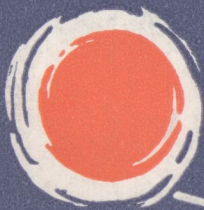




Задачи
по
астрономии



Б. А. ВОЛЫНСКИЙ, Г. И. МАЛАХОВА, И. А. СТАМЕЙКИНА

**ЗАДАЧИ
и УПРАЖНЕНИЯ
по АСТРОНОМИИ
для СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ**

ПОСОБИЕ для УЧАЩИХСЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО „ПРОСВЕЩЕНИЕ“

МОСКВА 1965

Предлагаемый задачник составлен в соответствии с программой по астрономии для средней школы с незначительными отступлениями от нее в последовательности расположения материала; задачи, выходящие по содержанию за пределы школьной программы, отмечены звездочкой (*), и в ответах приводятся указания к их решению. Кроме того, в задачнике содержатся задания для проведения астрономических наблюдений и краткие указания к их выполнению.

Для облегчения решения задач в начале разделов приведены краткие справочные сведения, в основном отсутствующие в стабильном учебнике астрономии. Данные, необходимые для решения некоторых задач и обработки наблюдений, указаны в приложениях, помещенных в конце книги.



Scan AAW

Рукопись книги рецензировал
кандидат физико-математических наук
В. А. Бронштэн

НЕБЕСНАЯ СФЕРА И ВИДИМЫЕ ДВИЖЕНИЯ СВЕТИЛ

Сведения, необходимые для решения задач этого раздела, достаточно полно изложены в § 1—13 школьного учебника астрономии. Задачи 2—6, 14—15 и 23—30 решаются с помощью подвижной карты звездного неба. Задача 18 решается с использованием небесного глобуса, представляющего собой модель небесной сферы с нанесенными на ее поверхность звездами и созвездиями. Задача 19 решается с применением армиллярной сферы (рис. 1), пользуясь которой можно наблюдать взаимное расположение главных кругов и точек небесной сферы в процессе ее суточного вращения.

1. Составьте список созвездий, не заходящих за горизонт в пункте вашего проживания.

2. Можно ли в вашей местности наблюдать созвездие Возничего 1 января в 10 ч вечера?

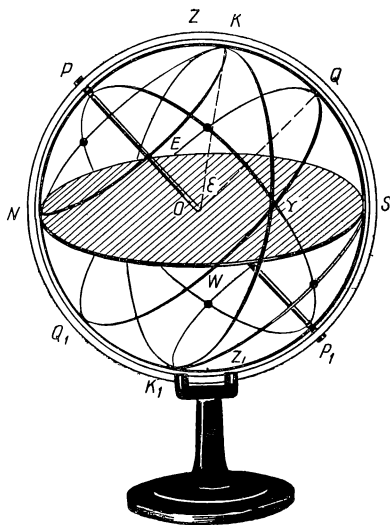


Рис. 1. Армиллярная сфера

3. Видно ли созвездие Орла 15 мая в 2 ч ночи в вашей местности?
4. Определите время восхода созвездий Волопаса и Большого Пса 1 мая на вашей широте.
5. Определите время захода созвездий Ориона и Близнецов 15 февраля в пункте вашего наблюдения.
6. Найдите на карте звездного неба то созвездие, которое занимает два отдельных участка.
7. Какое из созвездий имеет наибольшую протяженность на небесной сфере?
8. Составьте список звезд ярче 2-й звездной величины, не заходящих за горизонт в вашей местности.
9. Пользуясь каталогом (приложение IV), перечислите звезды северного неба ярче 1-й звездной величины.
10. Во сколько раз видимый блеск звезды 2-й звездной величины больше видимого блеска звезды 5-й величины?
11. Во сколько раз видимый блеск Полярной звезды меньше видимого блеска Веги (при вычислении воспользоваться данными приложения IV).
12. Укажите точки горизонта, лежащие на небесном экваторе, и точки горизонта, лежащие на небесном меридиане.
13. По какому кругу небесной сферы движется звезда, описывающая видимую дугу в 180° , и в каких точках горизонта она восходит и заходит?
14. Укажите то созвездие, которое в вашей местности находится в зените 8 марта около полуночи.
15. Какое созвездие проходит через зенит 23 сентября в 10 ч вечера в пункте вашего наблюдения?
- 16*. В каких точках небесной сферы пересекаются три ее главных больших круга?
17. Вычислите в процентах ту часть поверхности небесной сферы, которую можно наблюдать с территории Советского Союза (от $\varphi = 35^\circ$ до $\varphi = 80^\circ$).

18. Определите по небесному глобусу угловые расстояния между звездами Альтаиром и Вегой, а также Денебом и Арктуром.

19. С помощью армиллярной сферы установите, изменяется или остается неподвижным в течение суток положение небесного экватора относительно математического горизонта.

20. В каком направлении совершается видимое суточное движение Солнца, Луны, планет и близэкваториальных звезд для наблюдателя, находящегося в южном полушарии Земли?

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

22. Будут ли равны углы, на которые смещаются различные звезды в суточном вращении за единицу времени, для наблюдателя, находящегося в центре небесной сферы?

23. Какие созвездия в пункте вашего наблюдения восходят, кульминируют на юге и заходят 21 марта в 10 ч вечера?

24. Определите созвездия, которые в вашей местности восходят, кульминируют на севере и заходят 23 сентября в 10 ч вечера.

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

26. Укажите те созвездия, которые восходят, кульминируют на севере и заходят около полуночи 22 июня в пункте вашего проживания.

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

28. В какое время суток в пункте вашего наблюдения кульминируют на юге созвездия Близнецов и Малого Пса 5 апреля?

29. Если Солнце находится в созвездии Девы, то какие созвездия в это время будут кульминировать на юге около полуночи?

30. Если Солнце находится в созвездии Стрельца, то какие созвездия будут кульминировать в это время на юге около полуночи?

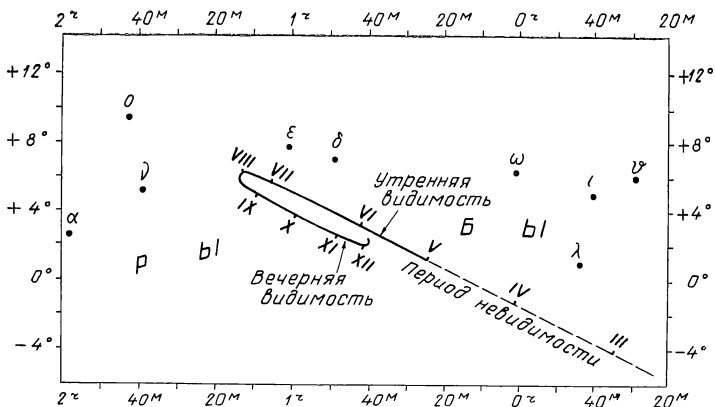


Рис. 2. Видимый путь Юпитера в 1963 г.

31. Зная, что Луна, перемещаясь среди звезд, совершает полный оборот за 27,3 сут, вычислите дугу, на которую Луна перемещается за одни сутки.

32. Могут ли происходить покрытия планет Луной?

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

34. С восточным или западным краем Солнца соприкасается Венера в момент начала прохождения по его диску?

35. По рисунку 2 установите направление видимого движения Юпитера по небесной сфере в 1963 г. за периоды с мая по август и с сентября по декабрь месяцы.

36. Укажите ошибку в приведенном ниже отрывке из повести Г. Голубева «Улугбек» (изд. «Молодая гвардия», М., 1960, стр. 140): «...Марс или Венера движутся в одну сторону — с запада на восток, потом останавливаются и, вдруг, направляются обратно на запад, и так несколько раз за ночь».

37. Определите, в каком направлении, пересекая экватор, идет корабль, если угол между его курсом и направлением на Полярную звезду, видимую с левого борта, составляет 135° .

38. На пересечении двух дорог, угол между направлениями которых составляет 90° , установлен вертикальный столб. В каких направлениях идут эти дороги, если в полдень тень от столба располагается по биссектрисе угла между ними?

ИСТИННОЕ ДВИЖЕНИЕ ПЛАНЕТ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ И РАССТОЯНИЙ ДО НИХ

Законы движения планет были открыты Кеплером. Он установил, что все планеты движутся вокруг Солнца по эллиптическим орбитам с переменными скоростями. Однако эксцентриситеты планетных орбит, их наклон к плоскости земной орбиты и неравномерность орбитальных скоростей настолько малы, что при решении многих задач можно условно считать орбиты планет круговыми и лежащими в одной плоскости, а скорости движения планет по орбитам равномерными.

При движении Земли и планет вокруг Солнца их взаимные расположения непрерывно изменяются. Зная наибольшее угловое удаление α нижней планеты от Солнца, можно вычислить ее относительное расстояние a_1 по формуле

$$a_1 = a \sin \alpha,$$

считая расстояние от Земли до Солнца $a = 1 \text{ а. е.}$

Промежуток времени, в течение которого планета завершает обращение вокруг Солнца, называется *сидерическим периодом*. Промежуток времени между двумя последовательными соединениями (или противостояниями) планеты называется *синодическим периодом*. Зависимости между этими периодами дают уравнения:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{E} \quad \text{для нижних планет}$$

и

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{T} \quad \text{для верхних планет,}$$

где S — синодический период, T — сидерический период, а E — сидерический период обращения Земли вокруг Солнца (365,26 сут).

Пользуясь третьим законом Кеплера

$$\frac{T_1^2}{T^2} = \frac{a_1^3}{a^3},$$

можно по известным значениям астрономической единицы a и сидерических периодов обращений Земли T и планеты T_1 определить большую полуось a_1 орбиты планеты, т. е. ее среднее расстояние от Солнца.

Расстояние от Земли до тел солнечной системы можно вычислить по формуле

$$a_1 = \frac{R}{\sin p},$$

в которой a_1 — расстояние до светила, R — радиус Земли и ρ — горизонтальный параллакс светила.

Принимая во внимание небольшие величины параллаксов тел солнечной системы, при решении задач следует учесть, что

$$\sin 1'' = \frac{1}{206\,265}, \text{ откуда } a_1 = \frac{R \cdot 206\,265}{\rho''}.$$

Для определения линейных размеров небесного светила, принадлежащего солнечной системе, измеряют угол ρ , под которым виден его радиус R_1 , и, зная расстояние a_1 от Земли до светила, находят линейную величину его радиуса по формуле

$$R_1 = a_1 \sin \rho.$$

При решении задач **47**, **62**, **63** и **64** рекомендуется сделать чертеж и воспользоваться данными приложения II.

39. По геоцентрическим воззрениям Земля является центром движения небесных светил. Допуская, что крайняя планета солнечной системы — Плутон — движется вокруг Земли в плоскости ее экватора на расстоянии $6 \cdot 10^9$ км с периодом в 1 *сут*, рассчитайте орбитальную скорость Плутона и, сравнив ее со скоростью света, сделайте заключение о возможности движения Плутона вокруг Земли.

40. Вычислите, во сколько раз скорость звезды ϵ Девы превышала бы скорость света, если согласно геоцентрическим воззрениям она в суточном обращении двигалась бы в плоскости земного экватора на расстоянии 10^{15} км от Земли.

41. Укажите основные признаки, отличающие гелиоцентрическую систему Коперника от предшествовавших ей геоцентрических систем.

42. Какие телескопические открытия Галилея подтвердили истинность гелиоцентрической системы мира?

43. Чем отличаются современные представления о строении солнечной системы от представлений Коперника?

44. Можно ли наблюдать Венеру утром на западе, а вечером на востоке? Почему?

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

46. Определите наибольшее угловое удаление Венеры к северу и к югу от точек востока и запада в моменты ее восхода и захода для наблюдателя, расположенного на экваторе Земли, если Венера удалена от небесного экватора на $27^\circ,5$.

47. Зная расстояния Марса и Земли от Солнца и принимая орбиты планет круговыми, а плоскости их совпадающими, найдите величину наибольшего углового удаления Земли от Солнца, наблюдаемого с Марса.

48*. Зная, что период обращения Фобоса равен $7^h 40^m$, а период осевого вращения Марса составляет $24^h 37^m$, укажите, сколько раз в течение марсианских суток и в какой части над горизонтом Марса восходит Фобос.

49*. Зная сидерические периоды обращений Земли ($365,26 \text{ сут}$) и Марса ($686,97 \text{ сут}$) вокруг Солнца, определите, через сколько времени Земля видна с Марса как утреннее светило.

50. Вычислите линейную скорость движения Меркурия по орбите. Радиус его орбиты $0,4 \text{ а. е.}$, а период обращения 88 сут .

51. Зная период обращения Венеры вокруг Солнца (225 сут) и ее расстояние от Солнца (108 млн. км), вычислите орбитальную скорость Венеры.

52*. Сидерический период обращения Юпитера вокруг Солнца равен $11,9 \text{ г}$. Вычислите синодический период обращения Юпитера.

53*. Синодический период обращения Венеры равен

584 *сут.* Определите сидерический период ее обращения вокруг Солнца.

54*. Противостояние Марса было в начале февраля 1963 г. Когда оно будет наблюдаться в следующий раз?

55*. Определите расстояние Юпитера от Солнца, если синодический период обращения Юпитера равен 398,9 *сут.*

56*. Вычислите величину a большой полуоси орбиты Сатурна, если его синодический период обращения равен 378 *сут.*

57. Определите расстояние от Солнца до Урана, зная, что период обращения Урана вокруг Солнца равен 84 г.

58. Вычислите период обращения Нептуна, зная, что его среднее расстояние от Солнца равно 30 $a. e.$

59. Известно, что спутники Марса Фобос и Деймос обращаются вокруг него на средних расстояниях, равных соответственно 9400 и 23600 *км.* Определите период обращения Деймоса, если период обращения Фобоса составляет $7^{\text{ч}}40^{\text{м}}$.

60. Периоды обращений спутников Сатурна равны: Мимаса $23^{\text{ч}}$, Титана $15^{\text{д}}23^{\text{ч}}$. Найдите отношение средних расстояний этих спутников от Сатурна.

61. Период обращения астероида Весты вокруг Солнца равен 3,6 г. Во сколько раз среднее расстояние Весты от Солнца больше, чем среднее расстояние от Солнца до Земли?

62. Считая орбиту Венеры окружностью и зная, что ее наибольшее угловое удаление от Солнца равно 48° , определите (в $a. e.$) расстояние Венеры от Солнца.

63. Найдите расстояние Меркурия от Солнца (в $a. e.$) при его наибольшем угловом удалении от Солнца, равном $23^{\circ},5$, принимая орбиту планеты за окружность.

64. Вычислите наблюдаемое с Венеры наибольшее угловое расстояние Луны от Земли, считая орбиты всех трех тел круговыми, а плоскости орбит совпадающими.

65. В каких пределах изменяется расстояние от Земли до Венеры, если средние расстояния Венеры и Земли от Солнца соответственно равны 108 и 150 млн. км?

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

67. Почему изменяется величина видимого углового диаметра Венеры при различных ее фазах?

68. Зная параллакс Солнца ($8'',80$) и экваториальный радиус Земли (6378 км), вычислите расстояние от Земли до Солнца.

69. В какие месяцы года и по какой причине величина параллакса Солнца бывает наибольшей и наименьшей?

70. Расстояние от Земли до Солнца определено по величине параллакса Солнца с точностью до $\pm 0'',01$. Какова ошибка в определении расстояния от Земли до Солнца?

71. Горизонтальный параллакс Луны равен $57'$. Вычислите расстояние от Луны до Земли, экваториальный радиус которой равен 6378 км.

72*. Определите величину параллакса Луны в тот момент, когда ее высота над горизонтом составляет 35° , если горизонтальный параллакс Луны равен $57'$.

73. Как изменяется расстояние до Луны при ее движении по эллиптической орбите вокруг Земли, если считать, что горизонтальный параллакс Луны колеблется от $60',3$ (в перигее) до $54',1$ (в апогее).

74. По известным величинам радиуса Земли и наибольшего горизонтального параллакса Марса ($23''$) вычислите наименьшее расстояние от Земли до Марса.

75*. Закономерность относительных расстояний планет от Солнца выражается формулой $a = 0,4 + 0,3 \cdot 2^n$. Пользуясь этой формулой, вычислите (в а. е.) расстояния Венеры ($n = 0$), Земли ($n = 1$), Марса ($n = 2$), Юпитера

($n = 4$) и Сатурна ($n = 5$) от Солнца и полученные результаты сравните с данными приложения II.

76. Угловой радиус Солнца $\rho = 16'$. Определите (в км) линейный диаметр Солнца.

77. Диаметр Луны виден с Земли с расстояния в 384 000 км под углом в $30'$. Определите линейную величину диаметра лунного шара.

78. Сколько времени продлится кругосветное путешествие на Луне, если двигаться по ее экватору со скоростью 15 км/ч, зная, что величина лунного радиуса равна 1738 км?

79. Вычислите угловой диаметр Земли, наблюдаемый с Луны, зная, что линейный радиус Земли $R = 6371$ км, а расстояние от Земли до Луны равно 384 000 км.

80. Вычислите угловой диаметр Солнца, видимый с Венеры, при расстоянии между ними в 108 млн. км и радиусе Солнца, равном 695,5 тыс. км.

81. Пользуясь приложением II, рассчитайте, во сколько раз длина экватора Юпитера больше длины экватора Земли, а длина экватора Земли больше длины экватора Меркурия.

82. Наименьшее расстояние Венеры от Земли равно 40 млн. км; в этот момент угловой радиус Венеры равняется $32''$,4. Вычислите линейный радиус Венеры и площадь ее поверхности.

83. Считая, что расстояния от Земли до Луны и до Солнца относятся как 1:390 и что видимые диаметры Луны и Солнца одинаковы, определите, во сколько раз поверхность и объем Солнца больше поверхности и объема Луны.

ФОРМА, РАЗМЕРЫ И ДВИЖЕНИЯ ЗЕМЛИ

В первом приближении Земля принимается за шар радиуса $R = 6371$ км.

Дальность D видимого горизонта зависит от высоты h

подъема наблюдателя над земной поверхностью. Из прямоугольного треугольника AOB (рис. 3) имеем

$$D^2 = (R + h)^2 - R^2.$$

Полученное выражение можно представить в виде

$$D^2 = 2Rh \left(1 + \frac{h}{2R} \right).$$

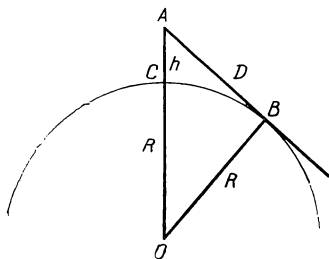


Рис. 3. Дальность видимого горизонта

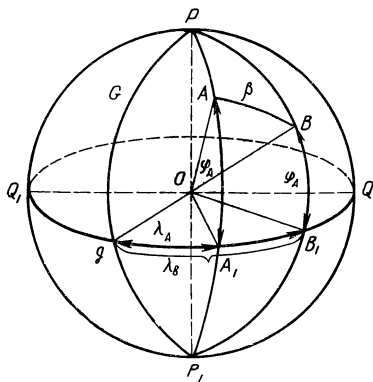


Рис. 4. Вычисление дуги земной поверхности

Пренебрегая малой величиной $\frac{h}{2R}$, окончательно находим

$$D = \sqrt{2Rh}.$$

Расстояние между пунктами A и B , лежащими на земной поверхности, можно определить по географическим координатам этих пунктов (рис. 4).

Сначала вычисляется угловая величина β дуги AB большого круга Земли по формуле

$$\cos \beta = \sin \varphi_A \sin \varphi_B + \cos \varphi_A \cos \varphi_B \cos (\lambda_B - \lambda_A),$$

где φ_A и φ_B — географические широты пунктов A и B , а λ_A и λ_B — географические долготы этих же пунктов (при условии, что $\lambda_B - \lambda_A < 180^\circ$).

Далее, по известному значению радиуса R Земли определяется линейная величина дуги AB из выражения

$$AB = \frac{2\pi R \beta^\circ}{360^\circ}.$$

Во втором приближении Земля принимается за эллипсоид вращения, большая полуось эллипса меридианного сечения которого $a = 6\,378\,245$ м, а малая полуось $b = 6\,356\,863$ м (рис. 5).

Фигура Земли характеризуется величиной ее сжатия

$$\alpha = \frac{a - b}{a} = \frac{1}{298,3}.$$

Физическими доказательствами суточного вращения Земли являются: поворот плоскости качания маятника к западу (опыт Фуко) и отклонение падающих тел к востоку.

Скорость ω (в град) поворота плоскости качания маятника в час выражается формулой

$$\omega^\circ = 15^\circ \sin \varphi,$$

где φ — географическая широта пункта наблюдения.

Величину d отклонения падающего тела к востоку можно вычислить по формуле

$$d = 0,022h \sqrt{h} \cos \varphi,$$

в которой высота h падения тела выражается в метрах, а величина d отклонения от вертикали — в миллиметрах.

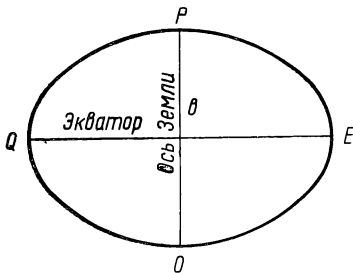


Рис. 5. Меридианное сечение земного эллипсоида

Доказательством движения Земли вокруг Солнца служит явление годичного параллактического смещения звезд на небесной сфере. Во всех задачах этого раздела (кроме 111—113) фигура Земли считается шарообразной.

84. При каком удалении от Земли может быть видимо ее целое полушарие?

85. Пункты A и B расположены на окружности одного и того же большого круга Земли. Угловая величина дуги между этими пунктами равна $7^\circ 12'$, а линейная величина той же дуги составляет $800,2$ км. Вычислите радиус R и длину окружности C большого круга Земли.

86*. Точка наблюдения лежит на высоте 400 м над земной поверхностью, а дальность D видимого горизонта равна $71,39$ км. Найдите радиус и длину окружности большого круга Земли.

87*. Определите наибольшее расстояние, на котором пловец будет видеть огонь маяка, расположенного на высоте 20 м над уровнем моря.

88*. Какова дальность видимого горизонта, который мог бы наблюдать первый космонавт Ю. А. Гагарин в полете с высоты 327 км над земной поверхностью при полной прозрачности атмосферы и при отсутствии преломления воздухом луча зрения.

89*. Определите длину окружности видимого горизонта, открывающегося с башни Эйфеля, высота которой равна 300 м.

90*. Найдите длину окружности видимого горизонта, открывающегося с высоты, равной радиусу Земли.

91. Определите (в км) величину одной морской мили, представляющей собой линейную длину дуги экватора Земли, равной $1'$.

92. По меридиану Земли найдите расстояния между экватором и тропиком, а также между тропиком и полярным кругом.

93. Определите линейное расстояние l между пунктами A и B , лежащими на одном меридиане Земли, если географические широты этих пунктов соответственно равны $\varphi_A = 48^\circ 15'$ (северная) и $\varphi_B = 24^\circ 30'$ (южная).

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

95. Вычислите площадь сегмента земной поверхности, видимого с высоты, равной радиусу Земли.

96. Мировой океан занимает 70,8%, а суша — 29,2% земной поверхности. Вычислите их площади (в км^2).

97. Вычислите (в % к площади земной поверхности) площади, занимаемые жарким, умеренными и полярными климатическими поясами Земли.

98. Определите объем V и массу M Земли, средняя плотность которой равна $5,520 \text{ кг/м}^3$.

99. Радиус ядра Земли равен 3470 км, а средняя плотность его — $12\,000 \text{ кг/м}^3$. Найдите (в %) долю вещества, заключенного в ядре, если масса Земли равна $6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$.

100. Вычислите линейную скорость v точек, лежащих на экваторе, тропике и полярном круге Земли, в ее суточном вращении вокруг оси.

101. Определите центростремительное ускорение точек, лежащих на экваторе, тропике и полярном круге Земли, в ее суточном вращении вокруг оси.

102. Зная, что ускорение силы тяжести на полюсе Земли равно $9,8322 \text{ м/сек}^2$, а на экваторе — $9,7805 \text{ м/сек}^2$, вычислите длину секундного маятника на полюсе и на экваторе Земли.

103. Определите (в %), какую часть веса теряет тело при перемещении его с полюса на экватор Земли?

104. Во сколько раз быстрее должна вращаться Земля, чтобы тело, лежащее на ее экваторе, не имело веса?

105. С какой скоростью и в каком направлении надо лететь вдоль экватора Земли, чтобы наблюдать перемещение Солнца с запада на восток со скоростью одного оборота в сутки?

106. Вычислите углы видимого поворота плоскости качания маятника за один час в Берлине и в Каире.

107. Определите углы видимого поворота плоскости качания маятника за два часа на экваторе, тропике, полярном круге и полюсе Земли.

108. В пункте, географическая широта которого $\varphi = 60^\circ$, с поверхности Земли на дно шахты, глубина которой 0,2 км, падает камень. Определите (в мм) его отклонение d к востоку от вертикали, обусловленное суточным вращением Земли.

109. На какой угол β к востоку от вертикали отклонится стальной шарик, свободно падающий с высоты 3 км на земную поверхность, в пункте, географическая широта которого $\varphi = 30^\circ$.

110. При каком угле ϵ наклона оси вращения Земли к плоскости ее орбиты южный полярный круг совпадает с тропиком Козерога?

111. Определите разность между большой и малой полуосями земного эллипсоида, если длина его малой полуоси $b = 6\,356\,863$ м, а сжатие Земли $\alpha = 1/298,3$.

112. Вычислите приближенную величину α сжатия Земли, большая полуось которой $a = 6378$ км, а малая $b = 6357$ км.

113. Лапландской и Перуанской экспедициями (1736 г.), а также по измерениям во Франции (1677 г.) установлено, что длина одного градуса дуги меридиана Земли равна:

111 950 м ($\varphi = + 66^\circ$ — Лапландия),

111 213 м ($\varphi = + 49^\circ$ — Франция),

110 578 м ($\varphi = - 2^\circ$ — Перу).

Вычислите значение радиуса ρ кривизны Земли для указанных географических широт в Лапландии, во Франции и в Перу.

114. Наблюдениями установлено наличие параллактического смещения звезд с годичным периодом. Чем можно объяснить это явление?

115. Каковы формы видимых путей, описываемых при параллактических смещениях звезд α Льва и α Весов, если эти звезды располагаются в плоскости земной орбиты?

116. Определите скорость v орбитального движения Земли вокруг Солнца, считая его равномерным и совершающимся по окружности радиуса $a = 149,5$ млн. км за период в 365,26 сут.

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

118. Вычислите расстояние по дуге большого круга земной поверхности между Парижем и Афинами.

119. Вычислите расстояния по дуге большого круга земной поверхности и по дуге параллели между Тегераном и Токио. Полученные результаты сравните.

120. Сколько времени затратит самолет на перелет по кратчайшему расстоянию из Брюсселя в Бухарест при средней скорости движения 500 км/ч?

ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ И ДВИЖЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕБЕСНЫХ Тел

На основе закона всемирного тяготения

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

Ньютон уточнил третий закон Кеплера, показав, что периоды обращений небесных тел зависят не только от их расстоя-

ний до центрального тела, но также и от масс взаимодействующих тел:

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

где M_1 и M_2 — массы центральных тел, m_1 и m_2 — соответственно массы их спутников, T_1 и a_1 — период обращения и расстояние спутника m_1 , а T_2 и a_2 — период обращения и расстояние спутника m_2 от центрального тела.

По этой формуле можно определять массы Солнца и тел солнечной системы. Так как массы m_1 и m_2 спутников малы по сравнению с массами M_1 и M_2 центральных тел, то, полагая, что масса одного из центральных тел, например M_2 , известна, можно определить массу M_1 второго центрального тела из выражения

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

Пользуясь формулой закона всемирного тяготения, можно рассчитать ускорение силы тяжести на поверхности небесного тела, а также и на любом заданном расстоянии от его центра или от его поверхности. Пусть M — масса небесного тела, а m — масса какого-нибудь тела, находящегося на его поверхности. Из второго закона динамики $F = ma$ находим ускорение, испытываемое телом m под действием силы F тяготения небесного тела M . Отсюда, выражая F из формулы закона всемирного тяготения, получаем

$$a = \gamma \frac{M}{r^2}.$$

Ускорения силы тяжести, вызываемые Луной на Земле, будут различными в ближайших к Луне точках и в наиболее

удаленных от нее, поскольку сила тяготения убывает обратно пропорционально квадрату расстояния между притягивающимися телами. Разность этих ускорений, называемая приливообразующим ускорением, пропорциональна массе Луны и обратно пропорциональна кубу расстояния между Луной и Землей:

$$a_{\text{бл}} - a_{\text{уд}} = 2\gamma \frac{M}{r^3}.$$

Так как в основном явление приливов и отливов в океане обуславливается действием тяготения Луны, то время, в течение которого происходит два прилива и два отлива, равно времени между двумя последовательными одноименными кульминациями Луны на одном и том же меридиане ($24^{\text{ч}} 50^{\text{м}}$).

Точное выполнение законов Кеплера имело бы место только при наличии двух притягивающихся тел. Но так как солнечная система состоит из многих тел, то в их движениях наблюдаются незначительные отклонения от законов Кеплера. Изучение отклонений, обнаруженных в движении Урана, позволило определить положение неизвестной планеты, которая была открыта в 1846 г. и названа Нептуном.

Под действием сил взаимного тяготения два небесных тела могут двигаться по круговой, эллиптической, параболической или гиперболической орбитам.

Если тело (искусственный спутник) движется по круговой орбите, то его линейную скорость $v_{\text{к}}$, называемую круговой (в том числе и первую космическую скорость), можно определить, исходя из равенства силы тяготения и центростремительной силы

$$\gamma \frac{Mm}{r^2} = \frac{mv_{\text{к}}^2}{r}.$$

Откуда

$$v_{\text{к}} = \sqrt{\gamma \frac{M}{r}},$$

где M — масса небесного тела, r — расстояние от спутника до центра небесного тела (радиус небесного тела плюс высота спутника над его поверхностью), γ — постоянная тяготения.

Вторая космическая (параболическая) скорость $v_{\text{п}}$ определяется по формуле

$$v_{\text{п}} = \sqrt{2\gamma \frac{M}{r}}.$$

Как всякое небесное тело, искусственный спутник Земли подчиняется законам Кеплера. Согласно второму закону Кеплера скорости движения искусственного спутника в перигее и в апогее его орбиты будут различны: в перигее (наибольшая) — $v_{\text{p}} = v_{\text{к}} \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}$; в апогее (наименьшая) — $v_{\text{a}} = v_{\text{к}} \sqrt{\frac{1-e}{1+e}}$.

В обеих формулах $v_{\text{к}}$ — круговая скорость, e — эксцентриситет орбиты спутника. Численное значение e определяется с помощью формул: $e = 1 - \frac{r_{\text{p}}}{a}$ или $e = \frac{r_{\text{a}}}{a} - 1$, где r_{p} и r_{a} — перигейное и апогейное расстояния спутника от центра Земли, a — большая полуось его орбиты, равная полусумме перигейного и апогейного расстояний:

$$a = \frac{r_{\text{p}} + r_{\text{a}}}{2}.$$

121. Вычислите ускорение силы тяжести, сообщаемое Луне Землей, и центростремительное ускорение орбитального движения Луны. Полученные результаты сравните.

122. Определите величину постоянной тяготения γ , если известно, что масса Земли $M = 5,9 \cdot 10^{24}$ кг, расстояние до Луны $r = 384\,000$ км, а ускорение, сообщаемое Луне Землей, равно $0,0027$ м/сек².

123. Вычислите постоянную тяготения, если плотность Земли $\rho = 5500 \text{ кг/м}^3$, радиус Земли $R = 6371 \text{ км}$, а ускорение силы тяжести на ее поверхности $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$.

124. Вычислите: а) силу притяжения Земли Солнцем, б) силу притяжения Солнца Землей, в) ускорение силы тяжести, сообщаемое Земле Солнцем, г) ускорение силы тяжести, сообщаемое Солнцу Землей.

125. Определите ускорение силы тяжести на поверхности Луны, если известно, что масса Луны равна $7,4 \cdot 10^{22} \text{ кг}$, а ее радиус равен 1738 км .

126. Во сколько раз меньше будет весить человек на Марсе, чем на Земле, если масса Марса равна $0,64 \cdot 10^{24} \text{ кг}$, а его радиус равен 3430 км ?

127. Найдите отношение ускорений силы тяжести на поверхности Солнца и на расстоянии Земли от него, если радиус Солнца $R = 7 \cdot 10^5 \text{ км}$, а радиус земной орбиты $a = 1,5 \cdot 10^8 \text{ км}$.

128. Определите ускорение, сообщаемое Земле Марсом, во время великого противостояния, когда расстояние между Землей и Марсом равно 56 млн. км .

129. С какой силой притягиваются Земля и Венера во время нижнего соединения Венеры с Солнцем, если расстояние между Землей и Венерой в этот момент равно $41,35 \text{ млн. км}$?

130. Во сколько раз ускорение, вызываемое на поверхности Земли Луной, меньше ускорения, вызываемого Солнцем, если отношение расстояний между ними равно $1 : 390$, а отношение масс Луны и Солнца составляет $1 : 27\,000\,000$?

131. Определите массу Земли, если ускорение силы тяжести на ее поверхности равно $9,82 \text{ м/сек}^2$.

132. Найдите массу Земли, если угловая скорость обращения Луны равна $13,2 \text{ град/сут}$, а расстояние Земли от Луны составляет $384\,000 \text{ км}$.

133. Вычислите массу Солнца, зная, что угловая скорость обращения Земли составляет 1 град/сут.

134. Принимая массу Земли за единицу, вычислите массу Юпитера, если расстояние первого спутника (Ио) от Юпитера равно $422\,000 \text{ км}$, время его обращения вокруг Юпитера составляет $1,77 \text{ сут}$, расстояние от Луны до Земли $384\,000 \text{ км}$, а время обращения Луны вокруг Земли $27,32 \text{ сут}$.

135. Определите массу Урана в единицах земной массы, сравнивая движение Луны вокруг Земли (см. предыдущую задачу) с движением спутника Урана Титании, обращающегося вокруг Урана с периодом $8 \text{ сут } 17 \text{ ч}$ на расстоянии $438\,000 \text{ км}$.

136. Найдите среднюю плотность Марса, радиус которого 3430 км , если его спутник Деймос обращается вокруг него на расстоянии $23\,470 \text{ км}$ с периодом $1 \text{ сут } 6,3 \text{ ч}$, а Луна обращается вокруг Земли на расстоянии $384\,000 \text{ км}$ за $27,3 \text{ сут}$.

137. Вычислите среднюю плотность Венеры, радиус которой 6200 км , а ускорение силы тяжести на поверхности $8,2 \text{ м/сек}^2$.

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

139. В результате излучения масса Солнца постепенно уменьшается. Объясните, пренебрегая сопротивлением межпланетной среды, как влияет это обстоятельство на расстояние планет от Солнца.

140. Падающие на Землю метеориты увеличивают ее массу. Влияет ли это на расстояние между Землей и Луной?

141. Как должна измениться масса Земли, чтобы, оставаясь на прежнем расстоянии, Луна обращалась вокруг Земли за период втрое меньший?

142. Какими методами астрономы определяют массы планет, не имеющих спутников?

143. Вычислите положение общего центра тяжести Земли и Луны на соединяющей их прямой, равной 384 000 км, если отношение масс Земли и Луны равно 81 : 1.

144. Зная отношение масс Земли и Луны и расстояние между их центрами, определите, на каком расстоянии от центра Земли находится точка, в которой равнодействующая сил притяжения Земли и Луны равна нулю.

145. Сколько времени Земля падала бы на Солнце по эллиптической орбите, если бы она перестала обращаться вокруг него?

146. Рассчитайте время, в течение которого Луна падала бы на Землю по эллиптической орбите, если бы внезапно прекратилось ее движение вокруг Земли.

147. Будут ли одинаковы скорость вылета и дальность полета снаряда при горизонтальном выстреле из одной и той же пушки на Земле и на Луне, если сила тяжести на лунной поверхности в 6 раз меньше, чем на земной. Сопротивлением земной атмосферы пренебречь.

148. Зная, что ускорение силы тяжести на поверхности Земли равно $9,8 \text{ м/сек}^2$, радиус Луны равен 0,27 радиуса Земли, масса Луны составляет 1 : 81 массы Земли, вычислите длину секундного маятника на поверхности Луны.

149. Сравните ускорения силы тяжести, вызываемые Луной в ближайшей к ней и в противоположной точках земной поверхности, зная радиус Земли и расстояние от нее до Луны.

150*. Пользуясь формулой приливообразующего ускорения, вычислите приливные силы, действующие на единицу массы воды в океане, со стороны Солнца и со стороны Луны.

151. Высота прилива у берегов Кольского полуострова достигает 8 м, а у восточных берегов Канады — 16 м. Какими причинами можно объяснить различие высоты приливной волны в разных пунктах Земли?

152. В 15 ч 46 мин на берегу океана наблюдался прилив. Когда (приблизительно) здесь будет отлив? Когда будет следующий прилив?

153. Чем объясняются наблюдаемые малые отклонения в движениях планет солнечной системы от движений по законам Кеплера?

154. Как было установлено местоположение неизвестной планеты (Нептуна) на небесной сфере? Кто и когда открыл эту планету?

155. Зная массу и радиус Земли, вычислите величину первой космической скорости.

156. Рассчитайте величины круговых скоростей для искусственных спутников Земли, движущихся над ее поверхностью на высотах 100, 500 и 1000 км.

157. За сколько времени искусственный спутник Земли, равномерно движущийся по круговой орбите, расположенной на высоте 250 км над земной поверхностью, совершает один оборот?

158. Искусственный спутник Земли равномерно движется по круговой орбите в плоскости земного экватора в направлении вращения Земли со скоростью 6,9 км/сек. Через сколько времени он будет проходить через зенит пункта, лежащего на земном экваторе?

159. Искусственный спутник Земли движется по полярной круговой орбите на высоте 250 км. На сколько километров к западу в результате вращения Земли переместится проекция его орбиты за один оборот на географической широте $\varphi = 57^{\circ}37'$?

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

161. Какова должна быть скорость искусственного спутника Луны, чтобы он мог обращаться по круговой орбите на высоте 50 км от лунной поверхности?

162. Рассчитайте первую космическую скорость для поверхности Венеры.

163. С какой скоростью должен быть запущен искусственный спутник Марса, чтобы он мог обращаться по круговой орбите вблизи его поверхности?

164. Вычислите величину второй космической скорости для земной поверхности.

165. Определите величину второй космической скорости для поверхности Луны.

166. Рассчитайте величину скорости, достаточной для того, чтобы космический корабль мог улететь с Марса.

167. С какой скоростью упадет на поверхность Венеры с бесконечно большого расстояния свободно падающее тело, имевшее начальную скорость, равную нулю (сопротивлением атмосферы пренебречь).

168. Вычислите ускорение силы тяжести искусственного спутника Земли, находящегося на высоте 630 км, принимая ускорение силы тяжести на земной поверхности равным $9,8 \text{ м/сек}^2$.

169. Искусственный спутник равномерно движется по круговой орбите на высоте 250 км. Зная радиус Земли, определите величину его центростремительного ускорения.

170. На основании третьего закона Кеплера определите, на каком расстоянии от Земли движется искусственный спутник, период обращения которого равен 1 сут.

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

172. Первая советская космическая ракета, выведенная на эллиптическую орбиту 2 января 1959 г., двигалась на среднем расстоянии $1,15 \text{ а. е.}$ от Солнца. Пользуясь законами Кеплера, найдите период ее обращения вокруг Солнца.

173. Сколько времени нужно лететь с Земли на Марс в межпланетном корабле, движущемся по орбите, пери-

гелийное расстояние которой равно расстоянию Земли от Солнца, а афелийное — расстоянию Марса от Солнца?

174. Определите перигейное и апогейное расстояния искусственного спутника, обращающегося вокруг Земли на среднем расстоянии 1055 км от ее поверхности, при условии, что эксцентриситет его эллиптической орбиты $e = 0,11$.

175*. Найдите скорости искусственного спутника Земли в перигее и в апогее его орбиты, если перигейное расстояние от поверхности Земли равно 227 км, а большая полуось орбиты равна 6958 км.

176*. Найдите отношение скоростей искусственного спутника Земли в апогее и в перигее его орбиты, если апогейное и перигейное расстояния от поверхности Земли соответственно равны 1880 км и 230 км.

177*. Космический корабль, выведенный на круговую орбиту на высоте 250 км над Землей, проходит активный участок траектории за 5 мин. Определите среднее ускорение движения космического корабля и среднюю величину перегрузки, испытываемой космонавтом при взлете.

178*. Как объяснить невесомость предметов, находящихся внутри космического корабля-спутника, равномерно движущегося по круговой орбите вокруг Земли?

179*. Рассчитайте по формуле К. Э. Циолковского $\frac{M_n}{M_k} = e^{\frac{v}{c_p}}$, как изменится масса космического корабля, движущегося по круговой орбите со скоростью 5 км/сек при переходе на параболическую орбиту (M_n и M_k — начальная и конечная массы корабля, $e = 2,72$ — основание натуральных логарифмов, v — разность скоростей и c_p — скорость истечения газов, равная 2,8 км/сек).

180*. Определите силу сопротивления воздуха, если искусственный спутник Земли движется со скоростью $v = 8$ км/сек на высоте 160 км. Поперечное сечение спутника $S = 1$ м², плотность воздуха $\rho = 10^{-9}$ кг/м³.

Указание: для решения воспользуйтесь формулой $R = k \rho S v^2$, где $k = 0,001$ — коэффициент пропорциональности при выражении всех линейных мер в метрах.

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

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

183. Вычислите, во сколько раз кинетическая энергия, необходимая для вывода искусственного спутника Земли на параболическую орбиту, больше кинетической энергии, необходимой для его вывода на круговую орбиту. Сопротивлением атмосферы Земли пренебречь.

184. В какой точке орбиты искусственного спутника Земли его потенциальная энергия будет наибольшей и в какой точке наименьшей? На что расходуется часть потенциальной энергии спутника при переходе его в перигей?

185*. Можно ли по данным радионаблюдений искусственного спутника Земли предвычислять время и место его оптического восхода?

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ШИРОТЫ

Зависимости между географической широтой φ , склонением δ и зенитным расстоянием z светила M в моменты его кульминаций можно установить по рисунку 6.

Если светило M_1 находится в верхней кульминации между экватором и горизонтом, то:

$$\varphi = z - \delta.$$

Если светило M_2 находится в верхней кульминации между экватором и зенитом, тогда

$$\varphi = z + \delta.$$

Когда светило M_3 находится в верхней кульминации между зенитом и полюсом мира, имеем:

$$\varphi = \delta - z.$$

Наконец, если светило M_4 находится в нижней кульминации над горизонтом (является незаходящим), тогда

$$\varphi = 180^\circ - \delta - z.$$

Для незаходящей звезды, обе кульминации которой наблюдаются к северу от зенита, справедливо также соотношение

$$\varphi = \frac{h_B + h_N}{2},$$

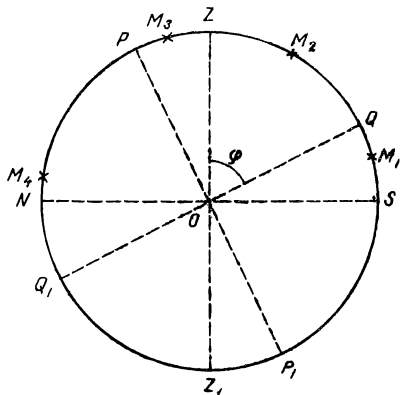


Рис. 6. Зависимости между склонением, зенитным расстоянием светила в меридиане и географической широтой

пользуясь которым можно по значениям ее высот h_B и h_N в кульминациях определить географическую широту φ пункта наблюдения.

186. Чему равны азимуты точек: юга, запада, севера, востока, полюса мира и зенита?

187. Определите зенитные расстояния точек: юга, запада, севера, востока и зенита.

188. Каков азимут A точки весеннего равноденствия через b и после ее верхней кульминации?

189. Определите азимут экваториальной звезды, переместившейся на 90° после нижней кульминации.
190. В каких пунктах Земли азимут точки весеннего равноденствия от момента ее верхней кульминации до захода остается неизменным?
191. В каких пунктах Земли азимут точки весеннего равноденствия мгновенно изменяется на 180° ?
192. Может ли звезда, наблюдаемая на географической широте $\varphi = 45^\circ$, никогда не иметь азимута, равного 0° ?
193. Может ли звезда, проходящая верхнюю кульминацию между зенитом и полюсом мира, иметь азимут, равный 0° ?
194. При каких значениях азимута звезды скорость изменения ее высоты будет наибольшей и при каких наименьшей?
195. Накануне верхней кульминации и после нее звезда наблюдалась на равных высотах. В моменты наблюдений на горизонтальном круге теодолита были прочитаны отсчеты $27^\circ 16'$ и $42^\circ 12'$. Определите отсчет горизонтального круга теодолита, соответствующий направлению меридиана (место юга).
196. Место юга на лимбе школьной астролябии равно 22° , а отсчет по лимбу, соответствующий направлению на земной предмет, равен 11° . Вычислите азимут направления на земной предмет.
197. Пользуясь звездным глобусом, найдите азимуты точек восхода и захода звезд Сириуса и Антареса на географических широтах $\varphi = 57^\circ$ и $\varphi = 46^\circ$.
198. С помощью звездного глобуса определите высоту и азимут точки весеннего равноденствия на широте $\varphi = 57^\circ$ в тот момент, когда звезда Альдебаран проходит через меридиан в верхней кульминации.
199. На какой географической широте высоты всех звезд в течение суток остаются неизменными?

- 200.** В каких пунктах на Земле круги склонений совпадают с кругами высот?
- 201.** В каких местах Земли и при какой высоте полюса мира небесный экватор совпадает с горизонтом?
- 202.** В каких пунктах Земли видимые дуги суточных параллелей всех звезд равны между собой?
- 203.** Где на Земле совсем не видно звезд южного полушария небесной сферы и как в этих пунктах располагаются полюсы мира?
- 204.** Какова должна быть высота полюса мира, чтобы в течение суток все звезды небесной сферы были видны над горизонтом (допуская, что звезды видны и днем).
- 205.** В каких пределах изменяются величины видимых дуг суточных параллелей звезд для наблюдателя, расположенного на географической широте $\varphi = 50^\circ$?
- 206.** Меняются ли величины видимых дуг суточных параллелей различных звезд при перемещении наблюдателя вдоль меридиана Земли к северу и к югу?
- 207.** Чему равен азимут экваториальной звезды в тот момент, когда ее часовой угол $t = 18^h$?
- 208.** Определите азимут экваториальной звезды, прямое восхождение которой в момент верхней кульминации точки весеннего равноденствия $\alpha = 6^h$.
- 209.** Наблюдениями было установлено, что в момент верхней кульминации Сириуса горизонтальные координаты искусственного спутника Земли были $A = 265^\circ$ и $h = 35^\circ$. Пользуясь небесным глобусом, определите экваториальные координаты α и δ искусственного спутника Земли в этот момент в пункте, географическая широта которого $\varphi = 45^\circ$.
- 210.** Зная, что экваториальные координаты Венеры равны $\alpha = 21^h$ и $\delta = -11^\circ$, с помощью небесного глобуса определите ее горизонтальные координаты A и h в момент восхода звезды Фомальгаут (α Южной Рыбы) в пункте на географической широте $\varphi = 50^\circ$.

211. Определите часовые углы зенита и полюса мира.

212. Вычислите часовой угол звезды Альдебарана ($\alpha = 4^{\text{h}}33^{\text{m}}$) в момент нижней кульминации Поллукса ($\alpha = 7^{\text{h}}42^{\text{m}}$).

213. Определите часовые углы звезд Регула ($\alpha = 10^{\text{h}}06^{\text{m}}$) и Ригеля ($\alpha = 5^{\text{h}}12^{\text{m}}$) в момент нижней кульминации точки весеннего равноденствия.

214. Часовые углы звезд равны $7^{\text{h}}18^{\text{m}}$ и $17^{\text{h}}42^{\text{m}}$. Выразите их в градусной мере.

215. После нижней кульминации одна из звезд переместилась по суточной параллели на $79^{\circ}29'$, а другая — на $185^{\circ}45'$. Вычислите часовые углы этих звезд в мерах времени.

216. При высоте 30° часовой угол звезды равен $8^{\text{h}}30^{\text{m}}$. Вычислите часовой угол этой же звезды в тот момент, когда она будет находиться по другую сторону небесного меридиана на такой же высоте.

217. Чему равно склонение и прямое восхождение точки весеннего равноденствия?

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

219. Звезда, прямое восхождение которой равно α , кульминирует в полночь. Когда в одноименной кульминации будет находиться другая звезда, прямое восхождение которой равно $45^{\circ} + \alpha$?

220. В момент верхней кульминации звезды Спика точка весеннего равноденствия $1^{\text{h}}22^{\text{m}},6$ тому назад прошла через нижнюю кульминацию. Чему равно прямое восхождение Спика?

221. В каких созвездиях находятся звезды, экваториальные координаты которых равны:

а) $\alpha = 4^{\text{h}}33^{\text{m}}$; $\delta = +16^{\circ}25'$;

б) $\alpha = 16^{\text{h}}26^{\text{m}}$; $\delta = -26^{\circ}19'$;

в) $\alpha = 20^{\text{h}}40^{\text{m}}$; $\delta = +45^{\circ}06'$.

Каковы собственные названия этих звезд?

222. По карте звездного неба определите экваториальные координаты α и δ звезд: Арктика, Бетельгейзе, Альтаира; Капеллы, Кастора и Спика. Полученные результаты сравните с координатами этих звезд по каталогу (приложение IV).

223. Взяв по Школьному астрономическому календарю экваториальные координаты Марса на 16 апреля и 1 октября, установите с помощью подвижной карты звездного неба моменты его восхода и захода. Наблюдается ли Марс в эти дни в вашей местности?

224. По подвижной карте звездного неба установите дату, когда звезда, прямое восхождение которой $\alpha = 18^h$, проходит в 8^m вечера в вашей местности через меридиан на юге.

225. Определите по карте экваториальные координаты характерных звезд созвездий Большой Медведицы и Малой Медведицы и зарисуйте на глобусе фигуры этих созвездий.

226. Установите по карте значения экваториальных координат ярких звезд созвездий Лебедя и Ориона и нарисуйте на глобусе фигуры этих созвездий.

227. Найдите отношение дуг суточных параллелей, проходящих за один час двумя звездами, склонения которых равны $+30^\circ$ и $+60^\circ$.

228. Вычислите величину дуги небесного меридиана между зенитом и небесным экватором для пункта, географическая широта которого $\varphi = 57^\circ 37' 2''$.

229. Укажите географическую широту параллели, на которой зенитное расстояние и высота полюса мира равны между собой.

230. Почему при перемещении наблюдателя по земной поверхности вдоль меридиана положение полюса мира среди звезд остается неизменным, а положение зенита непрерывно меняется?

231. Чему равно склонение звезды, которая проходит

через зенит для наблюдателя, расположенного на земном экваторе?

232. Определите, на каких географических широтах полюс мира совпадает с зенитом, с точкой севера.

233. Под каким углом к горизонту располагаются плоскости суточных параллелей звезд в пункте, географическая широта которого равна $55^{\circ}45'$?

234. Высота южной точки экватора над точкой юга, лежащей на горизонте, равна $27^{\circ}13'$. Вычислите географическую широту места.

235. Зенитное расстояние Полярной звезды ($\delta = +89^{\circ}02'$) в нижней кульминации равно $32^{\circ}22',7$. Определите географическую широту пункта наблюдения.

236. На каком расстоянии от полюса мира находится звезда, которая в пункте с географической широтой $50^{\circ}25'$ кульминирует в зените?

237. Ось мира наклонена к горизонту пункта наблюдения на угол $55^{\circ}15'$. Чему равна высота звезды ($\delta = +12^{\circ}15'$) в момент верхней кульминации?

238. Полярное расстояние звезды равно $15^{\circ}15'$. Определите ее зенитное расстояние в момент нижней кульминации при наблюдении в пункте, географическая широта которого $\varphi = 59^{\circ}57'$.

239. В моменты верхней и нижней кульминаций высоты незаходящей звезды соответственно равны $50^{\circ}46'$ и $35^{\circ}54'$. Вычислите высоту полюса мира над горизонтом пункта наблюдения.

240. Чему равны зенитные расстояния звезд Прокциона ($\delta = +5^{\circ}21'$), Сириуса ($\delta = -16^{\circ}39'$) и Антареса ($\delta = -26^{\circ}19'$) в моменты их верхних кульминаций в Мадриде и в Риге.

241. Определите разность зенитных расстояний звезд Веги ($\delta = +38^{\circ}44'$) и Спика ($\delta = -10^{\circ}54'$) в моменты их верхних кульминаций.

242. Звезда Капелла в момент верхней кульминации видна на высоте $79^{\circ}17'$ (к югу от зенита), а в момент нижней кульминации — на высоте $12^{\circ}37'$. Определите склонение Капеллы и географическую широту пункта наблюдения.

243. Звезда Денеб в моменты верхней и нижней кульминаций имеет соответственно зенитные расстояния $z_1 = 14^{\circ}54'$ (к югу от зенита) и $z_2 = 74^{\circ}54'$. Определите географическую широту пункта наблюдения и склонение звезды.

244. На какой географической широте зенитное расстояние звезды всегда равно ее склонению? Чему равно склонение этой звезды?

245. Азимут звезды в момент восхода равен 270° . Определите продолжительность ее видимости над горизонтом и высоту в момент верхней кульминации в пункте, географическая широта которого равна $41^{\circ}19'$.

246. Считая, что Киев и Одесса лежат на одном меридиане, найдите разность зенитных расстояний и разность часовых углов, измеренных в этих городах в момент верхней кульминации звезды Веги.

247. В Алма-Ате звезда α Большой Медведицы (Дубхе), склонение которой $\delta = +62^{\circ}01'$, пересекает меридиан в нижней кульминации на высоте $15^{\circ}17'$ над горизонтом. Определите географическую широту Алма-Аты.

248. В Саратове звезда Альтаир ($\delta = +8^{\circ}44'$) пересекает меридиан на юге, имея зенитное расстояние в этот момент $42^{\circ}48'$. Определите географическую широту Саратова и высоту Альтаира в момент кульминации.

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

250. Какие звезды никогда не заходят за горизонт для наблюдателя, находящегося на северной географической широте $47^{\circ}45'$?

251. Восходит ли звезда Антарес ($\delta = -26^{\circ}19'$) над горизонтом Харькова?

252. Восходит ли звезда Фомальгаут ($\delta = -29^{\circ}53'$) над горизонтом Архангельска?

253. Можно ли в окрестностях поселка Мирного ($\varphi = -66^{\circ}33'$) ориентироваться на местности по созвездию Большой Медведицы, границы которого: $\delta = +73^{\circ},3 - +28^{\circ},8$?

254. Наблюдают ли жители Мурманска самую яркую звезду небесной сферы Сириус ($\delta = -16^{\circ}38'$)?

ВИДИМОЕ ГОДИЧНОЕ ДВИЖЕНИЕ СОЛНЦА ПО ЭКЛИПТИКЕ

Солнце движется по эклиптике в направлении, противоположном суточному движению светил с периодом в один год. Вследствие этого его экваториальные координаты α_{\odot} и δ_{\odot} изменяются непрерывно и неравномерно. Угол наклона эклиптики к небесному экватору постоянен ($23^{\circ}27'$), но относительно горизонта в разное время суток и на различных географических широтах эклиптика располагается неодинаково.

Наклон эклиптики к горизонту в момент захода точки весеннего равноденствия, равный высоте h верхней точки K эклиптики в меридиане (рис. 7), находится по формуле

$$h = 90^{\circ} - \varphi + 23^{\circ}27',$$

а в момент восхода точки весеннего равноденствия — по формуле

$$h = 90^{\circ} - \varphi - 23^{\circ}27',$$

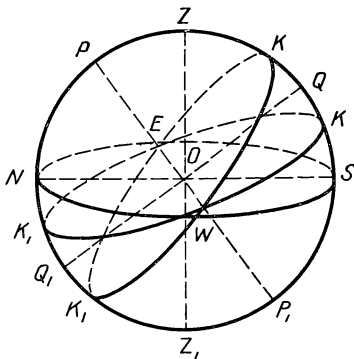


Рис. 7. Высота эклиптики в моменты захода и восхода точки весеннего равноденствия

В полдень высота h Солнца над горизонтом определяется из соотношения

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta_{\odot},$$

в котором δ_{\odot} — склонение Солнца на дату наблюдения.

В разные дни года азимуты точек восхода и захода Солнца различны. На экваторе Земли они колеблются в интервалах: при заходе — от $66^\circ 33'$ до $113^\circ 27'$ и при восходе — от $246^\circ 33'$ до $293^\circ 27'$.

255. По какому кругу небесной сферы перемещается в суточном движении Солнце в дни равноденствий и в каких точках горизонта оно восходит и заходит?

256. По какому кругу небесной сферы перемещается в суточном движении Солнце в дни летнего и зимнего солнцестояний?

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

258. Определите азимуты Солнца в моменты его восхода и захода в дни равноденствий и солнцестояний на экваторе Земли.

259. Пользуясь звездным глобусом, установите азимуты точек восхода и захода Солнца в дни летнего и зимнего солнцестояний в пунктах, географические широты которых 45° и 60° .

260. Сколько раз в течение года бывают одинаковыми азимуты восхода Солнца и азимуты захода Солнца?

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

262. В какие дни года Солнце достигает зенита для наблюдателей, находящихся соответственно на тропике Рака и на тропике Козерога?

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

264. Какую дугу β проходит в суточном движении Солнце за тот день, в течение которого оно находится 18 ч над горизонтом?

265. Какая часть окружности эклиптики постоянно находится над горизонтом?

266*. Определите по карте звездного неба экваториальные координаты α и δ северного полюса эклиптики и назовите созвездие, в котором он находится.

267*. Склонение δ северного полюса эклиптики равно $+66^\circ,5$. Вычислите высоту h северного полюса эклиптики в момент его верхней кульминации в пункте, северная географическая широта которого равна $68^\circ,5$.

268. Чему равны азимуты A_γ и A_δ равноденственных точек в момент восхода точки весеннего равноденствия?

269. В день равноденствия два наблюдателя находятся на экваторе. Один в лодке в открытом море, а другой на воздушном шаре, вертикально над ним на высоте 1 км. Через какое время наблюдатель с воздушного шара увидит заход Солнца позже наблюдателя, сидящего в лодке?

270. За какое приблизительно время Солнце перемещается в годичном движении по эклиптике на дугу, равную его угловому диаметру?

271. Где более длинный день 5 апреля — в Токио или в Тегеране, если эти города лежат на одной географической параллели, но Тегеран расположен на $88^\circ 21'$ западнее Токио? Почему этот день будет иметь различную продолжительность в указанных городах?

272. Каковы экваториальные координаты α и δ Солнца в моменты равноденствий и солнцестояний?

273. 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.

274. Нанесите на звездный глобус положение эклиптики и отметьте те ее точки, в которых находится Солнце 21 апреля и 22 августа.

275. Пользуясь картой звездного неба, определите примерные даты, когда Солнце, перемещаясь по эклиптике, покрывает звезды α Льва и α Весов.

276. В каких зодиакальных созвездиях находится Солнце в дни равноденствий и солнцестояний?

277. Какое из созвездий обычно не упоминается в числе зодиакальных, несмотря на то что через него проходит эклиптика?

278. Перечислите зодиакальные созвездия, которые видны над горизонтом в полночь: а) в день весеннего равноденствия, б) в день осеннего равноденствия.

279. Перечислите зодиакальные созвездия, которые видны над горизонтом в полночь: а) в день летнего солнцестояния, б) в день зимнего солнцестояния.

280. В поэме Лукреция Кара (I век до нашей эры) «О природе вещей» описывается картина видимого движения Солнца:

«Чем объясняется то, что из теплых пространств Козерога К зимнему кругу подходит и вновь возвращается Солнце К тем же пределам своей остановки в созвездии Рака».

Дайте ответ на вопрос, поставленный автором, и укажите те зодиакальные созвездия, в которых в нашу эпоху располагаются точки зимнего и летнего солнцестояний.

281. В поэме Гесиода (VIII век до нашей эры) «Работы и дни» дается указание о времени, неблагоприятном для мореплавания:

«Если же по морю хочешь опасному плавать, то помни:
После того, как ужасная мощь Ориона погонит
С неба Плеяд и падут они в мгlisto-туманное море,

С яростной силою дуть начинают различные ветры,
На море темном не вздумай держать корабля в это время».

Зная последовательность перемещения Солнца среди зодиакальных созвездий, определите месяц, опасный для мореплавания.

282. Пользуясь подвижной картой звездного неба, определите моменты восхода и захода Солнца в дни весеннего и осеннего равноденствий.

283. С помощью подвижной карты звездного неба определите моменты восхода и захода Солнца в дни летнего и зимнего солнцестояний.

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

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

286. Определите угол β между эклиптической и горизонтом в момент захода точки весеннего равноденствия в пункте, северная географическая широта которого равна 45° .

287. Определите угол β между эклиптической и горизонтом в момент восхода точки весеннего равноденствия в пункте, северная географическая широта которого равна 50° .

288. На какой географической широте φ наименьшая полуденная высота Солнца равна наибольшей высоте Солнца, наблюдаемой на полюсах Земли?

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

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

291. Вычислите величину угла β , на который опускает-

ся под горизонт Солнце в момент нижней кульминации в Ленинграде и в Токио в день летнего солнцестояния.

292. Вычислите величину дуги β , на которую опускается Солнце под горизонт в нижней кульминации в Перми и в Дели в день зимнего солнцестояния.

293. На какой географической широте φ Солнце кульминирует в полдень на высоте 75° над горизонтом, если в этот день его склонение равно $+15^\circ$?

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

295. С помощью Школьного астрономического календаря укажите даты, когда Солнце будет кульминировать на высоте $48,5^\circ$ над горизонтом в Берлине.

296. 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 φ пункта наблюдения и укажите угол ϵ наклона эклиптики к экватору.

297. Около 1100 лет до нашей эры 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.

298. Определите склонение δ Солнца, когда оно становится: а) незаходящим светилом и б) невосходящим светилом в Мурманске.

299. С помощью Школьного астрономического календаря установите даты, когда Солнце становится незаходящим и невосходящим светилом в Хаммерфесте ($\varphi = 71^\circ$).

300. В полдень 4 августа высота Солнца над горизонтом в Варшаве равна $55^\circ 13'$. На какой географической широте φ Солнце находится в зените в этот же самый момент времени?

ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ДОЛГОТЫ

Единицей измерения времени являются сутки. Звездные сутки определяются как промежуток времени между двумя последовательными одноименными кульминациями точки Υ весеннего равноденствия. За начало звездных суток принимается момент ее верхней кульминации.

В каждый момент суток звездное время s численно равно часовому углу t точки весеннего равноденствия или (согласно рис. 8) сумме прямого восхождения и часового угла любой звезды, т. е.

$$s = \alpha + t.$$

Звездное время является местным временем и применяется только в астрономии.

Истинными солнечными сутками называется промежуток времени между двумя последовательными верхними кульминациями центра истинного Солнца. Продолжительность истинных солнечных суток в разные дни года неодинакова. Поэтому для измерения времени приняты средние солнечные сутки — промежуток времени между двумя последовательными одноименными кульминациями среднего Солнца, воображаемой точки, равномерно движущейся по небесному экватору.

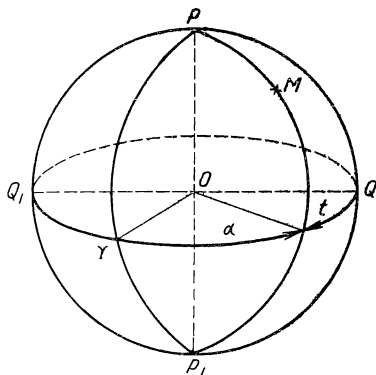


Рис. 8. Выражение звездного времени через экваториальные координаты светила

Местный счет времени от средней полуночи называется гражданским временем, которое вычисляется по формуле:

$$t_m = t_{\odot} + \eta + 12^h,$$

где t_{\odot} — истинное солнечное время, а η — уравнение времени, определяемое по графику (приложение VI) или по Школьному астрономическому календарю.

Местный счет времени не удобен, поэтому во многих областях науки и международной жизни (в астрономии, геофизике, мореплавании, авиации, на телеграфе, телефоне, радио и железных дорогах) принято мировое время — среднее время гринвичского меридиана, а в повседневной жизни — поясное время.

Связь между местным и поясным временем дается формулой

$$T_n = t_m + (n - \lambda),$$

в которой n — номер часового пояса, а λ — географическая долгота.

В Советском Союзе введен декретный счет времени, при котором прибавляется 1 ч к поясному времени, т. е.:

$$T = T_n + 1^h = t_{\odot} + \eta + 12^h + (n - \lambda) + 1^h.$$

Декретное время второго часового пояса называется московским временем.

Разность местных времен двух пунктов в один и тот же момент равна разности географических долгот этих пунктов, выраженной в мерах времени:

$$t_2 - t_1 = \lambda_2 - \lambda_1.$$

Это соотношение используется для определения географической долготы одного из пунктов, зная долготу другого и местное время в каждом из них.

301. Чему равно звездное время в момент нижней кульминации точки весеннего равноденствия?

- 302.** Часовой угол точки весеннего равноденствия равен 240° . Чему равно звездное время в этот момент?
- 303.** Чему равно звездное время в моменты верхних кульминаций звезд Капеллы ($\alpha = 5^h 13^m$) и Веги ($\alpha = 18^h 35^m$)?
- 304.** Чему равно звездное время через 6 ч после верхней кульминации Сириуса?
- 305.** Найдите звездное время в тот момент, когда часовой угол звезды Бетельгейзе равен 20^h .
- 306.** Искусственный спутник Земли при перемещении по небесной сфере покрыл звезду Регул, часовой угол которой в этот момент был равен $22^h 36^m$. Найдите звездное время, соответствующее этому явлению.
- 307.** Чему равно прямое восхождение α звезды, если ее нижняя кульминация наблюдалась в $17^h 38^m$ звездного времени? Определите по каталогу (приложение IV) название этой звезды.
- 308.** Часы, идущие по звездному времени, остановились в $6^h 20^m 30^s$. Пользуясь приложением IV, назовите звезду, в момент верхней кульминации которой надо, не передвигая стрелок, пустить часы в ход, чтобы они показывали точное звездное время.
- 309.** Звезда Процион кульминирует на $5^h 45^m 52^s$ звездного времени раньше звезды Спика. Какова разность прямых восхождений этих звезд? Чему равно прямое восхождение Спика, если прямое восхождение Проциона $7^h 36^m 41^s$?
- 310.** Две звезды имеют одно и то же прямое восхождение. На какой географической широте обе эти звезды восходят и заходят одновременно?
- 311.** Прямые восхождения звезд Ригеля и Капеллы одинаковы и равны $5^h, 2$. Какая из этих звезд восходит раньше в пункте, северная географическая широта которого 45° ?
- 312.** Изменяется ли в течение года звездное время моментов кульминаций звезд и Солнца?

313. Как изменилась бы длина солнечных суток относительно звездных, если бы Земля обращалась вокруг Солнца с той же скоростью, но в противоположном направлении?

314. Принимая, что звездное время уходит вперед по сравнению с солнечным на 4 *мин* в сутки, рассчитайте звездное время в среднюю полночь 22 июня и 23 сентября.

315. Переведите интервал $18^{\text{ч}}37^{\text{м}}$ среднего времени в звездное время.

316. Переведите интервал $15^{\text{ч}}16^{\text{м}}$ звездного времени в среднее время.

317. В 10 *ч* совпали показания звездных и средних солнечных часов. Сколько времени будут показывать солнечные часы и сколько времени будут показывать звездные часы через 18 *ч* и через 48 *ч* среднего времени после этого момента?

318. Найдите звездное время в Джакарте 5 декабря в тот момент, когда в Гринвиче 12 *ч* среднего времени, зная, что в этот день звездное время в среднюю гринвичскую полночь было равно $4^{\text{ч}}52^{\text{м}}11^{\text{с}}$.

319. Определите приблизительно звездное время в момент местной гражданской полуночи 17 мая и 28 августа.

320. Пользуясь графиком уравнения времени (приложение VI), определите среднее время 15 февраля в истинный полдень и 16 мая в 4 *ч* истинного солнечного времени.

321. Пользуясь графиком уравнения времени (приложение VI), определите среднее время 28 октября в 18 *ч* истинного солнечного времени и 25 декабря в истинный полдень.

322. Найдите истинное солнечное время в 18 *ч* среднего времени 20 мая и 20 июля, взяв уравнение времени в Школьном астрономическом календаре.

323. Часовой угол центра истинного Солнца равен $22^{\text{ч}}.5$. Чему равно в этот момент истинное солнечное

время и среднее время, если наблюдения производились 20 июня?

324. Из наблюдений установлено, что в истинный полдень точное среднее время было равно $11^{\text{ч}}43^{\text{м}}36^{\text{с}}$. Определите уравнение времени η и укажите примерную дату наблюдения.

325. Найдите местное гражданское время 13 июля в тот момент, когда солнечные часы показывают $2^{\text{ч}}$ дня.

326. Определите среднее местное время в Минске и в Челябинске в тот момент, когда в Ленинграде было 13 ч среднего местного времени.

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

328. Определите поясное и декретное время в Уфе, которая находится в IV часовом поясе, в тот момент, когда в Гринвиче средний полдень.

329. Согласно расчетам искусственный спутник Земли проходит в Куйбышеве (III часовой пояс) через заданную точку небесной сферы в $17^{\text{ч}}36^{\text{м}}$ по мировому времени. Определите момент его прохождения через эту точку по декретному времени.

330. 30 декабря 1963 г. полное затмение Луны началось в $10^{\text{ч}}27^{\text{м}},3$ по мировому времени. В какой момент по декретному времени оно началось в Новосибирске?

331. На какой географической долготе наступает местный средний полдень в момент приема шестой точки радиосигналов московского времени, передаваемого в 12 ч дня?

332. Определите местное время в пункте, географическая долгота которого $7^{\text{ч}}46^{\text{м}}$ (вост.), если часы, точно идущие по московскому декретному времени, показывают $18^{\text{ч}}38^{\text{м}}$.

333. Определите декретное, поясное и местное время в Ташкенте, когда в Ростове-на-Дону $16^{\text{ч}}$ декретного времени.

334. Среднее местное время в Омске равно $5^{\text{ч}}47^{\text{м}}$. Определите в этот же момент среднее время в Гринвиче, а также поясное и декретное время в Омске.

335. Могут ли в вашей местности часы, идущие по декретному времени, показывать $12^{\text{ч}}$ в момент истинного полудня? В какой день года и на какую величину отклонение будет наибольшим?

336. 18 августа в истинный полдень часы наблюдателя, находящегося в пункте, географическая долгота которого равна $7^{\text{ч}}15^{\text{м}}$ (вост.), показывают $13^{\text{ч}}07^{\text{м}}$ декретного времени. Найдите точное декретное время и определите поправку часов в этот момент.

337. Правильно ли идут часы по декретному времени, если 15 июля в $4^{\text{ч}}56^{\text{м}}$ истинного солнечного времени в пункте, географическая долгота которого равна $4^{\text{ч}}10^{\text{м}}$ (вост.), они показывают $17^{\text{ч}}56^{\text{м}}$?

338. Если бы мы жили по звездному времени, то на какие часы по декретному времени приходилось бы начало суток 21 мая и 22 августа?

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

340. Географическая долгота Токио $9^{\text{ч}}19^{\text{м}}$, а Варшавы — $1^{\text{ч}}24^{\text{м}}$ (вост.). Вычислите разность долгот между этими городами в градусной мере.

341. Звезды Арктур и Антарес находятся в один и тот же момент времени в верхней кульминации в двух различных пунктах земной поверхности. Вычислите разность географических долгот этих пунктов.

342. В тот самый момент, когда звезда Альдебаран над одним из пунктов земной поверхности находится в верхней кульминации, над другим ее пунктом звезда Денеб проходит нижнюю кульминацию. Вычислите разность географических долгот этих пунктов.

343. Звезда Альтаир проходит верхнюю кульминацию в Гринвиче. Одновременно с этим звезда Вега пересекает меридиан на юге в другом пункте. Вычислите географическую долготу λ этого пункта от Гринвича.

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

345. В Горьком среднее местное время $3^{\circ}17^m$, в этот же момент в Перми $4^{\circ}06^m$ среднего местного времени. Определите географическую долготу Перми.

346. Определите географическую долготу города Мехико, если известно, что в момент, когда там было $5^{\circ}14^m,2$ среднего местного времени, в Париже был средний полдень.

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

348. Часы, идущие по декретному времени III часового пояса, в истинный полдень 20 марта показывают $13^{\circ}16^m$. Определите географическую долготу пункта наблюдения.

349. Где на Земле раньше всего наступает Новый год?

350. Пароход, покинув Владивосток в субботу 6 ноября, прибыл в Сан-Франциско в среду 23 ноября. Сколько суток он был в пути?

351. Самолет летит со скоростью 500 км/ч из Магадана в Монреаль, расстояние между которыми равно 8000 км . Когда он прибудет в Монреаль, если вылетел из Магадана 28 мая в $23^{\text{ч}}$?

352. На сколько календарные годы 1963, 1964 и 2014 короче или длиннее тропического года?

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

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

355. Какое число средних солнечных суток и какое число звездных суток содержит тропический год?

356. 1962 год начался с понедельника. Какой ближайший к нему год также начнется с понедельника?

357. Чему равно наибольшее возможное число воскресений в феврале месяце?

358. Какова разница между григорианским и юлианским календарями за 100 лет и за 500 лет?

359. Сколько високосных годов было по юлианскому и по григорианскому календарям за время с 1600 по 1900 г.?

360. Исаак Ньютон родился 25 декабря 1642 г. по старому стилю. Какова дата его рождения по новому стилю?

361. М. В. Ломоносов родился 8 ноября 1711 г. по старому стилю. Переведите дату его рождения на новый стиль.

362. В романе А. С. Пушкина «Евгений Онегин» есть строки:

«В тот год осенняя погода
Стояла долго на дворе,
Зимы ждала, ждала природа.
Снег выпал только в январе,
На третье в ночь».

Предполагая, что указанная дата относится к XIX столетию, переведите ее в новый стиль.

ДВИЖЕНИЕ ЛУНЫ И ЗАТМЕНИЯ

Луна движется вокруг Земли по эллиптической орбите, приближаясь к ней в перигее на расстояние 363 300 км и удаляясь в апогее на 405 500 км. Среднее расстояние Луны от Земли равно 384 400 км, и этому расстоянию соответствует ее горизонтальный параллакс, равный 57'. Плоскость лунной орбиты наклонена к плоскости эклиптики под углом 5°09'.

Промежуток времени, в течение которого Луна завершает полный оборот вокруг Земли, возвращаясь к той же самой звезде, называется сидерическим (звездным) месяцем. Он содержит 27,3 средних солнечных суток.

При движении вокруг Земли Луна занимает различные положения относительно Земли и Солнца. По этой причине происходит смена лунных фаз. Промежуток времени между двумя одноименными фазами Луны называется синодическим месяцем, который равен 29,5 средним солнечным суткам.

Соотношение между сидерическим и синодическим месяцами определяется уравнением:

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

в котором S — синодический месяц, T — сидерический месяц (оба выражены в средних солнечных сутках), а E — звездный период обращения Земли вокруг Солнца, равный 365,26 средним солнечным суткам.

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

364. Определите среднюю величину 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.

365*. Зная продолжительность сидерического месяца и звездного года, вычислите величину синодического месяца.

366. Какова продолжительность (в земных сутках) лунного дня и лунной ночи?

367. Чем можно объяснить тот факт, что Луна постоянно обращена к Земле одной стороной?

368*. Земной наблюдатель в разное время может уви-

деть больше половины (60%) лунной поверхности. Какими причинами объясняется это обстоятельство?

369. Какую часть лунной поверхности может увидеть в разное время наблюдатель, находящийся на Марсе, и наблюдатель, находящийся на Венере?

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

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

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

373. Определите наименьшую возможную высоту Луны над горизонтом в Дели и в Свердловске, если плоскости лунной орбиты и эклиптики пересекаются под углом $5^{\circ}09'$?

374. Как отличить возрастающую Луну от убывающей?

375. К востоку или к западу от Солнца находится Луна в периоды: от новолуния до полнолуния и от полнолуния до новолуния?

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

377. В какой фазе находилась Луна в день летнего солнцестояния, если ее прямое восхождение было равно $6^{\text{ч}}$?

378. В какой фазе будет находиться Луна в день осеннего равноденствия, если в это время ее прямое восхождение равняется $18^{\text{ч}}20^{\text{м}}$?

379. В какой фазе была Луна, кульминация которой наблюдалась в местную полночь, и чему равна в этот момент разность прямых восхождений Луны и Солнца?

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

381. При какой фазе Луны освещение ее отраженными от Земли солнечными лучами будет наибольшим?

382. В каком месяце года наступают самые лучшие условия для наблюдения молодой Луны, в возрасте от 2 до 7 дней?

383. Если бы плоскости орбит Луны и Земли совпадали, то какие явления наблюдались бы на земной поверхности при каждом полнолунии и новолунии?

384. Почему солнечные и лунные затмения наблюдаются неодинаково часто в одном и том же пункте земной поверхности?

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

386. В описании солнечного затмения указывалось, что ущербление Солнца началось сверху. Если такое явление могло иметь место, то в каком пункте Земли и в какое время суток?

387. Если на Земле наблюдается лунное затмение, то что увидит в это время наблюдатель, находящийся на Луне?

388. Лунное затмение произошло в августе месяце. Возможно ли наступление следующего затмения в ноябре месяце того же самого года?

389. По какой причине никогда не наблюдалось кольцеобразное лунное затмение?

390. Вычислите наибольшую и наименьшую высоту конуса лунной тени, зная, что наибольшее расстояние Земли от Солнца равно 24 000, а наименьшее 22 000 земных радиусов, а также что наибольшее расстояние Земли от Луны составляет 64, а наименьшее 56 радиусов Земли.

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

392*. Сколько всего солнечных и сколько лунных затмений произойдет за время с 1900 по 1990 г., если известно, что в течение сароса совершается 43 солнечных и 29 лунных затмений?

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

ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Количество солнечной энергии, падающей в 1 мин на 1 см^2 поверхности, перпендикулярной к солнечным лучам и расположенной на границе атмосферы планеты, при среднем расстоянии планеты от Солнца, называется солнечной постоянной. Для Земли величина солнечной постоянной равна $1,94 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$. На земную поверхность поступает $1/2\,000\,000\,000$ доля всей энергии, излучаемой Солнцем.

Луна — естественный спутник Земли — всегда обращена к ней одной и той же стороной, так как период сидерического обращения Луны вокруг Земли в точности совпадает с периодом ее вращения вокруг оси. Впервые невидимая с Земли сторона Луны была сфотографирована советской автоматической межпланетной станцией «Луна-3» в 1959 г. С помощью ракет было установлено, что Луна не имеет магнитного поля. Так как на Луне отсутствуют атмосфера и вода, то физические условия на ее поверхности резко отличны от земных.

Девять больших планет, входящих в солнечную систему, весьма различны по своим размерам и массам. Расстояния от Солнца и величины масс планет определяют разнообразные физические условия на их поверхностях.

Числовые данные, необходимые для решения задач этого раздела, приведены в приложении II.

394*. Зная радиус Луны, определите дальность видимого горизонта на лунной поверхности с высоты человеческого роста ($1,7 \text{ м}$).

395. Высота кольцевого вала лунного кратера Теофил относительно его дна равна $4,2$ км. Определите длину тени, отбрасываемой на его дно (считая его горизонтальным), при высоте Солнца над горизонтом, равной 30° .

396. На краю лунного диска видна гора, выступающая над ним на $0'',5$. На основании того, что линейный диаметр Луны равен 3476 км, а угловой диаметр — $30'$, найдите высоту этой горы в километрах.

397. 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 $1'$.

398. Отражательная способность лунной поверхности в $5,5$ раза меньше, чем земной. Во сколько раз земное освещение на Луне больше лунного освещения на Земле, если лунный диаметр равен $0,27$ земного?

399. Определите расположение полярных кругов и тропиков на лунной поверхности, если ось вращения Луны наклонена под углом $88^\circ,5$ к плоскости эклиптики.

400. Объясните большую амплитуду температурных колебаний, наблюдаемых на лунной поверхности (от $+120^\circ\text{C}$ в полдень до -160°C в полночь), сравнительно с земной, несмотря на то что Луна и Земля находятся примерно на равных расстояниях от Солнца.

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

402. Чем отличается вид Солнца, звезд и неба для наблюдателя, находящегося на Луне, сравнительно с земным наблюдателем?

403. Можно ли, находясь в любой точке лунной поверхности, наблюдать затмение Солнца? Можно ли наблюдать затмение Земли?

404. Можно ли, находясь на Луне, наблюдать метеоры, полярные сияния, сумерки, утренние и вечерние зори?

405. На основании каких данных астрономы пришли к заключению об отсутствии атмосферы и воды на поверхности Луны?

406. Если предположить, что в прошлом Луна имела атмосферу и воду, то какими причинами можно объяснить отсутствие атмосферы и воды на Луне в настоящее время?

407. В какие периоды лунных суток Луна наиболее интенсивно теряла атмосферу и воду в прошлом?

408. В какое время суток лучше всего наблюдать Меркурий с поверхности Земли?

409. Зная, что сутки на Марсе продолжаются $24^{\text{ч}}37^{\text{м}}$ и что радиус его равен 3430 км , определите линейную скорость вращательного движения точки экватора Марса.

410. С какой линейной скоростью движется точка, лежащая на экваторе Юпитера, если продолжительность суток на Юпитере и радиус его известны?

411. Ось вращения Марса наклонена под углом $64^{\circ}50'$ к плоскости его орбиты. Определите границы климатических поясов на поверхности Марса.

412. 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 $10^{\text{ч}}8$, а период обращения вокруг Солнца составляет 84 земных года.

413. Зная, что интенсивность солнечного света на Плутоне в 1600 раз слабее, чем на Земле, и что интенсивность лунного света на Земле (в полнолуние) в 440 000 раз слабее солнечного, определите отношение интенсивностей солнечного света на Плутоне и лунного света на Земле.

414. Зная расстояния планет от Солнца (приложение II), определите относительную интенсивность солнечного освеще-

щения на поверхности всех планет солнечной системы, приняв интенсивность освещения Земли, равной 1.

415. По каким признакам можно заключить о наличии атмосферы на Венере? Кем и когда была открыта атмосфера на Венере?

416. Благоприятны ли атмосферные условия для астрономических наблюдений с поверхности Венеры?

417. Сможет ли космонавт увидеть с поверхности Марса невооруженным глазом Землю в марсианский полдень, если Земля находится над его горизонтом?

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

419. В чем состоит сходство и различие физических условий на поверхностях Земли и Марса?

420. Какими причинами можно объяснить временные исчезновения некоторых контуров морей на поверхности Марса при наблюдениях его во время великого противостояния 1956 г.?

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

422. Каковы причины, определяющие большие величины сжатий фигур Юпитера и Сатурна?

423. Спутник Сатурна Титан окружен плотной атмосферой. Луна же совершенно лишена атмосферы, хотя ее масса лишь в 1,9 раза меньше массы Титана. Чем объяснить это различие?

424*. Указать возможные причины отсутствия спутников у Венеры и у Меркурия.

425. Почему при изучении физических условий на Луне и планетах астрономы не пользуются телескопами, дающими увеличения более чем в 500—600 раз?

426. Какими методами астрономы определяют температуру на поверхности Солнца и на поверхностях Луны и планет?

427. Если считать, что химические процессы, происходящие в живых существах, должны быть аналогичны тем, которые наблюдаются на Земле, то на каких планетах солнечной системы наиболее вероятно наличие жизни?

428*. Какие наблюдения доказывают, что кометы не являются телами, входящими в состав земной атмосферы, как это думали ученые древности и средневековья?

429. Почему хвосты всех комет бывают направлены в сторону, противоположную Солнцу?

430*. В каких созвездиях располагаются радианты метеорных потоков, наблюдаемых в августе?

431*. Глубина (в см), на которую зарываются в грунт железные метеориты, определяется по приближенной формуле $H = 18,3\sqrt[3]{M}$, в которой M — масса метеорита в килограммах. Вычислите глубину H зарывания метеоритов, массы которых равны 0,5 кг и 50 кг.

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

433. Дать характеристику крупнейшим метеоритов, упавших в XX столетии на территории Советского Союза.

434. Были ли при исследованиях вещества упавших на Землю метеоритов обнаружены новые химические элементы, неизвестные на Земле?

435. Вычислите массу Солнца, зная, что его диаметр равен 109 диаметрам Земли, а средняя плотность вещества Солнца составляет 1400 кг/м^3 .

436. Какой наименьший линейный диаметр должно иметь солнечное пятно для того, чтобы оно могло быть различимо невооруженным глазом (при наблюдениях через запыленное стекло), если разрешающая способность глаза равна $1'$, а расстояние до Солнца составляет 1 а. е. ?

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

438. Точка, расположенная на экваторе Солнца, совершает полный оборот за 25,0 сут, а точка, расположенная на широте 30° , — за 26,3 сут. Принимая радиус Солнца равным $7 \cdot 10^5$ км, вычислите угловые (в рад/ч) и линейные (в км/ч) скорости указанных точек на поверхности Солнца.

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

440. Какие геофизические явления протекают наиболее интенсивно в годы максимумов солнечной активности?

441. Если покрыть поверхность Солнца слоем льда толщиной в 14 м, то излучаемое Солнцем тепло может растопить такую ледяную кору в течение 1 мин. Какое количество теплоты необходимо затратить на это, если радиус Солнца $7 \cdot 10^8$ м?

442. За какое время отвесно падающие лучи Солнца могли бы растопить слой льда, покрывающий Землю, при его толщине в 1 см, считая солнечную постоянную равной $1,94$ кал/см²·мин и полагая, что теплота не поглощается земной атмосферой?

443. Зная солнечную постоянную для Земли, вычислите величину солнечной постоянной для Венеры, если ее расстояние от Солнца равно 0,72 а. е.

444. Определите величину солнечной постоянной для Марса по известному значению солнечной постоянной для Земли при расстоянии Марса от Солнца, равном 1,52 а. е.

445*. Известно, что в процессе излучения Солнце каждую секунду теряет 4,1 млн. тонн своей массы. Пользуясь соотношением $E = mc^2$, рассчитайте (в джоулях) количество энергии, излучаемой Солнцем в 1 сек.

446*. Зная из решения предыдущей задачи количество энергии, излучаемой в 1 сек всей поверхностью Солнца, вычислите по формуле $E = \sigma T^4$ температуру T поверхности Солнца. (E — количество энергии, излучаемой за 1 сек единицей солнечной поверхности, а постоянная $\sigma = 5,73 \cdot 10^{-5}$ эрг сек/см² · град⁴.)

447. Назовите те химические элементы, которые преобладают в веществе Солнца, составляя более 90% его массы.

ЗВЕЗДЫ И ЗВЕЗДНЫЕ СИСТЕМЫ

Расстояния до звезд определяются по их годичным параллаксам по формуле

$$D = \frac{1}{p''},$$

где p — годичный параллакс звезды в секундах дуги, а D — расстояние до нее в парсеках. Соотношение между основными единицами расстояний в астрономии следующее:

$$1 \text{ парсек} = 3,26 \text{ св. года} = 206\,265 \text{ а. е.} = 3 \cdot 10^{13} \text{ км.}$$

Для наблюдателя с Земли взаимные положения звезд кажутся неизменными, однако все звезды движутся в пространстве. Видимое угловое перемещение звезды по небесной сфере за год называется ее собственным движением и обозначается через μ'' .

Скорость звезды, направленная по лучу зрения наблюдателя, называется лучевой скоростью $\pm v_r$ (+ при удалении звезды, — при приближении звезды). Лучевая скорость v_r звезды определяется по смещению линий ее спектра. На основании закона Доплера имеем:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v_r}{c}, \text{ откуда } v_r = \frac{\Delta\lambda c}{\lambda} \text{ км/сек, где } c \text{ — скорость света.}$$

Скорость звезды, перпендикулярная к лучу зрения наблюдателя, называется тангенциальной скоростью v_τ и определяется по формуле

$$v_\tau = 4,74 \frac{\mu''}{p''} \text{ км/сек.}$$

Полная скорость звезды в пространстве находится из соотношения (рис. 9)

$$v = \sqrt{v_\tau^2 + v_r^2}.$$

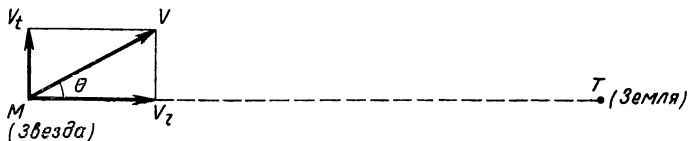


Рис. 9. Пространственная скорость звезды и ее составляющие

Если скорость v образует угол θ с направлением луча зрения наблюдателя, то

$$v_r = v \cos \theta \text{ и } v_\tau = v \sin \theta.$$

Угол θ между направлениями движения звезды и луча зрения наблюдателя можно вычислить с помощью формулы

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{v_\tau}{v_r}.$$

Солнце также движется в пространстве со скоростью около 20 км/сек относительно ближайших звезд в направлении к точке, лежащей на границе созвездий Лиры и Геркулеса. Точка эта называется апексом, а противоположная ей точка небесной сферы называется антиапексом.

448. Зная, что астрономическая единица равна $149,5 \times 10^6$ км, выразите в километрах величину парсека. Выразите в километрах величину светового года.

449. Известно, что расстояние до звезды Регул равно 83 световым годам. Найдите расстояние до этой звезды, выраженное в парсеках и в километрах.

450. Параллакс звезды Веги, впервые определенный В. Я. Струве, равен $0'',121$. Вычислите расстояние до Веги в парсеках и в световых годах.

451. Определите в парсеках расстояние до звезды Сириуса, если известно, что ее параллакс равен $0'',373$. Выразите найденное расстояние в световых годах, астрономических единицах и в километрах.

452. Зная, что расстояние до звезды Спики равно 156 световым годам, вычислите величину параллакса Спики.

453. Во сколько раз звезда Арктур ближе звезды Денеб, если параллаксы их соответственно равны $\rho_1 = 0'',085$ и $\rho_2 = 0'',005$?

454. Сколько времени надо затратить космическому кораблю, летящему со скоростью 17 км/сек , чтобы достигнуть ближайшей к Солнцу звезды Проксимы Центавра, параллакс которой равен $0'',76$?

455. На основании каких данных астрономы пришли к заключению о том, что звезды движутся в пространстве?

456. Какие изменения происходят в спектре звезды вследствие ее движения в пространстве и вращения вокруг оси?

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

458. Найдите полную пространственную скорость звезды Капеллы, лучевая и тангенциальная составляющие скорости которой соответственно равны $v_r = +30 \text{ км/сек}$ и $v_\tau = 29 \text{ км/сек}$. Под каким углом к лучу зрения наблюдателя движется Капелла?

459. Лучевая скорость звезды Альдебаран равна $v_r = +54$ км/сек, ее собственное движение составляет $\mu = 0'',20$ в год, а параллакс равен $p = 0'',05$. Определите величину полной пространственной скорости Альдебарана.

460. Вычислите величину и направление лучевой скорости звезды, если линия ее спектра с длиной волны $\lambda = 5,5 \cdot 10^{-4}$ мм была смещена к фиолетовому концу спектра на расстояние $\Delta\lambda = 5,5 \cdot 10^{-8}$ мм.

461. Определите полную пространственную скорость звезды, если ее годичный параллакс $p = 0'',05$, собственное движение составляет $\mu = 0'',15$ в год, а спектральная линия с длиной волны $\lambda = 6000\text{Å}$ смещена к красному концу спектра на расстояние $\Delta\lambda = 0,3\text{Å}$.

462*. 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.

463*. Каким образом изменяются видимые угловые расстояния между звездами вблизи апекса и антиапекса?

464. Считая, что в местном галактическом движении Солнце перемещается со скоростью 20 км/сек 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 световых лет.

465. 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/м³.

466. Определите массу красного сверхгиганта — звезды Бетельгейзе, — зная, что средняя плотность вещества этой звезды равна $1,12 \cdot 10^{-3}$ кг/м³ и что радиус ее в 350 раз больше радиуса Солнца.

467. Найдите отношение средних плотностей вещества

звезд Альтаира и Альдебарана, если отношение их радиусов равно $1,6 : 38,0$, а отношение их масс равно $2 : 5$ соответственно.

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

469. Поверхностные температуры двух звезд одинаковы. Определите отношение радиусов этих звезд, если светимость одной из них в 144 раза больше светимости другой.

470. Видимые звездные величины Солнца и Луны (в полнолуние) равны соответственно $-26,8$ и $-12,7$. Во сколько раз видимый блеск Солнца больше видимого блеска Луны?

471. Во сколько раз видимый блеск звезды, светимость которой в 10 раз превышает светимость Солнца, меньше видимого блеска Солнца, если звезда находится от нас в миллион раз дальше, чем Солнце?

472. В каком состоянии находится вещество в недрах звезд и Солнца? Какими физическими причинами объясняется такое состояние вещества?

473. Установите с помощью Школьного астрономического календаря температуры поверхностей и цвета звезд Антареса, Арктура, Капеллы, Проциона, Спики и Веги.

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

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

476*. При наибольшем блеске затменной переменной звезды она имеет 3-ю видимую звездную величину, а при наименьшем блеске — 5-ю видимую звездную величину.

Считая, что затмение центральное, а спутник темный, определите отношение объемов звезд пары.

477. При каком наименьшем взаимном расстоянии должны находиться компоненты двойной звезды, чтобы они в отдельности могли наблюдаться невооруженным глазом, если расстояние до двойной звезды составляет 5 парсеков, а разрешающая способность невооруженного глаза равна $1'$?

478. Чем характерны переменные звезды — цефеиды и почему их называют «маяками» Вселенной?

479. Постройте график изменения блеска (в масштабе 1 час — 1 мм и 1 зв. вел. — 10 см) переменной звезды δ Цефея и определите ее период по данным наблюдений, указанным в таблице.

Дата наблюдения	Время наблюдения, ч	Видимая звездная величина
15 марта 1963 г.	22	+ 3,7
16 марта 1963 г.	20	+ 3,9
18 марта 1963 г.	22	+ 4,1
19 марта 1963 г.	6	+ 4,2
20 марта 1963 г.	0	+ 3,9
20 марта 1963 г.	23	+ 3,6
21 марта 1963 г.	21	+ 3,8

480*. Вычислите видимую звездную величину двойной звезды, компоненты которой имеют видимые звездные величины, равные +1,0 и +2,0.

481*. Двойная звезда Кастор состоит из звезд, имеющих видимые звездные величины, равные +2,0 и +2,8. Определите видимую звездную величину звезды Кастор.

482. Пользуясь картой звездного неба, перечислите двойные и переменные звезды, ярче 4-й видимой звездной величины, принадлежащие к зодиакальным созвездиям.

483. Шаровое скопление в созвездии Геркулеса находится от нас на расстоянии 34 000 световых лет и имеет видимый угловой диаметр, равный $20'$. Вычислите линейный диаметр этого скопления в парсеках.

484. В рассеянном звездном скоплении Плеяды содержится примерно 160 звезд. Считая форму скопления шарообразной, определите его среднюю звездную плотность, принимая диаметр скопления равным 7 парсекам.

485. Определите период обращения Солнца вокруг центра масс Галактики, зная, что орбитальная скорость Солнца равна 230 км/сек , а его расстояние от центра масс Галактики составляет 7200 парсеков.

486. Видимая кольцеобразная форма Млечного Пути зависит от положения в нем Солнца (наблюдателя). Какой вид имел бы Млечный Путь, если бы Солнце находилось на его краю в плоскости симметрии?

487. Найдите отношение масс Солнца и средней по массе звезды Галактики, принимая массу Солнца равной $2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$ и зная, что масса Галактики оценивается в $2,6 \cdot 10^{41} \text{ кг}$, а общее число звезд в Галактике близко к $1,5 \cdot 10^{11}$.

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

489. Сколько времени придется ждать ответа на радиотелеграмму, отправленную к галактике Андромеды, расстояние до которой равно 520 000 парсеков.

490. Как далеко и с помощью каких средств современные астрономы проникают в глубины Вселенной?

491. Планетарная туманность в созвездии Лиры имеет видимый угловой диаметр $84''$ и находится на расстоянии

700 парсеков от Солнца. Каковы приблизительно линейные размеры этой туманности?

492. По каким признакам различаются между собой диффузные и планетарные туманности?

493*. Назовите наиболее мощную радиотуманность и наиболее мощную радиогалактику, известные в настоящее время.

494. Какое действие оказывает межзвездная среда на интенсивность света и цвет далеких звезд?

495. С помощью каких средств современная астрономия изучает далекие звезды, свет которых экранируется расположенными перед ними пылевыми туманностями?

496. Какими методами определяется в настоящее время возраст Земли и чему он равен?

497. Какие характерные особенности солнечной системы должны получить обоснование в гипотезах о ее происхождении?

498. Существуют ли во Вселенной планетные системы, подобные солнечной?

499. Какими методами астрономы определяют химический состав звездных атмосфер?

500. Какие астрономические исследования привели к выводу о материальном единстве Вселенной?

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ НАБЛЮДЕНИЙ

А. Дневные наблюдения

1. Определение направления меридиана на местности по Солнцу

Направление меридиана (полуденной линии) определяется с помощью гномона или солнечных часов.

Незадолго до полудня надо отметить конец тени гномона и радиусом, равным длине тени, провести окружность с

центром в основании гномона. После полудня снова отметьте точку соприкосновения конца тени с окружностью. Через отмеченные точки проведите хорду и соедините ее середину с основанием гномона. Полученная линия укажет направление на север; продолжив ее в противоположную сторону, находим направление на юг. Линия, проходящая с севера на юг, называется полуденной линией и дает направление меридиана.

Для более точного определения направления полуденной линии необходимо указанным выше методом сделать несколько определений ее положения и взять среднее значение из всех полученных определений.

Зная направление меридиана легко определить и положение точек горизонта: юга, севера, востока и запада. Точки юга и севера находятся в пересечении меридиана с горизонтом, востока и запада — в пересечении горизонта с линией, проведенной через основание гномона перпендикулярно направлению меридиана.

2. Определение географической широты места по наблюдению Солнца в истинный полдень

Если направление меридиана на местности известно, то по наблюдению Солнца в полдень можно определить географическую широту места наблюдения.

Географическая широта φ определяется из соотношения

$$\varphi = \delta + z,$$

где δ — склонение Солнца на день наблюдения, значение которого приводится в Школьном астрономическом календаре, а z — зенитное расстояние Солнца в истинный полдень.

Для определения z найдите высоту H гномона и длину L его тени в истинный полдень (в это время тень гномона со-

впадает с полуденной линией). Как видно из рисунка 10,

$$\operatorname{tg} z = \frac{L}{H}, \text{ откуда } z = \operatorname{arctg} \frac{L}{H}.$$

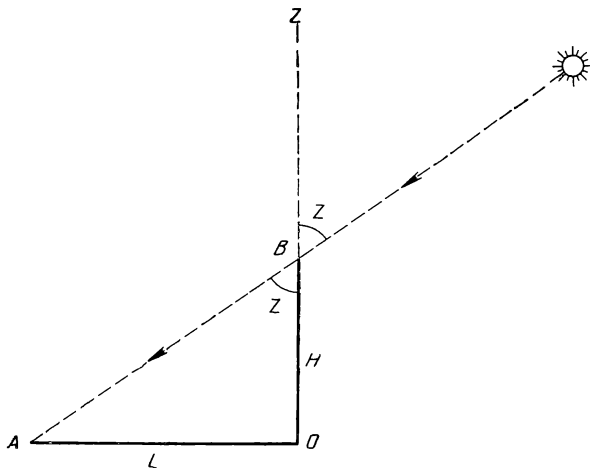


Рис. 10. Определение зенитного расстояния Солнца гномоном

Подставьте полученные значения δ и z в приведенное выше соотношение и определите географическую широту φ места наблюдения. Результаты измерений запишите в таблицу.

№ п/п	Дата наблюдения	Определение зенитного расстояния			Склонение δ	Географическая широта φ
		L	H	z		

Среднее значение географической широты

$$\varphi = \frac{\varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n}{n}.$$

3. Определение географической долготы места по наблюдению Солнца в истинный полдень

Известно, что между местным временем и географической долготой существует зависимость $t_A - t_B = \lambda_A - \lambda_B$, которой и пользуются для определения географической долготы.

Для выполнения этой работы надо иметь часы, точно идущие по декретному времени вашего часового пояса. Проверку часов произведите по радиосигналам московского времени за 1—2 часа по начала наблюдений.

Для определения географической долготы λ_A вашего пункта отметьте в момент истинного полдня показание T часов, идущих по декретному времени. Затем найдите гринвичское время в этот же самый момент из соотношения

$$T_{\text{гр}} = T - 1^{\text{ч}} - n,$$

где n — номер вашего часового пояса. Гринвичское время представляет собой местное среднее время t_B пункта, долгота которого $\lambda_B = 0^{\text{ч}}$, т. е. $t_B = T - 1^{\text{ч}} - n$.

Местное среднее время t_A в пункте наблюдения в момент истинного полдня определите из равенства

$$t_A = 12^{\text{ч}} + \eta,$$

где η — уравнение времени на день наблюдения, величина которого находится по таблице Школьного астрономического календаря или по графику (приложение VI).

Зная величины λ_B , t_A и t_B , вычислите географическую долготу λ_A , пользуясь равенством

$$\lambda_A = 12^{\text{ч}} + \eta - (T - 1^{\text{ч}} - n).$$

Данные для определения географической долготы запишите в таблицу.

№ п/п	Дата наблюдения	Определ. местн. ср. врем. в пункте А		Определ. местн. ср. врем. в пункте В		Географиче- ская долгота λ
		η	t_A	T	t_B	

Среднее значение географической долготы

$$\lambda = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n}{n}.$$

4. Определение наклона эклиптики к экватору по измерениям полуденных высот Солнца

Положение эклиптики на небесной сфере, а также и угол ее наклона к небесному экватору можно определить по измерениям полуденных высот Солнца в разные дни года. Так как Солнце по эклиптике движется очень медленно (за сутки Солнце смещается приблизительно на 1°), то определение положения эклиптики на небесной сфере требует длительных и систематических наблюдений.

Перед началом наблюдений, зная географическую широту φ места наблюдения, установите угол между небесным экватором и горизонтом для вашей местности, который равен $90^\circ - \varphi$.

Определяя в полдень высоту Солнца и зная угол между небесным экватором и горизонтом, найдите на даты наблюдений удаление Солнца от небесного экватора, т. е. его склонение δ .

Для определения полуденной высоты Солнца воспользуйтесь гномоном. Отношение высоты H гномона к длине L его тени в полдень позволяет определить высоту h Солнца над горизонтом по формуле $\operatorname{tgh} = \frac{H}{L}$. По известной величине h определите склонение δ из соотношения

$$\delta = h - (90^\circ - \varphi).$$

Величина склонения δ будет положительной при наблюдениях Солнца в период от весеннего до осеннего равноденствия и отрицательной при наблюдениях в период от осеннего до весеннего равноденствия.

Полученные значения δ запишите в таблицу

Дата наблюдения									
Склонение δ									

и по ним постройте график. На оси X , которая является небесным экватором, так как здесь $\delta = 0$, отмечайте даты наблюдений, на оси Y — склонения, соответствующие этим датам. Полученная кривая и будет траекторией годичного движения Солнца, т. е. эклипстикой. Пользуясь графиком, определите ее наибольшее удаление от оси X , равное углу наклона эклиптики к небесному экватору, а также даты солнцестояний и равноденствий.

5. Наблюдение Солнца в телескоп

Из явлений, происходящих на Солнце, наиболее доступны для наблюдений солнечные пятна и факелы. Число пятен, их расположение и площади, занимаемые ими на диске Солнца, постоянно изменяются в течение всего одиннадцатого цикла солнечной активности.

Солнце можно наблюдать в телескоп с темным светофильтром на окуляре или проектируя его изображение на экран. Смотреть на Солнце в телескоп без светофильтра опасно — можно испортить зрение. Солнечный экран представляет собой лист бумаги, укрепленный перпендикулярно к оптической оси телескопа на расстоянии, обеспечивающем четкое изображение деталей солнечной поверхности.

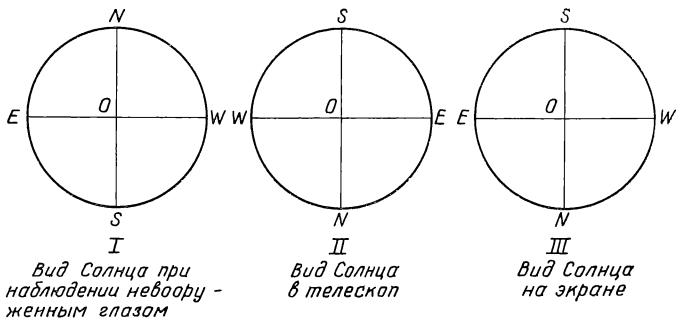


Рис. 11. Ориентация Солнца при наблюдениях

Перед наблюдением на экране вычертите окружность диаметром 10 см, с которой при наблюдении совместите диск Солнца. При любом наблюдении Солнца надо учитывать ориентацию его диска (рис. 11).

Солнечная активность в момент наблюдения характеризуется условным числом W Вольфа, определяемым по формуле

$$W = 10g + f,$$

где g — число групп пятен (отдельное пятно считается группой), f — число всех пятен.

Кроме пятен, подсчитайте число факелов, также являющихся активными областями солнечной поверхности.

Результаты наблюдений занесите в таблицу.

№ п/п	Дата и час наблюдения	Результаты подсчета			Число факелов	Примечание
		<i>f</i>	<i>g</i>	<i>W</i>		

По данным таблицы составьте ежемесячный график солнечной активности, по оси X которого указывается время, а по оси Y — числа Вольфа.

Кроме подсчета числа пятен на экране, следует зарисовать их контуры и области тени и полутени в них.

Наблюдения солнечных пятен позволяют определить положение суточной параллели и оси вращения Солнца. Отметив точкой на экране положение пятна, расположенного близ центрального меридиана, и дав сместиться его изображению, через несколько суток вторично отметьте положение того же пятна. Соединяя обе отмеченные точки прямой, определите положение суточной параллели и оси вращения Солнца.

Б. Вечерние наблюдения

6. Наблюдение Полярной звезды, созвездий и вращения неба

Знакомство со звездным небом удобно начинать с наблюдения околополярных созвездий, видимых в любой час ночи. Расположение созвездий рассматривается относительно небесного меридиана и основных точек горизонта, положение которых приближенно определяется на местности по Полярной звезде.

Полярную звезду найдите по созвездию Большой Медведицы, продолжив мысленно направление от звезды β к звезде α на пятикратное расстояние между ними. Полярная звезда принадлежит к созвездию Малой Медведицы и является самой яркой ее звездой.

Кроме Большой Медведицы и Малой Медведицы, к околополярным созвездиям относится созвездие Кассиопеи, расположенное от Полярной звезды в стороне, противоположной Большой Медведице.

В южной части небосвода в одно и то же время суток, но в различные времена года проходят разные созвездия.

Осенним вечером высоко над горизонтом в восточной части неба видно созвездие Пегаса, три яркие звезды которого и звезда α Андромеды образуют почти правильный квадрат. Яркие звезды Андромеды располагаются примерно на равных расстояниях друг от друга вдоль линии, идущей влево от Пегаса к созвездию Персея. Ниже Пегаса находится созвездие Рыб, в котором лежит точка весеннего равноденствия.

В зимние месяцы вечером проходят меридиан на юге созвездия Тельца, Возничего и Ориона. Левее и выше Ориона располагается созвездие Близнецов, а ниже, ближе к горизонту, — созвездия Большого Пса и Малого Пса.

Весной до полуночи в южной части неба можно наблюдать созвездия Льва и Девы, а затем, ближе к лету, созвездие Волопаса.

Из созвездий, наблюдаемых на юге близ полуночи летом, можно отметить созвездия Лебедя, Лиры и Орла, имеющие характерные конфигурации из ярких звезд.

Приступая к изучению звездного неба, с помощью звездной карты найдите те из перечисленных созвездий, которые видны в данное время года над горизонтом, отождествите их на небесной сфере и определите собственные имена

наиболее ярких звезд в них, пользуясь каталогом (приложение IV).

В результате суточного движения небесной сферы, являющегося отражением вращения Земли вокруг оси, светила, равномерно двигаясь по суточным параллелям, смещаются за 1 час на 15° . Такое смещение доступно для визуальных наблюдений. Отметив положение заметной звезды в восточной части небосвода относительно земных предметов в начале наблюдения, легко обнаружить ее смещение относительно тех же самых предметов к концу наблюдения. Это позволяет убедиться во вращении небесной сферы.

До наблюдения созвездий на небе полезно изучить их расположение и суточное движение в планетарии.

7. Определение географической широты по Полярной звезде

Известно, что высота полюса мира над горизонтом равна географической широте пункта наблюдения. Приняв, что Полярная звезда совпадает с полюсом мира и измерив ее высоту над горизонтом, можно приближенно определить географическую широту.

Высоту Полярной звезды измеряют угломерными инструментами, простейший из которых — высотомер — можно изготовить самостоятельно. Высотомер состоит из транспортира с отвесом (рис. 12). Угол между отвесом и направлением на нуль транспортира (нанесенный в середине его дуги) дает при визировании Полярной звезды ее высоту, т. е. географическую широту пункта наблюдения.

Так как Полярная звезда отстоит от полюса мира на 1° , то ошибка в определении географической широты, зависящая от положения Полярной звезды относительно горизонта, не может превышать 1° .

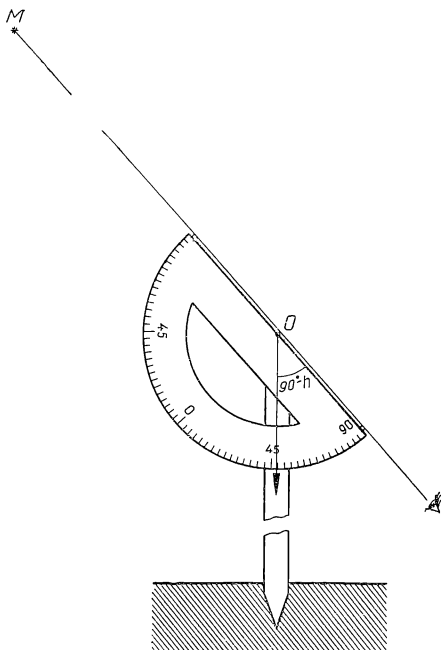


Рис. 12. Самодельный высотомер

8. Наблюдение фаз и перемещения Луны среди звезд

В отличие от звезд, не изменяющих взаимного расположения на небе, Луна обладает заметным собственным движением среди звезд, которое является следствием ее действительного обращения вокруг Земли. При этом положение Луны относительно Земли и Солнца постоянно меняется, что вызывает смену лунных фаз. Различают четыре фазы Луны: новолуние, первую четверть, полнолуние и

последнюю четверть. Промежуток времени между двумя одинаковыми фазами (синодический месяц) составляет 29,5 суток. В течение одного занятия проследить изменение видимой формы Луны невозможно, поэтому не следует ограничиваться одним наблюдением.

Движение Луны среди звезд обнаружить невооруженным глазом сравнительно нелегко, так как за один час Луна смещается примерно на $0^{\circ},5$. Однако если вблизи Луны имеется яркая звезда, то, неоднократно оценивая на глаз расстояние от этой звезды до Луны, убедитесь в перемещении Луны среди звезд в направлении с запада на восток. Если в течение занятия произойдет покрытие звезды Луной, то это явление необходимо также использовать для доказательства собственного движения Луны.

9. Ориентирование на местности по звездам и Луне

По положению на небе Полярной звезды можно определить направление меридиана на местности. Под Полярной звездой на горизонте находится точка севера, а в противоположном конце полуденной линии — точка юга. Прямая, проведенная перпендикулярно к полуденной линии, укажет направления на восток и на запад.

Приблизительно ориентироваться на местности можно также и по расположению звезд хвоста Большой Медведицы. В вечернее время весной хвост Большой Медведицы направлен на восток, летом — на юг, осенью — на запад и зимой — на север.

Наконец, определить положение сторон горизонта можно и по наблюдению Луны. В первой четверти Луна кульминирует на юге около 6 ч вечера, в полнолуние — около полуночи и в последней четверти — около 6 ч утра.

В полнолуние в летнее время Луна восходит на юго-востоке и заходит на юго-западе, а в зимнее время полная Луна восходит на северо-востоке и заходит на северо-западе.

10. Наблюдение движения Венеры и Марса среди звезд и нанесение их видимых траекторий на звездную карту

Из пяти планет, видимых на небе невооруженным глазом, наибольшую скорость перемещения среди звезд имеют Венера и Марс, как ближайшие к Земле. Поэтому наблюдения за этими планетами с целью изучения их перемещения среди звезд требуют меньшего времени по сравнению с наблюдениями Юпитера и Сатурна.

Перед началом наблюдений определите по Школьному астрономическому календарю на текущий год условия видимости этих планет.

Проводя наблюдения, определите положение Венеры или Марса относительно наиболее ярких звезд, отождествите эти звезды на звездной карте и нанесите на карту положение планеты на день наблюдения. Получив ряд точек на звездной карте в результате неоднократных наблюдений, вычертите на ней траекторию движения планеты, определите периоды прямого и обратного движения, а также созвездия, в которых располагались точка наибольшего видимого удаления Венеры от Солнца и петля Марса.

11. Наблюдение Луны в телескоп

Луна представляет собой наиболее интересный объект для наблюдения в телескоп. На ее поверхности хорошо различаются темные области, называемые морями, горные цепи и наиболее характерные образования лунного рельефа — цирки и кратеры.

Отчетливость изображения деталей лунной поверхности зависит от фазы Луны в момент наблюдения. Горные хребты, цирки, кратеры и другие возвышенные места лунной поверхности с наибольшим успехом могут наблюдаться в

первой и последней четвертях Луны при косом освещении их солнечными лучами. В полнолуние, когда весь лунный диск освещен отвесно падающими солнечными лучами и все его детали сливаются с общим фоном, удобнее наблюдать моря и системы светлых лучей.

Перед началом наблюдения тщательно изучите карту обращенного к Земле полушария Луны, приведенную в стационарном учебнике. Учитывая, что телескоп дает обратное изображение объекта, отождествите на лунной поверхности кратеры Тихо, Арзахель, Альфонс, цирки Птолемея, Гиппарх, Альбатегний, горные цепи Альпы, Апеннины, Карпаты и моря Дождей, Ясности и Спокойствия.

12. Наблюдение планет в телескоп

С помощью телескопа школьного типа можно убедиться, что планеты имеют диски, в отличие от звезд, которые остаются точками при наблюдении в любой телескоп, что является следствием большой разницы в расстояниях планет и звезд от Земли.

Ограниченные средства наблюдения позволяют выполнить небольшое число работ: установить фазу Венеры, детали диска Юпитера, количество и расположение его спутников и положение кольца Сатурна.

Перед наблюдением Венеры начертите на листе бумаги окружность диаметром 5 см и, определив из наблюдений фазу Венеры, нанесите на изображение ее диска положение терминатора (границы света и тени). Наиболее интересными являются такие наблюдения Венеры, при которых она видна в форме полукруга или очень узкого серпа.

Из всех планет Юпитер является единственной планетой, доступной для изучения деталей ее поверхности — облачных атмосферных образований, размеры, положение и цвет которых постоянно изменяются. При наблюдениях

Юпитера определите положение облачных образований — полюс — и зарисуйте их на диске планеты.

Из 12 известных спутников Юпитера для наблюдений в школьный телескоп доступны только четыре: Ио, Европа, Ганимед и Каллисто, открытые Галилеем в 1610 г. Эти спутники движутся вокруг Юпитера в плоскости его экватора по почти круговым орбитам. Периоды их обращений вокруг Юпитера совпадают с периодами осевых вращений. Основные сведения об этих спутниках даются в таблице.

Наименование спутника	Видимая звездная величина	Период обращения, сут	Наибольшее угловое расстояние от планеты
Ио	5,5	1,77	2',3
Европа	6,1	3,55	3,7
Ганимед	5,1	7,15	5,9
Каллисто	6,2	16,69	10,3

Систематические наблюдения спутников Юпитера позволяют увидеть некоторые интересные явления: прохождение спутников по диску Юпитера, покрытие спутников его диском и затмения спутников, происходящие при их вхождении в тень планеты. Наилучшие периоды для наблюдения затмений спутников Юпитера наступают в то время, когда видимое угловое расстояние между Солнцем и Юпитером близко к 90° . Наблюдение затмений спутников Юпитера позволили Рёмеру в 1676 г. определить величину скорости света.

Детали поверхности Сатурна в малый телескоп не видны, поэтому наблюдения его ограничиваются определением видимого положения и зарисовкой кольца.

13. Наблюдение переменных звезд

Для изучения переменных подходящими являются яркие звезды с небольшим периодом изменения блеска, доступные наблюдению невооруженным глазом или в призмный бинокль. К таким звездам относятся затменная переменная β Персея (Альголь) и β Лиры, а также цефеиды δ Цефея и η Орла.

Для того чтобы убедиться в изменении блеска этих звезд, достаточно в разное время провести несколько (5—6) оценок их видимых звездных величин.

Перед наблюдением, пользуясь Школьным астрономическим календарем, определите положение переменной звезды на небесной сфере, пределы колебаний блеска — звездные величины в максимуме и в минимуме, а также тип и период переменной звезды. Отыскав переменную звезду на небе, подберите звезды сравнения, расположенные как можно ближе к переменной звезде. Блеск звезд сравнения должен возможно меньше отличаться от блеска переменной звезды. Одни из звезд сравнения должны быть ярче переменной, другие — слабее. Необходимое количество наблюдений и интервалы между ними определяются периодом колебаний блеска: для звезд типа Альголя вблизи минимума наблюдения надо делать через 5—10 минут, а для указанных цефеид — несколько раз в сутки. При всех наблюдениях переменных необходимо возможно точнее отмечать время.

Результаты наблюдений занесите в таблицу.

№ п/п	Дата	Момент наблюдения	Оценка блеска	Звезды сравнения	Примечание

При достаточном количестве результатов наблюдений составьте график колебания блеска звезды.

14. Наблюдение в телескоп двойных звезд, звездных скоплений и туманностей

Эти наблюдения производятся с целью ознакомления с некоторыми объектами звездного неба, не видимыми невооруженным глазом.

В телескоп можно наблюдать двойные звезды, которые невооруженному глазу кажутся одиночными. Среди таких объектов встречаются не только двойные, но и кратные системы, состоящие из трех и более звезд. Часто наблюдаются сочетания различных цветов у звезд пары: рядом с желтой или оранжевой звездой можно видеть голубую или зеленую.

Рекомендуемые для наблюдения кратные звезды указаны в таблице.

Название звезды	Угловое расстояние	Звездная величина	Цвета компонентов	Время, удобное для наблюдения
φ и g Б. Медведицы	707"	2,2	Белый, золотистый	Весь год
γ Андромеды . .	10	2,2	Оранжевый, голубой	Осень, зима
σ Орiona	52	2,8	Голубой	Зима
ε Лиры	207	4,5	Белый	Весна

На небесной сфере встречаются также тесные группы звезд — звездные скопления. Они разделяются на шаровые и рассеянные; первые из них меньше по размерам и богаче

звездами. Звездные скопления, рекомендуемые для наблюдений, приводятся в таблице.

Название или обозначение скопления	Созвездие	Видимый диаметр	Характер скопления	Число звезд	Время, удобное для наблюдения
Плеяды	Телец	1100'	Рассеянное	160	Осень — зима
М 34	Персей	42	Рассеянное	70	Осень — зима
М 37	Возничий	34	Рассеянное	270	Осень, зима, весна
М 13	Геркулес	21	Шаровое	—	Лето — осень

В различных частях неба видны также светлые пятна, представляющие собой газово-пылевые галактические туманности или звездные системы, подобные нашей Галактике.

Галактические туманности и галактики, наиболее доступные для наблюдения в школьный телескоп, помещены в следующей таблице.

Название туманности или галактики	Созвездие	Диаметр	Характер туманности	Время, удобное для наблюдения
Большая туманность Ориона	Орион	30'	Галактическая	Зима
Туманность Америка . . .	Лебедь	100'	Галактическая	Весна, лето
Планетарная туманность	Лиры	60"	Галактическая	Осень, зима
Галактика М 31	Андромеда	200'	Внегалактическая	Осень, зима

ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ

Небесная сфера и видимые движения светил

6. Созвездие Змеи. 7. Созвездие Гидры. 9. Ригель (β Ориона), Капелла (α Возничего), Бетельгейзе (α Ориона), Сириус (α Б. Пса), Прокцион (α М. Пса), Арктур (α Волопаса), Вега (α Лиры), Альтаир (α Орла). 10. В $(2,512)^3 = 15,9$ раза. 11. 6,3 раза. 12. На небесном экваторе — точки востока и запада, на небесном меридиане — точки севера и юга. 13. По небесному экватору; в точках востока и запада. 16. В точках востока и запада (горизонт, небесный экватор и первый вертикал).

17. $\frac{4\pi R^2 - 2\pi Rh}{4\pi R^2}$, где $2\pi Rh$ — площадь невидимого сегмента небесной сферы. Полагая $R = 1$, имеем $h = 1 - \cos 35^\circ$

(рис. 13), далее $\frac{2R - h}{2R} \cdot 100\% = 90,5\%$.

19. Остается неподвижным. 20. Против хода часовой стрелки. 22. Не будут равны. 29. Рыбы, Пегас, Водолей. 30. Близнецы, М. Пес, Б. Пес. 31. $13^\circ 11'$. 32. Могут. 33. Покрытие — на восточном. 34. С восточным. 35. Прямое — с мая по август; обратное — с сентября по декабрь. 36. Несколько раз в течение ночи направление движения планеты изменяться не может. 37. На юго-восток. 38. На северо-запад и на северо-восток.

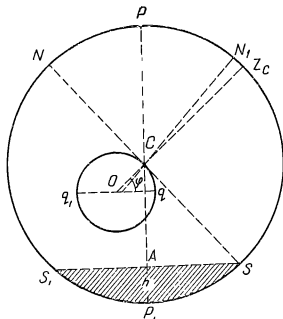


Рис. 13. К решению задачи № 17

Истинное движение планет, определение размеров тел солнечной системы и расстояний до них

39. 436 111 км/сек, т. е. больше скорости света, что невозможно.
 40. В $2,4 \cdot 10^5$ раза. 41. Центром движения системы планет является Солнце; видимое суточное движение светил объясняется вращением Земли вокруг оси, а видимые движения Солнца и планет — орбитальным движением Земли вокруг Солнца. 42. Открытие вращения Солнца, фаз Венеры и спутников Юпитера. 43. Коперник принимал эллиптические орбиты планет за круговые, а неравномерные движения планет по орбитам за равномерные. 44. Невозможно, так как Венера нижняя планета. 45. Верхняя, так как для Меркурия наибольшее угловое удаление от Солнца составляет 28° , а для Венеры — 48° . 46. Наибольшее угловое удаление Венеры к северу и к югу от точек востока и запада в моменты ее восхода и захода для наблюдателя на экваторе Земли будет равно удалению Венеры от небесного экватора, т. е. $27^\circ,5$. 47. Наибольшее угловое удаление Земли от Солнца — α (рис. 14).

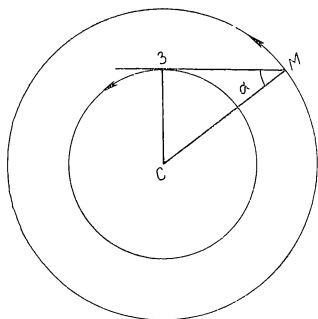


Рис. 14. К решению задачи № 47

$$\frac{T_y^2}{T_z^2} = \frac{a_y^3}{a_z^3}; \text{ при } a_z = 1 \text{ а. е. и } T_z = 1 \text{ г, } T_y^2 = a_y^3. \text{ Откуда } a_y =$$

$= 19,2 \text{ а. е. 58. } 164, 5 \text{ г. 59. } 1 \text{ сут } 6 \text{ ч } 48 \text{ мин. 60. } 1:6,5. 61. \text{ В } 2,3 \text{ раза. 62. } 0,74 \text{ а. е. 63. } 0,4 \text{ а. е. 64. } 0^\circ,5. 65. \text{ От } 42 \text{ млн. км до } 258 \text{ млн. км. 66. } 78 \text{ млн. км и } 378 \text{ млн. км. 67. Так как изменяется расстояние от}$

Земли до Венеры. 68. $a = \frac{R \cdot 206 265''}{p''}$; $a = 149,5 \cdot 10^6 \text{ км. 69. В янвя-}$

$\sin \alpha = \frac{a_z}{a_M}$; $\alpha = 41^\circ$. 48. Для решения

$$\text{воспользуемся уравнением } \frac{1}{S_\Phi} = \frac{1}{T_\Phi} - \frac{1}{T_M}. \text{ Откуда } S_\Phi = \frac{T_M \cdot T_\Phi}{T_M - T_\Phi} =$$

$$= 11,5 \text{ сут. } n = \frac{24,6}{11,5} = 2,13, \text{ т. е. Фо-}$$

бос восходит 2 раза на западе. 49. 780 сут. 50. 49,4 км/сек. 51. 34,8 км/сек

52. 1,1 г. 53. 224,7 сут. 54. Противо-

стояние произойдет через синодический период, равный 780 сут, т. е. в начале

марта 1965 г. 55. 5,2 а. е. 56. 9,5 а. е.

57. По третьему закону Кеплера

$R = 6371$ км. 86. $D = \sqrt{2Rh}$, откуда $R = 6371$ км; $C = 40\,010$ км.
 87. $D = 16$ км. 88. $D = 2041$ км. 89. Площадь прямоугольного тре-
 угольника OBA (рис. 16) можно определить по формулам: $S = \frac{RD}{2}$

и $S = \frac{(R+h) \cdot r}{2}$. Учитывая, что $D = \sqrt{2Rh}$, находим $r : r =$

$= \frac{R\sqrt{2Rh}}{R+h}$; $C = 2\pi r = 388$ км. 90. Из прямоугольного треугольни-

ка OAB имеем: $D^2 = 4R^2 - R^2 = 3R^2$, откуда $D = R\sqrt{3}$ (рис. 17).

$S_{OAB} = \frac{RD}{2} = \frac{R^2\sqrt{3}}{2}$ и $S_{OAB} = \frac{1}{2} \cdot 2Rr = Rr$. Отсюда $r =$

$= \frac{R\sqrt{3}}{2}$. $C = 2\pi \cdot \frac{R\sqrt{3}}{2} = 34\,609$ км. 91. 1,85 км. 92. Разность ши-

рот $\Delta\varphi_1 = 23^\circ 27'$; $l_1 = \frac{C \cdot \Delta\varphi_1^0}{360^\circ}$; $l_1 = 2606$ км (C — длина меридиана);

$l_2 = 4790$ км. 93. 8085,4 км. 94. Разность долгот $\Delta\lambda = 105^\circ$; $l =$

$= \frac{C}{360^\circ} \cdot \Delta\lambda = 8251$ км (C — длина параллели, $C = 2\pi R \cos\varphi$) (рис. 18).

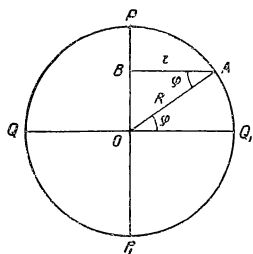


Рис. 18. К решению за-
 дачи № 94

95. Площадь сегмента $S = 2\pi R h$, где h — вы-
 сота сегмента. Отсюда $S = 127\,451\,855$ км².

96. 360 942 577 км²; 148 863 315 км². 97. 40%,
 52% и 8% соответственно. 98. $V = 11 \cdot 10^{19}$ м³;

$M = 5,98 \cdot 10^{24}$ кг. 99. $V_{я} = \frac{4}{3} \pi \cdot 3\,470^3 \times$

$\times 10^9$ м³; $M_{я} = 12\,000 \cdot V_{я}$ кг; $\frac{M_{я}}{M_3} \cdot 100\% =$

$= 35\%$. 100. Длина параллели $C = 2\pi R \cos\varphi$,

а $v = \frac{C}{t}$; $v_{эк} = 463,2$ м/сек, $v_{тр.} = 424,8$

м/сек, $v_{п. кр.} = 184,3$ м/сек. 101. $a = \frac{v^2}{R}$,

где v — линейная скорость, для определения которой см. задачу 100.

Отсюда $a_{эк} = 0,34$ м/сек², $a_{тр.} = 0,31$ м/сек², $a_{п. кр.} = 0,13$ м/сек².

102. $l = gt^2 : \pi^2$; $l_{п.} = 0,9972$ м. $l_{эк} = 0,9919$ м. 103. $\frac{g_{п.} - g_{эк.}}{g_{п.}}$

или 0,5%. 104. $mg = \frac{mv^2}{R}$; $v = \sqrt{Rg}$; $\frac{v}{v_0} = \frac{\sqrt{Rg}}{c} = \frac{T\sqrt{Rg}}{2\pi R} = 17$.

105. Со скоростью 926,4 м/сек на запад. 106. 13° ; $7^\circ,5$. 107. 0° ; 12° ;

27° ; 6 ; 30° . 108. 31 мм. 109. $\operatorname{tg} \beta = \frac{d}{h} = \frac{0,022h\sqrt{h} \cos 30^\circ}{h}$; $\beta = 4'$.

110. 45° . 111. Из выражения $\alpha = \frac{a-b}{a}$ имеем: $a = \frac{b}{1-\alpha}$; отсюда

$a - b = \frac{b}{1-\alpha} - b = \frac{ab}{1-\alpha} = 21\,382$ м. 112. $\alpha = \frac{1}{303,7}$. 113. 6417,5 км;

6375,3 км; 6338,8 км. 114. Движением Земли вокруг Солнца.

115. Отрезки прямых. 116. 29,7 км/сек. 117. Точки пересечения оси

Земли с небесной сферой сохраняют неизменными положения среди звезд. 118. 2378,3 км. 119. 7675,5 км; 7978,6 км. 120. 3,5 ч.

Закон всемирного тяготения и движение искусственных небесных тел

121. $g = \frac{\gamma m}{R^2}$ — ускорение силы тяжести на поверхности Земли;

$g_1 = \frac{\gamma m}{(60R)^2}$ — ускорение силы тяжести на расстоянии Луны, равно

$60R$, $\frac{g}{g_1} = \frac{1}{60^2}$; $g_1 = 0,0027$ м/сек²; $a = \omega^2 60R$; $a = 0,0027$ м/сек².

122. $g = \gamma \frac{M}{r^2}$; $\gamma = 6,7 \cdot 10^{-11}$ м³/кг·сек². 123. $\gamma = 6,7 \cdot 10^{-11}$ м³/кг·сек².

124. а) $35,7 \cdot 10^{21}$ н; б) $35,7 \cdot 10^{21}$ н, в) $0,006$ м/сек²;

г) $178 \cdot 10^{-10}$ м/сек². 125. 1,64 м/сек². 126. В 2,6 раза. 127. $\frac{g_c}{g_4} =$

$= 45\,900$. 128. $1,3 \cdot 10^{-8}$ м/сек². 129. $F = \gamma \frac{M_1 M_2}{r^2} = 11,4 \cdot 10^{17}$ н.

130. В 177 раз. 131. $M = \frac{gR^2}{\gamma} = 5,9 \cdot 10^{24}$ кг. 132. $\omega^2 R = \gamma \frac{M}{R^2}$;

$M = \frac{\omega^2 R^3}{\gamma} = 5,9 \cdot 10^{24}$ кг, где R — расстояние до Луны. 133. $M =$

$= 1,9 \cdot 10^{30}$ кг. 134. $\frac{T_1^2 (M_1 + m_1)}{T_2^2 (M_2 + m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$, откуда, пренебрегая m_1 и

m_2 , находим: $\frac{M_1}{M_2} = 315 M_2$. **135.** 14,8 массы земли. **136.** 3500 кг/м³.

137. 4600 кг/м³. **138.** $\frac{T_1^2 (M + m)}{T_2^2 (2M + m)} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$, отсюда, пренебрегая m и

принимая $T_1 = 1$ г, находим $T_2 = \sqrt{\frac{1}{2}} = 0,7$ г. **139.** Расстояния от

Солнца до планет увеличиваются. **140.** Расстояние между Землей и Лу-

ной уменьшается. **141.** $\frac{T_1^2 \cdot M}{\left(\frac{1}{3} T_1\right)^2} = 1$, откуда $T_1^2 M = \left(\frac{T_1}{3}\right)^2 M_1$; при

$T_1 = 1$ и $M = 1$, $M_1 = 9$, т. е. масса Земли должна увеличиться в 9 раз.

142. По возмущениям, производимым планетами в движении других тел

солнечной системы (комет, соседних планет и их спутников). **143.** $81x =$

$= 384\,000 - x$; $x = 4683$ км, считая от центра Земли. **144.** $\frac{1}{81} =$

$= \frac{x^2}{(384\,000 - x)^2}$, откуда $x = 345\,600$ км. **145.** Падение Земли будет

происходить по эллиптической орбите, большая полуось которой равна

$\frac{a}{2}$. По третьему закону Кеплера $\frac{T^2}{(2t)^2} = \frac{a^3}{\left(\frac{a}{2}\right)^3}$, где $2t$ — полный

период движения по эллипсу, а t — время падения, $t = 65,7$ сут.

146. 4,9 сут. **147.** Скорости вылета одинаковы, дальности полета раз-

личны. **148.** 0,164 м. **149.** В ближайшей точке в 1,06 раза больше, чем

в противоположной. **150.** По формуле приливообразующего ускорения

$a_A - a_B = 2\gamma \frac{m}{r^3}$ находим ускорения: со стороны Солнца — $7,94 \times$

$\times 10^{-16}$ м/сек², со стороны Луны — $1,75 \cdot 10^{-15}$ м/сек². Из выражения

$F = ma$, при $m = 1$, имеем $F = a$. **151.** Глубиной моря и очертаниями

берегов. **152.** В 21^ч58^м и в 4^ч11^м. **153.** Взаимным притяжением между

планетами. **154.** Лавверье и Галле в 1846 г., по возмущениям в движе-

нии Урана. **155.** $v_k = \sqrt{\frac{\gamma M}{r}} = 7,9$ км/сек. **156.** 7,80 км/сек,

7,58 км/сек, 7,32 км/сек. **157.** $T = \frac{2\pi(R + h)}{v}$, где $v = \sqrt{\frac{\gamma M}{R + h}}$;

$T = 89,3$ мин. **158.** Рассчитав период обращения спутника, применим

уравнение синодического движения: $\frac{1}{S_{\text{сп}}} = \frac{1}{T_{\text{сп}}} - \frac{1}{T_3}$, откуда $S_{\text{сп}} = \frac{T_3 T_{\text{сп}}}{T_3 - T_{\text{сп}}} = 139,2 \text{ мин.}$ **159.** За время одного оборота ИСЗ, равное

$89,3 \text{ мин.}$, точка, лежащая на широте $57^\circ 37'$, сместится на расстояние $l = \frac{2\pi R \cos \varphi \cdot 89,3}{1440} = 1329 \text{ км.}$ **160.** 16 витков. **161.** 1,6 км/сек.

162. 7,2 км/сек. **163.** 3,5 км/сек. **164.** $v_n = \sqrt{\frac{2\gamma M}{r}} = 11,1 \text{ км/сек.}$

165. 2,4 км/сек. **166.** 5 км/сек. **167.** Скорость падения будет равна параболической скорости на поверхности Венеры, т. е. $v = \sqrt{\frac{2\gamma M}{r}}$,

где M — масса, а r — радиус Венеры: $v = 10,2 \text{ км/сек.}$ **168.** $\frac{g_1}{g_0} =$

$\frac{R^2}{(R+h)^2}$, откуда $g_1 = \frac{g_0 R^2}{(R+h)^2} = 8,1 \text{ м/сек}^2$. **169.** $a = \frac{v^2}{r}$, но $\frac{v^2}{r} =$

$\frac{\gamma m}{r^2}$ следовательно, $a = \frac{\gamma m}{r^2} = 9,1 \text{ м/сек}^2$ **170.** 36 340 км. **171.** Не

может, так как на расстоянии $R = 6371 \text{ км}$ период обращения уже $84,4 \text{ мин.}$ **172.** 1,23 г. **173.** Из третьего закона Кеплера имеем

$\frac{T_1^2}{T^2} = \frac{a_1^3}{a^3}$, где $a_1 = \frac{1 \text{ а. е.} + 1,5 \text{ а. е.}}{2} = 1,25 \text{ а. е.}$, при $a = 1 \text{ а. е.}$

и $T = 1 \text{ г.}$, $T_1^2 = 1,25^3$, откуда $T_1 = 1,4 \text{ г.}$, а время полета по полуэллипсу

$\frac{T_1}{2} = 0,7 \text{ г.}$ **174.** 238 км, 1872 км. **175.** $v_p = 7,98 \text{ км/сек.}$, $v_a =$

$= 6,84 \text{ км/сек.}$ **176.** $v_a = v_{\text{сп}} \sqrt{\frac{1-e}{1+e}}$, $v_p = v_{\text{сп}} \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}$. Откуда,

подставляя значение e , находим $\frac{v_a}{v_p} = \frac{r_p}{2a-r_p} = 0,8$. **177.** $a = \frac{v_k - v_0}{t}$,

при $v_0 = 0$ имеем $a = \frac{\sqrt{\frac{\gamma M}{r}}}{t} = 25,7 \text{ м/сек}^2$. Перегрузка равна

$\frac{g_0 + a}{g_0} = 3,7$. **178.** Отсутствием давления на опору при равных ускоре-

ниях корабля-спутника и предметов в нем находящихся. 179. $v_{\Pi} = v_{\kappa} \sqrt{2} = 7,1 \text{ км/сек}$; $v = v_{\Pi} - v_{\kappa} = 2,1 \text{ км/сек}$; $\frac{M_{\text{н}}}{M_{\kappa}} = 2,72 \frac{v}{v_p} = 2,1$, т. е. корабль израсходует 52,4% начальной массы. 180. $6,4 \cdot 10^{-5} \text{ н}$. 181. Вследствие сопротивления атмосферы. 182. Имея большее поперечное сечение, ракета-носитель сильнее тормозится атмосферой, вследствие чего, снижаясь, она движется с большей скоростью. 183. В 2 раза. 184. В апогее наибольшая, на увеличение скорости. 185. Возможно.

Астрономические координаты и определение географической долготы

186. 0° , 90° , 180° , 270° , 180° , неопределенный. 187. Для точек горизонта — 90° , для зенита — 0° . 188. $A = 90^\circ$. 189. $A = 270^\circ$. 190. На экваторе. 191. На экваторе. 192. Может при $\delta > 45^\circ$. 193. Не может. 194. При $A = 90^\circ$ и $A = 270^\circ$; при $A = 0^\circ$ и $A = 180^\circ$. 195. Отсчет горизонтального круга теодолита, соответствующий направлению меридиана, равен: $26^\circ 16' + \frac{42^\circ 12' - 26^\circ 16'}{2} = 34^\circ 44'$. 196. Азимут направления на земной предмет равен: $360^\circ - (22^\circ,5 - 11^\circ) = 348^\circ,5$. 199. 90° . 200. На полюсах. 201. На полюсах. 202. На экваторе и на полюсах. 203. На северном полюсе; в зените и в надире. 204. $h_p = 0^\circ$. 205. От 0 до 360° . 206. При движении наблюдателя к северу видимые дуги суточных параллелей звезд северного полушария увеличиваются. 207. 270° . 208. 270° . 211. $t_z = 0^\circ$, t_p — неопределенный. 212. $15^{\text{ч}}09^{\text{м}}$. 213. $t_1 = 01^{\text{ч}}54^{\text{м}}$, $t_2 = 06^{\text{ч}}48^{\text{м}}$. 214. $109^\circ 30'$; $265^\circ 30'$. 215. $17^{\text{ч}}17^{\text{м}}56^{\text{с}}$; $23^{\text{м}}$. 216. $15^{\text{ч}}30^{\text{м}}$. 217. $\delta = 0^\circ$, $\alpha = 0^{\text{ч}}$. 218. $\delta = 0^\circ$. 219. Через 3 ч. 220. $13^{\text{ч}}22^{\text{м}},6$. 221. а) Телец, б) Скорпион, в) Лебедь, а) Альдебаран, б) Антарес, в) Денеб. 227. Независимо от склонения каждая звезда за 1 ч проходит дугу в 15° . Поэтому отношение дуг равно 1. 228. $57^\circ 37',2$. 229. 45° . 230. Так как положение полюса мира не зависит от горизонта наблюдателя, а положение зенита зависит. 231. 0° . 232. 90° , 0° . 233. $34^\circ 15'$. 234. $62^\circ 47'$. 235. $58^\circ 35',3$. 236. $39^\circ 35'$. 237. 47° . 238. $45^\circ 18'$. 239. $43^\circ 20'$. 240. В Мадриде — $35^\circ 04'$, $57^\circ 04'$, $66^\circ 44'$; в Риге — $51^\circ 37'$, $73^\circ 37'$, $83^\circ 17'$. 241. $49^\circ 38'$. 242. $\delta = 45^\circ 57'$, $\varphi = 56^\circ 40'$. 243. $\varphi = 60^\circ$, $\delta = 45^\circ 06'$. 244. $\varphi = 90^\circ$, $\delta = 45^\circ$. 245. 12 ч, $h = 48^\circ 41'$. 246. $3^\circ 59'$; $0^{\text{ч}}$. 247. $43^\circ 16'$. 248. $\varphi = 51^\circ 32'$, $h = 47^\circ 12'$. 249. $33^\circ 13'$ (1 мая). 250. $\delta \geq 42^\circ 15'$. 251. Восходит. 252. Восходит. 553. Нет. 254. Наблюдают.

Измерение времени и определение географической долготы

255. По небесному экватору; в точках востока и запада. 256. По небесной параллели, склонение которой $\pm 23^{\circ}27'$. 257. 1) Между точками севера и востока, севера и запада, 2) между точками юга и востока, юга и запада. 258. 1) В дни равноденствий: $A_B = 270^{\circ}$, $A_3 = 90^{\circ}$; 2) в дни солнцестояний: летнего $A_B = 246^{\circ}33'$, $A_3 = 113^{\circ}27'$; зимнего: $A_B = 293^{\circ}27'$, $A_3 = 66^{\circ}33'$. 260. Два раза. 262. 22 июня и 22 декабря. 263. 21 марта и 23 сентября. 264. 270° . 265. Половина. 266. $\alpha \sim 18^{\circ}$, $\delta \sim 66^{\circ}$, в созвездии Дракона. 267. $h = 88^{\circ}$. 268. $A_1 = 270^{\circ}$, $A_2 = 90^{\circ}$. 269. Угол между горизонтами CB и MM_1 наблюдателей (рис. 19)

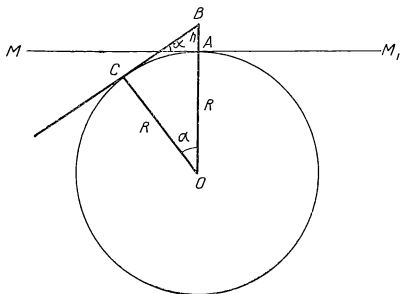


Рис. 19. К решению задачи № 269

численно равен $\alpha = \arcsin \frac{R}{R+h} = 1^{\circ}$ или 4^m . 270. Приблизительно за половину суток. 271. В Тегеране, так как склонение Солнца увеличивается. 272. 1) В моменты равноденствий: $\alpha = 0^{\circ}$, $\delta = 0^{\circ}$; $\alpha = 12^{\circ}$, $\delta = 0^{\circ}$; 2) в моменты солнцестояний: $\alpha = 6^{\circ}$, $\delta = +23^{\circ}27'$; $\alpha = 18^{\circ}$, $\delta = -23^{\circ}27'$. 275. α Льва около 24 августа, α Весов около 20 ноября. 277. Созвездие Змееносца. 280. Видимым движением Солнца по эклиптике, Стрелец, Близнецы. 281. Солнце приближается к созвездию Тельца, что бывает в апреле. 284. $\varphi = 23^{\circ}27'$. 285. $\varphi = 66^{\circ}33'$. 286. $68^{\circ}27'$. 287. $16^{\circ}33'$. 288. $43^{\circ}06'$. 289. $h_K = 10^{\circ}45'$, $h_E = 26^{\circ}22'$. 290. $h_B = 71^{\circ}27'$, $h_T = 55^{\circ}30'$ (в 1964 г.). 291. $6^{\circ}37'$, $30^{\circ}51'$. 292. $55^{\circ}27'$, $84^{\circ}47'$. 293. $\varphi = 30^{\circ}$. 294. $\varphi = 35^{\circ}$. 295. 19 апреля и 24 августа (1964 г.). 296. $\varphi = 40^{\circ}$, $\epsilon = 23^{\circ}27'$. 297. $\varphi = 34^{\circ}47'$, $\epsilon = 23^{\circ}54'$. 298. $\delta \geq +21^{\circ}02'$, $\delta \leq -21^{\circ}02'$. 299. С 17 мая по 28 июля, с 18 нояб-

ря по 25 января. 300. $\varphi = \delta = 17^{\circ}28'$. 301. 12^ч. 302. 16^ч. 303. 5^ч13^м; 18^ч35^м. 304. 12^ч43^м. 305. 1^ч53^м. 306. 8^ч42^м. 307. $\alpha = 5^{\text{ч}}38^{\text{м}}$ (ξ Ориона). 308. В момент верхней кульминации звезды β Б. Пса, 309. 5^ч45^м52^с, $\alpha_c = 13^{\text{ч}}22^{\text{м}}33^{\text{с}}$. 310. На экваторе Земли. 311. Капелла. 312. Время кульминаций звезд не меняется, время кульминаций Солнца меняется. 313. Солнечные сутки стали бы короче звездных приблизительно на 4 мин. 314. 22 июня $S = 18^{\text{ч}}$; 23 сентября $S = 0^{\text{ч}}$. 315. 18^ч40^м03^с. 316. 15^ч13^м29^с. 317. 1) 4^ч, 4^ч02^м57^с; 2) 10^ч, 10^ч07^м52^с. 318. 0^ч01^м21^с. 320. 15 февраля — 12^ч14^м13^с; 16 мая — 3^ч56^м17^с. 321. 28 октября — 17^ч43^м53^с; 25 декабря — 11^ч59^м49^с. 322. 20 мая — 17^ч41^м35^с; 20 июля — 17^ч31^м46^с. 323. 1^ч30^м; 1^ч31^м19^с. 324. $\eta = -16^{\text{м}}24^{\text{с}}$; 4 ноября. 325. 14^ч05^м35^с. 326. 12^ч48^м,9; 15^ч04^м,1. 327. 2^ч01^м,2. 328. 16^ч; 17^ч. 329. 21^ч36^м. 330. 17^ч27^м,3. 331. $\lambda = 45^{\circ}$. 332. 23^ч24^м. 333. 19^ч, 18^ч, 17^ч37^м,1. 334. 0^ч53^м,5; 5^ч53^м,5; 6^ч53^м,5. 336. 12^ч48^м55^с, часы спешат на 18^м05^с. 337. Часы спешат на 4^м12^с. 338. На 16^ч; на 22^ч. 339. $\sim 23^{\text{ч}}$. 340. $\lambda_T - \lambda_B = 118^{\circ}45'$. 341. 2^ч12^м,9. 342. 4^ч06^м,7. 343. $\lambda = 1^{\text{ч}}13^{\text{м}}$,1 (зап.). 344. 4^ч54^м,1. 345. $\lambda_{\Pi} = 3^{\text{ч}}45^{\text{м}}$. 346. $\lambda_{\text{M}} = 6^{\text{ч}}36^{\text{м}}$,5 (зап.). 347. $\lambda_2 = 3^{\text{ч}}10^{\text{м}}$ (зап.). 348. $\lambda_2 = 2^{\text{ч}}52^{\text{м}}$. 349. На линии смены дат. 350. 18 сут. 351. 28 мая в 15^ч по времени Магадана. 352. 1963 и 2014 гг. — короче на 5^ч48^м46^с; 1964 г. — длиннее на 18^ч11^м14^с. 353. 352 дня. 354. Потому что в тропическом году не содержится целого числа суток. 355. Звездных — на одни сутки больше. 356. 1968 г. 357. Пять — в високосном году. 358. За 100 лет — 18^ч43^м20^с; за 500 лет — 3^д21^ч56^м40^с. 359. 75; 72. 360. 4 января 1643 г. 361. 19 ноября 1711 г. 362. В ночь на 15 января.

Движение Луны и затмения

363. 27,3 сут. 364. 1,02 км/сек. 365. $\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{E}$;

$S = 29,5$ сут. 366. 14,76 сут. 367. Совпадением периодов осевого вращения и обращения вокруг Земли. 368. Эллиптичностью лунной орбиты и наклоном ее к эклиптике. 369. 100%. 370. Нет, потому что промежутки времени между двумя одноименными кульминациями Луны на 50 мин больше суток. 371. Зимой на наибольшей высоте. 372. $72^{\circ}08'$; $60^{\circ}36'$. 373. $32^{\circ}44'$; $4^{\circ}34'$. 374. Серп возрастающей Луны выпуклой стороной обращен вправо. 375. а) к востоку, б) к западу. 376. На юго-востоке 377. В новолунии. 378. В первой четверти. 379. В полнолунии; 12^ч. 380. Вечером. 381. В новолуние. 382. В марте, так как в это время Луна находится высоко над горизонтом, а атмосфера прозрачна. 383. Лунные и солнечные затмения. 384. Лунные затмения наблюдают-

ся чаще, так как они видны на целом полушарии Земли, а солнечные — на узкой полосе ее поверхности. 385. Нет, так как там полярная ночь. 386. На экваторе, утром. 387. Солнечное затмение. 388. Невозможно. 389. Потому что поперечник земной тени на расстоянии Луны больше лунного поперечника. 390. Обозначим радиусы: Солнца — R , Земли — r , Луны — ρ ; расстояния: От Солнца до Земли — A , от Земли до Луны — a , от Луны до вершины конуса ее тени — h , от Солнца до вершины конуса лунной тени H (рис. 20). Тогда $\frac{R}{\rho} = \frac{H}{r}$; $\frac{R}{\rho} = \frac{A - a + h}{h}$, или $h = \frac{(A - a)\rho}{R - \rho}$. При $A = 24\,000$ ч и $a = 64$ ч, $h = 382\,600$ км. 391. Не будут, так как тогда высота конуса лунной

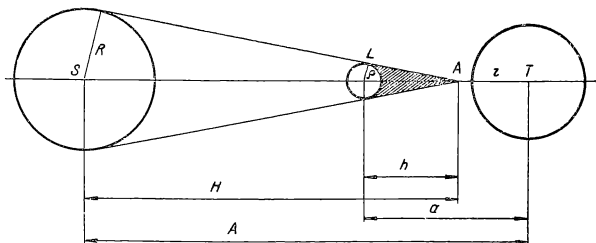


Рис. 20. К решению задачи № 390

тени окажется короче наименьшего расстояния от Земли до Луны. 392. 360 затмений, считая продолжительность сароса равной 18 годам. 393. 5 февраля 1981 г. и 31 июля 1981 г.

Физическая природа тел солнечной системы

394. 2,43 км. 395. 7,3 км. 396. 0,96 км. 397. Можно. 398. Примерно в 87 раз. 399. Полярные круги $\pm 88^{\circ},5$, тропики $\pm 1^{\circ},5$ (от лунного экватора). 400. Отсутствие атмосферы и большая продолжительность дня и ночи. 401. Не может, так как у Луны отсутствует магнитное поле. 403. Нельзя, так как затмение Солнца можно наблюдать лишь с полушария, обращенного к Земле, а затмения Земли вообще не происходят. 404. Нет, так как отсутствует атмосфера. 406. Тем, что скорости молекул ее атмосферы превысили вторую космическую скорость.

407. Днем. 408. Утром — невооруженным глазом, днем — в телескоп. 409. 243 м/сек. 410. 12,7 км/сек. 411. Полярные круги $\pm 64^\circ 50'$, тропики $\pm 25^\circ 10'$ (от экватора Марса). 413. Принимаемая интенсивность

солнечного света на Земле равной 1, имеем: $\frac{1}{1600} : \frac{1}{440\,000}$, или 275 : 1.

414. Отношение интенсивностей будет: 5 : 2 : 1 : 0, 4 : 0, 04 : 0, 01 и т. д. 416. Не благоприятны. 417. Может. 418. Сохраняются. 420. Помутнением атмосферы. 421. На экваторе в виде полосы, пересекающей небо через зенит; на полюсах не видно при высоте наблюдателя 1,7 м и радиусе внешнего кольца 2,3 R_c . 422. Быстрое осевое вращение и малая плотность. 423. Различием температур. 424. По гипотезе Шмидта — близость Солнца. 425. При большом увеличении из-за колебаний воздуха вид светила искажается. 426. На поверхности Солнца по распределению яркости вдоль спектра и по количеству тепла, излучаемого Солнцем; на поверхностях Луны и планет с помощью термозлемента. 427. На Марсе и на Венере. 428. Кометы участвуют в суточном движении светил. 430. Аквариды — в созвездии Водолея, Персеиды — в созвездии Персея, Кассиопиды — в созвездии Кассиопеи. 431. $D_1 = 14,6$ см, $D_2 = 67,7$ см. 432. Наличием большого числа населенных пунктов. 434. Нет. 435. $1,9 \cdot 10^{30}$ кг. 436. $46,5 \cdot 10^3$ км. 437. $8'', 4$. 438. Угловые скорости соответственно равны: 0,0105 рад/ч; 0,0099 рад/ч. 441. $Q = \lambda M$, где λ — уд. теплота плавления, M — масса льда, равная $4\pi R^2 h \sigma$ (R — радиус Солнца, h — толщина слоя льда, σ — плотность льда). $Q = 25,98 \cdot 10^{27}$ дж. 442. $Q = 4\pi R^2 h \sigma \lambda$ — количество теплоты необходимое для того, чтобы растопить всю массу льда; $Q_1 = 4\pi R^2 \cdot q$ — количество теплоты, падающее на всю поверхность Земли за 1 мин (R — радиус Земли, h — толщина слоя льда, σ — плотность льда, λ — теплота плавления, q — солнечная постоянная); $t = \frac{Q}{Q_1} = 40$ мин. 443. Солнечная постоянная для Венеры будет в $(1/0,72)^2$ раз больше, т. е. 3,73 кал/см²·мин. 444. 0,84 кал/см²·мин. 445. $36,9 \cdot 10^{25}$ эрг. 446. 5700°. 447. Водород и гелий.

Звезды и звездные системы

448. $3 \cdot 10^{13}$ км; 9,46 · 10¹² км. 449. 76,2 · 10¹³ км; 25,4 парсека.

450. $D = \frac{1}{0,121} = 8,2$ парсека = 26,7 св. года. 451. 2,68 парсека; 8,7 св. года; 552 790 а. е.; $8 \cdot 10^{13}$ км. 452. $\rho'' = 0'',021$. 453. В 17 раз. 454. 70 000 лет. 456. Смещение линий в спектре. 457. $v_r = v \cos \theta =$

= 43 км/сек; $v_{\tau} = v \sin \Theta = 25$ км/сек. 458. $v = \sqrt{v_{\tau}^2 + v_r^2} =$
 = 41 км/сек; $\Theta = 44^{\circ}30'$. 459. $v_{\tau} = 4,74 \frac{\mu''}{p''}$, $v = \sqrt{v_{\tau}^2 + v_r^2} =$
 = 57 км/сек. 460. $v_r = \frac{\Delta \lambda}{\lambda} \cdot C = -30$ км/сек. 461. 20 км/сек.
 462. Созвездие Геркулеса. 463. Увеличиваются, уменьшаются. 464. За
 400 000 лет. 465. $34 \cdot 10^6$ кг/м³. 466. 35 масс Солнца. 467. 5358 : 1.
 468. 100. 469. 12 : 1. 470. $\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{m_2 - m_1} = 436 500$. 471. В 10¹¹ раз
 меньше. 472. Плазма; высокая температура и давление. 474. В 6310 раз.
 475. $\frac{\pi R^2}{\pi R^2 - \pi r^2} = 2$; $\frac{r}{R} = \sqrt{\frac{1}{2}}$; $\frac{r}{R} = 0,7$. 476. $\frac{R}{r} = 1,1$;
 $\frac{v_1}{v_2} = 1,1^3 = 1,3$. 477. $4,2 \cdot 10^{10}$ км. 480. Введем звезду сравнения, для
 которой $m_0 = 0$, $I_0 = 1$. Тогда $\lg I_1 = -0,4 m_1$ и $\lg I_2 = -0,4 m_2$.
 Из соотношений $I = I_1 + I_2$ и $\lg I = -0,4 m$ находим $m = 0,64$.
 481. $m = 1,6$. 483. 60,8 парсека. 484. Приблизительно одна звезда
 в куб. парсеке. 485. $186,8 \cdot 10^6$ лет. 487. 1,2. 489. 3400 000 лет.
 491. 92,9 св. года. 492. По форме и размерам. 493. Радиогалактика в
 созвездии Лебедя и радиотуманность в созвездии Кассиопеи. 494. Ин-
 тенсивность ослабляется преимущественно в коротковолновой части
 спектра. 495. С помощью радиотелескопов. 500. Определение химичес-
 кого состава метеоритов и изучение спектров небесных светил.

КРАТКАЯ ТАБЛИЦА АСТРОНОМИЧЕСКИХ ПОСТОЯННЫХ

Астрономическая единица	149 500 000 км
Видимый угловой диаметр Луны	0°,5
Видимый угловой диаметр Солнца	0°,5
Гражданские сутки = 24 ч = 1440 мин = = 86 400 сек	
Звездные сутки = 0,997 средних солнечных суток = 23 ч 56 мин 4 сек среднего сол- нечного времени	
Наклонение эклиптики к экватору	23°27'
Нормальное ускорение силы тяжести	9,780 м/сек ²
Параллакс Луны	57'
Параллакс Солнца	8",80
Парсек = $3 \cdot 10^{13}$ км = 206 265 а. е. = 3,26 светового года	
Полярный радиус Земли	6356,864 км
Постоянная тяготения	$6,7 \cdot 10^{-11}$ м ³ /кг · сек ²
Продолжительность среднего гражданского года (григорианский стиль)	365 сут 5ч 49 мин 12 сек
Продолжительность тропического года	365,2422 средних суток
Продолжительность юлианского года	365 сут 6 ч
Продолжительность звездного года	365,256 средних сут.
Световой год = $9,5 \cdot 10^{12}$ км = 63 290 а. е. = = 0,3 парсека	
Сжатие Земли	1/298,3
Средний радиус Земли (радиус шара, рав- новеликого Земле)	6371 км
Солнечная постоянная	1,94 кал/см ² · мин
Средняя плотность Солнца	1410 кг/м ³
Средняя плотность Земли	5520 кг/м ³
Средние солнечные сутки 1,002 звездных суток = 24 ч 03 мин 56,6 сек звездного времени	
Экваториальный радиус Земли	6378,245 км

ТАБЛИЦА ЭЛЕМЕНТОВ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Наименование тел солнечной системы	Сидерический период обращения, год	Сидерический период обращения, сут.	Среднее расстояние от Солнца, а. е.	Скорость движения по орбите, км/сек	Наклонение орбиты к эклиптике	Средний диаметр, км	Сжатие	Период вращения вокруг оси	Масса, кг	Критическая скорость на поверхности, км/сек	Наклон экватора к орбите	Число спутников
Меркурий	0,241	116	0,387	47,8	7°	5000	—	88 сут	$3,24 \cdot 10^{23}$	4,3	0°	—
Венера	0,615	584	0,723	35	3°23'	12 400	—	225 ^д сут	$4,86 \cdot 10^{24}$	10,4	?	—
Земля	1,000	—	1,000	29,8	—	12 756	1/298	23 ^ч 56 ^м 04 ^с	$5,98 \cdot 10^{24}$	11,3	23°27'	1
Марс	1,881	780	1,524	24,1	1 51	6 780	1/192	24 ^ч 37 ^м 23 ^с	$6,39 \cdot 10^{23}$	5,1	25°10"	2
Юпитер	11,86	399	5,203	13,1	1 18	143 640	1/16	9 ^ч 50 ^м	$1,90 \cdot 10^{27}$	60,8	3°06'	12
Сатурн	29,46	378	9,539	9,6	2 29	120 500	1/10	10 ^ч 14 ^м	$5,68 \cdot 10^{26}$	36,6	26°45'	9
Уран	84,01	370	19,19	6,8	0 46	53 400	1/18	10 ^ч 42 ^м	$8,73 \cdot 10^{25}$	22,2	98°	5
Нептун	164,7	368	30,07	5,4	1 46	49 600	1/50	15 ^ч 48 ^м	$1,03 \cdot 10^{26}$	24,8	29°	2
Плутон	248,9	367	39,65	4,7	17	12 000	?	6 ^ч ?	$5 \cdot 10^{24}?$?	?	—
Солнце	—	—	—	—	—	1 391 000	—	25 ^{ср.} сут. (на экв.)	$1,99 \cdot 10^{30}$	617	7°15'	—
Луна	27,32 ср. сут	29,53 ср. сут.	384 400 км от Земли	1,02	5°9'	3 476	—	27,32 ^{ср.} сут.	$7,33 \cdot 10^{22}$	2,38	6°41'	—

СПИСОК СОЗВЕЗДИЙ, ВИДИМЫХ В СССР

($\delta > -45^\circ$)

- | | |
|----------------------|---------------------|
| 1. Андромеда | 34. Малый Конь |
| 2. Близнецы | 35. Малый Лев |
| 3. Большая Медведица | 36. Малый Пес |
| 4. Большой Пес | 37. Микроскоп |
| 5. Весы | 38. Насос |
| 6. Водолей | 39. Овен |
| 7. Возничий | 40. Орел |
| 8. Волк | 41. Орион |
| 9. Волопас | 42. Паруса |
| 10. Волосы Вероники | 43. Пегас |
| 11. Ворон | 44. Персей |
| 12. Геркулес | 45. Печь |
| 13. Гидра | 46. Рак |
| 14. Голубь | 47. Резец |
| 15. Гончие Псы | 48. Рыбы |
| 16. Дева | 49. Рысь |
| 17. Дельфин | 50. Северная Корона |
| 18. Дракон | 51. Секстант |
| 19. Единорог | 52. Скорпион |
| 20. Жираф | 53. Скульптор |
| 21. Заяц | 54. Стрела |
| 22. Змееносец | 55. Стрелец |
| 23. Змея | 56. Телец |
| 24. Кассиопея | 57. Треугольник |
| 25. Кит | 58. Центавр |
| 26. Козерог | 59. Цефей |
| 27. Компас | 60. Чаша |
| 28. Корма | 61. Щит |
| 29. Лебедь | 62. Эридан |
| 30. Лев | 63. Южная Корона |
| 31. Лира | 64. Южная Рыба |
| 32. Лисичка | 65. Ящерица |
| 33. Малая Медведица | |

КАТАЛОГ ЯРКИХ ЗВЕЗД СЕВЕРНОГО НЕБА

до $+2^m,5$ ($90^\circ > \delta > -30^\circ$)
для эпохи 1950 г.

Названия звезд	Звездная величина, <i>m</i>	α	Годичное изменение $\Delta\alpha$	δ	Годичное изменение $\Delta\delta$
α Андромеды (Альфе- рац)	2,2	00 ^h 40 ^m 48 ^s c	+3,1	+28°48'52"	+20"
α Кассиопеи (Шедир)	2,1—2,6	00 37 40	+ 3,41	+56 15 49	+20
α М. Медве- дицы (По- лярная)	2,1	01 48 48	+39,29	+89 01 44	+18
\circ Кита (Ми- ра)	2,0—10,1	02 16 49	+ 3,03	-03 12 13	+16
α Персея (Мирфак)	1,9	02 20 44	+ 4,29	+49 41 06	+13
α Тельца (Альдеба- ран)	1,1	04 33 03	+ 3,44	+16 24 37	+ 7
β Орион (Ригель)	0,3	05 12 08	+ 2,88	-08 15 29	+ 4
α Возничего (Капелла)	0,2	05 12 59	+ 4,43	+45 56 58	+ 4
γ Ориона (Беллятрикс)	1,7	05 22 27	+ 3,22	+06 18 22	+ 3
β Тельца (Эльнат)	1,8	05 23 08	+ 3,79	+28 34 02	+ 3
ε Орион (Альнилам)	1,8	05 33 40	+ 3,04	-01 13 56	+ 2

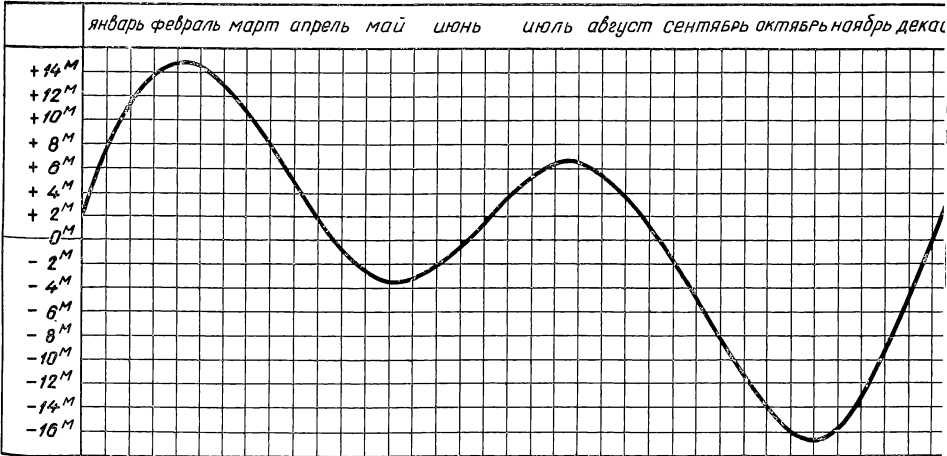
Названия звезд	Звездная величина <i>m</i>	α	Годичное изменение $\Delta\alpha$	δ	Годичное изменение $\Delta\delta$
ζ Ориона (Альнитак)	2,0	05 ^h 38 ^m 14 ^s	+3,03	—01°58'03"	+ 2"
α Ориона (Бетельгейзе)	0,9	05 52 28	+3,25	+07 23 58	+ 1
β Возничего (Мелькалинан)	2,1	05 55 52	+4,40	+44 56 41	0
β Б. Пса (Мирцам)	2,0	06 20 30	+2,64	—17 55 47	— 2
γ Близнецов (Альхена)	1,9	06 34 49	+3,47	+16 26 37	— 3
α Б. Пса (Сириус)	1,6	06 42 57	+2,64	+16 38 46	— 5
ϵ Б. Пса (Адара)	1,6	06 56 40	+2,36	—28 54 10	— 5
δ Б. Пса (Везен)	2,0	07 06 26	+2,44	—26 18 45	— 6
α Близнецов (Кастор)	2,0—2,8	07 31 25	+3,83	+31 59 58	— 8
α М. Пса (Процион)	0,5	07 36 41	+3,14	—05 21 16	— 9
β Близнецов (Поллукс)	1,2	07 42 16	+3,67	+28 08 55	— 9
α Гидры (Альфард)	2,2	09 25 08	+2,95	—08 26 27	—16
α Льва (Регул)	1,3	10 05 43	+3,19	+12 12 44	—18

Названия звезд	Звездная величина <i>m</i>	α	Годичное изменение $\Delta\alpha$	δ	Годичное изменение $\Delta\delta$
α Б. Медведицы (Дубхе)	2,0	11 ^h 00 ^m 40 ^s	+3,70	+62°01'17"	-19"
ϵ Б. Медведицы (Алиот)	1,7	12 51 50	+2,64	+56 13 51	-20
α Девы (Спика)	1,2	13 22 33	+3,16	-10 54 04	-19
η Б. Медведицы (Бенетнаш)	1,9	13 45 34	+2,36	+49 33 44	-18
α Волопаса (Арктур)	0,2	14 13 23	+2,74	+19 26 31	-19
α Скорпиона (Антарес)	1,2	16 26 20	+2,68	-26 19 22	- 8
α Змееносца (Рас-Альхаг)	2,1	17 32 37	+2,78	+12 35 42	- 3
α Лирь (Вега)	0,1	18 35 15	+2,03	+38 44 09	+ 3
σ Стрельца	2,1	18 52 10	+3,72	-26 21 39	+ 4
α Орла (Альтаир)	0,9	19 48 21	+2,93	+08 44 05	+ 9
α Лебедя (Денеб)	1,3	20 39 43	+2,04	+45 06 03	+13
α Юж. Рыбы (Фомальгаут)	1,3	22 54 53	+3,31	-29 53 16	+19

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ КРУПНЫХ ГОРОДОВ

Название города	Ши- рота	Дол- гота	Час. пояс	Наименование города	Широта	Дол- гота	Час. пояс
Алма-Ата	43°16'	5 ^Ч 07, ^М 7	V	Афины	37°59'	1 ^Ч 34, ^М 9	II
Баку	40 22	4 19, 3	III	Берлин	52 30	0 53, 7	I
Волгоград	48 42	2 58, 0	III	Брюссель	50 51	0 17, 5	0
Горький	56 19	2 56, 0	III	Будапешт	47 30	1 16, 5	I
Днепропет- ровск	48 30	2 20, 0	II	Бухарест	44 26	1 44, 4	II
Ереван	40 11	2 58, 0	III	Буэнос-Ай- рес	34 37ю	3 53,6з	XX
Казань	55 48	3 16, 5	III	Варшава	52 15	1 24, 0	I
Киев	50 27	2 02, 0	II	Вена	48 13	1 05, 3	I
Куйбышев	53 12	3 20, 4	III	Дели	28 40	5 08, 8	V
Ленинград	59 56	2 01, 3	II	Джакарта	06 08ю	7 07, 2	VII
Минск	53 53	1 50, 2	II	Каир	30 03	2 05, 1	II
Москва	55 45	2 30, 5	II	Лондон	51 30	0 00, 3	0
Новосибирск	55 02	5 31, 7	VI	Мадрид	40 25	0 14,7з	0
Одесса	46 28	2 02, 9	II	Манила	14 35	8 03, 9	VIII
Омск	55 00	4 53, 5	V	Мехико	19 26	6 36,5з	XVIII
Пермь	58 00	3 45, 0	IV	Монреаль	45 33	4 54,3з	XIX
Рига	56 58	1 36, 5	II	Нью-Йорк	40 43	4 56,3з	XIX
Ростов-на-Дону	47 14	2 38, 8	III	Париж	48 50	0 09, 3	0
Саратов	51 32	3 04, 0	III	Пекин	39 54	7 45, 9	VIII
Свердловск	56 50	4 02, 4	IV	Прага	50 05	0 57, 7	I
Ташкент	41 19	4 37, 1	V	Рим	41 53	0 49, 9	I
Тбилиси	41 43	2 59, 3	III	Рио-де-Жа- нейро	22 54ю	2 52,9з	XXI
Уфа	54 43	3 43, 9	IV	Стамбул	41 01	1 65, 9	II
Харьков	49 58	2 25, 0	II	Тегеран	35 40	3 25, 7	III
Челябинск	55 10	4 05, 4	IV	Токио	35 42	9 19, 1	IX

ГРАФИК УРАВНЕНИЯ ВРЕМЕНИ



ОГЛАВЛЕНИЕ

Небесная сфера и видимые движения светил	3
Истинное движение планет, определение размеров тел солнечной системы и расстояний до них	7
Форма, размеры и движения Земли	13
Закон всемирного тяготения и движение искусственных небесных тел	19
Астрономические координаты и определение географической широты	29
Видимое годичное движение Солнца по эклиптике	37
Измерение времени и определение географической долготы	43
Движение Луны и затмения	50
Физическая природа тел солнечной системы	54
Звезды и звездные системы	60
Задания для проведения наблюдений	67
Ответы и решения	85
Приложения	98

*Борис Алексеевич Волинский
Галина Ивановна Малахова
Ирина Александровна Стамейкина*

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ
ПО АСТРОНОМИИ
ДЛЯ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

Редактор *Л. С. Маслов*
Обложка *В. И. Рывчина*
Художественный редактор *А. В. Сафонов*
Технический редактор *В. Ф. Коскина*
Корректор *В. Г. Соловьева*

Сдано в набор 12/III 1965 г. Подписано
к печати 4/X 1965 г. 70×108¹/₃₂. Печ. л.
3,375 (4,72). Уч.-изд. л. 4,23. Тираж
31 000 экз. (Пл. 1965 г. 773/453.) А 10523.
Заказ 732.

Издательство «Просвещение» Государст-
венного комитета Совета Министров РСФСР
по печати. Москва, 3-й проезд Марьиной
рощи, 41.

Полиграфкомбинат им. Я. Коласа Государ-
ственного комитета Совета Министров
БССР по печати. Минск, Красная, 23.

Цена 11 коп.

К ЧИТАТЕЛЯМ

Отзывы об этой книге просим присылать по адресу: Москва, И-18, 3-й проезд Марьиной рощи, 41, изд. «Просвещение», редакция физики.

Цена 11 коп.

ПРОСВЕЩЕНИЕ • 1965