разница? Закономерно ли, что во втором случае скорость Солнца меньше?

Задача 6.58. В спектрах двух невращающихся звёзд ширина одной и той же спектральной линии различается в 3 раза. Во сколько раз различаются температуры звёзд в местах образования этих линий?

Задача 6.59. Зная, что Солнце теряет в виде солнечного ветра 10^{36} частиц/с, и считая, что скорость ветра постоянна и равна 400 км/с, оцените плотность солнечного ветра в районе орбиты Венеры (большая полуось орбиты $a = 0,72$ а. е.). Ответ выразите в кг/м³.

Задача 6.60. На рисунке 19 приведена диаграмма Герцшпрунга—Рассела (диаграмма температура—светимость). На ней обозначены положения основных классов звёзд и приведены три эволюционных трека. Выберите из треков тот, который соответствует действительности. Напишите названия классов звёзд, относящихся к областям А, Б, В, Г.

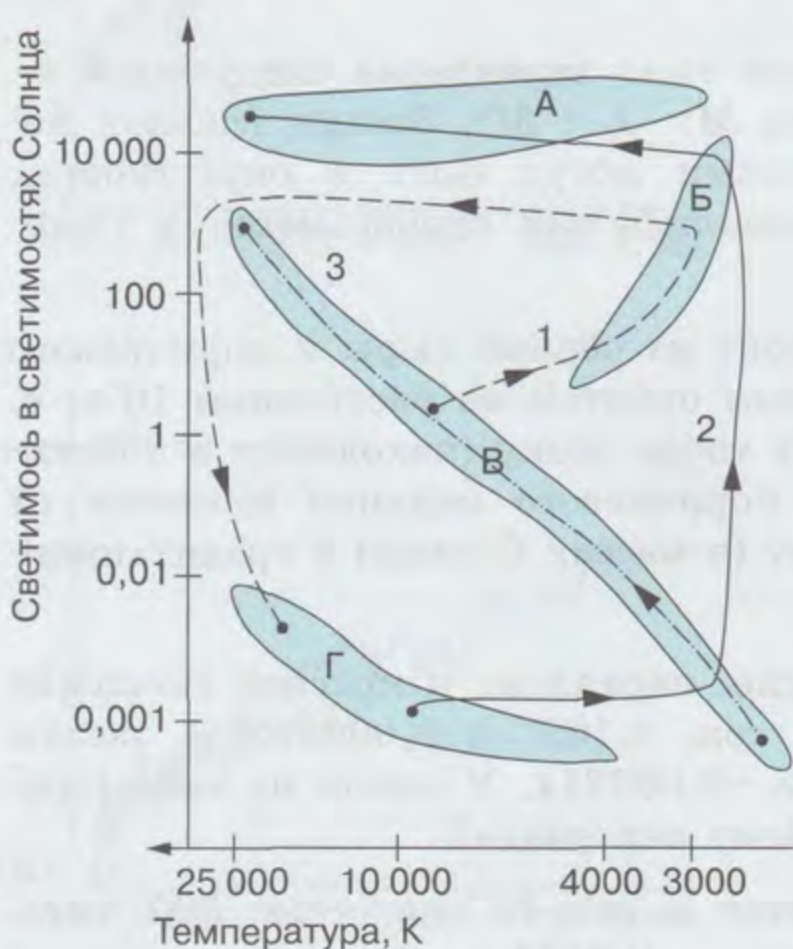


Рис. 19

Выберите из треков тот, который соответствует действительности. Напишите названия классов звёзд, относящихся к областям А, Б, В, Г.

Задача 6.61. Изобразите график изменения блеска двойной звёздной системы в течение полного периода при следующих предположениях: затмения центральные, орбиты звёзд круговые, звезда 1 больше звезды 2, звезда 1 — красная, звезда 2 — голубая. На кривой под соответствующими фазами (первичный минимум, вторичный минимум, а также по одной точке между ними) нарисуйте взаимные положения звёзд.

Задача 6.62. В таблице приведены сведения о нескольких известных звёздах.

Звезда	Температура фотосферы, К	Масса, в массах Солнца	Радиус, в радиусах Солнца
Капелла	5200	3,3	23
Вега	9500	2,8	3,0
Сириус	9250	2,1	2,0
Бетельгейзе	3100	20	900
Ригель	11 200	40	138
Альдебаран	3500	5	45
Полярная	7000	6	38
Проксима Центавра	2700	0,12	0,15

Выберите два утверждения, которые соответствуют приведённым в таблице характеристикам звёзд.

1. Все звёзды, приведённые в таблице, относятся к звёздам главной последовательности.
2. Звезда Альдебаран является красным гигантом.
3. Звезда Бетельгейзе имеет самую большую светимость среди звёзд, представленных в таблице.
4. Звёзды Бетельгейзе и Проксима Центавра относятся к красным звёздам спектрального класса М.
5. Условия жизни на Земле не поменяются, если заменить Солнце на Капеллу.

Задача 6.63. Изобразите кривые лучевых скоростей компонентов двойной звезды в течение полного периода при следующих предположениях: спектры звёзд видны отдельно, затмения центральные, орбиты звёзд круговые, орбитальный период 518 сут., массы звёзд

одинаковы и равны 2 массам Солнца, система как целое движется к Солнцу со скоростью 50 км/с. По оси абсцисс отложите орбитальную фазу (т. е. время в долях периода, прошедшее с момента соединения звёзд в системе), по оси ординат — скорость в км/с.

Задача 6.64. Изобразите схематические кривые лучевых скоростей для орбит, показанных на рисунке 20. Второй компонент системы считайте невидимым, а луч зрения — лежащим в плоскости орбиты. Расставьте на кривой точки a , b , c , d , соответствующие аналогичным точкам на орбитах звезды. Для примера справа показана кривая лучевых скоростей для круговой орбиты.

Задача 6.65. Первая цефеида имеет период 5 дней, а вторая, расположенная неподалёку, — 10 дней. Зная, что, по современным данным, зависимость период—абсолютная звёздная величина выглядит следующим образом: $M_v = -2,81 \lg P - 1,43$, определите, у какой из цефеид больше светимость и во сколько раз.

Олимпиадный уровень сложности

Задача 6.66. Две звезды имеют одинаковые угловые диаметры, расстояние до них неизвестно. Их температуры различаются в 3 раза. Найдите разницу болометрических (т. е. определённых по излучению во всей шкале электромагнитных колебаний) звёздных величин этих звёзд.

Задача 6.67. Почему линии ионизованного кальция в спектре Солнца сильнее линий водорода, хотя кальция на Солнце несравнимо меньше?

Задача 6.68. Определите пространственный радиус круглого солнечного пятна, которое вызывало бы такое же уменьшение блеска Солнца для наблюдателя на Земле, какое отмечается во время прохождения Венеры по солнечному диску. Температура в солнечном пятне равна 4200 К, находится оно в центре диска Солнца. Потемнением диска Солнца к краю пренебречь.

Задача 6.69. Как изменится показатель цвета звезды при прохождении света через атмосферу Земли? Показатель цвета какой звезды изменится больше — красной или белой? Ответ обоснуйте.

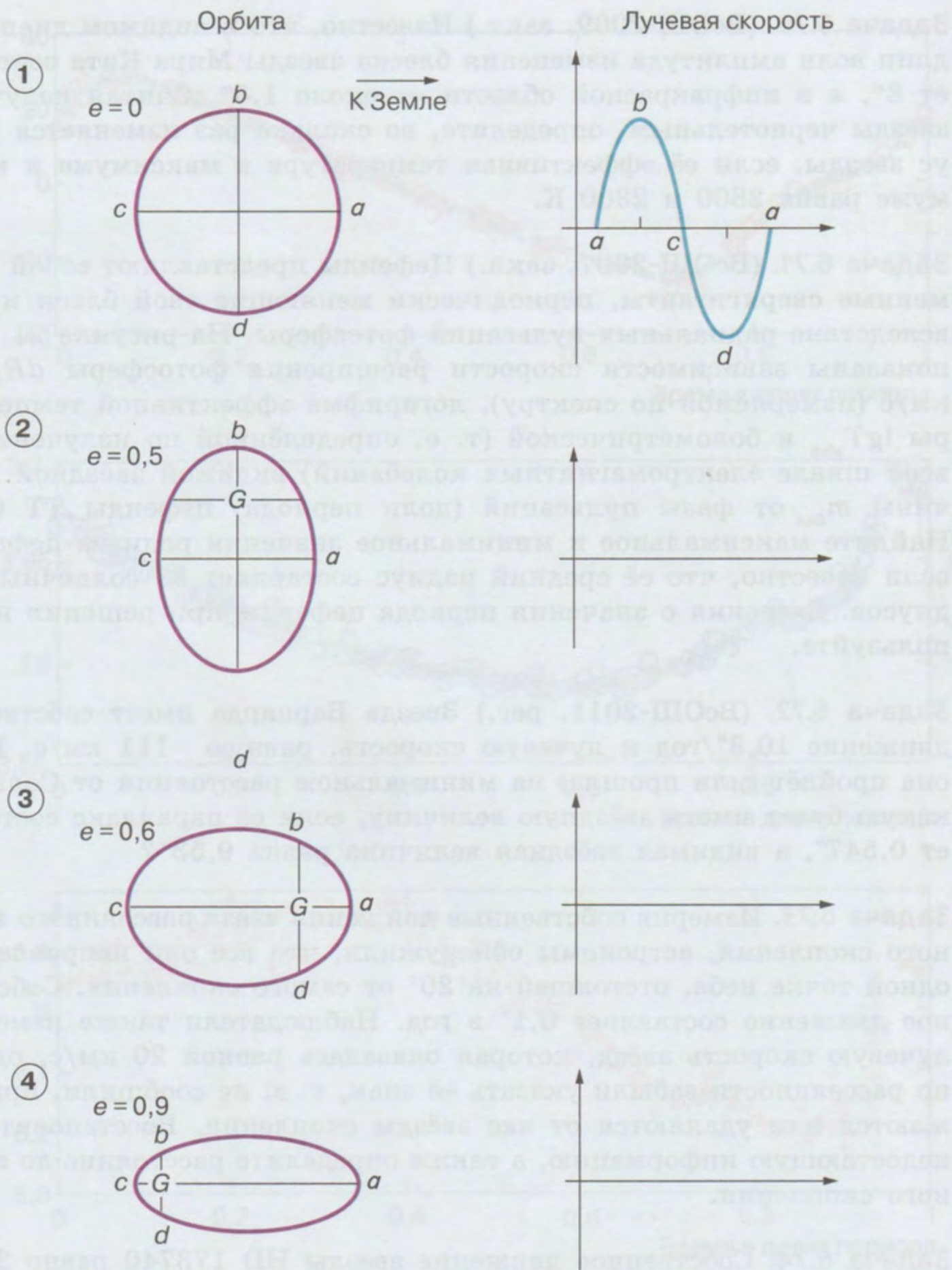


Рис. 20

Задача 6.70. (ВсОШ-2009, закл.) Известно, что в видимом диапазоне длин волн амплитуда изменения блеска звезды Мира Кита составляет 8^m , а в инфракрасной области — около $1,5^m$. Считая излучение звезды чернотельным, определите, во сколько раз изменяется радиус звезды, если её эффективная температура в максимуме и минимуме равна 2800 и 2300 К.

Задача 6.71. (ВсОШ-2007, закл.) Цефеиды представляют собой переменные сверхгиганты, периодически меняющие свой блеск и цвет вследствие радиальных пульсаций фотосферы. На рисунке 21, *a—в* показаны зависимости скорости расширения фотосферы dR/dt в км/с (измеряемой по спектру), логарифма эффективной температуры $\lg T_{\text{эфф}}$ и болометрической (т. е. определённой по излучению во всей шкале электромагнитных колебаний) видимой звёздной величины $m_{\text{бол}}$ от фазы пульсаций (доли периода) цефеиды ТТ Орла. Найдите максимальное и минимальное значения радиуса цефеиды, если известно, что её средний радиус составляет 85 солнечных радиусов. Сведения о значении периода цефеиды при решении не используйте.

Задача 6.72. (ВсОШ-2011, рег.) Звезда Барнарда имеет собственное движение $10,3''/\text{год}$ и лучевую скорость, равную -111 км/с. Когда она пройдёт (или прошла) на минимальном расстоянии от Солнца и какую будет иметь звёздную величину, если её параллакс составляет $0,547''$, а видимая звёздная величина равна $9,53^m$?

Задача 6.73. Измерив собственные движения звёзд рассеянного звёздного скопления, астрономы обнаружили, что все они направлены к одной точке неба, отстоящей на 20° от самого скопления. Собственное движение составляет $0,1''$ в год. Наблюдатели также измерили лучевую скорость звёзд, которая оказалась равной 20 км/с, однако по рассеянности забыли указать её знак, т. е. не сообщили, приближаются или удаляются от нас звёзды скопления. Восстановите эту недостающую информацию, а также определите расстояние до звёздного скопления.

Задача 6.74. Собственное движение звезды HD 173740 равно $2,3''$ в год, параллакс $0,285''$, лучевая скорость $1,09$ км/с. Чему будет равна звёздная величина этой звезды через $100\,000$ лет, если сейчас она равна $9,7^m$?

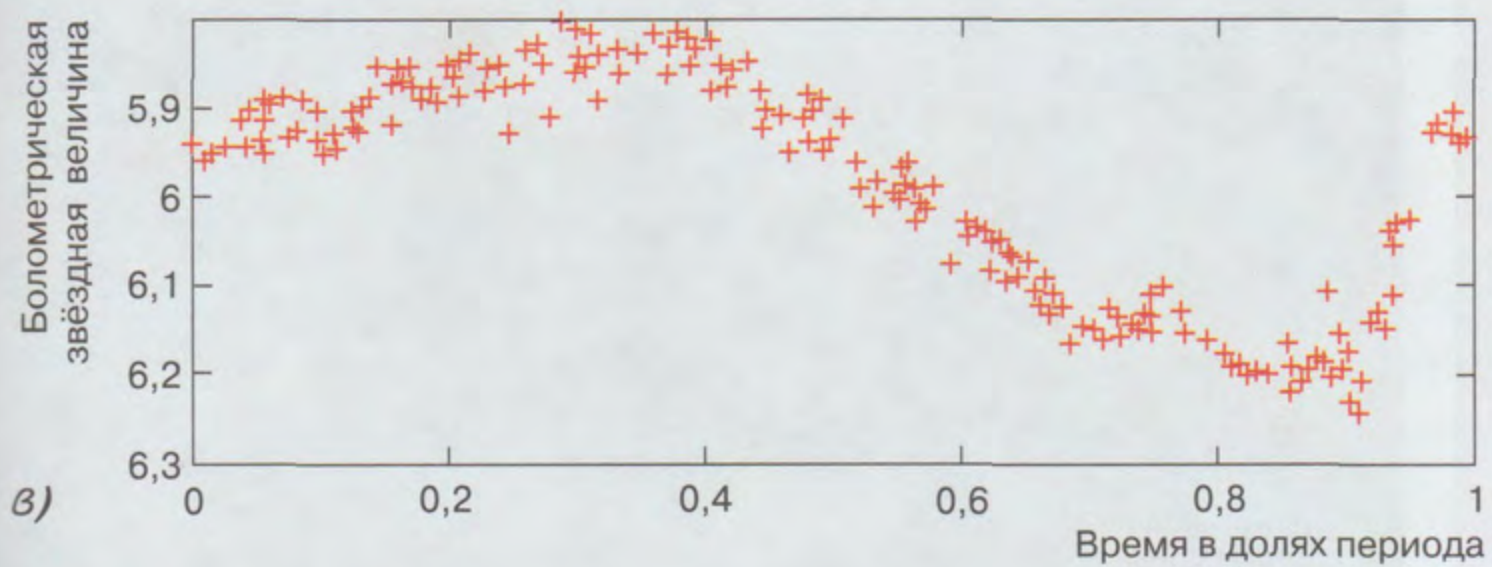
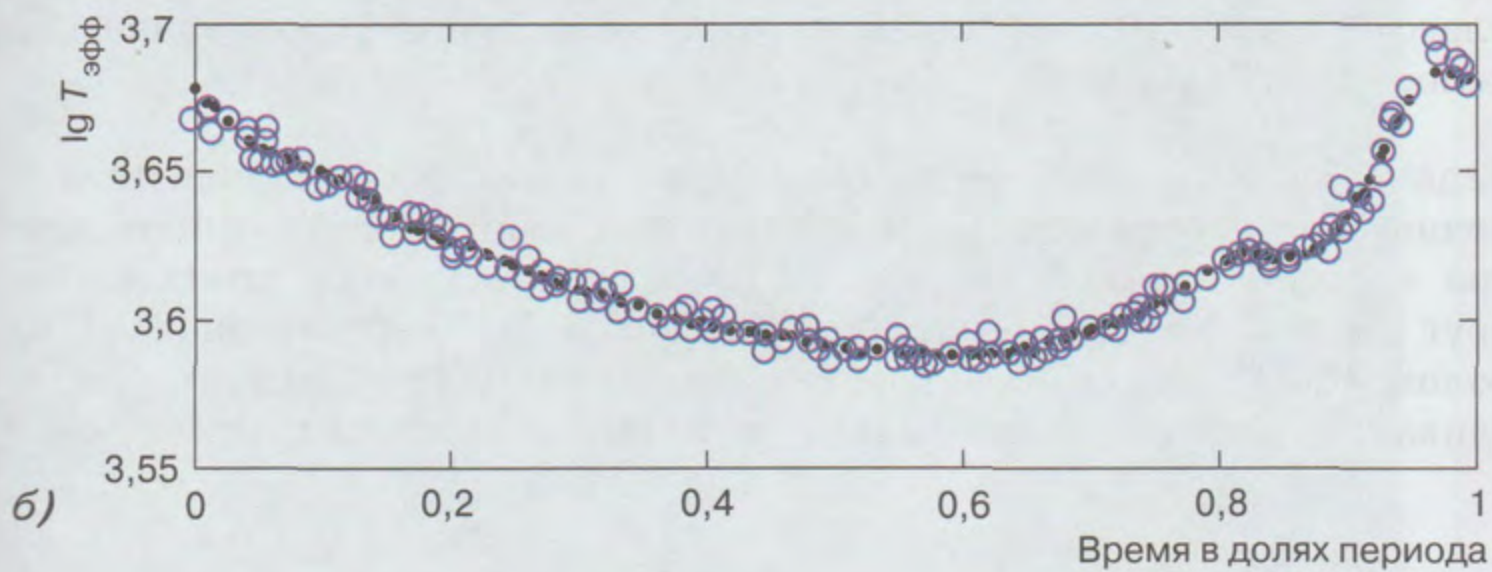
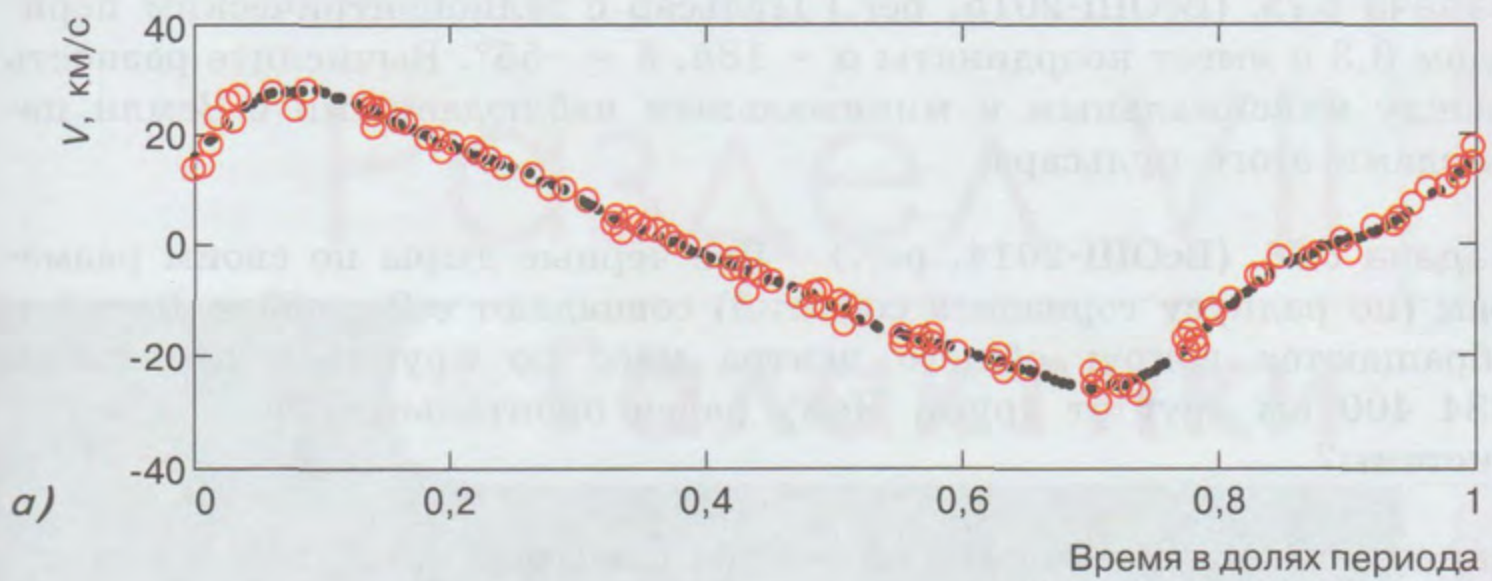


Рис. 21

Задача 6.75. (ВсОШ-2015, рег.) Пульсар с гелиоцентрическим периодом $0,3$ с имеет координаты $\alpha = 18^h$, $\delta = -55^\circ$. Вычислите разность между максимальным и минимальным наблюдаемыми с Земли периодами этого пульсара.

Задача 6.76. (ВсОШ-2014, рег.) Две чёрные дыры по своим размерам (по радиусу горизонта событий) совпадают с Землёй и Луной и обращаются вокруг общего центра масс по круговым орбитам в $384\,400$ км друг от друга. Чему равен орбитальный период такой системы?

Задача 6.77. Блеск некоторой звезды спектрального класса А в полосе (фильтре) V равен $10,5^m$, а блеск другой звезды спектрального класса К равен $10,45^m$. Какая из этих звёзд ярче в фотометрической полосе U ? B ? V ? R ?

Задача 6.78. Двойная звезда состоит из одинаковых компонент солнечного типа, обращающихся по круговой орбите вокруг общего центра масс. В двойной системе наблюдаются затмения компонентов друг другом. Каждые 5 лет линия водорода $H\beta$ (лабораторная длина волны $486,13$ нм) сначала раздваивается на $0,0741$ нм, а потом вновь сливается воедино. Чему равно расстояние между звёздами?

Раздел VII

Галактики



Галактики

Базовый уровень сложности

Задача 7.1. Закончите фразы.

А. Нашу Галактику можно представить в виде...

- 1) гигантского звёздного шара.
- 2) огромного звёздного диска.
- 3) огромной бесформенной совокупности звёзд.

Б. Диаметр нашей Галактики составляет...

- 1) 100 000 а. е.
- 2) 100 000 св. лет.
- 3) 10 000 пс.

В. В нашу Галактику входит...

- 1) около 2 млрд звёзд.
- 2) около 200 млрд звёзд.
- 3) столько же звёзд, сколько в самые большие шаровые скопления.

Задача 7.2. Какие объекты входят в состав нашей Галактики?

Задача 7.3. Закончите фразы.

А. Солнце...

- 1) является центром Галактики.
- 2) расположено в ядре Галактики.
- 3) расположено в диске Галактики, но не в центре её, а ближе к краю.
- 4) находится в гало Галактики, но не в центре его, а ближе к краю.

Б. Расстояние от центра Галактики до Солнца...

- 1) составляет примерно 8000 пк.
- 2) равно примерно 100 000 св. лет.
- 3) настолько мало, что Солнце можно считать центром Галактики.
- 4) примерно равно 1 кпк.

В. Следствием положения Солнца в Галактике является...

- 1) наблюдаемая нами на небе полоса Млечного Пути.
- 2) наличие ядра у Галактики.
- 3) наличие короны у Галактики.

Г. В центре Млечного Пути находится массивный объект. Это...

- 1) плотное скопление звёзд.
- 2) плотное массивное газопылевое облако.
- 3) массивная чёрная дыра.
- 4) пространство с тёмной энергией.

Задача 7.4. Самыми старыми образованиями в Галактике являются

- А) Солнечная система
- Б) шаровые скопления
- В) рассеянные скопления
- Г) звезда Барнарда

Задача 7.5. В каком созвездии находится центр нашей Галактики?

Задача 7.6. В Северном полушарии неба одна из наименьших концентраций звёзд при наблюдении в телескоп приходится на созвездие Волосы Вероники. С чем это связано?

Задача 7.7. В какое время года ночное звёздное небо средней полосы России самое тёмное?

Задача 7.8. Звёзды какого спектрального класса и типа составляют большинство звёзд Галактики?

Задача 7.9. Сопоставьте туманность и её тип:

- | | |
|------------------------------------|---------------------------|
| А) «Гантель» (М27) | 1) диффузная туманность |
| Б) Большая туманность Ориона (М42) | 2) планетарная туманность |
| В) Туманность Андромеды (М31) | 3) остаток сверхновой |
| Г) Крабовидная туманность (М1) | 4) галактика |
| Д) Туманность Треугольника (М33) | |
| Е) «Кольцо» (М57) | |

Задача 7.10. Выберите из списка названия пяти созвездий, через которые проходит Млечный Путь.

Большая Медведица, Кассиопея, Малая Медведица, Лев, Лебедь, Стрелец, Волопас, Персей, Щит, Дева.

Задача 7.11. Что заставляет светиться вещество планетарных туманностей?

Задача 7.12. Большая туманность Ориона расположена на расстоянии примерно 1350 св. лет от Земли. Её диаметр примерно 7 пк. Под каким углом она видна земному наблюдателю?

Задача 7.13. В каких скоплениях содержится больше газа и пыли — в рассеянных или в шаровых?

Задача 7.14. Крабовидная туманность — остаток вспышки сверхновой звезды, которая наблюдалась на Земле в 1054 г. Расстояние до туманности примерно 1,5 кпк. Как давно произошёл взрыв звезды? На каком минимальном расстоянии от Земли находится место, откуда в настоящий момент (в 2018 г.) можно наблюдать эту вспышку?

Задача 7.15. Выберите два верных утверждения:

- А. Только у одной галактики (туманности Андромеды) можно в телескоп различить её форму.
- Б. Основная масса галактики сосредоточена в её ядре.
- В. В центре нашей Галактики находится сверхмассивная чёрная дыра.
- Г. Большое и Малое Магеллановы Облака — спутники нашей Галактики.
- Д. Все галактики входят в одно скопление.

Задача 7.16. Сопоставьте объект и размер, который ему соответствует:

- | | |
|-------------------------------|-----------------|
| А) спиральная галактика | 1) 15 св. лет |
| Б) шаровое звёздное скопление | 2) 20 кпк |
| В) планетная система | 3) 100 а. е. |
| Г) скопление галактик | 4) 10^{12} см |
| Д) звезда | 5) 10 Мпк |

Задача 7.17. Сопоставьте объект и массу, которая ему соответствует:

- | | |
|---|-------------------------|
| А) спиральная галактика | 1) $\approx 10^{30}$ кг |
| Б) шаровое звёздное скопление | 2) $\approx 10^{34}$ кг |
| В) рассеянное звёздное скопление | 3) $\approx 10^{42}$ кг |
| Г) туманность — остаток взрыва сверхновой | 4) $\approx 10^{36}$ кг |

Задача 7.18. Изучение переменных звёзд каких типов позволяет измерять расстояния до других галактик?

- А) сверхновые звёзды
- Б) цефеиды
- В) затменные переменные звёзды
- Г) красные карлики с пятнами

Задача 7.19. При наблюдении с Земли галактики даже одного типа (спиральные, неправильные или эллиптические) имеют разный цвет (разные показатели цвета). От чего это зависит?

Задача 7.20. В нашей Галактике среди звёзд чаще всего встречаются красные карлики. Почему при наблюдении извне её цвет близок к жёлтому?

Задача 7.21. Чем различаются рассеянные и шаровые скопления?

Задача 7.22. Сколько шаровых звёздных скоплений существует в нашей Галактике?

- А) менее 100
- Б) 100—300
- В) 300—1000
- Г) более 1000

Задача 7.23. Как различаются положения в Галактике рассеянных и шаровых звёздных скоплений?

Задача 7.24. Каких звёздных скоплений — рассеянных или шаровых — видно больше в созвездии Кассиопеи? в созвездии Близнецов?

Задача 7.25. В шаровых скоплениях намного больше звёзд, чем в рассеянных скоплениях. Почему же все шаровые скопления на небе слабее, чем множество ярких рассеянных скоплений?

Задача 7.26. Шаровое скопление имеет массу 500 000 масс Солнца и радиус 10 пк. Какое значение имеют характерные скорости звёзд внутри скопления?

Задача 7.27. Что такое космические лучи, почему они в межзвёздном пространстве движутся не прямолинейно?

Задача 7.28. Оцените массу газа, содержащегося в межзвёздном пространстве в объёме, равном объёму земного шара.

Задача 7.29. Во сколько раз диаметр Галактики больше

- А) расстояния от Солнца до Нептуна
- Б) расстояния до ближайшей к Солнцу звезды
- В) звёздных скоплений (характерный диаметр последних 10 пк)?

Задача 7.30. Определите значение скорости движения звезды относительно Солнца, если модули лучевой и тангенциальной составляющих этой скорости соответственно равны 40 и 30 км/с.

Задача 7.31. Межзвёздное поглощение в диске Галактики в оптическом диапазоне длин волн характеризуется величиной $2^m/\text{кпк}$. Оцените минимальное значение того, во сколько раз ослабляется свет, идущий от звезды, расположенной в центре нашей Галактики.

Задача 7.32. Кто открыл мир галактик?

- А) У. Гершель
- Б) Г. Рассел
- В) Э. Хаббл
- Г) Э. Герцшпрунг

Задача 7.33. Телескоп поочерёдно навели на две области неба в созвездиях Ориона и Большой Медведицы. В каком случае в поле зрения будет больше звёзд? больше других галактик?

Задача 7.34. В какой части небесной сферы при наблюдении через крупный телескоп будет видно больше звёзд, а в какой — больше галактик? Ответ объясните.

Задача 7.35. Верны ли следующие утверждения? Ответьте «да» или «нет».

- А. Мы живём в неправильной галактике.
- Б. Местная группа содержит более 10 спиральных галактик.
- В. Радиусы орбит звёзд и периоды их обращения вокруг галактических центров любой галактики связаны третьим законом Кеплера: $R^3 \sim T^2$.
- Г. Все молодые звёзды в спиральных галактиках находятся вблизи плоскости диска.
- Д. По звёздному населению эллиптические галактики похожи на шаровые звёздные скопления нашей Галактики.

Задача 7.36. Какой размер имеет галактика, видимая под углом $10'$ с расстояния 3 Мпк?

Задача 7.37. Для гигантской галактики М87 в созвездии Девы, находящейся на расстоянии $R = 16,4$ Мпк, составлена карта центральной области с угловым разрешением $5 \cdot 10^{-4}''$. Какому линейному разрешению оно соответствует? Ответ выразите в парсеках.

Задача 7.38. Сопоставьте тип галактик и его обозначение в классификации Хаббла.

- | | |
|----------------------------|-------|
| А) эллиптические | 1) S |
| Б) неправильные | 2) E |
| В) спиральные | 3) SB |
| Г) линзовидные | 4) S0 |
| Д) спиральные с перемычкой | 5) Ir |

Задача 7.39. Выберите правильное продолжение утверждения. Существуют три основных вида галактик:

- А) эллиптические, спиральные и неправильные
- Б) круговые, правильные, шарообразные
- В) сферические, эллиптические, шарообразные

Задача 7.40. Как по наблюдениям можно отличить звёзды от квазаров?

Задача 7.41. Используя предложенные окончания фраз (1—4), сопоставьте им соответствующие термины:

- А) Галактиками называют...
- Б) Метагалактикой называют...
- В) Радиогалактикой называют...
- Г) Квазарами называют...
- 1) такие внегалактические объекты, которые являются мощными источниками радиоизлучения, а в оптических лучах похожи на голубые звёзды, только с очень большим красным смещением.
- 2) такие галактики, которые наряду со светом сильно излучают в радиодиапазоне.
- 3) ту часть Вселенной, которая доступна сейчас оптическим и радиоастрономическим наблюдениям.
- 4) различные звёздные системы, подобные нашей Галактике.

Задача 7.42. Как различаются по составу спиральные и эллиптические галактики?

Задача 7.43. Масса галактики составляет 10^{41} кг, радиус диска — около 6 кпк. Оцените скорость наиболее далёких звёзд диска этой галактики.

Задача 7.44. Светимость нашей Галактики примерно в 10^{11} больше светимости Солнца и в 100 раз меньше светимости некоторой галак-

тики с активным ядром. Определите светимость этой галактики. Ответ выразите в Вт.

Задача 7.45. Укажите типы галактик, представленных на рисунке 22.

Повышенный уровень сложности

Задача 7.46. Как различаются по температуре и концентрации частиц ионизированный, молекулярный и атомарный газы в межзвёздном пространстве?

Задача 7.47. Собственное движение звезды составляет $0,040''$ в год, а расстояние до неё — 68 св. лет. Определите её тангенциальную скорость. Ответ выразите в км/с.

Задача 7.48. Считая, что 25 % массы Галактики сосредоточены в пределах орбиты Солнца вблизи её центра, оцените период обращения Солнца вокруг центра Галактики.

Задача 7.49. Оцените, какую часть объёма диска нашей Галактики занимают звёзды.

Задача 7.50. Формула для вычисления абсолютной звёздной величины M при наличии межзвёздного поглощения выглядит следующим образом: $M = m + 5 - 5 \lg R - 0,002R$, где m — видимая звёздная величина, R — расстояние. Определите расстояние до сверхгиганта с $M = -6^m$, расположенного в плоскости Галактики и имеющего видимую звёздную величину $+9^m$. (Примечание. Получившееся уравнение можно решать подбором или с помощью метода итераций.) Сравните полученное расстояние с расстоянием до такого же сверхгиганта в отсутствие поглощения.

Задача 7.51. Наша Галактика имеет диаметр примерно 30 кпк, а толщина её диска равна 600 пк. Известно, что в Галактике вспыхивает примерно 5 сверхновых за 100 лет. Как часто взрыв сверхновой может происходить в близкой окрестности Солнечной системы (в области радиусом 100 пк)? Считайте, что плотность звёзд в диске везде одинакова.

Задача 7.52. В Галактике примерно раз в 20 лет вспыхивают сверхновые звёзды. Как часто мы можем видеть их на нашем небе, если пыль в диске позволяет их наблюдать до расстояния в 5 кпк?



Задача 7.53. Некоторая звезда располагается в созвездии Геркулеса и удалена от нас на 1 кпк. К какому типу населения она вероятнее всего относится?

Задача 7.54. Объекты какого типа — рассеянные или шаровые скопления — видны на земном небе почти все, которые есть в нашей Галактике?

Задача 7.55. Оцените количество звёзд одной галактики, которые могут столкнуться со звёздами другой галактики при столкновении этих галактик со скоростью 300 км/с.

- А) 1 млрд звёзд
- Б) 1 млн звёзд
- В) 1000 звёзд
- Г) 0 звёзд

Задача 7.56. Сопоставьте тип галактики и долю её «светящейся» массы, приходящуюся на межзвёздную среду.

- | | |
|------------------|---------------|
| А) эллиптическая | 1) около 10 % |
| Б) спиральная | 2) менее 1 % |
| В) неправильная | 3) более 20 % |

Задача 7.57. Можно ли невооружённым глазом увидеть на небе следующие галактики: 1) туманность Андромеды (расстояние до неё составляет 770 кпк, линейный радиус галактики 35 кпк, звёздная величина $3,5^m$); 2) туманность Треугольника (расстояние до неё составляет 900 кпк, линейный радиус галактики 9 кпк, звёздная величина 6^m)? Разрешающая способность глаза $2'$, на пределе он видит точечные источники с блеском 6^m . Ответ объясните.

Задача 7.58. Почему галактики, наблюдаемые вблизи Млечного Пути, имеют в среднем более красный цвет, чем галактики, наблюдаемые вдали от него?

Задача 7.59. В галактиках какого типа больше всего шаровых скоплений? рассеянных скоплений?

Задача 7.60. Известно, что орбиты шаровых скоплений имеют большой эксцентриситет и наклонение к плоскости Галактики. Объясните, почему шаровых скоплений больше в гало галактик, чем вблизи ядер галактик.

Задача 7.61. Предположим, что инопланетный наблюдатель смотрит на нашу Галактику из галактики туманность Андромеды (М31), расстояние до которой 0,77 Мпк. Какую форму для этого наблюдателя будет иметь диск нашей Галактики, если галактическая широта галактики М31 равна -22° ? Оцените максимальные и минимальные угловые размеры видимого им диска.

Задача 7.62. Квазары (квазизвёздные радиоисточники) являются одними из самых ярких источников излучения во Вселенной — они излучают энергии в триллионы раз больше, чем Солнце. При этом они могут изменять свой блеск в несколько раз в течение 1—2 сут. Исходя из этих данных, оцените верхний предел размеров квазаров.

Олимпиадный уровень сложности

Задача 7.63. Оцените среднее расстояние между звёздами в диске нашей Галактики. Ответ выразите в парсеках.

Задача 7.64. (ВсОШ-2007, закл.) Известно, что звёздные скопления не вечны и постепенно разрушаются. Рассеянные звёздные скопления живут в среднем 500 млн лет. Темп их образования (выражаемый, например, в числе скоплений, родившихся за миллион лет) был максимален 10 млрд лет назад, когда сформировался диск Галактики, и с тех пор по линейному закону уменьшился до нуля. В окрестности Солнца, радиус которой принят равным 2,5 кпк, в настоящее время известно около 2000 скоплений. Оцените полное число скоплений, образовавшихся в диске Галактики за 10 млрд лет, а также максимальный темп их образования. Для простоты считайте, что в диске Галактики диаметром 25 кпк скопления распределены приблизительно однородно.

Задача 7.65. По кривой вращения галактики, приведённой на рисунке 23, постройте кривую распределения массы вещества внутри галактики для расстояния от центра 1—10 кпк. По оси абсцисс отложите расстояние от центра галактики (в кпк), а по оси ординат — массу, заключён-

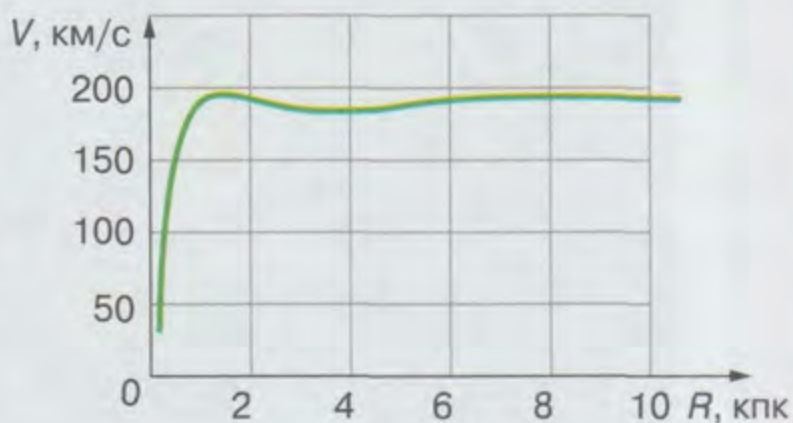


Рис. 23

ную внутри соответствующего радиуса, выраженную в массах Солнца. По полученному графику сделайте вывод о форме зависимости средней плотности вещества от расстояния до центра галактики в предположении сферической симметрии распределения вещества в галактике. Запишите эту зависимость в виде формулы.

Задача 7.66. (ВсОШ-2012, рег.) Астрономы открыли новый объект — расширяющуюся с угловой скоростью $0,2''/\text{сут.}$ туманность вокруг звезды. Объясните это явление и определите расстояние до объекта.

Задача 7.67. Две эллиптические галактики удалены от нас на 10 Мпк, угловое расстояние между ними на небе $10'$. За какое время они совершают оборот друг вокруг друга, если их массы — 50 млрд масс Солнца каждая?

Задача 7.68. Известно, что светимость эллиптических галактик составляет примерно 0,1 светимости Солнца на одну солнечную массу. На каком расстоянии мы можем наблюдать эллиптическую галактику массой 300 млрд масс Солнца в телескоп диаметром 15 см?

Задача 7.69. В настоящее время в нашей Галактике известно порядка 2500 рассеянных звёздных скоплений с членами до 24^m и около 150 шаровых звёздных скоплений. Оцените полное число рассеянных и шаровых скоплений в нашей Галактике. Величина межзвёздного поглощения в окрестностях Солнца составляет $0,002^m$ на парсек.

Раздел VIII

Строение и эволюция Вселенной



Строение и эволюция Вселенной

Базовый уровень сложности

Задача 8.1. Верны ли следующие утверждения? Ответьте «да» или «нет».

- А. Наблюдения цефеид в далёких галактиках необходимы для всех масштабных измерений во Вселенной.
- Б. Все сверхновые имеют известную абсолютную звёздную величину в максимуме блеска.
- В. При наблюдении из далёкой галактики в настоящее время постоянная Хаббла будет такой же.
- Г. Звёзды составляют большую часть массы галактик и скоплений галактик.

Задача 8.2. В результате первичного нуклеосинтеза во Вселенной образовались следующие химические элементы:

- А) только водород
- Б) водород и гелий
- В) водород, гелий и литий
- Г) водород, гелий и железо
- Д) все нерадиоактивные элементы таблицы Менделеева

Задача 8.3. Сопоставьте возможные сценарии эволюции Вселенной и её среднюю плотность в настоящий момент.

- | | |
|---------------------------------|--|
| А) плотность меньше критической | 1) расширение с постоянной скоростью |
| Б) плотность больше критической | 2) ускоренное расширение |
| В) плотность равна критической | 3) расширение со временем сменится сжатием |

Задача 8.4. Какие из перечисленных систем не участвуют в космологическом расширении Вселенной (т. е. не меняют из-за этого своих размеров)?

- А) Солнечная система
- Б) Вселенная
- В) местная группа галактик
- Г) наша Галактика
- Д) скопление галактик в Деве

Задача 8.5. Определите расстояние до некоторой галактики, если длина волны излучения неподвижных атомов водорода составляет 21 см, а излучение межзвёздного газа этой галактики приходит к нам на длине волны 0,23 м. Постоянную Хаббла считайте равной $70 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$.

Задача 8.6. Если диаметр галактики Большое Магелланово Облако, равный примерно 3 кпк, условно принять за 1 см, то отрезком какой длины изобразится расстояние до наиболее далёких из наблюдаемых галактик (около 10 млрд св. лет)?

Задача 8.7. Расстояние до некоторой галактики составляет $6,5 \cdot 10^7$ св. лет. Считая постоянную Хаббла равной $70 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$, определите скорость удаления этой галактики.

Задача 8.8. На каком расстоянии находится галактика, удаляющаяся от нас со скоростью $30\,000 \text{ км}/\text{с}$?

Задача 8.9. На рисунке 24 приведён график зависимости скорости V удаления галактики от расстояния R до неё. Горизонтальные отрезки у точек показывают значения ошибок определения расстояния. Считая зависимость $V(R)$ прямой, определите по графику значение постоянной Хаббла. Выразите ответ в единицах $\text{км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$ и в единицах СИ.

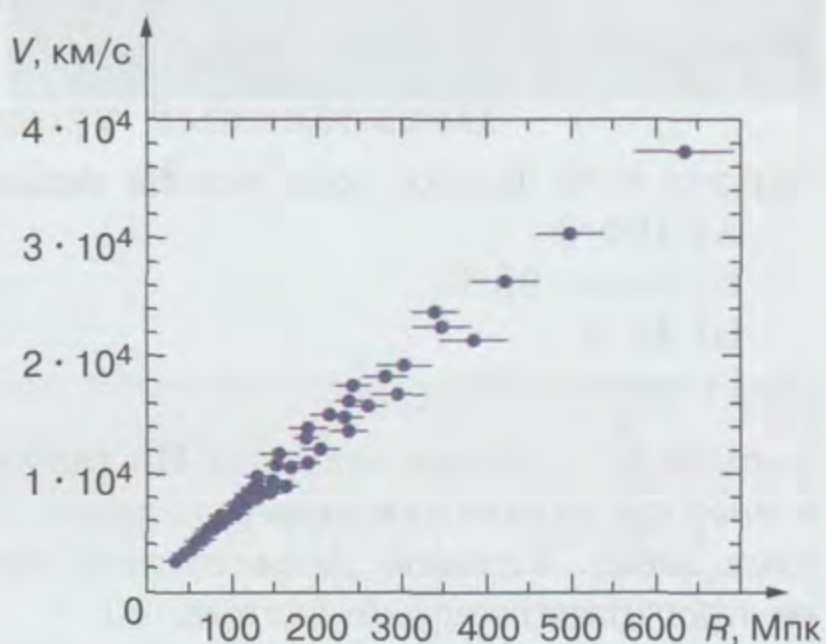


Рис. 24

Задача 8.10. Линейный диаметр галактики, видимой под углом $3'$, равен $30\,000$ св. лет. Определите расстояние до неё. Ответ выразите в пк.

Задача 8.11. Диаметр некоторой галактики примерно в 2 раза меньше линейного диаметра нашей Галактики. Расстояние до неё 150 Мпк . Определите видимый угловой диаметр этой галактики.

Задача 8.12. Длина волны линии излучения водорода $H\alpha$ (лабораторная $\lambda_{H\alpha} = 656,3$ нм) в спектре некоторой галактики из-за красного смещения увеличилась на 28 %. На сколько процентов изменилась длина волны излучения линии водорода $H\beta$ (лабораторная $\lambda_{H\beta} = 486,1$ нм)? А линии кальция Ca (лабораторная $\lambda_{Ca} = 396,8$ нм)?

Задача 8.13. Квазар имеет красное смещение $z = 0,16$. Чему равно расстояние до этого квазара? Постоянную Хаббла считайте равной $70 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$.

Задача 8.14. Определите значение красного смещения для реликтового излучения. Известно, что в настоящее время максимум распределения энергии в его спектре приходится на длину волны $1,1$ мм, а испущено оно было тогда, когда вещество имело температуру 4000 К .

Задача 8.15. Галактика имеет лучевую скорость $10\,000 \text{ км}/\text{с}$ и видимую звёздную величину $+15^m$. Считая, что все звёзды в ней похожи на Солнце, найдите их количество. Межзвёздное поглощение не учитывайте.

Повышенный уровень сложности

Задача 8.16. Какая доля массы галактики приходится на звёзды?

- А) 100 %
- Б) более 98 %
- В) 48 %
- Г) менее 5 %

Задача 8.17. Линия водорода $H\alpha$ (лабораторная длина волны $486,1$ нм) в спектре галактики совместилась с линией $H\beta$ ($656,3$ нм) у ближайших звёзд. Угловой диаметр этой галактики на небе $5''$. Определите её пространственный радиус.

Задача 8.18. Характерная абсолютная звёздная величина яркой цефеиды равна -6^m . Определите максимальное красное смещение галактики, расстояние до которой можно измерить по фотометрии цефеид. Предельная звёздная величина для прибора составляет 24^m .

Олимпиадный уровень сложности

Задача 8.19. Объясните, почему очень далёкие галактики, наблюдающиеся на расстояниях, соответствующих красному смещению $z > 3$, в среднем выглядят ярче галактик таких же типов в окрестностях нашей Галактики.

Задача 8.20. Скопление галактик состоит из 10 000 одинаковых галактик с блеском 18^m каждая. Всё скопление на земном небе имеет угловой диаметр 5° . Спектральные измерения показали, что красное смещение скопления составляет 0,1, а разность лучевых скоростей отдельных галактик и лучевой скорости скопления достигает ± 500 км/с. Считая, что все галактики состоят из звёзд, похожих на Солнце, определите вклад тёмной материи в массу скопления.

Задача 8.21. На рисунке 25 приведён снимок сверхновой II типа, полученный на фотопластинке через фильтр V (сверхновая отмечена стрелкой). На этом снимке цифрами от 1 до 4 обозначены фотометрические стандарты (координаты и блеск звёзд даны в таблице). Определите пространственное расстояние между сверхновой и центром галактики, в которой она вспыхнула. Известно, что абсолютная звёздная величина данной сверхновой равна -16^m .



Рис. 25

№	m_V	α	δ
1	15,0	$10^h 30^m 47,4^s$	$18^\circ 09' 41''$
2	15,5	$10^h 30^m 12,0^s$	$18^\circ 10' 12''$
3	15,7	$10^h 30^m 12,2^s$	$18^\circ 15' 10''$
4	16,5	$10^h 30^m 40,4^s$	$18^\circ 13' 54''$

Задача 8.22. Три спиральные галактики находятся на одинаковом расстоянии от Земли и имеют похожие характеристики. Диск первой из них наблюдается «плашмя», второй — под углом 45° к лучу зрения, третьей — с «ребра». У какой из этих трёх галактик удастся точнее всего определить относительный массовый вклад тёмной материи? Ответ обоснуйте.

Задача 8.23. Галактика NGC5750 находится на расстоянии 25 Мпк от Земли. На рисунке 26 изображён её спектр. На Земле проводится фотометрия галактики с двумя светофильтрами — зелёным (область пропускания от 500 до 520 нм) и красным (от 600 до 630 нм). Определите отношение потоков энергии от этой галактики, зарегистрированных в этих фильтрах. Каким стало бы это соотношение, если бы галактика в настоящее время располагалась в 50 раз дальше от Земли? Оба светофильтра считайте идеальными (т. е. пропускающими весь свет внутри рабочей полосы и полностью блокирующими излучение вне её). Атмосферным и межгалактическим поглощением пренебрегите.

Задача 8.24. Скопление галактик имеет видимый диаметр 1° и состоит из 1000 галактик, похожих на нашу Галактику (примите радиус Галактики равным 20 кпк). Красное смещение скопления $z = 0,1$. Оцените, сколько времени проходит между столкновениями галактик в этом скоплении.

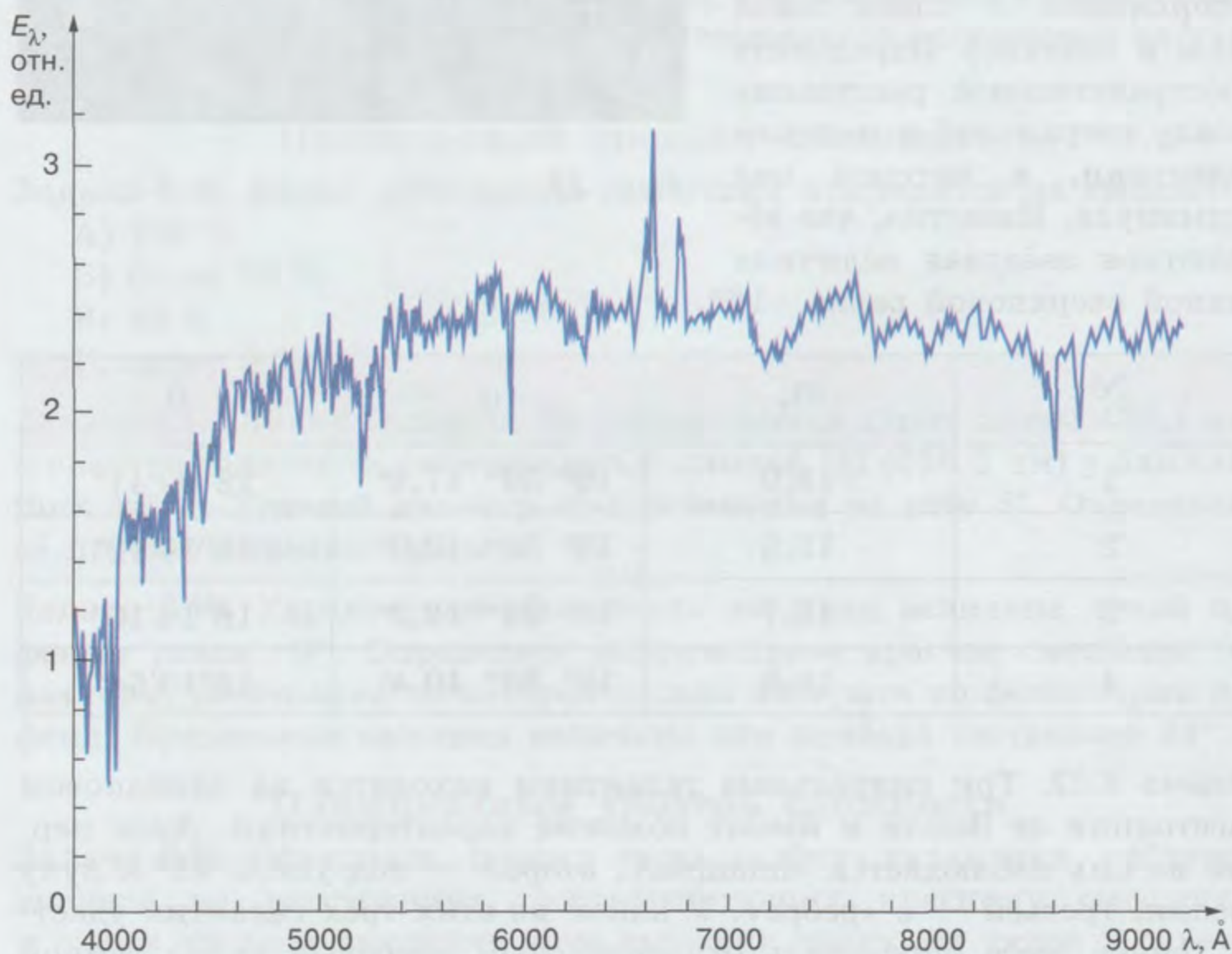


Рис. 26

Приложение



Справочные данные

Основные физические и астрономические постоянные

Гравитационная постоянная $G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$

Скорость света в вакууме $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Постоянная Больцмана $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$

Универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$

Постоянная Стефана—Больцмана $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$

Постоянная Планка $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$

Масса протона $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

Масса электрона $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$

Астрономическая единица $1 \text{ а. е.} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ м}$

Парсек $1 \text{ пк} = 206\,265 \text{ а. е.} = 3,086 \cdot 10^{16} \text{ м}$

Постоянная Хаббла $H = 70 \text{ (км/с)/Мпк}$

Данные о Солнце

Радиус $697\,000 \text{ км}$

Масса $1,989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$

Светимость $3,88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$

Спектральный класс G2

Видимая звёздная величина $-26,78^m$

Абсолютная болометрическая звёздная величина $+4,72^m$

Показатель цвета (B-V) $+0,67^m$

Эффективная температура 5800 К

Средний горизонтальный параллакс $8,794''$

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

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

Данные о Земле

Эксцентриситет орбиты $0,0167$

Тропический год $365,24219 \text{ сут.}$

Средняя орбитальная скорость 29,8 км/с
Период вращения 23 ч 56 мин 04 с
Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000 г. $23^{\circ}26'21,45''$
Экваториальный радиус 6378,14 км
Полярный радиус 6356,77 км
Масса $5,974 \cdot 10^{24}$ кг
Средняя плотность 5,52 г/см³
Объёмный состав атмосферы N₂ (78 %), O₂ (21 %), Ar (≈ 1 %).

Данные о Луне

Среднее расстояние от Земли 384 400 км
Минимальное расстояние от Земли 356 410 км
Максимальное расстояние от Земли 406 700 км
Средний эксцентриситет орбиты 0,055
Наклон плоскости орбиты к эклиптике $5^{\circ}09'$
Сидерический (звёздный) период обращения 27,321662 сут.
Синодический период обращения 29,530589 сут.
Радиус 1738 км
Период прецессии узлов орбиты 18,6 лет
Масса $7,348 \cdot 10^{22}$ кг, или 1/81,3 массы Земли
Средняя плотность 3,34 г/см³
Визуальное геометрическое альbedo 0,12
Видимая звёздная величина в полнолуние $-12,7^m$
Видимая звёздная величина в первой/последней четверти $-10,5^m$

КАРТА-СХЕМА ПОВЕРХНОСТИ ВИДИМОЙ СТОРОНЫ ЛУНЫ

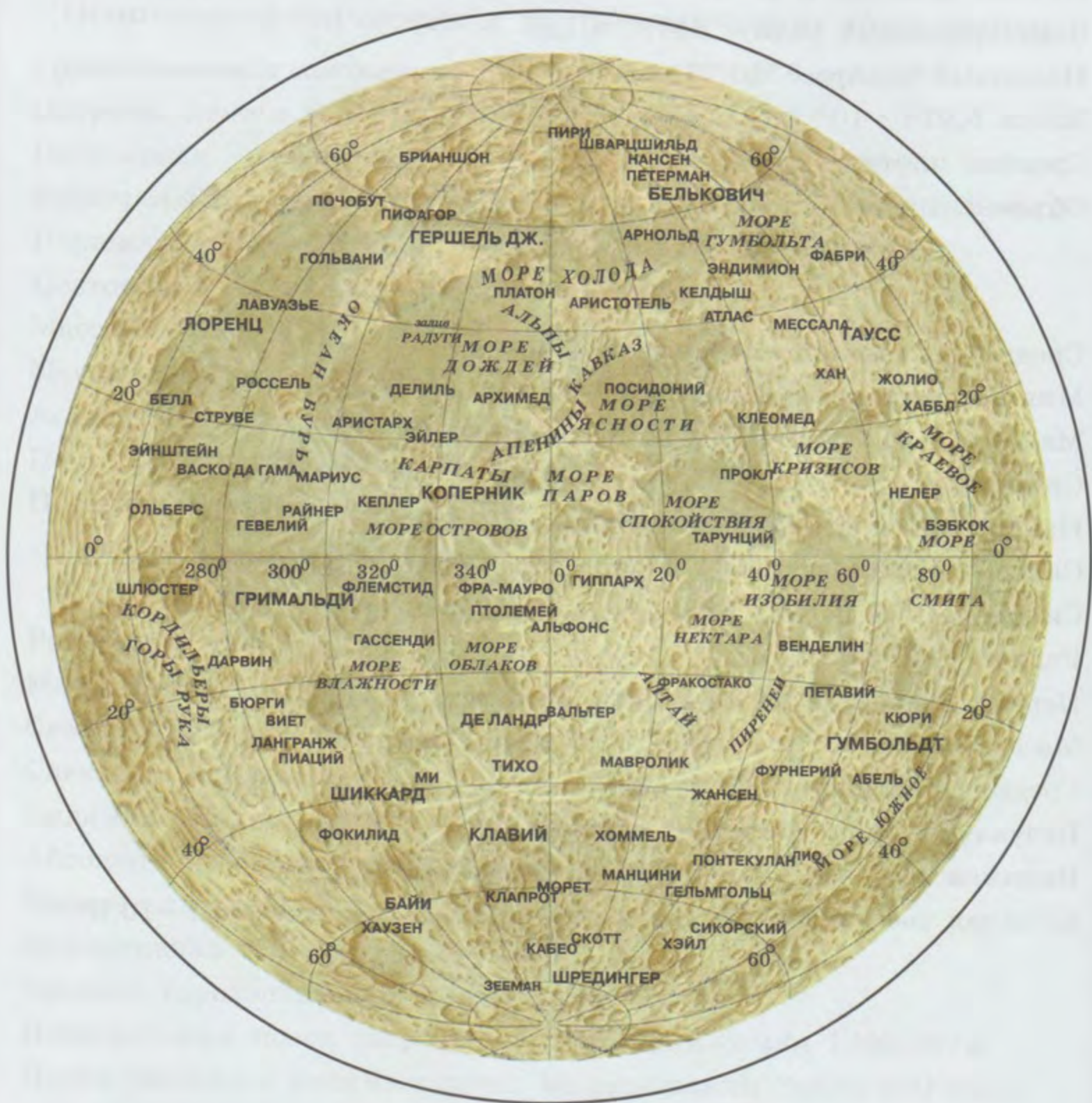


Рис. П-1

КАРТА-СХЕМА ПОВЕРХНОСТИ ОБРАТНОЙ СТОРОНЫ ЛУНЫ



Рис. П-2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРБИТ ПЛАНЕТ

Планета	Большая полуось		Эксцентриситет	Наклон к плоскости эклиптики	Период обращения	Синодический период
	млн км	а. е.				
Меркурий	57,9	0,3871	0,2056	7,004	87,97 сут.	115,9
Венера	108,2	0,7233	0,0068	3,394	224,70 сут.	583,9
Земля	149,6	1,0000	0,0167	0,000	365,26 сут.	—
Марс	227,9	1,5237	0,0934	1,850	686,98 сут.	780,0
Юпитер	778,3	5,2028	0,0483	1,308	11,862 лет	398,9
Сатурн	1429,4	9,5388	0,0560	2,488	29,458 лет	378,1
Уран	2871,0	19,1914	0,0461	0,774	84,01 лет	369,7
Нептун	4504,3	30,0611	0,0097	1,774	164,79 лет	367,5

ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕКОТОРЫХ СПУТНИКОВ ПЛАНЕТ

Спутник	Масса	Радиус	Плотность	Радиус орбиты	Период обращения	Геометрич. альbedo	Видимая звёздная величина*
	кг	км	г/см ³	км	сут.		<i>m</i>
Земля							
Луна	$7,348 \cdot 10^{22}$	1738	3,34	384 400	27,32166	0,12	-12,7
Марс							
Фобос	$1,08 \cdot 10^{16}$	~10	2,0	9380	0,31910	0,06	11,3
Деймос	$1,8 \cdot 10^{15}$	~6	1,7	23 460	1,26244	0,07	12,4

Юпитер

Ио	8,94 · 10 ²²	1815	3,55	421 800	1,769138	0,61	5,0
Европа	4,8 · 10 ²²	1569	3,01	671 100	3,551181	0,64	5,3
Ганимед	1,48 · 10 ²³	2631	1,94	1 070 400	7,154553	0,42	4,6
Каллисто	1,08 · 10 ²³	2400	1,86	1 882 800	16,68902	0,20	5,7

Сатурн

Тефия	7,55 · 10 ²⁰	530	1,21	294 660	1,887802	0,9	10,2
Диона	1,05 · 10 ²¹	560	1,43	377 400	2,736915	0,7	10,4
Рея	2,49 · 10 ²¹	765	1,33	527 040	4,517500	0,7	9,7
Титан	1,35 · 10 ²³	2575	1,88	1 221 850	15,94542	0,21	8,2
Япет	1,88 · 10 ²¹	730	1,21	3 560 800	79,33018	0,2	~11,0

Уран

Миранда	6,33 · 10 ¹⁹	235,8	1,15	129 900	1,413479	0,27	16,3
Ариэль	1,7 · 10 ²¹	578,9	1,56	190 900	2,520379	0,34	14,2
Умбриэль	1,27 · 10 ²¹	584,7	1,52	266 000	4,144177	0,18	14,8
Титания	3,49 · 10 ²¹	788,9	1,70	436 300	8,705872	0,27	13,7
Оберон	3,03 · 10 ²¹	761,4	1,64	583 500	13,46324	0,24	13,9

Нептун

Тритон	2,14 · 10 ²²	1350	2,07	354 800	5,87685**	0,7	13,5
--------	-------------------------	------	------	---------	-----------	-----	------

* — для полнолуния или среднего противостояния внешних планет.

** — обратное направление вращения.

ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЦА И ПЛАНЕТ

Планета	Масса		Радиус		Плотность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Геометр. альбедо	Видимая звездная величина*
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли					
Солнце	$1,989 \cdot 10^{30}$	332 946	697 000	109,3	1,41	25,380 сут.	7,25	—	-26,8
Меркурий	$3,302 \cdot 10^{23}$	0,05271	2439,7	0,3825	5,42	58,646 сут.	0,00	0,10	-0,1
Венера	$4,869 \cdot 10^{24}$	0,81476	6051,8	0,9488	5,20	243,019 сут.**	177,36	0,65	-4,4
Земля	$5,974 \cdot 10^{24}$	1,00000	6378,1	1,0000	5,52	23,934 ч	23,45	0,37	—
Марс	$6,419 \cdot 10^{23}$	0,10745	3397,2	0,5326	3,93	24,623 ч	25,19	0,15	-2,0
Юпитер	$1,899 \cdot 10^{27}$	317,94	71 492	11,209	1,33	9,924 ч	3,13	0,52	-2,7
Сатурн	$5,685 \cdot 10^{26}$	95,181	60 268	9,4494	0,69	10,656 ч	26,73	0,47	0,4
Уран	$8,683 \cdot 10^{25}$	14,535	25 559	4,0073	1,32	17,24 ч**	97,86	0,51	5,7
Нептун	$1,024 \cdot 10^{26}$	17,135	24 746	3,8799	1,64	16,11 ч	28,31	0,41	7,8

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

** — обратное вращение.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О НАИБОЛЕЕ ЯРКИХ ЗВЁЗДАХ, ВИДИМЫХ В РОССИИ

Наименова- ние звезды	Прямое восхождение, α	Склонение, δ	Видимая звёздная величина, m	Спектраль- ный класс	Температу- ра, K	Светимость, в светило- стях Солнца	Масса, в массах Солнца	Радиус, в радиусах Солнца	Расстояние, пк
Альдебаран	04^h36^m	$+16^\circ31'$	0,86	K5 III	4000	365	2	40	20
Альтаир	19^h51^m	$+08^\circ52'$	0,76	A7 V	7800	11	2	2	5,1
Антарес	16^h29^m	$-26^\circ26'$	0,91	M1 I	3700	39 000	12	500	170
Арктур	14^h16^m	$+19^\circ11'$	-0,05	K2 III	4400	200	2	25	11
Беллатрикс	05^h25^m	$+06^\circ21'$	1,64	B2 V	20 000	9100	8	8	78
Бетельгейзе	05^h55^m	$+07^\circ24'$	0,42	M1 I	3700	50 000	15	550	153
Вега	18^h37^m	$+38^\circ47'$	0,03	A0 V	9800	60	2,5	3	7,7
Денеб	20^h41^m	$+45^\circ17'$	1,25	A2 I	9000	60 000	20	100	433
Капелла	05^h17^m	$+46^\circ00'$	0,08	G3 III	5400	150	3	14	13
Кастор	07^h35^m	$+31^\circ53'$	1,58	A1 V	9500	60	2,4	3	16
Поллукс	07^h45^m	$+28^\circ02'$	1,14	K0 III	4800	50	2	10	10
Полярная	02^h32^m	$+89^\circ15'$	2,02	F8 I	6200	2300	6	40	133
Процион	07^h39^m	$+05^\circ13'$	0,37	F5 V	6600	7	1,3	2	3,5
Регул	10^h08^m	$+11^\circ58'$	1,40	B8 IV	11 000	270	4	5	24
Ригель	05^h15^m	$-08^\circ12'$	0,13	B8 I	11 000	90 000	18	85	265
Сириус	06^h45^m	$-16^\circ43'$	-1,46	A1 V	9500	26	2,4	2	2,6
Спика	13^h25^m	$-11^\circ10'$	0,97	B1 V	24 500	30 000	12	10	77

ФОРМУЛЫ ПРИБЛИЖЁННОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ

$$\begin{aligned}\sin x &\approx \operatorname{tg} x \approx x; \\ \sin(\alpha + x) &\approx \sin \alpha + x \cos \alpha; \\ \cos(\alpha + x) &\approx \cos \alpha - x \sin \alpha; \\ \operatorname{tg}(\alpha + x) &\approx \operatorname{tg} \alpha + \frac{x}{\cos^2 \alpha}; \\ (1 + x)^n &\approx 1 + nx;\end{aligned}$$

($x \ll 1$, углы выражаются в радианах).

ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ

Буквы		Название буквы	Буквы		Название буквы
печат- ные	руко- писные		печат- ные	руко- писные	
Α α	Α α	альфа	Ν ν	Ν ν	ню
Β β	Β β	бета	Ξ ξ	Ξ ξ	кси
Γ γ	Γ γ	гамма	Ο ο	Ο ο	о микрон
Δ δ	Δ δ	дельта	Π π	Π π	пи
Ε ε	Ε ε	эпсилон	Ρ ρ	Ρ ρ	ро
Ζ ζ	Ζ ζ	дзета	Σ σ	Σ σ	сигма
Η η	Η η	эта	Τ τ	Τ τ	тау
Θ θ	Θ θ	тета	Υ υ	Υ υ	ипсилон
Ι ι	Ι ι	йота	Φ φ	Φ φ	фи
Κ κ	Κ κ	каппа	Χ χ	Χ χ	хи
Λ λ	Λ λ	лямбда	Ψ ψ	Ψ ψ	пси
Μ μ	Μ μ	мю	Ω ω	Ω ω	омега

ШКОЛЬНЫЙ АСТРОНОМИЧЕСКИЙ КАЛЕНДАРЬ (ШАК)

Такой календарь выпускается на каждый учебный год. В нём вы найдёте сведения о различных астрономических явлениях, которые можно наблюдать в интересующее вас время. Приобретите ШАК и познакомьтесь с его содержанием. Особое внимание уделите информации, содержащейся в первом разделе «Календаря наблюдателя», где сообщается о различных предстоящих астрономических явлениях в данном учебном году. Например, узнав, что сегодня вечером видна планета Марс, вы можете уточнить, в каком созвездии нужно искать эту планету. А подвижная карта звёздного неба поможет вам отыскать это созвездие на небе и определить условия его видимости. ШАК содержит и другие разделы, которые наверняка заинтересуют многих из вас.

ПОДВИЖНАЯ КАРТА ЗВЁЗДНОГО НЕБА (ПКЗН)

Эта карта (она есть и в «Школьном астрономическом календаре») поможет вам изучить звёздное небо. Подвижная карта состоит из двух частей: накладного круга (рис. П-3) и карты звёздного неба (рис. П-4). Постарайтесь сделать для себя их увеличенную копию. Карту и накладной круг, воспользовавшись увеличенной копией либо вырезав их из «Школьного астрономического календаря», наклейте на картон. Вырез в накладном круге сделайте в соответствии с географической широтой места наблюдения. Например, для Москвы (её широта $55^{\circ}45'$) вырез можно сделать по линии с отметками 55° . Если отмеченный на накладном круге час наблюдения расположить против даты, указанной на звёздной карте, то в вырезе круга окажутся созвездия, которые в данное время видны на небе. Края выреза накладного круга отмечают горизонт (на нём обозначены точки севера, юга, востока и запада). Центр выреза соответствует точке над головой наблюдателя — зениту.

НАКЛАДНОЙ КРУГ К КАРТЕ ЗВЁЗДНОГО НЕБА

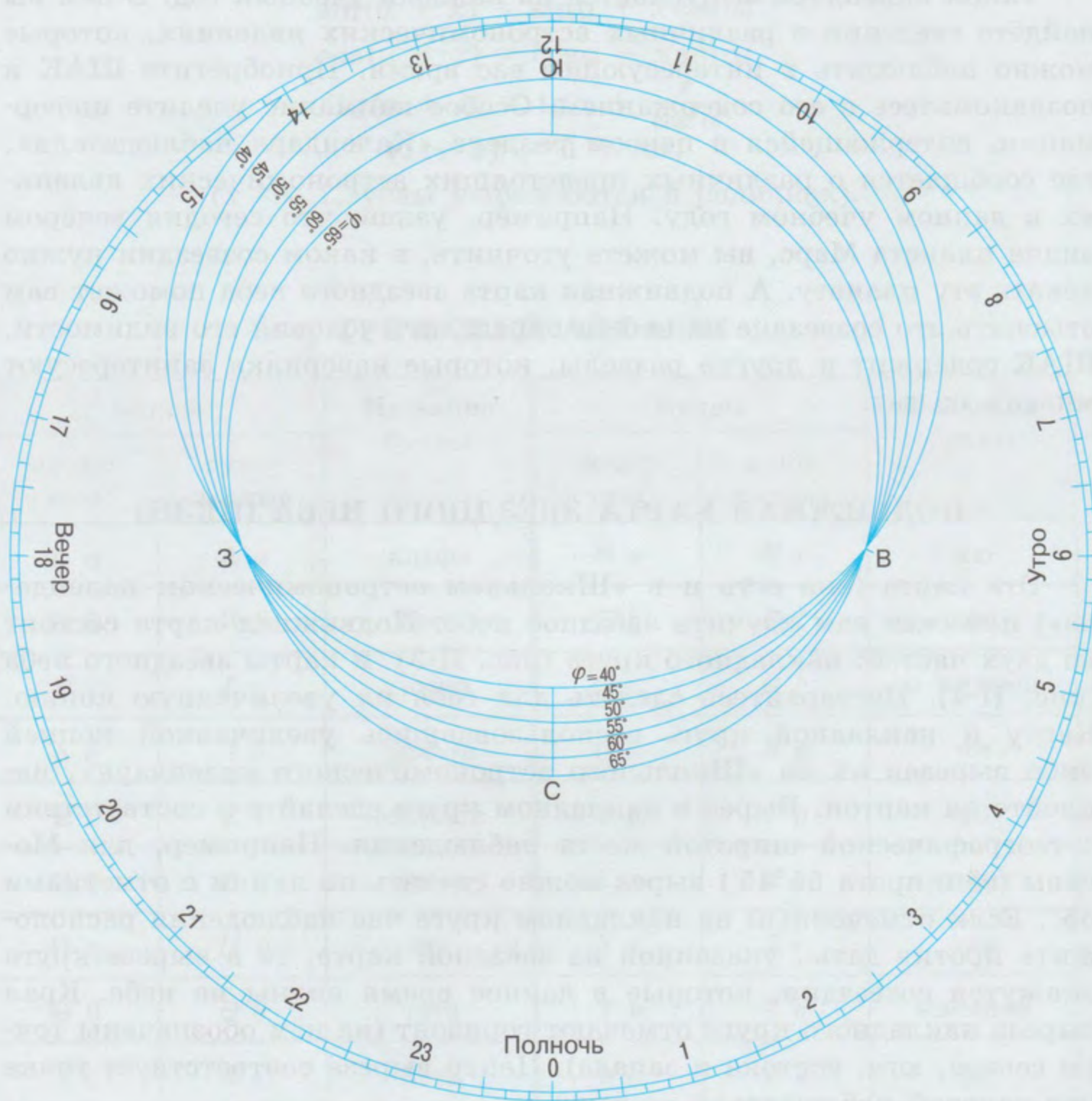


Рис. П-3

КАРТА ЗВЁЗДНОГО НЕБА

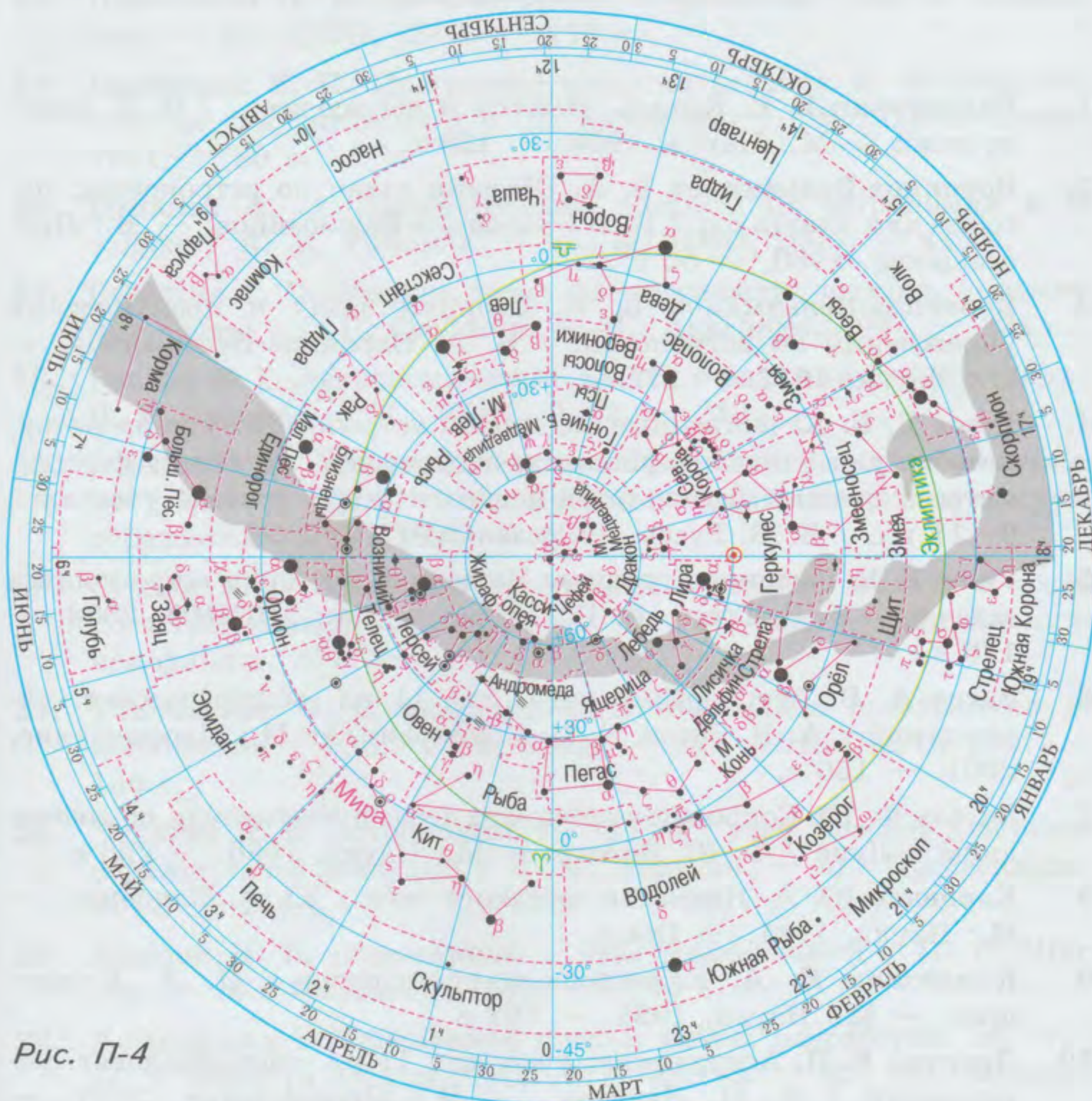


Рис. П-4

Список литературы

1. Белонучкин В. Е. Кеплер, Ньютон и все-все-все... / В. Е. Белонучкин. — М.: Наука, 1990. — 128 с.
2. Воронцов-Вельяминов Б. А. Сборник задач по астрономии: пособие для учащихся / Б. А. Воронцов-Вельяминов. — М.: Просвещение, 1980. — 56 с.
3. Воронцов-Вельяминов Б. А. Сборник задач и практических упражнений по астрономии / Б. А. Воронцов-Вельяминов. — М.: Наука, 1977. — 272 с.
4. Гусев Е. Б. Качественные задачи по астрономии: учебно-метод. пособие для учителей физики и астрономии, студентов физико-математических факультетов педагогических вузов и учащихся 9—11 кл. / Е. Б. Гусев. — Рязань: РГПУ, 1996.
5. Гусев Е. Б. Расширяя границы Вселенной. История астрономии в задачах / Е. Б. Гусев, В. Г. Сурдин. — М.: МЦНМО, 2003. — 176 с.
6. Засов А. В. Астрономия: учеб. для 11 кл. общеобразоват. учреждений / А. В. Засов, Э. В. Кононович. — М.: Просвещение, 2001. — 160 с.
7. Зигель Ф. Ю. Сокровища звёздного неба: путеводитель по созвездиям и Луне / Ф. Ю. Зигель. — М.: Наука, 1986. — 296 с.
8. Карпенко Ю. А. Названия звёздного неба / Ю. А. Карпенко. — М.: Наука, 1981. — 184 с.
9. Климишин И. А. Календарь и хронология / И. А. Климишин. — М.: Наука, 1981. — 192 с.
10. Левитан Е. П. Астрономия: учеб. для 11 кл. общеобразоват. учреждений / Е. П. Левитан. — М.: Просвещение, 2007. — 207 с.
11. Малахова Г. И. Дидактический материал по астрономии: пособие для учителя / Г. И. Малахова, Е. К. Страут. — М.: Просвещение, 1989. — 96 с.
12. Михайлов А. А. Земля и её вращение / А. А. Михайлов. — М.: Наука, 1984. — 80 с.

13. Орлов В. Ф. 300 вопросов по астрономии / В. Ф. Орлов. — М.: Просвещение, 1967. — 100 с.
14. Перельман Я. И. Занимательная астрономия / Я. И. Перельман. — М.: ГТТИ, 1954. — 212 с.
15. Разбитная Е. П. Программированные задания по астрономии: пособие для учителей / Е. П. Разбитная. — М.: Просвещение, 1981. — 80 с.
16. Романов А. М. Занимательные вопросы по астрономии и не только / А. М. Романов. — М.: МЦНМО, 2005. — 415 с.
17. Субботин Г. П. Сборник задач по астрономии: задания, упражнения, тесты / Г. П. Субботин. — М.: Аквариум, 1997. — 224 с.
18. Сурдин В. Г. Астрономические задачи с решениями (задачник) / В. Г. Сурдин. — М.: УРСС, 2002. — 240 с.
19. Сурдин В. Г. Астрономические олимпиады. Задачи с решениями / В. Г. Сурдин. — М.: Учебно-научный центр довузовского образования МГУ, 1995. — 320 с.
20. Сурдин В. Г. Вселенная в вопросах и ответах. Задачи и тесты по астрономии и космонавтике / В. Г. Сурдин. — М.: Альпина нон-фикшн, 2017. — 242 с.
21. Угольников О. С. Всероссийская олимпиада школьников по астрономии / О. С. Угольников. — М.: АПК и ППРО, 2007. — 136 с.
22. Чаругин В. М. Астрономия. 10—11 кл.: учеб. пособие для общеобразоват. организаций / В. М. Чаругин. — М.: Просвещение, 2017. — 144 с.
23. Щеглов П. В. Отражённые в небе мифы Земли / П. В. Щеглов. — М.: Физматлит, 1996. — 144 с.
24. Астрономия в современной школе: метод. разработки: сб. ст. / А. В. Засов [и др.]; под ред. А. В. Засова. — М.: Просвещение: УчЛит, 2017. — 240 с.
25. Всероссийская олимпиада школьников по астрономии: сб. ст. / А. В. Засов [и др.]; под ред. А. В. Засова [и др.]. — М.: АПК и ППРО, 2005. — 200 с.
26. Задания олимпиад школьников Московской области по астрономии / под ред. А. М. Татарникова. — М.: МГОУ, 2006. — 48 с.

27. Задачи Московской Астрономической олимпиады 1997—2002 / под ред. О. С. Угольников и В. В. Чичмаря. — М.: МИОО, 2002. — 64 с.
28. Задачи Московской Астрономической олимпиады 2003—2005 / под ред. О. С. Угольников и В. В. Чичмаря. — М.: МИОО, 2005. — 110 с.
29. Галактики: сб. / под ред. В. Г. Сурдина. — М.: Физматлит, 2017. — 448 с.
30. Звёзды: сб. / под ред. В. Г. Сурдина. — М.: Физматлит, 2013. — 428 с.
31. Небо и телескоп: сб. / под ред. В. Г. Сурдина. — М.: Физматлит, 2017. — 452 с.
32. Солнечная система: сб. / под ред. В. Г. Сурдина. — М.: Физматлит, 2017. — 474 с.

Основные темы программы олимпиады школьников по астрономии

(Полная версия программы находится на сайте www.astroolymp.ru)

Школьный и муниципальный этапы Всероссийской олимпиады школьников по астрономии в 10—11 классах

1. Основные объекты звёздного неба и видимое движение Солнца по небу.

Созвездия и наиболее яркие звёзды неба. Условия их видимости в разные сезоны года. Ориентирование на местности по Полярной звезде. Астеризмы. Видимые отличия планет от звёзд. Эклиптика, зодиакальные созвездия. Положение Солнца в созвездиях в зависимости от времени года.

2. Земля как планета.

Фигура Земли. Экваториальный и полярный радиусы. Географические координаты.

3. Солнечная система.

Структура и состав Солнечной системы. Астрономическая единица. Планеты Солнечной системы: радиусы орбит, физические характеристики (размеры, форма, масса, плотность, период вращения). Обращение Земли вокруг Солнца как причина смены времён года. Крупнейшие спутники планет. Системы мира Птолемея и Коперника. Определение расстояний до тел Солнечной системы (методы радиолокации и суточного параллакса). Угловые размеры планет. Связь угловых и линейных размеров космических объектов. Видимое движение планет, их конфигурации. Сидерический, синодический периоды планет, связь между ними.

4. Основы летоисчисления.

Календарный год. Високосные и невисокосные годы. Юлианский и григорианский календари.

5. Вращение Земли. Шкалы времени в астрономии.

Полюс и экватор. Смена дня и ночи. Изменение вида звёздного неба в течение суток. Осевое вращение Земли и солнечные сутки. Местное

и поясное время. Связь с географической долготой. Декретное время, часовые пояса и часовые зоны. Истинное и среднее солнечное время, причины их различия. Уравнение времени, его характерная величина в разные периоды года. Аналемма. Звёздное время, звёздные сутки. Изменение условий видимости звёзд в течение года. Зимние, весенние, летние и осенние созвездия. Подвижная карта звёздного неба. Тропический год и звёздный год, прецессия оси Земли. Нутация (качественно). Принципы построения календарей. Солнечный, лунный и лунно-солнечный календари. Юлианские даты.

6. Оптические явления в атмосфере Земли.

Радуга, солнечные и лунные гало, ложное Солнце (паргелий) и ложная Луна (парселений), световые столбы. Серебристые облака. Полярные сияния.

7. Малые тела Солнечной системы.

Определения планеты и карликовой планеты. Свойства и основные характеристики карликовых планет, астероидов и комет, условия их наблюдений. Главный пояс астероидов, пояс Койпера и облако Оорта. Происхождение и эволюция комет. Метеоры и метеорные потоки на Земле. Радиант метеорного потока. Метеориты.

8. Электромагнитное излучение и система расстояний в астрономии. Скорость света. Световой год. Характерные расстояния до объектов Вселенной в световых годах. Шкала и диапазоны электромагнитных волн. Парсек и метод годичного параллакса измерения расстояний до звёзд. Соотношение между парсеком и световым годом. Пространственно-временные масштабы Вселенной.

9. Шкала звёздных величин.

Светимость. Освещённость. Яркость. Звёздная величина, её связь с освещённостью и расстоянием до объекта. Формула Погсона. Изменение видимой яркости планет и комет при их движении по орбите. Альбедо планет.

10. Телескопы, проникающая способность. Приёмники излучения. Глаз как оптический прибор. Устройство простейших оптических приборов для астрономических наблюдений. Линзовые, зеркальные и зеркально-линзовые телескопы. Оптические схемы телескопов. Параметры оптических систем и изображений: фокусное расстояние, относительное отверстие, угловое увеличение, масштаб изображения, предельное угловое разрешение, размеры дифракционного изображения. Ограничения со стороны земной атмосферы на разрешающую

способность. Проницающая способность телескопа, поверхностная яркость протяжённых объектов при наблюдении в телескоп.

11. Небесная сфера.

Понятие небесной сферы. Основные точки и линии на небесной сфере (горизонт, небесный меридиан, зенит, полюс мира, стороны света). Понятие высоты объекта над горизонтом. Связь высоты полюса мира над горизонтом с широтой наблюдателя. Суточные пути светил на небесной сфере на разных широтах. Восход, заход, кульминация. Годичное движение Солнца по небу. Равноденствия и солнцестояния. Полярный день и полярная ночь. Тропик и полярный круг. Большие и малые круги на небесной сфере. Угловые расстояния между объектами на небесной сфере. Координаты на поверхности сферы аналогично широте и долготе на Земле. Горизонтальная и экваториальная системы координат. Высота, азимут, часовой угол, прямое восхождение и склонение точек небесной сферы. Высоты светил в верхней и нижней кульминации. Рефракция (основные свойства). Незаходящие и невосходящие светила.

12. Основы небесной механики.

Законы Кеплера в простой формулировке для круговых орбит. Первая космическая скорость. Закон всемирного тяготения. Обобщённые законы Кеплера. Движение по эллипсу и параболе. Эллипс, его основные точки, большая и малая полуоси, эксцентриситет. Парабола как предельный случай эллипса. Вторая космическая скорость. Определение масс небесных тел на основе закона всемирного тяготения. Перелёты между планетами. Расчёты времени межпланетных перелётов по эллипсам Гомана.

13. Основные сведения о Луне. Система Земля—Луна.

Движение Луны вокруг Земли, фазы Луны. Солнечные и лунные затмения. Синодический и сидерический периоды Луны. Эксцентриситет орбиты Луны, точки перигея и апогея.

14. Звёзды и Солнце: общие понятия.

Основные характеристики звёзд: температура, радиус, масса и светимость. Закон излучения абсолютно чёрного тела (закон Стефана—Больцмана). Понятие эффективной температуры.

15. Солнце.

Основные характеристики Солнца, его вращение, химический состав. Солнечные пятна, циклы солнечной активности. Активные образования в атмосфере Солнца. Солнечная постоянная. Числа Вольфа. Состав атмосферы Солнца. Магнитные поля на Солнце. Гелиосфера. Магнитосфера. Солнечный ветер.

16. Движение звёзд в пространстве.

Тангенциальная скорость и собственное движение звёзд. Пространственное движение Солнца и звёзд, апекс.

17. Двойные и переменные звёзды.

Затменные переменные звёзды. Определение масс и размеров звёзд в двойных системах.

18. Галактики.

Морфологические типы галактик. Классификация Хаббла. Фотометрические и спектральные свойства галактик разных типов. Типы населения звёзд в галактиках. Функция светимости звёзд. Начальная функция масс.

19. Неоптическая астрономия.

Космические лучи (состав, энергия, происхождение). Нейтрино. Гравитационные волны, механизмы излучения.

20. Влияние земной атмосферы на наблюдаемые характеристики звёзд.

21. Классификация звёзд с учётом их спектральных характеристик. Спектральная классификация звёзд. Диаграммы «цвет—светимость», «спектр—светимость» (Герцшпрунга—Рассела) для разных групп звёзд, рассеянных и шаровых звёздных скоплений. Звёзды главной последовательности, гиганты, сверхгиганты.

22. Эволюция звёзд.

Эволюция звёзд различной массы и их перемещение по диаграмме Герцшпрунга—Рассела. Эволюция звёздных скоплений.

23. Межзвёздная среда.

Представление о распределении газа и пыли в пространстве. Плотность, температура и химический состав межзвёздной среды. Горячий газ и холодные молекулярные облака. Газовые и диффузные туманности.

24. Космология.

Закон Хаббла, космологическое красное смещение. Реликтовое излучение, его спектр и флуктуации яркости.

Общие сведения из математики

Единицы измерения углов (часовые и градусные), их части. Длина окружности. Линейные уравнения. Решение систем линейных уравнений. Число значащих цифр. Пользование инженерным калькулятором. Квадратные уравнения. Экспонента, натуральные и десятичные логарифмы, вещественные степени. Формулы приближённых вычислений.

Ответы



Ответы

Раздел 1

1.1. 1—Б; 2—Д; 3—А; 4—В; 5—Г.

1.2. Г.

1.3. 1) Астрономические наблюдения в большинстве случаев пассивны по отношению к изучаемым объектам; 2) многие космические явления протекают столь медленно, что их наблюдения требовали бы громадных сроков; 3) мы наблюдаем положение небесных тел и их движение с Земли, которая сама находится в движении — вращается вокруг своей оси и обращается вокруг Солнца; 4) невозможно проводить повторные эксперименты (каждое наблюдение уникально); 5) свет от далёких объектов идёт так долго, что мы наблюдаем объекты такими, какими они были в далёком прошлом. (Порядок перечисления особенностей может быть произвольным.)

1.4. А—4; Б—3; В—2; Г—6; Д—1; Е—5; Ж—7.

1.5. В.

1.6. Первичной единицей является парсек. Расстояния из наблюдений определяются в парсеках. Световой год — производная единица.

1.7. 88.

1.8. Нет.

1.9. А—6; Б—5; В—3; Г—2; Д—1; Е—4.

1.10. Дева, Змееносец, Орёл, Орион, Рыбы.

1.11. Возничий, Кассиопея, Лебедь, Лира, Малая Медведица.

1.12. Орёл, Лебедь, Рак, Гидра, Орион, Лира, Кассиопея, Кит, Лев, Большой Пёс.

1.13. Киль, Скорпион, Центавр.

1.14. Полярная звезда — Малая Медведица, Вега — Лира, Арктур — Волопас, Капелла — Возничий, Сириус — Большой Пёс, Бетельгейзе — Орион.

1.15. Сириус (α Большого Пса); Вега (α Лир).

1.16. Волопас, квазар.

1.17. Галактика; остальные объекты — тела Солнечной системы.

- 1.18. Церера, Уран, Нептун, Плутон.
- 1.19. 1) Солнце; 2) Солнце.
- 1.20. Солнце, Луна, Венера.
- 1.21. Вега (Лиры), Денеб (Лебедь), Альтаир (Орёл).
- 1.22. Три самые яркие звезды летнего ночного неба: Вега (α Лиры), Денеб (α Лебеда) и Альтаир (α Орла) — образуют вершины треугольника — господствующей конфигурации ярких звёзд этого сезона года. Такие выделенные группы звёзд с отдельным именем называют астеризмом.
- 1.23. Дева — Весы.
- 1.24. В.
- 1.25. Нет; 13.
- 1.26. Уран, Церера, Нептун, Плутон, Эрида.
- 1.27. Суммарный рост всех людей на Земле.
- 1.28. Примерно 8 лет 7 месяцев и 10 дней.
- 1.29. 2500 лет.
- 1.30. $\approx 105\,000$ лет.
- 1.31. $\approx 50\,000$ лет.
- 1.32. ≈ 756 км.
- 1.33. А; это созвездие является незаходящим для средних широт Северного полушария, поэтому его можно наблюдать каждую ночь.
- 1.34. Горы на Луне, фазы Венеры, спутники Юпитера, пятна на Солнце, звёздный состав полосы Млечного Пути.
- 1.35. Змея (западная часть созвездия называется Головой Змеи, восточная — Хвостом; созвездие Змеи разделено созвездием Змееносца, который по легенде держит Змею рукой).
- 1.36. Г—Б—А—В.
- 1.37. 1—Г—2; 2—Е—3; 3—В—4; 4—Д—1; 5—А—6; 6—Б—5.
- 1.38. С помощью нейтринного и гравитационно-волнового телескопов.
- 1.39. Алиот — Дубхе, Альбирео — Денеб, Кастор — Поллукс.
- 1.40. Бетельгейзе, Беллатрикс, Ригель.
- 1.41. Орион, Ящерица, Телец, Микроскоп.
- 1.42. Орион, Рысь, Близнецы, Телескоп, Малый Лев.

- 1.43. Киль, Корма, Компас и Паруса.
- 1.44. Орион, Большой Пёс и Плеяды.
- 1.45. Альдебаран, Сириус, Регул.
- 1.46. Примерно 2 ч.
- 1.47. Например, по форме тени, отбрасываемой Землёй во время лунных затмений; по тому, как постепенно, по мере приближения, появляется далёкий предмет на равнине или на море; по тому, как меняется вид звёздного неба при движении от земного экватора к полюсам.
- 1.48. Бóльшая часть опытов, позволяющих это понять, связана с появлением силы Кориолиса: колебания маятника Фуко, отклонение снарядов при стрельбе из пушки, отклонение падающих тел от вертикали. Другая часть связана с эффектами центробежной силы: сплюснутость Земли и изменение значения ускорения свободного падения с изменением широты.
- 1.49. Есть несколько причин: 1) острота зрения разная у разных людей; 2) условия, в которых проводятся наблюдения, каждый раз разные; 3) существуют переменные звёзды, которые меняют свой блеск, становясь периодически недоступными наблюдениям глазом.
- 1.50. Кассиопея видна (в зените); Большая Медведица видна (в северной части неба); Орёл и Водолей не видны.
- 1.51. Около 100 м.
- 1.52. 1—Е—10; 2—З—7; 3—Г—8; 4—В—5; 5—Л—4; 6—А—6; 7—Ж—2; 8—Б—3; 9—К—9; 10—И—1; 11—Д—11.
- 1.53. Весы, Компас, Микроскоп, Насос, Наугольник, Октант, Резец, Секстант, Телескоп, Треугольник, Часы, Циркуль, Печь.
- 1.54. Вега, Бетельгейзе, Полярная, Сириус.
- 1.55. Альдебаран — Телец, Ахернар — Эридан, Арктур — Волопас, Алголь — Персей, Спика — Дева, Канопус — Киль, Процион — Малый Пёс, Регул — Лев.
- 1.56. Созвездия — Персей, Цефей, Кассиопея, Андромеда, Пегас, Кит. Звезда — Алголь.
- 1.57. 1) Лебедь; 2) Орион; 3) Геркулес; 4) Большая Медведица; 5) Кассиопея; 6) Лев; 7) Лира; 8) Цефей; 9) Орёл.
- 1.58. Волон всего семь, а вместе они формируют астеризм «Большой ковш» в составе созвездия Большой Медведицы.

1.59. См. рисунок А-1. Звёзды и объекты: Бетельгейзе (α Ориона), Ригель (β Ориона), М42 (туманность Ориона); зимой.

1.60. См. рисунок А-2. Созвездия: Лебедь, Дракон, Геркулес, Лисичка; звёзды и объекты: Вега (α Лиры), ϵ Лиры, туманность Кольцо (М57).

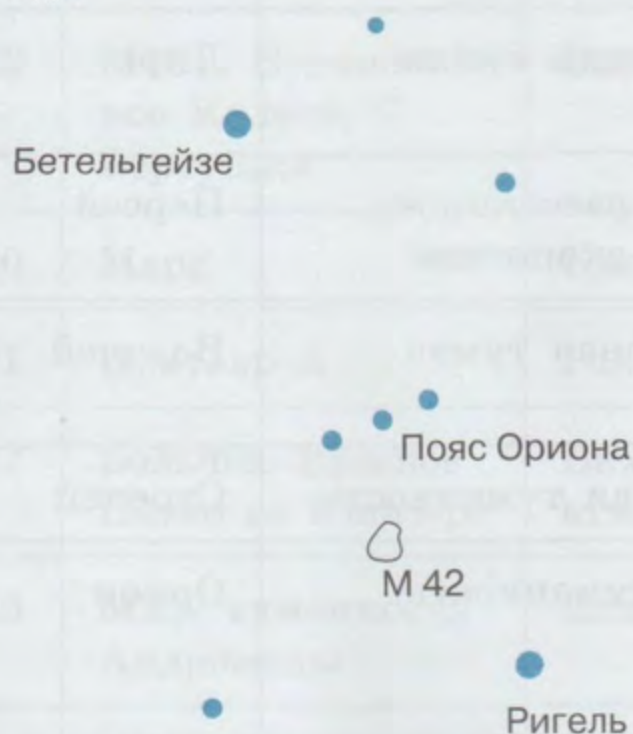


Рис. А-1

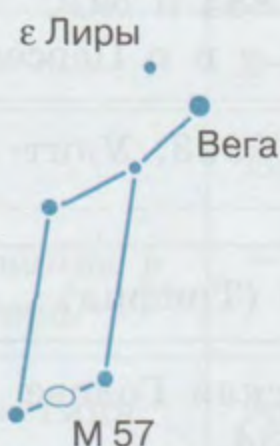


Рис. А-2

1.61.

№	Объект	Тип	Созвездие
1	М17, Омега	Диффузная туманность	Скорпион/ Змея
2	Вуаль, Петля, Рыбачья Сеть	Остаток сверхновой	Лебедь
3	NGC2024, Пламя	Диффузная туманность	Орион
4	М45, Плеяды	Рассеянное звёздное скопление	Телец
5	М104, Сомбреро	Галактика	Дева

№	Объект	Тип	Созвездие
6	M13	Шаровое звёздное скопление	Геркулес
7	M57, Кольцо	Планетарная туманность	Лира
8	NGC884 и NGC 869, χ и η Персея	Двойное рассеянное звёздное скопление	Персей
9	NGC7293, Улитка	Планетарная туманность	Водолей
10	M20 (Трифид)	Диффузная туманность	Стрелец
11	Конская Голова (IC434, Barnard 33)	Тёмная туманность	Орион
12	Уран (с кольцами)	Планета	—
13	M42, Большая туманность Ориона	Диффузная туманность	Орион
14	M81 и M82, Боде и Сигара	Галактики	Большая Медведица
15	Розетка	Диффузная туманность, рассеянное звёздное скопление	Единорог
16	NGC7000, Северная Америка и Пеликан	Диффузные туманности	Лебедь
17	NGC6543, Кошачий Глаз	Планетарная туманность	Дракон

№	Объект	Тип	Созвездие
18	М51, Водоворот	Спиральная галактика	Гончие Псы
19	М101, Булавочное Колесо, Вертушка	Спиральная галактика	Большая Медведица
20	Марс	Планета	—
21	Центавр-А	Галактика	Центавр
22	Большое Красное Пятно на Юпитере	Вихревое образование в атмосфере Юпитера	—
23	М31, туманность Андромеды	Спиральная галактика	Андромеда
24	М16, Орёл	Диффузная туманность, рассеянное звёздное скопление	Змея
25	М33, туманность Треугольника	Спиральная галактика	Треугольник
26	М1, Крабовидная туманность	Остаток сверхновой	Телец
27	Комета	Комета	—
28	NGC1365	Галактика с баром (перемычкой)	Печь
29	М27, Гантель	Планетарная туманность	Лисичка
30	Песочные Часы	Планетарная туманность	Муха

1.62. 1) Метеор; 2) метеорный дождь; 3) покрытие Марса Луной; 4) заход Солнца; 5) покрытие звезды Луной; 6) заход Луны; 7) кольцеобразное солнечное затмение; 8) лунное затмение; 9) открытие звезды Луной; 10) полное солнечное затмение; 11) прохождение планеты (Венеры) по диску Солнца; 12) пепельный свет Луны.

Раздел 2

Небесная сфера

2.1. В точках севера и юга.

2.2. Всегда в точках востока и запада.

2.3. На экваторе.

2.4. А.

2.5. В восточной.

2.6. $126,3167^\circ$, или $126^\circ 19'$.

2.7. $4^h 33^m 37^s$.

2.8. 30° или 180° .

2.9. Денеб.

2.10. Только на широтах 45° и -45° ; склонение $\delta = +45^\circ$ и $\delta = -45^\circ$ соответственно.

2.11. Незаходящая — на широтах от 81° до 90° ; невосходящая на широтах от -81° до -90° .

2.12. От $-25^\circ 16'$ до $25^\circ 16'$ для Анадыря; от $-46^\circ 53'$ до $46^\circ 53'$ для Владивостока.

2.13. От -29° до $+61^\circ$.

2.14. $69^\circ 34'$.

2.15. Верхняя кульминация произойдёт на высоте 50° на юге; нижняя кульминация — под горизонтом, на высоте -10° на севере.

2.16. Да; нет; нет.

2.17. В.

2.18. Возрастает от $\delta = -23,5^\circ$ (21—22 декабря) до $\delta = +23,5^\circ$ (20—21 июня), а затем убывает в обратном порядке.

2.19. В.

2.20. В южном.

2.21. Б.

2.22. В Ростове-на-Дону.

2.23. 1—Б; 2—А; 3—Д; 4—В; 5—Г.

2.24. Малая Медведица, Кассиопея, Цефей, Дракон, Жираф, Ящерица.

2.25. Лев, Волосы Вероники, Волопас.

2.26. Вега $\alpha = 18^{\text{h}}37^{\text{m}}$, $\delta = +38^{\circ}47'$, Антарес $16^{\text{h}}29^{\text{m}}$, $\delta = -26^{\circ}26'$. Точность определения координат зависит от используемой карты и эпохи, для которой заданы её координаты, и может достигать нескольких минут.

2.27. $T_{\text{восх.}} = 19 \text{ ч } 30 \text{ м}$; $T_{\text{зах.}} = 8 \text{ ч } 30 \text{ м}$.

2.28. Г — если наблюдения проводятся в Северном полушарии Земли; Б — если в Южном. Движение вверх сразу после кульминации возможно в том случае, если кульминация была нижней.

2.29. $\approx 110 \text{ км}$.

2.30. В созвездии Дракона — там находится полюс эклиптики, т. е. точка пересечения прямой, перпендикулярной орбите Земли, с небесной сферой. При выполнении условия задачи с этой прямой будет совпадать ось вращения Земли.

2.31. 122° .

2.32. $\alpha = 14^{\text{h}}15^{\text{m}}$, $\delta = -20^{\circ}$.

2.33. $+60^{\circ}$.

2.34. $h = 88^{\circ}$ (в Москве — к северу от зенита), $\delta = +58^{\circ}$.

2.35. $2z$.

2.36. 35° , если верхняя кульминация была к северу от зенита, или -15° , если к югу от зенита.

2.37. $72^{\circ}36'$.

2.38. Ни в какой. Мурманск находится за полярным кругом. В день зимнего солнцестояния в этом городе продолжается полярная ночь, а в день летнего солнцестояния — полярный день. Соответственно, в эти дни Солнце не восходит и не заходит.

2.39. Солнце заходит точно на западе только в дни равноденствий. Летом восходы и заходы происходят ближе к северу (в приполярных широтах бывает полярный день, когда Солнце вообще не заходит), а зимой — ближе к югу. Поэтому смотреть на заход летом надо из северного окна.

2.40. 40° .

2.41. $\alpha = 19^{\text{h}}$, $\delta = 0^{\circ}$.

- 2.42. 18° (часовой угол точки востока всегда равен 18°).
- 2.43. Примерно $11'$ над горизонтом.
- 2.44. $\varphi = 40^\circ, \delta = 60^\circ$; $\varphi = 60^\circ, \delta = 40^\circ$; $\varphi = -40^\circ, \delta = -60^\circ$; $\varphi = -60^\circ, \delta = -40^\circ$.
- 2.45. 0, если они обе кульминировали по одну сторону зенита, или $2z$ — если по разные.
- 2.46. $\arccos(\cos^2(10^\circ)) \approx 14^\circ$.
- 2.47. Кульминация Веги с максимальной высотой 90° происходит на широте 38° с. ш. Самая низкая высота верхней кульминации Веги бесконечно мало отличается от -38° , а происходит это бесконечно близко к широте 90° ю. ш., т. е. вблизи Южного полюса.
- Время и календарь**
- 2.48. Б.
- 2.49. Понедельник.
- 2.50. В.
- 2.51. 4 — 2092, 2096, 2104, 2108.
- 2.52. Потому что, вращаясь вокруг своей оси, Земля также движется по орбите вокруг Солнца. Земля должна сделать чуть больше одного оборота вокруг своей оси, чтобы для одной и той же точки Земли Солнце вновь наблюдалось на небесном меридиане.
- 2.53. Примерно в 19 ч 08 мин.
- 2.54. Первая.
- 2.55. В 20 ч (в 8 ч вечера).
- 2.56. $19^{\text{h}}51^{\text{m}}$.
- 2.57. $366\frac{1}{4}$ оборота.
- 2.58. Пятница.
- 2.59. 12 ч 28 мин.
- 2.60. Б.
- 2.61. $137^\circ 30'$, или $9^{\text{h}}10^{\text{min}}$.
- 2.62. 2 ч 05 мин.
- 2.63. 4 ч 30 мин.
- 2.64. В 19 ч 50 мин.
- 2.65. Примерно 18 ч.
- 2.66. $\alpha_1 = 7^{\text{h}}27^{\text{m}}42^{\text{s}}$, $\alpha_2 = 7^{\text{h}}40^{\text{m}}02^{\text{s}}$.

2.67. Вторник, 21 ч 10 мин.

2.68. 12 августа.

2.69. Самый точный календарь — иранский. Ошибка в один день возникает в юлианском календаре за 128 дней, в григорианском — за 3226 дней, а в иранском — за 4269 дней.

2.70. $+45^\circ$, осень—зима.

Угловые размеры. Параллакс. Единицы измерения расстояний

2.71. $\approx 0,0090$ рад, или $\approx 31'$.

2.72. ≈ 410 км.

2.73. А.

2.74. Б.

2.75. $1 \text{ пк} \approx 3,09 \cdot 10^{13} \text{ км} \approx 3,26 \text{ св. г.}$

2.76. $\approx 206 \text{ 265}$ в обоих случаях.

2.77. $\approx 4,6 \text{ кпк} = 950 \text{ млн а. е.}$

2.78. Примерно в 280 раз; 5,5 земных суток.

2.79. В.

2.80. А.

2.81. $\approx$ в 4,1 раза.

2.82. ≈ 435 лет.

2.83. Денебола ближе почти в 39 раз.

2.84. Расстояние до первой звезды лежит в интервале от 140 до 330 пк, а расстояние до второй звезды больше, чем 330 пк.

2.85. В 469 000 раз (как это принято в астрономии, для Солнца указан горизонтальный параллакс, а для звезды — годичный).

2.86. Расстояние примерно 28 пк; эклиптическая широта равна $\arcsin(a_1/a_2) \approx 45^\circ$ (где a_1 и a_2 — малая и большая оси параллактического эллипса).

Звёздные величины

2.87. А.

2.88. Г.

2.89. Первая, примерно на 10% (точнее — на $(10^{0,04} - 1) \cdot 100\%$).

2.90. В $10^{0,56} \approx 3,6$ раза.

2.91. $5^m - 2,5 \lg(1 + 2,512) \approx 3,64^m$.

- 2.92. $2,5 \lg 25,2 \approx 3,5^m$.
- 2.93. $22,5^m$.
- 2.94. Увеличилась на $5 \lg 2 \approx 1,5^m$.
- 2.95. Б.
- 2.96. Светимость Капеллы больше в $10^{0,4 \cdot (4,84 - (-0,54))} \approx 142$ раза.
- 2.97. Б.
- 2.98. β Ориона (Ригель); ≈ 265 пк; $\approx 0,0038''$.
- 2.99. Одиночная; в 2 раза.
- 2.100. 7 звёзд.
- 2.101. Две звезды второй величины.
- 2.102. а) Каждая имеет блеск $2,5 \lg 2 \approx 0,75^m$;
б) блеск одной звезды $2,5 \lg 1,5 \approx 0,44^m$; блеск другой — $2,5 \lg 3 \approx 1,19^m$.
- 2.103. В 2,83 раза.
- 2.104. $2,5 \lg 2 \approx 0,75^m$.
- 2.105. $4,22^m$.
- 2.106. С Венерой.
- 2.107. Светимость Этамина больше примерно в 5 раз.
- 2.108. Ярче будет след более слабой звезды (γ Кассиопеи), так как он будет короче в $\frac{\cos \delta_1}{\cos \delta_2} \approx 1,78$ раза, а количество света, пришедшее от γ Кассиопеи, меньше в 1,46 раза. Значит, на единицу длины следа γ Кассиопеи приходится больше энергии.
- 2.109. Интегральный блеск 6^m ; поверхностная яркость $\sim 15^m$ с квадратной секунды.

Методы астрофизических исследований

- 2.110. Основная задача телескопа — собрать как можно больше света. Поэтому астрономы стараются строить телескопы всё бóльших диаметров.
- 2.111. Д, Е, Г, Б, А, В.
- 2.112. Схема телескопа-рефлектора (телескопа системы Ньютона).
- 2.113. Схема зеркально-линзового телескопа (телескопа системы Кассегрена).
- 2.114. Г.

2.115. Б; В.

2.116. Разрешающая способность человеческого глаза составляет примерно $1-2'$. Разрешающая сила телескопа пропорциональна диаметру объектива, а диаметр объектива телескопа намного больше диаметра зрачка. Поэтому угловое разрешение телескопа гораздо выше разрешения человеческого глаза, что при правильном подборе окуляра позволяет различать (или, как говорят, разрешать) двойные звёзды.

2.117. $\approx 9''$.

2.118. 50 мм.

2.119. В.

2.120. $0,7''$; 300 раз.

2.121. >50 мм.

2.122. Да, можно.

2.123. Примерно -128 км/с (звезда приближается к нам).

2.124. Звезда удаляется от наблюдателя со скоростью примерно 28 км/с.

2.125. $v = c/\lambda$, где c — скорость света.

2.126. Водяной пар, содержащийся в приземном слое атмосферы Земли, сильно поглощает свет в инфракрасном диапазоне длин волн. Установка телескопа в засушливом и высокогорном климате позволяет поднять телескоп над основным поглощающим слоем. При этом снижается и содержание других поглощающих в этом диапазоне молекул (например, углекислого газа). Кроме того, в высокогорных районах в среднем холоднее, что позволяет снизить общий тепловой фон.

2.127. Во-первых, в Антарктиде очень холодно. Поэтому водяной пар из атмосферы вымерзает. Несмотря на наличие вокруг огромного количества замёрзшей воды, атмосфера в месте наблюдения очень сухая. Во-вторых, ледниковый щит на Южном полюсе имеет толщину больше 2 км. Телескоп находится в условиях высокогорья.

2.128. А; Б; Г; Е.

А) Самый большой одиночный телескоп (FAST) построен в Китае. Его диаметр 500 м. Оптические телескопы существенно меньше.

Б) Облака не препятствуют распространению радиоволн.

В) Поскольку радиотелескопы обычно большие, на их работу может влиять сильный ветер. Кроме того, сильные дожди или снегопад мо-

гут привести к остановке наблюдений. Наконец, молнии во время гроз приносят свои помехи.

Г) Рассеяние света атмосферой в оптическом диапазоне не влияет на радиоизлучение.

Д) Длины волн в радиодиапазоне, даже самые короткие, более чем на три порядка превосходят самые длинные волны оптического излучения. А диаметры отдельных радиотелескопов лишь на порядок больше диаметров оптических телескопов. Поэтому разрешение даже крупных одиночных радиотелескопов невелико по сравнению с оптическими.

Е) Такой режим работы называется интерферометрия, а сам «комбинированный» телескоп — интерферометром.

2.129. Нельзя увидеть Плутон, комету Галлея, Харон, пульсар, Деймос и квазары из-за того, что для этого телескопа это слишком слабые объекты.

2.130. Телескоп с диаметром объектива не менее 7 см и увеличением не менее 60 крат.

2.131. 15 мм и 25 мм. Угловое разрешение объектива телескопа составляет $1,4''$. Это значит, что увеличение больше чем 86 крат не приведёт к улучшению детализации изображения, а приведёт к падению яркости изображения. Увеличение меньше равнозрачкового (12,5 крат) приведёт к потере света, собранного объективом. Поэтому из указанного набора окуляров подходящее увеличение дают только окуляры с фокусными расстояниями 15 и 25 мм.

2.132. $\approx 0,02''$.

2.133. Масштаб примерно $0,1''/\text{пиксель}$; сторона кадра $7'$.

2.134. Примерно $20,5^m$.

2.135. С точностью около 0,0002 нм.

2.136. Излучение в дополнительных трёх компонентах линии водорода рождается в выбросах из активного ядра этой галактики. Смещение на 30 нм означает, что эти выбросы движутся со скоростями до $\sim (30/656) \cdot 30\,000 \approx 13\,000 - 14\,000$ км/с.

2.137. $1\text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ Дж} = 1,6 \cdot 10^{-12}\text{ эрг}$; $m_e = 0,511\text{ МэВ}$.

2.138. $m \approx 2,5^m + 5 \lg D$.

2.139. Можно; можно; нельзя.

2.140. $\approx 8'$.

2.141. Выдержка при фотографировании Марса потребуется в 3 раза

бóльшая, чем при фотографировании Луны. С уменьшением фокусного расстояния F необходимая выдержка уменьшается как F^2 и для Луны, и для Марса до тех пор, пока они остаются для данной комбинации телескопа и приёмника протяжёнными объектами. Марс раньше станет для меньшего фокусного расстояния точечным объектом, и для него требуемая выдержка перестанет меняться. Таким образом, отношение выдержек для Марса и Луны вначале не меняется с уменьшением F , а потом растёт как F^{-2} (до тех пор пока и Луна не станет точечным источником света).

2.142. Туманность перестала быть видимой.

2.143. Наблюдаемые колебания положений линий в спектре звезды связаны с орбитальным движением Земли. Созвездие Рыб является зодиакальным, поэтому принадлежащие ему звёзды находятся вблизи плоскости орбиты Земли и их относительные скорости, измеренные с поверхности Земли, испытывают колебания с амплитудой ± 30 км/с (значение орбитальной скорости Земли) относительно собственной лучевой скорости звезды; примерно $+94$ км/с (звезда удаляется от Солнца).

2.144. Потому что величина сдвига линии в спектре зависит не только от скорости объекта, но и от длины волны самой линии. Для узкого интервала длин волн такой зависимостью можно пренебречь (она будет почти одинаковой для всех линий в этом интервале), а для спектра во всём оптическом диапазоне длин волн пренебречь такой зависимостью нельзя.

Раздел 3

3.1. А.

3.2. Нептун; закона всемирного тяготения.

3.3. $10,4 \text{ м/с}^2$.

3.4. $\approx 100 \text{ кг}$.

3.5. 1 — А; 2 — Г; 3 — В; 4 — Б.

3.6. Со стороны Земли $\approx 2 \cdot 10^{20} \text{ Н}$; со стороны Солнца $\approx 4 \cdot 10^{20} \text{ Н}$; сила притяжения со стороны Солнца больше примерно в 2 раза.

3.7. Г.

3.8. Б.

3.9. 2,5 а. е.

3.10. 4,5 а. е.; $37/45 \approx 0,82$.

- 3.11. Из-за трения о разреженные верхние слои атмосферы Земли.
- 3.12. Не попадёт. Траектория снаряда пересекает поверхность Земли в месте установки пушки. Значит, двигаясь по своей орбите, снаряд может попасть в пушку только из-под поверхности Земли, т. е. на поверхность Земли он упадёт в другом месте.
- 3.13. Максимальна — в перигее (в перицентре); минимальна — в апогее (апоцентре).
- 3.14. Д (массы планет не имеют значения, пока они значительно меньше массы центральной звезды).
- 3.15. 4.
- 3.16. ≈ 2 ч 46 мин.
- 3.17. ≈ 11 лет.
- 3.18. ≈ 258 сут.
- 3.19. ≈ 315 масс Земли.
- 3.20. $\approx$ в 94 раза.
- 3.21. В.
- 3.22. ≈ 437 км/с.
- 3.23. ≈ 9600 км.
- 3.24. $\approx 2,4$ км/с.
- 3.25. 3,6 км/с; 5,1 км/с.
- 3.26. В 5,9 раз; в 4,7 раза.
- 3.27. $\approx 2,8$ км.
- 3.28. В перигее больше в 3 раза.
- 3.29. 23 ч 56 мин (звёздные сутки).
- 3.30. Период обращения геостационарных спутников равен периоду осевого вращения Земли (т. е. звёздным суткам, или 23 ч 56 мин), поэтому, двигаясь в сторону вращения Земли, такой спутник остаётся неподвижным относительно земной поверхности, как бы зависая над одним местом.
- 3.31. Земля вращается вокруг своей оси в направлении с запада на восток. При запуске ИСЗ в этом направлении скорость осевого вращения будет прибавляться к скорости, сообщаемой спутнику ракетой. При запуске в противоположном направлении эта скорость будет вычитаться, и потребуются затратить дополнительную энергию для того, чтобы ИСЗ достиг необходимой скорости.
- 3.32. Г.

- 3.33. $\approx 0,2$.
- 3.34. $\approx 2,5$ а. е.
- 3.35. Б.
- 3.36. $0,53$ а. е.
- 3.37. $5,7$.
- 3.38. $42\ 300$ км; 3 км/с.
- 3.39. В перигее больше в 81 раз.
- 3.40. На 21% .
- 3.41. За $1,6$ ч.
- 3.42. $2,9$ км/с; 640 с.
- 3.43. В $\sqrt{1,3} \approx 1,14$ раза.
- 3.44. $\approx 0,2^m$.
- 3.45. 1) При пролёте через щель Энке аппарат улетит и не станет спутником Сатурна, поэтому точки апосатурния не будет. 2) При пролёте через щель Гюйгенса аппарат станет спутником Сатурна, $R_a = 1,96 \cdot 10^6$ км.
- 3.46. $0,967$.
- 3.47. Не менее $400 \text{ г/см}^3 = 4 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^3$.
- 3.48. Да.
- 3.49. ≈ 4 пк.
- 3.50. $0,5$; ≈ 141 сут.
- 3.51. $2,4$ м.
- 3.52. $0,5$.

Раздел 4

- 4.1. Звезда Солнце, планеты, спутники планет, карликовые планеты, астероиды (или малые планеты), кометы, метеороиды.
- 4.2. 1 — Д; 2 — Д; 3 — Б; 4 — Д; 5 — Г; 6 — А.
- 4.3. А — 2; 5; 6; 9; Б — 1; 3; 4; 7; 8.
- 4.4. Церера; около 1000 км.
- 4.5. 1) Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун; 2) Сатурн, Уран.
- 4.6. 7 спутников: Луна — спутник Земли; Ио, Европа, Ганимед, Каллисто — спутники Юпитера; Титан — спутник Сатурна; Тритон — спутник Нептуна.

- 4.7. Для всех планет А.
- 4.8. В (астероиды), А (астероиды), Б (кометные ядра).
- 4.9. Нептун.
- 4.10. Потому что орбитальные периоды обращения Земли и Марса не кратны друг другу.
- 4.11. Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн. Планеты смещаются на фоне звёзд. При хорошем знании звёздного неба планету можно обнаружить как «лишнее» светило в созвездии.
- 4.12. 15,33 а. е.
- 4.13. Солнце; примерно в 1000 раз.
- 4.14. Юпитер; в 2,5 раза.
- 4.15. Да, поместятся.
- 4.16. Земля.
- 4.17. $\approx 0,04$ мм.
- 4.18. Для Юпитера $\approx 32—47''$; для Сатурна $\approx 16—19''$.
- 4.19. Марс.
- 4.20. В.
- 4.21. Внешняя. Внутренняя планета не может отдаляться на такое большое угловое расстояние от Солнца.
- 4.22. Внутренняя.
- 4.23. Любая (это может быть как внешняя, так и внутренняя планета).
- 4.24. Наилучшее время для наблюдений Марса — это его противостояния, когда планета оказывается на минимальном расстоянии от Земли.
- 4.25. Да.
- 4.26. Да; да; да; нет.
- 4.27. Да.
- 4.28. Венеру; она очень яркая и видна в средних широтах утром или вечером, в том числе на фоне зари.
- 4.29. Б, В, Г, Д, Е.
- 4.30. Меркурий и Венера.
- 4.31. Да; да.
- 4.32. У Венеры.
- 4.33. В 2,5 раза.

- 4.34. В наибольшей западной элонгации.
- 4.35. 4 а. е.
- 4.36. 1,1 а. е.
- 4.37. Б.
- 4.38. Синодический период 366,5 дня; сидерический период 286 лет.
- 4.39. Сидерический период 1360 сут. (3,72 г.); синодический период 500 сут. (1,37 г.).
- 4.40. ≈ 15 м.
- 4.41. Венера; при соединении планет расстояние между ними около 40 млн км.
- 4.42. 4.
- 4.43. Афелий примерно 189 а. е., перигелий примерно 12,6 а. е.; пересекает орбиты Урана и Нептуна.
- 4.44. СССР; «Луна-9».
- 4.45. СССР; СССР.
- 4.46. Меркурий и Венера.
- 4.47. Все планеты от Меркурия до Сатурна.
- 4.48. «Вояджер-2»; Земля, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун.
- 4.49. $3,4 \cdot 10^{17}/R^3$.
- 4.50. Химический состав Юпитера похож на химический состав Солнца. Поэтому для образования звезды надо лишь собрать нужную массу, а дальше гравитация сделает всё сама. Значит, нужно порядка $N \approx (2 \cdot 10^{30} \text{ кг})/(2 \cdot 10^{27} \text{ кг}) \approx 1000$ планет, похожих на Юпитер, для создания звезды, похожей на Солнце. «Собрать» звезду из планет, похожих на Землю, напрямую не получится, так как химический состав их различается очень сильно.
- 4.51. Лазерная локация Луны базируется на том, что предварительно на её поверхность были доставлены специальные устройства — уголкового отражатели, которые помогают сохранить малую расходимость лазерного пучка при отражении от поверхности Луны. Поэтому мы измеряем расстояние от лазера до уголкового отражателя (т. е. объекта, имеющего малые размеры) с точностью до нескольких сантиметров. Радиолокация производится пучком значительно большего диаметра, который отражается от различных участков лунной поверхности, имеющих разную высоту; это ограничивает точность локации.
- 4.52. 300 м.

4.53. Расстояние до планеты в этот момент было равно 0,88 а. е. Таким образом, это может быть Меркурий, Венера или Марс.

4.54. ≈ 36 см.

4.55. Меркурий, Венера.

4.56. Любая, кроме Меркурия и Венеры, т. е. это могла быть одна из внешних планет — Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун. 23 сентября Солнце находится вблизи точки осеннего равноденствия. Значит, планеты, наблюдающиеся в окрестности точки летнего солнцестояния, будут располагаться на угловом расстоянии от Солнца порядка 90° (т. е. в квадратуре). В таком положении относительно Солнца с Земли могут наблюдаться только внешние планеты.

4.57. Да — для любого направления.

4.58. 28° (на рисунке А-3 показано положение Меркурия в этот момент относительно Земли и Солнца).



Рис. А-3

4.59. Раз в 780 сут.; в южной или юго-восточной.

4.60. Это происходит тогда, когда Земля находится в плоскости колец Сатурна. Кольца очень тонкие и при наблюдении с ребра не заметны. Происходит это два раза за сидерический период Сатурна, т. е. примерно каждые 15 лет.

4.61. 399 сут.

4.62. 0,989 г. = 361 день.

4.63. $\approx -0,2^m$.

4.64. От 450 до 675 лет.

4.65. $a = 63$ а. е.; $e = 0,39$.

4.66. $\frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{45}{2}\right)^3} \approx 53$ года.

4.67. $\approx 5,5^m$.

4.68. $\approx 10,4^m$.

4.69. Астероид А больше в 82 раза.

4.70. $8,5^m$; $18,6^m$.

4.71. Венера, Земля, Марс, Луна, Титан.

4.72. 0,5S.

4.73. 0,63 а. е. или 1,31 а. е.

4.74. 71 земные сутки.

4.75. 221 земные сутки.

4.76. На звёздную величину планеты влияют три фактора: расстояние от Земли и от Солнца и фаза, в которой планета находится. В начальный момент времени планеты находятся на максимальном удалении от Земли, но их фаза максимальна. В противостоянии внешние планеты Марс и Юпитер опять будут в полной фазе. Венера и Меркурий в середине периода окажутся в нижнем соединении и будут повернуты к наблюдателю практически полностью тёмной стороной. Отсюда можно сделать вывод, что кривые 3 и 4, которые имеют минимум в середине синодического периода, соответствуют Венере и Меркурию. В отличие от Меркурия, Венера имеет атмосферу, что заметно ослабляет «фазовый эффект». Кроме этого, Венера вблизи нижнего соединения подходит достаточно близко к Земле, что дополнительно компенсирует уменьшение яркости из-за фазы. В результате её блеск в это время падает не так сильно, как у Меркурия. Следовательно, Венере на рисунке соответствует кривая 3, а Меркурию — кривая 4.

Фаза внешних планет в соединении и противостоянии близка к единице, поэтому изменение блеска происходит прежде всего за счёт изменения расстояния между планетой и Землёй. У Юпитера это расстояние изменяется не столь существенно, поэтому и амплитуда

колебаний блеска невелика. Следовательно, Юпитеру соответствует кривая 2, а Марсу — кривая 1 на рисунке.

Асимметрия кривых изменения блеска связана с эллиптичностью планетных орбит. Особенно хорошо это заметно для кривых изменений блеска Меркурия (4) и Марса (1).

Раздел 5

5.1. Б.

5.2. 200 МДж.

5.3. Б, Г, В, А, Д.

5.4. Цвет неба днём полностью определяется процессами рассеяния солнечного излучения в атмосфере Земли. Коротковолновое излучение (синяя часть спектра) рассеивается сильнее длинноволнового (красная часть спектра). Поэтому днём с разных направлений в глаз наблюдателя попадает рассеянное излучение, в котором преобладает синий цвет (основная часть длинноволнового излучения, т. е. оранжевый и красный свет, не рассеиваясь, падает на поверхность Земли или уходит за пределы атмосферы). В результате небо имеет голубой цвет. А ночью, когда солнечный свет не попадает в атмосферу на стороне наблюдателя, рассеянное излучение отсутствует — небо становится чёрным.

5.5. Космическое тело, даже оказавшись в окрестностях Земли с нулевой скоростью относительно неё, будет испытывать притяжение со стороны Земли и, постепенно увеличивая скорость, упадёт на её поверхность. При этом с достаточной степенью точности можно считать, что это тело падает из бесконечности. В соответствии с законом сохранения энергии оно должно будет приобрести ту же скорость, что потребовалась бы для отправки тела с Земли в космос, т. е. вторую космическую скорость 11,2 км/с.

5.6. А и Б.

5.7. Метеор — явление сгорания в атмосфере небольшого твёрдого тела, попавшего в атмосферу из космоса.

5.8. 1—Д; 2—Г; 3—А; 4—Б.

5.9. ≈ 20 млн км.

5.10. Метеорный дождь — метеорный поток большой интенсивности, когда наблюдаются тысячи метеоров в час. Наблюдаться одновременно по всей поверхности Земли он не может, так как с роем метеорных частиц, летящих по своим орбитам, Земля взаимодействует не всей поверхностью.

5.11. А, В, Г, Д, Е.

5.12. Нет; на Луне нет атмосферы, а метеор — это световое явление, вызванное пролётом метеорной частицы в атмосфере.

5.13. Из-за наличия на Земле атмосферы (с её парниковым эффектом) и океанов (аккумуляторов тепла).

5.14. Атмосферными воздействиями и геологической активностью Земли.

5.15. В приполярных кратерах.

5.16. Малое значение ускорения свободного падения (или, что то же самое, малое значение второй космической скорости) на поверхности Луны в сочетании с относительно высокой температурой на освещённой Солнцем поверхности, а значит, с высокими скоростями движения молекул газа не позволяет Луне удерживать атмосферу.

5.17. Из-за близости к Солнцу температура на поверхности Меркурия высокая и тепловые скорости молекул газа гораздо выше, чем на поверхности Титана.

5.18. После первых космических полётов к Венере было обнаружено, что у поверхности Венеры очень высокие давление и температура.

5.19. Это связано с тем, что атмосфера Венеры практически полностью состоит из газов, создающих сильный парниковый эффект. Из-за этого и происходит значительное повышение температуры на поверхности Венеры.

5.20. 7 планет (все, кроме Меркурия) и 1 спутник (Титан — спутник Сатурна).

5.21. На всех, имеющих атмосферу: Венере, Земле, Марсе, Юпитере, Сатурне, Уране и Нептуне.

5.22. Только на Земле, так как радуга появляется в результате преломления солнечного света в каплях воды.

5.23. Могут; метеор — это световое явление, вызванное пролётом метеорной частицы, а не процессом химического горения, для которого был бы нужен кислород.

5.24. Да; нет.

5.25. В.

5.26. В.

5.27. Лунные.

5.28. Солнечные.

- 5.29. В.
- 5.30. Сатурн; Земля.
- 5.31. Азота.
- 5.32. Тритон.
- 5.33. Ио.
- 5.34. Европа, Ганимед, Каллисто.
- 5.35. Б.
- 5.36. Да; да; да.
- 5.37. А и Б.
- 5.38. Нет, так как при каждом прохождении перигелия комета теряет часть своего вещества.
- 5.39. Из-за давления солнечного излучения и воздействия солнечного ветра.
- 5.40. Б.
- 5.41. Б.
- 5.42. А.
- 5.43. Значение приливного ускорения зависит не только от массы тела, которое вызывает приливы, но и от радиуса тела, на котором эти приливы наблюдаются. Радиус Луны в примерно 3,7 раза меньше, чем у Земли. Поэтому приливы будут отличаться в $81,3/3,7 \approx 22$ раза.
- 5.44. А—2; Б—4; В—3; Г—4.
- 5.45. А — да; Б — нет; В — да; Г — нет.
- 5.46. Из-за атмосферной рефракции тела как бы приподнимаются над горизонтом, причём чем ниже находится объект, тем больше будет изменение его высоты. Нижний край небесного тела в итоге поднимается больше, чем верхний, — объект «сплющивается».
- 5.47. В это время видимый рельеф Луны становится «плоским» из-за того, что укорачиваются тени, отбрасываемые объектами на Луне.
- 5.48. 0,16.
- 5.49. Значением ускорения свободного падения на поверхности планеты, расстоянием от Солнца, химическим составом атмосферы.
- 5.50. Зная, что плотность ядра кометы $\rho \approx 1000 \text{ кг/м}^3$, можно оце-

нить плотность комы:
$$\frac{\frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3}{\frac{4}{3}\pi R^3} \cdot \frac{\rho}{100} \approx 10^{-12} \text{ кг/м}^3.$$

5.51. 1, 3, 2.

5.52. 3,38 года.

5.53. А, В.

5.54. От 11,2 до 72,8 км/с.

5.55. 330 кг в тротиловом эквиваленте; вспышка будет иметь блеск примерно 5^m , что теоретически позволяет её наблюдать на тёмной стороне Луны при очень малой её фазе. На практике заметить такую вспышку, скорее всего, будет невозможно.

5.56. $2,5 \lg(0,9/0,08) \approx 2,6^m$.

5.57. $\approx 1,4 \cdot 10^{-20}$ кг/м³ (считаем вещество солнечного ветра полностью ионизованным, поэтому примерно половина частиц в нём электроны и примерно половина — протоны).

5.58. Массы азота в этих атмосферах почти равны (в атмосфере Венеры примерно на 10 % больше).

5.59. ≈ 15 млрд.

5.60. ≈ 25 м.

5.61. Нет.

5.62. ≈ 8 мм.

Раздел 6

6.1. А.

6.2. См. рис. А-4.



Рис. А-4

6.3. Б, А, В.

6.4. В.

6.5. Красные гиганты (звёзды горизонтальной ветви), красные карлики (т. е. маломассивные звёзды главной последовательности), бе-

лые карлики, нейтронные звёзды, чёрные дыры. *Примечание:* указание звёзд горизонтальной ветви не является обязательным.

6.6. В—Г—Д—Б—Е.

6.7. В—Г—Ж—А.

6.8. Главная последовательность.

6.9. У всех звёзд главной последовательности источником энергии являются идущие в ядре термоядерные реакции превращения водорода в гелий. Для всех звёзд это самая длинная стадия жизни (конечные стадии эволюции не рассматриваем).

6.10. Г.

6.11. ≈ 9 с.

6.12. ≈ 1380 Вт/м².

6.13. В 64 раза.

6.14. В ≈ 100 раз.

6.15. $\approx -25,2^m$ (если считать температуру поверхности Солнца равной 6000 К).

6.16. Возрастёт более чем в 1600 раз.

6.17. $\approx 0,1$ кг/м³.

6.18. Плотность первой звезды в 8 раз меньше; температуры одинаковы.

6.19. В 100 раз.

6.20. Звезда Б больше в 22,5 раза.

6.21. А—4, Б—1, В—5, Г—2, Д—3.

6.22. $T = \frac{2,9 \cdot 10^7}{\lambda_{\max}} - 273,2$.

6.23. У звезды класса G.

6.24. А—3; Б—4; В—2; Г—1.

6.25. У звёзд классов А и F.

6.26. Голубого; красного.

6.27. М, G, A, B, O.

6.28. Для звёзд главной последовательности.

6.29. Красный гигант.

6.30. Красный карлик (маломассивная звезда главной последовательности).

6.31. Б, А, В, Г, Д, Е.

6.32. ≈ 9800 К.

6.33. $\approx 0,001$ светимости Солнца; спектральный класс М; относится к звёздам главной последовательности (красный карлик).

6.34. $\approx 3,4$.

6.35. $c/8 = 37\,500$ км/с.

6.36. За 720 лет; никогда.

6.37. У звезды Росс 619; ≈ 167 км/с.

6.38. Приближается со скоростью 309 км/с.

6.39. См. рисунок А-5

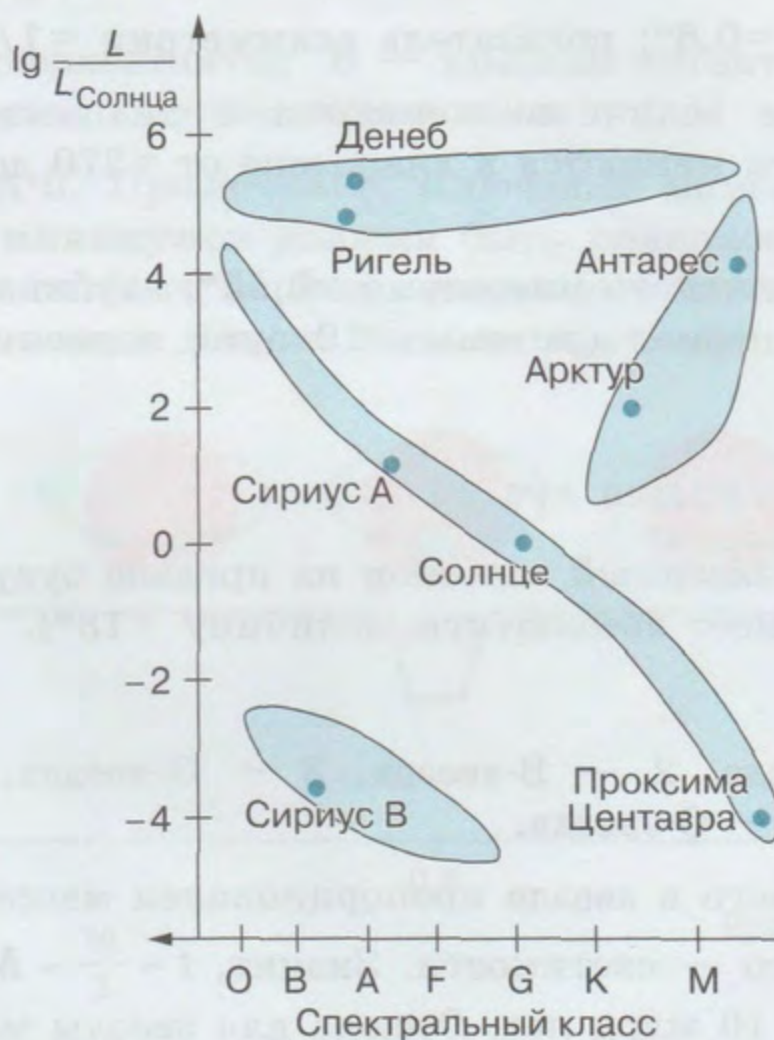


Рис. А-5

6.40. Моложе. Её абсолютная величина равна -5^m , и, значит, она относится к молодым массивным звёздам главной последовательности.

6.41. Нельзя. Такой же вид кривой блеска (со вторичным минимумом на фазе 0,5) будет иметь и система с вытянутой орбитой, у которой линия апсид (большая ось эллипса) «смотрит» на наблюдателя.

6.42. При затмении звезды спектрального класса В.

6.43. Главный. Такая глубина минимума означает, что система из двух звёзд теряет больше половины своего суммарного света (так как ослабление происходит в 2,512 раза), а значит, в этом минимуме затмевается звезда с большей поверхностной яркостью.

6.44. Размер звезды больше в минимуме блеска примерно на 5% (т. е. в 1,05 раза).

6.45. Амплитуда $\approx 0,6^m$; показатель асимметрии $\approx 1/3$.

6.46. Абсолютные величины меняются в диапазоне от $-1,25^m$ до $-7,25^m$; светимости меняются в диапазоне от ≈ 270 до $\approx 68\,000$ светимостей Солнца.

6.47. Глубина первичного минимума $\approx 0,55^m$; глубина вторичного минимума $\approx 0,35^m$; период системы ≈ 10 сут.; затмения в системе не полные.

6.48. $t = \frac{Q}{L} = \frac{GM^2}{RL} \approx 30$ млн лет.

6.49. ≈ 10 пк (в указанный телескоп на пределе будут видны звёзды $13,6^m$, а звезда имеет абсолютную величину $\approx 13^m$).

6.50. $R \sim T^{-2}$.

6.51. 1 — А-звезда, 2 — В-звезда, 3 — G-звезда, 4 — К-звезда, 5 — М-звезда, 6 — О-звезда.

6.52. Запас горючего в звезде пропорционален массе, а скорость исчерпания горючего — светимости. Значит, $t \sim \frac{M}{L} \sim M^{-3}$. Время жизни Солнца около 10 млрд лет. Отсюда для звезды массой 0,5 массы Солнца время жизни ≈ 80 млрд лет; для звезды массой 5 масс Солнца — ≈ 80 млн лет; для звезды массой 10 масс Солнца — ≈ 10 млн лет.

6.53. С массами до 1,3 массы Солнца (звёзды бóльших масс за время жизни Солнца ушли с главной последовательности).

6.54. 10 масс Солнца; 29,5 км/с.

6.55. У звезды ϵ Эридана; 125 км/с.

6.56. 0,8428 с.

6.57. Большинство ближайших звёзд — это красные карлики. Солнце вместе с ними движется вокруг центра Галактики и вполне предсказуемо имеет небольшую скорость относительно них. Следовательно, звезды классов А—G расположены несколько дальше ближайших звёзд. Они также движутся вокруг центра Галактики, но с несколько другими скоростями. Отсюда следует и различие в направлении относительного движения и большая относительная скорость.

6.58. $\sqrt{3} \approx 1,7$.

6.59. $\approx 10^{-20}$ кг/м³.

6.60. 1; А — сверхгиганты; Б — красные гиганты; В — главная последовательность; Г — белые карлики.

6.61. См. рис. А-6. *Примечание.* Ключевые моменты кривой: длительность всех минимумов должна быть одинакова, на «дне» всех минимумов должен быть период постоянного блеска, в главном минимуме голубая звезда должна быть за красной.

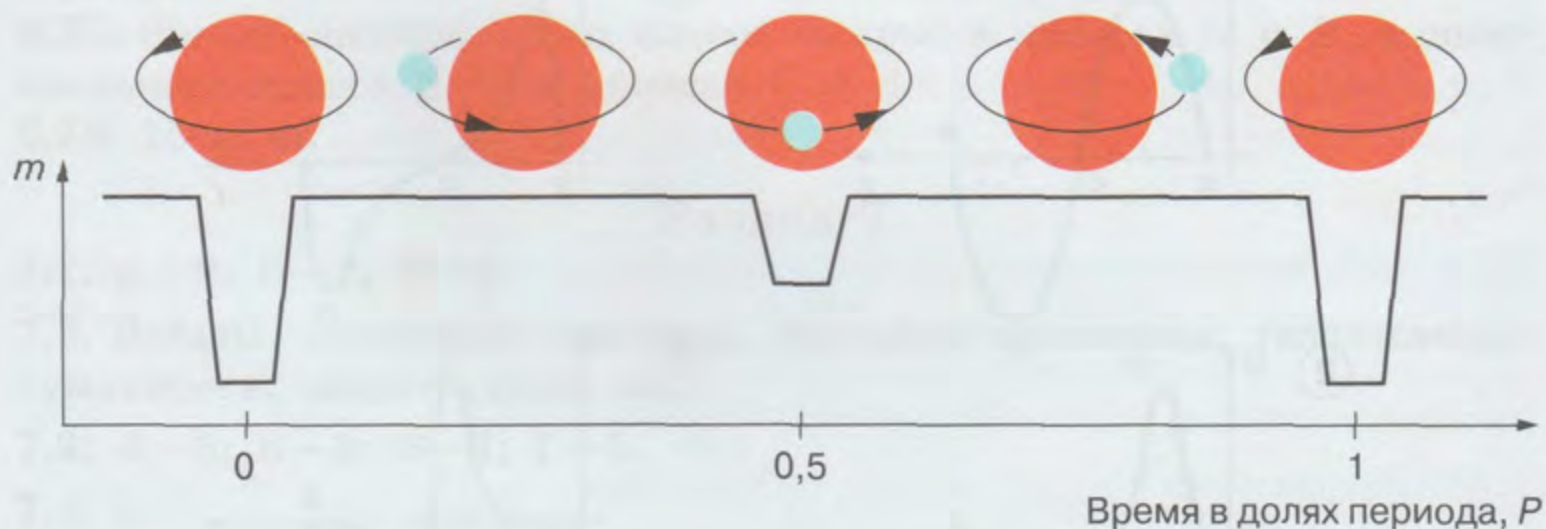


Рис. А-6

6.62. 2, 4.

6.63. См. рис. А-7. *Примечание.* Важные параметры кривых — полуамплитуда каждой из кривых 21 км/с; фазам 0, 0,5 и 1 соответствует так называемая гамма-скорость системы — скорость движения её центра масс (−50 км/с по условию задачи).

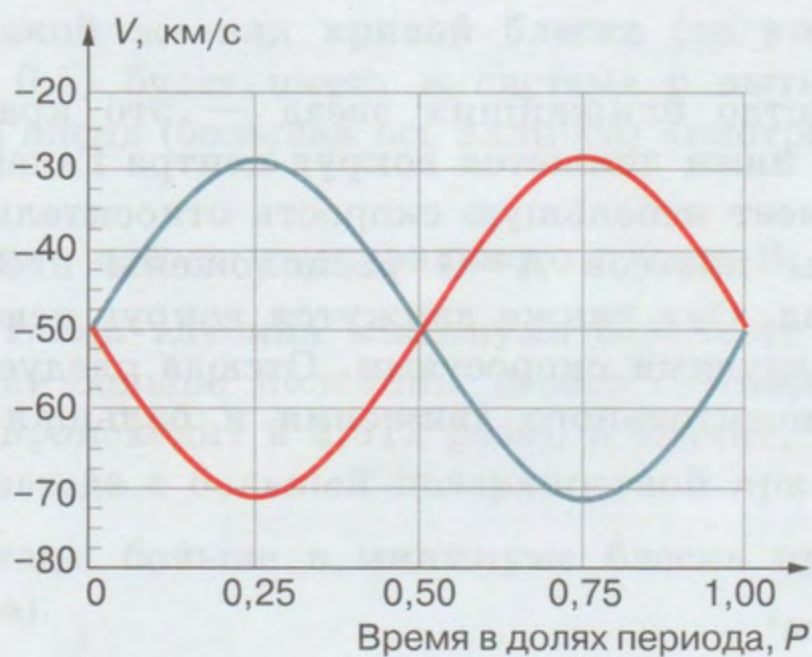


Рис. А-7

6.64. См. рис. А-8.

Лучевая скорость

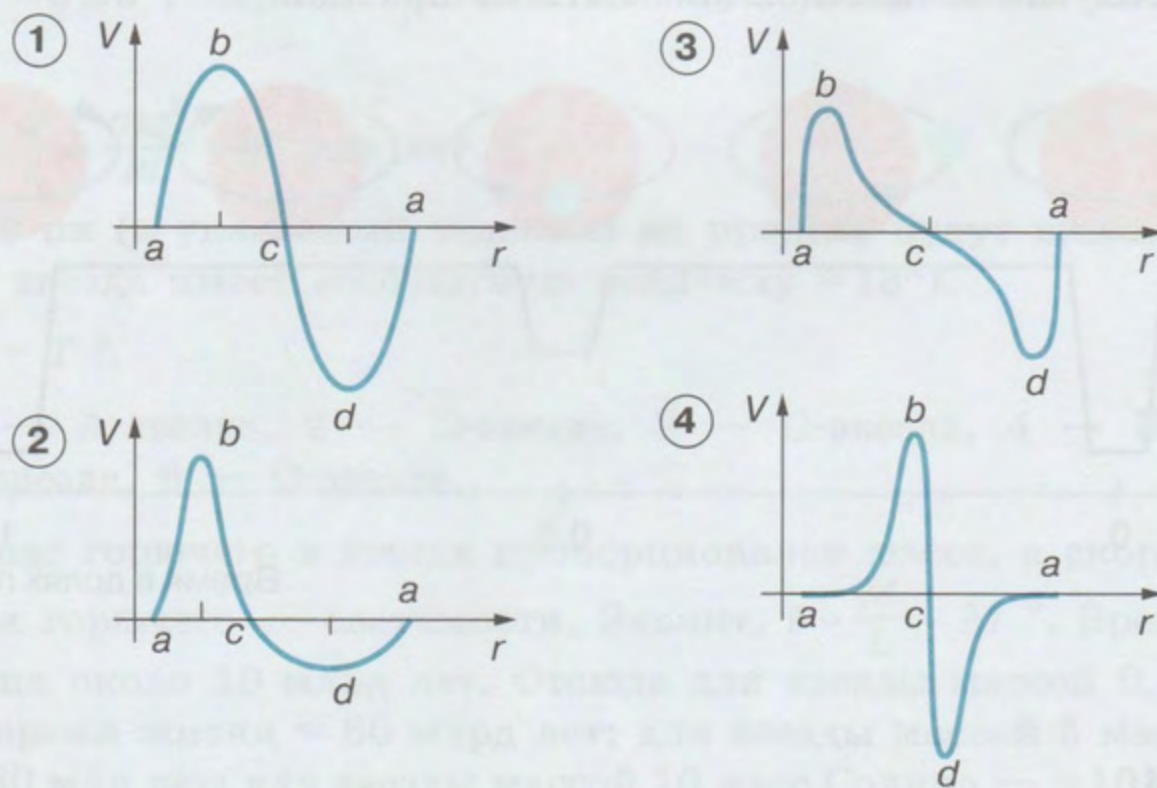


Рис. А-8

6.65. У второй; примерно в 2,2 раза.

6.66. $4,8^m$.

6.67. Из-за сравнительно низкой температуры фотосферы Солнца мало количество возбуждённых атомов водорода с электроном на втором уровне, с которого происходит поглощение в линиях видимой области спектра. У кальция энергия возбуждения соответствующих уровней значительно ниже.

6.68. $\approx 25\,000$ км.

6.69. Атмосфера Земли сильнее ослабляет коротковолновое излучение. Значит, свет, проходящий через неё, станет более «красным»: показатели цвета звезды «покраснеют» — увеличатся. От значений показателей цвета их изменение зависеть не будет — показатели цвета и красной, и синей звезды изменятся одинаково.

6.70. $R_{\max}/R_{\min} = 1,35$.

6.71. Максимальный радиус — 97 радиусов Солнца, минимальный — 73 радиуса Солнца.

6.72. Примерно через 9800 лет; $8,51^m$.

6.73. 15,3 пк; звёзды удаляются.

6.74. $10,6^m$.

6.75. 0,00005 с.

6.76. 80 с.

6.77. Звезда спектрального класса А ярче в полосах U и B , а спектрального класса К — в полосах V и R .

6.78. 15 а. е.

Раздел 7

7.1. А—2; Б—2; В—2.

7.2. Звёзды, планетные системы, звёздные скопления, газопылевые туманности, межзвёздный газ.

7.3. А—3; Б—1; В—1; Г—3.

7.4. Б.

7.5. В созвездии Стрельца.

7.6. В этом созвездии находится северный полюс Галактики, поэтому при наблюдении в телескоп наш взгляд довольно быстро выходит за пределы диска Галактики, в котором сосредоточена большая часть звёздного населения.

7.7. Весной, когда Млечный Путь практически не виден.

7.8. Красные карлики, т. е. звёзды спектрального класса М главной последовательности.

- 7.9. А—2; Б—1; В—4; Г—3; Д—4; Е—3.
- 7.10. Кассиопея, Лебедь, Стрелец, Персей, Щит.
- 7.11. Излучение горячей центральной звезды перерабатывается газом туманности и переизлучается в оптическом диапазоне длин волн.
- 7.12. $\approx 1^\circ$.
- 7.13. В рассеянных.
- 7.14. Примерно 5900 лет назад; на расстоянии примерно $2018 - 1054 = 964$ св. г.
- 7.15. В, Г.
- 7.16. А—2; Б—1; В—3; Г—5; Д—4.
- 7.17. А—3; Б—4; В—2; Г—1.
- 7.18. А и Б.
- 7.19. Цвет галактик зависит: 1) от поглощения света в нашей Галактике; 2) от расстояния галактики (т. е. от красного смещения); 3) от активности звёздообразования в галактике.
- 7.20. Светимость красных карликов в тысячи раз меньше светимости Солнца. Поэтому, несмотря на то что они составляют большинство звёздного населения Галактики, их вклад в её светимость и цвет мал.
- 7.21. Основное различие в возрасте, химическом составе и распределении скоплений в пространстве относительно центра Галактики.
- 7.22. Б.
- 7.23. Рассеянные скопления расположены в основном вдоль спиральных рукавов Млечного Пути. Шаровые скопления относятся к сферической составляющей Галактики и в среднем расположены симметрично относительно её центра.
- 7.24. Рассеянных — и в одном и в другом.
- 7.25. Шаровых скоплений мало, и все они находятся существенно дальше.
- 7.26. 15 км/с.
- 7.27. Космические лучи — это элементарные частицы и ядра различных атомов, движущиеся в космическом пространстве со скоростями, близкими к скорости света. Магнитная индукция межзвёздного магнитного поля невелика, но всё же межзвёздная среда слабо намагничена, поэтому космические лучи в межзвёздном пространстве движутся не прямолинейно, взаимодействуя с магнитным полем.

- 7.28. Ответ может располагаться в диапазоне от 50 г до 1 кг (в зависимости от принятой плотности межзвёздной среды).
- 7.29. а) в ≈ 200 млн раз; б) в ≈ 30 тыс. раз; в) в ≈ 3000 раз.
- 7.30. 50 км/с.
- 7.31. Как минимум в 2,5 млн раз.
- 7.32. В.
- 7.33. В первом; во втором.
- 7.34. Больше звёзд наблюдается в области Млечного Пути, больше галактик — вдали от полосы Млечного Пути.
- 7.35. А — нет; Б — нет; В — нет; Г — да; Д — да.
- 7.36. ≈ 8700 пк.
- 7.37. 0,04 пк.
- 7.38. А—2; Б—5; В—1; Г—4; Д—3.
- 7.39. А.
- 7.40. На снимках квазары выглядят звездообразными объектами, поэтому по внешнему виду их распознать нельзя. Различия между ними проявляются в спектрах. В отличие от звёзд спектры квазаров содержат яркие и широкие эмиссионные линии. При этом спектральные линии из-за эффекта Доплера сильно смещены в красную сторону (как у далёких галактик). Кроме того, квазары являются источниками радиоизлучения.
- 7.41. А—4; Б—3; В—2; Г—1.
- 7.42. В эллиптических галактиках практически нет пылевой и газовой составляющих и молодых звёзд.
- 7.43. ≈ 190 км/с.
- 7.44. $\approx 4 \cdot 10^{39}$ Вт.
- 7.45. 1 — эллиптическая, 2 — спиральная с перемычкой или баром, 3 — эллиптическая, 4 — спиральная, 5 — спиральная с перемычкой или баром, 6 — эллиптическая, 7 — взаимодействующие галактики, 8 — неправильная, 9 — спиральная с перемычкой или баром, 10 — спиральная.
- 7.46. Температура ионизированного газа около 10 000 К, температура атомарного газа — несколько сотен кельвинов, молекулярный газ очень холодный, его температура не превышает 10—20 К. Молекулярные облака — наиболее плотные части межзвёздного газа, атомарный газ менее плотный, а ионизированный газ сильно разрежен.

- 7.47. ≈ 4 км/с.
- 7.48. ≈ 200 млн лет.
- 7.49. $\approx 10^{-22}$ (отличие от приведённого ответа может быть более чем на порядок).
- 7.50. ≈ 1900 пк; 10 000 пк.
- 7.51. Примерно одна сверхновая за 2 млн лет.
- 7.52. В среднем раз в 180 лет.
- 7.53. Тип II.
- 7.54. Шаровые скопления.
- 7.55. Г.
- 7.56. А—2; Б—1; В—3.
- 7.57. 1) Можно (яркость ночного неба примерно 4^m с одного квадратного градуса; яркость туманности Андромеды больше этой величины, причём основной вклад в блеск даёт её центральная область); 2) нельзя (так как глаз на пределе видит точечный источник 6^m , то протяжённый объект такого же блеска увидеть нельзя).
- 7.58. Вблизи Млечного Пути, т. е. вблизи плоскости нашей Галактики, больше межзвёздного вещества. Оно частично поглощает свет и вызывает изменение его спектрального состава — свет от объектов, проходящий через межзвёздное вещество, «краснеет» — в нём уменьшается доля коротковолнового излучения.
- 7.59. В эллиптических; в спиральных.
- 7.60. Из-за большого эксцентриситета в соответствии со вторым законом Кеплера скопления движутся вблизи перицентра своих орбит, т. е. вблизи ядра Галактики, гораздо быстрее, чем на периферии, поэтому они больше времени проводят в гало Галактики, соответственно, их там наблюдается больше.
- 7.61. Диск будет иметь форму эллипса; угловые размеры примерно $134'$ и $50'$.
- 7.62. 1—2 св. дня, т. е. 25—50 млрд км (или 170—350 а. е.).
- 7.63. ≈ 2 пк.
- 7.64. Примерно 20 млн скоплений.
- 7.65. Зависимость массы от радиуса приведена на рисунке А-9. Форма этой зависимости близка к прямой. Так как масса пропорцио-

нальна произведению плотности и объёма, то такая зависимость массы от радиуса означает, что плотность $\rho \sim 1/R^2$.

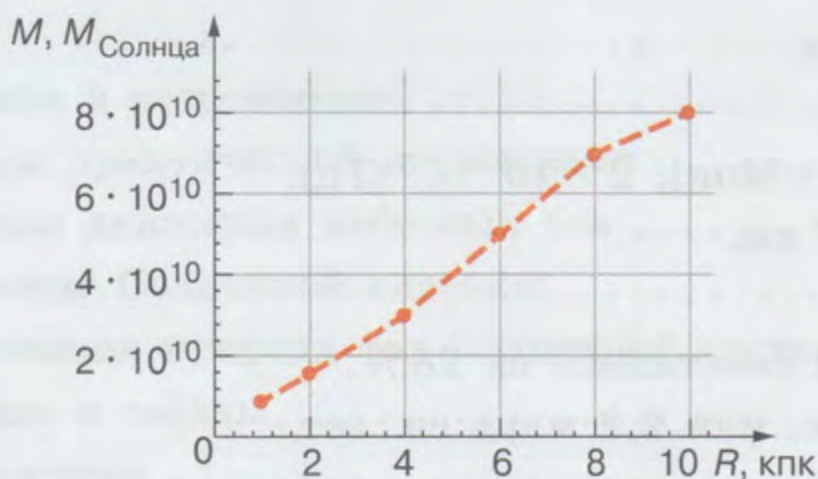


Рис. А-9

7.66. Видимая скорость расширения очень большая. Если объект к нам относительно близок (несколько пк), то скорость расширения будет несколько тысяч км/с. Такие скорости наблюдаются только в оболочках сверхновых. Но пропустить вспышку сверхновой на таком расстоянии невозможно. Если расстояние увеличить, то скорость возрастает пропорционально — таких объектов не существует. Значит, это не реальный физический объект, а явление «светового эха» — прохождение света (например, от вспышки звезды) через вещество. Скорость света 300 000 км/с, или 170 а. е./сут. Такой отрезок виден под углом $0,2''$ с расстояния 850 пк.

7.67. 1,5 млрд лет.

7.68. Около 75 Мпк.

7.69. Примерно 16 000 рассеянных (они находятся в основном в диске Галактики, и большая их часть скрыта сейчас межзвёздным поглощением) и примерно 150 шаровых скоплений (доля скоплений, попавших в плоскость диска и из-за этого скрытая поглощением, очень мала).

Раздел 8

8.1. А — да; Б — нет; В — да; Г — нет.

8.2. В.

8.3. А—2; Б—3; В—1.

- 8.4. А, В, Г, Д.
- 8.5. ≈ 410 Мпк.
- 8.6. 10 км.
- 8.7. $1,4 \cdot 10^6$ м/с.
- 8.8. ≈ 430 Мпк.
- 8.9. ≈ 60 км/(с $\cdot$ Мпк); $2 \cdot 10^{-18}$ с $^{-1}$ (Гц).
- 8.10. $\approx 1,1 \cdot 10^7$ пк.
- 8.11. $\approx 21''$.
- 8.12. Все линии сместились на 28 %.
- 8.13. ≈ 690 Мпк, или 2,2 млрд св. лет.
- 8.14. ≈ 1500 .
- 8.15. Около 15 млрд.
- 8.16. Г.
- 8.17. ≈ 20 кпк.
- 8.18. $\approx 0,0023$.
- 8.19. Это связано с тремя факторами: 1) значительная часть далёких галактик испытывает влияние гравитационного линзирования; 2) на таких больших расстояниях мы видим галактики в значительно более молодом виде, чем те, которые нас окружают; 3) из-за эффекта Доплера в оптическом диапазоне длин волн мы начинаем видеть излучение молодых и горячих звёзд, которое от близких галактик приходится на ультрафиолетовый диапазон.
- 8.20. На тёмную материю приходится примерно 92 % массы скопления.
- 8.21. ≈ 25 Мпк (сверхновая вспыхнула в спиральной галактике, видимой плашмя; при решении это требуется обосновать).
- 8.22. Галактика, расположенная под углом 45° к лучу зрения, будет самым удобным объектом для измерения массовой доли тёмной материи. Поглощение света звёзд пылью будет невелико, а сами звёзды будут иметь большие лучевые скорости, что позволит построить кривую вращения галактики и определить её массу.
- 8.23. 0,6; 0,3.
- 8.24. ≈ 60 млн лет.

СОДЕРЖАНИЕ

Дорогие друзья!	3
Раздел I. Введение в астрономию	5
Раздел II. Основы практической астрономии	19
Раздел III. Законы движения небесных тел	39
Раздел IV. Строение Солнечной системы	47
Раздел V. Физическая природа тел Солнечной системы	57
Раздел VI. Солнце и звёзды	67
Раздел VII. Галактики	85
Раздел VIII. Строение и эволюция Вселенной	97
Приложение	103
Справочные данные	—
Список литературы	116
Основные темы программы олимпиады школьников по астрономии	119
Ответы	123



Учебное издание

Татарников Андрей Михайлович

Угольников Олег Станиславович

Фадеев Евгений Николаевич

АСТРОНОМИЯ

Сборник задач и упражнений

10—11 классы

Учебное пособие

для общеобразовательных организаций

ЦЕНТР ЕСТЕСТВЕННО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Редакция физики

Зав. редакцией *В. В. Жумаев*

Ответственный за выпуск *Н. В. Мелешко*

Редактор *Н. В. Мелешко*

Художественный редактор *Т. В. Глушкова*

Компьютерная вёрстка

и техническое редактирование *О. С. Ивановой*

Корректоры *Е. В. Барановская, И. А. Григалашвили*

Налоговая льгота — Общероссийский классификатор продукции ОК 005-93—953000.
Изд. лиц. Серия ИД № 05824 от 12.09.01. Подписано в печать 27.03.18. Формат
70 × 90^{1/16}. Бумага офсетная. Гарнитура SchoolBookCSanPin. Печать офсетная.

Уч.-изд. л. 9,04. Тираж 4000 экз. Заказ № 324ЮГ.

Акционерное общество «Издательство «Просвещение».
127521, Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Отпечатано по заказу АО «ПолиграфТрейд»
в типографии ОАО «Альянс «Югполиграфиздат»,
ВПК «Офсет». 400001, г. Волгоград, ул. КИМ, 6. Тел.: (8442) 26-60-10.