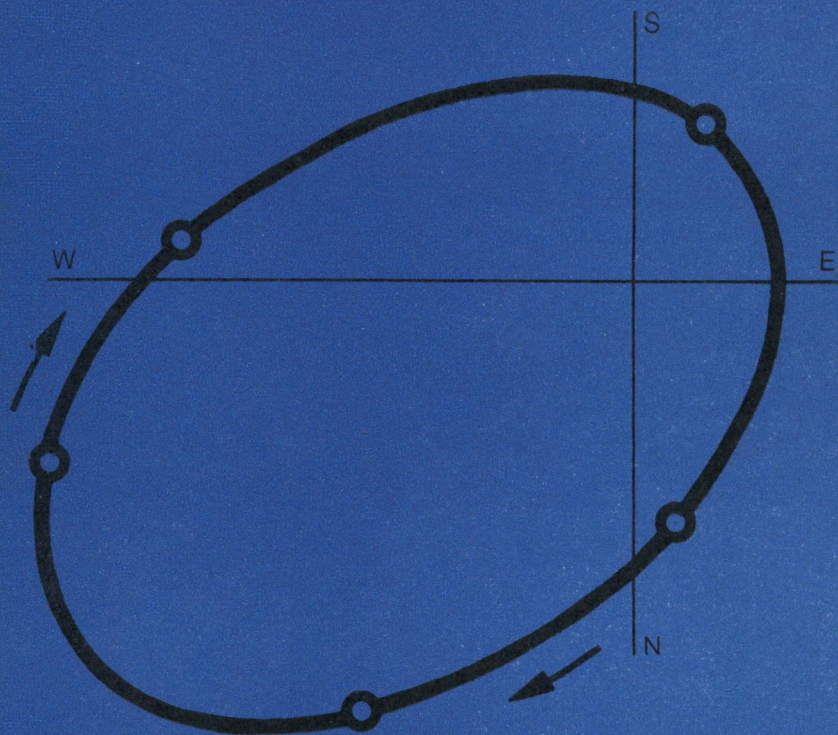


Б. А. Воронцов-Вельяминов

Сборник задач по астрономии



Б. А. Воронцов-Вельяминов

Сборник задач по астрономии

Пособие
для учащихся

МОСКВА
«ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1980

*Рекомендовано к изданию Главным управлением школ
Министерства просвещения СССР*

Борис Александрович ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ

СБОРНИК ЗАДАЧ ПО АСТРОНОМИИ

ИБ №4458

Редактор Л. С. Мордовцева

Художественный редактор В. М. Прокофьев

Технический редактор М. М. Широкова

Корректор О. В. Ивашкина



Сдано в набор 28.07.79. Подписано к печати 10.06.80. А 07001. Бумага тип. № 2. Гарн. «Таймс». Офсет.
Условн. печ. л. 3,50. Уч.-изд. л. 4,13. Тираж 650.000 экз. Заказ № 625. Цена 10 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Государственного комитета РСФСР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли Москва, 3-й проезд Марьиной роши, 41

Ярославский полиграфкомбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 150014, Ярославль, ул. Свободы, 97.

Воронцов-Вельяминов Б. А.

В75 Сборник задач по астрономии: Пособие для учащихся. —
М.: Просвещение, 1980. — 56 с., ил.

В книге содержатся задачи по всем разделам курса астрономии средней школы. Последовательность расположения задач соответствует структуре учебной программы и учебника.

В 60601—589 инф. письмо 4306021200
103(03)—80

**ББК 22.6я72
52 (075)**

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий сборник задач предназначен для учащихся средней школы. Тематика задач и их расположение соответствуют программе и учебнику. Особенность этого задачника заключается в том, что в него включены задания для самостоятельного выполнения. Самостоятельные наблюдения и измерения по рисункам и фотографиям имитируют работу ученого-астронома и дают учащимся представление о процессе познания объектов наукой. Чтобы увеличить число таких работ и полнее использовать иллюстративный материал учебника астрономии, часть самостоятельных заданий предложено выполнить по его рисункам и фотографиям. При решении задач иногда надо пользоваться подвижной картой звездного неба, табличными данными, которые также имеются в учебнике.

Помещенные в конце книги ответы помогают контролировать правильность решения задач.

I. ВВЕДЕНИЕ

САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ НАБЛЮДЕНИЙ НА НЕБЕ ДЛЯ ЗНАКОМСТВА С ТЕМ, О ЧЕМ ПОЙДЕТ РЕЧЬ В УЧЕБНИКЕ

При изучении курса астрономии совершенно необходимы самостоятельные наблюдения звездного неба. Только в этом случае вы хорошо усвоите основы науки о небе.

1. В первый же ясный вечер выйдите под вечернее небо по возможности с открытым его обзором. Найдите место, где фонари и свет окон не мешают видеть звезды. Отыщите созвездие Большой Медведицы, а по нему Полярную звезду, используйте для этого рисунок 4 учебника.

Определите стороны горизонта и запомните их относительно земных предметов. Зарисуйте положение Большой Медведицы относительно горизонта. Через 1—2 часа отметьте ее новое положение на том же рисунке. Найдите еще созвездия Кассиопеи, Лиры, Лебеда, Орла (летний треугольник).

2. Заметьте тесную группу звезд, например созвездие Лиры или Дельфина, или звездное скопление Плеяды. Сравните, сколько звезд видно в них невооруженным глазом и в бинокль. Оцените приблизительно поле зрения вашего бинокля, учитывая, что расстояние между звездами, образующими переднюю стенку ковш Большой Медведицы, составляет 5° .

У к а з а н и е. Для выполнения задания 2 нужен бинокль. Установите его по глазам на резкость: звезды при этом должны казаться точками.

3. Сначала измерьте эклиметром высоту над горизонтом Полярной звезды, затем — нескольких ярких звезд, названия которых определите, пользуясь звездной картой. Запишите результаты и покажите их учителю.

У к а з а н и е. Для выполнения задания 3 нужен эклиметр, который легко самостоятельно изготовить из транспорта, укрепив у его центра отвес, а у концов основания — визир, видимый в полутьме (например, изготовленный из белой плотной бумаги, см. рис. 1).

4. Длина дуги (а приближенно и хорды), стягивающей угол в 1° , в 57 раз короче радиуса. Угловой диаметр Луны и Солнца равен $1/2^\circ$. Следовательно, Луну и Солнце можно закрыть кружком из бумаги в 0,5 см, расположив его на расстоянии 60 см от глаза. Проверьте это.

П р и м е ч а н и е. На Солнце можно смотреть лишь через очень темную фото-пленку или закопченное стекло.

5. При помощи «Школьного астрономического календаря» и подвижной карты звездного неба найдите вечером на небе главные созвездия и планеты. Зарисуйте их положение относительно ближайших к ним, хотя бы и слабых звезд; повторите это наблюдение через 1—2 месяца. Сравните полученные результаты и объясните их.

6. Посмотрите на несколько ярчайших звезд и сравните их цвет. Запишите ваши оценки цветов. Проверьте себя, пользуясь таблицей IV, данной в конце учебника.

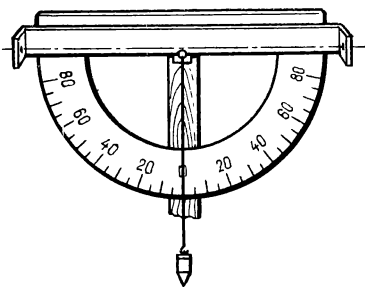


Рис. 1. Самодельный эклиметр.

Примечание. В бинокль различия цвета видны лучше.

7. Звездные величины звезд Большой Медведицы ϵ $1^m,8$; α и β $2^m,4$. Сравняя с ними, оцените приблизительно блеск других звезд этого же созвездия.

Примечание. Обозначения звезд созвездия Большой Медведицы даны на рисунке 4 в учебнике.

8. Сравняя две части рисунка 4, данного в учебнике, оцените, сколько времени прошло между двумя отмеченными положениями Большой Медведицы, если рисунки сделаны в течение одной ночи.

9. Оцените приблизительно географическую широту места, для которого сделан рисунок 4 в учебнике, учитывая, что от Полярной звезды до звезды ζ (дзета) Большой Медведицы 34° .

10. На поверхность стола в один из его углов поставьте маленький предмет, например коробку спичек. Отойдите к противоположному концу стола и при помощи транспортира измерьте два угла, образуемые короткой стороной стола и линиями, соединяющими углы стола с предметом. По двум измеренным углам и длине короткой стороны стола начертите треугольник. Графически (или тригонометрически) определите расстояние от углов стола до взятого предмета (или длину стола). Установите прямым измерением длину стола и сравните результаты.

Указание. Задание 10 удобно выполнять на длинном столе. В нем производят угловые измерения, которые астрономы выполняют на небе, применяя телескоп и точно разделенные круги: вертикальный и горизонтальный.

Примечание. Параллаксом называется угол при объекте, под которым с объекта виден базис, перпендикулярный к линии зрения. Параллакс равен 180° минус сумма углов, прилежащих к концам базиса и образуемых базисом и прямыми, соединяющими концы базиса с объектом.

Описанный опыт и есть определение расстояния путем измерения параллакса.

11. Используя описанный в задании 10 метод, потренируйтесь в определении расстояний до различных предметов, измеряя их параллакс.

12. Измерьте транспортиром угол A на рисунке 36 учебника и $\angle ASC$ на рисунке 37, линейкой — длину базисов. Вычислите по ним соответственно расстояния CA и SC , проверьте полученные результаты прямыми измерениями по рисункам.

Измерьте на рисунке 38 транспортиром углы p и r и определите по полученным данным отношение диаметров изображенных тел.

БЛЕСК СВЕТИЛ И ЗВЕЗДНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ

Предлагаемые задачи помогут усвоить понятие о шкале звездных величин. Этим старинным термином — «звездная величина» — выражают не размер звезд, а их блеск: относительное количество световой энергии, приходящей от звезды.

Условились, что звезда 1-й величины ярче, чем звезда 2-й величины, в 2,512 раза, звезда 2-й звездной величины ярче звезды 3-й величины тоже в 2,512 раза и т. д. Следовательно, звезда 1-й звездной величины ярче, чем звезда 4-й величины в $2,512 \cdot 2,512 \cdot 2,512$ раза, или в $2,512^3$ раза = $2,512^{4-1}$ раза.

Блеск звезд I и их звездные величины m связаны формулами

$$I_1 : I_2 = 2,512^{m_2 - m_1}$$

или

$$\lg(I_1 : I_2) = 0,4(m_2 - m_1).$$

Решение предлагаемых ниже задач и основано на использовании указанных зависимостей.

13. Самые слабые звезды, какие можно получить на фотографии крупнейшим в мире телескопом (советским телескопом с диаметром зеркала 6 м, установленным на Кавказе), — это звезды 24-й звездной величины. Во сколько раз они слабее, чем звезды 1-й величины?

14. У звезды блеск меняется от минимума к максимуму на 7 звездных величин. Во сколько раз меняется ее блеск?

15. Если бы мы могли звезду 4-й звездной величины (4^m) приблизить вдвое, то во сколько раз и на сколько звездных величин она стала бы казаться ярче?

16. Какое количество звезд 6-й, 5-й, 4-й и 3-й звездной величины могут дать столько света, сколько его дает одна звезда 1-й звездной величины?

17. Звезд 6^m на северном небе 2000. Сколько надо таких звезд, чтобы их суммарное излучение сравнялось с видимым излучением Сириуса ($m = -1^m,6$)?

18. В телескоп видны две очень близко расположенные друг к другу звезды одинакового блеска. А для невооруженного глаза они сливаются вместе. На сколько звездных величин их суммарный блеск отличается от звездной величины одной из них?

НЕБЕСНАЯ СФЕРА И УГЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

19. Охотник осенью идет под утро в лес по направлению Полярной звезды. После восхода Солнца он возвращается. Как должен охотник идти обратно, руководствуясь положением Солнца?

20. Есть ли различие между северным полюсом мира и точкой Севера?

21. Есть ли на Земле такое место, где человек с завязанными глазами, двинувшись, непременно пойдет на север?

22. Когда (приблизительно) восходит звезда, которая месяц назад восходила в 10 ч вечера?

23. На каком расстоянии от глаза надо поместить монету (диаметр 1,7 см), чтобы она как раз закрыла собой Луну?

24. Диаметр сферического аэростата равен 13 м. На каком расстоянии находится аэростат, если его угловой диаметр вдвое меньше лунного?

25. Определите линейное расстояние между двумя звездами, находящимися от нас на расстояниях r_1 и r_2 и видимых на небе на угловом расстоянии θ .

26. Какие наблюдения доказывают, что в годичном движении Земли ось ее вращения не изменяет своего направления в пространстве?

ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ШИРОТА МЕСТНОСТИ И ВИДИМОСТЬ СВЕТИЛ, КУЛЬМИНАЦИИ, НЕБЕСНЫЕ КООРДИНАТЫ И ЗВЕЗДНАЯ КАРТА

Для ответа на вопросы этого раздела часто достаточно использовать чертежи небесной сферы, данные на рисунках 13 и 14 учебника, и рисунок 2, изображающий небесную сферу в проекции на плоскость меридиана, данный в этом задачнике.

27. Широта Москвы $\varphi = 55^\circ 45'$. Определите угловое расстояние от точки зенита в Москве до полюса мира.

28. Наиболее южные области Советского Союза простираются до географической широты 35° . Какой угол образует там плоскость небесного экватора с горизонтом?

29. Под каким углом небесный экватор пересекает горизонт (в точках востока и запада) для наблюдателя, находящегося на широте 40° ? Каковы эти углы, если географическая широта места наблюдения будет 10; 20; 50; 70; -40° ?

30. В каких двух случаях высота светил над горизонтом в течение суток не меняется?

31. С помощью приборов, установленных на советской дрейфующей станции «Северный полюс», можно было по наблюдениям звезд определять ее местонахождение на земном шаре с точностью до 250 м. Такая точность позволяла следить за дрейфом льдины. Укажите, с какой точностью определялась географическая широта (длина дуги меридиана в 1° равна 111 км).

32. Каково склонение звезд, кульминирующих в зените, для места, географическая широта которого равна φ ?

33. Какому условию должно удовлетворять склонение δ звезды, чтобы она была незаходящей под географической широтой φ ? Чтобы она была невосходящей?

34. Каково склонение звезд, проходящих в верхней кульмина-

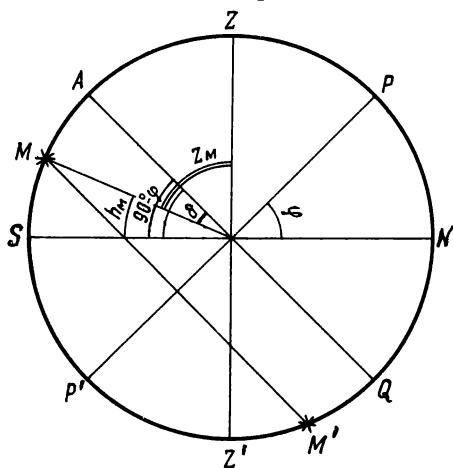


Рис. 2. Небесная сфера в проекции на плоскость меридиана.

SN — линия горизонта, AQ — линия экватора, PP' — ось мира, ZZ' — линия отвеса, Z — зенит, Z' — надир, MM' — суточная параллель произвольной звезды M . Звезда M в данном случае имеет отрицательное южное склонение δ , h — ее высота

ции через зенит городов Москвы, Киева и Тбилиси? (Географические широты городов соответственно равны: $55^{\circ}45'$; $50^{\circ}27'$; $41^{\circ}43'$.)

35. С каким предельным склонением видны звезды южного полушария в Ленинграде ($\varphi = 59^{\circ}57'$) и в Ташкенте ($\varphi = 41^{\circ}20'$)?

36. В Москве ($\varphi = 55^{\circ}45'$) в полдень высота Солнца оказалась равной $57^{\circ}17'$. Пользуясь астрономическим календарем, определите, в какой день года было сделано это измерение.

37. Укажите склонение звезды, которую из любого пункта Земли можно иногда наблюдать на горизонте.

38. Каково склонение звезды, наблюдавшейся в Архангельске ($\varphi = 64^{\circ}32'$) в нижней кульминации на высоте 10° ?

39. Докажите, что высота звезды в нижней кульминации выражается формулой: $h = \varphi + \delta - 90^{\circ}$.

40. Каково зенитное расстояние Веги ($\delta = +38^{\circ}42'$) во время ее верхней кульминации в Москве ($\varphi = 55^{\circ}45'$)?

41. На каком зенитном расстоянии бывает верхняя кульминация звезды Капеллы ($\delta = +45^{\circ}54'$) в Ленинграде ($\varphi = 59^{\circ}57'$)? в Ташкенте ($\varphi = 41^{\circ}20'$)?

42. В Одессе ($\varphi = 46^{\circ}29'$) на зенитном расстоянии $63^{\circ}5'$ наблюдалась верхняя кульминация Сириуса. Каково его склонение?

43. Выведите формулу для склонения звезд, кульминирующих в точке севера в местности с географической широтой φ ?

44. Некто уверял, что его знакомый, живя в Саратове ($\varphi = 51^{\circ}32'$), видел днем звезду Капеллу ($\delta = 45^{\circ}54'$) из очень глубокого колодца. Могло ли это быть? Ответ поясните.

ЭКЛИПТИКА И БЛУЖДАЮЩИЕ СВЕТИЛА

45. Найдите по подвижной карте звездного неба те зодиакальные созвездия, которые находятся над горизонтом и видны в зимний вечер, и те, которые видны в весенний вечер.

46. Чтобы ясно представить себе, как люди могли нанести на звездную карту положение эклиптики, измерьте эклиметром хотя бы раз в месяц полуденную высоту Солнца над горизонтом. Полученные результаты покажут вам, как Солнце смещается относительно небесного экватора. Для большей наглядности нанесите эти высоты на график, учитывая, что за каждый месяц Солнце смещается к востоку на 30° .

47. Как по виду звездного неба и его вращению установить, что вы прибыли на Южный полюс Земли?

48. Как суточные пути звезд расположены относительно горизонта для наблюдателя, живущего в СССР? Чем они отличаются от суточных путей звезд, видимых с земного экватора?

49. Полярное расстояние звезд равно $20^{\circ}15'$. Каково ее зенитное расстояние в нижней кульминации в Вологде ($\varphi = 59^{\circ}13'$)?

50. Звезда отстоит от полюса мира на 48° . Всегда ли ее можно видеть над горизонтом Одессы ($\varphi = 46^{\circ}29'$), Москвы ($\varphi = 55^{\circ}45'$), Киева ($\varphi = 50^{\circ}27'$) и Тбилиси ($\varphi = 41^{\circ}43'$)?

51. Восходит ли в Архангельске ($\varphi = 64^{\circ}35'$) Фомальгаут (α Южной Рыбы), склонение которого равно $-30^{\circ}5'$?

52. Определите, в каких местах Земли (при движении на юг) начинает быть видимым созвездие Южного Креста, расположенное в пределах южного склонения от -55 до -64° . Проследите по земному глобусу или по карте земных полушарий, в каких странах лежат эти места.

53. В полдень длина тени вертикального стержня была равна $1/3$ его высоты. Вычислите географическую широту места и укажите примерную дату наблюдения, зная, что оно производилось весной. (Склонение Солнца $\delta = +14^\circ 47'$.)

54. Между какими точками горизонта восходит и заходит Солнце в дни летнего и зимнего солнцестояний?

55. С помощью модели небесной сферы установите, сколько раз в течение года Солнце проходит через зенит для наблюдателей, расположенных на экваторе и на тропиках Земли.

56. В какие дни года Солнце достигает зенита для наблюдателя на земном экваторе?

57. Какая часть эклиптики постоянно находится над горизонтом?

58. Пользуясь «Школьным астрономическим календарем», определите экваториальные координаты α и δ Солнца 5 мая и 22 октября и найдите на карте звездного неба созвездия, в которых оно находится в эти дни.

59. Вычислите высоту Солнца над горизонтом в полдень в Казани и в Ереване в день зимнего солнцестояния.

60. С помощью «Школьного астрономического календаря» вычислите высоту Солнца над горизонтом в момент верхней кульминации 31 мая в Баку и в Горьком.

61. На какой географической широте Солнце будет кульминировать в полдень на высоте 45° над горизонтом, если в этот день его склонение равно -10° ?

62. Перечислите зодиакальные созвездия, которые в наших широтах видны над горизонтом в полночь: а) в день весеннего равноденствия, б) в день осеннего равноденствия, в) в дни каждого из солнцестояний.

63. Определите географическую широту, на которой Солнце в день летнего солнцестояния кульминирует в зените.

64. Определите географическую широту пункта, в котором в день зимнего солнцестояния кульминация Солнца происходит в точке юга.

65. С помощью «Школьного астрономического календаря» определите даты, когда Солнце становится незаходящим, когда начинается полярная ночь в Гаммерфесте ($\varphi = 71^\circ$).

66. Высота Солнца в кульминации в день летнего солнцестояния была $73^\circ 27'$ (к югу от зенита), а в день зимнего солнцестояния $26^\circ 33'$. Определите географическую широту пункта наблюдения и угол наклона эклиптики к экватору.

67. Около 1100 лет до нашей эры китайскими астрономами было установлено, что в день летнего солнцестояния высота Солнца в полдень равнялась $79^\circ 07'$ (к югу от зенита), а в день зимнего солнцестояния $31^\circ 19'$. Вычислите географическую широту φ пункта наблюдения и угол ϵ бывшего тогда наклона эклиптики к экватору.

68. Полярная звезда отстоит от полюса мира на $58'$. Чему равно ее склонение?

69. Чему равны азимуты точек севера, юга, востока и запада?

70. Чему равно склонение зенита на географической широте 42° ?
71. Каково расстояние от зенита полюса мира в местности, географическая широта которой $+23^\circ 27'$?
72. Выразите 8 ч 15 мин 11 с в дуговой мере. То же для 13 ч 20 мин; 14 ч 10 мин; 20 ч 50 мин; 23 ч 56 мин.
73. Определите прямое восхождение и склонение северного полюса эклиптики, являющейся большим кругом сферы.
74. Определите зенитное расстояние Солнца, когда длина тени от предмета равна его высоте.
75. Склонение светила $+30^\circ$, прямое восхождение 7^h . В каком созвездии находится светило (см. звездную карту)?
76. Чему равно прямое восхождение и склонение точки весеннего равноденствия?
77. Для какой точки небесной сферы и прямое восхождение, и склонение равны нулю?
78. В каких созвездиях находятся звезды, экваториальные координаты которых равны:
- $\alpha = 4^h 33^m$, $\delta = +16^\circ 25'$;
 - $\alpha = 16^h 26^m$, $\delta = -26^\circ 19'$;
 - $\alpha = 20^h 40^m$, $\delta = +45^\circ 06'$?
- Каковы собственные названия этих звезд?
79. По карте звездного неба определите экваториальные координаты (α и δ) звезд: Арктура, Бетельгейзе, Альтаира, Капеллы, Кастора и Спика. Полученные результаты сравните с координатами этих звезд, данными в приложении к учебнику (см. табл. IV).
80. Взяв по «Школьному астрономическому календарю» экваториальные координаты Юпитера на 16 апреля и 1 октября, установите с помощью подвижной карты звездного неба время его восхода и захода. Наблюдается ли Юпитер в эти дни в вашей местности?
81. Прямые восхождения звезд, равные $284^\circ 15' 17''$, $17^\circ 57' 1''$, $191^\circ 13' 59''$, выразите в часах, минутах и секундах времени.
82. Прямые восхождения звезд $3^h 17^m 9^s$, $19^h 2^m 39^s$ и $21^h 0^m 3^s$ выразите в градусной мере.
83. Выразите в градусной мере угол между кругами склонения двух звезд, из которых одна кульминировала в $5^h 12^m$, а другая — в $5^h 32^m$ звездного времени.
84. Азимут светила 45° , высота 60° . В какой стороне неба надо искать это светило?
85. Две звезды имеют одно и то же прямое восхождение. На какой географической широте обе эти звезды восходят и заходят одновременно?
86. По подвижной карте звездного неба установите дату, когда звезда, прямое восхождение которой $\alpha = 18^h$, проходит в 20^h в вашей местности через меридиан в южной стороне неба.
87. Установите по карте значения экваториальных координат ярких звезд созвездий Лебедя и Ориона.
88. Планета пересекла меридиан на $2^h 19^m$ раньше, чем звезда с координатами $\alpha = 0^h 19^m 4^s$, $\delta = +0^\circ 13'$. Зенитное расстояние планеты в этот момент

было на $19^{\circ}4'$ больше, чем у звезды в ее верхней кульминации. Каковы координаты планеты?

89. Чему равна полуденная высота Солнца в Москве ($\varphi = 55^{\circ}45'$) в день летнего солнцестояния?

90. В устье Беломорско-Балтийского канала высота полюса мира составляет $64^{\circ}33'$. На какой высоте бывает там Солнце в полдень 22 декабря?

91. Какова высота Солнца в меридиане в день летнего (зимнего) солнцестояния в Ленинграде ($\varphi = 59^{\circ}57'$); в Ташкенте ($\varphi = 41^{\circ}20'$)? под широтой $+23^{\circ}27'$? под широтой $+66^{\circ}33'$? Чем замечательны и как называются два последних круга широты?

92. За какое время Солнце, вследствие своего годичного движения по эклипке, переместится на расстояние, равное своему диаметру?

93. Укажите то созвездие, которое в вашей местности находится в зените 8 марта около полуночи.

94. Какое созвездие проходит через зенит 23 сентября в 10^h вечера в пункте вашего наблюдения?

95. Прямое восхождение первой звезды равно 5^h29^m , второй — 10^h31^m . Определите, через сколько времени кульминирует вторая звезда после первой.

96. Если сегодня некоторая звезда кульминировала в 8^h0^m вечера, когда она будет кульминировать через 10 дней?

97. Когда на южном тропике отвесно стоящий столб в солнечный день не отбрасывает тени?

98. Когда прямое восхождение и склонение Солнца изменяются быстрее всего?

99. Установите, какие созвездия в пункте вашего наблюдения восходят, проходят через меридиан на юге и заходят 22 декабря в 6^h вечера.

100. Какие из незаходящих в вашей местности созвездий пересекают меридиан (на севере и на юге) 7 ноября около полуночи?

101. Пользуясь звездной картой с нанесенной на ней эклипкой, укажите (приблизительно) точку, в которой Солнце находится в день выполнения задания, и точку, в которой оно будет находиться через месяц.

102. В каком направлении происходит суточное движение звезд для наблюдателя, находящегося в северных широтах и обращенного лицом к северному полюсу мира?

103. Как глубоко опускается центр Солнца под горизонт в полночь 22 июня в Архангельске ($\varphi = 64^{\circ}35'$)?

104. Чему равны прямое восхождение и склонение Солнца 22 марта и 23 сентября?

105. Каковы прямое восхождение и склонение центра Солнца 22 июня? Чему они равны 22 декабря?

106. Где на небесной сфере находится звезда, которая описывает над горизонтом видимую дугу в 180° , и в каких точках горизонта она восходит и заходит?

СЧЕТ ВРЕМЕНИ, ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ДОЛГОТА, КАЛЕНДАРЬ

107. Начиная с какой географической параллели вечерние и утренние астрономические сумерки ночью не сливаются друг с другом?

Примечание. Астрономические сумерки оканчиваются, когда Солнце опускается под горизонт на 18° . Гражданские сумерки оканчиваются, когда Солнце опускается под горизонт на 6° .

108. С какой географической широты начинаются белые ночи, т. е. гражданские сумерки не кончаются (см. примечание к задаче 107)?

109. В каких широтах 13 ноября Солнце не восходит, если в этот день его полярное расстояние от северного полюса мира 108° ?

110. Когда в течение суток зенитное расстояние Солнца равно 90° ?

111. Может ли звезда взойти на северо-востоке и зайти а) на северо-западе? б) на юго-западе?

112. Если звезда взойшла в точке северо-востока, то в какой точке горизонта она зайдет?

113. В то время когда в Дели $16^{\text{h}}37^{\text{m}}$, в Мадриде $11^{\text{h}}42^{\text{m}},9$ среднего местного времени. Определите разность географических долгот Дели и Мадрида.

114. Определите географическую долготу пункта наблюдения, если верхняя кульминация Солнца на его меридиане наблюдалась 23 ноября в $17^{\text{h}}56^{\text{m}}$ по московскому декретному времени.

115. Путешественники заметили, что по местному времени затмение Луны началось в $5^{\text{h}}13^{\text{m}}$, тогда как по астрономическому календарю это затмение должно было состояться в $3^{\text{h}}51^{\text{m}}$ по гринвичскому времени. Какова долгота их места?

116. Определите местное время в пункте, географическая долгота которого $7^{\text{h}}46^{\text{m}}$ (восточная), если часы, точно идущие по московскому декретному времени, показывают $18^{\text{h}}38^{\text{m}}$.

117. Часы, идущие по декретному времени, показывают в момент кульминации звезды $23^{\text{h}}40^{\text{m}}$. Сколько будут показывать эти часы через 10 сут при наблюдении того же явления?

118. В Харькове полдень, а в Казани в то же время часы показывают $12^{\text{h}}46^{\text{m}}$. Какова долгота Казани от Гринвича? (Долгота Харькова от Гринвича $2^{\text{h}}25^{\text{m}}.$)

119. В Казани часы, идущие по среднему местному времени, показывают $23^{\text{h}}46^{\text{m}}$. Сколько должны показывать в тот же самый момент часы, идущие по среднему местному времени в Новосибирске?

120. Согласно расчетам искусственный спутник Земли проходит в Куйбышеве (III часовой пояс) через заданную точку небесной сферы в $17^{\text{h}}36^{\text{m}}$ по мировому времени (т. е. времени Гринвичского меридиана). Определите момент его прохождения через эту точку по декретному времени.

121. Капитан корабля измерил в истинный полдень 22 декабря зенитное расстояние Солнца и нашел его равным $66^\circ33'$. Хронометр, идущий по гринвичскому времени, показал в момент наблюдения $11^{\text{h}}54^{\text{m}}$ утра. Покажите на земном глобусе место, где находился корабль.

122. Сколько суток содержал 1918 год в РСФСР в связи с реформой календаря?

123. Почему день весеннего равноденствия не всегда приходится на 21 марта?

124. Какой был день по новому стилю, когда по старому стилю считалось 15 февраля 1900 г.? 25 февраля 1900 г.? 5 марта 1900 г.?

125. Самолет летит со скоростью 500 км/ч из Магадана в Монреаль, рас-

стояние между которыми равно 8000 км. Когда он прибудет в Монреаль, если вылетел из Магадана 28 мая в 23⁰⁰?

II. СТРОЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

ЗАКОНЫ ДВИЖЕНИЯ ПЛАНЕТ. КОНФИГУРАЦИИ И СИНОДИЧЕСКИЕ ПЕРИОДЫ ПЛАНЕТ

Решение задач этого раздела основано на использовании:

1) формулы, определяющей соотношение между звездным T и синодическим S периодами планеты и периодом обращения Земли T_3 , выраженными в годах или сутках,

а) для внешней планеты формула имеет вид:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_3} - \frac{1}{T},$$

б) для внутренней планеты —

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_3};$$

2) III закона Кеплера, связывающего звездный T период обращения планеты с большой полуосью ее орбиты a :

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}.$$

При решении задач неизвестное движение сравнивается с уже известным путем применения законов Кеплера и формул синодического периода обращения.

126. Может ли быть Меркурий видим по вечерам на востоке?

127. Планета видна на расстоянии 120° от Солнца. Верхняя ли эта планета или нижняя?

128. 19 мая было противостояние Марса. В каком созвездии он был виден?

129. Венера была в наибольшем вечернем удалении 5 февраля. В каком созвездии она находилась?

130. Можно ли наблюдать Венеру утром на западе, а вечером на востоке? Ответ поясните.

131. Измеренное секстантом угловое расстояние планеты от Солнца оказалось равным 55°. Определите, какая это планета — верхняя или нижняя.

132. Как велико среднее расстояние от Солнца малой планеты, период обращения которой вокруг Солнца составляет 8 лет?

133. Астероид Веста совершает полное обращение вокруг Солнца в 3,63 года. Во сколько раз в среднем он отстоит дальше от Солнца, чем Земля?

134. Чему равнялся бы синодический период обращения планеты, звездный период обращения которой вокруг Солнца составлял бы 370 сут? На какое расстояние она приближалась бы к Земле?

У к а з а н и е. Звездный период обращения Земли принять равным 365 сут, орбиты считать кругами.

135. Наблюдатель заметил, что некоторая планета бывает в противостоя-

нии каждые $665\frac{1}{4}$ сут. Каково ее расстояние от Солнца в астрономических единицах?

136. Какова была бы большая полуось орбиты планеты, если бы синодический период ее обращения равнялся одному году?

137. Сохраняются ли известные на Земле конфигурации созвездий при наблюдении их с поверхности Марса?

138. Зная, что период обращения Фобоса равен $7^{\text{ч}}40^{\text{м}}$, а период осевого вращения Марса составляет $24^{\text{ч}}37^{\text{м}}$, укажите, сколько раз в течение марсианских суток и в какой части над горизонтом Марса восходит Фобос.

139. Определите звездный период обращения Марса, зная, что его синодический период равен 780 сут.

140. Зная сидерические периоды обращения Земли (365,3 сут) и Марса (687,0 сут) вокруг Солнца, определите, через какие промежутки времени Земля бывает видна с Марса как утреннее светило.

141. Синодический период обращения воображаемой планеты составляет 3 года. Каков звездный период ее обращения около Солнца?

142. Жителям Марса, если бы таковые существовали, или космонавтам на нем солнечный диск представлялся бы под углом $21',7$. Зная, что свет от Солнца до Земли доходит за $8^{\text{м}}$ и что диск Солнца виден с Земли под углом $31',0$, найдите, за сколько времени свет от Солнца доходит до Марса.

143. Сколько времени нужно лететь от Земли до Марса в межпланетном корабле, движущемся по орбите, перигелийное расстояние которой равно расстоянию Земли от Солнца (1 а. е.), а афелийное расстояние равно расстоянию Марса от Солнца (1,5 а. е.)?

144. Может ли случиться прохождение Марса, Меркурия, Юпитера по диску Солнца?

145. Известно, что спутники Марса Фобос и Деймос обращаются вокруг него на средних расстояниях, равных соответственно 9400 и 23 600 км. Определите период обращения Деймоса, если период обращения Фобоса составляет $7^{\text{ч}}40^{\text{м}}$.

146. Какова должна быть продолжительность звездного и синодического периодов обращения планеты в случае их равенства?

147. Вычислите расстояние Марса от Земли в противостоянии и в соединении, если средние расстояния этих планет от Солнца соответственно равны 228 и 150 млн. км.

148. Определите расстояние Венеры от Солнца в астрономических единицах, если ее наибольшее удаление от Солнца (элонгация) составляет 47° .

У к а з а н и е. Орбиты планет считать круговыми. Для решения задачи построить чертеж, изображающий орбиты планет и Венеру в элонгации.

149. Принимая орбиту Меркурия за круг, вычислите его среднее расстояние от Солнца (в а. е.), зная, что в средней элонгации (удаление от Солнца) Меркурий удаляется от Солнца на 23° .

150. Земля для будущих космонавтов на Марсе является то утренним, то вечерним светилом, подобно Венере для Земли. Через какие промежутки времени можно видеть Землю с Марса, кульминирующей в полночь?

151. Зная расстояния планет от Солнца, вычислите наибольшее угловое удаление Земли от Солнца, видимое с Марса.

152. На какой угол может отходить от Земли Луна для наблюдателя, находящегося на Марсе во время среднего противостояния, если расстояния от Земли до Луны и Марса считать известными?

УСЛОВИЯ ВИДИМОСТИ ПЛАНЕТ

153. Определите ближайший день наилучшей утренней видимости Венеры, зная гелиоцентрические долготы¹ на 1 января Венеры ($260^{\circ}40'$) и Земли ($99^{\circ}55'$).

154. Гелиоцентрическая долгота¹ Земли 1 января 100° , а Марса $172^{\circ}49'$. Определите видимое положение Марса на небе 1 мая того же года и 1 мая через два года.

У к а з а н и е. Определить сначала истинное положение Земли.

155. Противостояние Юпитера произошло 15 июля. Когда оно должно быть в следующий раз?

У к а з а н и е. Использовать уравнение синодического движения.

156. Наблюдатель заметил, что некая планета отходит к востоку от Солнца на 90° каждые $505\frac{1}{4}$ сут. Каковы время ее обращения вокруг Солнца и радиус орбиты?

157. Наилучшая вечерняя видимость Венеры (наибольшее ее удаление к востоку от Солнца) была 5 февраля. Когда в следующий раз наступит ближайшая лучшая видимость Венеры в тех же условиях, если звездный период обращения Венеры около Солнца 225 сут?

ТЯГОТЕНИЕ И МАССЫ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

Эти задачи связаны с применением закона всемирного тяготения

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

и точной формулы III закона Кеплера, в которую входят массы тел:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} \frac{M_1 + m_1}{M_2 + m_2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}.$$

Эту формулу удобно использовать, когда сравниваются две системы, в которых массы спутников пренебрежимо малы в сравнении с массой главного тела.

158. Что больше: ускорение, сообщаемое Землей Солнцу, или ускорение, сообщаемое Землей Луне, и во сколько раз?

159. Массы Земли и Луны относятся, как $81:1$, а радиусы их — как $1:0,27$. Чему равно ускорение свободного падения на Луне?

160. Вычислите массу Солнца, если угловая скорость обращения Земли составляет 1° в сутки. Постоянная тяготения $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$, а расстояние от Земли до Солнца считать $R = 1,49 \cdot 10^8 \text{ км}$.

161. Определите вторую космическую скорость для поверхности Луны путем сравнения с соответствующими данными для Земли.

¹ Гелиоцентрическая долгота планеты есть угол между направлением от Солнца к точке весеннего равноденствия и направлением к планете. Этот угол растет с движением планеты по орбите.

162. За сколько времени Плутон, падая на Солнце, долетел бы до него?

У к а з а н и е. Предполагается падение по дуге предельно узкого эллипса, в фокусе которого находится Солнце, а Плутон в афелии, при расстоянии Плутона от Солнца в 40 а. е.

163. Вычислите массу Нептуна, приняв за единицу измерения массы массу Земли и зная, что спутник Нептуна Тритон отстоит от центра планеты на 354 тыс. км, а период обращения его равен 5 сут 21,0 ч.

У к а з а н и е. Вычисление произвести, сопоставляя движение спутника Нептуна с движением Луны вокруг Земли.

164. Определите массу Урана, приняв за единицу измерения массы массу Земли и сравнивая движение Луны вокруг Земли с движением спутника Титания, обращающегося вокруг Урана с периодом $8^{\text{д}}17^{\text{ч}}0$ на расстоянии 438 тыс. км.

165. Вычислите массу Марса в сравнении с массой Земли по движению его спутника Фобоса, для которого $a = 9300$ км, $T = 0,32$ сут. Соответствующие величины для Луны принять равными $a_{\text{л}} = 384\,000$ км и $T_{\text{л}} = 27,3$ сут.

166. С каким периодом обращалась бы вокруг Солнца Земля на расстоянии 1 а. е. от него, если бы масса Солнца была вдвое больше?

167. Во сколько раз меньше будет весить человек на Марсе, чем на Земле, если масса Марса составляет 0,107 массы Земли, а его радиус приближенно равен 3400 км?

168. Луна в апогее на $1/9$ дальше, чем в перигее. На сколько процентов в перигее приливная сила больше, чем в апогее?

169. Во сколько раз прилив во время сизигий теоретически должен быть больше прилива во время четвертей Луны?

П р и м е ч а н и е. Сизигиями называются новолуния и полнолуния.

170. В какое время года приливообразующая сила Солнца является наибольшей и в какое — наименьшей? Сравнить эти два значения.

П р и м е ч а н и е. Эксцентриситет земной орбиты равен $1/60$.

171. Какова должна быть скорость тела, чтобы оно облетало Солнце близ самой его поверхности?

У к а з а н и е. Использовать III закон Кеплера и рассматривать искомую скорость как предельную, при которой тело уже не упадет на поверхность Солнца. Данные о массе и радиусе Солнца взять из таблиц учебника.

172. Каков должен быть период обращения тела, движущегося по кругу близ самой поверхности Солнца?

У к а з а н и е. Использовать III закон Кеплера. Необходимые данные о Солнце взять из таблиц учебника.

173. Если бы у Земли был спутник с периодом обращения в 8 лунных месяцев, каково было бы расстояние до него?

ЭЛЕМЕНТЫ КОСМОНАВТИКИ

174. Может ли период обращения искусственного спутника Земли, движущегося по законам Кеплера, быть равен 81 мин?

175. Почему внутри космического корабля, летящего с выключенными двигателями, тела невесомы?

176. Можно ли в кабине космического корабля, вращающегося вокруг Земли по окружности на высоте 100 км, взвешивать тела на рычажных или пружинных весах? А на высоте 1000 км?

177. 9 января 1978 г. прекратил существование экспериментальный спутник «Космос-979», стартовавший 27 декабря 1977 г. с высотой в перигее 210 км, а в апогее 348 км. Каков был период его обращения?

178. Космонавт В. В. Терешкова пролетела над Берлином в космическом корабле на высоте 170 км. Могла ли она одновременно видеть и Москву, отстоящую от Берлина на 2000 км?

У к а з а н и е. Для определения «дальности горизонта» сделать чертеж, проводя от космического корабля касательные к земному шару.

179. Сколько витков вокруг Земли должен сделать космический корабль, летящий по полярной круговой орбите на высоте 271 км, чтобы приземлиться в районе старта?

П р и м е ч а н и е. Спутник Земли, движущийся по орбите, в плоскости которой лежат полюсы Земли, называется полярным.

180. Какова скорость искусственных спутников Земли, движущихся по окружности на высотах 125, 250, 500 и 1000 км? Вычислите то же для искусственных спутников Марса.

181. Если высота полярного спутника 250 км (см. примечание к задаче 179), то на сколько километров к западу будет смещаться за один оборот проекция его орбиты на Земле на широте $57^{\circ}37'$?

182. Космический корабль «Союз-26», запущенный 10 декабря 1977 г., стыковавшийся с космической станцией «Салют-6» 11 декабря, совершил посадку 16 января 1978 г. Он имел высоту перигея 267 км и период обращения 90,2 мин. Какова была высота его апогея?

183. Почему первые три советских искусственных спутника Земли не стали ее вечными спутниками, наподобие Луны, а просуществовали сравнительно недолго?

184. Какова будет скорость искусственного спутника Луны, облетающего ее поверхность на высоте 50 км?

185. После отделения ракеты-носителя от спутника ракета-носитель движется вначале за спутником, а затем обгоняет его. Почему?

186. Советские межпланетные станции «Марс-2» и «Марс-3», запущенные к Марсу в мае 1971 г., достигли его и стали искусственными спутниками Марса по команде с Земли через 192 и 188 сут полета. На сколько полет их был продолжительнее, чем при движении по полуэллиптической орбите, соответствующей среднему расстоянию Марса от Земли в противостоянии?

187. У советских межпланетных станций «Марс-2» и «Марс-3» минимальные удаления от поверхности Марса и периоды обращения соответственно составляли 1380 и 1500 км и 18 ч и 11 сут. Каково было максимальное удаление спутников от поверхности Марса?

188. Противостояние Марса было 10 августа 1971 г. Советские межпланетные станции «Марс-2» и «Марс-3» подлетели к нему соответственно 27 ноября и 2 декабря 1971 г. Изобразите на чертеже взаимное расположение в это время Солнца, Земли и Марса, считая орбиты планет круговыми.

189. Вычислите линейные скорости космического корабля в перигее и в апогее, если известно, что в перигее он пролетает на высоте 227 км над поверхностью океана и большая ось его орбиты составляет 13 900 км.

ЗЕМЛЯ

190. Если суточное вращение Земли с течением веков постепенно замедляется (как это недавно действительно установлено), то как будут по часам, регулируемым по вращению, протекать астрономические явления — быстрее или медленнее, чем прежде?

191. Если бы вращалась не Земля, а небо, то какую скорость должна была бы иметь при своем суточном движении вокруг Земли звезда α Центавра, от которой свет доходит до нас за 4 года и склонение которой равно -60° ?

192. На какой широте отклонение к востоку тела, падающего с данной высоты, будет наибольшим?

193. Вычислите отклонение к востоку тела, падающего с башни высотой 100 м, построенной на экваторе.

194. Вычислите отклонение маятника Фуко за 1 ч на широтах 30; 60; 45; 75; 89; 90; 0° и в вашем городе.

195. С какой скоростью движется Ленинград ($\varphi = 59^\circ 57'$) вследствие суточного вращения Земли? (Средний радиус Земли $R = 6371$ км.)

196. Каковы скорости точек земной поверхности вследствие суточного движения Земли: а) на экваторе; б) на широте $\varphi = 48^\circ 24'$, если средний радиус земного шара равен 6371 км?

197. На какой широте находится место, движущееся при суточном вращении Земли вдвое медленнее Москвы ($\varphi \approx 56^\circ$)? вдвое скорее Мурманска ($\varphi = 69^\circ$)?

198. Как изменились бы качественно времена года, если бы эксцентриситет земной орбиты увеличился до 0,5?

199. Если бы ось вращения Земли была перпендикулярна к плоскости эклиптики, как это повлияло бы на продолжительность дня в разных точках Земли в разное время года? Как это повлияло бы на времена года и на климаты Земли?

200. При каком наклоне земной оси к плоскости ее орбиты южный полярный круг совпал бы с южным тропиком?

201. Как велика скорость движения Земли вокруг Солнца, в предположении, что это движение происходит равномерно по кругу, радиусом 149 600 000 км, с периодом обращения, равным $365\frac{1}{4}$ сут?

202. На сколько изменится продолжительность года, если расстояние Земли от Солнца увеличится на 1 м? Орбитальную скорость Земли считать неизменной.

203. Если Землю представить глобусом диаметром 3 м, то как выразится тогда сжатие Земли?

204. Ньютоново доказательство сжатия Земли предполагает заранее, что Земля вращается. Какие доказательства не зависят от этого предположения?

205. Как велико центростремительное ускорение тела, помещенного на земном экваторе на уровне моря? Радиус Земли $R = 6378$ км, время ее вращения $T = 86\,164$ ср. солн. с.

206. Как велико ускорение свободного падения на экваторе, если секундный маятник имеет там длину $l = 991,03$ мм?

207. На экваторе ускорение свободного падения равно ($g_0 = 9,781$ м/с²), на широте φ $g = 9,781 (1 + 0,00512 \sin^2 \varphi)$ м/с². Вычислите длину секундного маятника в Днепропетровске ($\varphi = 48^\circ 20'$).

208. Если бы земная поверхность была лишена воды, то как это повлияло бы на среднюю температуру, на суточный ход температуры в каком-либо месте и на ход ее на всей поверхности Земли?

209. Если бы масса земной атмосферы уменьшилась, то как это повлияло бы на среднюю температуру, на суточный ход ее в каком-либо месте и на ход ее на всей поверхности Земли?

210. Сравните яркость освещения равновеликих площадей на экваторе, северном тропике и северном полярном круге во время равноденствий в полдень, когда Солнце достигает в соответствующих местах своей наибольшей высоты над горизонтом.

211. Каково должно быть (теоретически) отношение интенсивностей освещения и нагревания горизонтальной почвы в полдень в Саратове ($\varphi = 51^\circ 32'$), в дни 22 июня и 23 сентября?

212. Сравните количества теплоты, получаемые почвой в дни летнего и зимнего солнцестояний, для местностей, лежащих на широтах 65° ; 45° ; $23\frac{1}{2}^\circ$ и 0° . Полученные для каждого места отношения сравните между собой и сопоставьте с данными, известными из географии.

213. Сравните отношения количеств теплоты, получаемых на единицу поверхности в Москве ($\varphi = 55^\circ 45'$) в дни летнего и зимнего солнцестояний и в дни прохождения Земли через перигелий (зимой) и через афелий (летом). Во сколько раз влияние наклона солнечных лучей больше влияния изменения расстояния от Солнца (в Москве)?

Примечание. Эксцентриситет земной орбиты $e = 0,017$.

214. На экваторе ускорение свободного падения равно $9,781$ м/с². Во сколько раз быстрее должна была бы вращаться Земля, чтобы тела на экваторе были невесомыми?

215. Вычислите линейное расстояние между пунктами A и B по параллели Земли, если географические координаты пунктов соответственно равны $\varphi = 45^\circ$ (северная), $\lambda = 35^\circ$ (восточная) и $\varphi = 45^\circ$ (северная), $\lambda = 70^\circ$ (западная).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАССТОЯНИЙ ДО ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ И ИХ РАЗМЕРОВ. ПАРАЛЛАКС

При решении этих задач необходимо помнить, что горизонтальный параллакс — это угол, под которым со светила виден радиус Земли, перпендикулярный к лучу зрения. Параллакс изменяется обратно пропорционально расстоянию до светила

$$D = \frac{R_3}{\sin p}.$$

Зная расстояние до светила D и измерив его угловой диаметр ρ (при условии, что светило имеет видимый диск), можно вычислить его линейный радиус

$$r = D \sin p$$

или при малых углах

$$r = \frac{\rho}{p} R_3.$$

216. Каков угловой диаметр Солнца, рассматриваемого с Нептуна? Во сколько раз солнечное освещение на Нептуне слабее, чем на Земле?

217. Каково расстояние от Венеры до наблюдателя, если ее угловой диаметр равен $1'$, а линейный — $12\,200$ км?

218. На какое угловое расстояние от Солнца может удалиться Земля для наблюдателя на Марсе? на Нептуне?

219. Диаметр Луны составляет $0,27$ диаметра Земли. Пренебрегая расстоянием от Земли до Луны, определите горизонтальный параллакс Солнца для наблюдателя, находящегося на Луне.

220. Чему равен горизонтальный параллакс Марса, когда эта планета находится ближе всего к Земле ($0,378$ а. е.)? Горизонтальный параллакс Солнца равен $8'',8$.

221. Каков наибольший угловой диаметр Земли, рассматриваемой с Марса на расстоянии $0,378$ а. е.?

222. Нептун находится от Солнца на расстоянии 30 а. е. Чему равен его горизонтальный параллакс на среднем расстоянии от Земли? Чему равен годичный параллакс Нептуна?

223. Чему равен горизонтальный параллакс Юпитера, когда он находится от Земли на расстоянии 6 а. е.?

224. В момент противостояния Юпитера он удален от Земли на 628 млн. км; угловой диаметр его тогда равен $47''$; 2. Исходя из этого, определите линейный радиус Юпитера.

225. Наименьшее расстояние Венеры от Земли — 40 млн. км; в этот момент угловой радиус Венеры равен $32'',4$. Исходя из этого, определите линейный диаметр этой планеты.

226. Зная, что горизонтальный суточный параллакс Луны равен $57'2'',7$, а угловой радиус Луны — $15'32'',6$, вычислите расстояние до Луны и ее линейный радиус, выраженные в радиусах Земли, а также поверхность и объем Луны, по сравнению с таковыми для Земли.

227. Экваториальный горизонтальный параллакс Солнца равен $8'',79$ с точностью до $0'',01$. Укажите в процентах и в километрах точность, с которой по этим данным получается расстояние до Солнца.

228. Параллакс Солнца $8'',8$, а видимый его радиус равен $16'1''$. Во сколько раз радиус Солнца больше радиуса Земли? Сколько километров составляет диаметр Солнца?

229. Чему равен угловой диаметр Земли, видимый с Юпитера во время ее прохождения по диску Солнца? Известно, что расстояние Юпитера от Солнца $5,2$ а. е., а параллакс Солнца равен $8'',8$.

230. Под каким углом видна Венера с Земли во время верхнего соединения и во время прохождения ее по диску Солнца? Под каким углом видна в это время Земля с Венеры? Луна с Венеры? Параллакс Солнца $8'',8$. Расстояние Венеры от Солнца равно $0,72$ а. е. Диаметр Луны составляет $0,27$, а диаметр Венеры $0,95$ диаметра Земли.

231. Докажите, что в момент среднего противостояния Марс с Земли виден

почти точно под таким же угловым диаметром, как Луна с Венеры. Почему в этих условиях Луна с Венеры должна казаться ярче, чем Марс с Земли?

232. Однажды видимый радиус Юпитера был найден по измерениям микрометром, он составлял $17'',75$. Вычисленное в этот день расстояние до планеты (элементы ее орбиты известны) равнялось 5,431 а. е. Определите диаметр Юпитера в сравнении с земным, если параллакс Солнца $8'',80$.

233. Во время наибольшего приближения Марса к Земле (на расстояние в 56 000 000 км) его угловой диаметр равен $25''$. Каков его линейный диаметр?

III. ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

При решении этих задач надо использовать принцип Доплера

$$\lambda = \lambda_0(1 + \frac{v}{c}).$$

(При удалении v считается положительной величиной, при приближении — отрицательной.)

Выполняя задания со спектрограммами, надо помнить, что *дисперсия спектра* — число ангстремов, укладываемых в 1 мм в масштабе спектрограммы.

234. Используя спектрограмму, данную на рисунке 41 в учебнике, оцените для каждого участка спектра его дисперсию. Измерьте смещение линий железа в спектре звезды относительно соответствующих линий в спектрах сравнения с точностью до 1 мм.

У к а з а н и е. Надо измерять смещение центров темных линий в спектре звезды относительно средин ярких линий в спектрах сравнения. Размеры этих смещений, умноженные на число ангстремов, укладываемых в 1 мм в данном участке спектрограммы, дают разность длин волн — звездной и лабораторной ($\lambda' - \lambda$) — в ангстремах.

Определите лучевую скорость звезды относительно Земли.

У к а з а н и е. Использовать несколько линий и за окончательный результат принять среднее из полученных скоростей.

235. На серии фотографий спектров (рис. 3) далеких звездных систем (галактик) измерьте огромные сдвиги линий поглощения H и K ионизированного кальция по отношению к ярким линиям паров железа в спектре земного источника и по ним определите скорости движения галактик.

У к а з а н и е. Длины волн надписаны около линий. Длина волны линий H и K в земных условиях соответственно равна 3968 и 3964 Å.

Масштаб спектра, т. е. число ангстремов в 1 мм фотографии, оценить, измерив линейкой (в мм) расстояние между ближайшими к H и K линиями спектра сравнения, расположенными по обе стороны от H и K . Длину волны смещенных линий H и K определить графической интерполяцией по чертежу этого участка спектра, выполненного в масштабе на миллиметровой бумаге.

236. Дисперсия спектрограммы звезды 60 Å/мм около H_γ . Эта линия в спектре звезды смещена с нормального положения на 0,005 мм к фиолетовому концу спектра. Какова по принципу Доплера скорость звезды в километрах в секунду? Лабораторная длина волны линии H_γ равна 4341 Å.

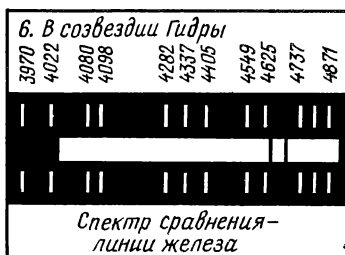
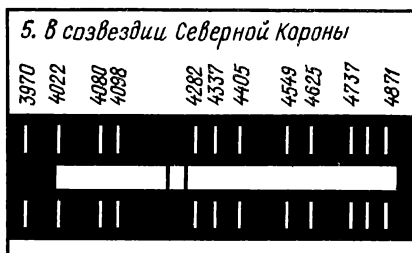
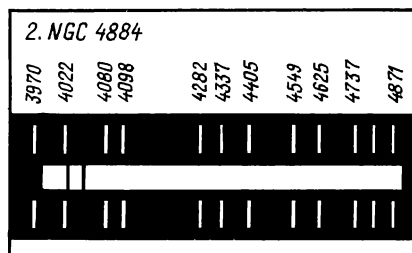
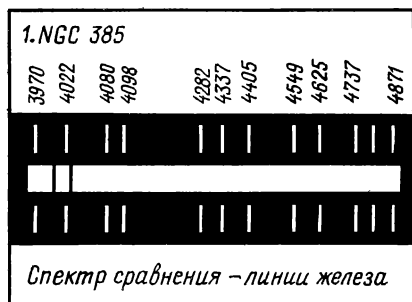


Рис. 3. Красные смещения линий в спектрах далеких звездных систем — галактик. Выше и ниже данных спектров помещены спектры сравнения земного источника из ярких линий излучения, над которыми надписаны их длины волн в ангстремах.

237. Допустим, что дисперсия спектрографа линейна и что весь видимый глазом спектр звезды (от фиолетового цвета до красного) занимает на пластинке длину 5 см. Каково должно быть в этом случае линейное смещение на пластинке линии спектра, имеющей в лаборатории длину волны 5000 \AA , если звезда приближается к нам со скоростью 10 км/с ?

238. В спектре звезды линия кальция ($\lambda = 4227 \text{ \AA}$) оказалась смещенной к фиолетовому концу спектра на $0,70 \text{ \AA}$. Определите, с какой скоростью звезда движется, приближается ли она к нам или удаляется.

239. Линия K ионизированного кальция в фиолетовой части спектра с лабораторной длиной волны 3934 \AA сдвинута в спектре звезды на 4 \AA к синему концу спектра. В какую сторону и с какой скоростью движется звезда?

240. В спектре головы кометы желтая линия паров натрия с нормальной длиной волны 5893 \AA смещена на $0,6 \text{ \AA}$ к красному концу спектра. Вычислите по формуле Допплера скорость движения кометы.

241. Если звезда лежит в плоскости эклиптики и мы движемся с Землей по ее орбите прямо к ней, а через полгода удаляемся от нее, то на сколько изменится за полгода наблюдения длина волны линии гелия 5876 \AA ?

242. Можно ли, применяя принцип Допплера, измерить скорость движения космической ракеты при запуске, используя ее радиодатчик?

243. С какой точностью (в мм) надо измерить положение линии в спектре, чтобы определить скорость движения звезды по линии натрия (5893 \AA) с точностью до 1 км/с , если дисперсия спектрографа составляет 300 \AA/мм ?

ПЛАНЕТЫ

Здесь содержатся вопросы, основанные на пройденном материале и дополняющие представления о физике планет.

244. Считая, что человеческий глаз еще может различать детали, видимые под углом $2'$, вычислите (в км) размер наименьших деталей, видимых на Марсе в телескоп с увеличением в 600 раз, во время противостояния Марса, когда его угловой диаметр равен $25''$.

Примечание. Заметим, что увеличение более 600 раз для наблюдений Марса применять не удастся вследствие колебаний воздуха в земной атмосфере.

245. Как делится на климатические пояса поверхность планеты, ось которой образует с плоскостью орбиты угол около 65° , как у Марса?

246. Рассчитайте скорость, достаточную для того, чтобы космический корабль мог улететь с Марса.

247. Каков промежуток времени (выраженный в марсианских солнечных сутках) между двумя последовательными верхними кульминациями Фобоса, наблюдаемыми на Марсе? Солнечные сутки Марса составляют $24^{\text{ч}}37^{\text{м}}$ средн. солн. времени. Звездный период обращения Фобоса равен $7^{\text{ч}}39^{\text{м}}$ средн. солн. времени.

248. Допустим, что вся масса кольца Сатурна собрана в один большой спутник, обращающийся вокруг планеты на расстоянии середины кольца и имеющий ту же плотность, что у частиц, составляющих кольцо. Усилилось бы или нет ночное освещение на Сатурне в тех местах, где кольцо с планеты хорошо видимо?

249. Почему терминатор Венеры при наблюдении его с Земли имеет форму дуги эллипса?

250. При каких конфигурациях диск верхней планеты имеет наибольший ущерб?

251. Принимая, что ось вращения Урана располагается в плоскости его орбиты, опишите смену дня и ночи и смену времен года на этой планете, если период ее вращения вокруг оси равен $10^4,8$, а период обращения вокруг Солнца составляет 84 земных года.

252. Предположим, что Земля и Нептун находятся приблизительно на одной прямой между Солнцем и ближайшей звездой. На сколько ярче казалась бы звезда с Нептуна, чем с Земли?

253. Каков синодический период Деймоса для наблюдателя, находящегося на Марсе?

254. Фобос — внутренний спутник Марса — отстоит от его центра на 2,8 радиуса планеты. Диаметр Марса составляет 2,0 диаметра Луны. Во сколько раз угловой диаметр Марса, видимый с Фобоса, кажется больше, чем для нас кажется диаметр Луны?

255. Какой вид имеет кольцо Сатурна для наблюдателей, находящихся на экваторе и на полюсах Сатурна?

КОМЕТЫ И МЕТЕОРЫ

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

257. Какие наблюдения доказали бы, что кометы не находятся в земной атмосфере, как это предполагалось в древности?

258. Можно ли длину кометного хвоста в километрах определить с большой точностью?

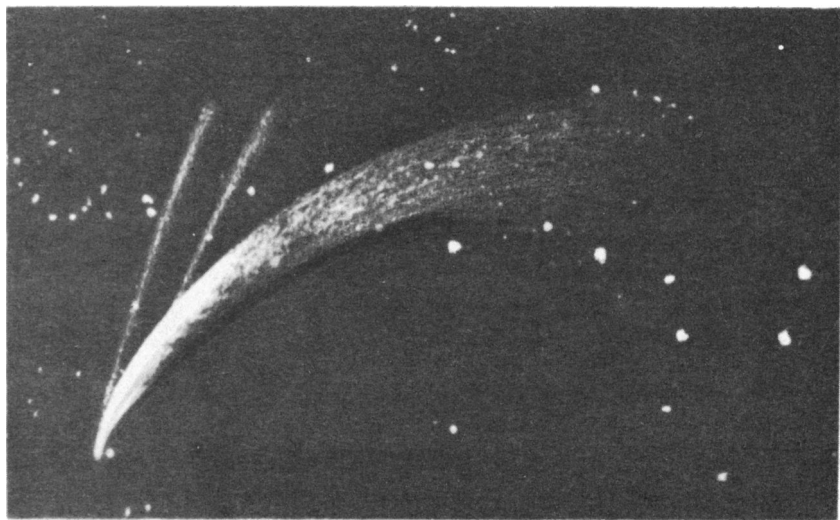


Рис. 4. Комета Донати.

259. По рисунку кометы Донати 1858 г. (рис. 4) определите длину кометного хвоста в километрах, зная, что расстояние кометы от Земли равно 57 млн. км.

У к а з а н и е. Хвост считать лежащим в плоскости, перпендикулярной к лучу зрения.

260. Может ли комета, периодически возвращающаяся к Солнцу, вечно сохранять свой вид неизменным?

261. С помощью III закона Кеплера вычислите период кометы, афелий которой находится на расстоянии 140 000 а. е., что составляет около половины расстояния до ближайшей известной звезды.

262. У орбиты кометы Энке большая полуось составляет 2,22 а. е., а эксцентриситет 0,847. Начертите орбиту этой кометы и определите по чертежу ее расстояние от Солнца в перигелии и в афелии.

263. При приближении к Земле и к Солнцу блеск некоторой кометы ослабел. Чем можно объяснить это явление?

264. Одна из комет, открытых Г. Н. Неуйминым, проходила через перигелий 9 марта 1916 г. Позднее наблюдались кометы со сходными элементами орбит, прошедшие через перигелий 16 января 1927 г., 22 июня 1932 г. и 1 мая 1943 г. Если это различные появления одной и той же кометы, то каков ее период обращения вокруг Солнца?

265. Когда среди звезд наблюдается полет яркого метеора, затмевающего своим блеском звезды, как это должно выглядеть для наблюдателя, рассматривающего Землю с Луны?

266. Метеоры из потока Леонид имеют радиант с прямым восхождением 10^h и наблюдаются 14 ноября. В какое время ночи они видимы?

267. Зная, что период обращения потока Леонид равен $33\frac{1}{4}$ года, определите большую полуось их орбиты.

268. Оцените примерную ширину метеорного потока Персеид в километрах, зная, что они наблюдаются с 16 июля по 22 августа.

269. Фотографирование метеоров показало, что радиант их занимает на небе некоторую площадь, т. е. продолженные назад их пути не пересекаются строго в одной точке. На что указывает этот факт?

270. Докажите, что истинная длина пути метеора в атмосфере

$$L = r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2\cos l,$$

где r_1 и r_2 — расстояния начала и конца пути метеора от наблюдателя, а l — видимая угловая длина его пути.

271. Болид, замеченный на расстоянии 0,5 км от наблюдателя, имел видимый диск вдвое меньше лунного. Каков был его действительный диаметр?

272. Если нанести на географическую карту пункты падения известных метеоритов, упавших в азиатской части СССР, то окажется, что почти все они расположены вблизи линии Сибирской железнодорожной магистрали. Чем это объяснить?

ЛУНА, ЕЕ ДВИЖЕНИЕ И ПРИРОДА

273. Сколько оборотов вокруг своей оси в течение года делает Луна по отношению к Солнцу?

274. Какова длина звездных суток на Луне? Сколько времени продолжаются там день и ночь?

275. Луна восходит не менее двух минут, если ее наблюдать на Земле. В течение какого времени восходит Земля для наблюдателя на Луне?

276. Зная радиус Луны, определите дальность видимого горизонта на лунной поверхности с высоты человеческого роста (1,7 м).

277. На краю лунного диска видна гора, выступающая над ним на $0',03$. На основании того, что линейный диаметр Луны равен 3476 км, а угловой диаметр $30'$, найдите высоту этой горы в километрах.

278. Опишите, как происходит на небе для наблюдателя, находящегося на Луне, «суточное» и «годовое» движения Земли и Солнца.

279. Можно ли с Луны видеть Землю в момент новоземелия (с Земли Луна в новолунии не видна)?

280. Земля имеет отражательную способность в 6 раз большую, чем Луна. Во сколько раз земное освещение на Луне ярче лунного освещения на Земле?
Примечание. Диаметр Луны составляет 0,272 земного.

281. Во сколько раз свет Луны в полнолуние слабее солнечного, если звездная величина Луны $-12^m,5$, а Солнца $-26^m,7$?

282. Укажите одну из причин того, что свет Луны в первой или в последней четверти составляет меньше половины ее света в полнолуние.

283. Одинаковый ли вид имеет Солнце с Луны и с Земли?

284. Когда на Земле 11—12 августа наблюдается много падающих звезд — метеоров, могут ли наблюдаться они и на Луне?

285. Можно ли, находясь на Луне, наблюдать лунные полярные сияния?

286. Во сколько раз сила тяжести на поверхности Луны меньше, чем на поверхности Земли, если масса Луны в 81 раз, а радиус в 3,7 раза меньше соответственно массы и радиуса Земли?

287. Вычислите продолжительность сидерического месяца, зная, что средняя скорость движения Луны по орбите составляет $13^\circ 11'$ в сутки.

288. Определите среднее значение орбитальной скорости Луны, принимая ее орбиту за круговую и зная, что среднее расстояние от Земли до Луны равно 384 000 км и что сидерический месяц содержит 27,3 сут.

289. Можно ли наблюдать восход Луны в каждые календарные сутки?

290. В какие времена года Луна, находясь в полнолунии, кульминирует в данном пункте на наибольшей и наименьшей высотах?

291. Вычислите наибольшую возможную высоту Луны над горизонтом в Одессе и в Перми, зная, что наклон лунной орбиты к эклиптике равен $5^\circ 09'$.

292. В какой части неба находится полная Луна, если ее наблюдать за 4 ч до полуночи?

293. В какой фазе будет находиться Луна в день осеннего равноденствия, если в это время ее прямое восхождение равняется $18^h 20^m$?

294. В какое время суток наблюдается Луна через неделю после новолуния?

295. На каком краю Луны нужно ожидать покрытие звезды Луной и на каком краю открытие?

296. Море Москвы, расположенное на невидимой стороне Луны, имеет поперечник около 300 км. Можно ли было бы видеть его с Земли невооруженным глазом, если бы оно находилось на обращенном к Земле полушарии Луны, принимая во внимание, что разрешающая способность глаза равна $1'$?

297. Где на небе видит Землю космонавт, находящийся в центре видимого для нас полушария Луны?

298. Может ли космонавт, высадившийся на поверхности Луны, ориентироваться на ней с помощью магнитного компаса?

299. Как выглядит звездное небо для космонавта, находящегося на Луне, и как оно выглядит с космического корабля, облетающего Землю?

ЗАТМЕНИЯ

300. Какой край солнечного диска, восточный или западный, впервые соприкасается с Луной при затмении Солнца?

301. Может ли произойти кольцеобразное затмение Солнца, когда Луна во время затмения находится в перигее? в апогее?

302. Что видит космонавт, находящийся на Луне, во время солнечного затмения?

303. Когда наблюдатель на Луне видит частное затмение Солнца Землей, что видит в это время земной наблюдатель?

304. Почему не может быть кольцеобразного затмения Луны?

305. Какие признаки отличают неполные фазы затмения Луны от обычных ее фаз?

306. Может ли полное лунное затмение наблюдаться в полдень по местному времени?

307. Бывают случаи, когда Луна, находящаяся в полном затмении, восходит раньше захода Солнца, так что оба светила видны одновременно, и, следовательно, Солнце должно быть видно с Луны, а между тем Луна в затмении. Как это объяснить?

308. Может ли середина полного затмения Луны наблюдаться в 4 ч утра по местному времени?

309. Если в текущем году лунное затмение произошло в августе, может ли в июле следующего года произойти другое лунное затмение? Может ли оно произойти в октябре текущего года, и если нет, то почему?

310. Можно ли, находясь в Мурманске ($\varphi = 69^\circ$), наблюдать в декабре солнечное затмение?

311. Почему во время частных фаз солнечного затмения пятна света в тени листвы имеют форму серпов?

312. Какие затмения, солнечные или лунные, чаще наблюдаются в Киеве? в Иркутске?

313. Вычислено, что большая полуось лунной орбиты постепенно увеличивается. Когда она увеличится на 10%, будут ли происходить на Земле полные солнечные затмения?

314. Может ли произойти покрытие Юпитера Луной во время затмения Луны? А покрытие Венеры?

315. В 1963 г. наблюдались два солнечных затмения: кольцеобразное 25 января и полное 20 июля. Вычислите приближенные даты ближайших солнечных затмений, соответствующих указанному, в новом саросе.

316. При каких условиях центральное полное лунное затмение будет иметь наибольшую продолжительность?

317. В 1941 г. было два солнечных и два лунных затмения, а именно: 13 марта — частное лунное, 27 марта — кольцеобразное солнечное, 5 сентября — частное лунное и 21 сентября — полное солнечное затмение. Предскажи-

те на основании сароса, когда эти затмения были после 1941 г. и когда повторятся в ближайшее время.

318. Определите по карте полосы полного затмения Солнца, когда была середина затмения и какова его наибольшая фаза в Москве. Определите то же для Горького, Омска и Туапсе.

Примечание. Такие карты помещены в ряде выпусков «Школьного астрономического календаря».

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ПЛАНЕТ И КОМЕТ

Указание. В задачах, где потребуется знать радиус планеты или Солнца в масштабе (в мм), а на рисунке дана только часть их края, радиус кривизны дуги следует определять путем подбора, сведя отрезок края на кальку.

319. Определите по цветным рисункам полярной шапки Марса, сделанным с месячными интервалами (см. рисунки на переднем форзаце учебника), видимую площадь полярной шапки. Диаметр Марса 6800 км.

Указание. Тем, что шапка видна не вся и что мы видим ее в проекции, пренебречь.

320. По зарисовкам полярной шапки Марса (рис. 5) постройте график изменения ее размеров в процессе таяния. Диаметр Марса 6800 км.

321. Два рисунка Марса (рис. 6) сделаны у телескопа один через 2 ч после другого. Отождествите на них общие детали и, оценив угол поворота планеты за эти 2 ч, приблизительно определите время суточного вращения Марса.

Указания. 1) θ — угол поворота детали планеты определяется из того, что ее линейное видимое смещение по хорде, считая от центрального меридиана, равно $r \sin \theta$, где r — радиус круга, описываемого этой деталью.

2) При оценке угла поворота помнить, что видимый диск планеты есть проекция ее поверхности на картинную плоскость.

322. а) Измеряя положения одних и тех же облачных деталей Юпитера на двух верхних или двух нижних рисунках (см. рис. 7), определите период его вращения.

б) Сделайте то же самое по рисунку 8.

в) Попытайтесь оценить период вращения Юпитера по двум зарисовкам полос на нем (см. среднюю часть рис. 7), зная, что он гораздо короче, чем земные сутки.

Примечания. 1) Выполняя эти задания, учесть указания к заданию 321.

2) Ответы к заданиям 321 и 322 даны в таблице V Солнечной системы, помещенной в учебнике. Вы можете дать ответ лишь приближенный, но тем точнее, чем точнее будут ваши измерения.

323. Оцените по измерению цветного рисунка Сатурна (см. рисунок на переднем форзаце учебника) расстояние (в км) от поверхности Сатурна до внутреннего края кольца и ширину отдельных колец Сатурна, зная диаметр Сатурна (около 120 000 км).

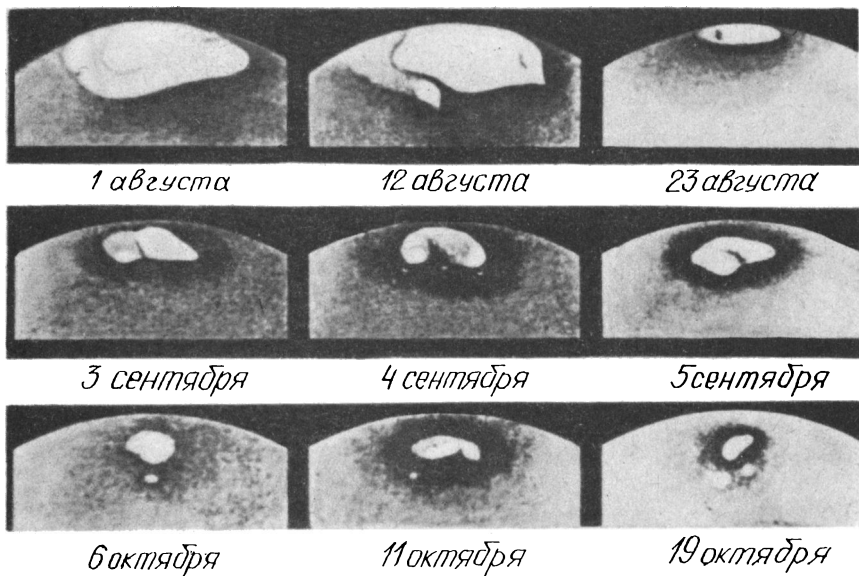


Рис. 5. Таяние полярной шапки Марса.

Даты зарисовок даны по земному календарю.

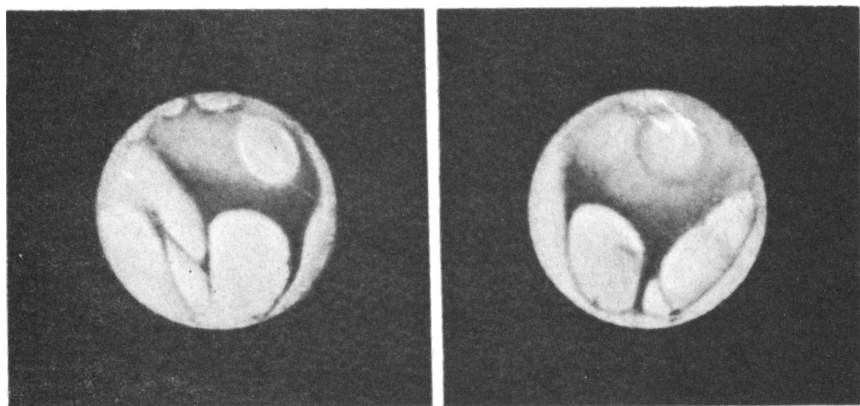
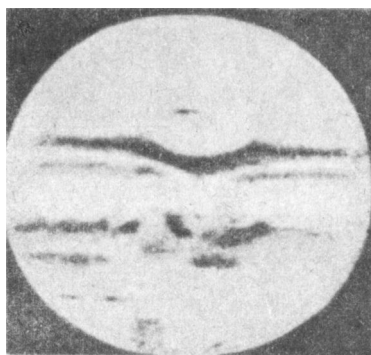
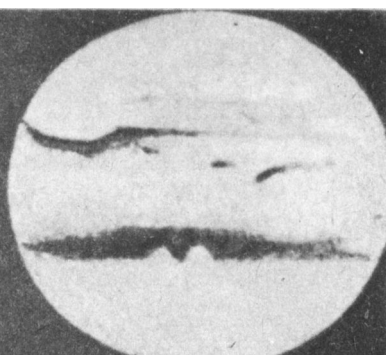


Рис. 6. Две зарисовки Марса.

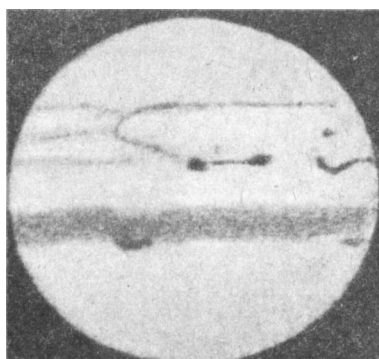
Одна из них сделана через два часа после другой.



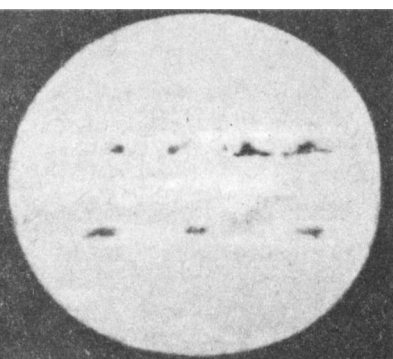
19 июня, 8^ч 55^м



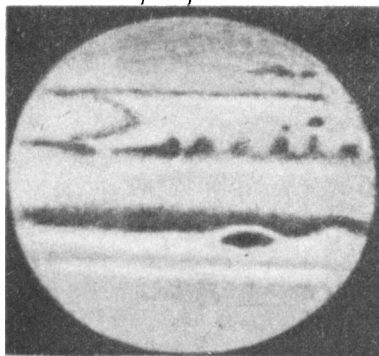
19 июня, 10^ч 40^м



20 февраля, 7^ч 5^м



22 февраля, 9^ч 0^м

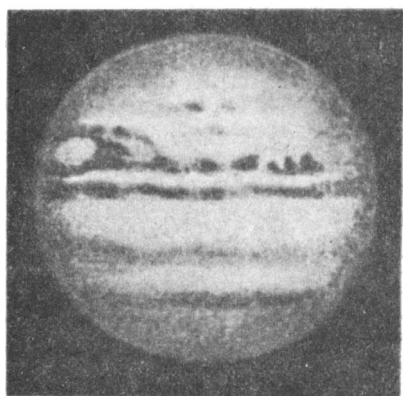


27 февраля, 8^ч 50^м



27 февраля, 10^ч 35^м

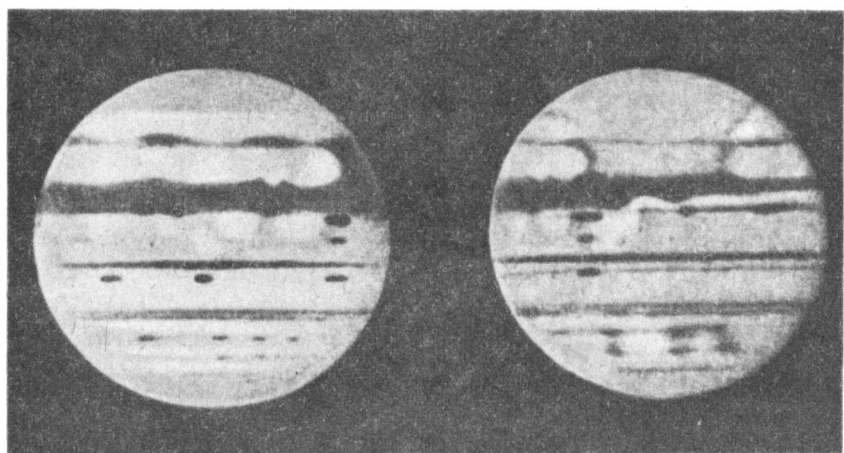
Рис. 7. Три парные зарисовки вращения Юпитера.



12 июня, 9^h 0^m



19 июля, 10^h 0^m



12 августа, 13^h 40^m

12 августа, 15^h 35^m

Рис. 8. Две парные зарисовки вращения Юпитера.

324. а) Предположив, что рисунки 9, а, б — это десятикратные увеличения фотографий, полученных фотоаппаратом с фокусным расстоянием 10 см, оцените длину и ширину хвоста кометы (в градусах).

У к а з а н и е. Сделать сначала чертеж хода лучей от начала и конца кометы на небе по направлению к объективу и их ход от объектива к изображению на фотопластинке.

б) Сделайте то же самое по рисунку 4, используя для определения его масштаба созвездие Большой Медведицы, видимое там же, и звездную карту с координатной сеткой. Выразите результат в километрах, принимая горизонтальный параллакс всех трех комет равным 10''.



a



б

Рис. 9. Фотографии двух комет.

IV. СОЛНЦЕ И ЗВЕЗДЫ

СОЛНЦЕ

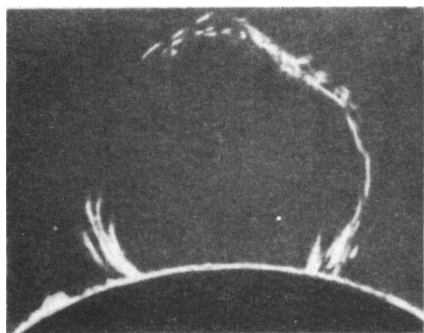
Типовая задача

Можно ли видеть на Солнце невооруженным глазом пятно, размером вдвое большее по диаметру, чем Земля (конечно, через темное или закопченное стекло)? А в зрительную трубу с увеличением в 20 раз? Разрешающую силу глаза считать равной $3'$, а Солнце — большим, чем Земля, по диаметру в 100 раз.

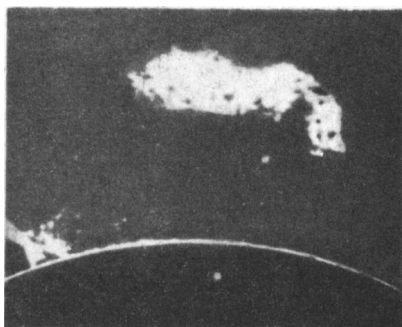
Решение. Надо всегда помнить, что видимый угловой диаметр Солнца (и Луны), наблюдаемого с Земли, — около $30'$. Тогда диск в 50 раз меньшего диаметра с того же расстояния будет иметь угловой диаметр около $0',6$, т. е. в 5 раз меньше разрешающей силы невооруженного глаза, и, следовательно, указанное пятно увидеть нельзя. В зрительную трубу его можно отчетливо видеть.

325. Почему в некоторый год в СССР было зарегистрировано гораздо больше полярных сияний, чем на 4 года раньше?

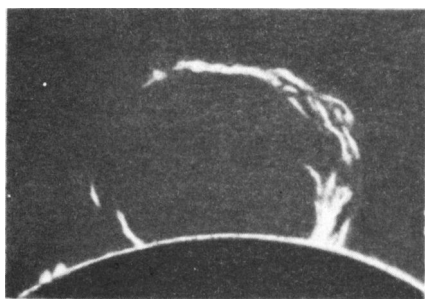
326. В 1957 г. наблюдался максимум солнечных пятен. Укажите приблизительно годы ближайших максимума и минимума солнечной активности.



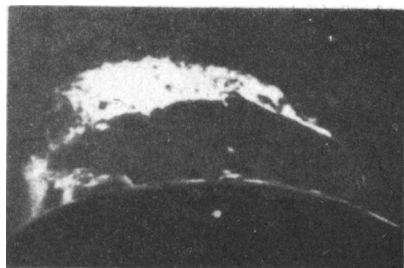
4^h 7^m 19^s



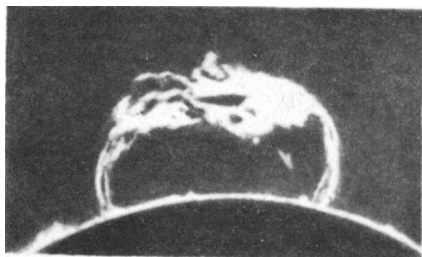
5^h 33^m



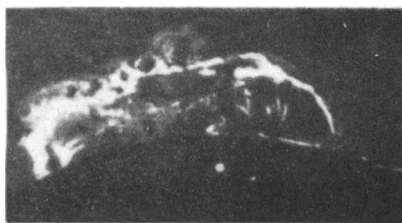
3^h 51^m 56^s



2^h 57^m



3^h 48^m 2^s



1^h 41^m

Рис. 10. Развитие солнечного протуберанца.

Рис. 11. Три фазы подъема арки протуберанца.

Белая точка — Земля в том же масштабе

327. Какой угловой диаметр должно иметь солнечное пятно, чтобы его линейный диаметр равнялся радиусу Земли (6371 км)?

328. Если самое маленькое солнечное пятно, видимое нами в телескоп, имеет диаметр $0'',7$, то каков его линейный диаметр?

329. Сколько метеоритного вещества должно ежедневно падать на 1 м^2 поверхности Земли со скоростью 40 км/с , чтобы сообщаемая им при этом теплота была эквивалентна солнечному нагреванию, составляющему в среднем $2,1 \cdot 10^4 \text{ Дж}$ в 1 мин на 1 м^2 ?

А сколько его должно ежедневно падать на 10 м^2 ?

330. Солнечная постоянная равна $2 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$, в среднем же Земля получает от Солнца 5 ккал на 1 м^2 в 1 мин. Сколько килограммов метеорного вещества должно было бы падать ежегодно со скоростью 40 км/с на каждый квадратный метр земной поверхности, чтобы образовать количество теплоты, равное получаемому от Солнца в среднем 1 м^2 земной поверхности за год?

331. Какая масса, падающая с высоты 100 м , приобретет в конце своего падения кинетическую энергию, равную энергии солнечного излучения, получаемой в течение 1 ч 10 м^2 земной поверхности, если известно, что в среднем Земля получает от Солнца $2,1 \cdot 10^4 \text{ Дж}$ в 1 мин на 1 м^2 ?

332. За какое время отвесно падающие лучи Солнца могли бы растопить слой льда толщиной в 1 см , покрывающий Землю, при условии, что солнечное нагревание каждого 1 м^2 поверхности Земли составляет $2,1 \cdot 10^4 \text{ Дж}$ в 1 мин?

У к а з а н и е . При решении задач 329—331 считать, что энергия Солнца не поглощается земной атмосферой.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

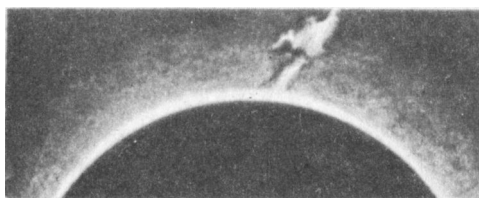
333. По фотографии Солнца (см. цветной рисунок на заднем форзаце учебника) определите путем измерения линейкой размер самого крупного из пятен и размер группы пятен в сравнении с диаметром Земли, зная угловой диаметр Солнца ($32'$) и его параллакс ($8'',8$).

334. По фотографии Солнца (см. цветной рисунок на заднем форзаце учебника) наметьте примерное положение его экватора и оси вращения, пользуясь тем, что вам известно о солнечных пятнах.

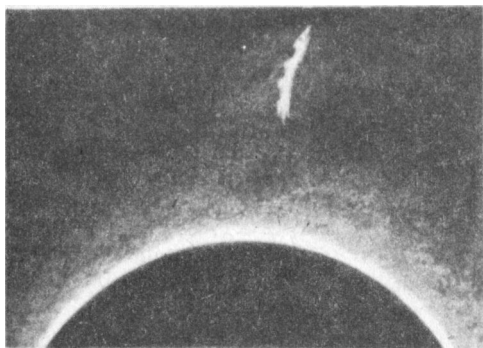
335. Определите высоту дуги и скорость подъема протуберанца (в км/с), измеряя его положения на трех фотографиях (рис. 10—13). По трем снимкам рисунка 10 можно определить, является ли движение этого протуберанца равномерным.

У к а з а н и е . В качестве масштаба определите радиус Солнца по его сегменту, видимому на рисунке. Это можно сделать точнее: начертив на кальке круги разного диаметра и накладывая их на сегмент, найти подходящий для данной фотографии.

336. По зарисовкам (рис. 14) на диске Солнца последовательных положений двух групп пятен (каждая из них изображена одной точкой) определите синодический период вращения Солнца. Оцените приблизительные гелиографические широты этих двух групп, не забывая о сферичности Солнца.



19 ноября, 7^ч 32^м



19 ноября, 8^ч 45^м

Рис. 12



19 ноября 9^ч 03^м

Рис. 13

Последовательные фазы выброса протуберанца.

У к а з а н и е. Наметив приблизительно экватор Солнца на рисунке и параллельную ему хорду перемещения пятна вследствие вращения Солнца, половину ее длины принять за радиус окружности, описываемой пятном при вращении Солнца. Линейное расстояние пятна от середины хорды равно $r \sin \theta$, где θ — угол, который прошло пятно от центрального меридиана до данного видимого положения пятна. Таким путем можно узнать угловую скорость вращения Солнца, а по ней и период его оборота.

337. Определите период синодического вращения Солнца по рисунку 79 учебника, пользуясь указанием к предыдущей задаче.

ПРИРОДА ЗВЕЗД

Типовые задачи

1. Параллакс звезды Веги округленно равен $0'',1$. Каково расстояние до нее в парсеках и сколько времени ее свет идет до Земли? А до Солнца?

Р е ш е н и е. Расстояние D в парсеках до светила вне Солнечной системы обратно пропорционально его годичному параллаксу p , т. е.

$$D = \frac{1}{p}.$$

Следовательно, $D = 10$ пс. Так как $1 \text{ пс} = 3,26 \text{ св. года}$, то свет от звезды до Земли будет идти $32,6 \text{ св. года}$. Поскольку расстояние от Земли до Солнца

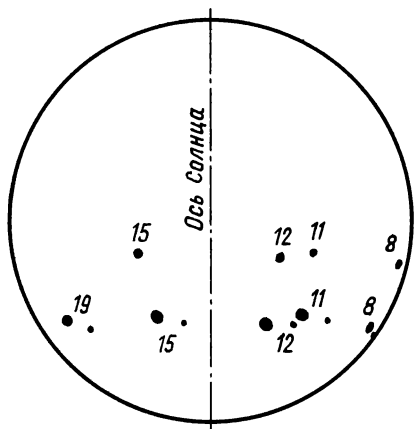


Рис. 14 На изображении диска Солнца зарисованы последовательные положения двух групп пятен в дни апреля: 8-го в 9^h00^m , 11-го в 10^h30^m , 12-го в 7^h10^m , 15-го в 12^h30^m , 19-го в 9^h30^m

3. Какова светимость L звезды ζ Скорпиона, если ее видимая звездная величина 3^m , а расстояние до нее 7500 св. лет?

Решение. Известно, что светимость L звезды можно определить по ее абсолютной звездной величине M :

$$\lg L = 0,4(5 - M).$$

Абсолютную звездную величину M можно найти по известной видимой звездной величине m и расстоянию D , выраженному в парсеках:

$$M = m + 5 - 5 \lg D.$$

Поэтому выразим данное расстояние в парсеках $D = 7500$ св. лет : $3,26$ св. года = 2300 пс. Тогда $M = 3 + 5 - 5 \lg 2,3 \cdot 10^3$, $M = -8^m,8$. Откуда $L = 3,3 \cdot 10^5$.

4. Во сколько раз некоторая звезда больше по диаметру, чем Солнце, если ее светимость в 100 раз больше светимости Солнца, а температуры у них одинаковы?

Решение.

$$\frac{L}{L_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 \cdot \left(\frac{T}{T_0}\right)^4.$$

Поскольку температуры звезд одинаковы, то светимости их относятся, как квадраты радиусов звезд, т. е.

$$\frac{L}{L_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = 100,$$

откуда $r = r_0 \sqrt{100}$,

т. е. $r = 10$ радиусам Солнца.

5. Определите среднюю плотность звезды красного сверхгиганта в $(\text{г}/\text{см}^3)$, если его диаметр в 300 раз больше, а масса в 30 раз больше соответствующих величин для Солнца.

свет проходит за 8 мин, то расстояния от звезды до Солнца и до Земли практически надо считать одинаковыми. Они будут отличаться меньше, чем на 8 мин, а точность определения самого расстояния порядка 1 года, в сравнении с которым 8 мин ничтожно малы.

2. Сколько лет надо лететь со скоростью света, чтобы Вега стала вдвое ближе? А если лететь со скоростью 30 км/с?

Решение. Ответ на вопросы ясен (см. условие и решение предыдущей задачи). Чтобы Вега стала вдвое ближе, к ней надо лететь со скоростью света $32,6$ года : $2 = 16,3$ года. Скорость 30 км/с в 10^4 раз меньше скорости света, поэтому и лететь надо в 10^4 раз дольше, т. е. $1,63 \cdot 10^5$ лет.

Решение. Поскольку объемы шаров пропорциональны кубам их радиусов, то объем красного сверхгиганта больше объема Солнца в 300^3 раз, по условию

$$\frac{m_3}{m_c} = \frac{\rho_3 R_3^3}{\rho_c R_c^3} = 30,$$

отсюда

$$\rho_3 = \frac{30}{300^3} \rho_c.$$

Поскольку $\overline{\rho_c} = 1,4 \text{ г/см}^3$, то

$$\rho_3 = 1,4 \text{ г/см}^3 \cdot \frac{1}{9 \cdot 10^5} = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ г/см}^3.$$

338. Вероятная ошибка параллакса Ригеля ($0'',006$) составляет $\pm 0'',006$. Что можно сказать о расстоянии до звезды?

339. Диаметр спутника Сириуса в 30 раз меньше диаметра Солнца, а его масса составляет 0,9 солнечной массы. Вычислите среднюю плотность вещества спутника Сириуса, если средняя плотность вещества Солнца равна 1400 кг/м^3 .

340. Параллакс звезды 61 Лебеда равен $0'',37$. Чему равно расстояние до нее в световых годах?

341. Определите светимость звезды, поверхностная температура которой такая же, как у Солнца, а радиус звезды в 10 раз больше солнечного.

342. У новых звезд блеск обычно возрастает при постоянной температуре вследствие вздутия фотосферы. Если изменение блеска новой звезды составляет 8^m , во сколько раз изменился радиус звезды?

343. Во сколько раз произошло усиление видимого блеска звезды Новой Орла, если до вспышки она имела видимую звездную величину, равную $+10^m,5$, а в период вспышки ее видимая звездная величина достигла значения, равного $+1^m,0$?

344. Чему равно отношение радиусов компонентов в системе затменной переменной звезды типа Алголь, если затмение центральное, спутник темный, а отношение наибольшего и наименьшего блесков звезды равно 2?

345. Во сколько раз звезда Арктур ближе звезды Денеб, если параллаксы их соответственно равны $p = 0'',085$ и $p = 0'',005$?

346. Параллакс Сириуса равен $0'',37$, а параллакс Спика равен $0'',02$. Выразите расстояния до этих звезд в парсеках, в световых годах, в астрономических единицах и в километрах.

347. Во сколько раз по светимости слабее Солнца звезда Ближайшая Центавра (Proxima Centauri), для которой $p = 0'',76$; $m = 10^m,5$?

348. Какое светило — Солнце или S Золотой Рыбы (абсолютная величина которой равна $-9^m,4$) — обладает большей светимостью и во сколько раз?

349. Вычислите, во сколько раз Ригель имеет большую светимость, чем Солнце, зная, что его параллакс равен $0'',0069$, а видимая звездная величина $0^m,34$.

350. Определите абсолютные звездные величины компонентов звезды Крюгер 60, зная, что их видимые звездные величины равны $9^m,6$ и $11^m,4$, а параллакс $0'',257$.

351. Выразите светимость компонентов двойной звезды Крюгер 60, по сравнению с Солнцем, зная, что их абсолютные звездные величины равны $11^m,6$ и $13^m,4$, а абсолютная звездная величина Солнца равна $4^m,85$.

352. Видимая звездная величина Сириуса равна $-1^m,58$, а его спутника $8^m,44$. Во сколько раз истинный блеск Сириуса больше истинного блеска его спутника?

У к а з а н и е. Принять во внимание, что расстояние между этими звездами ничтожно мало в сравнении с расстоянием от Земли до Сириуса.

353. Вычислите абсолютную звездную величину Сириуса, зная, что его параллакс $0'',371$, а видимая звездная величина равна $-1^m,58$.

354. Определите абсолютную звездную величину Антареса, зная, что его параллакс $0'',009$, а видимая звездная величина $+1^m,22$.

355. Параллакс Альтаира равен $0'',20$, а параллакс Веги $-0'',12$. Выразите расстояния до этих звезд в парсеках, в световых годах, в астрономических единицах и в километрах.

356. Параллакс звезды равен $0'',312$; возможная неточность (вероятная ошибка) его измерения составляет $\pm 0'',006$. Что можно сказать о расстоянии до звезды?

357. а) Из нижеследующей таблицы 1 некоторых близких к нам звезд выберите несколько разных типов. По данным, приведенным в таблице, вычислите их абсолютные звездные величины M и светимости L . Нанесите полученные значения на диаграмму «Цвет — светимость».

У к а з а н и е. Предварительно снять на кальку копию диаграммы, используя рисунок 90 учебника.

б) Оцените массы тех же звезд по их светимости.

в) Назовите цвет каждой звезды, указанной в таблице 1, по приведенному их спектральному типу.

Т а б л и ц а 1

Некоторые из близких звезд

	Звездная величина, m	Спектральный класс	Расстояние, пс
Проксима Центавра	11,0	M5	1,32
Альфа Центавра	0,3	G2	1,34
Вольф 359	13,5	M8	2,3
Сириус A	$-1,6$	A1	2,66
Сириус B (спутник)	8,7	A5	2,66
Процион A	0,5	F5	3,5
Процион B (спутник)	10,7	F5	3,5
Эпсилон Эридана	3,7	K2	3,3
Вега	0,1	A0	8
Беллатрикс	1,6	B2	40
Дзета Ориона	1,8	O9	45
Спика	1,2	B1	50
Бетельгейзе	0,9	M2	200

Типовые задачи

1. У двойной звезды параллакс $p = 0'',05$, большая полуось видимой орбиты $a = 2''$ и период обращения компонентов 100 лет. Найдите сумму масс звезд, а также массу каждой звезды в отдельности, если звезды отстоят от центра масс на расстояниях, относящихся как 4:1.

Решение. Известно, что большая полуось орбиты

$$A = \frac{a''}{p''}, \quad A = \frac{2''}{0'',05} = 40 \text{ а. е.}$$

По III закону Кеплера

$$m_1 + m_2 = \frac{A^3}{T^2}, \quad m_1 + m_2 = \frac{6,4 \cdot 10^4}{10^4},$$

$m_1 + m_2 = 6,4$ массы Солнца. Поскольку $m_1 : m_2 = 4:1$, то $m_1 = 4m_2$, тогда $5m_2 = 6,4$ массы Солнца, откуда $m_1 = 5,1$ массы Солнца, $m_2 = 1,3$ массы Солнца.

2. Если бы вместо Земли обращалось вокруг Солнца другое такое же Солнце, каков был бы период их обращения?

Решение. По III закону Кеплера

$$m_1 + m_2 = \frac{A^3}{T^2}.$$

Считая массу Солнца за 1, год за 1 и зная, что $A = 1$ а. е., получим:

$$1 + 1 = \frac{1}{T^2},$$

где T — искомый период, равный

$$T = \sqrt{\frac{1}{2}}, \quad T = 0,707 \text{ года.}$$

358. Вычислите сумму масс двойной звезды Капеллы, если большая полуось ее орбиты равна 0,85 а. е., а период обращения 0,285 года.

359. Определите сумму масс двойной звезды Процион, спутник которого имеет период обращения 39 лет и большую полуось орбиты 13,0 а. е.

360. Вычислите массу двойной звезды α Центавра, у которой параллакс $0'',75$, период обращения 79 лет и большая ось орбиты видна с Земли под углом $17'',6$.

361. Двойная звезда α Близнецов имеет параллакс $0'',076$, видимый угловой размер большой полуоси $6'',06$ и период обращения 306 сут. Определите сумму масс этой двойной звезды.

362. Параллакс двойной звезды χ Пегаса определен с возможной ошибкой до $\pm 0'',005$. Как изменится вычисленная сумма масс этой пары звезд, если параллакс принять большим, чем приведено, на величину возможной ошибки?

363. Каково наибольшее видимое удаление Земли от Солнца, если ее наблюдать с ближайшей к нам звезды α Центавра, параллакс которой равен $0'',75$? Можно ли было ее видеть оттуда отдельно от Солнца в телескоп с объективом 1 м (предполагая, что вопрос о видимой оттуда яркости Земли здесь не играет роли)?

364. Выбрав один из рисунков (15—22), оцените период обращения двойной звезды, положение проекции большой оси на небе, зная, что она проходит через центр эллипса и через главную звезду. Оцените эксцентриситет видимой орбиты (ему равен и эксцентриситет истинной орбиты). Определите угловой

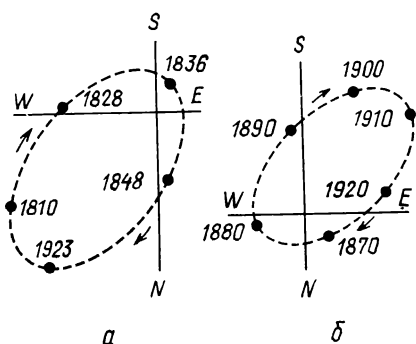


Рис. 15. Орбиты а) γ Девы, б) ξ Большой Медведицы.

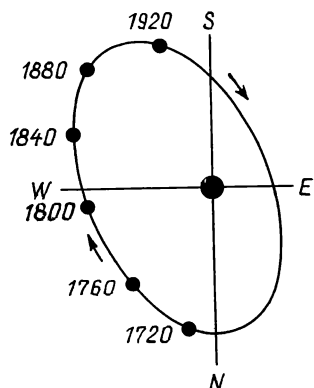


Рис. 16. Орбита Кастора.

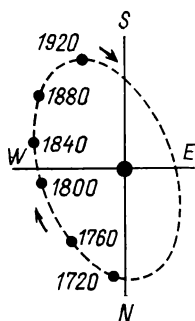


Рис. 17. Орбита спутника ζ Геркулеса.

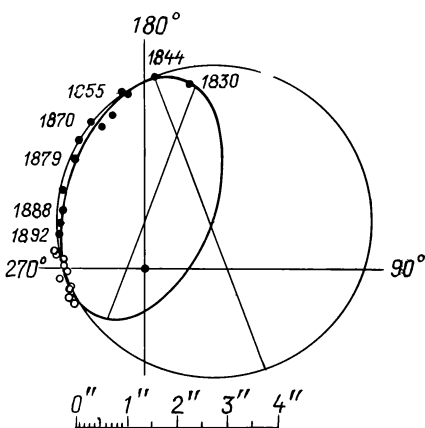


Рис. 18. Орбита Σ 1785.

размер большой оси. Вычислите длину большой оси (в а. е.) и сумму масс компонентов для тех звезд, параллакс которых дан: Сириус $p = 0'',37$; Кастор $p = 0'',072$; ζ Геркулес $p = 0'',11$; ξ Большой Медведицы $p = 0'',146$.

365. На рисунках 15—22 приведены наблюдаемые орбиты некоторых визуально-двойных звезд. Большинство их имеет такие долгие периоды обращения, что за десятки, даже сотни лет наблюдения звезды еще не успели полностью описать свою орбиту. Можно заметить по расположению точек, отображающих измеренные положения звезд, что наблюдения с течением времени становятся точнее и лучше укладываются на правильные эллипсы, какими в действительности являются орбиты двойных звезд. Астрономам, как правило, приходится намечать эллипсы орбит по неполным циклам наблюдений.

Мы предлагаем вам посмотреть, как дополняются орбиты-эллипсы, чтобы по ним можно было бы оценить периоды обращения звезд и размеры их орбит для статистики и для определения масс, что надежно делается лишь в случае двойных звезд.

Рис. 19. Орбита α Центавра.

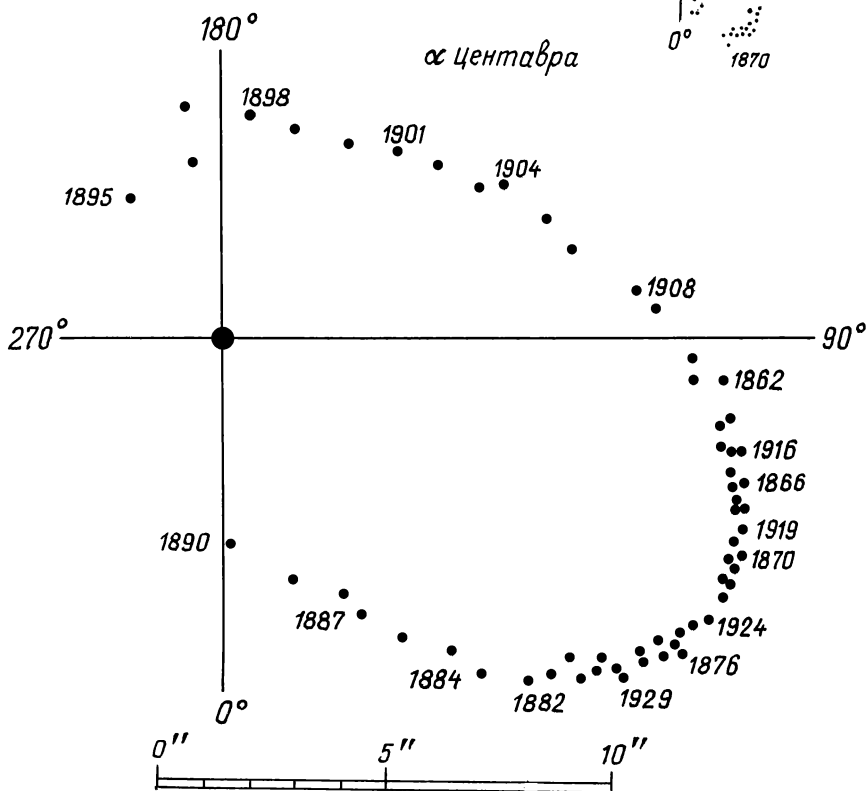
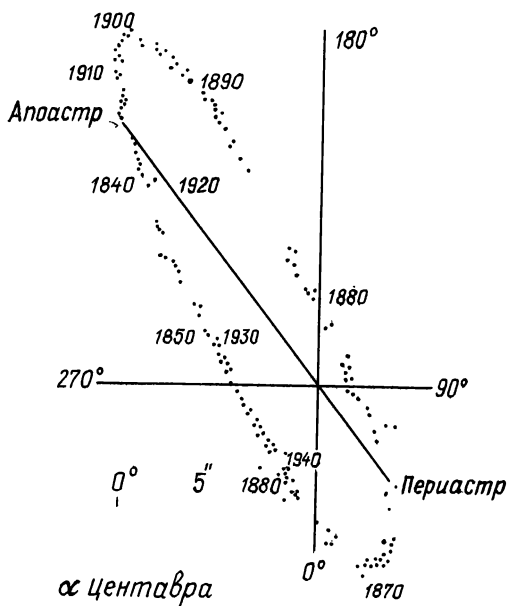


Рис. 20. Орбита спутника Сириуса.

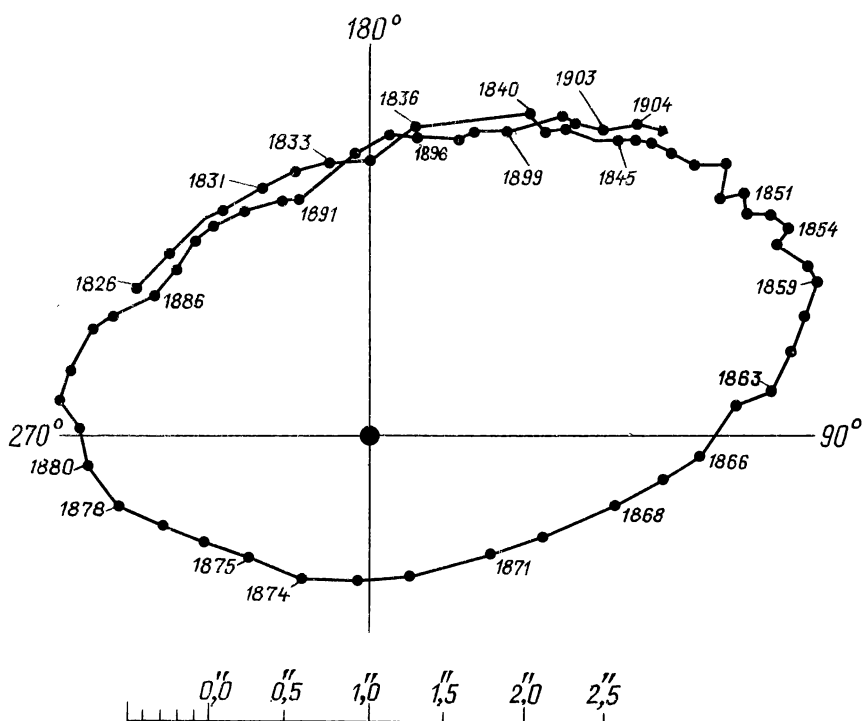


Рис. 21. Орбита ξ Большой Медведицы

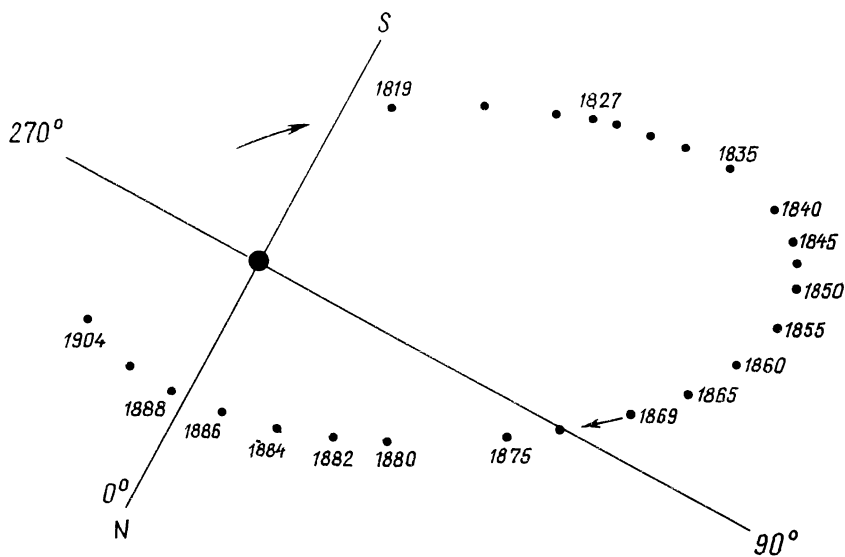


Рис. 22. Орбита звезды 70-й Змееносца.

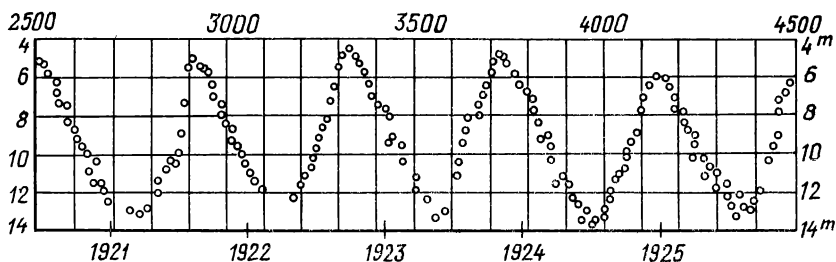


Рис. 23. Кривая изменения χ Лебедя.

Числа наверху — юлианские дни, внизу — годы.

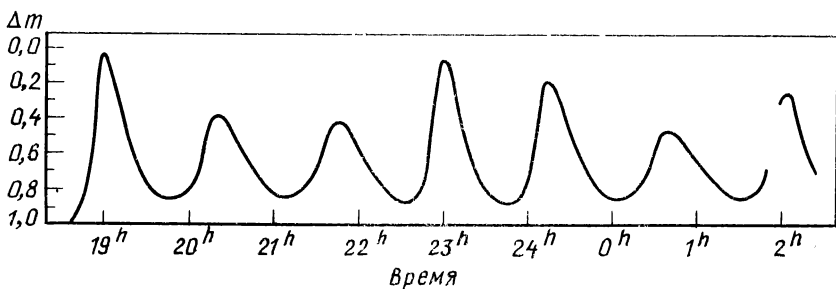


Рис. 24. Кривая изменения блеска SX Феникса.

ПЕРЕМЕННЫЕ И НОВЫЕ ЗВЕЗДЫ

366. Определите период изменения блеска затменно-двойной звезды (типа Алголя) RW Змееносца (с точностью до пятого знака после запятой), если некоторые из минимумов наблюдались в следующие моменты, выраженные в так называемых юлианских днях¹:

2416604,701	2418112,739;
6641,572	8138,548;
7334,753	8477,764.

У к а з а н и е. В промежутках между указанными минимумами период должен укладываться целое число раз.

367. По приведенным ниже данным (см. табл. 2) начертите график зависимости изменения блеска переменной звезды S Стрелы со временем. По нему определите период этой переменной звезды.

У к а з а н и я. 1) В левом столбце даются номера дней, отсчитываемых от некоторого начала, и момент в долях суток, а в правом — измеренная звездная величина.

¹ Юлианские дни отсчитываются от некоторого очень давнего момента, поэтому по их номерам время, протекшее между двумя календарными датами, находят путем простого вычитания.

2) Перерывы между наблюдениями вызваны пасмурной погодой.

3) Масштаб графика рекомендуется такой: 1 сут — 5 мм, 1 звездная величина — 20 мм.

Т а б л и ц а 2

Дата, сутки	Звездная величина, <i>m</i>	Дата, сутки	Звездная величина, <i>m</i>	Дата, сутки	Звездная величина, <i>m</i>	Дата, сутки	Звездная величина, <i>m</i>
858,30	6,22	864,21	5,51	885,35	6,22	895,29	5,01
859,25	6,31	865,27	6,01	887,30	5,18	895,34	5,10
860,27	6,21	867,32	6,30	888,34	5,30	895,38	5,13
861,20	5,50	870,32	5,09	889,35	5,34	896,35	5,22
861,25	5,42	871,40	5,32	891,27	5,84	897,40	5,34
861,43	5,14	881,23	6,22	892,37	6,35	898,40	5,75
862,30	5,30	882,30	5,95	893,35	6,30	899,40	6,03
863,30	5,40	883,33	6,13	894,35	5,90	900,25	6,25

368. Определите средний период и амплитуду изменения блеска χ Лебедя по рисунку 23.

369. По рисунку 24 определите (поточнее) моменты максимумов переменной звезды и период изменения ее блеска.

370. Переменная звезда по наблюдениям в мае имела следующий блеск (см. табл. 3):

Т а б л и ц а 3

Полночь следующих дат	Звездная величина, <i>m</i>	Полночь следующих дат	Звездная величина, <i>m</i>	Полночь следующих дат	Звездная величина, <i>m</i>	Полночь следующих дат	Звездная величина, <i>m</i>
4	4,00	14	4,13	21	3,72	25	4,16
6	3,87	16	3,70	22	3,84	28	3,93
7	3,91	17	3,90	23	3,97	29	4,10
13	4,05	19	4,11	24	4,12	31	4,08

Нанесите эти данные на график и установите, каков, по всей вероятности, тип указанной переменной звезды и каковы приблизительно ее период и амплитуда.

371. Нижеприведенные наблюдения переменной звезды нанесите на график (см. табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Дата	Блеск, <i>m</i>	Дата	Блеск, <i>m</i>	Дата	Блеск, <i>m</i>	Дата	Блеск, <i>m</i>	Дата	Блеск, <i>m</i>
2426423	6,98	461	6,96	480	7,52	498	7,44	539	7,53
436	7,17	462	6,95	482	7,65	513	7,59	540	7,60
440	7,34	464	6,86	484	7,69	514	7,65	545	7,45
448	7,36	467	6,88	486	7,57	515	7,61	555	7,34
454	7,23	472	6,99	488	7,23	516	7,77	557	7,35
457	6,90	473	7,06	492	7,49	526	7,44	560	7,05

У к а з а н и е. Первые четыре цифры даты повторяются, и их можно не писать после первой строки.

372. Пользуясь кривой «период — абсолютная величина» (рис. 25), найденной для цефеид, определите расстояние до цефеиды ζ Близнецов, имеющей период 10 сут и среднюю видимую фотографическую звездную величину $4^m,8$.

373. Переменная звезда δ Цефея имеет период 5 дней и среднюю видимую фотографическую звездную величину $4^m,4$. На каком расстоянии от нас (в парсеках) находится δ Цефея?

У к а з а н и е. Воспользоваться рисунком 25.

374. Определите отношение поверхностных яркостей компонентов двойной звезды Алголь, если их блеск находится в отношении $0,93 : 0,07$, а радиусы составляют $0,21$ и $0,24$ радиуса Солнца.

375. Переменная звезда Удивительная Кита (Mira Ceti) в максимуме блеска достигает $2^m,5$, а в минимуме $9^m,2$. Во сколько раз она ярче в максимуме, чем в минимуме?

376. Во сколько раз переменная звезда слабее в минимуме блеска, чем в максимуме, если в максимуме она достигает $9^m,5$, а в минимуме $12^m,5$?

377. Максимум звезды χ Лебедя был 20 мая, период ее $405,6$ сут. Когда был ее максимум в три последующих года?

У к а з а н и е. Удобно использовать юлианские дни, считая годы ровно по 365 сут (см. указание к задаче 366).

378. Один из минимумов Алголя пришелся на 3 января 13^h55^m . Исходя из продолжительности периода Алголя, равного $2,8673$ сут, вычислите моменты ближайших минимумов в том же году и месяце.

У к а з а н и е. Для вычислений удобно составить таблицу, в которой доли суток выражены в часах и минутах.

379. Во сколько раз изменяется радиус цефеиды, если амплитуда изменения ее блеска равна $1^m,5$, а яркость единицы поверхности, допустим, остается постоянной?

380. Новая звезда в Персее 1901 г. за двое суток увеличила блеск от 12-й до 2-й звездной величины. Во сколько раз в среднем она становилась ярче за сутки?

381. Новая звезда 1918 г. в созвездии Орла в максимуме блеска имела абсолютную величину $M = -8^m,8$. Во сколько раз она была ярче Солнца? На каком расстоянии она находилась, если ее видимая звездная величина была $m = -1^m,1$? С какого расстояния она казалась бы такой же яркой, как полная Луна?

У к а з а н и е. Видимый блеск полной Луны $m = -12^m,5$

382. В созвездии Геркулеса в 1934 г. вспыхнула новая звезда. Ее блеск в течение суток увеличился на 5^m звездных величин. Расстояние до звезды, изме-

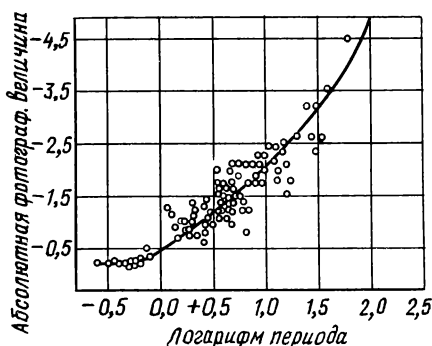


Рис. 25 Кривая «период — абсолютная величина» цефеид.

На оси абсцисс отложены логарифмы периода, выраженного в сутках

ренное сразу после вспышки, оказалось равным 1800 св. годам. Исходя из принципа отсутствия скоростей, больших скорости света, докажите, что упомянутая вспышка не могла быть вызвана внезапным приближением звезды к Земле.

383. В спектре новой звезды 1934 г. в созвездии Геркулеса темные линии были смещены относительно нормального положения к фиолетовому концу. Линия H_γ ($\lambda = 4341 \text{ \AA}$) была смещена на $10,1 \text{ \AA}$. Какова скорость газа, выброшенного из звезды и вызвавшего своим поглощением появление в спектре темных линий?

V. СТРОЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ

ДВИЖЕНИЯ ЗВЕЗД

У к а з а н и е. Требуемую в некоторых задачах кривую зависимости периода от абсолютной звездной величины см. на рисунке 25

Типовые задачи

1. Собственное движение звезды $\mu = 0'',1$ в год. Расстояние до нее $D = 10$ пс. Чему равны ее тангенциальная и пространственная скорости, если ее лучевая скорость $V_r = 10$ км/с?

Р е ш е н и е. Тангенциальная скорость

$$V_t = 4,74\mu D, \quad V_t = 4,74 \cdot 0,1 \cdot 10, \quad V_t = 4,74 \text{ км/с.}$$

Округляя ответ до 5 км/с, находим пространственную скорость

$$V = \sqrt{V_t^2 + V_r^2}, \quad V = \sqrt{100 + 25} \text{ км/с} = 11 \text{ км/с.}$$

2. Определите расстояние до шарового звездного скопления, если в нем обнаружено несколько короткопериодических цефеид с видимой звездной величиной $m = 15^m,5$, а их абсолютная величина $M = 0^m,5$.

Р е ш е н и е. Находим расстояние D , используя формулу

$$M = m + 5 - 5 \lg D,$$

откуда

$$5 \lg D = 15,5 + 5 - 0,5 = 20,0;$$

следовательно, $\lg D = 4$ и $D = 10^4$ пс.

3. Каков линейный размер скопления, описанного в предыдущей задаче, если его угловой диаметр $d = 3'$? Звездой какой величины было бы на этом расстоянии наше Солнце, имеющее $M = 5^m$?

Р е ш е н и е. Линейный диаметр скопления

$$2R = \frac{d'' \cdot D}{206\,265''},$$

где d — угловой диаметр в секундах дуги, а D — расстояние в парсеках.

$$2R = \frac{180'' \cdot 10^4 \text{ пс}}{(2 \cdot 10^5)''} = 9 \text{ пс.}$$

Поскольку для цефеид видимая звездная величина больше абсолютной на 15^m : $m - M = 15^m,5 - 0^m,5 = 15^m$, то и видимая величина Солнца будет на 15^m

больше абсолютной, т. е. $5^m + 15^m = 20^m$. Солнце было бы видно тогда лишь в наибольшие телескопы мира.

4. В галактике с красным смещением линии z в спектре, соответствующем скорости удаления $V = 10\,000$ км/с, вспыхнула сверхновая звезда 18^m . Как до нее далеко и каковы ее абсолютная звездная величина M и светимость L ?

Решение. При постоянной Хаббла, равной $H = 100$ км/(с · Мпс), расстояние до галактики и до находящейся в ней сверхновой звезды

$$D = \frac{v}{H}, \quad D = \frac{10\,000 \text{ км/с}}{100 \text{ км/(с · Мпс)}} = 100 \text{ Мпс}, \quad D = 10^8 \text{ пс};$$

используя формулу

$$M = m + 5 - 5 \lg D,$$

определим абсолютную звездную величину

$$M = 18 + 5 - 5 \lg 10^8, \quad M = 23 - 40 = -17.$$

А теперь найдем и светимость по формуле

$$\lg L = 0,4(5 - M),$$

$$\lg L = 0,4(5 + 17) = 8,8, \quad \text{тогда } L \approx 6,3 \cdot 10^8.$$

384. Звезда движется в пространстве со скоростью 50 км/с в сторону наблюдателя под углом 30° к его лучу зрения. Определите лучевую и тангенциальную составляющие скорости звезды.

385. Какое расстояние пролетит за год Солнечная система по направлению к апексу ее движения при скорости в 19,5 км/с?

386. В какой части неба, благодаря движению Солнечной системы в пространстве, видимые угловые расстояния между звездами непрерывно увеличиваются и в какой они непрерывно уменьшаются?

387. Расстояние до Сириуса составляет 2,70 пс, но вследствие движения Сириуса уменьшается на 8 км ежесекундно. Рассчитайте, через сколько лет видимый блеск Сириуса возрастет вдвое.

388. Если звезда находится на эклиптике, то какова была разность между наблюдаемыми ее лучевыми скоростями 9 сентября 1979 г. и 7 марта следующего года?

389. Зная, что экваториальные координаты апекса движения Солнечной системы равны $\alpha = 270^\circ$ и $\delta = +30^\circ,5$, определите по карте звездного неба то созвездие, в котором расположен апекс.

390. Лучевая скорость звезды Альдебаран $V_r = +54$ км/с, ее собственное движение составляет $\mu = 0'',20$ в год, а параллакс $p = 0'',05$. Определите полную пространственную скорость Альдебарана.

391. Лучевая скорость Арктур $V_r = 22$ км/с, а тангенциальная $V_t = 23$ км/с. Найдите угол, образованный направлением движения звезды с лучом зрения.

392. Лучевая скорость звезды Бетельгейзе $V_r = +21$ км/с, собственное движение $\mu = 0'',032$ в год, а параллакс $p = 0'',012$. Определите полную пространственную скорость звезды относительно Солнца и угол, образованный направлением движения звезды в пространстве с лучом зрения.

393. Считая, что в местном галактическом движении Солнце перемещается со скоростью 20 км/с по направлению к звезде Вега, вычислите, за какое время

Солнце придет в область пространства, ныне занимаемую Вегой, если теперь Вега удалена от Солнца на 27 св. лет.

394. Полная пространственная скорость β Южного Креста $v = 21$ км/с, а лучевая $V_r = +13$ км/с. Определите тангенциальную скорость.

395. Полная пространственная скорость звезды Канопус, равная 23 км/с, образует угол в 37° с лучом зрения. Определите лучевую и тангенциальную составляющие скорости.

396. Направление движения звезды Капеллы образует угол в $48^\circ,2$ с лучом зрения; ее полная пространственная скорость движения равна 45 км/с. Определите годичное собственное движение звезды, если ее параллакс $0'',063$.

397. «Летающая звезда Барнарда» имеет годичное собственное движение $10'',25$ и параллакс $0'',546$. Какова ее тангенциальная скорость?

398. Чему равна тангенциальная скорость Сириуса, если его параллакс равен $0'',371$, а годичное собственное движение $1'',315$?

399. В рассеянном звездном скоплении Плеяды содержится примерно 160 звезд. Считая форму скопления шарообразной, определите его среднюю звездную плотность (число звезд в 1 пс^3), принимая диаметр скопления равным 7 пс.

400. Планетарная туманность в созвездии Лиры имеет угловой диаметр $83''$ и находится от нас на расстоянии в 660 пс. Каковы ее линейные размеры в астрономических единицах?

401. Сколько времени придется ждать ответа на радиотелеграмму, отправленную к галактике Андромеды, расстояние до которой равно 620 000 пс?

402. В шаровом звездном скоплении NGC 5694 видимые звездные величины звезд на 18^m больше их абсолютных величин. Каково расстояние до этого звездного скопления?

403. Угловой диаметр шарового звездного скопления NGC 5694 равен $3'$, а расстояние до него 40 000 пс. Каков линейный диаметр скопления?

404. Видимый блеск цефеиды в звездном скоплении созвездия Геркулеса $m = 15^m,1$. По продолжительности ее периода известно, что абсолютная величина цефеиды $M = -9^m,2$. Определите расстояние до скопления в Геркулесе.

405. Звездное скопление в Геркулесе отдалено от нас на 10,5 тыс. пс, его угловой диаметр равен $12'$ и суммарный блеск $5^m,9$. Вычислите действительный диаметр скопления и его абсолютную звездную величину.

406. Пользуясь кривой «период — абсолютная величина» для цефеид (см. рис. 25), определите расстояние (в световых годах) и линейный диаметр спиральной галактики в созвездии Треугольника, если ее угловой диаметр равен 1° , а период наблюдающихся в ней цефеид составляет 13 дней при видимой звездной величине $19^m,6$.

407. Принимая постоянную Хаббла $H = 100$ км/(с · Мпс), оцените расстояние до галактики, если красное смещение в ее спектре составляет 10 000 км/с.

408. Средняя видимая фотографическая звездная величина короткопериодических цефеид (со средним периодом $0^d,54$), находящихся в шаровом звездном скоплении Мессье 3, равна $15^m,50$. Пользуясь кривой «период — абсолютная величина» (рис. 25), определите расстояние до этого шарового скопления.

409. Вычислите, во сколько раз число звезд ярче m -й видимой звездной величины должно быть меньше числа звезд до $(m + 2)$ -й звездной величины,

предполагая распределение звезд в пространстве равномерным, а истинную яркость всех звезд одинаковой.

410. Две новые звезды, одна очень яркая, другая очень слабая, находились на одном и том же видимом угловом расстоянии от средней линии Млечного Пути (т. е. обладали одной и той же галактической широтой). Одинаково ли эти звезды отстоят линейно от плоскости Млечного Пути?

Примечание. Абсолютные звездные величины всех новых звезд в максимуме различаются не очень сильно.

411. Установите по карте звездного неба, через какие созвездия проходит Млечный Путь и в каких созвездиях он пересекается с небесным экватором.

412. Начертите диаграмму и покажите, что то обстоятельство, что средняя линия Млечного Пути несколько отклоняется от большого круга (являясь малым кругом, проходящим на небольшом расстоянии от большого круга), свидетельствует о том, что Солнечная система не находится точно в галактической плоскости (плоскости симметрии звездной системы Млечного Пути).

413. Какой вид будет иметь Млечный Путь для наблюдателя, находящегося в плоскости его симметрии, но очень далеко от его центра? Как скажется на видимой нами форме Млечного Пути положение наблюдателя далеко вне плоскости его симметрии?

Указание. Поглощением света в пространстве пренебречь.

414. В спиральной галактике, отстоящей от нас на 7,5 млн. св. лет, обнаружены две цефеиды, имеющие одинаковый период, но одна из них находится на ближайшем к нам краю галактики, другая же на 20 000 св. лет дальше. Каково различие видимых звездных величин этих звезд, если считать их абсолютные величины строго одинаковыми?

415. Если абсолютная фотографическая величина некоторых галактик $M = -13^m,8$, а предельная фотографическая видимая звездная величина их для 2,5-метрового рефлектора $m = 20^m,2$, то каково (в све-

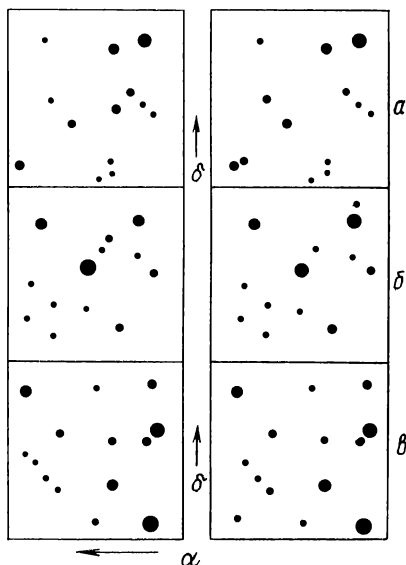


Рис. 26. Парные (по горизонтали) снимки, на которых есть по одной быстро движущейся звезде.

Масштаб $1''$ в 1 см

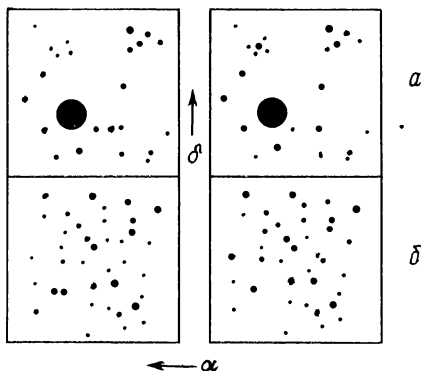


Рис. 27. Найти движущуюся звезду.

товых годах) расстояние до наиболее далеких из них, доступных этому телескопу?

416. По «методу цефеид» было определено расстояние до ряда спиральных галактик. Позднее выяснилось, что пыль в межзвездном пространстве несколько поглощает свет, идущий сквозь него. Как должно было повлиять это открытие на вычисленные ранее диаметры спиральных галактик?

417. На каком расстоянии от центра галактики находится в пространстве ее сверхновая звезда (см. фотографию 87 в учебнике), если видимый диаметр галактики $2'$, а расстояние от нее 10^7 пс?

418. Если допустить, что линейные диаметры и абсолютные суммарные звездные величины всех шаровых скоплений одинаковы, то какой формулой должны быть связаны их видимые суммарные звездные величины m и видимые угловые диаметры d , учитывая, что расстояния до скоплений различны?

419. Как изменится зависимость между угловыми диаметрами и суммарными видимыми звездными величинами шаровых звездных скоплений (см. предыдущую задачу), если в межзвездном пространстве существует заметное поглощение света?

420. Сравните друг с другом парные фотографии (рис. 26 и 27) одного и того же участка неба, снятые с промежутком времени в 50 лет, и найдите на них близкую к нам звезду с большим собственным движением. (Правые снимки сделаны позже, чем левые). Оцените его в секундах дуги в год, если масштаб фотографии $1''$ в 1 см.

I. Введение

Ответы на многие задания вы найдете в тексте и в таблицах учебника. Привыкайте пользоваться ими для справок.

13. В $2,512^{23}$ раза = $1,6 \cdot 10^9$ раза.

14. В $6,3 \cdot 10^2$ раза.

15. В 4 раза, т. е. на $1^m, 5$.

16. 100, 40, 16, 6,3.

17. Около 1100.

18. На $0^m, 7$.

22. В 8 ч вечера.

23. $\approx 1,9$ м.

24. 3 км.

25. $r = \sqrt{r_1^2 + r_2^2 - 2r_1 r_2 \cos \theta}$.

26. При суточном вращении и в течение года ось Земли занимает неизменное направление среди звезд, т. е. полюсы вращения неба среди звезд неизменны.

27. $34^\circ 15'$.

28. 55° .

29. 50; 80; 70; 40, 20; 50° .

30. Либо наблюдатель находится на одном из полюсов Земли, либо светило находится в одном из полюсов мира.

31. С точностью до $8''$.

32. $\delta = \varphi$.

33. $\delta > (90^\circ - \varphi)$; $\delta < (90^\circ - \varphi)$.

34. $55^\circ 45'$; $50^\circ 27'$; $41^\circ 43'$.

35. До $\delta = -30^\circ 03'$; до $\delta = -48^\circ 40'$.

36. Около 11 июня или около 3 июля.

37. $\delta = 0$.

38. $35^\circ 28'$.

40. $17^\circ 03'$.

41. $14^\circ 03'$; $4^\circ 34'$.

42. $-16^\circ 36'$.

43. $\delta = 90^\circ - \varphi$.

44. Нет.

47. Над горизонтом находятся звезды только южного полушария неба. При суточном движении все звезды не заходят и не восходят, а описывают круги, параллельные горизонту.

48. Все они наклонны к горизонту, а на экваторе суточные пути звезд перпендикулярны к горизонту.

49. $51^\circ 02'$.

50. В Одессе и в Тбилиси — не всегда. В Москве и Киеве — всегда.

51. Нет.

52. Начиная с широты 35° .

53. $33^\circ 13'$. Около 1 мая.

54. Между точками севера и востока восходит и между точками севера и запада заходит; между точками юга и востока восходит и между точками юга и запада заходит.

55. Два раза; один раз.

56. 21 марта и 23 сентября.

57. Половина.

59. $10^\circ 45'$; $26^\circ 22'$.

60. Около $71^\circ 26'$; $55^\circ 31'$. Немного меняется оттого, что календарный год не равен периоду обращения Солнца по эклиптике. К тому же в течение суток δ Солнца меняется.

61. 35° .

63. $23^\circ 27'$.

64. $66^\circ 33'$.

65. С 17 мая по 28 июля; с 18 ноября по 25 января.

66. $\varphi = 40^\circ$, $\varepsilon = 23^\circ 27'$.

67. $\varphi = 34^\circ 47'$, $\varepsilon = 23^\circ 54'$.

68. $89^\circ 02'$.

69. 180; 0; 270; 90° .

70. 42° .

71. $66^\circ 33'$.

72. $123^\circ 47' 45''$; 200° ; $212^\circ 30'$; $312^\circ 30'$; 359° .

73. $\alpha = 18^\circ 00^m$, $\delta = 66^\circ, 5$.

74. 45° .

75. В созвездии Близнецов.

76. $\alpha = \delta = 0$.

77. Для точки весеннего равноденствия.

78. а) Телец; б) Скорпион; в) Лебедь. а) Альдебаран; б) Антарес; в) Денеб.

81. Для первого $18^\circ 57^m 1^s$, 13.

82. Для первого $49^\circ 17' 15''$.

83. 5° .

84. На юго-западе.

85. На экваторе Земли.

88. $\alpha = 0^h 16^m 45^s$, $\delta = -0^\circ 6' 2$

89. $57^\circ 42'$.

90. $2^\circ 00'$.

91. $53^\circ 30'$; $72^\circ 07'$; 90° ; $46^\circ 54'$. ($6^\circ 36'$; $25^\circ 13'$; $43^\circ 06'$; 0°). Северный тропик, Северный полярный круг.

92. Приблизительно за 12 ч.

95. Через $5^h 2^m$.

96. Приблизительно в $7^h 20^m$ вечера.

97. В полдень около 22 декабря.

98. α — когда Земля вблизи перигелия (в начале января), δ — около моментов равноденствий.

103. На 2° .

104. 0^h и 0° ; 12^h и 0° .

105. 6^h , $+23^\circ 27'$; 18^h , $-23^\circ 27'$.

106. На небесном экваторе; в точках востока и запада.

107. К югу от $48^\circ, 5$.

108. $60^\circ, 5$.

109. Для всех широт севернее 72° .

111. а) Может; б) не может.

113. $4^h 54^m, 1$.

114. $\lambda = 3^h 10^m$ к западу.

115. $1^h 22^m E$.

116. $23^{\circ}24'$.
117. Около 23° .
118. $3^{\circ}11'$ E.
119. $2^{\circ}01'$, 2.
120. $21^{\circ}36'$.
122. 352 суток.
123. Потому что в тропическом году (длительность оборота Солнца по эклиптике) не содержится целого числа суток.
124. 28 февраля; 9 марта; 18 марта.
125. 28 мая в 15° по времени Магадана.

II. Строение Солнечной системы

126. Нет.
127. Верхняя.
128. Марс противоположен Солнцу в противостоянии; следовательно, он в созвездии Весов.
129. Венера удаляется от Солнца на небе не далее как на $45-48^{\circ}$ и вечером должна быть восточнее Солнца, т. е. в созвездии Рыб (см. звездную карту).
130. Нельзя, потому что далее $45-48^{\circ}$ Венера не отходит от Солнца.
131. Верхняя (см. ответ к задаче 130).
132. 4 а. е.
133. В 2,362 раза.
134. 74 года; на расстояние 0,009 а. е.
135. 1,70 а. е.
136. 0,63 а. е.
137. Сохраняются при наблюдении с любой планеты.
138. Воспользуемся уравнением синодического движения

$$\frac{1}{S_{\Phi}} = \frac{1}{T_{\Phi}} - \frac{1}{T_M}$$

Отсюда синодический период Фобоса $S_{\Phi} \approx 11^{\text{ч}},5$.

Число восходов $n = 24^{\text{ч}},6 : 11^{\text{ч}},5 \approx 2,13$, т. е. Фобос восходит за сутки дважды на западе.

139. 688 сут. (Приближенные данные всегда дают приближенный ответ.)

140. Через 780 сут.

141. Либо $3/4$, либо $3/2$ года.

143. 0,72 года.

144. Нет; да; нет.

145. 1 сут $6^{\text{ч}}48'$.

146. 2 года.

147. $7,8 \cdot 10^7$ км; $3,78 \cdot 10^8$ км.

148. $R = 1$ а. е. $\sin 47^{\circ} = 0,73$ а. е.

149. 0,39 а. е. $= 5,8 \cdot 10^7$ км.

150. Период этих явлений равен синодическому периоду Марса, т. е. составляет 780 сут.

151. 41° .

152. Около $17'$.

153. 29 января следующего года.

154. 1 мая вблизи α Скорпиона. Через 2 года 1 мая Марс в Стрельце, между звездами λ и π .

155. 18 августа следующего года.

156. $T = 1320$ сут, $a = 2,35$ а. е.

157. 12 сентября следующего года.

158. Ускорение, сообщаемое Землей Луне, больше.

160. Равенство центростремительного ускорения и ускорения свободного падения дает $\omega^2 R = GM/R^2$, откуда $M = 1,9 \cdot 10^{30}$ кг.

161. 2,4 км/с.

162. Такие задачи решают, считая, что время падения планеты на Солнце равно половине времени ее обращения вокруг центра Солнца по предельно узкому эллипсу с большей осью, равной радиусу планетной орбиты. В данной задаче, применяя третий закон Кеплера и считая орбиту за окружность радиусом 40 а. е., получаем 44 года.

163. 17,1 массы Земли.

164. 14,7 массы Земли.

165. 0,10 массы Земли.

166. Применяя уточненный III закон Кеплера и пренебрегая массой Земли в сравнении с массой Солнца, получим 0,7 года.

167. В 2,6 раза.

168. На 37%.

169. В $2\frac{1}{2}$ раза.

170. Наибольшая в январе в перигелии и наименьшая в июле, когда Земля в афелии. Отношение этих сил составляет 1,11.

171. 435,8 км/с.

172. $2^{\text{ч}}47^{\text{м}},4$.

173. В 4 раза большее, чем расстояние до Луны.

174. Не может, так как на расстоянии $R = 6371$ км период обращения уже равен 84,4 мин.

175. Потому что стены корабля и все предметы в нем имеют одинаковое ускорение и не дают на опору. Их «падение» к Земле происходит одинаково.

176. Нельзя ни на какой высоте, так как тела в полете космических кораблей невесомы.

177. 89,8 мин.

178. Нет, не могла. «Дальность горизонта» для нее была недостаточна.

179. 16 витков.

180. Для Земли — 7,83; 7,66; 7,61; 7,35 км/с. Для Марса — 3,12; 3,31; 3,42; 3,55 км/с.

181. 1330 км.

182. 329 км.

184. 1,67 км/с.

185. Имея большее, чем спутник, сечение, ракета-носитель сильнее тормозится атмосферой и потому, снижаясь, движется с большей скоростью.
186. На 64 и 53 сут продолжительнее.
187. 8140 и 91 020 км от поверхности Марса.
189. В перигее — 7,98 км/с; в апогее — 6,84 км/с.
190. Быстрее.
191. Ее скорость была бы в 4320 раз больше скорости света.
192. На экваторе.
193. 22 км.
194. 7°,5; 13°; 10°,6; 14°,5; 15°; 15°; 0°.
195. 232 м/с.
196. а) 465 м/с; б) 308 м/с.
197. На широте φ , где $\cos \varphi = (\cos 56^\circ)/2$, т. е. $\varphi = 73^\circ,7$.
198. Зимы северного полушария стали бы короткими и теплыми, лето долгим, но более холодным, чем сейчас. Смена ночи и дня летом и зимой была бы подобна существующей.
199. Везде и всегда продолжительность дня равнялась бы продолжительности ночи, а смена времен года прекратилась бы.
200. При наклоне 45° .
201. Около 30 км/с.
202. На $\frac{1}{5000}$ долю секунды.
204. Градусные измерения и определение силы тяжести.
205. $a = R(2\pi/T)^2$, $a = 0,03391$ м/с².
206. $g = \pi^2/l$, $g = 9,781$ м/с².
207. $g = 9,809$ м/с²; $l = g/\pi^2$, $l = 993,85$ мм.
208. Нагревание днем было бы больше; колебания температуры ото дня к ночи и от зимы к лету стали бы больше.
209. См. ответ к предыдущей задаче.
210. 1 : 0,9171 : 0,3987.
211. $\cos(\varphi - 23\frac{1}{2}) : \cos(\varphi + 23\frac{1}{2}) = 3,4$.
212. 28,6; 2,5; 1,5; 1,0.
213. Влияние наклона лучей больше, чем влияние расстояния до Солнца в $[\cos(\varphi - \epsilon) : \cos(\varphi + \epsilon)] : [(1 + \epsilon)^2 : (1 - \epsilon)^2] = 4,42 : 1,03 = 4,29$ раз.
214. Ускорение свободного падения на экваторе в 289,4 раза превышает ускорение центробежной силы инерции, поэтому Земля должна бы вращаться быстрее в $\sqrt{289,4} = 17,01$ раза.
215. Разности долгот $\Delta\lambda = 105^\circ$ соответствует дуга $l = (2\pi R \cos \varphi : 360) \cdot \Delta\lambda$, $l = 8251$ км.
216. 1'. В 900 раз.

217. 42 000 000 км.
218. На 41° . На 2° .
219. 2'',38.
220. 23'',2.
221. 46'',4.
222. 0'',29. Понятие годичного параллакса к планетам не применимо.
223. 1'',47.
224. 71 800 км.
225. 12 600 км.
226. Расстояние 60,3, а радиус 0,272 радиуса Земли; поверхность 0,0740 и объем 0,0201 соответственно от поверхности и объема Земли.
227. С точностью до 0,11% или 164 445 км.
228. В 109 раз. 1 391 000 км.
229. 4'',2.
230. 34'',6; 59'',5. 62'',8. 17'',0.
232. $(17',75:8',80) \cdot 5,431$ а. е. = 10,95 а. е.
233. 6800 км.

III. Физическая природа тел Солнечной системы

234. — 30 км/с.
236. — 20,7 км/с.
237. Около 4 мкм.
238. Звезда приближается к нам по лучу зрения со скоростью 50 км/с.
241. Относительная скорость меняется на 60 км/с, а $\Delta\lambda = \lambda \frac{v}{c}$, т. е. $\Delta\lambda = 1,2 \text{ \AA}$.
243. С точностью не менее, чем 0,15 мкм.
244. 54 км.
246. 5 км/с.
247. В марсианских сутках период обращения Фобоса $7^h39^m.24.24''_6 = 7^h.5$. С точное его движение среди звезд $360^\circ : (7,5 : 24) = 1151^\circ$. Промежутков времени между его кульминациями τ получим из пропорции: $(360^\circ - 1151^\circ) : 360^\circ = 24^h : \tau$, $\tau = 10^h55^m$.
248. Усилилось бы во столько раз, во сколько увеличилась бы поверхность, отражающая свет.
249. Потому что раздел дня и ночи на шаре Венеры — полукруглость, которую мы видим под углом в виде полуэллипса.
250. В квадратурах, когда Земля выглядит как Луна в первой или в последней четверти.
252. На 1 : 5000 долю.
253. 5,5 земных суток.
254. В 82 раза и равнялся бы $42^\circ,5$.
255. На экваторе Сатурна в виде полосы, пересекающей небо через зенит. На полюсах кольцо не видно.

256. По ее перемещению среди звезд, заметному за несколько часов, при наблюдении невооруженным глазом.

257. То, что они участвуют в суточном вращении неба. То же говорит измерение их параллакса.

258. Точно нельзя, потому что хвост постепенно сходит на нет.

260. Не может, потому что газ, выделяющийся из ее ядра при нагревании Солнцем, иссякает.

261. $18,5 \cdot 10^7$ лет.

262. 0,34 и 4,10 а. е.

263. Тем, что по какой-то причине самосвечение кометы ослабело, либо тем, что поверхность кометы, отражающая свет Солнца, уменьшилась, либо совместным действием обеих причин.

264. Период ее обращения 5 лет и 5 месяцев.

265. С Луны это будет совершенно незаметно.

266. Под утро.

267. 10,34 а. е.

268. Его ширина не менее длины пути, пройденного Землей за это время, т. е. $30 \text{ км/с} \cdot (37 \cdot 24 \cdot 3600) \text{ с} = 9,6 \cdot 10^7 \text{ км}$.

269. На неполную параллельность их путей в атмосфере.

271. 2,2 м.

272. Тем, что вдоль этой линии плотность населения (вероятность наличия свидетелей) выше.

273. Около 12,5 оборота.

274. 27,32 сут равны звездному месяцу. День и ночь равны половине синодического месяца, т. е. 14,76 земных суток.

275. Для наблюдателя на Луне Земля не восходит и не заходит.

276. 2,43 км.

277. $\approx 3,5 \text{ км}$.

279. Можно, потому что Земля, будучи obviously немного выше или ниже Солнца, на черном небе Луны была бы видна как очень узкий серп, выпуклостью обращенный к Солнцу.

280. В 80 раз сильнее лунного.

281. В 480 000 раз.

282. Наличие теней, отбрасываемых неровностями лунной поверхности при косом освещении Солнцем.

283. Нет. С Луны видна атмосфера, окружающая Солнце, видимая с Земли лишь в моменты полного затмения Солнца.

284. Нет.

285. Нет, потому что эти сияния происходят в атмосфере, которой на Луне нет.

286. Сила тяжести на Луне составляет 0,16 от земной силы тяжести.

287. 27,3 сут.

288. 1,02 км/с.

289. Нет, потому что сутки на 50 мин короче, чем промежуток времени между кульминациями Луны.

290. Зимой на наибольшей высоте.

291. $72^\circ 08'$; $60^\circ 36'$.

292. На юго-востоке.

293. В 1-й четверти.

294. Вечером.

295. Покрытие — на восточном.

296. Можно.

297. Около зенита.

298. Нет, так как Луна не имеет магнитного поля.

300. Западный.

301. Не может.

305. Меньшая кривизна внутренней части серпа, быстрота изменения фазы, время наблюдения и бурый цвет затмевающейся части Луны.

307. Это объясняется рефракцией в земной атмосфере.

308. Может.

309. Может. Не может, потому что промежуток времени между эпохами затмений лишь немного короче полугода.

310. Нет, так как там полярная ночь.

311. Потому что пятна света в тени листья — это изображения Солнца, даваемые маленькими просветами среди листьев, подобно камере обскуре.

313. Нет, так как уменьшения видимого углового диаметра Луны на 10% достаточно для того, чтобы Солнце ею не закрывалось полностью.

314. Может. Не может.

315. 5 февраля 1981 г. и 31 июля 1981 г.

316. Луна в апогее. Хотя тогда Луна пересекает меньший поперечник конуса земной тени, но она при этом движется медленнее и этот эффект перевешивает.

317. Были в 1959 г. и в 1977 г., ближайшее будет в 1995 г.

IV. Солнце и звезды

325. Потому что активность Солнца стала выше.

327. $8''$, 4.

328. 500 км.

329. $\approx 38 \text{ г}$.

330. $\approx 13,8 \text{ кг}$.

331. $\approx 12,6 \text{ т}$.

332. Количество теплоты, нужное для плавления всей массы льда, $Q_1 = 4\pi R^2 h \rho \lambda$, а количество теплоты, полученное Землей от Солнца, $Q_2 = 4\pi R^2 q t$, где R — радиус Земли, h — толщина слоя льда, ρ — его плотность, λ — удельная теплота плавления льда, q — солнечная постоянная,

t — время плавления льда. $Q_1 = Q_2$,

тогда $t = \frac{h\rho\lambda}{q}$, $t = 40$ мин.

338. С учетом возможной погрешности параллакса, последний заключается в пределах от $0'',012$ до $0''$, а расстояние в пределах от 83 пс до бесконечности, т. е. можно лишь сказать, что до звезды не менее 80 пс.

339. $3,4 \cdot 10^4$ г/см³.

340. 8,8 св. лет.

341. 100.

343. В 6310 раз.

344. $\pi R^2 : (\pi R^2 - \pi r^2) = 2$, $r : R = \sqrt{0,5}$, $r : R = 0,7$.

345. В 17 раз.

346. 2,7 пс = 8,8 св. лет = 558 000 а. е. = $8,3 \cdot 10^{13}$ км (для Сириуса)

347. В 10 500 раз.

348. S Золотой Рыбы ярче в 500 000 раз.

349. В 14 000 раз.

350. $11^m,6$ и $13^m,4$.

351. 0,0020 и 0,00038.

352. Сириус в 10 200 раз ярче своего спутника.

353. $+1^m,27$.

354. $-4^m,0$.

355. 5 пс = 16,3 св. лет.

356. Параллакс заключен в пределах от $0'',306$ до $0'',318$; следовательно, расстояние — в пределах от 3,26 до 3,14 пс, т. е. известно с точностью до нескольких процентов.

358. 7,5 массы Солнца.

359. 1,5 массы Солнца.

360. 2,1 массы Солнца.

361. 5,5 массы Солнца.

362. Станет меньше в 1,7 раза.

363. $0'',75$. Можно.

366. $3^d,68$ 713.

368. Амплитуда $5^m,5$ — $13^m,5$ зв. величины, период 400.

370. Период $5^d,3$, амплитуда $3^m,7$ — $4^m,1$. Это δ Цефея.

371. Звезда имеет неправильное колебание блеска. Это χ Лебеда.

372. 240 пс.

373. 166 пс.

374. 17,4.

375. В 480 раз.

376. В 15,8 раза.

377. 30 июня следующего года; 9 августа годом позже; 17 сентября еще годом позже.

379. В 3,4 раза.

380. В 100 раз.

381. Ответ на последний вопрос: с расстояния 1,8 пс, т. е. дальше ближайших звезд.

383. 700 км/с.

V. Строение Вселенной.

384. $V_r = V \cos \theta$, $v_r = 43$ км/с, $V_t = V \sin \theta$, $V_t = 25$ км/с.

385. 4,1 а. е.

386. Увеличиваются в области созвездий Лиры и Геркулеса и уменьшаются в противоположной части неба.

387. Через 97 000 лет.

388. Скорость Земли относительно звезды в эти два момента противоположна, так как моменты разделены полугодом, и, следовательно, равна удвоенной скорости Земли в проекции на луч зрения, направленный к звезде. Таким образом, эта скорость будет меняться от 0 до ± 60 км/с в зависимости от места звезды на эклиптике.

389. Созвездие Геркулеса.

390. 57 км/с.

391. 46° .

392. 25 км/с под углом 31° .

393. За 400 000 лет.

394. 16 км/с.

395. $+18$ и 14 км/с.

396. $0'',14$.

397. 90 км/с.

398. 17 км/с.

399. Около одной звезды на 1 пс³.

400. 55 000 а. е.

401. 3 400 000 лет.

402. 40 000 пс.

403. 35 пс.

404. 10 500 пс.

405. 37 пс; $-9^m,2$.

406. 240 000 пс. Диаметр 13 500 св. лет.

407. 100 Мпс.

408. 14 000 пс.

409. В 15,86 раза, так как соответствующие числа звезд относятся как объемы сфер, радиусы которых относятся, как $2,512:1$.

410. Слабая звезда дальше.

414. $0^m,006$.

415. $6,3 \cdot 10^7$ пс, или около $2 \cdot 10^8$ св. лет.

416. С учетом этого диаметры их становятся меньше, чем принималось раньше, так как поглощение света понижает видимый блеск цефеид в галактиках, а мы считали их поэтому дальше, чем они находятся в действительности, и видимый диаметр галактик относили тоже к большему расстоянию.

418. $m = a - 5 \lg d$, где a — некоторая постоянная.

419. Соотношение на графике зависимости m от $\lg d$ представится прямой, более наклонной к оси, по которой будем откладывать $\lg d$, чем в предыдущей задаче.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
-----------------------	---

I. Введение

Самостоятельное выполнение наблюдений на небе для знакомства с тем, о чем пойдет речь в учебнике	4
Блеск светил и звездные величины	6
Небесная сфера и угловые измерения	—
Географическая широта местности и видимость светил, кульминации, небесные координаты и звездная карта	7
Эклиптика и блуждающие светила	8
Счет времени, географическая долгота, календарь	11

II. Строение Солнечной системы

Законы движения планет Конфигурации и синодические периоды планет . .	13
Условия видимости планет	15
Тяготение и массы небесных тел	—
Элементы космонавтики	16
Земля	18
Определение расстояний до тел Солнечной системы и их размеров. Параллакс	19

III. Физическая природа тел Солнечной системы

Спектральный анализ	21
Планеты	23
Кометы и метеоры	24
Луна, ее движение и природа	25
Затмения	27
Задания для самостоятельного изучения планет и комет	28

IV. Солнце и звезды

Солнце	32
Задания для самостоятельного выполнения	34
Природа звезд	35
Двойные звезды. Массы звезд	39
Переменные и новые звезды	43

V. Строение Вселенной

Движения звезд	46
О т в е т ы	51

10 коп.

