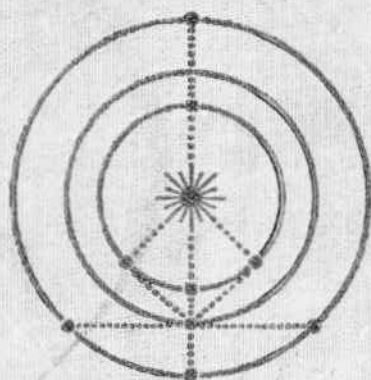


52
В75

Б.А.ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ

СБОРНИК ЗАДАЧ
И УПРАЖНЕНИЙ
ПО
АСТРОНОМИИ



УЧПЕДГИЗ 1939

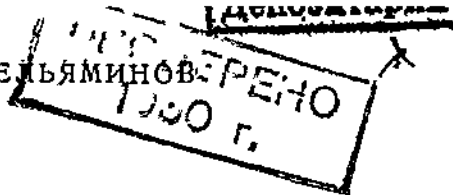
ББК: 517.522



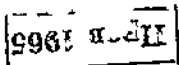
Фиг. 1. Спиральная туманность в созвездии Гончих Псов.

52
В75

Проф. Б. А. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ



СБОРНИК ЗАДАЧ И УПРАЖНЕНИЙ ПО АСТРОНОМИИ



Допущено Всесоюзным Комитетом по делам высшей школы при
СНК СССР в качестве учебного пособия для педагогических высших
учебных заведений

71429187
БДУ
БД



ГОСУДАРСТВЕННОЕ
УЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО НАРКОМПРОСА РСФСР
МОСКВА * 1939

ОГЛАВЛЕНИЕ.

	<i>Стр.</i>
Введение.....	5
I. Интерполирование (задачи 1—10).....	7
II. Небесная сфера (задачи 11—34).....	11
III. Системы небесных координат (задачи 35—103).....	14
IV. Кульминации светил, определение географической широты и координат небесных светил (задачи 104—176).....	22
V. Рефракция (задачи 177—195).....	28
VI. Видимое движение Солнца (задачи 196—226).....	30
VII. Определение времени и долготы (задачи 227—320).....	32
VIII. Календарь (задачи 321—342).....	43
IX. Восход и заход светил (задачи 343—381).....	45
X. Прецессия (задачи 382—398).....	49
XI. Задачи, решаемые с помощью небесного глобуса (I—XIV).....	52
XII. Движение планет (задачи 399—484).....	55
XIII. Параллакс и абберация (задачи 485—524).....	67
XIV. Земли (задачи 525—598).....	73
XV. Движение и фазы Луны (задачи 599—646).....	81
XVI. Затмения (задачи 647—681).....	84
XVII. Тяготение (задачи 682—760).....	89
XVIII. Астрономические приборы и методы (задачи 761—832).....	96
XIX. Луна (задачи 833—854).....	104
XX. Планеты (задачи 855—903).....	106
XXI. Кометы (задачи 904—939).....	110
XXII. Метеоры и метеориты (задачи 940—974).....	115
XXIII. Солнце (задачи 975—1021).....	120
XXIV. Движение и природа звезд (задачи 1022—1117).....	125
XXV. Двойные звезды (задачи 1118—1157).....	136
XXVI. Переменные звезды и новые звезды (задачи 1158—1188).....	145
XXVII. Строение вселенной (задачи 1189—1214).....	150
XXVIII. Смешанный отдел (задачи 1215—1246).....	155
Ответы и решения.....	160
Таблицы.....	185

О П Е Ч А Т К И

Стр.	Строка	Напечатано	Следует	По чьей вине	
92	18-17 снизу	8 месяцев	8 лунных месяцев	Автора	
102	21 сверху	суммарный блеск	суммарный истинный блеск	Автора	
116	8 снизу	летающие	летающие в плоскости эклиптики	Автора	
117	6	$p =$	$P =$	Автора	
Фиг. XI позади текста		4 — 20 февраля	4 — 22 февраля	Издательства	
Фиг. XVI	"	Верхние 6 спектров повернуты на 180°; подпись следует читать так: Фиг. XVI. Спектры звезд: верхние шесть сняты щеле- вым спектрографом; а нижние шесть — призматической камерой.			Издательства

В о р о н ц о в. Сборник задач по астрономии. Заказ № 999.

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Практика педагогической работы автора по астрономии показала, что как в средней школе, так и в высшей школе большую пользу приносит решение задач и в особенности выполнение упражнений. Последние должны давать не только практику применения основных методов расчета, но и давать учащимся представление о том, как учеными практически установлен тот или другой факт, то или другое числовое значение величины. Между тем астрономические задачи в литературе крайне разбросаны и далеко не охватывают всех тем, а материалы для упражнения почти совершенно отсутствуют. Автору известен лишь единственный и притом весьма своеобразный сборник „Астрономические задачи. Сборник для юношества“ проф. Н. П. Каменьщикова, изданный в 1923 г.¹⁾

Настоящий сборник может быть использован как студентами педвузов и университетов, так и учащимися и преподавателями средней школы. Причина этого ясна — в курсах общей астрономии в педвузе и в университете по необходимости уделяется много внимания всем элементарным вопросам, входящим и в программу по астрономии для средней школы. Для облегчения пользования сборником материал разбит на два концентратора по каждой теме. Первый концентратор охватывает материал, безусловно доступный школьникам 10 класса, обладающим знаниями по астрономии, сообщаемыми в стабильном учебнике М. Е. Набокова и Б. А. Воронцова-Вельяминова. Второй концентратор — более трудный и соответствует примерно программам педвузов. Большинство задач этого раздела без труда может быть решено и школьниками старших классов, интересующимися астрономией. Среди нашей молодежи таких любителей астрономии много. В каждом разделе задачи расположены в логической последовательности по подтемам и в каждой подтеме по порядку возрастающей трудности. Решение задач облегчается введениями к каждому разделу, вкратце напоминающими кратко те сведения и формулы, применение которых потребуется ниже.

При составлении сборника автором помимо сборника Каменьщикова использованы следующие книги (в далеко не одинаковой степени):

УЧЕБНИКИ АСТРОНОМИИ ДЛЯ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

Набоков М. Е., проф., и Воронцов-Вельяминов Б. А., проф., Астрономия, изд. 2-е, Учпедгиз, М., 1938.

Покровский К. Д., Курс космографии, Изд. 4-е Пироговского товарищества, Киев, 1912.

Стратонов В. В., Космография, Изд. 4-е, ГИЗ, М.—Л., 1923.

Щербаков С. В., Курс космографии для средних учебных заведений, Изд. 9-е, Нижний Новгород, 1910.

КУРСЫ ОБЩЕЙ АСТРОНОМИИ

Мухомов Ф. Р., Введение в астрономию, ГИЗ, М.—Л., 1925.

Полак И. Ф., проф., Курс общей астрономии, Изд. 4-е, ОНТИ, М.—Л., 1938.

Паренного П. П., проф., Общая астрономия, Методическая разработка к „Курсу общей астрономии“ проф. И. Ф. Полака, Изд. МГУ, 1934.

Рессел Г. Н., Деган Р., Стюарт Д., Астрономия (два тома), ОНТИ, М.—Л., 1935.

¹⁾ Существует еще и другой аналогичный сборник Н. П. Каменьщикова „Сборник задач по космографии“, изданный в 1913 г. *Прил. ред.*

КУРСЫ СФЕРИЧЕСКОЙ, ПРАКТИЧЕСКОЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ АСТРОНОМИИ

- Иванов А. А., проф., Курс сферической астрономии, Изд. 3-е, ГИЗ, Берлин, 1923.
Иванов А. А., проф., Основной курс теоретической астрономии, ГИЗ, Берлин, 1923.
Казакъ С. А., проф., Курс сферической астрономии, ОНТИ, М.—Л., 1935.
Мультон Ф. Р., Введение в небесную механику, ОНТИ, М.—Л., 1935.
Орлов А. Я., проф., Теоретическая астрономия, Изд-во „Матезис“, Одесса, 1921.
Покровский К. Д., проф., Курс практической астрономии, ГТТИ, Л.—М., 1932.
Субботин М. Ф., Курс теоретической астрономии, ОНТИ, Л.—М., 1934.
Цветков К., Курс сферической астрономии, ГТТИ, М.—Л., 1933.
Ball R., Spherical Astronomy.
Smart W., Text-Book on Spherical Astronomy, Cambridge 1921.
Young T., A Text-Book of General Astronomy, Ginn & Co, 1898.
Fath, Astronomy.

ЗАДАЧНИКИ ПО ФИЗИКЕ, МЕХАНИКЕ И МАТЕМАТИКЕ

- Афанасьев Д., Сборник задач по курсу физики, Изд. 2-е, ГИЗ, М.—Л., 1930.
Бачинский А., Введение в теоретическую механику, Изд. 3-е, ГИЗ, М.—Л., 1930.
Вальтер А., Кондратьев В. и Харитон Ю. (под редакцией акад. А. Ф. Иоффе), Задачник по физике, ГИЗ, Л.—М., 1925.
Кранц П., Сферическая тригонометрия, Изд. Ладыжникова, Берлин, 1923.
Малер Г., Задачник по физике, ГНТИ, М., 1931.
Мещерский И. В., Сборник задач по теоретической механике, ГНТИ, М., 1932.

КНИГИ

Глазенап С. П., проф., Другам и любителям астрономии, Изд. 3-е под редакцией проф. Б. А. Воронцова-Вельяминова, ОНТИ, М.—Л., 1936.
Перельман Я. И., Занимательная астрономия, Изд. 3-е под редакцией проф. Б. А. Воронцова-Вельяминова, ГОНТИ, М.—Л., 1938.
Несколько интересных задач и материалов для задач было любезно сообщено автору доцентом И. С. Астаповичем и проф. П. П. Паренаго, которым автор приносит здесь свою благодарность.
Ввиду того, что многие задачи являются шаблонными или „естественными“, и автор их неизвестен, источник заимствования указан лишь в тех случаях, когда задача представлялась автору сборника достаточно оригинальной. Многие задачи переработаны.
Ряд задач и упражнений составлен автором настоящего сборника, но из них отмечены (звездочкой) только 326, не встреченных автором среди опубликованных задач.
Не менее 90% задач, заимствованных автором, были опубликованы без отvetов.
Особую благодарность автор выражает проф. П. П. Паренаго, который не только взял на себя труд проверить весь текст сборника, но и проверил решения всех задач и добавил к ним несколько оригинальных.

Москва, Педагогический институт
им. К. Либкнехта. Ноябрь 1937 г.

Проф. Б. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ.

ВВЕДЕНИЕ.

(Как решать астрономические задачи)

В каждом разделе сборника задачи под заголовком „Первый концентр“ требуют знаний в объеме программ средней школы. Под заголовком „Второй концентр“ в каждом разделе помещены более трудные задачи; однако сведения из математики и физики, необходимые для их решения, редко выходят за пределы элементарной тригонометрии и физики.

Материал сборника по характеру своему делится на задачи „на сообразительность“ в области астрономии, на упражнения и задачи, иллюстрирующие основные астрономические методы или результаты, и на упражнения по вычислению величин, играющие в астрономической практике большую роль.

При решении многих задач первого рода очень удобно пользоваться небесным глобусом (раздел XI), заменяя его в случаях необходимости чертежом. Чертеж, сделанный хотя бы от руки, очень облегчает пространственные представления. В упражнениях второго рода надо стремиться к тому, чтобы нужные измерения (фотографии или чертежа) производились как можно тщательнее и точнее. Чем ближе будут полученные результаты к общепринятым табличным данным, тем лучше освоена решающим задачи методика астрономических исследований, основанных на точности измерений. Большинство числовых задач может быть решено с точностью до трех значащих цифр, и потому очень рекомендуется вычисление с помощью логарифмической линейки. Пользование линейкой или таблицами логарифмов необходимо при решении очень многих задач. Задачи на вычисление различных величин по более сложным формулам требуют строгой последовательности вычислений. Они приучают к аккуратности при расчетах вообще. Наилучшей практикой в этом отношении являются задачи на преобразование координат и на вычисление эфемерид. В таких случаях, изучив нужные формулы и последовательность их применения, следует прежде всего составить схему для вычислений. Это значит, что нужно заранее написать колонкой величины, подлежащие нахождению по таблицам или получаемые в процессе вычисления. Эти величины надо располагать друг под другом в порядке последовательности вычислений и затем в готовую схему вписывать числовые значения этих величин. Цифру надо писать под цифрой, тогда их легко складывать или вычитать. Подобные аккуратно проводимые вычисления легко потом проверить или разыскать в них ошибку, что начинающим приходится делать нередко. Пример составления схемы и ее заполнения дан в задаче 85.

При любых вычислениях желательно соблюдать правила действий с приближенными количествами и не делать вычислений с большей точностью, чем точность данных задачи, например, если в условии

даны числа с тремя значащими цифрами, нет никакого смысла вести вычисления с пятизначными логарифмами. Следует также иметь в виду, что углам, даваемым с точностью до $0^{\circ},1$, обычно соответствуют трехзначные логарифмы, углам с точностью до $0',1$ обычно соответствуют четырехзначные логарифмы, углам с точностью до $1''$ обычно соответствуют пятизначные.

При вычислениях справа внизу у логарифма пишется значок n (*negativus*), если соответствующее ему число отрицательно. Логарифм произведения (или частного) представляет сумму (или разность) логарифмов, и потому, если число складываемых (или вычитаемых) друг с другом логарифмов, отмеченных буквой n , нечетное, то значок n приписывается и к сумме (или к разности) логарифмов, так как при этом произведение (или частное) получается отрицательным. Если число складываемых или вычитаемых логарифмов со знаком n четное, то у логарифма суммы или разности значок n не нужен — результат положителен. Следует стремиться вычитание логарифма всегда заменять сложением. При этом ошибки получаются реже. Вычесть $\lg a$ все равно, что прибавить $\lg \frac{1}{a}$

или прибавить дополнение $\lg a$ до нуля (сокращено *don* $\lg a$ или *d* $\lg a$). Например, $\lg (5 : 0,3) = \lg 5 - \lg 0,3 = 0,699 - (9,477 - 10)$, или иначе $\lg (5 : 0,3) = 0,699 + 0,523$. Число 0,523 и есть дополнение логарифма $9,477 - 10$. Дополнением логарифма 7,315 будет 2,685, и наоборот.

В некоторых задачах нужные числовые данные не приведены, и учащийся сам должен найти их в таблицах, помещенных в приложении. Большинство типовых задач снабжено подробными решениями.

Не следует смущаться тем, что иногда в различных задачах приведены несколько различные числовые данные для одной и той же величины. Это происходит от трех причин. Иногда смысл задачи заключается не в точности вычислений, а в том, как к ним подойти, — тогда даются округленные данные, чтобы сократить самые вычисления. В других случаях различие данных происходит оттого, что под одним и тем же названием подразумеваются слегка различные величины. Например, под словом „год“ можно подразумевать простой календарный год в 365 суток или високосный год в 366 суток, или среднюю длину календарного года — 365,25 суток, или продолжительность тропического года 365,24220... суток, которая к тому же с течением времени очень медленно и мало, но все же меняется. Наконец, астрономия — это непрерывно совершенствующаяся наука. Числовые значения изучаемых ею величин постоянно определяются заново все более и более точно. Кроме того, бывает, что разные ученые получают немного различные результаты, и в праве составителя задачи оказать больше доверия тем или другим числовым данным.

В задачах второго concentra каждого раздела применение дифференциального исчисления требуется лишь в исключительных случаях, ограничиваясь нахождением обычной или логарифмической производной.

Для решения некоторых задач требуется иметь „Астрономический календарь“ на данный год (издаваемый Горьковским астрономо-геодезическим обществом совместно с Горьковским издательством). Полезно иметь для справок и так называемую „постоянную часть“ этого календаря, содержащую числовые данные, не меняющиеся от года к году.

I. ИНТЕРПОЛИРОВАНИЕ.

I.

При пользовании различными таблицами необходимо уметь находить значение переменной величины (функции) в зависимости от значения аргумента.

Если существуют две величины, связанные друг с другом математической зависимостью, например $y = 2x$, то в зависимости от изменения одной величины, например x , будет меняться и другая (y). Величина, меняемая по нашему произволу, называется *аргументом*, а величина, зависящая от этого аргумента, называется *функцией*. В приведенном примере x есть аргумент, а y — функция. Значению аргумента $x = 1$ соответствует значение функции $y = 2$, значению $x = 3$ соответствует значение $y = 6$ и т. д.

В таблицах какой-либо функции даются ее значения, вычисленные для ряда значений аргумента, обычно отстоящих друг от друга на равные интервалы. Для нашей функции мы могли бы вычислить, например, значения y , соответствующие ряду значений x , из которых каждое больше предыдущего на 5 единиц, и составить таблицу:

x	y	a
$x_1 = 0$	$y_1 = 0$	$a_{12} = 10$
$x_2 = 5$	$y_2 = 10$	$a_{23} = 10$
$x_3 = 10$	$y_3 = 20$	$a_{34} = 10$
$x_4 = 15$	$y_4 = 30$	и т. д.

Очень часто, даже почти всегда, бывает нужно найти значение функции, соответствующее промежуточному значению аргумента, не содержащемуся в таблице. Например, в нашем случае для $x = 7$ или 8. Решение этой задачи называется *интерполированием* или интерполяцией. Ее, например, постоянно приходится применять при нахождении по таблицам логарифма данного числа или числа по его логарифму. В астрономии интерполирование данных по календарю бывает нужно постоянно.

Если изменения функции прямо пропорциональны изменению аргумента, как в нашем примере, то задача решается очень просто. Чтобы убедиться в том, что функция меняется пропорционально аргументу, надо выписать в соседнем столбике разности двух последовательных значений функции. Эти (первые разности) мы обозначим через a . Они должны быть постоянны (все одинаковы). В нашем примере они равны 10. Нахождение промежуточных значений функции y сводится тогда к решению простого уравнения

$$y = y_2 + a_{23} \frac{x - x_2}{x_3 - x_2},$$

если предположить, что мы, например, ищем y , соответствующее x , содержащемуся между x_2 и x_3 . Например, для y , соответствующего $x=12$, имеем:

$$y = 20 + 10 \cdot \frac{12 - 10}{15 - 10} = 20 + 10 \cdot \frac{2}{5} = 24.$$

Иными словами, значение функции равно табличному ее значению, соответствующему ближайшему меньшему значению аргумента плюс первая разность (между данным значением функции и последующим), умноженная на отношение приращения аргумента к табличной разности соседних аргументов.

Если первые разности a неодинаковы, то, вычитая из каждой из них предыдущую, мы получим вторые разности b (табл. 1). Если и они не постоянны, то мы можем, подобно этому, вычислить третьи разности c , затем четвертые разности d и т. д., пока не дойдем до таких разностей, которые окажутся постоянными (дальнейшие разности будут равны нулю) или очень малыми.

Таблица 1

x	y	a	b	c	d
x_1	y_1	a_{12}			
x_2	y_2	a_{23}	b_1	c_{12}	d_1
x_3	y_3	a_{34}	b_2	c_{23}	
x_4	y_4	a_{45}	b_3		
x_5	y_5				

Таблица 2

x	y	a	b	c	d	e	f
1,0	+ 19°19',6 или + 1159',6						
2,0	16 2,2	962,2	—197',4				
3,0	11 53,4	713,4	—248,8	—51',4			
4,0	7 11,1	431,1	—282,3	—33,5	—17',9		
5,0	+ 2 12,9	+ 132,9	—298,2	—15,9	—17,6	+ 0',3	
6,0	— 2 45,1	— 165,1	—298,0	+ 0,2	—16,1	+ 1,5	+ 1',2
7,0	— 7 29,2	— 449,2	—284,1	+ 13,9	—13,7	+ 2,4	+ 0,9
8,0	— 11 47,7	— 707,7	—258,5	+ 25,6	—11,7	+ 2,0	—0,4
							—0',3

В таблице 2, данной для примера, даже шестые разности непостоянны, однако, уже четвертые разности мало меняются, и потому при интерполяции разностями, начиная с пятой, можно пренебречь, т. е. не принимать их во внимание.

Пусть надо вычислить значение y для значения $x = x_1 + \theta h$, где x_1 есть ближайшее меньшее табличное значение аргумента, h — табличная разность соседних аргументов и θ — правильная дробь. Тогда теория интерполяции приводит к формуле:

$$y = y_1 + \theta \left\{ a_{12} + \frac{\theta - 1}{2} \left[b_1 + \frac{\theta - 2}{3} \left(c_{12} + \frac{\theta - 3}{4} d_1 \right) \right] \right\},$$

где y_1 — значение y , соответствующее x_1 . Разностями выше четвертой приходится пользоваться крайне редко и этой формулы достаточно. Если при вычислении можно ограничиться вторыми или третьими разностями, то остальные принимают за нуль. Например, при интерполяции с третьими разностями:

$$y = y_1 + \theta \left\{ a_{12} + \frac{\theta-1}{2} \left[b_2 + \frac{\theta-2}{3} c_{12} \right] \right\},$$

при интерполяции со вторыми разностями:

$$y = y_1 + \theta \left[a_{12} + \frac{\theta-1}{2} b_2 \right].$$

Вычислим, например, по таблице 2 значение y , соответствующее $x = 1,2$. В нашем случае $h = 1,0$, $\theta = 0,2$, $y = 1159,6$. Интерполируя с четвертыми разностями, получаем

$$y = 1159,6 + 0,2 \left\{ -197,4 + \frac{0,2-1}{2} \left[-51,4 + \frac{0,2-2}{3} (-17,9 + \frac{0,2-3}{4} 0,3) \right] \right\},$$

или

$$\begin{aligned} y &= 1159,6 + 0,2 \{ -197,4 - 0,4 [-51,4 - 0,6 (-17,9 - 0,7 \cdot 3)] \} = \\ &= 1159,6 + 0,2 \{ -197,4 - 0,4 [-51,4 - 0,6 (-18,1)] \} = 1159,6 + \\ &+ 0,2 \{ -197,4 - 0,4 [-40,54] \} = 1159,6 + 0,2 \{ -181,2 \} = 1123,4; \\ y &= 1123,4. \end{aligned}$$

Если бы мы выполнили это вычисление, учитывая только вторые разности, которые еще сильно меняются, то получили бы

$$y = 1159,6 + 0,2 \left[-197,4 + \frac{0,2-1}{2} (-51,4) \right] = 1124,2.$$

Эта величина менее точна, но отличается от результата нашего точного вычисления всего лишь на $0,8$. Из этого примера видно, что чем выше порядок разности, тем меньше ее влияние на результат, и, таким образом, в каждом данном случае нетрудно решить, какими разностями достаточно пользоваться при интерполяции.

Бывает, что функция одновременно зависит от двух аргументов. Например, в таблице 3 функция z дана в зависимости от переменных x и y .

Таблица 3

$x \backslash y$	36	40	44
1	210	199	187
2	405	384	360
3	573	543	510
4	701	664	624

Пусть надо вычислить z , соответствующее $x = 1\frac{1}{3}$ и $y = 37$. Находим сперва значение z для $x = 1\frac{1}{3}$ ($\theta = \frac{1}{3}$) для каждой колонки:

$y=36$					$y=40$				
x	y	a	b	c	x	y	a	b	c
1	210	$\frac{1}{2}$	195		1	199	$\frac{1}{2}$	185	
2	405	$\frac{1}{2}$	168	-27	2	384	$\frac{1}{2}$	159	-26
3	573	$\frac{1}{2}$	128	-40	3	543	$\frac{1}{2}$	121	-38
4	701			-13	4	664			-12

$y=44$				
x	y	a	b	c
1	187	$\frac{1}{2}$	173	
2	360	$\frac{1}{2}$	150	-23
3	510	$\frac{1}{2}$	114	-26
4	624			-13

Отсюда по описанному выше правилу находим:

y	z	a	b
36	277		
40	263	-14	
44	246	-17	-3

Применяя к этой таблице наше правило еще раз ($\theta = \frac{1}{4}$), находим

$$z = 277 - \frac{1}{4} 14 + \frac{3}{32} 3 = 274.$$

Бывает, что надо найти значение функции для аргумента, выходящего за пределы ряда аргументов, данного в таблице. Решение этой задачи называется *экстраполированием*. В случае, когда функция меняется пропорционально аргументу, формула экстраполяции такова:

$$y = y_1 - a_{12} \frac{x_1 - x}{x_2 - x_1},$$

если, например, ищется y при x меньшем, чем первое из x , содержащихся в таблице (экстраполяция назад). Возьмем самый первый из рассмотренных нами примеров и найдем y для $x = -5$:

$$y = 0 - 10 \frac{0 - (-5)}{5 - 0} = -10.$$

Найдем еще y для $x = 27$ (экстраполяция вперед):

$$y = 30 - 10 \frac{15 - 27}{5 - 0} = 30 + 24 = 54.$$

В астрономических календарях для облегчения интерполирования часто приводится часовое изменение функции, т. е. изменение функции за час времени.

Нижеследующие примеры дают практику в интерполировании; при решении их не играет роли, если какие-либо из названий, встречающихся в условии задачи или в таблице II (в приложениях), еще непонятны учащемуся.

Решение многих задач последующих отделов требует умения интерполировать и экстраполировать.

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

1. Найти уравнение времени для 6^ч гриничского времени 20 июня 1931 г. по таблице II помощью интерполяции.

2. Определить по таблице II склонение Солнца для 18^ч гриничского времени 29 июня 1931 г.

3. Найти путем интерполяции прямое восхождение Солнца в 18^ч гриничского времени 6 июля по таблице II.

4. Проинтерполировать прямое восхождение Солнца для момента $t = 1^h 32^m 44^s,3$ гриничского времени 12 июля 1931 г. Данные взять из таблицы II.

5. Проинтерполировать склонение Солнца для момента $t = 17^h 12^m 30^s,4$ гриничского времени 19 июля 1931 г. по таблице II.

6. Найти уравнение времени для $t = 4^h 50^m 19^s,1$ гриничского времени 2 июля 1931 г. по таблице II.

7. По таблице IX определить величину годовой прецессии по прямому восхождению для $\alpha = 1^h,8$, $\delta = +63^\circ$.

8. Найти годовую прецессию для $\alpha = 5^h,2$, $\delta = +45^\circ,9$.

9. Определить годовую прецессию по таблице IX для $\alpha = 17^h,9$, $\delta = +56^\circ,9$.

10. Определить годовую прецессию по таблице IX для $\alpha = 16^h,8$, $\delta = -37^\circ,9$.

II. НЕБЕСНАЯ СФЕРА.

I.

Небесной сферой называется воображаемая сфера произвольного радиуса, описанная из глаза наблюдателя, как из центра. На эту сферу мы проектируем положения всех небесных светил. Расстояния на небесной сфере можно измерять только в угловых единицах, например, в градусах. Надо помнить, что видимый угловой диаметр Луны и Солнца приблизительно равен $\frac{1^\circ}{2}$. Известно, что длина дуги в 1° равняется приблизительно $\frac{1}{87}$ радиуса окружности. Длина дуги в $1''$ или $\sin 1''$ равны $1:206\,265$ радиуса. Следовательно, расстояния до Луны и Солнца примерно в 114 раз превосходят их линейный диаметр.

Отвесная линия, проходящая через центр небесной сферы (рис. 1), пересекает ее в точках зенита (Z) и надира (Z'). Зенит находится над головой наблюдателя. Горизонтальная плоскость, проходящая через центр сферы, пересекается с ней по большому кругу — по линии математического горизонта.

Суточное вращение небесной сферы (кажущееся и вызванное вращением Земли) происходит вокруг оси мира, проходящей через центр сферы и пересекающей ее в точках, называемых северным (P) и южным (P') полюсами мира. Перпендикулярная к оси мира плоскость, проходящая через центр сферы, пересекается с ней по линии небесного экватора. Плоскость, проходящая через отвесную линию и ось мира, назы-

вается плоскостью меридиана и пересекает сферу по линии небесного меридиана. Пересечение горизонта с меридианом происходит в точках юга (S) и севера (N), а плоскости этих кругов пересекаются по полу-денной линии. Точка севера N лежит на горизонте прямо под северным полюсом мира P . Экватор пересекается с горизонтом в точках востока (E) и запада (W), а с меридианом

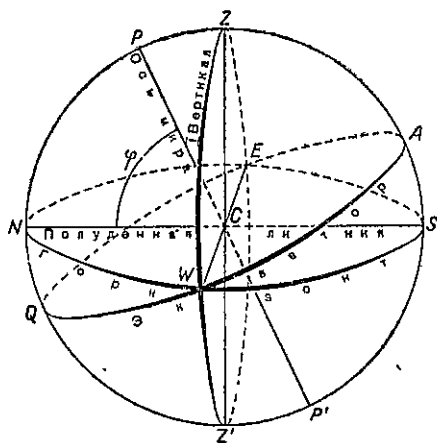


Рис. 1. Основные линии и точки небесной сферы.

находится на расстоянии всего лишь $1^{\circ}5'$ от северного полюса мира. Звезды, отстоящие далеко от полюса мира, на время скрываются под горизонт, отделяющий видимое полушарие неба от невидимого. Экватор же делит небо на северное полушарие и южное. Каждая звезда пересекает южную и северную часть меридиана каждый день на 4 минуты (точнее на 3^m56^s) раньше, чем накануне, если считать по обычному (солнечному) времени. То же касается моментов восхода и захода звезд, скрывающихся под горизонтом. Суточный путь светил над горизонтом параллелен экватору.

Большой круг небесной сферы, по которому в течение года кажущимся образом перемещается центр Солнца (вследствие годичного обращения Земли вокруг Солнца), называется эклиптикой. Эклиптика пересекается с экватором (рис. 2) под углом $\epsilon = 23^{\circ}27'$. При вращении небесной сферы положение эклиптики относительно горизонта меняется в противоположность всем остальным перечисленным линиям небесной сферы. Эклиптика пересекается с экватором всегда в одних и тех же точках: в точке весеннего и в точке осеннего равноденствия. Первая из них (обозначаемая γ) находится в созвездии Рыб, вторая (обозначаемая $\cap$) — в созвездии Девы.

Вертикальная плоскость, перпендикулярная к плоскостям меридиана и горизонта, пересекает сферу по линии первого вертикала, который пересекается с горизонтом в точках E и W .

Угол наклона оси мира к горизонту (или что то же — угловое расстояние полюса от горизонта) равно географической широте (ϕ) места наблюдения.

Небесные светила поднимаются над горизонтом в восточной части горизонта и опускаются к нему в западной части горизонта. Полярная звезда (α Малой Медве-

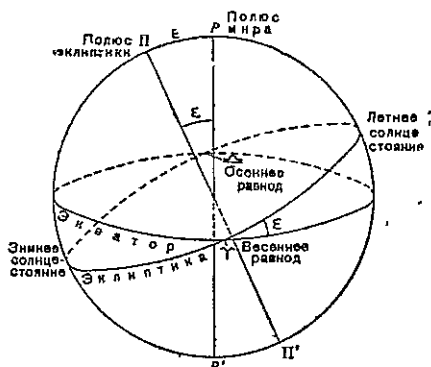


Рис. 2. Экватор и эклиптика.

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

*11. На каком расстоянии от глаза надо поместить гривенник (диаметр 1,7 см), чтобы он как раз закрыл собой Луну или Солнце?

12. Нормальный диаметр сферического аэростата равен 13 м. На каком расстоянии он находится, если его угловой диаметр вдвое меньше лунного?

13. При наблюдении звезды замечаёт, что она поднимается все выше и выше. В восточную или в западную сторону небосвода смотрит наблюдатель?

14. В каких частях небосвода расстояния светил от горизонта непрерывно увеличиваются и в каких уменьшаются?

15. Красноармеец, осенью, идет под утро на разведку по направлению Полярной звезды. После восхода Солнца он поворачивает обратно. Как он должен идти обратно, руководясь положением Солнца?

16. Есть ли разница между северным полюсом мира и точкой севера?

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

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

*19. Изобразить на чертеже небесную сферу:

- 1) в проекции на плоскость горизонта,
- 2) в проекции на плоскость экватора,
- 3) в проекции на плоскость меридиана,
- 4) в проекции на плоскость первого вертикала.

20. Доказать, что экватор пересекается с горизонтом в точках, отстоящих на 90° от точек севера и юга, т. е. в точках востока и запада.

21. Доказать, что горизонт, экватор и первый вертикал пересекаются в одних и тех же двух точках.

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

23. Наиболее южные области Советского Союза простираются до широты 37° . Какой угол образует там плоскость экватора с горизонтом?

24. Какой угол с горизонтом образует экватор под широтой $+55^\circ$ $+48^\circ$ $+12^\circ$ -40° ?

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

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

27. Какие важные круги небесной сферы не имеют соответствующих кругов на Земле?

28. Как располагается эклиптика по отношению к горизонту на Северном полюсе?

29. Каковы наибольший и наименьший углы, образуемые эклипстикой с горизонтом в Нью-Йорке ($\varphi = 40^\circ 43'$)?

30. При каких условиях полюс эклиптики совпадает с зенитом наблюдателя?

31. В каком месте Земли эклиптика может совпасть с горизонтом и когда это бывает?

32. Какой угол образует эклиптика с горизонтом в момент захода точки весеннего равноденствия для наблюдателя, расположенного на 18° географической широты?

33. Какой угол с горизонтом образует эклиптика в момент восхода точки весеннего равноденствия для широты $+55^\circ$? В момент захода этой точки? То же для широты $+66\frac{1}{2}^\circ$?

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

III. СИСТЕМЫ НЕБЕСНЫХ КООРДИНАТ.

I.

Положения точек, в частности светил, на небесной сфере определяются сферическими координатами. Четыре системы координат являются наиболее употребительными. В каждой из них положение точки опре-

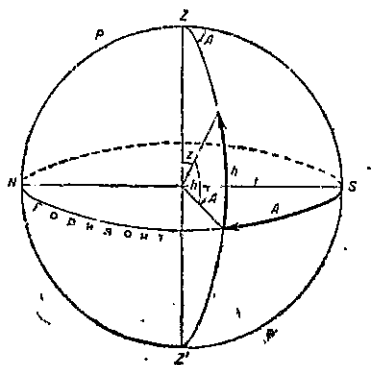


Рис. 3. Горизонтальная система координат (h и A).

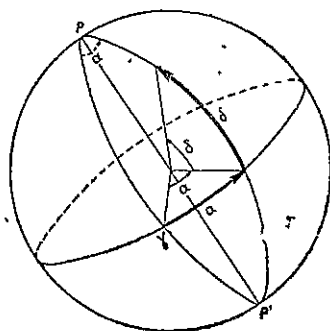


Рис. 4. Экваториальная система координат (δ и α).

деляется двумя координатами, одна из которых дает угловое расстояние этой точки от некоторого основного круга (аналогично географической широте), а другая отсчитывается вдоль этого основного круга от определенной его точки (аналогично географической долготе).

Горизонтальные координаты (h и A) (рис. 3). Высота h отсчитывается от горизонта до данной точки по большому кругу, проведенному через точку из зенита (по кругу высоты). Азимут A отсчитывается от точки юга S по часовой стрелке вдоль горизонта до его пересечения с кругом высоты, проходящим через данную точку. Вместо высоты h часто употребляют зенитное расстояние z , равное $90^\circ - h$, т. е. угловое расстояние точки от зенита. h (или z) и A зависят от широты места и от момента наблюдения.

Экваториальные координаты. Первая система (δ и α) (рис. 4). Склонение δ отсчитывается от экватора до данной точки по большому кругу, проведенному через нее из полюса мира (по кругу склонения). В северном полушарии неба склонение положительно, в южном —

отрицательно. α — прямое восхождение — отсчитывается от точки весеннего равноденствия Υ против часовой стрелки вдоль экватора до его пересечения с кругом склонения, проходящим через данную точку. Оно выражается обычно во времени, исходя из того, что $360^\circ = 24^h$; $1^h = 15^\circ$; $1^m = 15'$; $1^s = 15''$; $1^\circ = 4^m$. Для перевода дуги во время

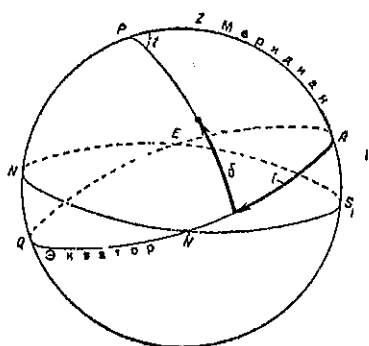


Рис. 5. Экваториальная система координат (δ и t).

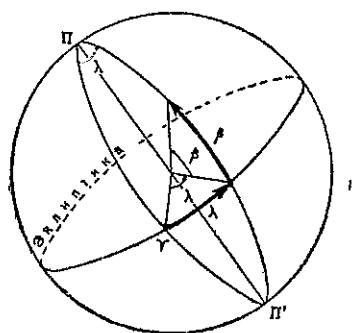


Рис. 6. Эклиптическая система координат (β и λ).

и обратно в конце книги приложены таблицы IV и V. В экваториальной системе координат (δ и α) положение светила не зависит ни от суточного вращения небесной сферы, ни от места наблюдения.

Экваториальные координаты. Вторая система (δ и t) (рис. 5). δ — та же координата, что выше. t — часовой угол, отсчитываемый от точки экватора A по часовой стрелке (к западу) вдоль экватора до его пересечения с кругом склонения, проходящим через данную точку. t выражается (подобно α) во времени. t зависит от времени наблюдения.

Эклиптические координаты (β и λ) (рис. 6). Астрономическая широта β отсчитывается от эклиптики до данной точки по большому кругу, проведенному через данную точку из полюса эклиптики Π (круг широты). К северу от эклиптики β положительно, к югу отрицательно. Астрономическая долгота λ отсчитывается от точки весеннего равноденствия Υ против часовой стрелки вдоль эклиптики, до ее пересечения с кругом широты, проведенным через данную точку. λ и β , подобно α и δ , не зависят ни от времени, ни от места наблюдения.

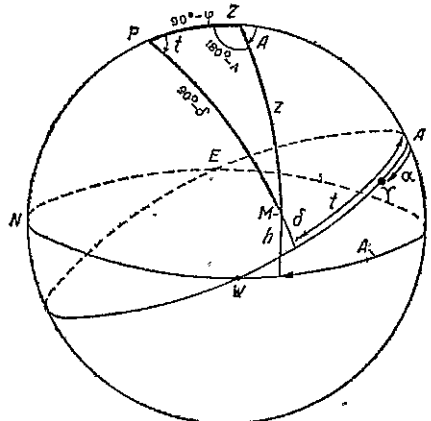


Рис. 7. Соответствие обеих экваториальных и горизонтальной систем координат.

Три первые системы координат сопоставлены одновременно на рисунке 7.

На звездных картах и глобусах всегда изображается сетка экваториальных координат α и δ и проводится линия эклиптики. В справочнике, содержащем координаты небесных светил, также даются их α и δ .

Звездным временем s называется часовой угол точки весеннего равноденствия. В момент звездного времени s часовой угол t любого светила, имеющего прямое восхождение α , определяется формулой

$$t = s - \alpha,$$

откуда получаем

$$s = t + \alpha,$$

т. е. звездное время в данный момент равно часовому углу любого светила плюс его прямое восхождение. Явление прохождения светила через меридиан (при суточном вращении небесной сферы) называется кульминацией. В верхней кульминации для светила $t = 0^h$, в нижней $t = 12^h$. В верхней кульминации

$$s = \alpha,$$

т. е. в момент верхней кульминации светила звездное время равно его прямому восхождению.

Приблизительно, звездное время в полдень 22 марта равно 0^h . В полдень любого дня года звездное время равно 4^h (точнее $3^h 56^m$), помноженным на число дней, прошедших с 22 марта до данного дня. Например, звездное время в полдень 1 мая равно $(3^h 56^m) \times 40 = 2^h 37^m$. Точное значение звездного времени в гриничский полдень (или в полночь) дается на каждый день в астрономическом календаре для данного года.

Звездное время в любой час солнечного времени равно звездному времени в полдень этого дня плюс число часов, прошедших от полудня до данного момента солнечного времени. При более точном расчете надо еще учесть, что звездное время течет быстрее солнечного, обгоняя его на $3^m 56^s$ в сутки (за 24 часа). Например, в 6 часов вечера 1 мая звездное время равно $2^h 37^m + 6^h + (3^m 56^s) \frac{6}{24} = 8^h 38^m$.

II.

Для решения многих астрономических задач нужно знать три основные формулы косоугольного сферического треугольника со сторонами a, b, c (выраженными в градусах) и углами A, B, C . Формулы

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A, \quad (1)$$

$$\sin a \cos \beta = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A, \quad (2)$$

$$\sin a \sin \beta = \sin b \sin A \quad (3)$$

позволяют найти сторону и прилежащий угол по двум другим сторонам и углу между ними.

Эти три формулы позволяют производить преобразование небесных координат. Построив на чертеже для некоторой точки M ее горизонтальные координаты z и A и ее экваториальные координаты δ и t для местности с широтой φ и применив к полученному на чертеже треугольнику PZM (рис. 7) три предыдущие формулы, получаем формулы, определяющие z и A по данным t и δ . (Если даны α и δ , то должен

быть указан момент по звездному времени s , и тогда $t = s - \alpha$, так что задача сводится к предыдущей.) Имеем:

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t, \quad (4)$$

$$\sin z \cos A = \sin \delta \cos \varphi + \cos \delta \sin \varphi \cos t, \quad (5)$$

$$\sin z \sin A = \cos \delta \sin t. \quad (6)$$

Для удобства вычисления z и A по таблицам логарифмов, эти формулы приводят к логарифмическому виду (не содержащему сумм или разностей тригонометрических функций). Полагают

$$m \sin M = \sin \delta, \quad (7)$$

$$m \cos M = \cos \delta \cos t, \quad (8)$$

где M — вспомогательный угол и $0 < m < 1$. Тогда имеем:

$$\cos z = m \cos (\varphi - M), \quad (9)$$

$$\sin z \cos A = m \sin (\varphi - M), \quad (10)$$

$$\sin z \sin A = \cos \delta \sin t. \quad (11)$$

Так как функция точнее определяется по тангенсу, чем по синусу или косинусу, то, деля эти формулы друг на друга, получают такую последовательность:

$$\operatorname{tg} M = \operatorname{tg} \delta \sec t, \quad (12)$$

откуда находят M . Четверть, в которой лежит угол M , определяют по формуле (7). Так как $m > 0$, то знак $\sin M$ одинаков со знаком $\sin \delta$. Если, например, $\operatorname{tg} M$ положителен, а $\sin M$ отрицателен, M лежит в III четверти. Затем находят m по формуле:

$$m = \sin \delta \operatorname{cosec} M. \quad (13)$$

После этого находят $\varphi - M$ и вычисляют A по формуле:

$$\operatorname{tg} A = \frac{\cos \delta \sin t}{m \sin (\varphi - M)}. \quad (14)$$

Четверть для A определяют, смотря по знаку $\sin A$, который (поскольку $\sin z$ и $\cos \delta$ всегда больше нуля) одинаков со знаком $\sin t$. Найдя A , определяют z по формуле:

$$\operatorname{tg} z = \operatorname{tg} (\varphi - M) \sec A, \quad (15)$$

определяя четверть для z из (9), по которой видно, что знак $\cos z$ одинаков со знаком $\cos (\varphi - M)$, ибо $m > 0$.

Итак, для вычисления служат формулы (12) — (15).

Совершенно аналогично этому выводятся формулы преобразования z и A в δ и t , δ и α в λ и β , λ и β в α и δ .

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

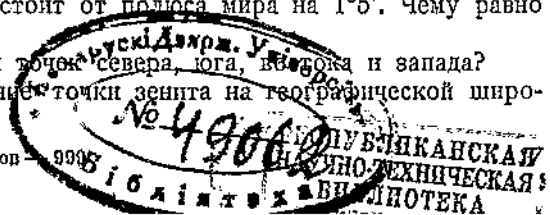
35. В какой точке неба склонение равно -90° ?

36. Полярная звезда отстоит от полюса мира на $1^\circ 5'$. Чему равно ее склонение?

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

38. Чему равно склонение точки зенита на географической широте -42° ?

2 Б. А. Воронцов-Вельяминов



39. Каковы горизонтальные координаты полюса мира в местности, географическая широта которой $+23^{\circ}27'$?

40. Чему равны часовой угол и азимут зенита?

41. Чему равен часовой угол точки запада? точки востока?

42. Чему равно прямое восхождение (α) и склонение (δ) точки весеннего равноденствия?

43. Для какой точки небесной сферы и прямое восхождение и склонение равны нулю? Каковы астрономические широта и долгота этой точки?

44. Каковы астрономические широта и долгота северного полюса мира?

45. Определить прямое восхождение и склонение северного полюса эклиптики?

46. Какую долготу и широту имеет северный полюс эклиптики?

47. Определить зенитное расстояние Солнца, когда длина тени от предмета равна его высоте.

48. Склонение светила $+30^{\circ}$, прямое восхождение 7 часов. В каком созвездии оно находится (см. звездную карту)?

49. Найти по координатам на звездной карте (лучше всего „немой“, т. е. не содержащей названий звезд, как, например, в большом атласе проф. Михайлова) следующие звезды:

α	δ	m
$3^{\text{ч}} 21^{\text{м}},0$	$+ 8^{\circ}47'$	3,80
$9^{\text{ч}} 26^{\text{м}},0$	$+ 63^{\circ}22'$	3,75
$15^{\text{ч}} 13^{\text{м}},2$	$- 9^{\circ} 8'$	2,74
$18^{\text{ч}} 4^{\text{м}},0$	$+ 9^{\circ}33'$	3,73
$22^{\text{ч}} 26^{\text{м}},5$	$+ 58^{\circ} 3'$	переменная
$0^{\text{ч}} 37^{\text{м}},3$	$+ 40^{\circ}43'$	γ

В последнем столбце указана яркость звезды в звездных величинах. Найти по какому-либо списку звезд или по звездной карте точные α и δ и звездную величину звезд: α Кита, β Лебеда, ϵ Лиры, γ Большого Пса, ϕ Стрельца, κ Большой Медведицы, α Малой Медведицы.

50. Почему удобно считать азимуты в направлении юг—запад—север—восток?

51. Почему счет прямых восхождений ведется с запада на восток, а не в обратном направлении?

52. Прямые восхождения звезд $284^{\circ}15'17''$, $17^{\circ}57'1''$, $191^{\circ}13'59''$ выразить во времени.

53. Прямые восхождения звезд $3^{\text{ч}} 17^{\text{м}} 9^{\text{с}}$, $19^{\text{ч}} 2^{\text{м}} 39^{\text{с}}$ и $21^{\text{ч}} 0^{\text{м}} 3^{\text{с}}$ выразить в дуге.

54. Выразить в дуге угол между кругами склонения двух звезд, из которых одна кульминировала в $5^{\text{ч}} 12^{\text{м}}$, а другая в $5^{\text{ч}} 32^{\text{м}}$ звездного времени.

55. Азимут светила 45° , высота 60° . В какой стороне неба надо искать это светило?

56. Светило имеет часовой угол $t=18$ часам. В какой части небесной сферы оно видно?

57. Чему равен часовой угол звезды через 6 часов после ее верхней кульминации?

58. Каков часовой угол звезды Денеб в $23^{\text{ч}} 17^{\text{м}}$ звездного времени, если ее прямое восхождение $20^{\text{ч}} 38^{\text{м}}$?

59. При каком условии звезда прямого восхождения α будет находиться к востоку от меридиана в данный момент звездного времени?

60. Звездное время равно $21^{\text{ч}} 14^{\text{м}}$. Прямое восхождение звезды равно $14^{\text{ч}} 30^{\text{м}}$. Найти часовой угол звезды.

61. Часовой угол звезды равен $14^{\text{ч}} 22^{\text{м}}$. Прямое восхождение ее равно $13^{\text{ч}} 2^{\text{м}}$. Найти звездное время в момент этого наблюдения.

62. Чему равно звездное время, когда звезда с прямым восхождением $21^{\text{ч}} 9^{\text{м}} 23^{\text{с}}$ имеет часовой угол $98^{\circ} 11' 15''$ к востоку?

63. Где стоит на небе Сириус ($\alpha = 6^{\text{ч}} 41^{\text{м}}$) 21 марта через час после захода Солнца? 23 сентября за час до восхода Солнца (для средних широт северного полушария)?

64. Каково будет положение звезды, имеющей прямое восхождение $7^{\text{ч}}$ и склонение 40° , 21 марта через час после захода Солнца для наблюдателя, находящегося на широте 40° ?

65. Две самые яркие звезды северного полушария неба — Вега $\alpha = 18^{\text{ч}} 34^{\text{м}}$ и Капелла $\alpha = 5^{\text{ч}} 10^{\text{м}}$. В какой стороне неба (в западной или восточной) и под каким часовым углом они находятся в момент верхней кульминации точки весеннего равноденствия? В момент нижней кульминации той же точки?

66. Какой интервал звездного времени проходит от нижней кульминации Капеллы до верхней кульминации Веги? (Данные см. в предыдущей задаче.)

67. Какой часовой угол имеет Капелла в момент верхней кульминации Веги? В момент ее нижней кульминации?

68. Каково склонение звезд, которые в любом месте Земли могут быть видимы на горизонте?

69. При каких условиях азимут звезды не меняется от ее восхода до кульминации?

70. При каких условиях азимут любой звезды равен $270^{\circ} - \lambda$, где λ — астрономическая долгота этой звезды?

71. Найти геометрическое место точек сферы, для которых астрономическая долгота равна прямому восхождению.

72. Найти геометрическое место точек сферы, для которых астрономическая широта равна склонению.

73. Найти те точки сферы, для которых широта равна склонению и долгота равна прямому восхождению.

74. Средняя линия Млечного Пути образует большой круг, пересекающийся с экватором под углом 62° . Прямое восхождение одной из этих точек пересечения $18^{\text{ч}} 40^{\text{м}}$. Определить экваториальные координаты северного полюса Млечного Пути.

75. Какие звезды в вашем городе никогда не пересекают первого меридиана?

ВТОРОЙ КОНЦЕНТР.

76. В сферическом треугольнике известны сторона $a = 57^{\circ} 22' 11''$, сторона $b = 72^{\circ} 12' 19''$ и угол $C = 94^{\circ} 1' 49''$. Вычислить сторону c и углы A и B .

*77. Выразить формулой угловое расстояние l между двумя точками на сфере, координаты которых заданы в экваториальной системе.

*78. Определить в дуге большого круга расстояние (по формуле) между звездами α и β Большой Медведицы, координаты которых

$$\alpha_1 = 10^h 59^m, \delta_1 = +62^\circ 10', \alpha_2 = 10^h 57^m, \delta_2 = +56^\circ 47'.$$

79. Начало и конец пути метеора по звездному небу отстоят от северного полюса мира на 90° и на $136^\circ 19' 0''$, а угол между кругами склонения, проходящими через эти точки, равен $62^\circ 20' 42''$. Определить длину пути метеора в градусах и углы, под которыми его путь пересек два упомянутых круга склонения.

80. Вывести три формулы преобразования горизонтальных координат A и z в экваториальные t и δ для местности с широтой φ . Привести их также к логарифмическому виду.

81. Вывести три формулы преобразования экваториальных координат α и δ в эклиптические λ и β . Указание: Построить чертеж; наклон экватора к эклиптике обозначить через ϵ и применить формулы к Солнцу.

82. Вывести формулы преобразования эклиптических координат λ и β в экваториальные α и δ , обозначив наклонение эклиптики к экватору через ϵ . Выведенные формулы применить к Солнцу.

83. Привести к логарифмическому виду формулы преобразования экваториальных координат α и δ в эклиптические β и λ .

84. Вывести три общие формулы преобразования сферических координат x и y в x' и y' , если первые определяются по отношению к большому кругу сферы s , а вторые по отношению к большому кругу s' , угол между которыми равен i . Одна из точек пересечения s' с s в первой системе имеет координаты $0, 0$, а во второй системе $0', 0$.

85. Найти зенитное расстояние и азимут α Дракона ($\alpha = 14^h 1^m 57^s$, $\delta = 64^\circ 48', 8$) в Ленинграде ($\varphi = 59^\circ 56', 5$) в $16^h 24^m 33^s$ звездного времени.

При вычислениях подобного рода, изучив формулы (данные для этого случая в введении к настоящему разделу), необходимо заранее составить схему для вычислений в виде столбика, выписав в ней величины, которые предстоит находить по таблицам или вычислять. Для краткости знака $\lg$ при тригонометрических функциях мы писать не будем. Значок n около числа, представляющего $\lg$, означает, что само число, логарифм которого выписан, — отрицательное. Буква δ означает дополнение до нуля:

t^h	$2^h 22^m 36^s$	$\cos \delta$	9,62897
t^o	$35^\circ 39' 00''$	$\sin t$	9,76554
$\lg \delta$	0,32765	∂n	0,01377
$\partial \cos t$	0,09013	$\partial \sin (\varphi - N)$	0,79878 _n
$\lg N$	0,41778	$\lg A$	0,20706 _n
N	$69^\circ 5', 2$	A	$121^\circ 49', 9'$
$\varphi - N$	$9^\circ 8', 7$	$\lg (\varphi - N)$	9,20677
$\sin \delta$	9,95662	$\partial \cos A$	0,27784 _n
$\partial \sin N$	0,02941	$\lg z$	9,48461
n	9,98623	z	$16^\circ 58', 4$

86. Вычислить зенитное расстояние и азимут α Льва ($\alpha = 10^h 4^m 7^s$, $\delta = +12^\circ 18'$) в Москве ($\varphi = 55^\circ 46'$) для момента звездного времени $s = 5^h 23^m, 8$.

87. Определить высоту и азимут звезды Кастор ($\alpha = 7^h 30^m 12^s$, $\delta = +32^\circ 2' 5''$) в Москве (на обсерватории Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга) ($\varphi = 55^\circ 45' 3''$) 23 января 1931 г. в 8 часов среднего солнечного времени, если звездное время в среднюю местную полночь 23 января было $8^h 5^m 4^s$.

88. Вычислить зенитное расстояние и азимут Арктика для Саратова ($\varphi = 51^\circ 32' 0''$) в $13^h 34^m 54^s$ звездного времени ($\alpha = 14^h 11^m 58^s$, $\delta = +19^\circ 36' 6''$).

89. Вычислить α и δ звезды, которая в Москве в момент звездного времени $s = 11^h 11^m 36^s$ имела координаты $z = 49^\circ 15' 10''$ и $A = 298^\circ 28' 50''$. *Указание:* Воспользоваться формулами, приведенными в ответе к задаче 80.

90. Комета имеет экваториальные координаты $\alpha = 81^\circ 48'$, $\delta = +68^\circ 28'$. Каковы ее эклиптические координаты λ и β ($\epsilon = 23^\circ 27' 26''$)? *Указание:* Воспользоваться формулами, приведенными в ответе к задаче 83.

91. Найти широту β и долготу λ звезды α Ориона, имеющей координаты $\alpha = 5^h 49^m$, $\delta = +7^\circ 23'$. *Указание:* Воспользоваться формулами, приведенными в ответе к задаче 83.

92. Комета имеет экваториальные координаты $\alpha = 6^h 33^m 29^s$, $\delta = +16^\circ 22' 35''$. Наклонение эклиптики к экватору $23^\circ 27' 32''$. Найти эклиптические координаты кометы.

93. 9 мая прямое восхождение Солнца было $45^\circ 30'$. Зная наклонение эклиптики к экватору ($23^\circ 27'$), определить склонение Солнца. *Указание:* Воспользоваться ответом к задаче 82.

94. Долгота Солнца равна $71^\circ 11' 7''$. Вычислить экваториальные координаты Солнца ($\epsilon = 23^\circ 27' 2''$). *Указание:* Воспользоваться ответом к задаче 82.

95. Долгота Солнца равна $43^\circ 6'$. Найти его склонение и прямое восхождение. То же для момента, когда долгота Солнца $143^\circ 6'$ (15 августа). *Указание:* Выполнить приблизительную проверку правильности вычисления, сравнив его с данными астрономического календаря.

*96. Определить долготу Солнца 2 января и 5 июля, если в эти дни δ и α Солнца по астрономическому календарю — $23^\circ 0'$, $18^h 49^m$ и $+22^\circ 8'$, $6^h 55^m$. *Указания:* Воспользоваться ответом к задаче 81. Проверить правильность вычисления расчетом долготы Солнца, зная его среднее суточное движение по эклиптике.

97. Точка наблюдения лежит на $\varphi = 52^\circ 30'$ северной широты. Через 3 ч. 40 м. после своей верхней кульминации Солнце находится на высоте $h = 33^\circ 8'$. Каков азимут Солнца A и склонение Солнца δ в этот день в момент наблюдения?

98. Через сколько времени после своей верхней кульминации Солнце находится на высоте $h = 35^\circ 13'$ июня в Киеве ($\varphi = 50^\circ 27'$ северной широты), если склонение Солнца $\delta = +23^\circ 12'$?

*99. При наблюдениях планет бывает важно знать положения их осей относительно круга склонения, проходящего через центр видимого диска. Однако наблюдателю легче наметить круг высоты — как он проходит по диску планеты и отметить его на рисунке. Тогда, чтобы пометить на рисунке положение оси планеты, надо знать угол при центре планеты между проходящими через ее центр кругами склонения и высоты. Вывести формулу для этого угла p , если координаты планеты α и δ и момент наблюдения s по звездному времени известны.

Найти три формулы, определяющие этот угол, и зенитное расстояние светила z . Привести их к логарифмическому виду, введя вспомогательные величины m и M .

*100. При определении условий видимости светил, находящихся вблизи эклиптики, играет роль угол, образуемый эклиптической с горизонтом местности, имеющей широту φ . Определить этот угол в функции звездного времени s и вывести условия его максимума и минимума.

*101. Пусть x_0, y_0, z_0 будут прямоугольные оси координат с началом в центре Солнца с осью x_0 , направленной в точку весеннего равноденствия, и осью y_0 , лежащей в плоскости эклиптики (гелиоцентрические эклиптические прямоугольные координаты). Пусть гелиоцентрические экваториальные координаты того же светила будут x, y, z (ось x направлена в точку весеннего равноденствия, ось y лежит в плоскости экватора). Доказать, что $x = x_0$; $y = y_0 \cos \varepsilon - z_0 \sin \varepsilon$; $z = y_0 \sin \varepsilon + z_0 \cos \varepsilon$, где ε — наклонение эклиптики к экватору.

*102. Пусть светило находится от Земли на расстоянии ρ и имеет геоцентрические экваториальные координаты α и δ . Пусть экваториальные геоцентрические (относительно Земли) координаты Солнца будут X_0, Y_0, Z_0 (ось X_0 направлена в точку весеннего равноденствия, а ось Y_0 лежит в плоскости экватора). Пусть x, y, z — гелиоцентрические экваториальные прямоугольные координаты светила (см. предыдущую задачу). Доказать, что для определения ρ, α и δ служат формулы:

$$\begin{aligned}\rho \cos \alpha \cos \delta &= x + X_0, \\ \rho \sin \alpha \cos \delta &= y + Y_0, \\ \rho \sin \delta &= z + Z_0.\end{aligned}$$

*103. Пусть x, y, z будут прямоугольные эклиптические гелиоцентрические координаты Земли, R — ее расстояние от Солнца, а L — ее гелиоцентрическая долгота. Пусть светило на расстоянии ρ от Земли имеет геоцентрические эклиптические координаты β и λ . Доказать, что

$$\begin{aligned}\rho \cos \beta \cos \lambda &= x - R \cos L, \\ \rho \cos \beta \sin \lambda &= y - R \sin L, \\ \rho \sin \beta &= z,\end{aligned}$$

где x, y, z эклиптические прямоугольные гелиоцентрические координаты светила.

IV. КУЛЬМИНАЦИИ СВЕТИЛ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ШИРОТЫ И КООРДИНАТ НЕБЕСНЫХ СВЕТИЛ.

I.

В верхней кульминации, когда светило пересекает меридиан, выше всего поднимаясь в этот момент над горизонтом, его часовой угол $t = 0$ и звездное время s этого момента равно прямому восхождению α светила.

В нижней кульминации звезда дальше всего отстоит от зенита, ее часовой угол $t = 12^h$ и звездное время в этот момент $s = \alpha + 12^h$. Как видно из рисунка 8, представляющего проекцию небесной сферы на плоскость меридиана, в момент верхней кульминации светила его

склонение δ , его зенитное расстояние z и широта места наблюдения связаны формулой:

$$z = \pm (\varphi - \delta).$$

Знак $+$ берется, если звезда кульминирует к югу от зенита, а знак $-$ берется, если звезда кульминирует между зенитом и полюсом мира.

Зная две из величин, входящих в формулу, можно найти третью. Практически z обычно измеряют при наблюдениях, δ и φ находят вычислением. Для многих городов φ можно узнать по справочнику или по географической карте. Для многих звезд δ известно из измерений зенитных расстояний в кульминациях, если географическая широта известна (по вышеприведенной формуле), а также может быть найдено в списках координат звезд. Из задачи 139 видно, что можно найти и φ и δ сразу, измеряя зенитное расстояние звезды в двух кульминациях.

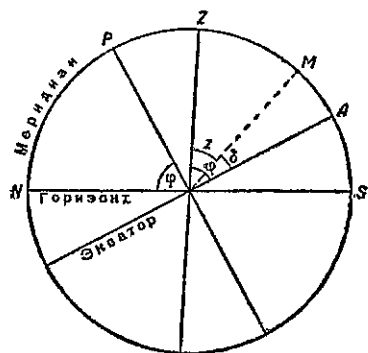


Рис. 8. Небесная сфера в проекции на плоскость меридиана.

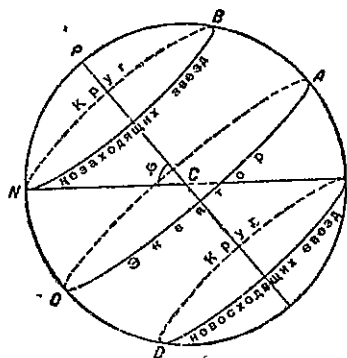


Рис. 9. Круги звезд незаходящих и невосходящих.

На рисунке 9 изображена небесная сфера и суточные пути звезд незаходящих NB , восходящих и заходящих AQ , и невосходящих SD . Условия принадлежности звезды к той или другой группе (для местности с широтой φ легко вывести по чертежу на рисунках 8 или 9).

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

104. Чему равен азимут звезды в момент верхней кульминации для места под широтой φ ? У всех ли звезд он одинаков?

105. У каких светил азимут в вашем городе никогда не равен нулю?

106. При каком склонении звезды ее азимут в момент верхней кульминации равен 0° и при каком он равен 180° ?

107. Москва и столица Абиссинии Адис-Абеба лежат почти на одном меридиане. Широта Москвы $+56^\circ$, Адис-Абебы $+9^\circ$. Каков угол между направлениями, по которым звезду Сириус одновременно видят наблюдатели в этих городах?

*108. Сравнить азимуты и высоты одного и того же светила в момент нижней кульминации для наблюдателей, находящихся на широтах φ и $\varphi + 30^\circ$.

109. Доказать, что высота звезды в нижней кульминации выражается формулой:

$$h = \varphi + \delta - 90^\circ.$$

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

111. На каком зенитном расстоянии проходит через верхнюю кульминацию звезда Капелла ($\delta = +45^\circ 54'$) в Ленинграде ($\varphi = 59^\circ 57'$)? в Ташкенте ($\varphi = 41^\circ 18'$)?

112. Звезда отстоит от северного полюса мира на 15° . Всегда ли она находится над горизонтом Ленинграда ($\varphi = 59^\circ 57'$)?

113. Может ли какая-нибудь одна и та же звезда проходить через меридиан г. Орла ($\varphi = 52^\circ 58'$) и в точке севера, и в точке юга? А в других местах Земли может ли быть такое явление?

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

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

116. Восходит ли в Архангельске ($\varphi = 64^\circ 34'$) Фомальгаут (α Южных Рыб), склонение которого равно $-30^\circ 5'$?

117. Определить, в каких местах Земли начинает быть видимо созвездие Южного Креста, расположенное в пределах южного склонения от -55° до -64° , и проследить по земному глобусу или по карте земных полушарий, в каких странах лежат эти места?

*118. Некто уверял, что его знакомый, живя в Саратове ($\varphi = 51^\circ 32'$), видел днем звезду Капеллу ($\delta = 45^\circ 54'$) из очень глубокого колодца. Могло ли это быть из геометрических соображений? (Известно, что, вообще говоря, звезды из колодцев днем не могут быть видны.)

119. Звезда, описывающая над горизонтом дугу в 180° от восхода до захода, во время кульминации отстоит от зенита на 55° . Под каким углом небесный экватор наклонен к горизонту данной местности?

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

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

122. Каково склонение звезд, кульминирующих в местности с широтой φ в точке севера?

123. Каково склонение звезд, кульминирующих в зените места, широта которого равна φ ?

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

125. Каково склонение звезд, проходящих в верхней кульминации через зенит городов Москвы, Киева и Тбилиси? (Их широты см. в задаче 115.)

126. Какое склонение имеют звезды, проходящие в Ленинграде и Ташкенте через зенит? Являются ли они незаходящими для этих городов? (Широты этих городов даны в задаче 111.)

127. До какого склонения видны звезды южного полушария в Ленинграде и в Ташкенте?

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

*129. В своей статье от 24 мая 1937 г. („Известия ЦИК и ВЦИК“) Е. К. Федоров, один из участников героической группы советских зимовщиков на дрейфующей станции „Северный полюс“, сообщал, что имевшиеся у них приборы позволяли определять местонахождение папанинцев на земном шаре по наблюдениям звезд с точностью до 250 м. Такая точность позволяла следить за дрейфом льдины. Указать, с какой точностью, судя по этим данным, отважный полярный астроном Е. К. Федоров определял географическую широту своей льдины, если длина градуса меридиана равна 111 км.

130. В Каире наблюдалась в нижней кульминации звезда β Малой Медведицы ($\delta = +74^{\circ}31'$) на зенитном расстоянии $75^{\circ}27'$. Какова широта Каира?

131. Звезда α Возничего ($\delta = +45^{\circ}54'$) в момент нижней кульминации видна на горизонте. Какова высота полюса мира над горизонтом в месте наблюдения?

132. Высота звезды, находящейся на небесном экваторе, в момент ее верхней кульминации равна 30° . Какова высота полюса в месте наблюдения?

*133. Требуется определить географическую широту местности, наблюдая высоту светила в кульминации. Где желательно выбрать для этого светило, с целью получить большую точность результата — ближе к зениту или дальше от него и почему (см. раздел V)?

*134. Некто взял палку длиной в 1 м и, воткнув ее в землю, измерил в полдень длину ее тени. Взяв по календарю склонение Солнца в этот день, он определил широту своей местности и получил грубо ошибочный результат, несмотря на правильность его вычислений. В чем должна была заключаться причина этой ошибки?

135. К югу от зенита высота нижнего края Солнца в меридиане, измеренная помощью секстана на морском судне, была $84^{\circ}21'$, склонение Солнца $+18^{\circ}39'$. Определить широту.

136. Полуденная высота центра Солнца, измеренная штурманом океанского парохода, оказалась $30^{\circ}15'$ (с учетом всех нужных поправок). Склонение Солнца в это время $\delta = -19^{\circ}25'$. Определить широту.

137. Наблюденное зенитное расстояние нижнего края Солнца в верхней кульминации с учетом всех поправок было $55^{\circ}42'19''$, угловой радиус Солнца $16'10''$, склонение центра Солнца $-14^{\circ}34'56''$. Определить широту места.

138. Найти широту местности, если полуденное Солнце наблюдалось на высоте $4^{\circ}11'$, а его склонение было $+22^{\circ}8'$.

139. Незаходящая звезда имеет высоту 20° в нижней кульминации и 50° в верхней. Найти склонение этой звезды и широту места наблюдения. Указание: Полезно сделать чертеж.

140. Звезда Денеб (α Лебедя) наблюдалась в верхней кульминации в зените, а в нижней кульминации на высоте 10° . Каково склонение звезды и широта места наблюдения?

141. Неизвестная наблюдателю звезда наблюдалась в Туле в верхней кульминации на зенитном расстоянии $29^{\circ}47'$, а в нижней — на $41^{\circ}49'$. Определить географическую широту Тулы.

142. В каком месте Земли любой круг склонения может совпасть с горизонтом?

143. Звезда имеет часовой угол 20° и зенитное расстояние 40° . Каков будет ее часовой угол по другую сторону меридиана на той же высоте?

144. В каком часу по звездному времени происходит нижняя кульминация звезды, имеющей прямое восхождение $158^\circ 27'$?

145. В данный момент звездное время $s = 6^h 38^m$. Определить прямое восхождение светил, которые будут находиться в верхней кульминации через $2^h 10^m$.

146. Прямое восхождение первой звезды равно $5^h 29^m$, а второй $10^h 31^m$. Определить, через сколько времени прокульминировать вторая звезда после первой и первая после второй.

147. Если некоторая звезда кульминировала сегодня в $8^h 0^m$ вечера, когда она будет кульминировать через 10 дней?

148. Когда по солнечному времени¹⁾ 10 февраля кульминировать звезда Арктур ($\alpha = 14^h 12^m$)?

149. В каком часу солнечного времени 1 августа будет кульминировать Арктур, если его прямое восхождение равно $14^h 12^m$?

150. В каком часу солнечного времени кульминировать 1 октября α Лебеда ($\alpha = 12^h 39^m$)?

151. Вычислить, когда по солнечному времени будет кульминировать α Овна ($\alpha = 2^h 2^m$) вечером 3 ноября.

152. Какие звезды переходят меридиан 3 октября в 10 ч. 30 м. вечера? Какие созвездия уже прошли меридиан и видны на юго-западе и какие видны на юго-востоке? Воспользоваться звездной картой.

153. Рассчитать приблизительно, какие звезды будут находиться в верхней кульминации в 10 часов вечера 28 июля?

154. Какие созвездия будут находиться в 8 часов сегодняшнего вечера в пределах двух часов по обе стороны от меридиана? Найти их на небе.

*155. Рассчитать, в какое время года около 9 часов вечера Большая Медведица „стоит на хвосте“, зная, что это созвездие расположено между $8^h \frac{1}{2}$ и $13^h \frac{1}{2}$ часами прямого восхождения?

156. В какой день Сириус, самая яркая звезда неба ($\alpha = 6^h 42^m$), кульминировать в полночь? в полдень?

157. Если звезда, прямое восхождение которой равно 18 часам, находится в меридиане в 8 часов вечера, то какие тогда приблизительно месяц и число?

158. В какое время дня звезда, прямое восхождение которой 14 часов, бывает в меридиане 21 мая?

159. В котором часу ночи 10 октября звезда Мицар ($\alpha = 13^h 20^m$) будет находиться как раз под северным полюсом мира?

160. Звезда δ Ориона 14 ноября восходит в 8 часов вечера. В какой день она войдет в 5 ч. 30 м. вечера? Каково приблизительно ее прямое восхождение, если ее склонение равно нулю?

¹⁾ В этой и следующих задачах имеется в виду среднее солнечное время.

161. Какие α и δ должны иметь две звезды, которые в 7^ч35^м звездного времени кульминировали бы в Москве ($\alpha=55^{\circ}45'$) на зенитном расстоянии $z=40^{\circ}$ одна к югу, другая к северу от зенита?

162. В Горьком ($\varphi=55^{\circ}56'$) поджидают кульминацию α Большой Медведицы ($\alpha=10^{\circ}57'34''$, $\delta=+62^{\circ}8'$), для чего теодолит установлен в плоскости меридиана. Определить: 1) угол, на который труба должна быть отклонена от зенита, 2) время кульминации по звездным часам, поправка которых $u=-2^{\circ}3'$.

163. В Киеве ($\varphi=50^{\circ}27'$) наблюдалась кульминация появившейся кометы. По вертикальному кругу теодолита зенитное расстояние (к югу от зенита) оказалось $3^{\circ}52'$, а по звездным часам момент кульминации 15^ч15^м10^с. Определить α и δ кометы.

164. Астроном наблюдал прохождение светила через меридиан (верхняя кульминация) в 7 ч. 35 м. 15,4 с. звездного времени и определил зенитное расстояние светила в $44^{\circ}15'$. Поправка часов, определенная в этот вечер, была равна $+0$ м. 33,4 с. Каковы координаты светила, если широта обсерватории $56^{\circ}20'$?

*165. Планета пересекла меридиан на 2 м. 19 с. раньше, чем звезда с координатами $\alpha=0^{\circ}19'4''$, $\delta=+0^{\circ}13'2''$. Зенитное расстояние планеты в этот момент было на 19',4 больше, чем у звезды в ее кульминации. Каковы координаты планеты?

*166. Желая определить координаты появившейся кометы, астроном при помощи измерения нитяным микрометром нашел, что комета находилась на $3^{\circ}51''$ севернее звезды, имеющей координаты $\alpha=19^{\circ}10'14''$, $\delta=-18^{\circ}14'9''$. При неподвижной трубе через нить, установленную по кругу склонения, комета прошла на $1^{\circ}1'$ раньше, чем звезда. Каковы координаты кометы?

ВТОРОЙ КОНЦЕНТР.

*167. В какой части неба изменения зенитного расстояния светила в единицу времени являются наибольшими и в какой части неба они наименьшие?

*168. В какой части неба азимуты светил меняются быстрее всего и в какой — медленнее всего?

*169. Как можно точнее отметить момент прохождения звезды через меридиан — отмечая момент, когда ее зенитное расстояние наименьшее, или отмечая момент прохождения ее через вертикальную нить телескопа, расположенного в плоскости меридиана.

*170. Почему при определении по Солнцу широты с помощью универсального инструмента измеряют высоту Солнца около полудня, а при определении поправки часов определяют высоту Солнца близ первого вертикала?

171. При каких условиях изменение зенитного расстояния звезды в течение суток неизменно пропорционально изменению ее часового угла? (Болл)

*172. Из первой формулы преобразования экваториальных координат α и δ в горизонтальные:

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t,$$

получить формулу, определяющую зенитное расстояние светил в верхней кульминации.

173. В точке северного полушария, широту которой надо определить, установлен вертикально стержень, длиной $l = 2,5$ м. Через 3 ч. 40 м. звездного времени после верхней кульминации Солнца он отбрасывает на горизонтальную плоскость тень, длиной $l = 3,831$ м. Какова географическая широта места, если склонение Солнца в день наблюдения $\delta = +15^\circ 20'$. (Кранц)

174. Найти широту места, зная склонение звезды и ее часовые углы в те два момента времени, когда азимуты звезды равнятся на 180° . (Казаков) *Указание:* Воспользоваться формулами (4) — (6) раздела III.

175. Доказать, что в течение суток предельные значения азимута звезды (к востоку или к западу от меридиана), имеющей склонение δ , большее широты места наблюдения, определяются формулой

$$\sin A = \mp \frac{\cos \delta}{\cos \varphi}.$$

Указание: Построить чертеж и применить три основные формулы сферической тригонометрии.

176. На северной широте 45° наибольший азимут некоторой околополярной звезды равен 225° . Доказать, что склонение этой звезды равно $+60^\circ$. (Смарт) *Указание:* Воспользоваться формулой предыдущей задачи.

V. РЕФРАКЦИЯ.

Луч света каждого небесного светила, входя из безвоздушного межпланетного пространства в земную атмосферу, испытывает в ней *преломление*. Луч приближается к перпендикуляру, восстановленному в точке падения луча на атмосферу, и попадает в глаз наблюдателя по направлению, более близкому к отвесной линии, чем это было бы в случае отсутствия атмосферы. Иными словами, описанное явление, называемое *рефракцией*, уменьшает зенитное расстояние светил (и увеличивает их высоту над горизонтом). Непосредственно измеренные при наблюдениях зенитные расстояния светил всегда и прежде всего должны быть исправлены за искажающее влияние рефракции. Величина рефракции, равная нулю для зенита, быстро растет с приближением к горизонту и на самом горизонте достигает $35'$. При температуре воздуха $+10^\circ\text{C}$ и давлении 760 мм рефракция выражается формулой

$$r = 58'',2 \operatorname{tg} z,$$

расходящейся с действительными значениями по мере увеличения z все больше и больше. При $z = 70^\circ$ формула дает величину, неверную на $1''$, и при больших z вообще не может применяться. Для более точного учета рефракции надо принимать во внимание температуру и давление воздуха. Величина средней рефракции, приводимая в таблице VIII, в зависимости от зенитного расстояния (заимствованной из „Курса практической астрономии“ проф. К. Д. Покровского) соответствует температуре $+10^\circ\text{C}$ и давлению 760 мм. Влияние температуры и давления сравнительно невелики.

В настоящем разделе приведены задачи, в которых требуется наблюдаемые высоты светил исправить за влияние рефракции, и задачи

на рефракцию вообще. Задачи на вычисления восхода и захода небесных светил с учетом рефракции даны в разделе IX „Восход и заход светил“.

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

177. Влияет ли рефракция на обе экваториальные координаты светил или только на одну и всегда ли?

178. Влияет ли рефракция на обе эклиптические координаты светил и всегда ли?

179. На широте $55^{\circ}45'20''$ в момент кульминации измерено зенитное расстояние звезды $50^{\circ}0'0''$. Пользуясь таблицей рефракции, определить склонение звезды.

180. На обсерватории под широтой $55^{\circ}45'20''$ измеренное зенитное расстояние звезды в верхней кульминации получилось $47^{\circ}59'48''$. Чему равно склонение звезды с учетом средней рефракции?

181. Полуночная высота нижнего края Солнца по измерению была $14^{\circ}11'5''$. Склонение Солнца в этот день $+21^{\circ}19'34''$, угловой радиус Солнца $15'47''$. Определить, с учетом рефракции, широту, на которой находилось судно, штурманом которого были сделаны эти наблюдения.

182. Наблюдаемое зенитное расстояние звезды β Малой Медведицы в верхней кульминации было $23^{\circ}2'7''$, а в нижней кульминации $53^{\circ}51'51''$. Найти широту места наблюдения и склонение звезды, приняв во внимание рефракцию.

*183. Штурман корабля, измерив зенитное расстояние центра Солнца в полночь, нашел его равным 76° . В каких местах Земли плыл корабль, в какое время года и на сколько километров (приблизительно) штурман неверно определил бы положение корабля по широте, если бы он не учел влияния рефракции?

*184. Насколько действие рефракции удлинит продолжительность дня на экваторе Земли?

*185. Можно ли одновременно видеть над горизонтом Солнце и полную Луну?

186. Увеличивает или уменьшает рефракция видимые диаметры Солнца и Луны около горизонта?

187. Увеличивает ли рефракция видимую площадь солнечного диска, когда это светило находится вблизи горизонта?

*188. Меняется ли видимое нами положение Юпитера на небе среди звезд из-за того, что испускаемый им свет преломляется в атмосфере самого Юпитера?

*189. Нужно ли учитывать практически влияние рефракции на измеренное угловое расстояние между компонентами двойной звезды с расстоянием порядка $1''$, а если нет, то почему?

ВТОРОЙ КОНЦЕНТР.

*190. В некоторый момент была измерена разность азимутов двух звезд, имеющих прямые восхождения $8^{\text{h}}50^{\text{m}}$ и $9^{\text{h}}46^{\text{m}}$. Уменьшится или увеличится эта разность, если учесть влияние рефракции?

191. Наблюдения на меридианном круге звезды β Малой Медведицы в ее верхней и нижней кульминации дали такие результаты: $55^{\circ}48'6''$ и $24^{\circ}58'56''$. Определить склонение звезды и широту местности с учетом рефракции.

*192. Получив извещение об открытии новой малой планеты, астроном задался целью определить ее точные экваториальные координаты в тот же вечер. Наблюдая ее на меридианном круге, он нашел, что верхняя кульминация планеты произошла на высоте $37^{\circ}19'55''$ в $5^{\text{h}}18^{\text{m}}14^{\text{s}}$ по звездным часам, имеющим поправку $-3^{\text{m}}19^{\text{s}}$. При данных условиях поправка за рефракцию была $1'3''$. Каковы α и δ планеты? Широта обсерватории $43^{\circ}19'1''$.

193. Воспользовавшись второй формулой, данной в ответе к задаче 224, вывести выражение для производной от склонения Солнца по времени и, с его помощью определить, насколько удлинится продолжительность полярного дня на полюсе благодаря рефракции ($35'$)? Указание: Учесть, что долгота Солнца z за сутки меняется приблизительно на 1° , а $\sin \epsilon = 0,4$. (Паренаго)

194. По таблицам рефракции Радо рефракция находится по формуле $\rho = \rho_0 + \rho_0(A + B)$. В таблицах дана средняя рефракция ρ_0 по аргументу зенитного расстояния z через каждые $10'$ (для z от 42° до 80°), температурный коэффициент A по аргументу t (в градусах Цельсия) и барометрический коэффициент B по аргументу b (в миллиметрах). Измеренное зенитное расстояние $z = 53^{\circ}48'33''$, 5 исправить по этой формуле за рефракцию при $t = +18^{\circ},4$ и $b = 746,7$. В таблицах дано для $z = 53^{\circ}40'$ $\rho = 1'21'',55$, приращение ее на $8'33'',5$ равно $0'',42$. $A = -0,0660$. $B = -0,0175$.

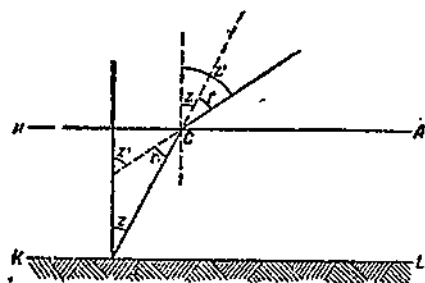


Рис. 10.

195. Вывести формулу рефракции $r = 58'',3 \operatorname{tg} z$, предполагая, что плоская Земля покрыта слоем атмосферы постоянной толщины и плотности. Воспользоваться рисунком 10,

на котором KL — поверхность Земли, AA — граница атмосферы, а z — наблюдаемое зенитное расстояние светила S . Величина коэффициента преломления воздуха $n = 1,0002825$ (при температуре $+10^{\circ}\text{C}$ и нормальном атмосферном давлении), $\sin 1'' = 1 \cdot 206\,265$.

VI. ВИДИМОЕ ДВИЖЕНИЕ СОЛНЦА.

Г.

Центр Солнца в течение года перемещается по эклиптике, наклоненной под углом $\epsilon = 23^{\circ}27'$ к небесному экватору. Вследствие притяжения Земли другими планетами этот угол, с течением времени изменяется, но в очень небольших пределах и крайне медленно.

21 марта Солнце пересекает небесный экватор, поднимаясь в северное полушарие. В этот момент центр Солнца находится в точке весеннего равноденствия (рис. 2 на стр. 12). Примерно через четверть года, именно 22 июня, Солнце занимает самое высокое положение над экватором — это день летнего солнцестояния. 23 сентября Солнце приходит в точку осеннего равноденствия и 22 декабря ниже всего опускается под небесный экватор (в южное полушарие неба) — это день зимнего солнцестояния.

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

196. Когда зенитное расстояние Солнца равно 90° ? Когда его азимут равен 0° ?

197. За какое время Солнце, вследствие своего годичного движения по эклиптике, переместится на величину своего диаметра?

198. Чему равны долгота и широта Солнца 22 июня и 22 декабря?

199. Какова долгота Солнца 23 сентября? 1 октября? 1 января?

200. Пользуясь звездной картой с нанесенной на ней эклиптикой, указать (приблизительно) точку, в которой Солнце находится сегодня; в которой оно будет находиться через месяц.

201. Чему равны прямое восхождение и склонение Солнца 21 марта и 23 сентября?

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

203. Чему равны долгота и широта Солнца в те моменты, когда его прямое восхождение составляет 6 и 12 часов?

204. В какие дни года (приблизительно) прямое восхождение Солнца выражается четным числом часов (2 часа, 4 часа и т. д.)?

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

206. В устье Беломорско-Балтийского канала (Сорокская губа) высота полюса мира составляет $64^\circ 33'$. На какой высоте бывает там Солнце в полдень 22 декабря?

207. Какова высота Солнца в меридиане в день летнего солнцестояния в Ленинграде ($\varphi = 59^\circ 57'$); в Ташкенте ($\varphi = 41^\circ 18'$)? Под широтой $+23^\circ 27'$? Под широтой $+66^\circ 27'$? То же для зимнего солнцестояния. Чем замечательны и как называются две последние широты?

208. Определить наибольшую полуденную высоту, на которую может подняться Солнце в вашем городе; наименьшую полуденную высоту сегодня. Указание: Взять склонение Солнца из астрономического календаря.

209. Какова высота полюса мира в том месте на Земле, где 22 июня центр Солнца в полночь находится в точности на горизонте, в предположении, что рефракция не существует?

210. Как глубоко опускается центр Солнца под горизонт в полночь 22 июня в Архангельске ($\varphi = 64^\circ 32'$)?

211. На какой высоте видно Солнце на Южном полюсе 22 декабря?

212. Какова высота полюса в том месте Земли, где высота центра Солнца в полдень 22 июня равна $69^\circ 38'$? Какова высота Солнца в том же месте в полдень 22 декабря?

213. В месте наблюдения высота полюса мира 56° . Солнце в полдень имело высоту 34° , а на другой день $34^\circ,5$. В какое время года были сделаны наблюдения и каково было склонение Солнца? (Воронцов-Вельяминов и Набоков)

*214. 23 сентября тень отвесно стоящего стержня в полдень составила 0,731 от его высоты. Определить географическую широту местности без помощи астрономического календаря.

*215. Тень столба в полдень в Москве ($\varphi = 55^\circ 45'$) оказалась равной 0,854 высоты столба. В какой день года произведено это наблюдение? Указание: Найти отсюда склонение Солнца и по астрономи-

ческому календарю, звездной карте или глобусу найти соответствующую долготу его, по которой и установить день года.

*216. На каких географических широтах Солнце кульминирует в зените дважды в течение одной недели? *Указание:* Воспользоваться для этой цели астрономическим календарем.

*217. В каком часу по звездному времени и на какой высоте кульминирует Солнце в Севастополе ($\varphi = 45^\circ$) 23 сентября?

*218. Когда на тропике Козерога отвесно стоящий столб в солнечный день не отбрасывает тени?

219. Около 1100 г. до начала нашей эры китайские астрономы нашли, что в день летнего солнцестояния высота Солнца в полдень равнялась $79^\circ 7'$, а в день зимнего солнцестояния $31^\circ 19'$ (к югу от зенита). Под какой широтой было сделано наблюдение? Каково было тогда наклонение эклиптики к экватору?

220. Когда прямое восхождение и когда склонение Солнца изменяются быстрее всего и когда медленнее всего?

221. Каковы приблизительно астрономические долготы Солнца в перигее и в апогее, если его движение по эклиптике считать равномерным? (Стратонов) *Указание:* Даты перигея и апогея — 3 января и 3 июля.

222. Ежегодно ли одного и того же числа месяца Солнце проходит через точку весеннего равноденствия. Если нет, то почему, и в каких пределах может изменяться эта дата? (Ресселл) *Указание:* Вспомнить устройство календаря.

223. Остается ли на каждый год эфемериды Солнца одной и той же? В каких пределах она может быть ошибочна? (В данном случае под эфемеридой имеется в виду таблица, содержащая вычисление значения прямого восхождения и склонения Солнца в григорианский полдень или полночь каждого дня данного года.) (Ресселл)

224. Вывести, пользуясь формулой косинуса, стороны сферического треугольника, формулу, связывающую долготу Солнца L с его прямым восхождением α и его склонением δ . Предварительно сделать чертеж. Прodelать тот же вывод, пользуясь формулой синусов.

225. Доказать, что экваториальные координаты Солнца всегда связаны соотношением: $\operatorname{tg} \delta = \operatorname{tg} \epsilon \sin \alpha$, где ϵ — наклон эклиптики к экватору. (Болл)

226. Координаты северного полюса средней линии Млечного Пути, рассматриваемой как большой круг сферы, составляют $\alpha = 12^\circ 40'$, $\delta = +28^\circ$. Когда и в каком месте Солнце, при своем годичном движении по эклиптике, пересекает Млечный Путь? (Смарт) *Указание:* Найти эклиптические координаты полюса Млечного Пути, а затем определить точки его пересечения с эклиптикой.

VII. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ И ДОЛГОТЫ.

I.

Так как в местностях, расположенных на разных географических меридианах, плоскости этих меридианов расположены по различным направлениям, то угол между ними и направлением к любому небесному светилу различен, различны его часовые углы. Час солнечных

сутки определяется часовым углом Солнца. Следовательно, в разных местах час суток или время различно. Определенное таким образом время называется местным.

Разность географических долгот двух мест на Земле равна разности их местных времен. Долгота отсчитывается обычно от гринвичского меридиана и выражается во времени. Если долгота западная, она обозначается буквой W, если восточная — буквой E.

Всякие часы в любой момент, строго говоря, показывают время не вполне точно. Задача определения точного времени сводится поэтому к определению „поправки часов“. Поправка часов есть величина, которую надо прибавить с ее знаком к их показанию, чтобы получить верное время. Изменение поправки часов за один сутки (последующая поправка минус предыдущая) называется суточным ходом часов ω . Если он достаточно постоянен, то поправка часов в некоторый момент t может быть вычислена по формуле:

$$u = u_0 + \omega(t - t_0),$$

где u_0 — известная нам поправка часов в момент t_0 , ближайший предшествующий моменту t . Если часы с маятником, то период его колебания T выразится формулой:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

где l — так называемая приведенная длина маятника, а g — ускорение силы тяжести в данной местности.

Разность географических долгот определяется сравнением часов, идущих по местному времени каждого из двух меридианов. В прежнее время долготу определяли, отмечая, например, по местному времени какую-либо фазу затмения Луны, изво всех мест Земли видимого одновременно, и момент которой вычислялся заранее по гринвичскому времени. Теперь пользуются радиосигналами точного времени.

Звездными сутками называется промежуток времени между двумя последовательными кульминациями точки весеннего равноденствия. Момент ее кульминации принимается за начало звездных суток. Звездное время s измеряется часовым углом точки весеннего равноденствия.

Истинными солнечными сутками называется промежуток времени между двумя последовательными верхними (или нижними) кульминациями центра Солнца. Истинное солнечное время (час этих суток) измеряется часовым углом центра Солнца. За начало суток удобно принять полдень, хотя общепринято началом суток считать полночь. В последнем случае солнечное время равно часовому углу Солнца плюс 12^h .

Продолжительность истинных солнечных суток в течение года меняется, благодаря неравномерной скорости движения Солнца по эклиптике и благодаря наклонению последней к экватору. В последнем случае проекция на экватор суточного смещения Солнца по эклиптике в разное время года различна.

Для устранения этих неудобств вводится понятие о *среднем Солнце*, т. е. о воображаемой точке, равномерно движущейся по экватору и завершающей по нему оборот за один тропический год.

Средними солнечными сутками называется промежуток времени между двумя последовательными верхними (или нижними) кульминациями среднего Солнца. Длина таких суток постоянна. Среднее солнечное время измеряется часовым углом среднего Солнца.

Уравнение времени равно среднему времени минус истинное время.

Приближенное значение уравнения времени графически представлено на рисунке 11. Точное его значение дается на каждый день в астрономическом календаре на данный год.

Уравнение времени равно α истинного Солнца минус α среднего Солнца. Звездное время в средний полдень, очевидно, есть прямое восхождение среднего Солнца в средний полдень.

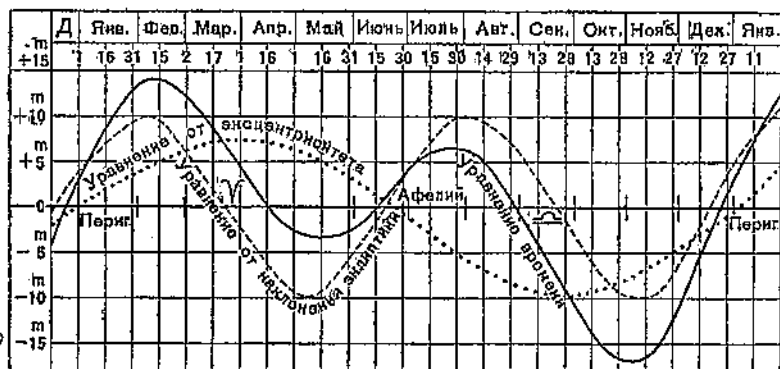


Рис. 11. Изменение величины уравнения времени в течение года.

Перевод звездного времени s в среднее солнечное m был описан в разделе III. Его можно делать также по формуле

$$m = s - s_0 - (3^m 56^s) \frac{m}{24},$$

а перевод солнечного в звездное по формуле

$$s = s_0 + m + (3^m 56^s) \frac{m}{24},$$

где s_0 — звездное время в средний полдень (или в полночь, если счет m идет от полуночи), а m выражается в часах. Превращение интервала звездного времени в интервал среднего солнечного времени и обратно точнее делается по таблицам VI и VII, данным в приложении. Эти таблицы дают как раз величины $m + (3^m 56^s) \frac{m}{24}$ по заданным $s - s_0$, и наоборот.

Все времена, определенные выше, являются местными.

Мировым временем (М. В. или У. Т.) называется среднее гриничское время, считаемое от полуночи.

Пояской (или международный) счет времени условен. Земной шар разбит на 24 часовых пояса, границы которых (за некоторыми исключениями) идут по меридианам, отстоящим друг от друга на 15° . Сере-

дина нулевого пояса совпадает с гриничским меридианом. Середина первого пояса отстоит по долготе от гриничского на 15° (1^h) к востоку, второго пояса на 30° к востоку и т. д. Во всех местностях, лежащих внутри данного пояса, считают время впереди среднего гриничского на столько целых часов, каков номер пояса. Иначе говоря, поясное время местности равно среднему местному времени центрального меридиана данного пояса.

Местное среднее время равно пояскому времени плюс долгота местности от Гринича минус число часов, равное номеру пояса n, т. е.

$$m = T_n + \lambda - n.$$

Декретное время равно пояскому времени плюс 1 час.

Это время сейчас повсеместно принято в СССР. впредь до особого распоряжения правительства.

Линия изменения даты проходит по Тихому океану вблизи 180° долготы от Гринича между Камчаткой и Аляской. Новая дата, например, 1 января 1939 г., прежде всего начинается на этой линии и распространяется к западу. Корабли, пересекая эту линию по пути на запад, один день выбрасывают из счета, например, подъехав к линии 5 марта, следующий день считают 7 марта. При движении же на восток два дня подряд называют одним и тем же числом.

Определение поправки часов производится многими способами. Например, зная прямое восхождение светила α , наблюдают его кульминацию и момент кульминации отмечают по часам. Часы, правильно идущие по звездному времени, должны в этот момент показывать время $s = \alpha$. Если часы идут по среднему пояскому или декретному времени, то надо рассчитать, когда по этому времени должна быть кульминация, и сравнить с тем, что часы показывали фактически.

II.

Простейшим способом проверки часов по Солнцу являются наблюдения солнечным кольцом проф. С. П. Глазенапа. Отмечают по часам моменты до и после полудня, когда изображение Солнца, даваемое отверстием в кольце, падает на один и тот же штрих шкалы внутри кольца. Полусумма этих моментов дает момент истинного полудня по часам. Верные часы должны были бы показывать в этот момент 12^h + уравнение времени. Более точное определение поправки часов требует учета изменения склонения Солнца за промежуток времени между наблюдениями.

Солнечные часы всегда показывают истинное солнечное время. Указателем их является стержень, установленный параллельно оси мира (т. е. в плоскости меридиана под углом к горизонту, равным широте местности). В экваториальных часах тень стержня падает на перпендикулярную к нему поверхность; в горизонтальных часах тень падает на горизонтальную поверхность, а в вертикальных — на вертикальную. На каждой из этих поверхностей заранее радиально чертятся линии (рис. 12), с которыми тень стержня должна совпадать в определенные часы истинного времени. Часовые деления образуют с направлением тени в полдень

для экваториальных часов углы, равные $\pm n 15^\circ$, где n — целое число. Для горизонтальных часов эти углы x находятся по формуле:

$$\operatorname{tg} x = \cos \varphi \operatorname{tg} t,$$

а для вертикальных по формуле:

$$\operatorname{tg} y = \sin \varphi \operatorname{tg} t,$$

где t — соответствующий час истинного времени.

При точных расчетах звездного времени надо брать звездное время в местную полночь по календарю, где это время дается для гриничской полуночи. Если местность имеет долготу к востоку от Гринича λ (в часах), то звездное время в местный полдень равно звездному времени в гриничский полдень — $(3^h 56^m) \frac{\lambda}{24}$.

Рис. 12. Комбинированные солнечные часы. H — циферблат горизонтальных, V — вертикальных, A — экваториальных часов.

Уравнение времени в местный полдень также отличается от такового для Гринича на величину, равную его часовому изменению, умноженному на восточную долготу местности (в часах).

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

227. Если бы небо было всегда покрыто облаками, то как бы мы измеряли время?

228. Каково было бы отношение солнечного времени к звездному, если бы Земля вращалась в направлении противоположном действительному направлению вращения Земли?

229. Разность долгот двух мест равна разности каких времен — солнечных или звездных?

230. В прежнее время считали нулевым меридианом меридиан острова Ферро, и на некоторых картах долготы отмечаются от Ферро. Ферро лежит к западу от Гринича на $17^\circ 40'$. Какова долгота от Гринича места, которое на карте лежит от Ферро на 50° к востоку. Выразить эту долготу во времени.

231. Долгота Новочеркасска относительно Ленинграда $9^\circ 48'$. Какова разность местных времен в этих двух городах?

232. Когда в Гриниче $10^h 17^m 14^s$, в Москве $12^h 47^m 31^s$. Какова долгота Москвы?

233. В Нью-Йорке средний полдень. Какой час в этот момент в Гриниче? (Долгота Нью-Йорка — $4^h 56^m 12^s$ к западу от Гринича.)

234. Средний хронометр, поставленный правильно по местному времени в Алма-Ата, привезен в Пулково. Какая у него будет поправка относительно пулковского среднего времени, если долгота Алма-Ата $5^h 7^m 46^s$, а Пулково $2^h 1^m 19^s$?

235. В Москве полдень, а в Казани в то же время часы показывают $12^h 46^m$. Какова долгота Казани от Гринича, если известно, что долгота Москвы от Гринича $2^h 30^m$?

236. Долгота Москвы от Гринича $37^{\circ}34'$ к востоку. На какой долготе от Гринича находится место, где часы по звездному времени показывают $8^{\text{ч}}45^{\text{м}}$ в то время, когда в Москве $2^{\text{ч}}30^{\text{м}}$?

237. Звездные часы в Вашингтоне и Норсфилде сравнены друг с другом по радио. Разница между ними оказалась $1^{\text{ч}}0^{\text{м}}24^{\text{с}}$ (часы Норсфилда позади). Поправка первых часов равна $-1^{\text{м}}17^{\text{с}}$, а вторых $-2^{\text{м}}39^{\text{с}}$. Долгота Вашингтона $5^{\text{ч}}8^{\text{м}}16^{\text{с}}$ W. Какова долгота Норсфилда?

238. Из Москвы по телеграфу в Горький передали сигнал в $9^{\text{ч}}8^{\text{м}}32^{\text{с}}$ местного звездного времени. В Горьком этот сигнал был получен в $9^{\text{ч}}34^{\text{м}}16^{\text{с}}$ местного звездного времени. Какова разность долгот этих мест в дуге?

239. В Орле по часам, идущим по киевскому звездному времени, наблюдалась в $4^{\text{ч}}48^{\text{м}}$ верхняя кульминация Капеллы ($\alpha = 5^{\text{ч}}10^{\text{м}}$). Какова разность долгот этих городов?

240. В одном из пунктов Средней Азии наблюдалась верхняя кульминация Капеллы (α Возничего) в $2^{\text{ч}}56^{\text{м}}$ по хронометру, показывающему звездное-пулковское время. Прямое восхождение Капеллы $5^{\text{ч}}10^{\text{м}}$. Какова долгота места наблюдения?

241. В момент кульминации в Токио звезды α Ориона ($\alpha = 5^{\text{ч}}51^{\text{м}}$) часы, идущие точно по звездному гриничскому времени, показывают $15^{\text{ч}}9^{\text{м}}$; определить долготу Гринича относительно Токио.

242. В момент кульминации α Волопаса (Арктур) в данном месте звездные часы, привезенные из Пулкова и поставленные точно по пулковскому меридиану, показали $6^{\text{ч}}25^{\text{м}}$; какова долгота места наблюдения от Пулкова?

243. Путешественники заметили, что по местному времени затмение Луны началось в $5^{\text{ч}}13^{\text{м}}$, тогда как по астрономическому календарю это затмение должно было состояться в $3^{\text{ч}}51^{\text{м}}$ по гриничскому времени. Какова их долгота?

244. Затмение Луны 19 января 1935 г. началось в $13^{\text{ч}}54^{\text{м}}$ по мировому времени (по гражданскому гриничскому времени). В котором часу оно началось в Ташкенте по пояскому времени? По времени, переведенному на час вперед (декретному)? По местному гражданскому времени? *Указание:* Долгота Ташкента $4^{\text{ч}}37^{\text{м}}$ к востоку от Гринича. Ташкент находится в V поясе.

245. Экспедиция О. Ю. Шмидта высадилась на лед с затонувшего „Челюскина“ 13 февраля 1934 г. 15 февраля Кренкель подал радиogramму: „Второй день челюскинцы живут на льду. Ночью прояснило. По звездам определили свое местонахождение: $67^{\circ}17'$ северной широты, $172^{\circ}51'$ западной долготы...“. Сколько должны были показывать часы в лагере (по местному времени), когда Кренкель принимал московские сигналы времени, подаваемые в 12 часов дня по времени III пояса? Каково было зенитное расстояние полюса? (Набоков и Воронцов-Вельяминов)

246. 14 июня по наблюдениям на судне, произведенным с секстаном, кульминация Солнца произошла в $8^{\text{ч}}23^{\text{м}}$ по хронометру, показывающему гриничское звездное время. Кульминация произошла при зенитном расстоянии $22^{\circ}2'$ (рефракция учтена). Определить долготу и широту судна, если по морскому астрономическому ежегоднику в этот день и час координаты Солнца были $\alpha = 5^{\text{ч}}26^{\text{м}}$, $\delta = +18^{\circ}25'$.

247. В момент кульминации Солнца верно идущий звездный хронометр показал $9^{\text{ч}}0^{\text{м}}12^{\text{с}}$ местного звездного времени, а отсчет на

круге секстана дал зенитное расстояние Солнца $32^{\circ}4'30''$. По морскому астрономическому ежегоднику координаты Солнца в момент наблюдения были $\alpha = 6^{\text{ч}} 37^{\text{м}} 51^{\text{с}}$ и $\delta = +23^{\circ}10'40''$. Определить местонахождение наблюдателя на земной поверхности.

248. Капитан корабля измерил в истинный полдень 22 декабря зенитное расстояние Солнца и нашел его равным $66^{\circ}33'$. Хронометр, идущий по гриничскому времени, показал в момент наблюдения $8^{\text{ч}} 54^{\text{м}}$ утра. Уравнение времени в этот день было $-9^{\text{м}}$. Показать на земном глобусе место, где находился корабль.

249. Путешественник прибыл в некоторый ненаселенный пункт Крайнего Севера, имея в своем распоряжении таблицы координат (α и δ) звезд, таблицы затмений спутников Юпитера, вычисленные для гриничского времени на текущий год, теодолит и звездные часы, случайно остановившиеся в дороге, но исправные. Описать порядок наблюдений и вычислений, который путешественник должен произвести, чтобы определить свою широту и долготу. (Щербаков)

*250. Примем, что поперечник Москвы равен 20 км. Насколько истинный полдень на восточной окраине города наступает раньше, чем на его западной окраине, если широта Москвы $55^{\circ}45'$?

251. В полдень 3 октября поправка часов была $u = -26^{\text{м}} 34^{\text{с}},67$. Средний суточный ход часов $-1^{\text{с}},61$. Найти поправку часов в $18^{\text{ч}}$ и в $6^{\text{ч}}$ того же числа.

252. Часы 5 января показывали $9^{\text{ч}} 18^{\text{м}} 13^{\text{с}},4$ утра; в полдень 1 января поправка их была $-2^{\text{м}} 6^{\text{с}},5$, суточный ход $+2^{\text{с}},9$. Найти точное время в указанный момент 5 января.

*253. В полдень 3 февраля поправка часов была $+6^{\text{м}} 14^{\text{с}}$. Суточный ход часов $-11^{\text{с}}$. Определить поправку часов в полдень 1 и в полдень 6 февраля.

*254. Поправка часов, определенная помощью солнечного кольца, была

15 июля в $12^{\text{ч}} - 9^{\text{м}} 1^{\text{с}}$,

18 июля в $12^{\text{ч}} - 8^{\text{м}} 40^{\text{с}}$,

20 июля в $12^{\text{ч}} - 8^{\text{м}} 24^{\text{с}}$.

Определить средний суточный ход часов в период с 15 по 20 июля.

*255. В часовом журнале записаны следующие поправки часов, определенные по радиосигналам точного времени:

9 сентября в $6^{\text{ч}} - 2^{\text{м}} 14^{\text{с}}$,

10 сентября в $6^{\text{ч}} - 2^{\text{м}} 21^{\text{с}}$,

14 сентября в $6^{\text{ч}} - 2^{\text{м}} 49^{\text{с}}$.

Определить поправку часов для $6^{\text{ч}} 12$ сентября, для $18^{\text{ч}} 12$ сентября и для $6^{\text{ч}} 16$ сентября.

256. На сколько минут и секунд часы с секундным маятником, идущие правильно в Москве, отставали бы за сутки на экваторе? Ускорение силы тяжести в Москве $g = 9,8156 \text{ м/сек}^2$, на экваторе $g_0 = 9,7810 \text{ м/сек}^2$.

257. Насколько звездные часы опередают часы, идущие по среднему солнечному времени, за $10^h 30^m$ среднего солнечного времени?

258. Какова будет длина звездных суток, выраженная в среднем солнечном времени?

259. Перевести интервал $15^h 11^m 50^s,8$ звездного времени в интервал среднего времени с помощью таблицы VII или без нее.

260. Выразить интервал $22^h 44^m 55^s,1$ звездного времени в единицах среднего времени.

261. Превратить по таблице интервал $5^h 32^m 15^s,48$ звездного времени в интервал среднего солнечного времени.

262. Помощью таблиц выразить интервал $10^h 12^m 5^s,32$ среднего времени в звездном времени. То же для $21^h 22^m 43^s,76$ среднего времени.

263. Превратить интервал $2^h 23^m 24^s,92$ среднего солнечного времени в интервал звездного времени.

264. Выразить 1465 звездных суток в средних солнечных сутках?

265. В котором часу среднего местного времени будет начало звездных суток 1 июля? 20 августа? 5 ноября? (Подсчитать приближенно.)

266. Подсчитать приближенно звездное время в среднюю полночь 1 мая и в полночь 19 июля.

267. Найти звездное время 7 июня в $10^h 0^m$ утра среднего местного времени.

268. Найти звездное время 27 декабря в $3^h 0^m$ вечера среднего местного времени.

269. Найти звездное время 10 мая в $10^h 0^m$ вечера среднего местного времени.

270. Чему равно звездное время в 9 часов вечера среднего местного времени 19 октября? в 4 часа утра среднего местного времени 18 мая?

271. Найти время по II поясу в Курске ($\lambda = 2^h 24^m 51^s$) для момента $18^h 24^m 30^s$ местного среднего времени.

272. Найти гриничское время, соответствующее в Тбилиси поясному $12^h 10^m 30^s$. (Тбилиси находится в III поясе.)

273. В $18^h 46^m 23^s$ гриничского (или мирового) времени 1 мая какое поясное время в Омске (V пояс) и декретное в Якутске (IX пояс), равное его поясному времени плюс один час?

274. В Казани часы, идущие по поясному времени, показывают 25 минут пятого. Сколько в этот момент должны показывать часы по гриничскому времени? Сколько по местному среднему казанскому времени? Долгота Казани $3^h 16^m$ к востоку от Гринича (Казань находится в III поясе).

275. Пользуясь географической картой или земным глобусом, определить, сколько должны показывать часы в гриничский полдень по поясному времени и по местному среднему времени в городах: Ленинграде, Москве, Иркутске, Казани, Киеве, Омске, Куйбышеве, Владивостоке?

276. Определять при помощи географической карты, в каком поясе находится ваш город. Определить, сколько должны показывать часы у вас сегодня в гриничский полдень по поясному времени, по среднему времени и по истинному солнечному времени?

*277. Когда по поясному времени Куйбышева, т. е. по времени III пояса, 22 июня в этом городе (его долгота $3^h 20^m 20^s$) произойдет кульминация Солнца, если в этот день уравнение времени равно $+1^m 20^s$?

278. 15 июля солнечные часы показывают 4 часа дня. Сколько в этот момент должны показывать часы, идущие по местному среднему времени и сколько по звездному?

279. Найти истинное местное время, соответствующее $13^{\text{ч}} 15^{\text{м}} 28^{\text{с}},5$ среднего местного времени в Москве 21 января 1931 г. Уравнение времени в этот момент $+11^{\text{ч}} 13^{\text{с}},97$.

*280. Солнечные часы 8 октября в Москве показывали $3^{\text{ч}} 0^{\text{м}}$ дня. Уравнение времени в этот день было $-12^{\text{м}}$. Какой это был час по декретному московскому времени?

*281. Полное затмение Солнца должно было произойти в Москве ($\lambda = 2^{\text{ч}} 30^{\text{м}}$) в $9^{\text{ч}} 27^{\text{м}}$ гриничского (или мирового) времени. В данный день уравнение времени было $-9^{\text{м}}$. Произошло ли затмение до момента истинного полудня?

*282. 15 августа, когда кульминировал Альтаир ($\alpha = 14^{\text{ч}} 12^{\text{м}}$), по звездным часам обсерватории было $15^{\text{ч}} 18^{\text{м}}$. Могло ли это быть, а если нет, то чем же объяснить расхождение между наблюдениями и теорией?

283. Звезда γ Малой Медведицы ($\alpha = 15^{\text{ч}} 20^{\text{м}} 49^{\text{с}}$) наблюдалась в нижней кульминации, причем звездные часы в это время показывали $3^{\text{ч}} 39^{\text{м}} 33^{\text{с}}$. Какова поправка часов?

284. В момент верхней кульминации β Большой Медведицы ($\alpha = 10^{\text{ч}} 55^{\text{м}} 48^{\text{с}}$) звездные часы показывали $10^{\text{ч}} 55^{\text{м}} 32^{\text{с}}$. Определить поправку часов. Указать, когда по этим неисправленным часам будет кульминация α Большой Медведицы ($\alpha = 10^{\text{ч}} 57^{\text{м}} 34^{\text{с}}$).

*285. Кульминация Прокциона ($\alpha = 7^{\text{ч}} 36^{\text{м}}$) в Москве произошла в ночь с 30 на 31 декабря в $1^{\text{ч}} 15^{\text{м}}$ по часам, идущим, как предполагается, по декретному московскому времени. Какова их поправка?

286. 26 сентября Солнце в Москве восходит по среднему местному времени в $5^{\text{ч}} 51^{\text{м}}$ утра, а заходит в $5^{\text{ч}} 51^{\text{м}}$ вечера. Чему равно в этот день уравнение времени?

287. Каково различие в продолжительности времен от восхода Солнца до 12 часов дня среднего времени и от 12 часов дня среднего времени до захода Солнца в день 1 ноября, когда уравнение времени равно $-16^{\text{м}}$?

288. Каково приблизительно прямое восхождение Солнца в день годовщины Великой Октябрьской социалистической революции 7 ноября, если в этот день уравнение времени равно $-16^{\text{м}}$?

289. Если при кругосветном путешествии в направлении на запад теряют одни солнечные сутки, то теряют ли также и звездные сутки?

290. Чему равно наибольшее возможное число воскресений в феврале и при каких условиях? (Юнг)

291. Каково наибольшее количество выходных дней шестидневки может быть в августе у команды советского парохода, плавающего регулярно через Берингов пролив?

292. Пароход, покинув Йокагаму в субботу 6 ноября, прибыл в Сан-Франциско в среду 23 ноября. Сколько суток он был в пути? (Ресселл)

293. Корабль, покинувший Сан-Франциско утром в среду 12 октября, прибыл в Йокагаму ровно через 16 суток. Какого числа месяца и в какой день недели он прибыл? (Ресселл)

ВТОРОЙ КОНЦЕНТР.

*294. Насколько звездные сутки на Юпитере короче солнечных, если звездный период вращения Юпитера вокруг оси $9^h 50^m 30^s$, а продолжительность его обращения около Солнца 4332,6 средних солнечных суток? Разницу выразить в звездном юпитеровом времени, принимая для его суток деление на 24 часа.

295. Как часто совпадают удары звездного и среднего хронометров, отбивающих полусекунды?

*296. Сколько раз в течение средних солнечных суток секундный удар звездного хронометра совпадает с ударом хронометра, идущего по среднему солнечному времени, если в начале суток удары их совпали? (Ресселл)

297. Средний хронометр сравнен со звездным хронометром, поправка которого была $+0^m 18^s.4$. Определить поправку среднего хронометра, если в моменты совпадения ударов хронометры показывали:

звездный	средний
$5^h 5^m 33^s.5$	$12^h 36^m 50^s.0$
$5 \ 8 \ 34.0$	$12 \ 39 \ 50.0$

и если звездное время в полночь было $16^h 25^m 50^s.48$.

298. За сколько времени звездные часы уходят вперед против средних на 1 секунду?

299. Доказать, что в любом месте существует соотношение

$$s - \alpha + \eta - t = 0,$$

где s — звездное время, α — прямое восхождение Солнца, η — уравнение времени и t среднее время, считаемое от полудня. (Болл)

300. Найти точно среднее местное время, соответствующее $15^h 33^m 15^s.71$ звездного времени в Москве ($\lambda = 2^h 30^m 39^s.60$) 2 июля 1931 г. с помощью таблицы II.

301. С помощью астрономического календаря определить звездное время в $3^h 15^m 4^s$ среднего московского местного времени 15 июля текущего года.

302. Найти среднее местное время в $6^h 43^m 38^s.7$ истинного московского времени 16 июля 1931 г. по таблице II (для Москвы $\lambda = 2^h 30^m 39^s.6$).

303. Найти точно поясное время в Вашингтоне (XIX пояс, $\lambda = 5^h 8^m 15^s.78$ W) в $4^h 22^m 14^s.66$ звездного вашингтонского времени 12 июля 1931 г.

304. 11 февраля по поясному времени Солнце взошло в $7^h 6^m$, зашло в $16^h 24^m$. Чему равна разница между поясным и средним местным временем данного места. Указание: 11 февраля — максимум уравнения времени: $+14^m$.

*305. Часы Кэмбриджской обсерватории, имеющей восточную долготу $22^{\circ}75'$, показывают среднее гриничское время. Каково показание этих часов в момент кульминации западного края Солнца, если в этот момент уравнение времени равно $+6^m 2^s.88$, а продолжительность прохождения солнечного диаметра через меридиан равна $2^m 21^s.24$?

306. Два места, лежащие на разных восточных долготах, лежат на $\varphi = 23^{\circ}30'$ и $\varphi = 42^{\circ}17'$ северной широты. Кратчайшее расстояние

между ними $\alpha = 4079$ км. Который час по местному времени в месте, лежащем восточнее, когда в западном $11^{\text{ч}} 25^{\text{м}}$ утра? Указание: Землю считать за шар с радиусом 6371 км. (Кранц)

307. В Москве ($\varphi = +55^{\circ}45'20''$) 15 мая zenithное расстояние центра Солнца по измерениям со всеми поправками равнялось $65^{\circ}13'20''$, в этот момент средний хронометр показывал $16^{\text{ч}} 51^{\text{м}} 7^{\text{с}}$, склонение центра Солнца $+18^{\circ}50'33''$. Определить поправку хронометра относительно среднего местного времени, пользуясь формулой $\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$. Уравнение времени было $-3^{\text{м}} 47^{\text{с}},5$.

308. Изображение Солнца пересекло один и тот же штрих солнечного кольца 29 июня в $9^{\text{ч}} 35^{\text{м}} 5^{\text{с}}$ и в $14^{\text{ч}} 29^{\text{м}} 41^{\text{с}}$ по часам, идущим по местному времени. Определить поправку часов, если уравнение времени равно $+3^{\text{м}} 10^{\text{с}}$.

*309. 15 марта 1935 г. в Ленинграде Солнце наблюдалось на одном и том же штрихе солнечного кольца проф. Глазенапа до и после полудня в следующие моменты: $9^{\text{ч}} 55^{\text{м}} 26^{\text{с}}$ и $16^{\text{ч}} 18^{\text{м}} 40^{\text{с}}$. Уравнение времени в местный средний полдень было $+9^{\text{м}} 34^{\text{с}}$. Определить поправку часов на местное среднее солнечное время. Определить ее относительно поясного времени (Ленинград находится во II поясе, $\lambda = 2^{\text{ч}} 1^{\text{м}} 29^{\text{с}}$). Определить ее на декретное время.

310. В Ленинграде ($\lambda = 2^{\text{ч}} 1^{\text{м}} 1^{\text{с}}$, II пояс) 1 октября 1928 г. производились наблюдения солнечным кольцом проф. Глазенапа. Отмечены по часам моменты до и после полудня, когда солнечный зайчик одинаковым образом пересекал один и тот же штрих шкалы:

20	$9^{\text{ч}} 13^{\text{м}} 12^{\text{с}}$	$14^{\text{ч}} 27^{\text{м}} 22^{\text{с}}$
20—21	16 30	24 16
21	19 52	20 33
22—22	23 51	16 50

Уравнение времени в полдень было $-10^{\text{м}} 17^{\text{с}}$. Определить поправку часов на среднее местное время и на поясное время.

311. 5 июля 1935 г. близ Ленинграда ($\varphi = 59^{\circ}40',0$) наблюдалось Солнце с помощью солнечного кольца проф. Глазенапа:

№ штриха	До полудня	После полудня
33—34	$8^{\text{ч}} 51^{\text{м}} 34^{\text{с}},0$	$17^{\text{ч}} 12^{\text{м}} 8^{\text{с}},0$
34	53 56 ,4	9 45 ,2
34—35	56 18 ,4	7 26 ,0
35	58 36 ,0	5 7 ,2
35—36	9 0 48 ,4	2 51 ,6
36	3 18 ,0	17 0 26 ,8
36—37	5 30 ,8	16 58 4 ,8
37	7 50 ,0	55 40 ,0
37—38	9 10 21 ,2	16 53 20 ,8

Уравнение времени равно $+4^{\text{м}} 8^{\text{с}},0$. Поправка к наблюдаемому моменту полудня за изменение склонения Солнца в течение наблюдений:

$$\Delta M = -A \delta \operatorname{tg} \varphi + B \delta \operatorname{tg} \delta, \\ \lg \operatorname{tg} \delta = 9,6249.$$

Часовое изменение склонения θ . По календарю в этот день $\lg \theta = 1,1259$, $\lg A = 9,4891$, $\lg B = 9,1850$. Определить поправку часов на среднее местное, поясное и декретное время.

312. В астрономическом календаре напечатано:

Звездное время в средний полдень 21 марта $23^h 56^m 5^s,87$
» » » » » 22 » $0^h 0^m 2^s,42$.

Определить приблизительно среднее время того момента, когда среднее Солнце прошло через точку весеннего равноденствия.

313. Почему послеполуденные части дня начинают удлиняться примерно с 8 декабря, за две недели до зимнего солнцестояния? (Ресселл)

*314. Как изменилась бы (качественно) амплитуда уравнивания времени, если бы наклон эклиптики к экватору возрос до 30° ? Если бы он возрос до 90° ? Эксцентриситет земной орбиты принять равным нулю.

*315. Каковы пределы изменения уравнивания времени на Марсе — больше или меньше, чем на Земле? Наклон оси Марса к плоскости его орбиты 65° , эксцентриситет орбиты 0,093 (эксцентриситет земной орбиты 0,017).

*316. На основании известных данных об орбите Марса скажите, существует ли там надобность в среднем солнечном времени?

*317. Рассчитать циферблат горизонтальных солнечных часов для Архангельска ($\varphi = 64^\circ 34'$) и для Самарканда ($\varphi = 38^\circ 39'$) и сравнить результаты.

318. Рассчитать циферблат горизонтальных солнечных часов для вашего города, вычислив углы, которые тень указателя должна образовывать с полуденной линией в 1 час, 2 часа, 3 часа и т. д. дня, в 11 часов, 10 часов, 9 часов и т. д. утра.

*319. Доказать, что циферблат вертикальных солнечных часов является проекцией циферблата экваториальных часов на вертикальную плоскость.

*320. Рассчитать циферблат вертикальных солнечных часов для Куйбышева ($\varphi = 53^\circ 11'$) и для Ялты ($\varphi = 44^\circ 30'$).

VIII. КАЛЕНДАРЬ.

I.

Календари бывают *солнечные*, *лунные* и *лунно-солнечные*. В основе их лежат следующие периоды:

Тропический год $= 365^d 5^h 48^m 46^s,045 = 365,24220$ средн. солн. сут.

Синодический месяц $= 29^d 12^h 44^m 2^s,9 = 29,53059$ средн. солн. сут.

Каждый календарный месяц и год должны, однако, состоять из целого числа суток. Для согласования календаря с приведенными периодами распространена система так называемого *високоса*, состоящая в том, что в солнечном и лунном календарях в некоторые определенные годы вставляется лишний день, а в лунно-солнечном лишние дни и месяцы.

Древнеегипетский календарь содержал в каждом без исключения году 365 суток.

В юлианском календаре (старом стиле) три года подряд принимаются продолжительностью в 365 суток и четвертый (номер которого без остатка делится на 4) в 366 суток (високосный год). Этот календарь впервые был введен в 45 г. до н. э.

Григорианский календарь (новый стиль), введенный в 1582 г., имеет такую же систему високоса, как и юлианский, за исключением того, что годы целых столетий (например, 1900), у которых число сотен не делится без остатка на 4, считаются не високосными, а простыми. В 1582 г. в этом, более точном календаре, день 5 октября, следовавший за 4 октября, по старому стилю был переименован в 15 октября, так как к этому времени старый стиль отстал на 10 суток. В дальнейшем разница в числах по новому и старому стилям стала расти и сейчас равна 13.

У нас новый стиль введен только после Великой Октябрьской социалистической революции — 1 февраля 1918 г.

Начало счета лет или *эра* даже при пользовании одним и тем же календарем в разных странах бывает различным; вообще говоря, оно произвольно. При решении задач настоящего раздела полезна будет таблица III в приложении.

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

321. Почему в декрете Совнаркома (в 1918 г.) о введении в РСФСР западноевропейского (григорианского) календаря сказано только об изменении чисел, а названия дней недели не нужно было изменять? (Каменьщиков) *Указание:* Объяснить, почему в юлианском и григорианском календарях при разнице в числах нет и не было никогда разницы в названиях дней недели?

322. Сколько суток содержал 1918 год у нас в Российской Социалистической Федеративной Советской Республике? (Каменьщиков)

323. Можно ли создать календарь, абсолютно точный в течение неограниченного промежутка времени?

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

*325. В 1937 г. весеннее равноденствие произошло 21 марта в 18^ч 58^м гриничского времени. Указать даты и моменты весеннего равноденствия в 1938 г., в 1939 г., в 1940 г., в 1941 г., в 1942 г.

326. Какова ошибка египетского календаря, по которому год равнялся 365 суткам? Когда придется весеннее равноденствие по этому календарю через 100 лет? Когда весеннее равноденствие придется на осень (приблизительно)?

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

328. Когда по современному календарю исполнилось столетие со дня восстания декабристов (14 декабря 1825 г. старого стиля)?

329. Ньютон родился 25 декабря 1642 г. по старому стилю. Какое это было число по новому стилю?

330. Какое число по новому стилю соответствует 28 февраля 2445 г. юлианского календаря?

331. Через сколько времени летнее солнцестояние по юлианскому календарю придется на 21 марта?

332. Какова продолжительность „григорианского года“ и какова его неточность?

333. Каких размеров достигнет ошибка григорианского календаря через 100, через 500 и через 1000 лет? Когда будет наступать весеннее равноденствие через эти промежутки времени?

334. Астроном Медлер в Дерпте (1794—1874) предложил ввести календарь, по которому следует в каждые 128 лет принять 31 високосный год, т. е. каждые 128 лет пропускать один високос. Определить продолжительность года в календаре Медлера и величину ошибки его летоисчисления.

335. Какова неточность мусульманского лунного календаря, содержащего на каждые 30 лет 19 лет по 354 дня и 11 лет по 355 дней?

336. В XI в. в Персии был введен календарь, в основу которого положен цикл в 33 года; в этом цикле считалось 25 простых и 8 високосных годов. Определить продолжительность года и ошибку персидского календаря.

337. Древний афинский астроном Метон (в V в. до н. э.) открыл период, по истечении которого новолуния и полнолуния приходятся опять на прежние числа года солнечного календаря. Определить, какова была продолжительность этого, так называемого „метонова цикла“ или „круга Луны“, зная среднюю продолжительность синодического месяца и тропического года.

*338. Ведя счет лет от Великой Октябрьской социалистической революции, указать, какой будет год 1 ноября 1948 г.

*339. В каком году Вы родились, если вести счет лет со дня Великой Октябрьской социалистической революции. В каком году по этому счету лет родился Ваш отец?

340. В феврале 1920 г. было пять воскресных дней. Когда был такой же случай раньше?

*341. 1353 год мусульманской эры начался 16 апреля 1934 г. Какой год, согласно этой эре и мусульманскому календарю, будет 16 апреля 1968 г?

*342. Известно, что 1227 г. мусульманской эры начался 20 июля 1860 г. и что 34 мусульманских лунных года равны нашим 33 годам. В каком году нашей эры числовое название года нашей эры совпадает с таковым мусульманского календаря?

IX. ВОСХОД И ЗАХОД СВЕТИЛ.

I.

Задачи первого концентрa не требуют никаких пояснений.

II.

В местности с широтой φ zenithное расстояние z светила, имеющего часовой угол t и склонение δ , определяется формулой:

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t. \quad (1)$$

В момент восхода и захода светила его $z = 90^\circ$, а $\cos z = 0$, в силу чего из предыдущей формулы получаем

$$\cos t = -\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta, \quad (2)$$

что дает часовой угол t , который для восхода надо брать со знаком минус и для захода со знаком плюс (поскольку это уравнение имеет два корня: $+t$ и $-t$). Звездное время восхода и захода $s = t + \alpha$, где α — прямое восхождение светила. В случае Солнца t , очевидно,

представляет непосредственно местное истинное солнечное время (считаемое от полудня) восхода и захода. Чтобы получить среднее местное время, надо к t прибавить уравнение времени на данный день.

Из формулы преобразования горизонтальных координат в экваториальные

$$\sin \delta = \sin \varphi \cos z - \cos \varphi \sin z \cos A \quad (3)$$

при $\cos z = 0$ получаем

$$\cos A = -\frac{\sin \delta}{\cos \varphi}, \quad (4)$$

что дает азимут точек восхода и захода. Восходу соответствует $A > 180^\circ$ (так как и это уравнение имеет два решения).

Рефракция поднимает светило над горизонтом и так как около горизонта рефракция равна $35'$, то в момент видимого восхода и захода светила его истинное зенитное расстояние равно не 90° , а $90^\circ 35'$. В соответствии с этим формулы (2) и (4) усложняются и, например, из формулы (1) мы получаем:

$$\cos t = \cos 90^\circ 35' \sec \varphi \sec \delta - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta.$$

Для Луны и Солнца моментом восхода и захода считается момент восхода и захода их верхнего края. Так как угловой радиус Луны и Солнца равен $16'$, то в эти моменты зенитное расстояние центра этих светил (к которым и относится значение δ , даваемое в астрономическом календаре) равно $90^\circ 35' + 16' = 90^\circ 51'$ (с учетом рефракции). Заменяя $\cos 90^\circ 51'$ его значением $-0,0145$, получаем:

$$\cos t = -(0,0145 \sec \varphi \sec \delta + \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta) \quad (5)$$

и

$$\cos A = \operatorname{tg} \varphi \operatorname{ctg} 90^\circ 51' - \frac{\sin \delta}{\cos \varphi} \sin z,$$

или

$$\cos A = -0,0148 \operatorname{tg} \varphi - \frac{\sin \delta}{\cos \varphi}. \quad (6)$$

На момент восхода и захода Солнца и Луны влияет еще явление, так называемого суточного параллакса. Однако для Солнца это требует уменьшения его зенитного расстояния при вычислении всего лишь на $9''$. Учет этого явления не имеет, таким образом, смысла, поскольку рефракция у горизонта известна с меньшей точностью. Для Луны при учете параллакса z должно быть уменьшено еще на $57'$. Однако задач на вычисление восхода Луны мы не приводим, ибо вследствие ее быстрого движения склонение Луны приходится интерполировать по таблицам календаря, отдельно для восхода и для захода, и в целом эта задача слишком трудна для начинающих.

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

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

344. Может ли звезда взойти на северо-востоке? а зайти на северо-западе? а зайти на юго-западе?

345. Светило имеет склонение 0° . Определить его азимуты в моменты восхода и захода.

346. Если звезда взошла в точке северо-востока, то в какой точке горизонта она зайдет? Чему равны азимуты точек ее восхода и захода?

347. Между какими точками горизонта восходят и заходят звезды, видимые над горизонтом менее 12 часов? более 12 часов?

348. В какое время дня 21 сентября восходит комета, прямое восхождение которой 4^h , а склонение 0° ?

349. Каков азимут Солнца в момент его восхода на земном экваторе 21 марта? 22 июня? 23 сентября? 22 декабря?

350. В каких широтах 13 ноября Солнце не восходит, если в этот день его полярное расстояние 108° ?

351. Начиная с какой географической параллели, вечерние и утренние астрономические сумерки почью не сливаются друг с другом? *Указание:* Астрономические сумерки оканчиваются, когда Солнце опускается под горизонт на 18° . Гражданские сумерки оканчиваются, когда Солнце опускается под горизонт на 6° .

352. Какова географическая широта, на которой начинаются белые ночи (т. е. гражданские сумерки не кончаются)?

353. Доказать, что в любом месте северного полушария Земли продолжительность дня, включая гражданские сумерки, дольше 12 часов, пока склонение Солнца больше 18° . (Болл)

ВТОРОЙ КОНЦЕНТР.

*354. Проследить по астрономическому календарю, сколько суток тянется полярная ночь, не освещаемая светом сумерек (гражданских) на Северном полюсе. *Указание:* Рефракцию не учитывать.

*355. Где длиннее день 27 августа — в Гриниче или в Иркутске, если их широты одинаковы, но по долготе Иркутск восточнее на $6^h 57^m$?

*356. В некотором году Солнце прошло через точку весеннего равноденствия в 6 часов вечера по гриничскому времени 12 марта. В один и тот же ли момент местного времени взошло Солнце 21 марта в Лондоне и в Иркутске? *Указание:* Учесть изменение склонения Солнца.

357. Каковы приблизительно часовой угол и азимут точек восхода и захода звезды δ Орiona в Мурманске ($\varphi = 68^\circ 59'$) и в Ташкенте ($\varphi = 41^\circ 20'$), если склонение звезды $-0^\circ 21'$.

358. Определить без учета рефракции звездное время и азимуты восхода и захода звезды ϵ Близнецов ($\alpha = 6^h 39^m, 7$, $\delta = +25^\circ 12'$) в Москве ($\varphi = 56^\circ 46'$).

359. Определить для Пулково ($\varphi = 59^\circ 46', 3$) звездное время и азимут точки восхода Веги ($\alpha = 18^h 34^m 36^s$, $\delta = +38^\circ 43', 6$).

360. Вычислить момент восхода Сприуса ($\alpha = 6^h 42^m$, $\delta = -16^\circ 37'$) в Москве ($\varphi = 55^\circ 45'$) 22 октября 1931 г. по поясному времени (без учета рефракции).

361. Вычислить звездное и среднее местное время восхода звезды α Малого Пса ($\alpha = 7^h 34^m 29^s$, $\delta = 5^\circ 27', 5$) в Ленинграде ($\varphi = 59^\circ 56', 5$) 3 апреля (без учета рефракции).

362. Вычислить часовой угол и азимут точек восхода и захода в Пулково ($\varphi = 59^\circ 46', 3$) звезды Регул ($\alpha = 10^h 4^m 42^s$, $\delta = +12^\circ 18', 3$). Сколько времени звезда остается над горизонтом? Когда по среднему солнечному времени произойдут ее восход и заход 20 апреля, если звездное время в полночь этого числа $13^h 48^m 8^s$.

*363. Звезда находится 16 часов под горизонтом Москвы ($\varphi = 55^{\circ}45'$) и 8 часов над горизонтом. Определить приблизительно азимут точки ее захода и ее склонение.

*364. Азимут звезды в момент ее захода равен 30° . Вычислить ее склонение, продолжительность ее видимости над горизонтом и ее высоту в кульминации для наблюдателя, находящегося в Воронеже ($\varphi = 51^{\circ}7'$).

365. Доказать, что если суточная параллель звезды при ее восходе образует с горизонтом угол ψ , то

$$\cos \psi = \sin \varphi \sec \delta,$$

где φ — широта местности, а δ — склонение звезды. (Смарт)

*366. Показать, как анализ формулы $\cos t = -\operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \varphi$ приводит к выводам относительно обстоятельств суточного пути Солнца в разное время года на полюсах, на полярных кругах, в средних широтах и на экваторе Земли.

367. 21 июня склонение Солнца $\delta = 23^{\circ}30'$. На какой широте день в эти сутки равен только трем часам?

368. Вычислить продолжительность дня и среднее местное время восхода и захода верхнего края Солнца по точным формулам для Ростова-на-Дону ($\varphi = 47^{\circ}13'0''$; $\lambda = 2^{\circ}38'9''$) 24 мая, если в это время склонение Солнца $\delta = 20^{\circ}37'2''$. Указание: Учесть влияние рефракции.

369. Вычислить продолжительность самого длинного и самого короткого дня в Ленинграде ($\varphi = 59^{\circ}57'$), в Москве ($\varphi = 55^{\circ}45'$), в Самарканде ($\varphi = 28^{\circ}39'$). Какая существует зависимость между длиной самого длинного и самого короткого дней в данном месте?

370. Вычислить точные моменты восхода и захода верхнего края Солнца по местному времени в самый длинный и самый короткий день для Ленинграда, Москвы и Самарканда.

371. 4 мая склонение Солнца δ равно $+15^{\circ}0'7''$. Наблюдения показали, что в этот день Солнце зашло через $7^{\text{ч}}25^{\text{м}}$ звездного времени после своей верхней кульминации. Какова географическая широта места наблюдения? (Крани)

372. Когда Солнце опускается под горизонт на 18° , наступает полная ночь (кончаются астрономические сумерки). Через сколько времени (приблизительно) после захода Солнца наступает ночь во время равноденствия на земном экваторе? под широтой 45° ? под широтой 60° ?

373. Вычислить продолжительность астрономических сумерек в Ленинграде ($\varphi = 59^{\circ}56'5''$) 25 марта, когда склонение Солнца было $+2^{\circ}1'9''$.

374. Найти северную широту, при которой, благодаря влиянию рефракции, день удлиняется на 16 мин. при склонении Солнца 0° . (Смарт)

375. Доказать, что на северном полярном круге суточное смещение точки захода Солнца равно изменению его долготы за сутки. (Болл)

376. В каком месте Земли азимут точки восхода Солнца, отсчитываемый от ближайшей точки меридиана, в течение всего года равен $90^{\circ} - l$, либо $270^{\circ} - l$, где l — долгота Солнца? (Болл)

377. На полярном круге ($\varphi = 66^{\circ}33'$) в течение одного полугодия восход Солнца приходится ежедневно на один и тот же час звездного времени; в течение другой половины года то же имеет место для солнечного захода. Доказать это без помощи тригонометрических вычислений и выяснить детали явления. Чему равно это неизменное звездное время солнечного восхода (захода)? Как в этот момент располагается

эклиптика? В какой день года и каким образом постоянное звездное время восхода Солнца сменяется постоянством звездного времени захода? Как изменяется на полярном круге продолжительность дня и ночи в течение года? В каком месте Земли в течение полугодия звездное время восхода Солнца равно 18^h , а в течение второго полугодия заход Солнца происходит в то же время?

378. Доказать, что на широте 45° промежуток времени от того момента, когда азимут звезды равен 90° до момента ее захода есть величина постоянная для всех звезд. (Смарт)

***379.** Взяв формулу, определяющую косинус зенитного расстояния по известным δ , t и φ , вывести формулу, дающую увеличение часового угла Солнца в зависимости от увеличения его зенитного расстояния, при восходе или заходе Солнца. *Указание:* Продифференцировать формулу.

***380.** Из формул преобразования экваториальных координат в горизонтальные и обратно

$$\begin{aligned}\sin \delta &= \sin \varphi \cos z - \cos \varphi \sin z \cos A, \\ \sin z \cos A &= -\cos \varphi \sin \delta + \sin \varphi \cos \delta \cos t\end{aligned}$$

вывести формулы, определяющие зенитное расстояние и момент (по звездному времени) прохождения светила через первый вертикал.

381. Определить высоту звезды Денеб ($\alpha = 20^h 39^m 5^s$, $\delta = +45^\circ 2' 0''$) и звездное время в момент ее прохождения через первый вертикал в Пулковке ($\varphi = 59^\circ 46' 3''$) по формулам, данным в ответе к предыдущей задаче. Вычислить эти же величины для звезд η Волопаса ($\alpha = 13^h 51^m 4^s$, $\delta = +18^\circ 45'$) и ι Возничего ($\alpha = 4^h 52^m 5^s$, $\delta = +33^\circ 4'$) для Москвы ($\varphi = 55^\circ 45'$).

Х. ПРЕЦЕССИЯ.

Под действием притяжения Луной и Солнцем избытка массы вдоль земного экватора (вызванного сжатием Земли у полюсов) ось Земли, не меняя своего наклона к эклиптике, описывает в пространстве коническую поверхность с периодом около 26 000 лет. Это явление называется *прецессией*. Как следствие этого, полюс мира перемещается среди звезд на небесной сфере по кругу радиусом $23^\circ 27'$ с центром в полюсе эклиптики, находящемся в созвездии Дракона ($\alpha = 18^h$, $\delta = 66^\circ 33'$). Точка весеннего равноденствия перемещается поэтому по эклиптике на $50'' 24$ в год, навстречу Солнцу (к западу). Прецессия иначе называется еще *предварением равноденствий*, так как благодаря ему равноденствия наступают раньше, чем было бы в случае неподвижной оси.

Период между двумя прохождением Солнца через точку весеннего равноденствия называется *тропическим годом* (365,2422 суток).

Полный период обращения Земли вокруг Солнца по отношению к звездам называется *звездным* или *сидерическим годом*; благодаря предварению равноденствий, он длиннее тропического (365,2564 суток).

Период между двумя прохождением Земли через перигелий называется *аномалистическим* годом. Он не равен звездному (он равен 365,2596 суток), потому что большая ось земной орбиты сама медленно вращается в пространстве относительно звезд.

Вследствие прецессии долготы всех звезд увеличиваются ежегодно на $50'' 24$, а широты остаются без изменения. Экваториальные коорди-

наты звезд α и δ обе меняются благодаря прецессии. Для учета этих изменений вычислены таблицы. Такая таблица IX дана в приложениях.

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

382. За сколько лет, вследствие прецессии, полюс мира опишет дугу в 5° ?

*383. Удачны ли в наше время названия „тропик Рака“ и „тропик Козерога“?

*384. В каком созвездии через 13 000 лет будет находиться точка весеннего равноденствия?

*385. Какие два условия, каждое само по себе, были бы достаточны для прекращения явления прецессии?

386. Созвездие Южной Короны имеет приблизительные координаты: $\alpha = 18^\circ$, $\delta = -40^\circ$; созвездие Ориона: $\alpha = 6^\circ$, $\delta = 0^\circ$. Каковы условия видимости этих созвездий в Москве в настоящее время? Как изменятся их координаты и условия видимости через 13 000 лет?

387. Выяснить, какие созвездия, видимые в настоящее время в Ташкенте, через 13 000 лет окажутся там невидимыми.

*388. Определить с помощью небесного глобуса, какие созвездия не были видны на месте современного Ленинграда 6000 лет назад, когда в древнем Вавилоне начались первые систематические наблюдения над движением планет.

ВТОРОЙ КОНЦЕНТР.

389. Была ли бы прецессия, более быстрой или более медленной, если бы Земля была более сплюснутой? Если бы Луна находилась ближе? Если бы Земля была плотнее? Если бы она вращалась быстрее?

390. Величина сидерического года равна 365,25636 средних суток. Найти известную величину тропического года, зная, что точка весеннего равноденствия, вследствие прецессии, движется навстречу Солнцу по эклиптике в год на $50''{,}2$.

*391. Влияет ли прецессия на сравнительный солярный (т. е. обусловленный лишь астрономическими причинами) климат северного и южного полушарий Земли?

*392. Эклиптические координаты звезды в некоторый момент были $\lambda = 359^\circ 17' 44''$, $\beta = -17^\circ 35' 37''$. Определить ее координаты для момента, предшествующего данному на 10 лет; на 100 лет; для момента через 100 лет.

*393. Как влияет (качественно) явление прецессии на изменение экваториальных координат звезд: прямое восхождение и склонение?

*394. Для каких звезд на небесной сфере изменение прямого восхождения, вследствие прецессии, является наиболее быстрым?

*395. В известном звездном каталоге „Боннское обозрение неба“ для равноденствия 1855 г. приведены следующие координаты звезды 6,4 зв. величины: $\alpha = 22^\circ 7' 0''$, $\beta = +27^\circ 53' 7''$. С помощью таблицы IX годичной прецессии определить ее координаты для равноденствия 1810 г. и 1900 г. Сравнить разность полученных координат с угловым диаметром Луны ($32'$).

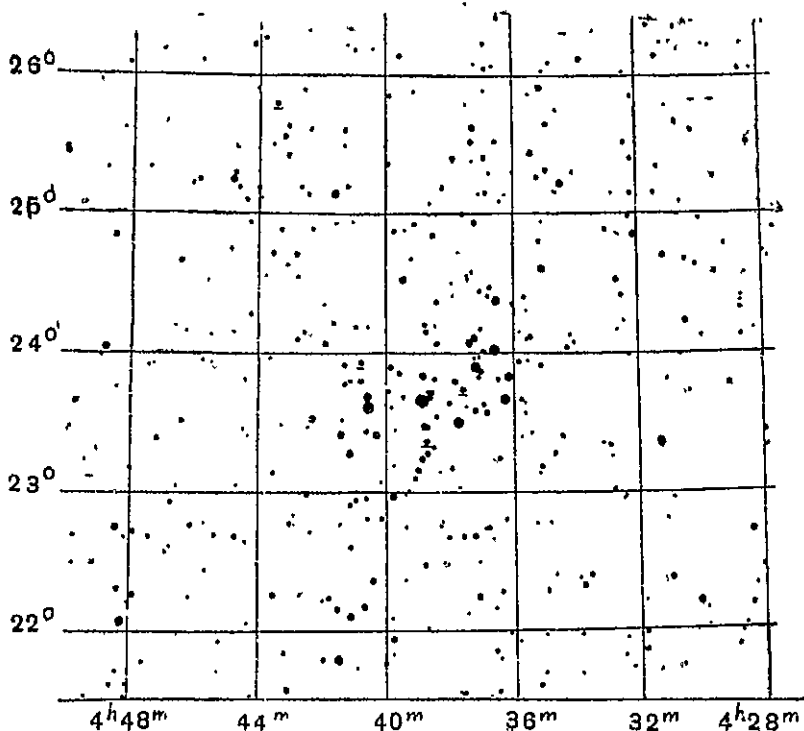


Рис. 13. Карта звездного скопления Плеяд. Координатная сетка для 1855 г.

396. Даны координаты звезд на 1855 г.:

Звезда 5,2 величины: $\alpha = 10^h 54^m 27^s$, $\delta = -1^\circ 42',1$

Звезда 4,5 величины: $\alpha = 3^h 37^m 43^s$, $\delta = +23^\circ 29',4$

δ Цефея: $\alpha = 22^h 23^m 48^s$, $\delta = +57^\circ 40',4$

ο Кита: $\alpha = 2^h 12^m 1^s$, $\delta = -3^\circ 38',5$

По таблицам прецессии определить их координаты для 1930 г. Найти эти звезды в большом атласе проф. Михайлова, где сетка координат дана для 1900 г.

397. В начале 1940 г. координаты трех звезд звездного скопления Плеяд будут таковы: $\alpha = 3^h 38^m 52^s,3$; $\delta = +23^\circ 50',8$ (7,0); $\alpha = 3^h 38^m 52^s,9$; $\delta = +23^\circ 39',3$ (3,2); $\alpha = 3^h 40^m 39^s,2$; $\delta = +23^\circ 57',1$ (8,0). В скобках указана яркость звезды в звездных величинах. Учтя прецессию по таблице IX, найти эти звезды на карте Плеяд из «Боннского обозрения неба» (рис. 13), где сетка координат начерчена для 1855 г.

398. Дана продолжительность:

тропического года	365,2422	средн.	солн.	сут.
звездного года	365,2564	»	»	»
аномалистического года	365,2596	»	»	»

Определить по этим данным величину и направление прецессии и векового перемещения перигелия.

С помощью небесного глобуса можно решить наглядным образом множество задач. Для этого, однако, глобус должен быть помещен внутри подвижной армиллярной сферы (рис. 14). Если глобус выполнен аккуратно, он дает ответы с точностью не менее 1° .

Глобус вращается на оси PP' внутри кольца PZS , изображающего меридиан и поддерживаемого снизу упором Z' , изображающим надир. Z — зенит. NWS — круг горизонта, разделенный на градусы; по нему от точки S к точке W отсчитываются азимуты. Высоты отсчитываются от круга горизонта по разделенной на градусы дуге ZQ , вращающейся на оси, скрепленной с зажимом R , который можно укрепить в любой точке круга меридиана. (Если дуги нет, ее можно заменить бумажной полоской, разделенной на градусы.) Круг меридиана также разделен на градусы (0° на линии небесного экватора, изображенной на глобусе). Если зажим R закреплен в точке, отстоящей по кругу меридиана на 90° от точек S и N , то Z будет зенит, а дуга ZQ — круг высоты. Если зажим укреплен над точкой P , то дуга RQ изображает круг склонения (часовой круг) и по ней можно отсчитывать склонения. Впрочем, склонения и прямые восхождения светил отсчитываются прямо по координатной сетке, нанесенной на глобусе. На горизонте N — точка севера, W и E (не видна на чертеже) — точки запада и востока. Круг WA на глобусе — экватор и A — точка экватора. Часовые

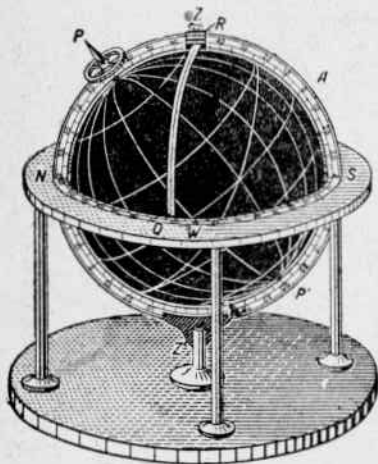


Рис. 14. Небесный глобус.

углы светил отсчитываются по координатной сетке глобуса, как углы, заключенные между южной частью PZS меридиана $NZAS$ и подвижной дугой RQ (кругом склонения), закрепленной тогда над точкой P и установленной так, чтобы она проходила через светило. Часовой угол можно отсчитывать и от точки A к точке W по экватору — до его пересечения с упомянутой дугой.

Установка глобуса так, чтобы он изображал расположение звездного неба и небесной сферы относительно горизонта наблюдателя, находящегося на широте φ , производится вращением круга меридиана с глобусом в своей плоскости, пока дуга NP не станет равна φ . Назовем это установкой глобуса по широте.

1. Установить расположение созвездий относительно горизонта и меридиана наблюдателя в данный час звездного времени s . Установив глобус по широте, вращаем его внутри круга меридиана, пока круг

склонения, начерченный на глобусе и проходящий через точку экватора, прямое восхождение которой $\alpha = s$, не совпадает с дугой меридиана PSA . (Если s не равно целому числу часов, круг склонения проводим мысленно, пользуясь делениями на экваторе.)

II. Решить ту же задачу для момента солнечного времени t в данный день. Вычисляем сначала звездное время s , соответствующее солнечному времени t в данный день, и поступаем, как было сказано в задаче I.

III. Определить высоту светила в верхней и в нижней кульминации. Устанавливаем глобус для данной широты. Глобус вращаем на оси PP' до тех пор, пока светило не станет под дугой PZS (верхняя кульминация) или под дугой PN (нижняя кульминация). Высоту для этого положения отсчитываем по кругу меридиана от горизонта до светила.

IV. Определить предельное склонение незаходящих и невосходящих звезд. Устанавливаем глобус по широте. Наименьшее склонение незаходящих звезд отсчитываем по кругу меридиана от экватора до точки N . Наибольшее склонение невосходящих звезд отсчитываем по кругу меридиана от экватора до точки S .

V. Определить, видно ли данное светило в данной местности. Устанавливаем глобус по широте. Найдя на глобусе светило, вращаем глобус и следим за тем, поднимается ли оно когда-либо выше горизонта.

VI. Определить широту местности, на которой светило становится видимо или невидимо. Найдя светило на глобусе, устанавливаем его под кругом меридиана и вращаем последний вместе с глобусом, пока светило не совпадет с точкой S .

VII. Изучить характер суточного движения разных светил на данной географической широте. Устанавливаем глобус по широте и вращаем его вокруг оси, следя за тем, как то или иное светило движется относительно горизонта, зенита и т. п.

VIII. Найти точку небесной сферы, где находится Солнце в данный день. Находим координаты α и δ Солнца по календарю и по ним находим эту точку среди созвездий, пользуясь координатной сеткой глобуса. Если календаря нет, то умножаем $59'$ (среднее суточное смещение Солнца по эклиптике) на число дней, протекающих от 21 марта до данного дня года. Полученное число градусов отсчитываем на глобусе от точки весеннего равноденствия Υ вдоль эклиптики против часовой стрелки. Солнце будет находиться в точке, найденной таким образом.

IX. Перевести экваториальные координаты в горизонтальные для данной широты в данный момент (или найти h и A светила в данный момент на широте φ). Устанавливаем глобус, как сказано в задачах I или II; установив зажим дуги RQ в точке Z (не сдвинув глобуса), непосредственно отсчитываем h и A светила, которое предварительно находим на глобусе.

X. Определить часовой угол, солнечное время и азимуты точек восхода и захода светила. Устанавливаем глобус по широте. Находим на глобусе светило и, вращая глобус вокруг оси, приводим светило в совпадение с кругом горизонта (в положении восхода или захода). Азимут этой точки отсчитываем по кругу горизонта. Часовой угол отсчитываем по экватору от точки A до его пересечения с дугой RQ , устанавливаемой для этого так, чтобы он прошел через точку восхода (захода), и закрепленной зажимом над полюсом мира P . Полученный

1

часовой угол, прибавленный к прямому восхождению данного светила α , дает звездное время s восхода (захода), которое переводится в солнечное путем обычного расчета. Можно также, зная, где на небесной сфере в данный день находится Солнце, найдя эту точку на глобусе, отсчитать, подобно предыдущему, часовой угол Солнца (удерживая светило в положении восхода или захода) — это и будет солнечное (местное и истинное) время восхода или захода светила. Истинное местное время восхода или захода самого Солнца равно часовому углу точек его восхода и захода, отсчитанному, как это было указано выше.

XI. *Перевод α и δ светила в его λ и β (долготу и широту).* При любом положении глобуса устанавливаем полюс эклиптики (отмеченный на глобусе) под кругом меридиана. Над этой точкой закрепляем зажим дуги RQ и поворачиваем последнюю так, чтобы она прошла через наше светило, которое мы предварительно нашли на глобусе по заданным его α и δ . Не трогая глобуса, отсчитываем от эклиптики по дуге RQ расстояние до светила (т. е. его β), λ отсчитываем от точки весеннего равноденствия против часовой стрелки по эклиптике до ее пересечения с дугой RQ . (Не забывать, что зажим дуги RQ при этом все время должен находиться над полюсом эклиптики.) Отсюда ясно, как решается и обратная задача нахождения α и δ по λ и β .

XII. *Определить время кульминации светила в данный день.* Вращая глобус, ставим данное светило под круг меридиана. Если кульминация верхняя, то она происходит в момент звездного времени $s = \alpha$, где α — прямое восхождение нашего светила, данное или отсчитываемое по сетке глобуса. s переводят в солнечное время обычным образом. Однако, если знать, где на глобусе в этом его положении (и в данный день) находится Солнце, то его часовой угол, отсчитанный по глобусу, и будет солнечным временем момента кульминации светила.

XIII. *Найти звездное время, соответствующее данному среднему.* Отмечаем на экваторе точку, отстоящую от точки весеннего равноденствия Υ на $59'$, умноженные на число дней, прошедших от 22 марта до данного дня года. Вращая глобус на оси, приводим эту точку в положение, когда ее часовой угол равен данному среднему времени. Соответствующее звездное время получим, отсчитав по экватору дугу $A\Upsilon$ (часовой угол точки весеннего равноденствия) при этом положении глобуса.

XIV. *Найти день, когда на данной широте Солнце восходит в заданном часу.* Устанавливаем глобус по широте. Находим точку эклиптики, в которой она пересекает горизонт в той его точке, где его пересекает круг склонения, соответствующий заданному часовому углу. Искомый день года равен 22 марта плюс число дней, равное дуге эклиптики от точки Υ до этой точки (отсчет против часовой стрелки), деленной на $59'$. Другой день, отвечающий задаче, найдем, повернув глобус вокруг оси, пока в описанное положение на горизонте не попадет другая точка эклиптики.

Помимо перечисленных с помощью небесного глобуса можно решить много других задач, например, задачи 387 и 388 из отдела прецессии.

Вместо глобуса можно применять различные графические приемы, например, сетку Вульфа, сетки Каврайского и др. Простейшие из таких способов — способ поворота кругов и способ небесной планисферы —

описаны Каменьщиковым в его „Сборнике астрономических задач“, однако, они дают ответы с гораздо меньшей точностью.

Решить с помощью небесного глобуса следующие задачи, приведенные ранее (помня, что глобус дает ответы с малой точностью):

- II. Небесная сфера: 14, 20, 24, 25, 26, 28, 29, 31, 33.
- III. Системы координат: 37—46, 48, 55—73, 75, 85—98.
- IV. Кульминации светил: 104—128, 130—132, 142—161, 168.
- IX. Восход и заход светил: 343—353, 357—364, 367—373.

XII. ДВИЖЕНИЕ ПЛАНЕТ.

I.

Планеты движутся вокруг Солнца по эллиптическим орбитам, которые при решении многих задач можно считать круговыми и лежащими в плоскости эклиптики. Орбиты планет Меркурия и Венеры лежат внутри, орбиты Земли, это *внутренние* (или *нижние*) планеты. Осталь-

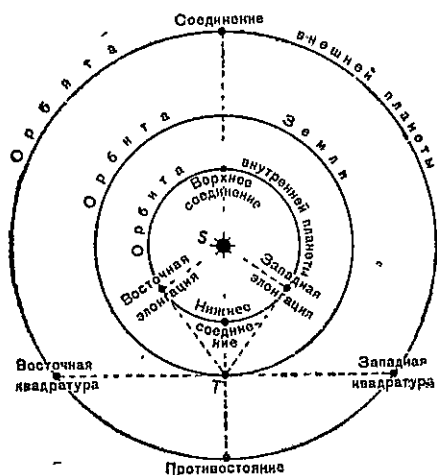


Рис. 15. Планетные конфигурации.

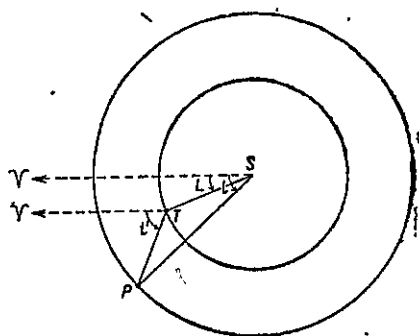


Рис. 16. Гелиоцентрические и геоцентрические долготы планет.

ные планеты — *внешние* (или *верхние*) — дальше от Солнца, чем Земля. Расстояние Земли от Солнца равно 149 500 000 км; его называют *астрономической единицей*. Меркурий никогда не бывает виден от Солнца далее, чем на 27° , а Венера далее, чем на 48° . Поэтому эти планеты видны то как утренние, то как вечерние звезды — на востоке перед восходом Солнца или на западе после его захода. Различные характерные взаимные расположения планет относительно Земли и Солнца (планетные конфигурации) показаны на рисунке 15, на котором положение Земли отмечено буквой *T* и надписаны названия этих конфигураций.

Если из Солнца провести прямую $S\gamma$ (рис. 16) по направлению к точке весеннего равноденствия, то угол между нею и направлением от Солнца к планете (SP), угол $\gamma SP = l$, отсчитываемый от $S\gamma$ против часовой стрелки, называется *гелиоцентрической долготой планеты*.

Для внутренней планеты, если обозначить через L гелиоцентрическую долготу Земли T ,

$$\begin{aligned} \text{в нижнем соединении} \quad l - L &= 0^\circ, \\ \text{в верхнем соединении} \quad l - L &= 180^\circ, \\ \text{в западной элонгации} \quad l - L &= 90^\circ - \theta, \\ \text{в восточной элонгации} \quad l - L &= 270^\circ + \theta, \end{aligned}$$

где θ — наибольшее видимое угловое удаление планеты от Солнца.

$$\begin{aligned} \text{Для внешней планеты в противостоянии} \quad l - L &= 0^\circ, \\ \text{в соединении} \quad l - L &= 180^\circ. \end{aligned}$$

Угол при Земле γTP между направлениями с Земли к точке весеннего равноденствия $T\Upsilon$, (параллельным $S\Upsilon$) и к планете P , отсчитываемый против часовой стрелки, называется геоцентрической долготой планеты l' . Он определяется в задачах этого раздела графически, для чего, зная l и L , отмечают положения планеты и Земли на их орбитах, произвольно проводя линию $S\Upsilon$. Радиусы кругов, изображающих орбиты, должны быть построены в одинаковом масштабе. Из Земли проводят прямую $T\Upsilon$, параллельную $S\Upsilon$, и, соединив T с P , угол l' измеряют транспортиром.

Гелиоцентрические долготы планет для определенных дней года ежегодно печатаются в астрономическом календаре.

Если S — период обращения планеты около Солнца (звездный период) и T — продолжительность года, то P — промежуток времени между двумя одноименными конфигурациями планеты (синодический период) — связан с ними уравнением синодического движения:

$$\text{для внутренней планеты} \quad \frac{1}{S} - \frac{1}{T} = \frac{1}{P},$$

$$\text{для внешней планеты} \quad \frac{1}{T} - \frac{1}{S} = \frac{1}{P}.$$

P , — например, промежуток времени между двумя оппозициями, — может быть найден из наблюдений.

Средние угловые скорости планет убывают с расстоянием от Солнца и равны $360^\circ : S$. Средние суточные движения планет (средние угловые скорости за сутки) таковы:

Меркурий	245'	Земля	59',1	Юпитер	5'
Венера	96',1	Марс	31',4	Сатурн	2'

Расчеты, выполняемые по этим данным, неточны, потому что в действительности планеты движутся по эллипсам не вполне равномерно, и плоскости их орбит несколько наклонны к эклиптике.

Движения планет просходят по законам Кеплера:

I. Каждая планета движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце.

II. При движении планеты ее радиус-вектор описывает площади, пропорциональные времени.

III. Квадраты времен обращений планет относятся как кубы больших полуосей их орбит (как кубы их средних расстояний от Солнца),

т. е.
$$\frac{a^3}{a_1^3} = \frac{T^2}{T_1^2} \quad \text{или} \quad \frac{a^3}{T^2} = \frac{a_1^3}{T_1^2} = \text{const.}$$

Эти законы справедливы и для движений спутников вокруг своей планеты. Вытянутость эллипса (кривая, все точки которой равно удалены от двух точек, называемых фокусами, S и F на рис. 18) характеризуется величиной эксцентриситета e . Если $e=0$, то орбита — круг, как частный случай эллипса. Если $e=1$, то орбита — бесконечно вытянутый эллипс, т. е. парабола. На рисунке 18 расстояние $OP=OA=a$ называется большой полуосью орбиты (O — центр эллипса),

$$e = \frac{OS}{OA} = \frac{c}{a}.$$

Наименьшее расстояние планеты от Солнца $SP=a(1-e)$, наибольшее $SA=a(1+e)$. Точка P — ближайшая к Солнцу — называется *перигелием*, точка A — наиболее далекая от Солнца — называется *афелием*. Величины a и T для всех планет даны в таблице X.

II.

Теория дает, что длина дуги попятного движения планеты (считая ее орбиту круговой)

$$\phi = (360^\circ - 2\theta_0) - 2n\tau,$$

где n — среднее суточное движение планеты, 2τ — продолжительность попятного движения в сутках и θ_0 — элонгация планеты в точке ее стояния, т. е. угол при Земле между направлениями к планете и к Солнцу.

θ_0 дается формулой:

$$\operatorname{tg} \theta_0 = \frac{a \sin \varphi_0}{a \cos \varphi_0 + 1}, \quad \theta_0 < 180^\circ,$$

где a — радиус орбиты в астрономических единицах. Угол φ_0 находится из формулы:

$$\cos \varphi_0 = \frac{na^2 + n_1^2}{na + n_1a} = - \frac{na^2 + n_1^2}{a(n + n_1)},$$

где n_1 — среднее суточное движение Земли.

Эллиптическая орбита характеризуется элементами, смысл которых ясен из рисунка 17. Элементы главных планет солнечной системы даны в таблице X.

Шестой элемент T есть один из моментов прохождения небесного тела через перигелий. Для параболической орбиты (по которой движутся некоторые кометы) $e=1$, $a=\infty$. В этом случае указывается q — перигелийное расстояние (расстояние вершины параболы от ее фокуса, в котором находится Солнце).

Вычисление эфемериды. Чтобы вычислить наперед таблицу, называемую эфемеридой, дающую для ряда моментов t расстояние светила от Солнца r , от Земли ρ и видимые с Земли его координаты α и δ (либо λ и β) по известным элементам орбиты, поступают так.

Сперва находят радиус-вектор r и истинную аномалию светила v , определяющие его место на орбите в момент t (рис. 18). Затем, зная координаты Земли относительно Солнца, в тот же момент находят, путем последовательных преобразований координат, координаты светила (α , δ и ρ) относительно Земли. Эта задача для орбит всех видов одинакова. Нахождение r и v для параболы и для эллипса различно.

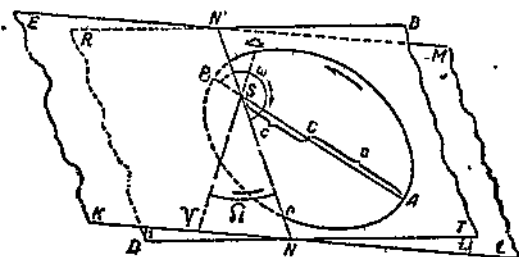


Рис. 17. Элементы планетных орбит ($EKLM$ — плоскость эклиптики, $RBT D$ — плоскость орбиты, NN' — линия узлов).

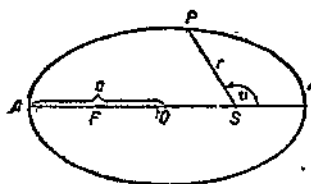


Рис. 18. Истинная аномалия v и радиус-вектор планеты.

Параболическая орбита. v находят по специальным таблицам в функции величины $M = q^{-\frac{3}{2}}(t - T)$ (или в функции $\lg M$), так как v определяется формулой

$$\operatorname{tg} \frac{v}{2} + \frac{1}{3} \operatorname{tg}^3 \frac{v}{2} = \frac{k}{\sqrt{2} q^{-\frac{3}{2}}} (t - T),$$

где $k = 0,0172$ называется гауссовой постоянной.

$$r = q \sec^2 \frac{v}{2}.$$

Эллиптическая орбита. v находится через эксцентрическую аномалию E , определяемую уравнением Кеплера

$$E - e \sin E = M,$$

где средняя аномалия $M = n(t - T) \cdot n = k \cdot a^{-\frac{3}{2}}$ — среднее суточное движение.

Если e близко к 0, E можно найти последовательными приближениями, последовательно вычисляя:

$$\begin{aligned} E_0 &= M + e \sin M, \\ E_1 &= M + e \sin E_0, \\ E_2 &= M + e \sin E_1 \end{aligned}$$

и т. д., пока E_n не окажется равным E_{n-1} . Надо помнить, что в таблицах величина синуса дается в радианах, тогда как E ищется в градусах. Поэтому $e \sin E$ надо выразить в градусах, для чего надо $e \sin E$ умножить на $360 : \pi = 57^{\circ},2958$. Если, например, $M = 45^{\circ}$ и $e = 0,66144$ ($\lg e = 9,82049 - 10,17951$), то, так как $\lg 57,2958 = 1,75812$, логарифм коэффициента при $\sin E$ будет уже 1,57861. Число, соответствующее этому логарифму, будет „ e , выраженное в градусах“. Если e велико, то приближенное значение E найдем по графику, изображенному

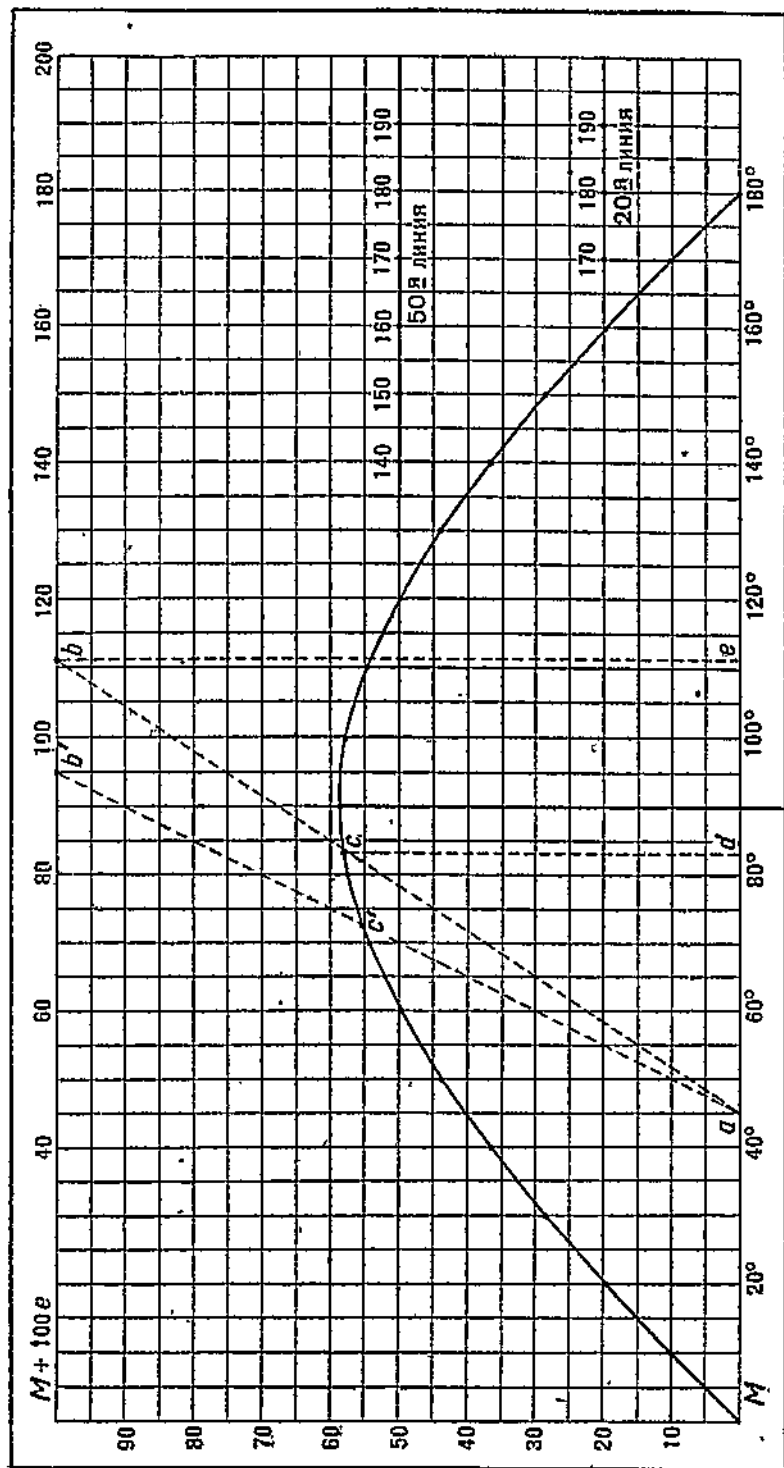


Рис. 19. График для приближенного решения уравнения Кеплера.

на рисунке 19. Это — синусоида, где ординаты даны в радианах. Чтобы найти E по данному M , надо отметить точку a на оси абсцисс, соответствующую значению M (45° для примера), а на верхней горизонтальной линии найти и отметить точку b , соответствующую $M + 100e$ (111,1 для примера). Пересечение прямой ab с кривой в точке c дает приближенно E ($82^\circ 30'$ в нашем примере, где взято $e = 0,661$). Если $M + 100e$ не укладывается вверху, то можно отложить $M + 50e$ на „пятидесятой линии“ или $M + 20e$ на „двадцатой линии“ и поступать аналогично. Найденное графически E принимаем за E_0 , и дальше находим E последовательными приближениями, как выше. Затем находим v из уравнения:

$$\operatorname{tg} \frac{v}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \operatorname{tg} \frac{E}{2}$$

(v и E лежат в одной четверти), r находим из уравнения:

$$r = a(1 - e \cos E).$$

Вычисление α , δ и ρ . Находим так называемые гауссовы постоянные a , b , c , A , B , C через вспомогательные величины n и N и наклонение эклиптики к экватору E :

$\operatorname{tg} N = \operatorname{tg} i \sec \Omega$ (знаки $\sin N$ и $\sin i$ одинаковы),

$$n = \sin i \operatorname{cosec} N;$$

$\operatorname{tg} A = -\operatorname{ctg} \Omega \sec i$ (знаки $\sin A$ и $\cos \Omega$ одинаковы),

$$a = \cos \Omega \operatorname{cosec} A;$$

$\operatorname{tg} \beta = \sin \Omega \cos E : n \cos(N + E)$ [знаки $\cos \beta$ и $\cos(N + E)$ одинаковы],

$$b = \sin \Omega \cos E \operatorname{cosec} \beta;$$

$\operatorname{tg} C = \sin \Omega \sin E : n \sin(N + E)$ [знаки $\cos C$ и $\sin(N + E)$ одинаковы],

$$c = \sin \Omega \sin E \operatorname{cosec} c.$$

Если вычисления верны, то должно быть

$$\operatorname{tg} i = \frac{bc \sin(C - B)}{a \cos A},$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{rb \sin(B + \omega + v) + Y_0}{ra \sin(A + \omega + v) + X_0},$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{rc \sin(C + \omega + v) + Z_0}{rb \sin(B + \omega + v) + Y_0} \sin \alpha,$$

$$s = \operatorname{cosec} \delta [rc \sin(c + \omega + v) + Z_0].$$

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

399. Сколько времени поезд, идущий без остановок со скоростью 100 км/час, должен был бы идти от Земли до орбиты Плутона?

400. Жителям Марса, если таковые существуют, солнечный диск представляется под углом $22', 7$. Зная, что линейный радиус Солнца равен 109 земным радиусам, найти, во сколько времени свет от Солнца доходит до Марса.

401. Сколько времени нужно лететь от Земли на Марс в межпланетном корабле, движущемся по орбите, перигелийное расстояние которого равно расстоянию Земли от Солнца (1 астр. единица), а афелийное

расстояние равно расстоянию Марса от Солнца (1,5 астр. единицы)? (Паренаго)

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

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

404. Планета видна на расстоянии 120° от Солнца. Верхняя ли это планета или нижняя?

*405. 19 мая 1937 г. было противостояние Марса. В каком созвездии он был виден? Венера в 1937 г. была в наибольшем вечернем удалении 5 февраля. В каком созвездии она находилась?

*406. В какое время года вечерняя видимость Меркурия является наиболее благоприятной?

*407. На фотографии засняты одновременно две малые планеты на расстоянии 3° одна от другой, оставившие на пластинке свои следы в виде черточек, так как они передвинулись за время экспозиции по отношению к звездам. Указать, какая из этих двух планет ближе к Земле и какая к Солнцу, — та, след которой длиннее, или та, след которой короче.

408. Насколько (в угловой мере) Земля за сутки обгоняет Марс, если смотреть с Солнца и если звездные периоды обращений этих планет соответственно равны 365,25 и 687 суток?

409. Может ли Марс ежегодно подходить к Земле на наименьшее расстояние, т. е. ежегодно быть в противостоянии?

410. Определить звездный период обращения Марса, зная, что его синодический период равен 780 суткам.

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

412. Чему должен быть равен звездный период обращения планеты, имеющей синодический период обращения, равный 4 годам?

413. Какова должна быть продолжительность звездного и синодического периодов обращения планеты в случае их равенства? (Ресселл)

414. Противостояние Юпитера в 1937 г. произошло 15 июля. Когда оно должно произойти в следующий раз?

*415. Наблюдатель заметил, что некая планета отходит к востоку от Солнца на 90° каждые $505\frac{1}{4}$ суток. Каково время ее обращения около Солнца?

416. Наилучшая вечерняя видимость Венеры (наибольшее ее удаление к востоку от Солнца) была 5 февраля 1937 г. Когда опять должна наступить ближайшая лучшая видимость Венеры в тех же условиях, если звездный период обращения Венеры около Солнца 225 суток?

417. Условия видимости Венеры повторяются через 8 лет почти в те же числа месяцев. Выяснить причину этого явления. (Полак)

418. Найти среднее суточное движение Меркурия по орбите, если синодический период его обращения вокруг Солнца равняется 115,88 средним суткам.

*419. Земля для воображаемых жителей Марса является, подобно Венере, то утренним, то вечерним светилом. Как часто там можно видеть Землю в качестве утренней звезды?

*420. Зная расстояния планет от Солнца, вычислить наибольшее угловое удаление Земли от Солнца, видимое с Марса.

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

*422. Расстояние Юпитера от Солнца составляет 5,20 астр. единицы. Какова элонгация Земли x (в градусах), наблюдаемой с Юпитера в качестве утреннего или вечернего светила?

423. Орбиты Земли и Марса — эллипсы; орбита Марса заметно вытянута. Поэтому противостояния Марса происходят при различных расстояниях между планетами. Когда противостояние происходит в месте наибольшего сближения орбит, расстояние до Марса (55 млн. км) вдвое меньше, чем при наименее благоприятном противостоянии, и рассматривать Марс в телескоп в это время лучше всего. Как часто происходят эти особо благоприятные, так называемые „великие противостояния“ Марса, если период его обращения около Солнца равен 1,88 года?

Указание: Воспользоваться свойством непрерывных дробей. (Перельман)

424. Определить день ближайшего противостояния Юпитера, зная, что гелиоцентрическая долгота Юпитера 1 января 1938 г. $306^{\circ}55'$, а Земли $99^{\circ}55'$.

425. Определить дни соединения Юпитера с Солнцем в 1938 г. и в 1939 г., зная гелиоцентрические долготы на 1 января 1938 г. Юпитера $306^{\circ}55'$, а Земли $99^{\circ}55'$. *Указание:* Во время верхнего соединения разность гелиоцентрических долгот планеты и Земли равняется 180° , т. е. вообще $(2n + 1)180^{\circ}$. Средние суточные движения планет указаны во введении. На основании этого нужно составить и решить уравнение, подобное уравнению в задаче 424.

426. Найти день ближайшего после 1 января 1938 г. нижнего соединения Венеры с Солнцем, зная, что гелиоцентрическая долгота Венеры 1 января 1923 г. равняется $260^{\circ}40'$, а Земли $99^{\circ}55'$. *Указание:* Составить и решить уравнение, зная, что в момент нижнего соединения разность гелиоцентрических долгот Венеры и Земли равна 0° , или 360° , или вообще $2n180^{\circ}$.

427. Вычислить день ближайшей к 1 января 1938 г. восточной элонгации Венеры, когда она будет видна по вечерам, и определить видимое положение Венеры на небе в момент этой элонгации. Гелиоцентрические долготы на 1 января 1938 г. Венеры $260^{\circ}40'$, а Земли $99^{\circ}55'$. *Указание:* Нужно составить и решить уравнение, зная, что при восточной элонгации разность гелиоцентрических долгот Венеры и Земли равняется $360^{\circ} - 43^{\circ} = 317^{\circ}$ или вообще $(2n180^{\circ} - 43^{\circ})$. Средние суточные движения планет указаны во введении.

428. Определить ближайший день наилучшей утренней видимости Венеры, зная гелиоцентрические долготы на 1 января 1938 г. Венеры $260^{\circ}40'$, а Земли $99^{\circ}55'$.

429. Гелиоцентрическая долгота Земли 1 января 1937 г. 100° , а Марса $172^{\circ}49'$. Определить видимое положение Марса на небе 1 мая 1937 и 1 мая 1939 г. *Указание:* Определить сперва истинное положение Земли и Марса на своих орбитах для 1 мая, зная их среднее суточное движение, затем, при помощи чертежа и транспортира, определить геоцентрическую долготу Марса и при помощи звездной карты или глобуса указать созвездие, в котором находится Марс в данный момент.

430. Гелиоцентрическая долгота Юпитера 1 июля 1937 г. была 291° , а Земли 279° . Определить видимое положение Юпитера на небе

1 сентября. Указать, мог ли он быть наблюдаем в этот вечер в Ленинграде?

*431. Примем орбиту Луны около Земли и Земли около Солнца за круги. Будет ли тогда меняться скорость движения Луны относительно Солнца?

432. Найти те точки, в которых скорость изменения расстояния планеты от Земли оказывается наименьшей и наибольшей.

433. С какой видимой угловой скоростью Марс движется прямым движением в соединении и обратным движением в оппозицию? (Юнг)

434. С какой видимой угловой скоростью изменяется угловое удаление Венеры от Солнца вблизи времени верхнего соединения? Синодический период обращения Венеры 584 дня и ее расстояние от Солнца 0,72 астр. единицы. (Юнг)

435. С какой видимой угловой скоростью Венера пересекает диск Солнца при ее прохождении? Сколько времени длится ее прохождение по диску Солнца, если оно центральное? Расстояние Венеры от Солнца 0,723 астр. единицы, синодический период обращения Венеры 584 дня; диаметр Солнца $32' \left(\frac{1}{678} \text{ окружности}\right)$.

436. Определить расстояние R Венеры от Солнца в астрономических единицах, если угол ее элонгации составляет 47° . *Указание:* Орбиты планет считать круговыми. Для решения задачи построить чертеж, изображающий орбиты планет и Венеры в элонгации.

437. Принимая орбиту Меркурия за круг, вычислить его среднее расстояние от Солнца, зная, что в средней элонгации Меркурий удаляется от Солнца на 23° .

*438. Определить расстояние Юпитера от Солнца в астрономических единицах, зная следующие данные: в 1925 г. противостояние Юпитера произошло 10 июля. Через 11 лет 315 дней (звездный период обращения Юпитера) геоцентрическая разность долгот Солнца и Юпитера составляла по наблюдениям $\Delta l = 34^\circ, 0$.

439. Проверить третий закон Кеплера для Земли и Нептуна ($a = 30,07$ астр. единицы, $T = 164,8$ года).

440. Во сколько времени обращалась бы вокруг Солнца планета, находящаяся на расстоянии 100 астр. единиц?

441. Астеронд Паллада удален от Солнца в среднем на расстояние в 2,77 раз большее, чем Земля от Солнца. Чему равняется время его полного обращения вокруг Солнца?

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

443. Астеронд Веста совершает полное обращение вокруг Солнца в 3,63 года; во сколько раз дальше, чем Земля, он отстоит в среднем от Солнца?

444. Чему равнялся бы синодический период обращения планеты, звездный период обращения которой вокруг Солнца составлял бы 370 дней? На какое расстояние она приближалась бы к Земле? *Указание:* Звездное обращение Земли принять 365 дней, орбиты считать кругами.

*445. Наблюдатель заметил, что некоторая планета бывает в противостоянии каждые $665\frac{1}{4}$ суток. Каково ее расстояние от Солнца в астрономических единицах?

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

447. В каких пределах расстояния от Солнца должны находиться все планеты, имеющие синодический период обращения дольше двух лет? (Ресселл)

448. Период обращения внутреннего спутника Сатурна — Мимаса — 23^h , а шестого спутника — Титана — $15^d 23^h$. Каково отношение их средних расстояний от Сатурна?

449. Третий спутник Юпитера обращается вокруг планеты на расстоянии 14,9 ее радиусов в $7^d 3^h 7^m$. Во сколько времени обращается пятый спутник, расстояние которого равно 2,52 радиуса планеты? Восьмой спутник, для которого оно равно 328?

450. Какой эксцентриситет должна иметь орбита планеты, чтобы ее движение по орбите было строго равномерным? (Набоков и Воронцов-Вельяминов)

451. У некоторой планеты большая полуось орбиты равна 4 астр. единицам, а эксцентриситет равен нулю. Чему равна малая полуось ее орбиты?

ВТОРОЙ КОНЦЕНТР.

452. Очень яркий звездообразный объект был видим около 7 часов вечера 1 апреля как раз в точке востока. Была это звезда или планета, и чем вы обосновываете свое заключение? (Юнг)

453. Среднее расстояние Венеры от Солнца 0,72 астр. единицы. Определить наибольшую высоту h , на которой можно в местности с широтой φ видеть Венеру в момент захода Солнца, и указать время года для этого явления. *Указание:* Орбиту Венеры считать круговой и имеющей наклонение 0° . (Болл)

*454. Каков предел, к которому стремится синодический период обращения планеты, если звездный период обращения стремится к бесконечности?

*455. Считая орбиты планет круговыми, определить расстояние между Землей и планетой (радиусы их орбит 1 и a) в зависимости от угла φ при Солнце между радиусами-векторами Земли и планеты (этот угол есть разность гелиоцентрических долгот Земли и планеты).

*456. Принимая, что орбиты планет — круги, лежащие в одной плоскости, и что радиус орбиты предполагаемой планеты равен 40 астр. единицам, определить ее суточное смещение на небесной сфере в противостоянии.

457. Найти отношение продолжительностей прямого и попятного движений планеты за одно ее синодическое обращение P . (Казакон)

458. Зная расстояния планет от Солнца, вычислить в градусах длину дуги попятного движения Юпитера.

459. Установить соотношение между расстояниями a планет от Солнца и их средними угловыми скоростями ω , предполагая орбиты круговыми. (Гарсет)

460. Установить соотношение между средними линейными скоростями v движения планет и их средними расстояниями a от Солнца, предполагая их орбиты круговыми. (Гарсет)

461. Прием, что спутники Марса Деймос и Фобос обращаются по круговым орбитам с периодами $7^d 39^h 13^m 8,5$ и $30^d 17^h 54^m 8,6$. Пользуясь

третьим законом Кеплера, определить наибольшее угловое расстояние Фобоса от Марса во время противостояния, если в эту пору наибольшее видимое расстояние Деймоса составляет $1'23''{,}1$. (Болл)

462. В романе „Гектор Сервадак“ Жюль Верн описывает вымышленную или комету „Галлия“ и упоминает, что у нее период обращения около Солнца составляет два года, а ее расстояние от Солнца в афелии равно 820 млн. км. С помощью третьего закона Кеплера проверить, прав ли был Жюль Верн, т. е. может ли существовать такая комета? (Перельман)

463. Как изменится период обращения планеты, если ее большая полуось увеличится на малую величину Δa ?

464. У кометной орбиты эксцентриситет $e=0,9$ и период $T=1000$ лет. Каковы расстояния этой кометы от Солнца в перигелии и в афелии?

465. Эксцентриситет орбиты Меркурия равен 0,2, большая полуось — 0,4 астр. единицы. Чему равно наибольшее и наименьшее расстояние планеты от Земли в километрах?

*466. Изобразить на чертеже в одинаковом масштабе, сохраняя правильную ориентировку орбит, орбиту Земли и орбиту небесного тела в проекции на плоскость эклиптики, имеющую элементы: $a=2$ (в астрономических единицах), $e=0,8$, $i=7^\circ$, $\Omega=30^\circ$, $\omega=45^\circ$. Указание: Наклонением орбиты при проектировании ее на плоскость эклиптики пренебречь.

*467. Изобразить в проекции на плоскость эклиптики орбиту небесного тела, имеющую элементы: $a=1,5$, $i=90^\circ$, $\Omega=45^\circ$, $e=0$. Для сравнения на том же чертеже и в том же масштабе изобразить орбиту Земли.

*468. Изобразить на чертеже орбиту Земли и в проекции на плоскость эклиптики орбиту небесного тела, имеющую элементы: $i=0^\circ$, $\pi=45^\circ$, $e=0,5$, $a=1,5$. В данном случае π — угол между направлением от Солнца к точке весеннего равноденствия и направлением от Солнца к перигелию.

*469. Изобразить в проекции на плоскость эклиптики орбиту периодической кометы Энке, имеющую элементы: $i=13^\circ$, $q=0,34$, $\Omega=335^\circ$, $\omega=184^\circ$, $e=0,85$. Наклонением орбиты пренебречь. На том же чертеже для сравнения изобразить кругами орбиты ближайших к Солнцу планет, соблюдая масштаб.

*470. Изобразить в проекции на плоскость эклиптики параболическую орбиту небесного тела, имеющую элементы: $i=1^\circ$, $q=0,25$, $\Omega=90^\circ$, $\omega=15^\circ$. Наклонением орбиты к эклиптике пренебречь. Для сравнения, на том же чертеже изобразить орбиту Земли, соблюдая масштаб. Определить измерением чертежа расстояние от Земли до этого тела 22 июня, если в этот день истинная аномалия тела была 30° ; если она была — 120° .

471. Доказать, что

$$\cos v = \frac{\cos E - e}{1 - e \cos E} \quad \text{и} \quad \sin v = \frac{(1 - e^2)^{\frac{1}{2}} \sin E}{1 - e \cos E},$$

где v — истинная, а E — эксцентрисическая аномалии и e — эксцентриситет.

472. Решить графическим способом уравнение Кеплера:

$$E - 0,7 \sin E = 214^\circ 0', 0.$$

473. Вычислить точное значение эксцентрисической аномалии при $M = 47^\circ, 3$ и $e = 0,96173$, если ее приближенное значение при $e = 0,96$ равно $101^\circ, 3$.

474. Вычислить эксцентрисическую аномалию E для Марса через 200 дней после прохождения им перигелия, воспользовавшись следующими данными: $e = 0,093$, период обращения $P = 687$ суткам.

475. Вычислить эксцентрисическую аномалию E малой планеты Людовика (292) через 22,5 суток после ее прохождения через перигелий. Элементы ее орбиты: $e = 0,02947$ и среднее суточное движение $n = 14', 678$. Задачу решить непосредственным применением способа последовательных приближений.

476. Орбита кометы имеет элементы: большая полуось $a = 4$ астр. единиц, эксцентриситет $e = 0,66144$. Определить истинную аномалию v и радиус-вектор r кометы через год после прохождения ее через перигелий.

477. Орбита кометы имеет элементы: период обращения $P = 2$ годам, эксцентриситет $e = 0,66144$. Определить радиус-вектор r и истинную аномалию v кометы через год после прохождения ее через перигелий.

478. Орбита кометы имеет элементы: период обращения $P = 3$ годам, эксцентриситет $e = 0,66144$. Определить истинную аномалию v и радиус-вектор кометы r через год после прохождения ее через перигелий.

479. Вычислить радиус-вектор r и истинную аномалию v малой планеты Флорентины (321), соответствующие значению эксцентрисической аномалии $E = 60^\circ 34', 5$, если для ее орбиты $\lg a = 0,4603$, $e = 0,04625$.

480. Вычислить радиус-вектор r и истинную аномалию кометы, орбита которой имеет элементы: $a = 2,645$ и $e = 0,2453$, для момента, когда средняя аномалия $M = 332^\circ 28', 9$. Указание: Воспользоваться графиком, изображенным на рисунке 19, и уточнить значение эксцентрисической аномалии способом последовательных приближений.

481. Вычислить истинную аномалию v и радиус-вектор r кометы через 63,32 дня после прохождения ее через перигелий, если орбита параболическая и $\lg q = 0,04411$. Истинную аномалию определить путем интерполяции на основании нижеприводимых значений $\lg M$, соответствующих определенным значениям v

v	$61^\circ 15'$	$61^\circ 16'$	$61^\circ 17'$
$\lg M$	1,73523	1,73540	1,73558.

482. Найти v и r для кометы, движущейся по параболической орбите с перигелийным расстоянием $\lg q = 9,5191$, за 36,55 дней до прохождения через перигелий на основании нижеприводимых значений v и $\lg M$:

v	$109^\circ 15'$	$109^\circ 16'$	$109^\circ 17'$
$\lg M$	2,28410	2,28434	2,28458.

483. Даны элементы малой планеты Эвдоры (217):

$$\begin{aligned} T_0 &= 1880, \text{ сент. } 1,50 \text{ берлинского времени,} & i &= 11^\circ 19',8, \\ M_0 &= 19^\circ 21',8, & e &= 0,3713, \\ \Omega &= 164^\circ 9',3, & \lg a &= 0,4955, \\ \omega &= 136^\circ 46',4, & n &= 640'',89. \end{aligned}$$

Экваториальные прямоугольные геоцентрические координаты Солнца таковы:

	X	Y	Z
Сентябрь 1,5	— 0,9466	0,3192	0,1385
5,5	— 0,9670	0,2594	0,1126
9,5	— 0,9829	0,1985	0,0861

Вычислить эфемериду планеты (r , p , α и δ) для 1880 г. сентября 1,5, 5,5 и 9,5.

484. Элементы параболической кометной орбиты таковы:

$$\begin{aligned} T &= 1881 \text{ г., июнь } 16,489, & i &= 63^\circ 28',7 \\ \omega &= 354^\circ 15',9, & \lg q &= 9,8658, \\ \Omega &= 270^\circ 58',0, & e &= 23^\circ 27',3. \end{aligned}$$

Прямоугольные экваториальные геоцентрические координаты Солнца по ежегоднику таковы:

	X	Y	Z
Июнь 23,5	— 0,0448	0,9317	0,4042
24,5	— 0,0617	0,9309	0,4039
25,5	— 0,0786	0,9299	0,4034

Вычислить эфемериду (p , α и δ) кометы для 1881 г., июня 23,5, 24,5 и 25,5. В таблицах, содержащих значения $\lg Mb$ функции v , дано:

v	$\lg M$	v	$\lg M$	v	$\lg M$
$15^\circ 21'$	1,047712	$17^\circ 28'$	1,10478	$19^\circ 34'$	1,15583
$15^\circ 22'$	1,04760	$17^\circ 29'$	1,10520	$19^\circ 35'$	1,15621

ХIII. ПАРАЛЛАКС И АБЕРРАЦИЯ.

I.

Горизонтальным экваториальным параллаксом p_0 называется угол, под которым со светила виден экваториальный радиус Земли R , перпендикулярный к лучу зрения. Если расстояние до светила D , то

$$D = \frac{R}{\sin p_0}.$$

Для Луны в среднем $p_0 = 57'$, для Солнца, в среднем, $p_0 = 8'',80$. Если параллакс выражать в секундах дуги, то, ввиду его малости можно принять

$$D = \frac{R}{p_0 \sin 1''} = \frac{206\,265 \cdot R}{p_0},$$

и мы видим, что параллакс обратно пропорционален расстоянию до светила.

Если видимый угловой радиус светила p , его линейный радиус r , а его параллакс p_0 , то

$$r = D \sin p = \frac{\sin p}{\sin p_0} R,$$

или с достаточной точностью:

$$r = \frac{p}{p_0} R.$$

Годичным параллаксом π называется угол, под которым со светила (находящегося вне солнечной системы) видна большая полуось земной орбиты, перпендикулярная к лучу зрения. Для ближайшей к нам звезды (α Центавра) годичный параллакс равен $0'',75$. Если расстояние до светила обозначить через D , а большую полуось земной орбиты — через a , то

$$D = \frac{a}{\sin \pi},$$

или практически:

$$D = \frac{206\,265}{\pi''} a,$$

где π'' есть π , выраженный в секундах дуги. Расстояние, соответствующее $\pi = 1''$, называется *парсеком*. В парсеках

$$D = \frac{1}{\pi''}.$$

Упражнения на годичный параллакс см. также в разделе XXIV.

II.

Суточным параллаксом p называется угол, под которым со светила виден радиус Земли, проведенный в место наблюдения. Он меняется в течение суток, завися от зенитного расстояния светила z :

$$p = p_0 \sin z.$$

Зенитное расстояние, как оно усматривалось бы из центра Земли, называется геоцентрическим. Оно всегда меньше наблюдаемого.

Горизонтальный экваториальный параллакс Солнца p_0 предпочитают находить косвенными методами. Например, измеряют горизонтальный экваториальный параллакс малых планет p_m в оппозиции, и тогда

$$p_0 = p_m \left(\frac{a'}{a} - 1 \right),$$

если оппозиция произошла при средних расстояниях Земли (a) и малой планеты (a') от Солнца. Другие методы определения параллакса Солнца описаны в тексте задач.

Годичная абберрация состоит в кажущемся смещении звезд с их нормальных положений на небесной сфере в сторону движения Земли.

В течение года, вследствие аберрации, вызванной сочетанием орбитальной скорости Земли v и скорости света c , все звезды описывают эллипсы с большой полуосью $20'',5$ и малой полуосью $20'',5 \sin \beta$, где β — широта звезды. Угол $\alpha = 20'',5$ определяется соотношением $\operatorname{tg} \alpha = \frac{v}{c}$ и называется постоянной аберрации.

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

485. Сколько времени луч света идет от Солнца до Земли?

486. Диаметр Луны составляет 0,27 диаметра Земли. Пренебрегая расстоянием от Земли до Луны, определить горизонтальный параллакс Солнца для наблюдателя, находящегося на Луне. (Набоков и Воронцов-Вельяминов)

487. Чему равен горизонтальный параллакс Марса, когда эта планета находится ближе всего к Земле (0,378 астр. единицы)? Горизонтальный параллакс Солнца равен $8'',80$.

488. Каков наибольший угловой диаметр Земли, рассматриваемой с Марса на расстоянии 0,378 астр. единицы?

489. Нептун находится от Солнца на расстоянии 30 астр. единиц. Чему равен его горизонтальный параллакс на среднем расстоянии от Земли? Чему равен годичный параллакс?

490. Чему равен горизонтальный параллакс Юпитера, когда он находится от Земли на расстоянии 6 астр. единиц?

491. В момент противостояния Юпитера он удален от Земли на 628 млн. км; угловой диаметр его тогда равен $47'',2$. Определить отсюда линейный радиус Юпитера.

492. Наименьшее расстояние Венеры от Земли равняется 40 млн. км; в этот момент угловой радиус Венеры равен $32'',4$. Определить отсюда линейный диаметр этой планеты.

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

494. Экваториальный горизонтальный параллакс Солнца равен $8'',80^\circ$ с точностью до $0'',01$. Указать в процентах и в километрах точность, с которой по этим данным получается расстояние до Солнца.

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

*496. Каков угол элонгации Земли от Солнца, если ее наблюдать с ближайшей к нам звезды — α Центавра, параллакс которой равен $0'',75$? Можно ли было бы ее видеть оттуда отдельно от Солнца в телескоп с объективом в 1 м (предполагая, что вопрос о видимой оттуда яркости Земли здесь не играет роли)? *Указание:* См. введение к разделу XVIII.

*497. Насколько изменится для невооруженного глаза расположение звезд и созвездий, если их наблюдать с Плутона?

498. Чему равен годичный параллакс Солнца? Каково расстояние Солнца в парсеках?

ВТОРОЙ КОНЦЕНТР.

499. Чему равен параллакс Луны при ее высоте над горизонтом в 35° ?

500. В момент кульминации наблюденное зенитное расстояние центра Луны было $50^\circ 0' 0''$. Исправить это наблюдение за влияние рефракции и параллакса.

501. Наблюденное зенитное расстояние z верхнего края Солнца составляет $64^\circ 55' 33''$, видимый радиус Солнца $15' 51''$. Исправив за рефракцию и параллакс, найти геоцентрическое z' центра Солнца.

502. Насколько горизонтальный полярный параллакс Луны меньше горизонтального экваториального параллакса? То же для Солнца (см. раздел XIV).

503. Центр Земли, центр Луны (имеющей видимый радиус $16'$) и некоторая весьма далекая звезда, лежащая на экваторе, находятся на одной прямой. Начиная с какой широты, считая по меридиану, для которого Луна находится в кульминации, звезда будет видна для земного наблюдателя? Параллакс Луны $57'$. (Полак)

*504. Влияет ли суточный параллакс Луны на ее видимый угловой диаметр?

505. 7 января 1904 г. угловой радиус Луны был найден равным $\rho = 16' 20''$, а параллакс Луны $p = 59' 51''$. Определить видимый полу-диаметр Луны, когда ее параллакс был $p = 3422''$.

506. Доказать, что различие в видимом положении Солнца, вызываемое параллаксом для двух наблюдателей, одновременно наблюдающих его с двух станций, имеет максимум, равный 2ρ .

*507. Малая планета Адонис может подойти к Земле на расстояние в 15 млн. км и ее параллакс может быть измерен с точностью до $0'' 05$. Какова будет в таком случае возможная ошибка в вычисляемом отсюда параллаксе Солнца?

*508. Можно ли применить наблюдения Юпитера или других более далеких планет к определению расстояния до Солнца?

*509. Замечено (впервые Рёмером в 1675 г.), что затмения спутников Юпитера, которые должны повторяться через одинаковые промежутки времени, в действительности наблюдаются все позднее и позднее по сравнению с теорией, по мере того, как Юпитер от положения противостояния переходит к положению соединения с Солнцем. После этого запаздывание уменьшается. К следующему соединению наблюденные моменты снова совпадают с теоретическими. Наибольшая величина запаздывания затмений составляет 998 секунд, с возможной ошибкой в 4 секунды. Запаздывание обусловлено изменением расстояний от Земли до Юпитера. На основании этих данных, зная скорость света из лабораторных опытов, определить расстояние от Земли до Солнца.

*510. Определить расстояние от Земли до Солнца и его параллакс, зная что постоянная абerrация равна $20'' 47$, скорость света $299\,774$ км/сек, а экваториальный радиус Земли $6378,4$ км.

*511. Как из наблюдений лучевых скоростей звезд, лежащих в плоскости эклиптики, определить скорость движения Земли по орбите?

*512. Определить расстояние от Земли до Солнца, зная, что наблюдаемые лучевые скорости всех звезд, лежащих на эклиптике, в течение года колеблются в пределах ± 30 км/сек.

*513. 3 июня 1769 г. для определения параллакса Солнца способом Галлея наблюдалось прохождение Венеры по диску Солнца. Хель в Варде (в Швеции) нашел, что прохождение длилось $5^{\text{ч}} 53^{\text{м}} 14^{\text{с}}$, а Кук на островах Тавити нашел, что прохождение длилось $5^{\text{ч}} 30^{\text{м}} 4^{\text{с}}$. Воспользуйтесь рисунком 20, где S — центр Солнца, MN и $m'n'$ хорды, прой-

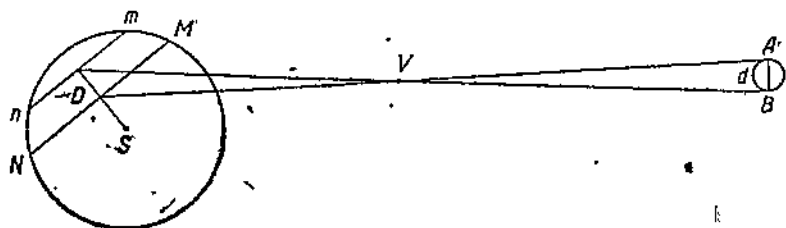


Рис. 20. Определение параллакса Солнца из наблюдений прохождения Венеры по диску Солнца.

денные Венерой v по диску Солнца, для наблюдателей, находящихся на Земле в точках A и B . Хорды считаем прямолинейными. Диаметр Солнца $32'$. Из чертежа ясно, что $D:d=r_1:r_2$, где r_1 — расстояние от Солнца до Венеры, а r_2 — расстояние Венеры от Земли. По III закону Кеплера $r_1:r_2=72:28$. Следовательно, параллакс Солнца

$p=D \cdot \frac{28}{72} \cdot \frac{r}{d}$, где r — радиус

Земли, а d — длина базиса.

В данном случае определить

длину базиса, найдя два приве-

денные пункта наблюдения на

карте. Для вычисления угловой

скорости движения Венеры по

диску Солнца, необходимой для

вычисления D , синодический период

планеты принять равным 584 дням. Определить по этим данным парал-

лакс Солнца, ведя вычисление с тремя знаками.

514. Почему для определения параллакса Солнца по способу Галлея

используют только Венеру, но не Меркурий?

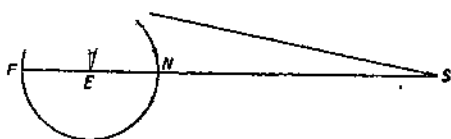


Рис. 21. Метод Аристарха для определения расстояния до Солнца.

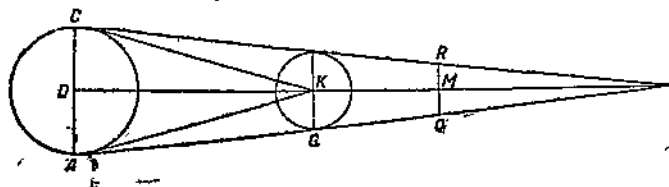


Рис. 22. Метод Аристарха для определения расстояния до Луны.

515. Какую ошибку в определении расстояния до Солнца D вызовет ошибка на 10% в величине отношения массы Земли к массе Солнца в динамическом способе определения солнечного параллакса. Формула

этого способа $D^3 = \left(\frac{M+1}{4\pi^3} \right) g T^2 r$, где M — масса Солнца в массах

Земли, g — постоянная тяготения, T — число секунд в году и r — радиус Земли. (Юнг)

*516. В момент наступления первой четверти угол SME (рис. 21) между направлениями с Луны M на Солнце S и Землю E равен 90° . Зная из наблюдений, что от новолуния до первой четверти проходит приблизительно на 0,6 часа меньше, чем от первой четверти до полнолуния, и зная синодический период Луны, оценить расстояние от Земли до Солнца в сравнении с ее расстоянием до Луны. (AE на рис. 21 есть перпендикуляр к ES .) Этим методом в III в. до н. э. воспользовался греческий астроном Аристарх, впервые сравнивая расстояние до Луны и до Солнца. Однако он ошибочно принял указанную разность времен за 6 часов и получил грубо неверный результат. Что получил Аристарх? Во сколько раз Солнце дальше Луны, если для упомянутой разности времен принять истинную ее величину?

*517. На рисунке 22, заимствованном из книги Коперника, дан чертеж, поясняющий метод Аристарха для определения расстояния до Луны (M) в радиусах Земли (KE), зная, что угловые радиусы Луны и Солнца равны $15'$, угловой радиус Земной тени на расстоянии Луны (определенный при лунном затмении) $MR = 40'$ и что $\frac{DK}{KM} = 390$. (Аристарх это отношение ошибочно получил равным 19.) Восстановите метод Аристарха и определите расстояние от Земли до Луны KM . На чертеже SA — диаметр Солнца, EG — диаметр Земли и M — Луна.

518. Какие методы определения расстояния до Солнца не требуют знания размеров Земли?

ВТОРОЙ КОНЦЕНТР (АБЕРРАЦИЯ).

519. Звезда имеет астрономическую широту $\beta = 0$. Указать, в каких точках своей орбиты находится Земля, когда абберационное смещение этой звезды равно нулю. (Щербаков)

520. Пользуясь законом площадей Кеплера, доказать, что если видимые положения звезды на ее абберационном эллипсе P и Q , когда Земля находится в перигелии и в афелии, то истинное положение звезды на прямой PQ в точке R таково, что $PR : RQ = (1 + e) : (1 - e)$, где e — эксцентриситет земной орбиты. Указание: Можно использовать текст задачи 739 или 740. (Болл)

*521. Вообразите, что Земля движется около Солнца по кругу, но неравномерно. Будет ли абберационная орбита звезды, находящейся в полюсе эклиптики, иметь форму круга?

522. От суточного вращения Земли также происходит абберация, так называемая суточная абберация. Вычислить ее величину для экватора, для которого, как известно, линейная скорость вращения равна $0,464 \text{ км/сек}$. Чему равна суточная абберация на одном из полюсов Земли?

*523. Доказать, что для наблюдателя на широте φ всякая звезда под влиянием суточной абберации описывает эллипс с большой полуосью $\frac{2\pi R}{c} \cos \varphi$, где R — радиус Земли, а c — скорость света, рассчитанная на сутки.

*524. Вывести численную величину наибольшего значения суточной абберации на широте φ для данной звезды и указать на какую из

экваториальных координат α или δ и в каком положении звезды достигается этот максимум.

XIV. ЗЕМЛЯ.

Земля движется вокруг Солнца по эллипсу. В перигелии она бывает около 2 января, в афелии около 4 июля. Незначительность происходящего вследствие этого изменения в нагревании Земли вызвана малостью эксцентриситета земной орбиты. Влияние наклона солнечных лучей к поверхности Земли является решающим при смене времен года. Однако движение Земли по законам Кеплера (быстрее в перигелии и т. д.) вызывает неравную продолжительность времен года. Большая полуось земной орбиты медленно вращается в пространстве, и оттого с течением времени одно и то же время года наступает, когда Земля находится все в новой и новой точке своей орбиты.

Доказательства движения Земли вокруг Солнца — это явление годичного параллакса и годичной аберрации. К числу доказательств вращения Земли вокруг оси относятся: отклонение падающих тел к востоку и отклонение плоскости качаний свободного маятника к западу (опыт Фуко). Величина отклонения падающих тел к востоку составляет в миллиметрах $0,022h \sqrt{h} \cos \varphi$, где φ — широта места наблюдения, h — высота падения в метрах. Плоскость качаний маятника Фуко поворачивается за час на угол $15^\circ \sin \varphi$.

Шарообразность Земли проявляется в увеличении расстояния до линии горизонта (на D км) с повышением наблюдателя над поверхностью Земли (на h м) по формуле

$$D = 3,57 \sqrt{h},$$

или, с учетом рефракции в земной атмосфере,

$$D = 3,80 \sqrt{h}.$$

Вместе с тем видимый горизонт понижается, делаясь ниже астрономического (депрессия горизонта) на величину (в минутах)

$$x = 1',93 \sqrt{h},$$

или, с учетом рефракции,

$$x = 1',80 \sqrt{h}.$$

Эти величины связаны с радиусом Земли R пропорцией

$$\frac{x}{360^\circ} = \frac{D}{2\pi R}.$$

Для определения радиуса Земли R измеряют длину дуги меридиана S между точками, широты которых φ_1 и φ_2 определяют путем астрономических наблюдений. Очевидно, что

$$\frac{S}{2\pi R} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{360^\circ},$$

откуда находится R . Дугу S измеряют путем особого приема — триангуляции. Он состоит в том, что непосредственно измеряют короткую линию — базис и далее измеряют лишь углы треугольников, сетью

которых покрывают все протяжение дуги S . Стороны треугольников и длину дуги S находят после этого вычислением. Из таких измерений выяснилась сплюснутость Земли у полюсов. Она характеризуется величиной „сжатия“, равной $\frac{a-b}{a}$, где a и b — экваторальный и полярный радиусы небесного тела. У Земли сжатие равно $\frac{1}{297}$. Это сжатие есть следствие вращения Земли и возникающей при этом центробежной силы, выражаемой формулой

$$j = m\omega^2 r,$$

где ω — угловая скорость, r — расстояние точки от оси вращения, а m — ее масса. Центробежная сила уменьшает вес тела, вызываемый их притяжением к центру Земли. Ускорение силы тяжести g выводят путем определения периода колебания маятника (T). Если последний — математический, то

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

где l — длина маятника. С учетом центробежного ускорения на широте φ

$$g = g_0 - \omega^2 R \cos^2 \varphi,$$

где g_0 — ускорение силы тяжести на экваторе. На широте 45° и на уровне моря $g = 980,6$ см/сек². Наблюдаемые значения g не соответствуют указанной формуле, обнаруживая еще большее изменение их с широтой. Это происходит от изменения расстояния поверхности Земли от ее центра (так как сила притяжения обратно пропорциональна квадрату расстояния) и подтверждает существование сжатия Земли, для которого Клеро вывел формулу:

$$\text{сжатие} = \frac{5}{2} \frac{j_0}{g_0} - \frac{g_{90} - g_0}{g_0},$$

где g_0 и g_{90} относятся к полюсу и к экватору, а j_0 — центробежное ускорение на экваторе. Все же между наблюдаемым и вычисленным значениями g существуют небольшие расхождения, обусловленные неравномерностью распределения масс под поверхностью Земли („аномалии силы тяжести“) и отклонением самой формы Земли от эллипсоида.

Отвесная линия почти в точности направлена к центру Земли, но вследствие того, что Земля не шар, линия, перпендикулярная к ее поверхности, вообще говоря, не проходит через центр Земли. Это явление называется *отклонением отвеса*. Угол между радиусом Земли и плоскостью экватора называется *геоцентрической широтой*, угол между плоскостью экватора и нормалью (перпендикуляром) к земной поверхности называется *географической широтой*, а высота полюса над горизонтом, т. е. угол между плоскостью экватора и направлением отвесной линии, называется *астрономической широтой*. Последние две широты, вообще говоря, различаются вследствие существования аномалий силы тяжести.

Земля несколько отклоняется от фигуры эллипсоида вращения и ее истинная форма называется *геоидом*. Ось Земли немного перемещается в самом теле Земли, что обнаружилось из систематических определений широт обсерваторий, оказавшихся переменными, хотя и в небольших

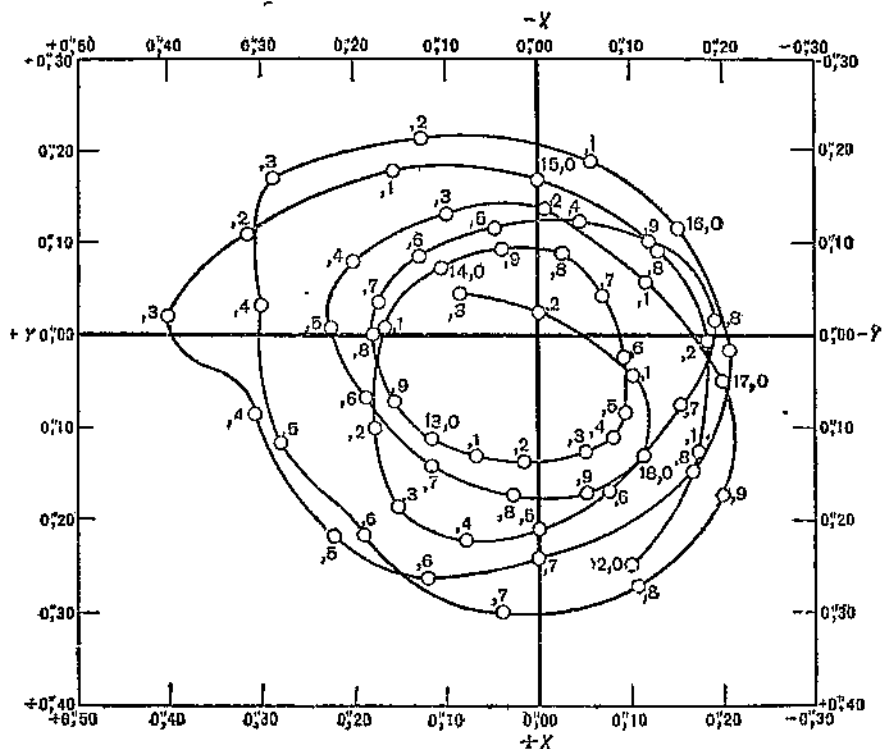


Рис. 23. Движение полюса по поверхности Земли.

пределах. Полюсы описывают на поверхности Земли линию, изображенную на рисунке 23.

Физические условия на поверхности Земли сильно зависят от свойств окружающей ее атмосферы.

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

525. Как велика скорость движения Земли вокруг Солнца, в предположении, что это движение происходит равномерно по кругу, радиусом 149 500 000 км, с периодом обращения, равным $365\frac{1}{4}$ дня?

526. Насколько изменится продолжительность года, если расстояние Земли от Солнца увеличится на 1 м? Орбитальную скорость Земли считать неизменной. (Перельман)

527. Вычислить, сколько суток продолжается в северном полушарии весна? лето? осень? зима? Объяснить неодинаковую продолжительность времен года: почему лето у нас в северном полушарии длиннее зимы?

528. Если бы эксцентриситет земной орбиты равнялся нулю, то в каких отношениях отличались бы времена года от тех, которые существуют в действительности?

529. Как изменились бы смены времен года, если бы эксцентриситет земной орбиты увеличился до 0,5.

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

531. При каком наклоне земной оси к плоскости ее орбиты южный полярный круг совпал бы с тропиком Козерога? (Щербаков)

532. Через сколько времени Земля будет проходить через перигелий 1 июля вместо 2 января, как это имеет место теперь, если тропический год равен $365^{\circ}5'48''46^c$, а аномалистический год (промежуток времени между двумя прохожденьями перигелия) равен $365^{\circ}6'13''48^c$? (Юнг)

533. С какой скоростью (в метрах в секунду) движется Ленинград ($\varphi = 59^{\circ}57'$) вследствие суточного вращения Земли? Средний радиус Земли $R = 6371$ км.

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

535. На какой широте находится место, движущееся при суточном вращении Земли вдвое медленнее Москвы ($\varphi = 56^{\circ}$)? вдвое скорее Колы ($\varphi = 69^{\circ}$)? (Каменьщиков)

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

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

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

539. Вычислить величину отклонения к востоку тела, падающего с башни высотой в 100 м, построенной на земном экваторе.

540. Вычислить величину отклонения маятника Фуко за час на широтах: 30° , 60° , 45° , 75° , 89° , 90° , 0° и в вашем городе.

541. Секки в Риме производил опыт Фуко и нашел, что за 1 час отклонение маятника составило $9^{\circ}90'$. Какое должно быть в Риме отклонение по теории (широта Рима $\varphi = 41^{\circ}54'$)?

542. Два корабля x и y плывут: первый вдоль параллели 48° северной широты, второй вдоль параллели 15° южной широты, причем оба в каждый момент времени находятся по долготе на одном и том же меридиане. Какова скорость корабля y , если скорость корабля x есть 15 узлов (т. е. 15 морских миль в час; морская миля есть длина дуги одной минуты экватора). (Смарт)

543. Можно ли в ясную погоду увидеть с Эльбруса (высота 5630 м) берега Крыма, отстоящие от него на 600 км?

544. Какова дальность горизонта с вершины самой высокой из земных гор — Эвереста, высотой 8840 м?

545. С какого расстояния мореплаватель увидит огонь маяка, стоящего на высоте 100 м над уровнем моря?

*546. Какова была дальность горизонта для экипажа советского стратостата, когда он поднялся на высоту 22 км? Какова эта дальность для человека, стоящего в степи (рост 1,7 м)?

547. Чему равно понижение (депрессия) горизонта, если наблюдатель смотрит в море с вершины Яйлы (в Крыму) высотой в 1000 м?

548. Как высока должна быть гора, чтобы на ее вершине депрессия видимого горизонта составила 2°?

549. Определить высоту берега, с которого видимый горизонт лежит ниже математического на 18'.

550. Два наблюдателя в сентябре месяце, находясь на экваторе, наблюдают заход Солнца. Один из них наблюдает со шлюпки, другой с самолета, поднявшегося на высоту 10 км. Насколько позднее зайдет Солнце для пилота самолета? (Ресселл)

551. Определить радиус Земли, если с горы высотой в 1000 м депрессия горизонта составляет 1°,01. Указание: Рефракцию в земной атмосфере не учитывать.

552. Вычислить длину так называемой морской мили, равную длине дуги одной минуты экватора, зная, что длина экватора равна 40 076 594 м.

553. Во время большого градусного измерения дуги меридиана, произведенного В. Струве, было установлено, что расстояние между Фугленессом ($\varphi = 70^\circ 50'$) и Старо-Некрасовкой ($\varphi = 45^\circ 20'$) равно 2822 км. Определить отсюда земной радиус, принимая Землю за шар. (Блажко)

554. В результате Лапландской и Перуанской градусных экспедиций в 1736 г. и измерений Пикара во Франции в 1677 г. получено для длины одного градуса:

в Перу	($\varphi = -2^\circ$)	110 578 м
во Франции	($\varphi = +49^\circ$)	111 213 "
в Лапландии	($\varphi = +66^\circ$)	111 950 "

Вычислить радиус кривизны Земли для широты Перу, Франции и Лапландии.

555. Накаплиются ли ошибки при триангуляции вместе с длиной измеренного расстояния? Возрастают ли ошибки в астрономическом определении угловой длины дуги вместе с ее длиной? (Мультон)

556. Насколько точно должен быть измерен базис длиной в 10 км, чтобы неточность его измерения не могла в определение окружности Земли внести ошибки более, чем в 100 м?

557. Если Землю представить глобусом с диаметром в 3 м, как выразится тогда сжатие Земли?

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

559. Два одинаковых поезда идут с одинаковой скоростью в противоположные стороны — один с востока на запад, другой с запада на восток. Который из поездов тяжелее? (Перельман)

560. Как велико центробежное ускорение тела, помещенного на земном экваторе на уровне моря? Радиус земли $R = 6378400$ м; время ее вращения $t = 86164$ сек.

561. Как велико ускорение земной тяжести на экваторе, если секундный маятник имеет там длину $l = 991,03$ мм?

562. На экваторе ускорение земной тяжести $g_0 = 9,781$ м, на широте φ оно равно $g = 9,781(1 - 0,00512 \sin^2 \varphi)$. Вычислить длину секундного маятника в Днепропетровске ($\varphi = 48^\circ 24'$).

563. Принимая длину градуса меридиана за 111,7 км, определить приблизительно линейную амплитуду колебаний полюса по земной поверхности, согласно рисунку 23, где по осям координат нанесены в угловой мере отклонения полюса от его среднего положения. (ФЭз)

564. Если бы земная поверхность была лишена воды, каково было бы влияние этого на среднюю температуру, на суточный ход температуры в каком-либо месте и на ход ее на всей поверхности Земли?

565. Если предположить, что масса земной атмосферы увеличилась или уменьшилась, то каково будет влияние этого на среднюю температуру, на суточный ход ее в каком-либо месте и на ход ее на всей поверхности Земли?

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

*567. Каково должно быть теоретическое отношение нагреваний горизонтальной почвы в полдень в Саратове ($\varphi = 51^\circ 32'$), в дни 22 июня и 23 сентября?

*568. Сравнить отношения теплот, получаемых на единицу поверхности в Москве ($\varphi = 55^\circ 45'$) в дни летнего и зимнего солнцестояний и в дни прохождения Земли через перигелий (зимой) и через афелий (летом). (Эксцентриситет земной орбиты $e = 0,017$.) Во сколько раз влияние наклона солнечных лучей больше влияния изменения расстояния от Солнца (в Москве)?

*569. Сравнить количества тепла, получаемые Землей в дни летнего и зимнего солнцестояний для местностей, лежащих на широтах 65° , 45° , $23\frac{1}{2}^\circ$ и 0° . Полученные для каждого места отношения сравнить между собой и сопоставить с данными, известными из географии.

ВТОРОЙ КОНЦЕНТР.

570. Каково прямое восхождение точки на небесной сфере, по направлению к которой движется по орбите Земля 21 июня? (Мультион)

571. Которое из доказательств обращения Земли около Солнца дает также и размеры ее орбиты?

*572. Определить эксцентриситет e земной орбиты, зная из наблюдений, что наибольший видимый диаметр Солнца $p = 32' 36''$, 4, а наименьший $q = 31' 31''$, 8.

573. Чем объяснить следующее явление: с января до июля мы ближе к Солнцу в полдень, чем вечером, а с июля до января мы ближе к нему вечером? (Перельман)

574. Сколько времени Земля падала бы на Солнце после своей внезапной остановки?

575. Каково соотношение площадей трех основных климатических поясов Земли: тропического, умеренного и полярного? (Гарсет)

*576. Влияет ли на продолжительность времен года на Земле вековое движение перигелия ее орбиты, вызываемое возмущениями планет?

577. Зная, что продолжительность сидерического года, в который Земля совершает полное обращение (360°) вокруг Солнца, равняется 365,25636 средних суток и что долгота перигелия земной орбиты увеличивается ежегодно на $0,0171^\circ$, найти отсюда длину аномалистического года (т. е. промежуток времени между двумя последовательными прохождением Земли через перигелий). Определить промежуток времени, через который линия апсид земной орбиты придет в прежнее свое положение, т. е. совершит оборот 360° .

578. Для воспроизведения опыта Фуко служит физический маятник, состоящий из тонкой проволоки и латунного шара. Весом проволоки можно пренебречь в сравнении с весом шара, находящегося от оси вращения в расстоянии $K=53$ м; удельный вес латуни $S=8,4$. На каком расстоянии находится центр качания маятника от центра шара? (Малер)

579. Доказать, что расстояние между двумя морскими портами A и B , лежащими на широте 60° и имеющими разность долгот 60° , короче по дуге большого круга, чем по дуге параллели 60° . Указания: Воспользуйтесь для доказательства рисунком 24. Средний радиус Земли $R=6371$ км.

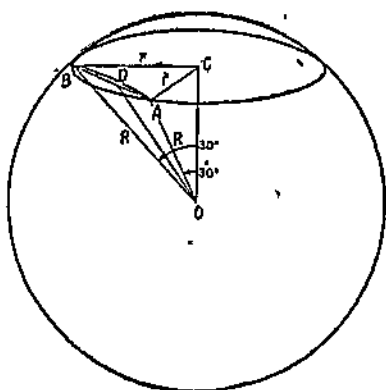


Рис. 24. Дуга параллели короче дуги большого круга.

580. Неаполь лежит на $14^\circ 15'$ восточной долготы. Нью-Йорк на $71^\circ 29'$ западной долготы. Оба места лежат приблизительно на $40^\circ 51',8$ северной широты. Насколько дуга параллели между обоими местами длиннее дуги большого круга, проходящего через те же точки.

581. Летчику надо знать расстояние между городами A и B для того, чтобы рассчитать запас горючего. Их географические координаты: $\varphi_1=24^\circ 18'$, $\lambda=133^\circ 39'$ Е, $\varphi_2=36^\circ 47'$, $\lambda=125^\circ 24'$ W. Указания: Землю принять за шар радиусом 6371 км. Вычисления производить с пятизначными логарифмами.

582. Корабль из Лиссабона ($\varphi=38^\circ 42',5$; $\lambda=9^\circ 11',5$ Е) плывет по дуге большого круга к экватору, держа курс $S\ 22^\circ 47' W$. Где и каким курсом он пересечет экватор? Сколько километров ему плыть до экватора? Когда он туда прибудет, если делает в час $22,2$ км?

583. Корабль плывет из точки с координатами $\varphi_1=-39^\circ 20'$, $\lambda_1=-110^\circ 10'$ Е к точке $\varphi_2=-44^\circ 30'$, $\lambda_2=46^\circ 20'$ W. Доказать, что, если он плывет по кратчайшему возможному пути; не пересекающему параллели -62° , то длина его пути равна 5847,6 морских миль.

584. Иногда говорят, что доказательство шарообразности Земли по лунным затмениям неправильно, так как тень Земли падает не на плоскость, а на сферическую поверхность Луны, и поэтому граница тени не есть дуга круга. Опровергните это возражение. (Полак)

585. Зная, что ускорение центробежной силы на экваторе равно $33,9$ мм/сек² и зная из наблюдений, что ускорение силы тяжести на

экваторе $9780,5 \text{ мм/сек}^2$, а ускорение силы тяжести на полюсе равно $9832,2 \text{ мм/сек}^2$, найти отсюда, по формуле Клеро, сжатие Земли. *Примечание:* Измерение силы тяжести на Северном полюсе впервые было выполнено астрономом Е. К. Федоровым на дрейфующей станции "Северный полюс" в 1937 г.

586. Зная формулу Гюйгенса для центростремительного ускорения ($f = \frac{v^2}{R}$), найти, как изменяется центростремительная сила с изменением широты места на Земле.

587. Почему при вычислении влияния вращения Земли на силу тяжести надо экваториальное ускорение g_0 два раза умножить на $\cos \varphi$? (Полак)

588. На экваторе ускорение земной тяжести равно $9,7805 \text{ м/сек}^2$. Во сколько раз быстрее должна бы вращаться Земля, чтобы тела на экваторе представлялись неимеющими веса? (Малер)

589. Пусть g — ускорение силы тяжести на уровне моря. Как велико оно на высоте h над морем, если радиус Земли принять равным R ?

590. Предположим, что время может быть измерено с ошибкой, не превосходящей одной десятой доли секунды. Насколько точно может быть определено g при помощи качаний секундного маятника в течение 10 дней?

591. Разобрать относительные преимущества способа крутильных весов и способа, основанного на притяжении гор для определения массы Земли. Какой из них имеет больше преимуществ?

592. Больше ли астрономическая широта, чем геоцентрическая, или равна ей для всех точек поверхности Земли? (Мультон)

593. Определить геоцентрическую широту φ' Гриничской обсерватории (географическая широта которой $\varphi = 51^{\circ}28'38''$), пользуясь формулой: $\operatorname{tg} \varphi' = [9,9970352] \operatorname{tg} \varphi$, в которой число в скобках представляет логарифм коэффициента при $\operatorname{tg} \varphi$.

594. Одинаково ли изменяется длина градуса геоцентрической и астрономической широты? (Фэз)

595. Доказать, что отклонение отвеса от радиуса земного шара, происходящее благодаря вращению Земли, имеет наибольшее значение на широте 45° (приблизительно), и найти эту величину. (Бачинский)

*596. Какие слои атмосферы (на какой высоте) еще способны заметно рассеивать солнечный свет, если явление астрономических сумерек, производимое ими, заканчивается, когда высота Солнца над горизонтом достигает 18° ? Вывести для этого формулу, воспользовавшись рисунком 25, где AOB — земная поверхность с центром в C , O — наблюдатель, HR — его горизонт, а h — высота искомого слоя атмосферы MKN . Угол α — отрицательная высота Солнца в конце сумерек.

*597. На какой высоте находятся слои воздуха, производящие своим рассеянием солнечного света гражданские сумерки, если последние кончаются при глубине Солнца под горизонтом $6^{\circ}57'$?

*598. На один квадратный сантиметр поверхности, перпендикулярной к солнечным лучам, на среднем расстоянии Земли от Солнца падает 1,94 калорий в минуту („солнечная постоянная“). Земля отражает 37% падающей на нее энергии обратно в пространство (преимущественно благодаря облакам). Зная радиус Земли R и принимая ее за абсолютно черное тело, вычислить среднюю температуру Земли T , применяя закон Стефана-Больцмана $E_s = 5,72 \cdot 10^{-5} T^4$, где E — энергия в эргах, излучаемая 1 см^2 абсолютно черного тела в 1 секунду. Механический эквивалент тепла $q = 4,19 \cdot 10^7$. Сравнить полученную величину с действительной средней температурой Земли ($+14^{\circ} \text{C}$).

XV. ДВИЖЕНИЕ И ФАЗЫ ЛУНЫ.

Изменение лунных фаз происходит оттого, что половина лунного шара всегда освещена Солнцем, но мы на нее смотрим под разными углами в течение обращения Луны вокруг Земли. Период обращения Луны около Земли — это *звездный* или *сидерический месяц*; он равен, в среднем, 27,32 суток. Промежуток времени между двумя одинаковыми фазами Луны — это *синодический месяц*; он равен в среднем 29,53 суток. Он длиннее сидерического за счет движения Земли вокруг Солнца. Плоскость лунной орбиты пересекает эклиптику под углом $5^{\circ}8'$. Луна движется на фоне звезд по линии, представляющей проекцию ее орбиты на небесную сферу. Это движение происходит со скоростью $13^{\circ}10'35''$ в средние солнечные сутки. За час Луна перемещается приблизительно на $\frac{1}{2}^{\circ}$ или на величину своего углового диаметра. При своем движении по небу Луна может загораживать от нас звезды (тогда происходят *покрытия звезд Луной*). Лунные сутки или промежуток времени между кульминациями Луны равняются $24^{\text{ч}}51^{\text{м}}$ (в среднем). Луна вращается вокруг своей оси в тот же период, что и вокруг Земли.

Луна движется около Земли по эллипсу, по законам Кеплера. *Перигей* — самая близкая к Земле точка ее орбиты, *апогей* — самая далекая. Линия, соединяющая эти две точки (*линия апсид*), вращается в пространстве в плоскости лунной орбиты к востоку, делая один полный оборот приблизительно в 9 лет. *Линия узлов* лунной орбиты (пересечение плоскости лунной орбиты с плоскостью эклиптики) также вращается к западу (в плоскости эклиптики) с периодом в $18\frac{2}{3}$ лет. Поэтому *узлы* лунной орбиты, т. е. те точки небесной сферы, в которых Луна пересекает эклиптику, — смещаются непрерывно к западу. Промежуток времени между прохождением Луны через один и тот же узел называется *драконическим месяцем*, он равен 27,21 суток. Им обусловлена повторяемость затмений. Неравномерность движения Луны по орбите, при ее равномерном вращении вокруг оси, наклонность последней к орбите, наклонность орбиты к эклиптике, явление параллакса и другие причины позволяют нам по временам заглядывать немного на другую сторону Луны, вообще говоря, всегда отвернутую от Земли. Эти явления называются *либрациями*.

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

599. Сколько времени потребовалось бы пушечному снаряду, чтобы пролететь пространство, равное расстоянию от Земли до Луны (382 400 км), если бы его начальная скорость (800 м/сек) оставалась неизменной?

600. Как объяснить происхождение выражения „первая четверть“ Луны?

601. Прибывает или убывает Луна, когда выпуклая часть Луны расположена вправо от диаметра, соединяющего острия серпа Луны? Когда она расположена влево от этого диаметра? (Наблюдатель находится в северных широтах.)

602. Может ли звезда наблюдаться между рогами серпа Луны?

603. Чем определяется направление рогов серпа молодой Луны?

604. Почему перпендикуляр к линии, соединяющей рожки лунного серпа, как часто кажется, не проходит через Солнце? (Перельман)

*605. Можно ли где-нибудь на Земле видеть серп Луны заходящим в море в виде лодочки, рогами кверху?

606. Когда и где можно наблюдать молодой серп Луны с рогами, обращенными книзу? (Ресселл)

607. Какую фазу Земли видел бы воображаемый житель Луны во время новолуния? во время полнолуния? Какова вообще зависимость между фазами Луны и фазами Земли?

- 608. Первая четверть Луны наблюдалась 25 декабря 1922 г. Каков был возраст Луны 25 декабря 1923 г.?

- 609. Учитывая наклонение лунной орбиты к эклиптике, указать пределы изменения склонения Луны.

610. Учитывая наклонение лунной орбиты ($5^{\circ}8'$), вычислить максимальную возможную высоту Луны над горизонтом в Коле ($\varphi = 68^{\circ}53'$), Харькове ($\varphi = 50^{\circ}00'$) и Ташкенте ($\varphi = 41^{\circ}20'$).

611. Может ли Луна стоять в зените у нас в СССР? В каких широтах это возможно?

*612. В каких пределах меняется азимут точки восхода Луны для наблюдателя, живущего на экваторе Земли?

613. Почему серп „молодого месяца“ особенно высоко стоит на небе весной?

614. Почему Луна „на ущербе“ (после полнолуния) весной видна плохо, а осенью, наоборот, хорошо, т. е. рано восходит и высоко поднимается?

- 615. Луна в первой четверти и видна на меридиане. Который, приблизительно, час?

- 616. Луна в марте восходит во время полнолуния. Который, приблизительно, час?

617. В какой фазе находится Луна, если она кульминирует в 6 часов вечера по истинному солнечному времени? В какой фазе — если она кульминирует в полночь по истинному солнечному времени?

618. Сражение при Принцетоне в американской борьбе за независимость от Англии произошло 3 января 1777 г. Известно, что 9 января было солнечное затмение. В каком, примерно, часу Луна вошла в ночь кануна сражения? (Ресселл)

619. В котором, приблизительно, часу, в какое время года Луна в момент кульминации занимает наиболее высокое положение над гори-

зонтom: а) когда она полная, б) когда она в первой четверти, в) когда она в последней четверти, г) когда виден вечерний „пепельный свет“ Луны?

620. В какое время года у нас в северном полушарии в полнолунии Луна дольше всего остается над горизонтом? В какое время года в новолунии Луна остается у нас дольше всего над горизонтом?

621. Где на Земле (приблизительно) Луна может в полнолуние оставаться больше суток над горизонтом?

622. Видна ли Луна в июльское полнолуние на Северном полюсе? *623. Можно ли где-либо и когда-либо на Земле в течение двух недель при совершенно ясной погоде ни разу не увидеть Луны?

624. Каждый ли день Луна восходит?

625. Если бы звездный месяц составлял 60 суток, каков был бы промежуток времени между двумя последовательными кульминациями Луны?

626. Во время „покрытия звезды Луной“ звезда была скрыта в течение 20 минут. Было покрытие центральным? *Указание:* Диаметр Луны принять равным $\frac{1}{2}^\circ$. (Набоков и Воронцов-Вельяминов)

627. Среднее суточное движение Луны равно $13^\circ 10' 35''$. Какова средняя длина сидерического месяца?

628. Какова была бы продолжительность синодического месяца, если бы звездный месяц составлял 60 суток?

629. Как происходило бы видимое суточное движение Луны, если бы ее сидерический месяц в точности равнялся звездным суткам? Как происходило бы оно, если бы сидерический месяц был меньше звездных суток, например, равнялся бы 20 часам? (Камепьщиков)

630. Каков был бы синодический период обращения Луны P , если бы она обращалась около Земли с востока на запад с той же скоростью, как сейчас? (Мультон)

ВТОРОЙ КОНЦЕНТР.

*631. Где на Земле и при каких условиях прямая линия, соединяющая концы рогов Луны, находящейся на горизонте, будет в точности параллельна горизонту? *Указание:* Учесть наклон лунной орбиты, приняв его равным 5° .

632. Зная угол между направлениями с Земли на Луну и на Солнце, вывести формулу, устанавливающую долю диаметра Луны, перпендикулярного к линии, соединяющей ее рога, и измеряющего ширину освещенной части Луны. *Указание:* Направления на Солнце с Земли и с Луны считать параллельными (они отличаются менее, чем на $9'$). (Гарсет)

633. Доказать, что видимый лунный терминатор (граница освещенной и темной ее частей) есть полуэллипс, если пренебрегать явлениями параллакса. (Болл)

634. Каково может быть угловое расстояние Луны от Солнца: а) в противостоянии, б) в соединении, в) в квадратуре? (Ресселл)

635. Указать главную причину того, что от новолуния до полнолуния проходит иногда на сутки больше, чем от этого полнолуния до следующего новолуния. (Болл)

636. Если Луна взошла вчера в $8^h 45^m$ вечера, то когда, приблизительно, она взойдет следующий раз? Как изменится (качественно) это время, если склонение Луны в это время увеличивается?

637. При каких условиях суточное запаздывание восхода полной Луны незадолго до осеннего равноденствия будет наименьшим? (Ресселл)

*638. В календаре на 1937 г. указаны фазы Луны:

первая четверть 19 марта, 15 июня, 12 сентября,
полнолуние 23 июня, 17 декабря;
последняя четверть 5 марта, 27 сентября, 24 декабря.

Указать, приблизительно, в какое время суток в эти дни свет Луны сильно мешал изучению созвездий невооруженным глазом.

639. Какова наименьшая широта, на которой с Земли можно видеть Луну над горизонтом 48 часов непрерывно? (Ресселл)

640. В каком месте Земли Луна восходит в два последующие дня в один и тот же момент звездного времени? (Болл)

641. Как происходит движение Луны для наблюдателя, находящегося на Северном полюсе?

*642. В июне некоторого года полная Луна в момент кульминации наблюдалась в Севастополе ($\varphi = 45^\circ$) на высоте 16° над горизонтом. Может ли случиться, что когда-нибудь в этом городе в июне полная Луна будет кульминировать на высоте 26° ? Если да, то чем это объяснить и через сколько лет это случится?

643. Почему когда-нибудь непременно бывает момент, когда Луна покрывает при своем движении любую звезду, имеющую астрономическую широту $\pm 6^\circ 38'$? Указание: Наклонение лунной орбиты принять равным $5^\circ 20'$, что представляет наибольшее возможное значение этой переменной величины. (Болл)

644. Вычислить продолжительность аномалистического месяца (промежуток времени между прохождением Луны через перигей) или период либрации по долготе (до сотых долей суток), зная, что перигей лунной орбиты движется все время к востоку и полный оборот совершает за 3232 суток (около 9 лет). (Полак)

*645. Благодаря суточному вращению Земли, наблюдатель видит Луну при восходе и заходе несколько иначе, чем при кульминации, заглядывая немного на другую сторону Луны (параллактическая либрация). Какова в лунных селеноцентрических градусах наибольшая ширина этой добавочной полоски, если экваториальный горизонтальный параллакс Луны равен $57'$? Указание: Полезно сделать чертеж.

646. Вычислить период либрации по широте (драконический месяц). Почему драконический месяц D короче звездного S , а аномалистический длиннее (Полак)?

XVI. ЗАТМЕНИЯ.

Лунное затмение может быть лишь в полнолуние, при том условии, что оно происходит вблизи узла лунной орбиты (вблизи плоскости эклиптики); солнечное затмение может быть лишь в новолуние и при том же условии. Эти условия повторяются два раза в год с промежутком времени около полугода. Благодаря движению узлов лунной орбиты, этот промежуток на 10 дней короче полугода. В каждом из двух периодов затмений в течение года может быть максимум по три затмения (солнечное, лунное, солнечное), причем, как минимум, одно

солнечное и ни одного лунного. Сечение тени Земли на расстоянии Луны больше поперечного сечения Луны. Попад в земную тень, Луна отовсюду с Земли видна в затмении одновременно. *Полное солнечное затмение* видно лишь там, где на Землю падает небольшое пятно лунной тени; в разных местах Земли оно видно разновременно — по мере того, как эти места последовательно попадают в тень. Там, где на Землю падает полутень Луны, происходит *частное солнечное затмение*. Если Луна при затмении Солнца находится в апогее, то она кажется меньше Солнца и производит лишь *кольцеобразное солнечное затмение*. Ширина полосы, которую тень Луны чертит по Земле и в которой наблюдается полное затмение, узка и потому в любом данном месте солнечные затмения видны реже лунных, тогда как для Земли в целом дело обстоит наоборот.

В течение 18 лет 11 дней (или 10 дней, если високосный год в этом промежутке был 5 раз) Солнце 19 раз проходит через узлы лунной орбиты (19 драконических лет), что равно 242 драконическим месяцам и 223 синодическим месяцам. Поэтому по истечении 18 лет 11 дней взаимные расположения Солнца, Земли и Луны повторяются и повторяется характер затмений, хотя солнечные становятся видимы при этом в других местах. Этот период называется *саросом*.

Условия наступления затмений определяются наклоном лунной орбиты к эклиптике, видимыми диаметрами Луны и Солнца (их параллаксами), скоростью движения лунных узлов и многими другими причинами.

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

647. Что видит воображаемый наблюдатель, находящийся на Луне, во время солнечного затмения? во время лунного?

648. Когда наблюдатель на Луне видит частное затмение Солнца Землей? Что видит в это время земной наблюдатель?

649. Почему не может быть кольцеобразного затмения Луны?

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

651. Может ли полное лунное затмение наблюдаться в местный полдень?

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

653. Может ли середина полного затмения Луны наблюдаться в 4 часа утра по местному времени?

654. Полное лунное затмение 4 июня 1909 г. началось в $1^{\text{ч}}44^{\text{м}}6^{\text{с}}$ ночи по пулковскому времени. Когда это произошло по местному московскому времени, если долгота Москвы относительно Пулкова $29^{\circ}0'$ к востоку?

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

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

657. Может ли произойти покрытие Юпитера Луной во время затмения Луны? А покрытие Венеры? (Ресселл)

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

659. Может ли на Земле наблюдаться солнечное затмение в полночь? (Ресселл)

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

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

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

663. Во сколько раз ослабляется свет Солнца при самом ярком кольцеобразном затмении? *Указание:* Угловые диаметры Солнца и Луны для этого случая можно принять в $32',6$ и $29',4$, а поверхность Солнца считать равномерно яркой. (Полак)

664. Что происходило бы при каждом новолунии, если бы плоскость орбиты Луны совпадала с плоскостью орбиты Земли?

*665. Как изменились бы условия наступления затмений, если бы узлы лунной орбиты перестали перемещаться, а наклонение лунной орбиты возросло бы до 30° ?

*666. Где можно видеть чаще затмения в полярных областях Земли (до полярных кругов) или в экваториальной области (между тропиками)? Условия облачности в расчет не принимаются.

*667. В год Великой Октябрьской социалистической революции (1917 г.) наблюдались следующие затмения:

Полное лунное затмение 8 января, лучше всего видимое в Америке.

Частное затмение Солнца 23 января, видимое в Восточной Европе и в Восточной Сибири.

Частное затмение Солнца 19 июня, видимое в Северной полярной области.

Полное лунное затмение 4 июля, видимое в Европе.

Частное затмение Солнца 19 июля, видимое в Антарктике.

Кольцеобразное затмение Солнца 14 декабря, видимое на Южном полюсе Земли.

Полное затмение Луны 28 декабря, хорошо видимое в Америке. В 1935 г. произошли следующие затмения:

Частное затмение Солнца 5 января, видимое в южном полушарии.

Полное затмение Луны 19 января, видимое в СССР.

Частное затмение Солнца 3 февраля, видимое в Северной Америке.

Частное затмение Солнца 30 июня, видимое на Крайнем Севере СССР.

Полное затмение Луны 16 июля, видимое в Америке.

Частное затмение Солнца 30 июля, видимое в Атлантическом океане.

Кольцеобразное затмение Солнца 25 декабря, видимое на Южном полюсе.

8 января 1936 г. наблюдалось еще полное лунное затмение, видимое в СССР.

Сравнить эти два цикла затмений и проверить, соблюдается ли для них период сароса. Проследить, как меняются условия видимости затмений. Объяснить, почему промежуток между четвертым и пятым затмениями в 1935 г. как будто больше. *Указание:* Учесть, что даты даны по мировому времени и что часы затмений здесь не приведены.

668. В 1923 г. было два солнечных и два лунных затмения, а именно: 3 марта—частное лунное, 17 марта—кольцеобразное солнечное, 26 августа—частное лунное и 10 сентября—полное солнечное затмение. Предсказать, на основании сароса, когда в ближайшем времени эти затмения повторятся и когда эти затмения уже происходили?

*669. Определить по карте полосы полного затмения Солнца 19 июня 1936 г., когда по местному времени была середина затмения и какова была величина наибольшей его фазы в Москве. Определить то же для Горького, для Омска и для Туансе. *Указание:* Карта помещена в § 89 учебника по астрономии для средней школы Набокова и Воронцова-Вельяминова.

ВТОРОЙ КОНЦЕНТР.

*670. Один путешественник утверждал, что он видел, как во время солнечного затмения ущербление диска началось прямо снизу. Могло ли в действительности наблюдаться подобное явление, а если да, то где и в какое время?

671. Может ли тень Луны при солнечном затмении где-нибудь и когда-нибудь перемещаться к западу по поверхности Земли? (Юнг)

672. Почему в течение календарного года не может быть 8 затмений? (Полак)

*673. Пользуясь рисунком 26, где O и E —центры Солнца и Земли, выразить длину конуса земной тени $EC=l$ через радиусы Солнца и Земли R и r и расстояние от Земли до Солнца $OE=\Delta$. Выразить эту длину также через r , видимый угловой радиус Солнца S и солнечный параллакс p .

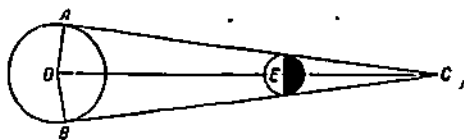


Рис. 26.

674. Пусть радиус Земли будет r , радиус Солнца $R=109 r$, расстояние между центрами этих двух небесных тел $L=23\,680 r$, расстояние Луны от центра Земли $l=60 r$. Определить радиус u нормального сечения полной тени Земли на расстоянии l от центра Земли.

675. Даны следующие величины:

Расстояние Солнца от Земли	$R=15 \cdot 10^7$ км
Расстояние Луны от Земли	$l=36 \cdot 10^4$ »
Диаметр Солнца	$a=14 \cdot 10^3$ »
Диаметр Луны	$b=35 \cdot 10^2$ »

На основании этих данных вычислить, какую площадь в квадратных километрах занимает на Земле пятно тени полного солнечного затмения (считая земную поверхность плоской).

676. Если в данных предыдущей задачи все останется без изменения и только расстояние между Луной и Землей станет $38 \cdot 10^4$ км, то возможно ли будет полное солнечное затмение при этих новых условиях? *Указание:* После числового решения сделать тщательно выполненный чертеж.

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

*678. Для затмения Солнца необходимо, чтобы Луна задела конус $ABCD$ (рис. 27), включающий Солнце S и Землю E . В предельном случае угол между центрами Луны M и Солнца S , усматриваемый из центра Земли, равен MES . Он состоит из углов MEF (равного угловому радиусу Луны), угла $AES=R$ (угловому диаметру Солнца) и угла FEA . Последний равен разности углов CFE и FAE , соответственно равных горизонтальным параллаксам Луны и Солнца. Следова-

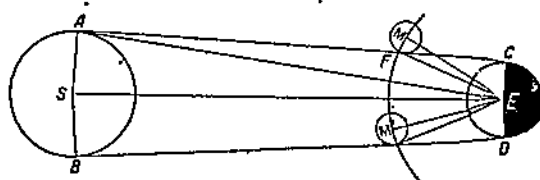


Рис. 27.

тельно, $MES = r + R + P - p$ и, благодаря изменениям расстояния до Луны и Солнца, колеблется от $1^{\circ}34'13''$ до $1^{\circ}24'19''$. Аналогично этому найти угол $M'ES$, определяющий предельные условия наступления центрального затмения.

*679. Зная по предыдущей задаче, что угол MES на рисунке 27 колеблется от $1^{\circ}24'19''$ до $1^{\circ}34'13''$, определить предельное расстояние центра Луны от узла, считаемое в плоскости эклиптики, при котором возможно солнечное затмение.

*680. Подобно тому как в задаче 678, определить на рисунке 28 среднее значение угла MEN , так называемый „радиус земной тени“, определяющий условия наступления лунного затмения. На этом рисунке

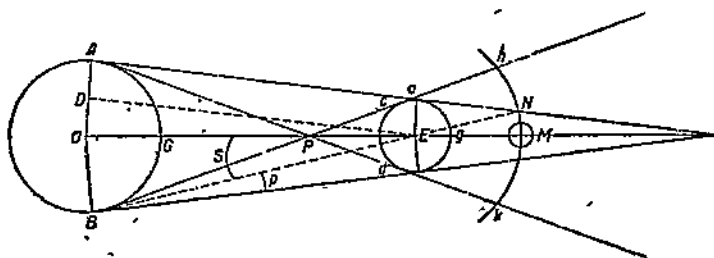


Рис. 28.

O , E и M — центры Солнца, Земли и Луны. Сохраняя прежние обозначения и зная, что среднее значение $r = 15'40''$, среднее значение $R = 16'2''$, среднее значение $P = 57'2''$ и среднее значение $p = 8'8''$, сравнить, какие условия для наступления затмения Солнца или Луны „жестче“ и какие из этих затмений для Земли в целом должны происходить реже.

*681. Зная из предыдущей задачи, что угол MEN равен $41'9''$, определить A предельное расстояние, Луны от узла ее орбиты, при котором лунное затмение возможно. Указание: Учесть, что угол i есть соответствующее предельное расстояние центра Луны от эклиптики. Наклонение лунной орбиты $i = 5^{\circ}9'$.

XVII. ТЯГОТЕНИЕ.

I.

Законы движения небесных светил являются следствием их взаимодействия по закону всемирного тяготения. Сила тяготения между двумя телами с массами m_1 и m_2 на расстоянии r друг от друга выражается формулой:

$$F = f \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2},$$

где коэффициент (он иногда обозначается k^2) называется *постоянной тяготения*, или *гравитационной постоянной*. В системе единиц CGS $f = 6,673 \cdot 10^{-8}$. Если за единицу массы взять массу Солнца, за единицу расстояния большую полуось земной орбиты, а за единицу времени средние солнечные сутки, то получающееся тогда значение $k = \sqrt{f}$ называется гауссовой постоянной. $k = 0,01720210 \approx 1/58$.

Ускорение g , которое тело массы M сообщает телу массы m на расстоянии r , выражается формулой:

$$g = f \frac{M}{r^2}.$$

Если считать небесные тела за шары, с плотностью, растущей к центру, то они притягивают точки, находящиеся на их поверхностях или дальше так, как если бы вся их масса была сосредоточена в их центре.

Из закона всемирного тяготения третий закон Кеплера получается в более точной форме, чем это непосредственно было получено из наблюдений самим Кеплером:

$$\frac{a^3}{a_1^3} = \frac{T^2(M+m)}{T_1^2(M+m_1)},$$

где M — масса центрального тела, m и m_1 — массы обращающихся вокруг него тел с периодами T и T_1 по эллипсам с большими полуосями a и a_1 . Это соотношение сохраняет свою силу, если a , T , m и M в числителе отнести к одной паре тел (например, к Солнцу и к Земле), а a_1 , T_1 , m_1 и M в знаменателе отнести к другой паре тел (например, к Нептуну и к его спутнику). Отсюда оказывается возможным определять массы небесных тел по отношению к массе Земли или к массе Солнца. Для этого сравнивают движение Луны около Земли (или движение Земли около Солнца — во втором случае) с движением спутника около планеты, массу которой определяют, и при этом массами спутников в сравнении с массой центрального тела пренебрегают. Тогда масса планеты M_n получается по формуле:

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

где T_1 и a_1 — период и расстояние спутника планеты. Если M — масса Земли, то T и a относят к Луне, а если M — масса Солнца, то T и a относят к Земле.

Если движение планеты (или спутника) считать круговым, то ускорение действующего на него тяготения равно центростремительному (или

центробежному) ускорению $\omega^2 r$, где ω — угловая скорость, а r — радиус орбиты.

Скорость v при движении тела массы m под действием тяготения по орбите с большой полуосью a на расстоянии r от центрального тела находится по формуле:

$$v^2 = k^2 (M + m) \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right),$$

где M — масса центрального тела. Если m значительно меньше M , то его можно принять в формуле за нуль. Вместе с тем отсюда следует, что если скорость тела на данном расстоянии r будет v , то от этой скорости (и только от нее) будет зависеть большая полуось орбиты a , которую будет описывать это тело. Обозначим $k^2 (M + m)$ через μ . Тогда

$v_k = \sqrt{\frac{\mu}{a}}$ будет скоростью движения по кругу радиуса a (круговая скорость).

$v_n = v_k \sqrt{2} = \frac{\sqrt{2\mu}}{r}$ будет скоростью на расстоянии r при движении по параболе.

При $v_k < v < v_n$ тело описывает эллипс.

При $v > v_n$ тело описывает гиперболу.

Для того чтобы предмет мог навсегда улететь в бесконечность с поверхности планеты, ему надо сообщить скорость, равную или большую, чем v_n , соответствующую поверхности планеты. Если предмету сообщить скорость, касательную к радиусу планеты и равную v_k (при a равном радиусу планеты), этот предмет станет обращаться вокруг планеты близ самой ее поверхности.

II.

Второй закон Кеплера математически выражается формулой:

$$\frac{1}{2} r^2 \frac{d\varphi}{dt} = \text{const},$$

где левая часть представляет так называемую секториальную скорость, r — радиус-вектор тела, движущегося по любой орбите под действием тяготения к некоторому центру, а φ — его истинная аномалия.

Если рассматривать движение относительно центрального тела, то можно сказать следующее. Возмущающая сила третьего тела представляет геометрическую разность сил, с которыми это тело действует на возмущаемое и на центральное тело. Она меняется обратно пропорционально кубу расстояния между возмущаемым телом и возмущающим.

Приливная сила в некоторой точке поверхности планеты (сила, вызывающая приливы и отливы) представляет *разность* сил, с которыми тело, вызывающее приливы, притягивает к себе центр и эту точку поверхности планеты. Приливная сила также обратно пропорциональна кубу расстояния.

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

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

683. Массы Земли и Луны относятся, как 81:1. Расстояние между их центрами равно 382 420 км. Где расположен их общий центр тяжести?

684. Два небесных тела A и B имеют массы m и m' ; их взаимное расстояние равно r . В какой точке прямой, соединяющей их центры, какое-либо тело будет ими притягиваться с одинаковой силой? Пример: A — Земля, B — Луна; их расстояние равно 60 земным радиусам; масса Луны составляет $\frac{1}{81}$ массы Земли.

*685. Вывести формулу, выражающую в сутках время падения t любого небесного тела на свое центральное светило, уподобляя это падение движению кометы по очень вытянутому эллипсу с большой осью орбиты, равной начальному расстоянию между телами a .

686. Сколько времени падала бы Земля на Солнце, если бы она перестала обращаться вокруг него?

687. Сколько времени Луна падала бы на Землю, если бы ее движение прекратилось?

688. За сколько времени Плутон, падая на Солнце, долетел бы до его поверхности?

689. Вычислить массу Нептуна относительно массы Земли, зная, что его спутник отстоит от центра планеты на 354 тыс. км и период обращения равен 5 суткам 21,0 часу. *Указание:* Вычисление произвести, сопоставляя движение спутника Нептуна с движением Луны вокруг Земли.

690. Определить массу Урана в единицах земной массы, сравнивая движение Луны вокруг Земли с движением спутника Урана — Титанией, обращающейся вокруг него с периодом $8^{\text{д}} 17^{\text{ч}} 0$ на расстоянии 438 000 км.

691. Вычислить массу Марса в сравнении с массой Земли по движению его спутника Фобоса, для которого $a = 9300$ км, $t = 0,32$ суток. Соответствующие величины для Луны равны 385 000 км и 27,3 суток.

692. Определить массу Марса относительно Солнца, зная, что расстояние Фобоса, спутника Марса, от планеты равняется 9 380 км, а время звездного оборота Фобоса 0,31892 суток; расстояние Марса от Солнца равно 227 млн. км, а звездный период обращения Марса равняется 686,980 суток.

693. Вычислить массу Юпитера, зная, что расстояние I спутника от Юпитера равняется 422 000 км, время его обращения вокруг Юпитера 1;77 суток, расстояние Земли до Луны 384 000 км, а время обращения Луны вокруг Земли 27,32 суток.

694. По точной формуле третьего закона Кеплера определить массу Юпитера, приняв массу Солнца за 1, массу Земли за 0; $T_1 = 4332,6$ суток, $a_1 = 5,2028$, $T = 365,26$ суток.

695. Определить массу Солнца M в сравнении с массой Земли m , сравнивая движение Луны около Земли с движением Земли около Солнца.

$$T = 365,256 \text{ суток (зв. год)}, R = 149\,500\,000 \text{ км (Земля)}, \\ t = 27,3217 \text{ суток}, r = 384\,400 \text{ км (Луна)}.$$

696. Найти массу Солнца, если угловая скорость обращения Земли составляет 1° в сутки, постоянная тяготения $f = 6,7 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3/\text{г} \cdot \text{сек}^2$, а расстояние от Земли до Солнца $R = 1,49 \cdot 10^8 \text{ км}$.

697. Как влияет накопление метеорного вещества на планете на большую полуось ее орбиты? (Мультон)

698. Какова должна быть масса Земли (по сравнению с действительной), чтобы Луна обращалась вокруг нее с современным периодом, но на вдвое большем расстоянии?

699. Как должна измениться масса Земли, чтобы, оставаясь на прежнем расстоянии, Луна обращалась вокруг Земли в 2 суток?

700. Насколько должна уменьшиться масса Земли, чтобы Луна от нее улетела навсегда?

701. Какова была бы параболическая скорость на расстоянии Земли от Солнца, если бы масса последнего возросла в 100 раз?

702. Удержало ли бы Солнце нашу Землю, несущуюся вокруг него по орбите со скоростью $29,76 \text{ км/сек}$, если бы масса Солнца уменьшилась вдвое?

703. Изменилось ли бы движение Земли, если бы Солнце, сохраняя свою массу неизменной, достигло бы в диаметре той же величины, что диаметр земной орбиты?

704. Определить, какую касательную скорость нужно сообщить снаряду, чтобы он обогал Землю вдоль поверхности, не падая обратно (радиус Земли $R = 6371 \text{ км}$, масса Земли $5,97 \cdot 10^{27} \text{ г}$).

*705. Известно, что, если телу сообщить в горизонтальном направлении скорость $7,906 \text{ км/сек}$, то оно не упадет обратно на Землю, а сделается ее спутником, облетающим нашу планету около самой поверхности. Каков будет период обращения этого спутника?

706. Вычислить параболическую скорость на поверхности Луны ($R = 0,27$ радиуса Земли, $M = \frac{1}{81}$ массы Земли).

707. Вычислить параболическую скорость на поверхности Солнца, если радиус Солнца $R = \frac{1}{113}$ астрономических единицы $= 696\,000 \text{ км}$.

708. Какова должна быть скорость тела, чтобы оно облетало Солнце близ его самой поверхности? Решить эту задачу с помощью третьего закона Кеплера и решить ее, рассматривая искомую скорость, как предельную, при которой тело уже не упадет на поверхность Солнца.

709. Каков должен быть период обращения тела, движущегося по кругу близ самой поверхности Солнца? *Указание:* Воспользуйтесь третьим законом Кеплера.

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

711. На каком расстоянии от поверхности Марса должен был бы находиться его спутник, который обращался бы вокруг него с тем же периодом, что сам Марс вокруг своей оси. *Указание:* Нужные данные взять из таблиц в конце книги.

712. Какую скорость надо сообщить ракетному межпланетному кораблю, чтобы он мог улететь с поверхности Марса на другие планеты? *Указание:* Нужные данные о Марсе взять из таблиц в конце книги.

713. Величина диаметра некоторой планеты получается умножением величины земного диаметра на p ; плотность этой планеты получается умножением плотности Земли на q . Пренебрегая вращением вокруг оси, вычислить ускорение тела, свободно падающего на поверхность этой планеты. (Малер)

714. Если у астероида диаметр равен 0,01 диаметра Земли, а плотность равна средней плотности Земли, то какова сила тяжести на его поверхности в сравнении с земной?

715. Если на Земле прыгун держится в воздухе 1 секунду, сколько бы он при таком же прыжке продержался бы, не касаясь поверхности астероида предыдущей задачи? (Фэз)

716. Радиус Луны равен 1740 км, а масса ее* составляет $\frac{1}{81}$ массы Земли. Как велика длина l' секундного маятника на поверхности Луны и какую продолжительность колебания t' имел бы на Луне земной секунднй маятник? Ускорение земной тяжести $d=9,81$ кг/сек; радиус Земли $R=6371$ км. (Малер)

717. С какой скоростью снаряд, вылетающий из артиллерийского орудия на Земле со скоростью в 900 м/сек, вылетит из него на Луне, где все тела весят в 6 раз меньше, чем на Земле. Указание: Сопротивлением воздуха на Земле пренебречь. (Перельман)

718. Вычислить ускорение силы тяжести на поверхности Марса, если его радиус 3430 км, а его масса $6,4 \cdot 10^{26}$ г.

719. Каково ускорение силы тяжести на поверхности Солнца, если радиус его в 109 раз больше радиуса Земли, а плотность Солнца относится к плотности Земли, как 1 к 4?

720. Если удвоить диаметр Солнца, не меняя его средней плотности, то как изменится напряжение силы тяжести на его поверхности?

721. Каким стало бы напряжение силы тяжести на поверхности Солнца, если бы, сохраняя прежнюю массу ($1,98 \cdot 10^{33}$ г), оно увеличилось в диаметре до размера земной орбиты?

722. Определить силу тяжести на поверхности Юпитера (g) по сравнению с ее величиной на земной поверхности (g_0), зная, что масса Юпитера m в 317 раз, а радиус R его в 11 раз больше, чем у Земли.

723. Радиус Юпитера равен $R=71\,000$ км, а расстояние от его центра четвертого спутника равно nR (где $n=27$), время его обращения составляет $t=16,69$ суток (в сутках 86 400 секунд). Вычислить, исходя из этих данных, ускорение g на поверхности Юпитера. (Малер)

724. Сравнить ускорение силы тяжести, вызываемое Солнцем на поверхности самого Солнца и на расстоянии Земли от Солнца, если известны радиус Солнца $R=6,5 \cdot 10^8$ км и радиус земной орбиты $r=1,4 \cdot 10^8$ км?

725. Определить диаметр, объем, плотность и ускорение силы тяжести на поверхности Нептуна, приняв его средний видимый диаметр равным $2''{,}3$, массу планеты в 17,2 большей массы Земли и параллакс Солнца равным $8''{,}80$, а среднее расстояние Нептуна от Солнца равным 30,07 астр. единицы. (Ресселл)

ВТОРОЙ КОНЦЕНТР.

726. Вычислить постоянную f тяготения в системе CGS, полагая плотность Земли $\delta=5,5$, земной радиус $r=6371$ км, а ускорение силы тяжести 981 см/сек². (Малер)

727. Определить величину гауссовой постоянной k в законе тяготения, приняв большую полуось земной орбиты за единицу, массу Земли m равной $1:354\,710$ массы Солнца, а звездный год $P=365,2563835$ суток. (Числовые значения соответствуют принятым Гауссом.) Указание: Массу Солнца обозначить через M и применить третий закон Кеплера (и его постоянную) в точной форме.

728. Как изменилось бы движение планет солнечной системы, если бы масса Солнца внезапно уменьшилась вдвое?

729. Как изменилась бы орбита Земли, если бы масса Солнца внезапно удвоилась?

730. Насколько удлинился бы период обращения Юпитера, если бы его масса стала ничтожно малой. *Указание:* Учесть, что масса Юпитера равна 1:1048 массы Солнца.

731. Насколько удлинился бы год, если бы масса Земли уменьшилась в миллион раз?

732. Насколько изменится продолжительность суток T , если метеорная пыль, падающая на поверхность Земли, покроеет ее равномерно тонким слоем массы $m = 135,11$ м? При решении задачи можно считать массу Земли равной $M = 5 \cdot 10^{31}$ м и момент инерции слоя метеорной пыли относительно земной оси равным $\frac{1}{3} mR^2$, где R — радиус Земли. (Мультон)

733. Метеорное тело, имевшее скорость, равную нулю относительно Солнца на бесконечно далеком от него расстоянии, стало падать к Солнцу. Какова будет скорость его падения v на расстоянии его от Солнца, равном 1 астр. единице? *Указание:* Орбитальную скорость Земли принять за $v_0 = 30$ км/сек.

734. С какой скоростью упадет Земля на Солнце, если она остановится на своей орбите? Расстояние от Солнца до Земли $R = 1,5 \cdot 10^8$ км, радиус Солнца $r = 6,5 \cdot 10^6$ км и угловая скорость вращения Земли вокруг Солнца $\omega = 1^\circ$ в сутки. (Вальтер)

735. Какова будет орбита метеорного тела, вступающего в солнечную систему с бесконечно большой скоростью?

736. Некоторое тело, находясь от Солнца на расстоянии 0,7184 астр. единицы, имеет в этот момент скорость относительно Солнца 33,2 км/сек. Определить вид конического сечения, описываемого телом. Знаете ли вы, какое это тело? (Иванов) *Указание:* Сравнить эту скорость с круговой на данном расстоянии от Солнца.

737. Комета движется вокруг Солнца, имея в данный момент скорость 562,12 км/сек. Ее радиус-вектор равен 0,005543 астр. единицы. Определить эксцентриситет кометной орбиты. (Иванов)

738. Определить большую полуось, время обращения, эксцентриситет и перигелийное расстояние воображаемой кометы, которая на расстоянии 1 астр. единицы от Солнца имела скорость, по направлению совпадающую с круговой, но по величине в 10 раз меньшую. (Полак)

739. Доказать, что для тела, описывающего эллиптическую орбиту, наибольшая скорость (в перигелии) относится к наименьшей (в афелии), как наибольшее расстояние от Солнца к наименьшему.

740. Если v_1 и v_2 — скорости планеты в перигелии и афелии, то

$$(1 - e) v_1 = (1 + e) v_2,$$

где e — эксцентриситет. Доказать это.

741. Некоторая комета движется по эллипсу, имеющему эксцентриситет 0,5. Сравнить ее линейные и угловые скорости в перигелии и в афелии.

742. Сравнить в перигелии и в афелии угловые и линейные скорости кометы, движущейся по эллипсу с эксцентриситетом $\frac{1}{3}$; то же с эксцентриситетом 0,75.

743. Если линейная скорость кометы в афелии вчетверо меньше, чем в перигелии, каков эксцентриситет ее орбиты? (Фэз)

744. Доказать, что среднее геометрическое между наибольшей линейной скоростью движения по эллипсу с большой полуосью a и наименьшей равно скорости движения по кругу радиуса a . В какой точке орбиты тело имеет такую скорость?

745. В какой точке орбиты истинная линейная скорость планеты равна ее средней скорости?

746. У конца малой полуоси угловая скорость планеты не равна ее средней угловой скорости. Почему это так? (Юнг)

747. Комета движется по параболе с перигелийным расстоянием в 1 астр. единицу. Сколько времени ей нужно, чтобы описать после перигелия 90° (от P до Q на рис. 29)? (Ресселл)

748. Доказать, что комета, движущаяся по параболе с перигелийным расстоянием q , должна употребить $109,61 \cdot q^{\frac{3}{2}}$ суток, чтобы описать 90° после перигелия. (Ресселл)

749. Два метеорных тела M_1 и M_2 описывают один и тот же эллипс, в фокусе S которого находится Солнце. Расстояние между ними настолько мало, что дугу эллипса M_1M_2 можно считать за отрезок прямой. Известно, что расстояние M_1M_2 равнялось d , когда середина его находилась в перигелии P . Предполагая, что метеорные тела движутся с равными секториальными скоростями, определить расстояние M_1M_2 , когда середина его будет проходить через афелий A , если известно, что $SP = R_1$ и $SA = R_2$. (Мещерский)

750. Определить расстояние от Земли до Луны, если известны: радиус Земли $R_1 = 6370$ км, плотность Земли $\delta_1 = 5,5$, период обращения Луны $T = 27,3$ суток и гравитационная постоянная $f = 6,7 \cdot 10^{-8}$ см³/сек². (Вальтер)

751. Определить скорость v_0 , которую нужно сообщить по вертикали вверх телу, находящемуся на поверхности Земли, для того, чтобы оно поднялось на высоту, равную земному радиусу; при этом нужно принять во внимание только силу притяжения Земли, которая изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния тела от центра Земли. Радиус Земли равен $6,37 \cdot 10^6$ см, а ускорение силы тяжести на поверхности Земли равно $980,6$ см/сек². (Мещерский)

752. Найти, с какой скоростью v_0 нужно выпустить снаряд с поверхности Земли по направлению к Луне, чтобы он достиг точки, где силы притяжения Земли и Луны равны. Движением Земли и Луны и сопротивлением воздуха пренебрегаем. Ускорение силы тяжести у поверхности Земли $g = 9,8$ м/сек. Отношение массы Луны к Земле $m : M = 1 : 80$; расстояние между ними $d = 60 R$, где $R = 6000$ км — радиус Земли. Величину f силы всемирного тяготения для случая двух масс, равных каждая единице, на расстоянии, равном единице длины, находим из уравнения:

$$g = f \left[\frac{M}{R^2} - \frac{m}{(d_0 - k)^2} \right]. \quad (\text{Мещерский})$$

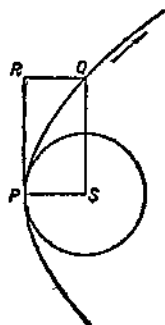


Рис. 29.

753. Доказать, что геометрическое место точек, в которых притяжения Солнца и Земли равны, есть сфера радиуса $\frac{RV\sqrt{SE}}{S-E}$ с центром, лежащим на прямой, соединяющей Солнце и Землю на расстоянии $\frac{ER}{S-E}$ от центра Земли в сторону, противоположную Солнцу, где S и E — массы Солнца и Земли, а R — расстояние от Земли до Солнца. Выразите две, указанные выше, величины в километрах. (Мультон)

754. Найти отношение возмущающей силы Солнца D_S в максимуме (действующей на Луну) к притяжению Солнца A_S и к притяжению Земли A_E . *Указание:* Расстояние Солнца от Земли обозначить через R , расстояние Луны от Земли через r , а расстояние от Солнца до Луны через ρ . (Мультон)

755. Найти отношение наибольшего возмущающего влияния Солнца на Луну к наименьшему возмущающему влиянию Земли на Луну. *Указание:* Обозначения использовать те же, что и в предыдущей задаче. (Мультон)

756. Доказать, что, если Луну считать обращающейся вокруг Земли и возмущаемой Солнцем, то максимум возмущения им будет в тех положениях Луны, где наименьшим оказывается возмущающее действие Земли, если считать Луну движущейся около Солнца и возмущаемой Землей. (Мультон)

757. Юпитер совершает полный оборот вокруг своей оси в 10 часов. Найти отношение весов тел на экваторе и на полюсах по известным радиусу Юпитера R , массе его M и постоянной тяготения f . (Вальтер) *Указание:* Отношение ускорений разложить по биному Ньютона.

758. Луна в апогее на $\frac{1}{9}$ дальше, чем в перигее. На сколько процентов больше в перигее приливная сила?

759. Во сколько раз прилив во время сизигий теоретически должен быть больше прилива во время четвертой Луны? (Сизигиями называются новолуния и полнолуния.)

760. В какое время года приливообразующая сила Солнца является наибольшей и в какое наименьшей? Сравнить эти две величины. (Паре-наго). *Указание:* Эксцентриситет земной орбиты равен $\frac{1}{60}$.

ХVIII. АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ.

I.

А. Объектив телескопа дает в своем главном фокусе действительное изображение небесных светил, рассматриваемое в окуляр. 1° небесной сферы изображается в фокальной плоскости телескопа отрезком, равным приблизительно $\frac{1}{57}$ доле фокусного расстояния F объектива или зеркала. Увеличение, даваемое телескопом, равно фокусному расстоянию F объектива или зеркала, деленному на фокусное расстояние окуляра f , а длина трубы (оптическая) равна $F+f$.

Разрешающей силой телескопа называется предельное угловое расстояние между двумя звездами, которые видны в этот телескоп, не вполне сливаясь одна с другой. Разрешающая сила дается формулой: $S=4'',56 : D$, в которой D — диаметр объектива в английских дюймах, или формулой $S=11'',6 : D$, в которой D выражено в сантиметрах.

В. Блеск звезд выражается в звездных величинах. Разность блеска на одну звездную величину соответствует отношению блеска, равному 2,512. Если две звезды имеют блеск I_1 и I_2 , а их звездные величины m_1 и m_2 , то

$$\lg \frac{I_1}{I_2} = 0,4 (m_2 - m_1) \quad \text{или} \quad (m_2 - m_1) = 2,5 \lg \frac{I_1}{I_2}.$$

С изменением расстояния блеск источника света изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния.

Проникающей силой телескопа называется предельная величина звезд, еще видимых в данный телескоп в совершенно ясную, темную ночь; она приближенно выражается формулой $m = 9,5 + 5 \lg D$, в которой D — диаметр объектива в дюймах.

С. Скорость движения источника света по лучу зрения относительно наблюдателя вызывает в спектре светил смещение спектральных линий с их нормальных мест, которые они занимают в спектре неподвижного относительно наблюдателя источника света, т. е. их длина волны λ меняется. Длина волны становится больше, т. е. спектральная линия смещается к красному концу спектра, если светило удаляется от наблюдателя, и наоборот. Если измененную движением длину волны обозначить через λ' , то по принципу Доплера-Физо:

$$\lambda' - \lambda = \lambda \frac{v}{c} \quad \text{или} \quad v = \frac{\lambda' - \lambda}{\lambda} c,$$

где v — скорость светила (положительная при удалении его от наблюдателя), а c — скорость света. Длины волн света выражают в микро-нах (μ), миллимикронах ($m\mu$) и в ангстремах ($\text{\AA}$). Один ангстрем $= 0,1 m\mu = 0,0001 \mu = 0,0000001$ мм. Число световых колебаний в секунду $n = c : \lambda$.

С применением этих сведений мы будем неоднократно встречаться в последующих разделах сборника.

II.

А. Основным прибором для определения координат звезд является *меридианный круг*. Для определения поправки часов пользуются *пасажным инструментом*, установленным так же, как и меридианный круг, т. е. так, что его труба вращается только в плоскости меридиана. Ось его вращения, как и у меридианного круга, расположена по линии восток — запад.

Для измерения небольшой разности координат небесных светил применяют *микрометр*. Микрометр представляет собой коробку, в которой находятся взаимно перпендикулярные паутинные нити, перемещающиеся в фокальной плоскости телескопа при помощи микрометрических винтов.

В. Видимые в телескоп маленькие диски звезд и окружающие их слабые светлые кольца являются следствием дифракции света на краях объектива.

С. Объектив телескопа или астрографа (для фотографирования светил) характеризуется его диаметром D и *светосилой*, т. е. отношением D/F .

Д. Оценку блеска небесного светила можно делать путем простых глазомерных сравнений его блеска с блеском звезд, близких к нему на небесной сфере, звездная величина которых известна. Интервал блеска между двумя звездами сравнения мысленно делят на 10 частей и оценивают, где внутри этого интервала помещается по своему блеску изучаемое светило. Если последнее обозначить через v , более яркую, чем оно, звезду обозначить через a , а более слабую, чем оно, через b , то запись результата делают так.

Пусть, например, v по блеску находится как раз посредине между a и b , тогда пишут $a 5 v 5 b$. Если различие между a и v в полтора раза больше различия v и b , то пишут $a 6 v 4 b$ и т. д. Очевидно, искомую звездную величину $v = m_v$ найдем по формуле:

$$m_v = m_a + \frac{m_b - m_a}{10} \cdot k,$$

если запись такова: $a k v l b$, где k и l такие числа, что $k + l = 10$.

Е. Спектры изучают сейчас преимущественно по фотографиям их — спектрограммам. Точность измерения длины волны в спектре в первую очередь зависит от „масштаба“ спектрограммы. Чем больше на снимке расстояние между двумя определенными линиями с различной длиной волны, тем больше, как говорят, *линейная дисперсия*. В спектре, полученном с призмой, дисперсия есть функция длины волны и определяется экспериментально. На фотографиях звездных спектров красный конец спектра всегда обрывается резко, а фиолетовый постепенно сходит на-нет. Последний в спектре белых звезд по сравнению с красным концом спектра ярче, чем у желтых, а тем более, чем у красных звезд. Среди линий звездных спектров наиболее характерна так называемая *бальмеровская серия* линий водорода (вдоль всего спектра) и две широкие, близкие одна к другой линии ионизированного кальция в ультрафиолетовой части спектра¹⁾.

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

761. Если наклеить на объектив телескопа, направленного на Луну, треугольный кусок бумаги, то как это изменит вид Луны для наблюдателя?

762. Если Вы станете держать перед объективом палец, увидит ли его человек, смотрящий в телескоп?

763. Какова теоретическая разрешающая и проникающая сила типичного школьного телескопа с объективом в 3 дюйма (8 см)?

764. Пользуясь формулой разрешающей способности телескопа, определить теоретически, каково угловое расстояние между центрами двух звездных дисков, едва-едва разделяемых в телескоп с объективом в 24 дюйма?

765. Какова разрешающая и проникающая сила телескопов Ликской обсерватории с объективом в 36 дюймов и Пулковской обсерватории с объективом в 75 см?

¹⁾ Некоторые задачи этого раздела требуют знания основных сведений из геометрической оптики, проходимых в любом вузовском курсе физики.

*766. Какое нужно применить увеличение телескопа, чтобы Юпитер, когда его видимый диаметр равен $40''$, казался бы такого же размера, как Луна для невооруженного глаза?

767. Если окуляр при фокусном расстоянии объектива в 160 см дает увеличение в 200 раз, то какое увеличение он даст при фокусном расстоянии объектива в 12 м ?

768. Если окуляр, употребляемый при объективе с фокусным расстоянием в 1 м дает увеличение в 50 раз, то какое увеличение даст тот же окуляр при объективе с фокусным расстоянием в 5 м ?

769. Самый большой в мире рефрактор находится на Иеркской обсерватории (США). Фокусное расстояние его объектива равно $19,5\text{ м}$. Наиболее сильный окуляр имеет обычно фокусное расстояние 5 мм , и дает со школьным телескопом увеличение около 200—300 раз. Каково фокусное расстояние окуляров, дающих на Иеркском рефракторе увеличение в 300, в 1000 и в 3000 раз?

770. Какой диаметр x будет иметь изображение Солнца, имеющего видимый диаметр $\beta = 32'$, в фокусе объектива с фокусным расстоянием $F = 40\text{ см}$?

771. Если угловой диаметр Луны равен $31'$, то каков будет диаметр ее изображения в фокусе объектива с фокусным расстоянием в 254 см ?

772. Чему равно фокусное расстояние объектива, дающего изображение Луны диаметром в 15 мм ?

773. Планета Марс при наибольшем приближении к Земле имеет угловой диаметр $24''$. Каков будет диаметр ее фотографического изображения, полученного с помощью Иеркского рефрактора, у которого $F = 19,5\text{ м}$?

774. Диаметр телескопа советской обсерватории в Симеизе (в Крыму) равен 1 м . Светосила этого телескопа $\frac{1}{3}$. Каков в его фокусе линейный диаметр изображения Марса в ту пору, когда его угловой диаметр составляет $25''$?

775. Во сколько раз звезды 1-й величины ярче самых слабых звезд, видимых простым глазом (т. е. звезд 6-й величины)?

776. Во сколько раз звезды 1-й величины ярче самых слабых звезд, какие только можно наблюдать в настоящее время (на фотографиях, полученных с помощью величайшего в мире телескопа, имеющего зеркало диаметром $2\frac{1}{2}\text{ м}$), т. е. звезд 21-й величины?

777. У некоторой переменной звезды блеск меняется от минимума к максимуму на 7 звездных величин. Во сколько раз возрастает при этом блеск звезды?

778. Между 20 и 22 февраля 1901 г. блеск новой звезды, вспыхнувшей в созвездии Персея, увеличился в 25 000 раз. Каково было соответствующее изменение блеска в звездных величинах?

779. Если расстояние до звезды 4-й величины уменьшить вдвое, каковой станет ее видимая звездная величина?

780. Насколько изменится звездная величина звезды, если ее приблизить на 40% расстояния? Если ее удалить на такую же величину?

*781. Видимая звездная величина Денеба 1,33, а Сириуса — 1,58. Во сколько раз Денеб стал бы для нас ярче Сириуса, если бы его

поместить от нас на том же расстоянии, на каком находится Сириус? Известно, что Сириус в 75 раз ближе к нам, чем Денеб.

*782. У некоторой звезды происходит периодическая пульсация поверхности при практически постоянной температуре (т. е. при постоянстве яркости единицы поверхности звезды). При пульсации радиусы звезды в крайних положениях относятся, как 1 : 2. Какова амплитуда изменения суммарного блеска звезды в звездных величинах?

783. Сколько звезд 6-й величины имеет вместе такую же яркость, как одна звезда 1-й величины?

784. Каково приблизительно должно быть количество звезд нулевой величины для того, чтобы их свет заменил суммарный свет звезд от 19-й до 20-й величины, если число их равно $4,4 \cdot 10^8$?

785. Сколько звезд нулевой величины могут заменить свет, испускаемый всеми звездами от 10-й до 11-й величины, если число их равно 546 000? *Указание:* Принять среднюю звездную величину звезд от 10-й до 11-й зв. величины равной 10,5.

786. Звезд 6-й величины на северном небе 2000. Во сколько раз их общий свет сильнее света Сириуса, яркость которого — 1,6 зв. величины?

787. В спектре звезды линия кальция с длиной волны, равной 4227 Å, оказалась смещенной к фиолетовому концу спектра на 0,70 Å. Определить, с какой скоростью движется звезда по лучу зрения и при этом приближается ли она к Земле или удаляется?

788. Каково число колебаний в секунду для указанной в предыдущей задаче линии кальция?

789. Каково в ангстремах изменение длины волны линии D натрия ($\lambda = 5896,16$ Å) при скорости 160,9 км/сек?

790. Число колебаний в секунду для красных лучей $n = 451 \cdot 10^{12}$, для фиолетовых $783 \cdot 10^{12}$. Каковы соответствующие длины волн λ ? *Указание:* Принять скорость света равной 300 000 км/сек.

*791. В спектре новой звезды в Геркулесе 1934 г. темные линии были смещены относительно нормального положения к фиолетовому концу. Линия H γ ($\lambda = 4341$ Å) была смещена на 10,1 Å. Какова скорость газа, вырвавшегося из звезды и вызвавшего своим поглощением появление в спектре темных линий?

ВТОРОЙ КОНЦЕНТР.

792. Доказать, что, если навести трубу универсального инструмента или теодолита на земной предмет, а потом повернуть трубу около вертикальной оси на 180° и снова навести на предмет, то полусумма соответствующих отсчетов вертикального круга даст отсчет, при котором труба направлена в зенит („место зенита“), а полуразность этих отсчетов даст зенитное расстояние предмета.

793. Чему равно расстояние между двумя смежными штрихами меридианного круга диаметром в 1 м, разделенного через 2'? Чему равна линейная величина 1" на таком же круге?

794. Почему важно, чтобы оба конца оси (цапфы) пассажного инструмента имели в точности одинаковый диаметр?

795. Как влияет на наблюдения прохождения звезд через меридиан слишком высокое положение западного лагеря пассажного инструмента?

796. Каково будет влияние на прохождение звезд к югу от зенита того обстоятельства, что восточный лагерь пассажного инструмента сдвинут к северу от своего правильного положения? Каково влияние этой причины на кульминации к северу от зенита и как оно зависит от склонения звезды?

797. Какую ошибку в отмеченном моменте прохождения звезды вызовет неправильное положение средней нити сетки пассажного инструмента, если она сдвинута к западу? Будет ли эта ошибка одинакова для звезд с разным склонением? Что получится, если ось инструмента повернуть на 180° ?

*798. Звезда пересекла по диаметру поле зрения неподвижного телескопа за t секунд. Чему равно в угловой мере (в дуге большого круга) поле зрения телескопа d , если склонение звезды равно δ ?

799. Определить угловое расстояние между двумя вертикальными нитями в фокусе окуляра меридианного круга, если промежуток времени между прохождениями через эти нити звезды δ Малой Медведицы был 184^s . Склонение звезды $+86^\circ 36', 6$.

800. Зависит ли цена оборота винта микрометра от того, какой окуляр (с каким увеличением) привинчивается к телескопу?

801. Шаг микрометрического винта прибора равен $0,50$ мм. Какова в таком случае цена одного оборота винта (в угловой мере), если микрометр укреплен на телескопе с фокусным расстоянием в 650 см?

802. Нити микрометра установлены так, что при телескопе с фокусным расстоянием в 150 см звезда, вследствие суточного движения, бежит от одной нити до другой в течение 15 секунд. Сколько времени будет длиться это явление при тех же условиях, но при телескопе с фокусным расстоянием в 450 см?

803. Как повлияет на вид Луны, рассматриваемой в телескоп, закрытие половины его объектива? Как это повлияет на вид дифракционных дисков и колец звезд?

804. Какую величину имеет изображение Солнца, получаемое через отверстие диаметром $d=0,006$ м на стене, отстоящей на $b=4$ м от отверстия, если видимый диаметр Солнца $\alpha=32'$?

805. Даны фокусные расстояния астрономической зрительной трубы: объектива $F=160$ см, окуляра $f=8$ см. Под каким углом β видит наблюдатель радиус лунного диска, при расстоянии наилучшего зрения $S=32$ см, если видимый диаметр Луны $2\alpha=32'$? Какова длина трубы?

806. Вогнутое зеркало в телескопе Ньютона имеет фокусное расстояние $F=60$ см. Удаленность предмета наблюдения $\alpha=500$ м. Спрашивается: а) в какой точке оси трубы надо расположить малое плоское зеркало, чтобы изображение находилось на расстоянии $s=15$ см от оси; б) каково получаемое уменьшение; в) какое получается увеличение при рассмотрении малого изображения в лупу фокусного расстояния $f=3$ см, при расстоянии наилучшего зрения $S=24$ см?

807. Для оптического прибора пришлось сложить вплотную две собирательные линзы с главными фокусными расстояниями F_1 и F_2 . Каково главное фокусное расстояние F системы?

*808. На фигуре I (позади текста) представлен вид увеличенных изображений звезд, снятых при различных расстояниях пластинки от объектива. Какой из снимков сделан „в фокусе“?

*809. Какого формата (принятого в продаже) должны быть пластинки, чтобы на них полностью уместилось изображение солнечной короны, лучи которой при полном затмении Солнца тянутся обычно на 2—3 радиуса Солнца (считая от его края), если предполагается применить аппарат с фокусным расстоянием в 150 см?

*810. На обсерватории имеются два астрографа (установленных экваториально фотографических телескопов или фотографических камер для фотографирования звезд). Первый имеет объектив 16 см и светосилу 1:4, второй — объектив 16 см и светосилу 1:20. Какой из астрографов выгоднее применить для:

- 1) получения фотографии кометного хвоста,
- 2) фотографирования лунных гор,
- 3) получения фотографии падающих звезд,
- 4) фотографирования солнечных пятен,
- 5) точного фотографического определения положений звезд в Плеядах,
- 6) для получения фотографии туманности Орiona?

*811. Две шарообразные туманности имеют одинаковые линейные размеры, строение, вид и суммарный блеск, но одна вдвое дальше другой. Каково отношение их поверхностных яркостей?

812. Каково отношение блеска компонентов двойной звезды γ Андромеды (см. задачу 1092 и ответ к ней) в визуальных лучах и в фотографических?

813. Какова суммарная визуальная звездная величина двойной звезды γ Андромеды, если визуальные звездные величины ее компонентов по отдельности равны 2,28 и 5,08?

814. Определить суммарную звездную величину двойной звезды, состоящей из компонентов 2-й и 4-й зв. величины.

815. Звезда α Центавра двойная, причем ее суммарная звездная величина 0,06. Звездная величина более яркого компонента 0,33. Какова звездная величина менее яркого компонента?

*816. На каком расстоянии надо поставить международную свечу, чтобы она (игнорируя поглощение света воздухом) производила бы такую же освещенность, как звезда 8-й величины, дающая освещенность $1,4 \cdot 10^{-9}$ люкса?

*817. Сирнус — самая яркая звезда неба — создает на Земле освещенность: $9 \cdot 10^{-8}$ люкса, а звезда 6-й величины $8 \cdot 10^{-9}$ люкса. Какова звездная величина международной свечи на расстоянии 1 км? на расстоянии 1 м?

818. Определить звездную величину переменной по яркости звезды v , если запись наблюдений такова:

$$a \ 4 \ v \ 1 \ c, \quad b \ 1 \ v \ 4 \ d$$

и если звездная величина звезд сравнения: $a = 9,2$; $b = 9,4$; $c = 9,8$; $d = 9,9$.

819. Определить звездную величину переменной v по следующим записям наблюдений (из 4 отдельных оценок нужно взять среднее):

$$a \ 7 \ v \ 3 \ b, \quad a \ 9 \ v \ 1 \ d, \quad c \ 8 \ v \ 2 \ d, \quad c \ 7 \ v \ 3 \ b.$$

Звездные величины звезд сравнения:

a 3,74; b 4,61; c 4,00; d 4,57.

*820. Допустим, что внегалактические туманности удаляются от нас с огромными скоростями, измеряемыми тысячами и даже десятками тысяч километров в секунду. Как влияет это на видимое на спектрограмме (снятой с призмой) линейное расстояние между двумя линиями спектра, например, $H\alpha$ и $H\delta$?

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

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

*823. Измерить на фигуре III (позади текста) спектрограмму звезды Процион, пользуясь сфотографированным вверху и внизу от нее спектром железной вольтовой дуги, снятой для сравнения. Длины волн (нормальные) линий в спектре дуги указаны (в ангстремах). Нижняя полоса является при этом продолжением верхней и линии, находящиеся на верхней полосе справа, на нижней полосе повторяются слева. Оценив для каждого участка спектра его дисперсию — число ангстремов, укладываемых в 1 мм в масштабе спектрограммы, измерьте смещение линий железа в спектре звезды относительно линий в спектре сравнения с точностью до 1 мм. Надо измерять смещение центров темных линий в спектре звезды относительно средин ярких линий в спектре сравнения. Эти смещения, умноженные на число ангстремов, укладываемых в 1 мм в данном участке спектрограммы, дают разность длин волн — звездной и лабораторной $\lambda' - \lambda$ в ангстремах. По формуле Доплера:

$$v = \frac{\lambda' - \lambda}{\lambda} c$$

определить лучевую скорость Проциона относительно Земли. Указание: Использовать несколько линий и за окончательный результат принять среднее из полученных скоростей.

*824. На фигуре IV воспроизведены фотографии спектров двух звезд. С какой стороны рисунка находится красный конец спектров и которая из звезд блее по цвету?

*825. Какому химическому элементу принадлежит большинство линий, видимых на фигуре VI в спектре звезды ζ Тельца?

*826. На фигуре V воспроизведены снятые на одной пластинке щелевым спектрографом спектры Веги (спектральный класс A) и спектр Новой звезды 1934 г. в созвездии Геркулеса (в июне 1935 г.). Отождествить в спектре новой звезды те линии излучения, какие можете. (В спектре Веги крайняя линия поглощения, видимая на „красном“ конце спектра, есть водородная линия $H\beta$, остальные линии тоже водородные).

*827. На фигуре VII (вверху) в спектре звезды ϵ Ориона (спектрального класса B0) отмечены водородные линии, длины волн которых: H β — 4861, H γ — 4340, H δ — 4102, H ϵ — 3970 (в ангстремах). Построить по этим данным дисперсионную кривую и определить по ней длину волны трех других линий (отмеченных черточками), предварительно измерив их положение в спектре. Отождествить эти линии с линиями химических элементов по таблице XV в конце книги. *Указание:* Дисперсионная кривая представляет зависимость длины волны линий в спектре в зависимости от их расстояния в спектре, считаемом от любой произвольной линии.

*828. Выполнить упражнение, аналогичное предыдущему, для звезды α Возничего, спектр которой дан на фигуре VII (внизу).

829. Белый свет падает на кронгласовую призму с преломляющим углом $\gamma = 60^\circ$. Показатели преломления для красного и фиолетового цвета $n_r = 1,524$ и $n_o = 1,543$. Фиолетовый луч проходит с наименьшим отклонением; какой угол δ образуют между собой лучи того и другого цвета по выходе из призмы? Какова будет на пластинке длина спектра звезды от красного цвета до фиолетового, если эту призму поместить перед фотографической камерой с фокусным расстоянием 57 см?

830. На флинтгласовую призму с углом преломления $\gamma = 53^\circ$ падает в плоскости главного сечения белый луч под углом падения $\alpha = 40^\circ 30'$. Каким отклонением подвергаются красные и фиолетовые лучи, если их показатели преломления $n_r = 1,6$ и $n_o = 1,64$?

831. На призму из флинтгласа с преломляющим углом $\gamma = 36^\circ$ падает белый свет в плоскости главного сечения и притом так, что красный луч выходит из призмы в направлении, перпендикулярном ко второй грани призмы. Вычислить отклонение δ_o фиолетового луча и полную дисперсию призмы; показатели преломления для красного и фиолетового цветов $n_r = 1,602$ и $n_o = 1,634$.

832. Фраунгоферовым линиям В, Е, Н в красной, зеленой, фиолетовой частях спектра соответствуют, при применении кронгласовой или флинтгласовой призмы, показатели преломления соответственно равные: $n_r = 1,526$; $n = 1,533$; $n_o = 1,547$, или $n'_r = 1,695$; $n' = 1,712$; $n'_o = 1,751$. Преломляющий угол призмы из флинтгласа $\gamma' = 12^\circ$. Каков преломляющий угол γ призмы из кронгласа, если красные и фиолетовые лучи по выходе совпадают? Как велико отклонение δ_o зеленых и δ_r красных лучей?

XIX. ЛУНА.

Задачи этого раздела не требуют пояснений. Следует лишь помнить, что на Луне нет атмосферы, а следовательно, не происходит и явлений, ею обусловленных. При своем вращении вокруг Земли Луна остается повернутой к ней все время одной и той же стороной, но к Солнцу последовательно поворачивается всеми сторонами. Точные цифровые данные о Луне см. в таблице XIII в конце книги.

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

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

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

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

836. Как видна Земля для воображаемого наблюдателя, находящегося близ центра видимого полушария Луны? Как для него влияет либрация на видимое положение Земли? (Полак)

*837. Как меняется видимое положение Земли на небе Луны вследствие либрации, если наблюдатель находится на краю видимого нам полушария Луны?

838. Так же ли сильно изменяется на Луне продолжительность дня с временами года, как и на Земле? (Полак)

*839. Описать, как происходит на небе для наблюдателя, находящегося на Луне, „суточное“ и „годовичное“ движения Земли и Солнца. *Указание:* Влиянием либрации Луны пренебречь.

*840. Можно ли было бы с Луны видеть Землю в момент новоземелья (с Земли Луна в новолунии не видна)?

841. Земля имеет отражательную способность, в 6 раз большую, чем Луна. Во сколько раз земное освещение на Луне ярче лунного освещения на Земле? *Указание:* Диаметр Луны составляет 0,273 земного.

842. Во сколько раз свет Луны в полнолунии слабее солнечного, если звездная величина Луны — 12,5, а Солнца — 26,7?

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

844. Такой же ли вид имеет Солнце с Луны, как и с земной поверхности?

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

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

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

848. Если на Земле человек может подпрыгнуть на полметра, то насколько он мог бы подпрыгнуть, если бы напряжение силы тяжести на Земле стало таким же, каким оно является на Луне?

849. Сколько весил бы человек, попавший на Луну и весящий на Земле 60 кг, на пружинных весах? на рычажных весах?

850. Угловой диаметр цирка Коперник на Луне равен 40". Расстояние Луны от Земли 386 000 км. Каков линейный размер кратера Коперник? (Фэз)

ВТОРОЙ КОНЦЕНТР.

*851. На краю Луны „в профиль“ видна гора, выдающаяся над этим краем на 0",4. На основании общеизвестных сведений о Луне определить ее высоту в километрах.

*852. Воспользовавшись изображенной на фигуре X фотографией Луны, измерить по ней наибольшую длину тени внутреннего склона кольцевого горного вала, окружающего равнину цирка Теофил, и определить приблизительно высоту ее в километрах, зная, что в момент фотографирования высота Солнца над горизонтом данного места Луны была $h = 0^{\circ}43'$. Угловой радиус Луны $15'30''$ и расстояние до нее 386 000 км

считать известными. Угловой диаметр цирка Теофил по измерению микрометром равен $59''$,5. **Указание:** Не забыть учесть сокращение длин в направлении, перпендикулярном к терминатору, вследствие перспективы (Луна — шар). Величину сокращения определить, измерив видимые диаметры кратера и считая его истинную форму за круг.

*853. Измерить расстояние AK видимой на черном фоне в качестве освещенной точки, озаренной Солнцем, вершины лунной горы K от терминатора по фотографии (фиг. X). Зная по астрономическому календарю, что в этот день параллакс Луны был $1^{\circ}0'$, а угловой радиус Луны $15'30''$, определить h — высоту лунной горы в километрах. (Этим способом высоту гор на Луне измерял Галилей.)

*854. Средняя квадратическая скорость молекул водорода

$$v = 485 \sqrt{\frac{14,4 T}{273}} \text{ м/сек},$$

где T — абсолютная температура. Принимая во внимание, что в лунный полдень температура на Луне поднимается до $+120^{\circ} \text{C}$, ответить на вопрос, много ли молекул водорода должно немедленно покинуть Луну в таких условиях, если параболическая скорость на ее поверхности равна $2,4 \text{ км/сек}$.

XX. ПЛАНЕТЫ.

Задачи этого раздела основаны на общезвестных сведениях о природе планет и на знании вопросов, затронутых в предыдущих разделах. В случае надобности, цифровые данные надо брать из таблиц в конце книги.

Солнечной постоянной (для Земли), упоминаемой в задачах, называется количество энергии, падающей за 1 минуту на 1 см^2 поверхности, перпендикулярной к солнечным лучам при условии отсутствия земной атмосферы и помещенной на среднем расстоянии Земли от Солнца. Солнечная постоянная имеет размерность $\text{кал/см}^2\text{мин}$.

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

855. В каком отношении сходны все планеты? В каком отношении четыре внутренние планеты сходны между собой, но отличны от четырех внешних планет? В каком отношении четыре внешние планеты сходны между собой, но отличны от четырех внутренних?

856. Чему равен угловой диаметр Земли, видимой с Юпитера во время ее прохождения по диску Солнца? Известно, что расстояние Юпитера от Солнца равно 5,2 астр. единицы, а параллакс Солнца равен $8''$,80.

857. Под каким углом видна Венера с Земли во время верхнего соединения и во время прохождения ее по диску Солнца? Под каким углом видна в это время Земля с Венеры? Луна с Венеры? Расстояние Венеры от Солнца равно 0,72 астр. единицы. Диаметр Луны равен 0,27 диаметра Земли. Диаметр Венеры равен 0,99 диаметра Земли, а параллакс Солнца равен $8''$,80.

858. Доказать, что в момент среднего противостояния Марс с Земли имеет почти точно такой же угловой диаметр, как Луна с Венеры.

Почему в этих условиях Луна с Венеры должна казаться ярче, чем Марс с Земли?

859. 2 мая 1896 г. видимый полудиаметр Юпитера был найден по измерениям микрометром, равным $17''.75$. Вычисленное расстояние до планеты (зная элементы ее орбиты) составляло в этот день 5,431 астр. единицы. Параллакс Солнца равен $8''.80$. Определить диаметр Юпитера в сравнении с земным.

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

861. Если угловой диаметр Венеры равен $1'$, а ее линейный диаметр равен 12 200 км, каково ее расстояние от наблюдателя?

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

863. Считая, что человеческий глаз еще может различать детали, видимые под углом $2'$, вычислить в километрах размер наименьших деталей, видимых на Марсе в телескоп с увеличением в 600 раз, во время противостояния Марса, когда его угловой диаметр равен $25''$. Вероятно ли, чтобы при такой ширине „каналы“ Марса были искусственными сооружениями? Заметим, что увеличения более 600 раз для наблюдений Марса применять не удается вследствие колебаний воздуха в земной атмосфере.

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

865. Описать климатические условия на планете Юпитер, зная, что ось ее вращения почти перпендикулярна плоскости ее орбиты.

866. Описать климатические условия на планете Уран, зная, что ось ее вращения почти совпадает с плоскостью ее орбиты.

867. Во сколько раз освещение Сатурна Солнцем слабее, чем освещение Солнцем Земли?

868. Сравнительные расстояния от Солнца планет Меркурия, Венеры, Земли, Марса, Юпитера можно выразить таким рядом чисел: 0,4; 0,7; 1; 1,5; 5,2. В каких отношениях находятся между собой числа, выражающие яркость освещения Солнцем одинаковых площадок на поверхности этих планет при перпендикулярном падении лучей?

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

870. Чему равна „солнечная постоянная“ на планете Марс? Среднее расстояние Марса от Солнца равно 1,52 астр. единицы.

871. Предположим, что Земля и Нептун находятся на одной прямой между Солнцем и ближайшей звездой. Насколько ярче казалась бы звезда с Нептуна, чем с Земли? (Мультон)

872. Звездная величина Солнца, как оно видимо с Земли, — 26,7. Какова его звездная величина с Нептуна? Во сколько раз Солнце с Нептуна кажется ярче, чем Сириус?

873. Звездная величина Веги равна $-0^m,1$, а Венеры в наибольшем блеске равна $-4^m,3$. Во сколько раз Венера ярче Веги?

874. Если бы Юпитер находился вдвое дальше от Солнца, чем в действительности, то насколько меньше была бы его видимая яркость в противостоянии? (Мультон)

875. Почему Земля с Венеры должна казаться ярче, чем Венера с Земли? Всегда ли это верно? *Указание:* Диаметры и отражательную способность обеих планет считать одинаковыми. (Полак)

*876. Видимая яркость планет зависит от их расстояния от Солнца и от Земли. У какой планеты — Юпитера или Плутона — пределы изменения яркости (видимые с Земли) больше, если большие полуоси орбит этих планет равны 5 и 40 астр. единицам?

*877. Допустим, что вся масса кольца Сатурна собрана в один большой спутник, обращающийся вокруг планеты на расстоянии середины кольца и имеющий ту же плотность, что у частиц, составляющих кольцо. Усилилось бы или нет ночное освещение на Сатурне по сравнению с современным?

ВТОРОЙ КОНЦЕНТР

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

879. При каких конфигурациях диск внешней планеты имеет наибольшую фазу и как выглядит тогда Земля для этой планеты? (Болл)

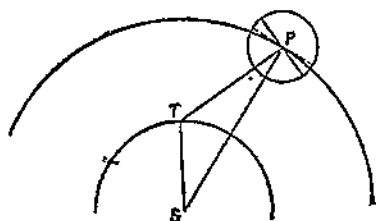


Рис. 30.

*880. Вычислить фазу внешней планеты (угол при точке P на рис. 30) по данному углу при точке T (Земля) и данным расстояниям — Земли (ST) и планеты (SP) от Солнца.

*881. Экваториальный диаметр планеты Сатурн равен 120 600 км, а ее сжатие равно $\frac{1}{10}$. Чему равен полярный диаметр Сатурна?

882. Экваториальный и полярный радиусы Юпитера при среднем его расстоянии от Солнца и от Земли равны

18",71 и 17",51. Определить сжатие планеты и сравнить его со сжатием Земли. (Болл)

883. Вычислить температуру абсолютно черного шара, находящегося от Солнца на том же расстоянии, что и Меркурий, зная, что на расстоянии Земли от Солнца на 1 см² поверхности перпендикулярной к его лучам падает в минуту 1,94 малых калорий (солнечная постоянная для Земли).

884. Найти приближенный закон, по которому изменяется температура абсолютно черного тела в зависимости от его расстояния (R астр. единиц) от центра Солнца. (Рессели)

885. Два рисунка Марса (фиг. IX) сделаны у телескопа один через два часа после другого. отождествить на них общие детали и, оценив угол поворота планеты за эти два часа, приблизительно определить время суточного вращения Марса. *Указание:* При оценке угла поворота не забыть, что видимый диск планеты есть проекция ее поверхности на картинную плоскость. Вы убедитесь, что два наблюдения в течение одной ночи не позволяют допустить для Марса время вращения в несколько часов или в несколько суток.

*886. Влияет ли на определение видимого времени вращения планеты вокруг ее оси суточное вращение наблюдателя вместе с Землей?

*887. Аналогично задаче 885 определить путем сравнения фигур XI 1 и 2 и отдельно 5 и 6 период вращения Юпитера вокруг его оси. Приблизительно оценив его по двум зарисовкам, близким по времени, использовать затем рисунки 3 и 4, деля время, протекшее между ними, на число протекших периодов, что позволит определить время вращения более точно.

888. Допустим, что период вращения Марса установлен сравнением рисунка, сделанного Гюйгенсом 28 ноября 1659 г., и рисунка, сделанного на Ловелловской обсерватории 22 августа 1924 г. Насколько изменился бы вычисленный период вращения Марса, если бы даже Гюйгенс ошибся в датировке своего рисунка на целые сутки? (Фэз)

889. На сколько километров в час линейная скорость белого пятна на экваторе Юпитера, имеющего время вращения $9^{\text{ч}}50^{\text{м}}$, превосходит скорость другого пятна, лежащего на той же широте, но имеющего время вращения $9^{\text{ч}}55^{\text{м}}$? (Ресселл)

*890. На каком расстоянии надо поставить международную свечу, чтобы она создала такую же освещенность, как Венера в наибольшем блеске, дающая освещенность $8 \cdot 10^{-6}$ люкса?

*891. Во время великого противостояния 1924 г. видимая звездная величина Марса была $-2,8$. Его расстояние от Солнца r , было 2,07 млн. км, а p — расстояние от Земли составляло 56 млн. км. Какова будет звездная величина Марса во время наименее близкого противостояния: при расстоянии от Солнца $r' = 249$ млн. км и расстоянии от Земли $p' = 100$ млн. км?

*892. Вывести формулу, выражающую звездную величину внешней планеты m при расстояниях ее от Солнца r и от Земли p , зная, что при среднем противостоянии, когда $r_0 = a$ и $p_0 = a - 1$ (где a — большая полуось ее орбиты в астрономических единицах) видимая звездная величина планеты равна m_0 .

*893. Вычислить по формуле, данной в ответе к предыдущей задаче, звездную величину малой планеты при расстоянии ее от Солнца $r = 4,0$, и от Земли $p = 6,0$, если большая полуось ее орбиты $a = 3,0$, а звездная величина в средней оппозиции равна 12,0.

894. Как происходит для наблюдателя, находящегося на Марсе, точное обращение его спутника Деймоса? (Полак)

895. Спутник Марса — Фобос — обращается в плоскости экватора Марса с периодом $7^{\text{ч}}40^{\text{м}}$ на расстоянии 2,79 радиусов Марса от центра планеты. Показать, что с учетом параллакса промежутки времени от восхода Фобоса на экваторе до его захода составляет $4^{\text{ч}}13^{\text{м}}$ и что Фобос никогда не виден в местах планеты, лежащих за параллелями 69° . (Смарт) *Указание:* Орбиту Фобоса считать круговой.

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

*897. Фобос отстоит от центра Марса на 2,8 радиуса планеты. Зная диаметр Марса и его расстояние от Солнца, диаметр Луны и диаметр Фобоса (15 км), определить, во сколько раз свет, даваемый Фобосом на Марсе во время его „полнолуния“, слабее света, даваемого Луной

На Земле в полнолуние, если отражательные способности Луны и Фобоса одинаковы. Во сколько раз меняется блеск Фобоса, видимый с Марса в „полнолунии“ на горизонте и в зените?

*898. Каков промежуток времени (выраженный в марсианских сутках) между двумя последовательными верхними кульминациями Фобоса, наблюдаемыми на Марсе? Период обращения Марса вокруг оси относительно Солнца равен $24^{\circ}37'23''$ средн. солн. сут. Звездный период обращения Фобоса равен $7^{\circ}39'14''$. Период обращения Марса равен 687,0 земных суток.

899. На каком краю планеты, восточном или западном, спутники Юпитера вступают на его диск при своем прохождении перед ним? (Ресселл)

900. Когда Юпитер виден по вечерам, то следуют ли тени его спутников за проекциями самих спутников на диск планеты во время их прохождений перед Юпитером или же эти тени опережают их? (Ресселл)

901. Как происходит для наблюдателя, находящегося на Юпитере, суточное обращение V спутника, если период его обращения равен 12 часам, а время вращения Юпитера приблизительно равно 10 часам? (Полак)

902. Долготы трех из галилеевых спутников Юпитера, как они видны с планеты, всегда связаны соотношением:

$$l_1 + 2l_2 = 3l_3 + 180^{\circ}.$$

Как располагаются I, II и III спутники Юпитера в тех случаях, когда Юпитер для наблюдателя, смотрящего с Солнца, виден „без спутников“? (Полак)?

*903. Доказать, что если щель спектрографа установлена вдоль экватора быстро вращающейся планеты (лежащего в плоскости эклиптики), то спектральные линии имеют вид прямых линий, наклонных к протяжению спектра.

XXI. КОМЕТЫ.

Яркая комета состоит из маленького звездообразного светящегося ядра, окруженного туманным светящимся веществом (голова), из которого в сторону, противоположную Солнцу, тянется хвост кометы. У слабых и очень слабых (телескопических) комет хвост часто отсутствует. Кометы движутся около Солнца по законам Кеплера. Меньшая часть их движется по эллипсам, периодически возвращаясь к Солнцу (периодические кометы), а большая часть движется по параболам¹⁾.

Твердые частички значительных размеров находятся только в ядре кометы; они отражают солнечный свет. Голова и хвост кометы состоят из сильно разреженных газов и частично, может быть, из мельчайшей пыли. Эти газы светятся под действием солнечных лучей, в результате явления, напоминающего флюоресценцию или свечение газа в гейслеровой трубке, — это не простое отражение света. Если бы кометы целиком светили отраженным светом, то блеск их менялся бы обратно пропорционально квадрату расстояния от Солнца. На самом же деле он изме-

¹⁾ Орбиты комет, считающиеся параболическими, вероятно, являются в действительности крайне вытянутыми эллиптическими орбитами.

няется быстрее. Из наблюдений получается закон обратной пропорциональности четвертой степени расстояния от Солнца (в среднем). Газы поступают в хвост и голову кометы из ее ядра, откуда они выделяются при нагревании Солнцем. Излучение Солнца оказывает давление на молекулы хвоста, причем давление это сильнее, чем притяжение Солнцем. Поэтому Солнце в конечном счете отталкивает хвост кометы, и он всегда направлен противоположно Солнцу.

Многие задачи по кометам построены на материале предыдущих разделов.

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

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

905. Какие наблюдения доказали бы, что кометы не находятся в земной атмосфере, как это предполагалось в древности? (Мультон)

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

*907. По фотографии кометы Донати 1858 г. (фиг. XII) определить длину кометного хвоста в километрах, зная, что расстояние кометы от Земли равно 57 млн. км. Указание: Хвост считать лежащим в плоскости, перпендикулярной к лучу зрения.

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

909. С помощью третьего закона Кеплера вычислить период кометы, афелий которой находится на расстоянии 140 000 астр. единиц, что составляет около половины расстояния от ближайшей известной звезды.

910. У орбиты кометы Энке большая полуось составляет 2,22 астр. единицы, а эксцентриситет 0,847. Начертить орбиту этой кометы и определить по чертежу ее расстояние от Солнца в перигелии и в афелии. (Набоков и Воронцов-Вельяминов)

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

*912. Кометы со сходными элементами орбиты прошли через перигелий 20 ноября 1869 г., 27 января 1878 г., 18 ноября 1884 г. и 3 сентября 1891 г. Если это различные появления одной и той же кометы, то каков ее период обращения около Солнца?

ВТОРОЙ КОНЦЕНТР.

913. В точности ли одинаковы орбиты какой-либо периодической кометы при ее последовательных возвращениях к Солнцу?

914. Как может быть, что орбиты комет, почти совпадающие на протяжении сотен миллионов километров от Солнца, могут иметь периоды, отличающиеся друг от друга на сотни лет?

915. Вычислить расстояние кометы 1866 I от Солнца в афелии по следующим данным: эксцентриситет $e = 0,905$, расстояние в перигелии $q = 0,976$ астр. единиц, период обращения $T = 33,18$ лет.

916. Комета 1882 II имеет период обращения $T = 770$ лет и перигелийное расстояние 0,0078. Найти: 1) большую полуось, 2) эксцентриситет, 3) скорость в перигелии, 4) скорость в афелии. (Полак)

*917. Кометы с очень сходными элементами прошли через перигелий 31 января 1790 г., 24 февраля 1858 г., 11 сентября 1885 г. Если

это одна и та же комета, то каков период ее обращения около Солнца и какова большая полуось ее орбиты?

*918. Орбиты двух комет лежат в плоскости эклиптики и имеют перигелийные расстояния, равные 0,5 и 2,0 астр. единицы. Каждая из комет имеет хвост длиной 150 млн. км. Может ли какая-либо из этих комет или обе зацепить своим хвостом Землю?

919. От каких условий зависит видимая угловая длина кометных хвостов?

*920. Пусть комета движется по эллиптической орбите, близкой к параболе. Как изменится большая полуось ее орбиты при небольшом увеличении ее скорости в перигелии?

921. Скорость кометы, движущейся по параболической орбите, обратно пропорциональна квадратному корню из ее расстояния от Солнца. На расстоянии Земли комета имеет скорость около 40 км/сек. Какова скорость кометы, движущейся по параболе, когда она находится на расстоянии 100 000 астр. единиц от Солнца?

922. Перигелийное расстояние большой кометы 1882 г. составляло 0,00775 астр. единицы. Какова была линейная скорость в перигелии того ее компонента, который имел период обращения 769 лет, после того, как эта большая комета распалась на четыре меньших кометы? (Ресселл)

923. Насколько скорость другого компонента распавшейся кометы 1882 г. была больше, чем у компонента, описанного в предыдущей задаче, если при том же перигелийном расстоянии период обращения этого компонента составлял 875 лет? (Ресселл)

924. Предположим, что две небольшие массы движутся вокруг Солнца по одной и той же вытянутой орбите, но что одна находится несколько впереди другой. Как будет изменяться их взаимное расстояние с изменением их положения на орбите? Дает ли это намек на объяснение изменений размеров кометных голов? *Указание:* Для получения ответа на первый вопрос воспользоваться законом площадей. (Мультон)

925. Предположим, что частицы, из которых составлена голова кометы, имеют почти в точности одну и ту же точку перигелия, но несколько различные точки афелия. Как изменились бы размеры кометы с изменением ее положения на орбите? (Мультон)

926. По теории отталкивания может ли кометный хвост быть одинаково длинным, когда комета приближается к Солнцу и когда она удаляется от него?

927. Какова будет траектория частицы кометного хвоста, если действующая на нее отталкивательная сила Солнца равна его притяжению? (Юнг)

928. Какова будет (качественно) траектория частицы кометного хвоста, если на нее действует сила солнечного отталкивания, превосходящая притяжение к Солнцу? (Юнг)

929. Какова будет траектория частицы кометного хвоста, если сила солнечного отталкивания для нее в тысячи раз превосходит тяготение?

930. Какова будет траектория частицы кометного хвоста, если для нее отталкивательная сила Солнца составляет малую долю тяготения? (Юнг)

*931. Если Земля не находится слишком близко к плоскости кометной орбиты, то в первом приближении тип ее хвоста по классификации

Бредихина можно определить, судя по тому, идет ли ее хвост по проекции радиуса-вектора кометы на небесную сферу (I тип), отклоняется ли он от нее значительно, несколько искривляясь, если длина его достаточна (II тип), или отклоняется от него очень сильно (III тип). Любая точка проекции радиуса-вектора на небесную сферу удовлетворяет уравнению:

$$\operatorname{tg} \delta = [\operatorname{tg} \delta_0 \sin (\alpha_1 - \alpha) - \operatorname{tg} \delta_1 \sin (\alpha_0 - \alpha)] : \sin (\alpha_1 - \alpha_0),$$

где α и δ — координаты точки этой проекции, α_0 и δ_0 — координаты Солнца, а α_1 и δ_1 — координаты ядра кометы (приведем те или другие, если надо, к равноденствию года, соответствующему координатной сетке, на которой нарисована комета). Задавшему приблизительно подходящим значением α , вычисляют соответствующую δ . Вычислив таким образом координаты двух или более точек, наносят их на координатную сетку рисунка кометы и соединяют их прямой линией с ядром кометы.

Пользуясь этими указаниями, определить типы хвостов кометы 1910 I, зарисованных на звездном атласе (рис. 31). Для момента зарисовки (6,17 февраля среднего гриничского времени) координаты ядра кометы $\alpha_1 = 326^\circ 14'$, $\delta_1 = 5^\circ 36'$. Координаты Солнца $\alpha_0 = 318^\circ 43'$, $\delta_0 = -15^\circ 59'$. Так как хвосты комет всегда направлены от Солнца, то по рисунку видно, что α надо брать не менее $21^\circ 46'$ или $326\frac{1}{2}^\circ$. (по С. В. Орлову)

932. Вычислить, во сколько раз должен измениться общий блеск кометы при уменьшении ее расстояний от Земли и от Солнца в двое, если закон изменения яркости комет выражается формулой $1:r^2\Delta^3$.

933. Насколько изменится видимая звездная величина кометы при удалении ее от Солнца и от Земли вдвое, если закон изменения блеска кометы выражается формулой:

$$\frac{I_1}{I_0} = \frac{\Delta_0^3 r_0^4}{\Delta_1^3 r_1^4},$$

где Δ — расстояние ее от Земли, а r — расстояние ее от Солнца.

*934. На расстоянии от Земли $p=0,5$ и от Солнца $r=1,5$ суммарный блеск кометы равнялся блеску звезды 8,0 величины. Предполагая, что блеск кометы меняется, как обычно, по закону $1:r^2p^3$, вычислить звездную величину кометы, которую она имела бы на расстояниях $p=1$, $r=1$.

*935. Удалившись от Солнца и от Земли вдвое, ядро некоторой кометы ослабело в 16 раз. Какую долю света, испускаемого этой кометой, составляет собственное ее излучение (не отраженные от Солнца лучи)?

*936. Почему наблюдения над изменениями блеска комет не позволяют считать эти небесные тела раскаленными газовыми шарами, подобными звездам?

*937. Молекулы циана (CN) выделяются с поверхности кометного ядра при температуре 200°C под действием нагревания солнечными лучами. Покинут ли они ядро кометы, если оно представляет собой глыбу порядка $2R=100$ м в диаметре, имеющей плотность $\delta=2,7$ г/см³?

*938. Что произойдет с ядром кометы, если оно состоит из кучи метеоритных глыб и подходит часто на короткое расстояние к Солнцу?

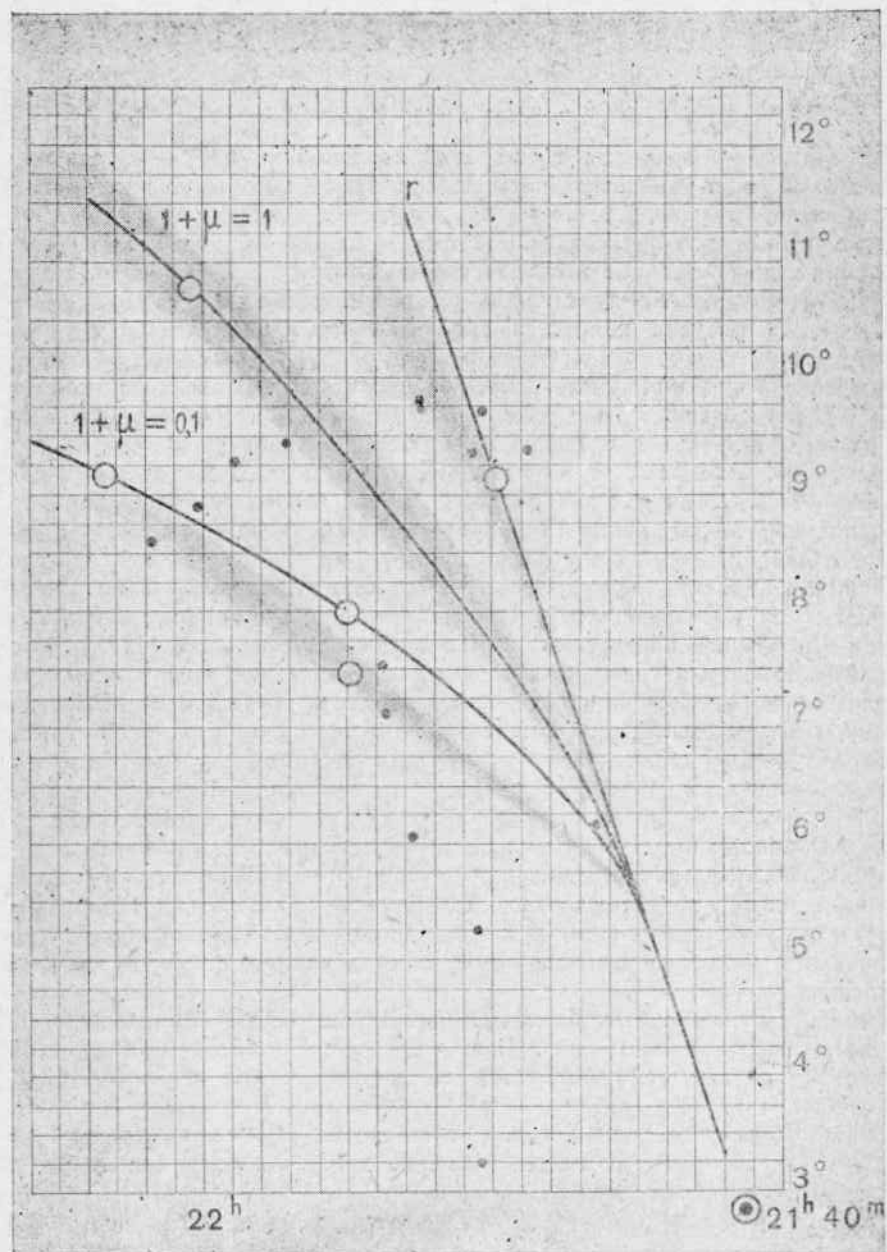


Рис. 31. Рисунок кометы 1910 I с тремя хвостами.

939. По гипотезе советского астронома С. К. Всежвятского, периодические кометы образуются из вещества, выбрасываемого при мощных извержениях на Юпитере. Какова должна быть наименьшая начальная скорость извержения вещества при таком взрыве, если пренебречь сопротивлением атмосферы Юпитера?

XXII. МЕТЕОРЫ И МЕТЕОРИТЫ.

I.

Мелкие небесные тела вроде камней и пыли, носящиеся в мировом пространстве (невидимые с Земли), называются *метеорными телами*. Самые многочисленные и мелкие из них, попадая с большой скоростью в атмосферу Земли, накаляются, накаляют окружающий их воздух и испаряются, не достигнув поверхности Земли. Это *падающие звезды* или *метеоры*. Более крупные тела летят в атмосфере в виде огненного шара — это *болиды*. Если тело крупное и падает на Землю, то его называют *метеоритом*.

Если пути метеоров по звездному небу, наблюдающихся за одну ночь, нанести на звездную карту, то иногда большинство их путей, продолженных назад, пересечется почти в одной точке, называемой радиантом. Метеоры именуются по названию того созвездия, в котором находится их радиант, участвующий в суточном вращении неба и тем доказывающий их взаимное происхождение. Схождение путей метеоров в радианте показывает, что они несутся по параллельным путям. Радиант — следствие явления перспективы. Метеоры, принадлежащие к определенному радианту, наблюдаются в течение одного или нескольких определенных дней в году и ежегодно.

Это показывает, что путь таких метеорных тел в пространстве пересекает орбиту Земли в определенной точке, где Земля бывает в один и тот же день года. Такие потоки метеоров движутся около Солнца роem или вереницей по законам Кеплера, по определенной орбите.

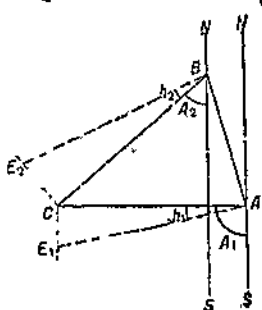


Рис. 32. Определение высоты метеора.

II.

Периодически возвращающиеся к Солнцу метеорные рои, под действием вызываемых ими и планетами приливов, постепенно растягиваются вдоль орбиты и вообще рассеиваются. Метеоры, летящие в пространстве изолированно и не принадлежащие к радиантам, называются *спорадическими*.

Высоту точек появления и потухания метеоров и болидов можно определить так. Из точек A и B (концов базиса известной длины, пересекающего меридиан под известным углом) два наблюдателя одновременно видят и зарисовывают на звездной карте один и тот же метеор. Благодаря параллаксу одна и та же точка метеорного пути будет иметь для наблюдателя A горизонтальные координаты h_1 и A_1 , а для наблюдателя B — h_2 и A_2 . Начертим (рис. 32) в некотором масштабе базис AB и в обоих его концах проведем направление меридианов

(считаемое параллельным). Из точки A проводим прямую, имеющую азимут A_1 , и из точки B прямую с азимутом A_2 — до их пересечения в точке C . Из точек A и B проводим прямые AE_1 и BE_2 под углами h_1 и h_2 к линиям AC и BC (соответственно). В точке C восстанавливаем перпендикуляры к AC и к BC до их пересечения с прямыми AE и BE в точках E_1 и E_2 . Отрезки CE_1 и CE_2 и будут высотами над поверхностью Земли той точки пути метеора, координаты которой взяты. Если наблюдения точны, то $CE_1 = CE_2$. В противном случае надо взять среднее.

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

940. Как можно доказать, что в действительности звезды с неба не падают? (Набоков и Воронцов-Вельяминов)

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

942. Метеоры из потока леонид имеют радиант с прямым восхождением 10^h и наблюдаются 14 ноября. В какое время ночи они видимы? (Мультон)

943. Зная, что период обращения потока леонид равен $33\frac{1}{4}$ годам, определить большую полуось их орбиты.

*944. Оценить примерную ширину метеорного потока в километрах, зная, что они наблюдаются с 16 июля по 22 августа.

*945. На звездной карте (рис. 33) нанесены пути метеоров, наблюдавшихся в течение одного вечера. Определить местоположение радианта и его экваториальные координаты (пользуясь звездным атласом или звездной картой).

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

947. Доказать, что истинная длина пути метеора в атмосфере

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

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

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

949. 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? (Астапович)

*950. Два метеорита, летящие со скоростью 30 км/сек перпендикулярно к радиусу-вектору их орбиты относительно Солнца, пронизывают атмосферу Земли в противоположных направлениях, причем начальное направление их скорости в атмосфере совпадает с касательной к земному шару. Какова будет дальнейшая судьба этих метеоритов? Указание: Сопротивления атмосферы в расчет не принимать.

951. Какова кинетическая энергия метеорита весом 1 г, летящего со скоростью в 60 км/сек? (Астапович)

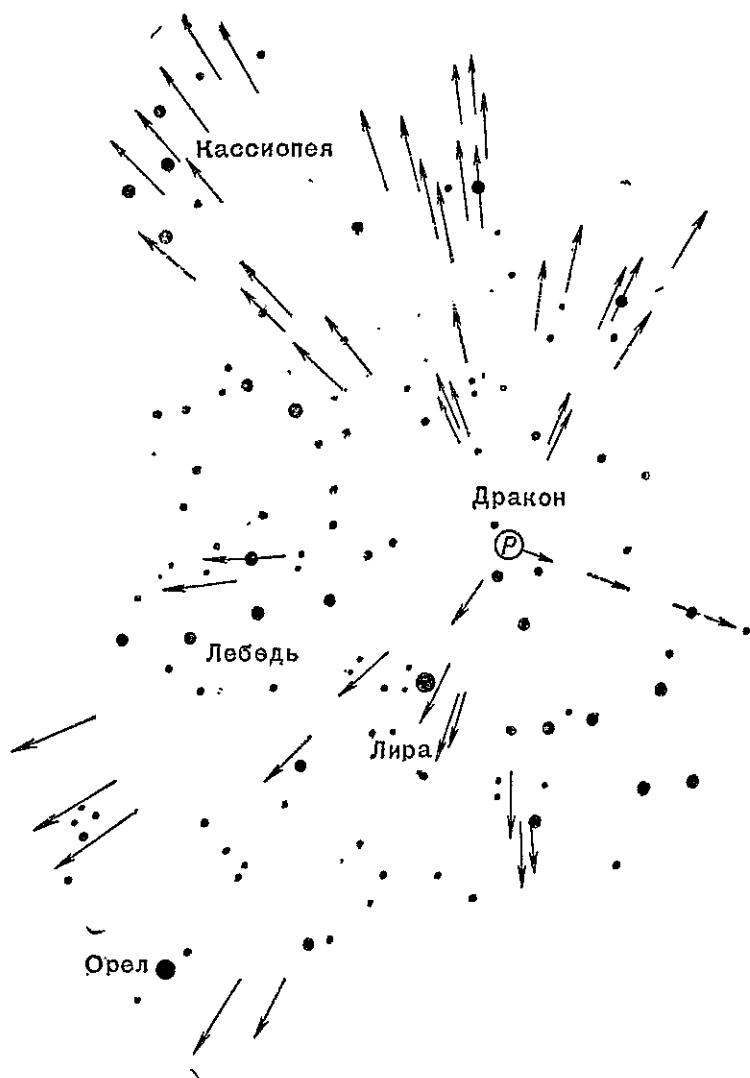


Рис. 33. Пути метеоров, нанесенные на карту.

952. По формуле:

$$p = \frac{1}{8} \frac{v^2}{r} \text{ кг/м}^2,$$

где p — нормальное атмосферное давление в миллиметрах ртутного столба, определить давление воздуха в килограммах на квадратный метр, испытываемое метеоритом, летящим со скоростью $v = 50 \text{ км/сек}$.
Указание: Площадь сечения метеорита при этом роли не играет. (Астапович)

953. Вследствие сопротивления воздуха скорость падения метеорита вблизи земной поверхности равномерна и составляет:

$$v = 36,5 \sqrt[5]{M} \text{ м/сек.}$$

где M — масса метеорита в граммах. Найти скорость падения метеоритов весом в 1 мг и в 1 т. (Астапович)

954. Глубина в сантиметрах, на которую зарываются железные метеориты, приблизительно дается формулой:

$$D = 18,3 \sqrt[3]{M},$$

где M — масса метеорита в килограммах. Найти D для метеоритов весом 0,1 и 100 кг. (Астапович)

ВТОРОЙ КОНЦЕНТР.

955. Метеор вспыхнул около Веги и потух около Альтаира. Найти длину его пути в градусах, сняв координаты начала и конца пути по звездной карте или глобусу.

956. На звездной карте зарисован путь метеора (рис. 33), пролежавшего около звезды Веги в созвездии Лиры. Определить его длину в градусах, пользуясь формулами сферической тригонометрии.

957. Если в солнечную систему влетит компактный рой метеоритов, и, благодаря возмущающему действию какой-либо планеты, станет двигаться по эллиптической орбите, надолго ли он останется компактным?

958. Какое из двух образований старше: кольцо метеорных тел, тянущееся вокруг Солнца, или поток метеорных тел, имеющий сгущение? (Юнг)

959. Земля движется со скоростью 29,8 км/сек около Солнца. Примем эту скорость за круговую. Каковы пределы относительной скорости, с которой Земля сталкивается с метеорами, пересекающими ее путь по параболической орбите? (Иванов)

*960. Чем объяснить, что к утру число спорадических метеоров увеличивается?

961. Почему метеорный поток, равномерно растянутый по орбите, обычно только однажды в году встречается с Землей?

962. Доказать, что если ω есть средняя угловая скорость метеора, r — расстояние его от наблюдателя, а ψ — его угловое расстояние от радианта, то линейная скорость метеора $v = \frac{r}{\sin \psi} \omega$. (Астапович)

*963. Вычислить в международных свечах силу света метеора, если он летит на высоте 100 км над поверхностью Земли в зените наблюдателя, имея блеск звезды 1-й величины, и если звездная величина международной свечи на расстоянии в 1 км равна 0,8.

964. Допустим, что наблюдатели, расположившиеся друг подле друга, видят все метеоры, появляющиеся над площадью радиусом в 300 км. Если они замечают в среднем по 30 метеоров ежедневно, то сколько их всего падает на Землю за сутки? (Фэз)

965. 9 октября 1933 г. повсеместно наблюдался обильный дождь метеоров. В максимуме наблюдалось 500 метеоров за 1 минуту. Полагая, что наблюдателям на одной станции были видны все метеоры над

площадь круга радиусом в 300 км, определить, каково было среднее расстояние между метеорами, если их скорость относительно Земли составляла 40 км/сек? (Фэз)

966. Допуская, что Земля сталкивается ежедневно с 20 000 000 метеоров, определить число метеоров, приходящихся на пространство внутри куба со стороной в 1600 км? (Ресселл)

967. Сколько столкновений с метеорами испытывала бы Земля за сутки, если бы пространство было ими заполнено так, чтобы разность координат двух соседних метеоров (по всем трем направлениям) составляла 160 км? (Ресселл)

*968. Определите описанным на стр. 115—116 графическим способом высоту метеора над поверхностью Земли по следующим данным. Наблюдатели А и В находились друг от друга на расстоянии 42 км, и линия, их соединяющая, пересекала полуденную линию под углом 45°. Для середины пути метеора наблюдатель А нашел координаты $h_1 = 35^\circ$, $A_1 = -65^\circ$, а наблюдатель В $A_2 = 72^\circ, 5'$.

969. 11 августа 1937 г. под Москвой ($\varphi = 55^\circ 48', 4$; $\lambda = 37^\circ 54', 6$) начало появления метеора имело координаты $A = -52^\circ, 1$, $h = 24^\circ, 2$. Эта же точка под наблюдениям под Владимиром ($\varphi = 56^\circ 3', 5$; $\lambda = -40^\circ 14', 0$) имела координаты $A = -9^\circ, 8$, $h = 31^\circ, 9$. Найти длину b и азимут a базиса наблюдений, а затем определить H — высоту появления метеора над земной поверхностью графическим способом. (Астапович)

*970. Исследование структуры железных метеоритов показывает, что они образовались, повидимому, в условиях быстрого охлаждения массы, находившейся в поле слабого тяготения, но огромного давления. Какое значение в свете этих данных имеет химический состав их для изучения внутренности Земли?

971. В г. Николаевске на Амуре ($\varphi = 53^\circ 8'$) 25 ноября 1916 г. в 11^ч49^м дня в зените появился яркий огненный шар (болид), упавший на Землю в виде двух метеоритов весом в 50 и 200 кг. Определить созвездие, по направлению от которого метеорит падал на Землю. Указание: Применить перевод солнечного времени в звездное. (Каменьщиков)

*972. Вычислить, какова вероятность того, что падающий на Землю метеорит упадет какому-нибудь определенному человеку на голову, зная, что поверхность Земли равна $5,1 \cdot 10^{18}$ см²?

973. Какая часть энергии движения метеорита, летящего со скоростью 60 км/сек, достаточна для его полного испарения, если на испарение 1 г каменного метеорита идет 10^9 эргов энергии. Куда расходуется остаток кинетической энергии метеорита? (Астапович)

974. 1 марта 1929 г. в Западной Сибири упал метеорит „Хмелевка“. На какой высоте над Землей он перестал светиться, если наблюдения, сделанные в трех различных местах в момент прекращения свечения, таковы:

Селение	Видимая высота точки погасания	Расстояние d
Екатерининское	12°	34,8 км
Сыщикова	30°	13 >
Упары	20°	30 >

(Астапович)

XXIII. СОЛНЦЕ.

I.

Солнце представляет собой раскаленный газовый шар, вращающийся не как твердое тело. Наибольшая угловая скорость вращения имеет место на его экваторе. Период вращения различных зон Солнца относительно звезд называется *звездным* (или *сидерическим*) периодом их вращения. Оно составляет на экваторе около 25 суток. *Синодическим* периодом вращения Солнца вокруг оси называется период его вращения относительно Земли (которая обращается вокруг Солнца в том же направлении, что оно само вокруг своей оси). Синодический период вращения Солнца составляет на экваторе около 27 суток.

Пятна на Солнце являются охлажденными (до 4700°C) областями солнечных газов. В них происходят вихревые движения и „дно“ пятен часто лежит ниже окружающей ослепительно яркой поверхности (*фотосферы*). Видимая поверхность Солнца — фотосфера — окружена атмосферой Солнца — *хромосферой*, из которой выбрасываются фонтаны горячих газов (*протуберанцы*). Число пятен меняется с периодом в 11 лет (в среднем). Полярные сияния на Земле представляют собой электрическое свечение стратосферы, происходящее на больших высотах; это свечение возникает под действием солнечного излучения, берущего свое начало, главным образом, в областях его, занятых пятнами. С увеличением числа пятен на Солнце учащаются и усиливаются полярные сияния.

II.

Экватор Солнца наклонен к эклиптике на $7^{\circ}10'5''$, а долгота его восходящего узла равна $73^{\circ}47'$. Пятна медленно перемещаются в окружающей их среде. Среди фраунгоферовых линий, видимых в спектре Солнца, некоторые вызваны поглощением его света в земной атмосфере. Изучение солнечной энергии и определение температуры Солнца основано на применении важнейших законов фотометрии и теории излучения, излагаемых в каждом курсе физики для высших учебных заведений. Поиски источников солнечной энергии связаны с изучением наиболее общих физических законов, относительно взаимоотношения между веществом и энергией.

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

975. Горизонтальный суточный параллакс Солнца равен $8''.8$, а угловой радиус Солнца равен $16'.0$. Найти отсюда линейный радиус, поверхность и объем Солнца по сравнению с Землей.

976. Сколько времени потребовалось бы, чтобы на самолете облететь Солнце по его экватору при скорости в 200 км/час . Указание: Нужные данные взять из таблиц в конце книги.

977. Последний максимум солнечных пятен был в 1938 г. Много ли пятен можно ожидать в 1949 г., в 1956 г.?

*978. По фотографии Солнца (фиг. XIV) определить число Вольфа, характеризующее солнечную деятельность в день, когда она была снята. Указание: Степень покрытия Солнца пятнами характеризуется условным

„числом солнечных пятен“ Вольфа $W = n + 10N$, где n — число отдельных пятен, а N — число групп пятен, включая изолированные пятна.

979. Какой угловой диаметр должно иметь солнечное пятно, чтобы его линейный диаметр равнялся диаметру Земли?

980. Зная, что самые небольшие предметы, которые можно видеть, должны представляться под углом не менее $2'$, вычислить, каков диаметр самого малого солнечного пятна, которое может быть видимо простым глазом через запыщенное стекло.

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

*982. По фотографии Солнца (фиг. XIV), зная угловой диаметр его ($32'$) и параллакс ($8'',8$), определить путем измерения линейной размер самого крупного из пятен в сравнении с диаметром Земли.

983. Почему в 1937 г. в СССР было зарегистрировано гораздо больше полярных сияний, чем в 1933 г.?

*984. Измерить на фигуре XIII положения какой-либо детали про-туберанца и оценить скорость ее движения в километрах в секунду.

985. В окрестностях солнечного пятна в спектре некоторой точки диска красная водородная линия $H\alpha$ ($\lambda = 6563,0 \text{ \AA}$) сместилась так, что ее измеренная длина волны оказалась равной $6566,0 \text{ \AA}$. Какова лучевая скорость водорода в этой точке?

986. На сколько ангстремов изменится длина волны зелено-голубой линии водорода $H\beta$ ($\lambda = 4861,5 \text{ \AA}$) в точке солнечного диска, где водород удаляется от нас со скоростью 137 км/сек ?

987. Какую видимую звездную величину имеет Солнце, наблюдаемое с ближайшей звезды? Расстояние до нее составляет около 270 000 астр. единиц. (Полак)

988. Сколько метеоритного вещества должно ежесуточно падать на Землю со скоростью 40 км/сек , чтобы сообщаемая им при этом теплота была эквивалентна солнечному нагреванию, составляющему в среднем 5 больших калорий в минуту на 1 м^2 ? (Мультон)

989. Солнечная постоянная равна $1,94 \text{ кал/см}^2$ в минуту, в среднем же Земля получает от Солнца 5 больших калорий на 1 м^2 в минуту. Сколько килограммов метеорного вещества должно было бы падать на Землю на каждый ее квадратный метр, чтобы образовать это количество тепла, если скорость падения вещества $40,2 \text{ км/сек}$? (Мультон).

990. Какая масса, падающая с высоты 100 м, приобретет в конце своего падения энергию, равную энергии солнечного излучения, получаемой в течение часа 10-ью квадратными метрами земной поверхности. Указание: Допустить, что 50% ее предварительно поглощается атмосферой. Механический эквивалент тепла равен 428 кдж . (Юнг)

ВТОРОЙ КОНЦЕНТР.

991. Чему равны астрономическая широта и долгота северного полюса Солнца? (Ресселл)

992. Если время вращения солнечного пятна на широте 45° равно 28,09 суток, то каково видимое нами синодическое время вращения этого пятна? (Юнг)

993. По промежутку времени между снимками пятен (равному 2,0 суток) и по углу поворота их относительно видимого центра диска,

равному 24° , определить звездный и синодический периоды вращения Солнца вокруг своей оси. (Фэз)

***994.** Путем измерения воспроизведенных на фигуре XIV фотографий Солнца определить синодический и звездный периоды вращения его вокруг своей оси.

995. В 1912 г. проф. Шлезингер установил с помощью спектрального анализа, что экватор Солнца вращается со скоростью 2 км/сек. Каков звездный период вращения Солнца вокруг своей оси. (Фэз)

***996.** На экваторе Солнца средняя угловая скорость вращения составляет $14^\circ,37$ в сутки. За 25,05 суток одно из пятен, видимых на экваторе, описало дугу в $361^\circ,5$. Какова скорость перемещения этого пятна по отношению к окружающим его газам в километрах в секунду?

997. Для скорости суточного вращения солнечных пятен в Гриничской обсерватории в 1934 г. была выведена формула:

$$\xi = 14^\circ,37 - 2^\circ,79 \sin^2 \varphi,$$

где φ есть гелиографическая широта пятен. Каковы периоды вращения Солнца на его экваторе, на широте 30° и на широте 45° .



Рис. 34. Явление Вилсона.

998. Сколько времени нужно пятну на экваторе Солнца для того, чтобы обогнать на один целый поворот другое пятно, находящееся на широте 30° . Периоды вращения Солнца на этих широтах соответственно равны 25,05 и 26,34 суток.

***999.** Известно, что при вращении Солнца ближайший к его центру край полутени пятен часто перестает быть видимым (рис. 34), что доказывает воронкообразную форму пятен (явление Вилсона). Определить глубину солнечного пятна ac в километрах (рис. 35), зная расстояние до Солнца. Для данного пятна его видимое угловое расстояние от центра диска Солнца, при котором наклон воронки $a'b'$ совпал с лучом зрения, измеренное микрометром, было $10'$. $a'c' = ac$, по тому же измерению, равно $10''$. В треугольнике $a'b'c'$ сторону $a'b'$ можно считать параллельной линии OA , причем наблюдатель находится в A , а центр Солнца в O .

***1000.** На фигуре XV воспроизведены спектры Солнца. Верхний снят при зенитном расстоянии Солнца 30° , а нижний — при зенитном расстоянии 87° . Нижняя полоса является при этом продолжением верхней и линии, находящиеся на верхней полосе справа, на нижней полосе повторяются слева. Путем сравнения этих спектров найти, какие линии спектра можно признать за теллурические (т. е. вызванные поглощением солнечного света в земной атмосфере).

***1001.** В спектре хромосферы, снятом объективной призмой во время полного затмения Солнца, линии химических элементов видны в виде узких серпов. Причина этого явления ясна из рисунка 36, где S — центр Солнца, L — центр Луны. Заштрихована часть хромосферы, незакрытая Луной. Допустим, что на спектрограмме длина дуг хромосферы передается без искажений. Тогда она зависит для каждой из дуг от высоты, на которую атомы данного элемента поднимаются над

поверхностью Солнца M . Пользуясь рисунком 36, определить высоту h по измеренной на фотографии длине дуги (хорды) AB , зная радиус Солнца r и Луны R .

1002. Вычислить в международных свечах световой поток, испускаемый Солнцем, если освещение, даваемое им на среднем расстоянии Земли от Солнца, равно 135 000 метро-свечей. Вычислить также силу света одного квадратного сантиметра солнечной поверхности.

1003. Используя данные задачи 1002, выразить полный поток солнечного излучения в люменах, а поверхностную яркость — в ламбертах.

1004. На основании данных предыдущей задачи вычислить в ламбертах поверхностную яркость идеально белой поверхности (альбедо = 1), расположенной от Солнца на расстоянии Земли.

1005. Определить световую эффективность солнечного света и сравнить с таковой для лучших искусственных источников света, дающих 1—2 свечи на ватт. *Указание:* Полную мощность солнечного излучения принять равной $3,79 \cdot 10^{26}$ ватт.

1006. Зная, что солнечная постоянная равна $1,94 \text{ кал/см}^2$ в минуту, вычислить полную мощность солнечной энергии в лошадиных силах.

1007. Рассчитать толщину слоя льда, окружающего Землю,

который солнечные лучи, перпендикулярные к земной поверхности, способны были бы растопить в течение часа, приняв солнечную постоянную равной $1,94 \text{ кал/см}^2$ в минуту.

1008. Вычислить время, необходимое для того, чтобы Солнце могло растопить слой льда толщиной в 15 м, окружающий его поверхность.

1009. Вычислить стоимость солнечной энергии, падающей на Землю в течение одной секунды, приняв стоимость киловатт-часа за 13 копеек, а солнечную постоянную равной $1,94 \text{ кал/см}^2$ в минуту.

1010. По определениям Аббота и Фоула, максимум энергии в солнечном спектре приходится на длину волны $4700 \text{ \AA}$. Определить температуру Солнца по закону Вина

$$\lambda_{\max} = \frac{c}{T}$$

(постоянная этого закона равна 0,288).

***1011.** Формула Вина:

$$E = c \cdot \lambda^{-5} e^{-\frac{c_2}{\lambda T}}$$

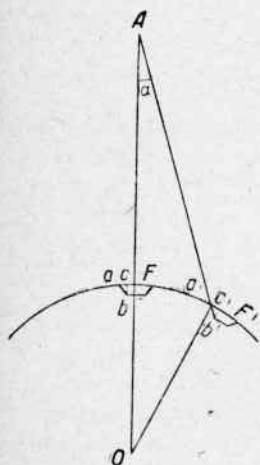


Рис. 35.

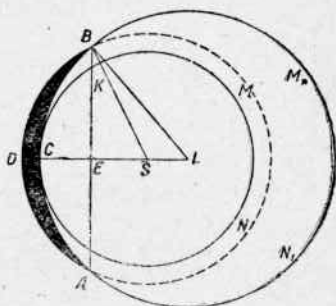


Рис. 36.

представляет собой приближение к точной формуле Планка. Пользуясь ею, определить температуру Солнца, зная, что по измерениям Аббота, произведенным с помощью спектроболометра, энергия солнечного спектра в длинах волн 4330 и 8660 Å соответственно равна 456 и 174 (в условных единицах). В формуле Вина $c_2 = 1,432$, λ выражено в сантиметрах, а буквой E обозначена энергия.

*1012. Для определения солнечной постоянной впервые был применен пиргелиометр Пулье. Он состоит из цилиндрической коробки, передняя круглая стенка которой установлена перпендикулярно к солнечным лучам и покрыта сажой. В коробку налита вода и вставлен термометр. Вывести формулу для определения солнечной постоянной, обозначив солнечную постоянную (без учета поглощения в атмосфере) через J . Нагреваемая поверхность коробки равна p . За время dt вода теплоемкости c , имевшая до нагревания температуру t_1 градусов, нагрелась до t_2 градусов. Охлаждающаяся при лученспускании поверхность коробки равна P . Потеря тепла лученспусканием на единицу поверхности в минуту составляла J . *Указание:* Нагреванием самой коробки и термометра пренебречь.

1013. Взяв известное значение солнечной постоянной $1,94 \text{ кал/см}^2$ в минуту, вычислить по закону Стефана-Больцмана ($E = \sigma \cdot T^4$) температуру Солнца. Известны: расстояние от Солнца $R = 1,5 \cdot 10^8 \text{ км}$, радиус Солнца $r = 6,9 \cdot 10^5 \text{ км}$. Постоянная закона Стефана $\sigma = 5,73 \cdot 10^{-8}$, механический эквивалент тепла $a = 4,18 \cdot 10^7 \text{ эргов}$.

1014. Насколько должна измениться температура поверхности Солнца, чтобы вызвать изменение солнечной постоянной на 1% ? (Ресселл)

*1015. Объяснить, почему разные способы определения температуры поверхности Солнца дают немного различные результаты.

1016. Вычислить температуру абсолютно черной сферы, расположенной в непосредственной близости к солнечной фотосфере.

*1017. По теории Гельмгольца, энергия солнечного излучения могла бы поддерживаться за счет сжатия солнечного шара со скоростью 35 м в год. Когда при такой скорости сжатия Солнца его видимый угловой диаметр уменьшился бы на $0'',1$, т. е. на величину, доступную измерению современными приборами?

*1018. Чему равна работа сил тяготения, которая получилась бы при сжатии Солнца от бесконечно больших размеров до современного значения его радиуса?

1019. Солнце испускает в год $2,2 \cdot 10^{39}$ больших калорий лучистой энергии. Майер предполагал, что потеря этой теплоты возмещается тем, что на поверхность Солнца падает большое число метеоритов. Вычислить, насколько должна увеличиться в год масса Солнца, если считать, что метеориты падают из бесконечности, причем постоянная силы тяготения $k = 6,6 \cdot 10^{-8} \text{ CGS}$, а радиус Солнца $R = 6,9 \cdot 10^5 \text{ км}$. Плотность метеоритов считать равной 4. (Вальтер)

1020. Принимая, что масса эквивалентна энергии, согласно принципу относительности, рассчитать, насколько должна ежегодно уменьшаться масса Солнца, если источником его энергии является исключительно превращение массы в лучистую энергию. *Указание:* Солнце ежегодно теряет путем излучения $1,2 \cdot 10^{41}$ эргов.

1021. Можно принять, что масса Солнца ($2 \cdot 10^{33} \text{ г}$) на одну треть состоит из водорода. Если Солнце теряет ежегодно энергию $1,2 \cdot 10^{41}$

эргов, на сколько лет еще будет обеспечено его излучение, если оно пополняется образованием гелия из водорода? *Указание:* При превращении 1 г водорода в гелий, благодаря эффекту „упаковки“, выделяется $6,6 \cdot 10^{18}$ эргов энергии.

XXIV. ДВИЖЕНИЯ И ПРИРОДА ЗВЕЗД.

I.

Расстояние до звезды R , выраженное в парсеках, обратно параллаксу звезды π , выраженному в секундах дуги, т. е. равно $1:\pi$. Путь, проходимый лучом света в течение года, называется световым годом. 1 парсек $= 3,26$ световых года $= 206\,265$ астр. единиц $= 3,08 \cdot 10^{13}$ км.

Звездную величину M светила, которую оно имело бы, находясь от нас на расстоянии 10 парсеков, называют абсолютной величиной.

$$M = m + 5 + 5 \lg \pi \quad \text{или} \quad M = m + 5 - 5 \lg r,$$

где m — наблюдаемая (видимая) звездная величина светила, находящегося на расстоянии r парсеков и имеющего годичный параллакс π . Абсолютная величина Солнца равна $+4,85$. Зная абсолютные величины звезд, мы можем сравнивать друг с другом их истинный блеск.

Цвет звезд различен: звезда тем белее, чем ее температура выше. Вид спектра звезды также зависит от ее температуры. По виду спектра звезды классифицируются по спектральным классам O, B, A, F, G, K, M (в порядке покраснения цвета и понижения температуры).

Солнечная система как целое несется в пространстве по направлению к созвездиям Лиры и Геркулеса со скоростью $19,5$ км/сек, что обнаруживается из того, что в той области неба, куда мы несемся (*апекс*), звезды в общем приближаются к нам и как бы расступаются в стороны, а в противоположной части неба (*антиапекс*) звезды в общем как бы сближаются между собой и удаляются от нас. Координаты апекса движения солнечной системы: $\alpha = 18^\circ 0'$, $\delta = +30^\circ$.

II.

Собственным движением звезды μ называется видимое угловое перемещение звезды по небесной сфере за год, вызванное ее движением в пространстве относительно Солнца. Это есть проекция на небесную сферу перемещения звезды в пространстве относительно Солнца за год.

Тангенциальная скорость звезды V_t (скорость, перпендикулярная к лучу зрения) выражается формулой:

$$V_t = 4,74 \frac{\mu}{\pi} \text{ км/сек},$$

а полная скорость звезды в пространстве — формулой:

$$V = \sqrt{V_t^2 + V_r^2},$$

где V_r есть лучевая скорость. Если скорость V образует угол θ с направлением от нас к звезде, то мы можем написать;

$$V_r = V \cos \theta \quad \text{и} \quad V_t = V \sin \theta.$$

Некоторые группы звезд несутся в пространстве по параллельным путям, и нам тогда представляется, что направления их собственных движений на небесной сфере сходятся в точке, называемой радиантом. Если мы обозначим расстояние какой-либо звезды такой группы (движущегося скопления) от радианта через θ , ее собственное движение через μ , параллакс через π , лучевую скорость через V_r , а пространственную скорость через V , то мы сможем написать:

$$\pi = \frac{4,74\mu}{V \sin \theta} = \frac{4,74\mu}{V_r \operatorname{tg} \theta},$$

что позволяет определять параллакс подобных групп по их движению.

Собственное движение звезды μ , образующее с направлением к северному полюсу мира угол φ (отсчитываемый против часовой стрелки), может быть разложено на два компонента: μ_α — по прямому восхождению и μ_δ — по склонению:

$$\begin{aligned}\mu^2 &= \mu_\alpha^2 + (15\mu_\delta \cos \delta)^2, \\ \mu_\delta &= \mu \cos \varphi, \\ 15\mu_\alpha \cos \delta &= \mu \sin \varphi,\end{aligned}$$

где δ есть склонение звезды, μ_α выражено в секундах времени, а μ_δ — в секундах дуги.

Наблюдаемая лучевая скорость звезды V_r состоит из присущей ей самой скорости V_r' (проекция пекулярной скорости на луч зрения) и скорости, вызванной движением Солнца относительно совокупности звезд со скоростью V_0 :

$$V_r' = V_r + V_0 \cos \lambda,$$

где λ — угловое расстояние звезды от апекса.

На собственное движение звезды μ движение Солнца отражается так. Разложим его на два компонента: v — в сторону, обратную направлению к апексу (рис. 37), и τ — перпендикулярную к v .

Рис. 37. Компоненты собственного движения.

$$\mu^2 = \tau^2 + v^2.$$

На τ движение Солнца не влияет. Если v' будет пекулярное движение звезды по указанному направлению, а v — наблюдаемое, то мы сможем написать

$$v = v' + \frac{\pi V_0 \sin \lambda}{4,74}.$$

Отсюда для групп звезд с некоторыми общими признаками, средний параллакс $\bar{\pi}$ можно определить, зная v и τ , по следующим формулам:

$$\bar{\pi} = \frac{4,74v \sin \lambda}{V_0 \sin^2 \lambda}, \quad \bar{\pi} = \frac{4,74\tau}{V_r'}.$$

где черта показывает, что соответствующая величина берется как среднее для данной группы звезд.

Компоненты ν и τ , а также угловое расстояние звезды от апекса, вычисляются по следующим формулам:

$$\operatorname{tg} N = \frac{\operatorname{tg} D}{\cos(a - A)};$$

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{\cos N \operatorname{tg}(a - A)}{\sin(\delta - N)};$$

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{\operatorname{tg}(\delta - N)}{\cos \psi};$$

$$\nu = \mu \cos(\varphi - \psi); \quad \tau = \mu \sin(\varphi - \psi),$$

где N — вспомогательный угол, определяемый первой формулой ($0^\circ < N < 180^\circ$), а ψ — позиционный угол параллактического смещения звезды.

Одним из способов определения расстояния до отдельных звезд является способ спектральных параллаксов. Он состоит в том, что по некоторым особенностям в спектре можно определить абсолютную величину M звезды, видимая величина которой m измеряется непосредственно. Сравнение M и m даст параллакс звезды.

Массы звезд обнаруживают зависимость от своей абсолютной величины. Чем большей абсолютной яркостью обладает звезда, тем больше и ее масса. Наблюдаемая зависимость или кривая массы — светимости (или массы — абсолютной величины) представлена на рисунке 38.

Диаметры самых больших звезд могут быть измерены при помощи особого прибора — интерферометра (см. „Астрономию“ Попова, Баева и Львова). Однако радиусы звезд в долях радиуса Солнца могут быть вычислены по формуле:

$$\lg R = \frac{5900}{T} - 0,20 M - 0,02,$$

где M — абсолютная величина звезды и T — ее абсолютная температура. Угловой видимый диаметр звезды в секундах дуги находится по формуле:

$$\lg d = \lg \pi + \lg R - 2,030.$$

Формулы эти выведены на основании того, что звезды — раскаленные шары, у которых яркость единицы поверхности зависит от их температуры T . Излучение единицы поверхности, выражаемое в эргах в секунду, определяется законом Стефана-Больцмана:

$$E = \sigma \cdot T^4.$$

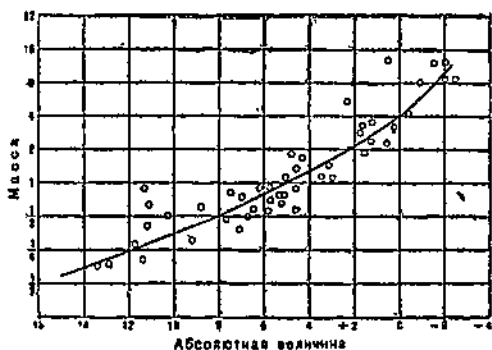


Рис. 38. Кривая массы — абсолютной величины звезд.

По вертикали в логарифмической шкале, отложены массы звезд в долях массы Солнца.

Если E выражено в калориях на квадратный сантиметр в минуту, а T — в тысячах градусов абсолютной шкалы, то $\sigma = 82$. Эта величина, умноженная на величину поверхности звезды, определяет полную энергию, излучаемую звездой и называемую болометрической яркостью. Глаз воспринимает не всю энергию, а только часть световой энергии (от красных лучей до синих), и потому яркость звезды для глаза (визуальная яркость) зависит от T более сложным образом. Фотографическая пластинка воспринимает цвета спектра иначе, чем глаз (она чувствительнее к фиолетовым лучам), и потому, если чисто белые звезды считать одинаково яркими для пластинки и для глаза, то красные звезды на фотографии выходят менее яркими, чем они представляются глазу. Разность звездных величин, определенных фотографически и визуально для одной и той же звезды, называется показателем ее цвета (I). Наблюдаемая зависимость показателя цвета звезды от ее спектрального класса приведена в таблице XIV в конце книги.

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

1022. Сколько времени понадобилось бы воображаемому поезду, идущему без остановок со скоростью 100 км/час, чтобы добраться до ближайшей звезды — α Центавра, параллакс которой равен $0'',76$?

1023. Сколько времени потребовалось бы лететь в ракетном корабле для межпланетных путешествий, движущемся со скоростью в 1000 км/сек, чтобы долететь до звезды Поллукс, параллакс которой равен $0'',10$?

1024. Параллакс звезды 61 Лебедя равен $0'',37$. Чему равно расстояние до нее в световых годах?

1025. Параллакс Сириуса равен $0'',37$, а параллакс Спикки равен $0'',01$. Выразить расстояние до этих звезд в парсеках, в световых годах, в астрономических единицах и в километрах.

1026. Параллакс Альтаира равен $0'',20$, а параллакс Веги равен $0'',12$. Выразить расстояние до этих звезд в парсеках, в световых годах, в астрономических единицах и в километрах.

1027. Параллакс Прокциона (α Малого Пса) равен $0'',312$; возможная неточность (вероятная ошибка) его измерения составляет $\pm 0'',006$. Что можно сказать о расстоянии звезды?

1028. Вероятная ошибка параллакса Ригеля ($0'',006$) составляет $\pm 0'',006$. Что можно сказать о расстоянии звезды?

1029. Видимая звездная величина Сириуса равна $-1^m,58$, а его спутника $8^m,44$. Во сколько раз истинный блеск Сириуса больше истинного блеска его спутника. Принять во внимание, что расстояние между этими звездами ничтожно мало в сравнении с расстоянием от Земли до Сириуса.

1030. Вычислить абсолютную величину Сириуса, зная, что его параллакс равен $0'',371$, а видимая звездная величина равна $-1^m,58$.

1031. Определить абсолютную величину Антареса, зная, что его параллакс равен $0'',009$, а видимая величина равна $-1^m,22$.

1032. Во сколько раз слабее Солнца звезда Ближайшая Центавра (Proxima Centauri), для которой $p = 0'',76$; $m = 10,5$.

1033. Какую долю яркости Солнца составляет по абсолютной яркости „звезда Барнарда“, если ее видимая величина $9^m,67$ и параллакс $0'',538$?

1034. Которое светило — Солнце или Канопус (абсолютная величина которого равна $-7^m,4$) — обладает большей абсолютной яркостью и во сколько раз эта яркость превосходит яркость другого светила?

1035. Вычислить, во сколько раз Ригель ярче Солнца, зная, что его параллакс равен $0'',0069$, а видимая величина $0^m,34$.

1036. Определить абсолютные величины компонентов звезды Крюгер 60, зная, что их видимые величины равны $9^m,6$ и $11^m,4$, а параллакс равен $0'',257$.

1037. Выразить абсолютную яркость компонентов двойной звезды Крюгер 60 в яркостях Солнца, зная, что их абсолютные величины равны 11,6 и 13,4, а абсолютная величина Солнца равна 4,85.

1038. Звездная величина Веги равна $+0^m,1$. Какова была бы ее звездная величина, если бы Вега удалилась от нас на расстояние в 1000 раз дальше? Была ли бы она тогда видна простому глазу?

1039. Сколько за год пролетает солнечная система по направлению к апексу ее движения при скорости в $19,5$ км/сек.?

*1040. В какой части неба, благодаря движению солнечной системы в пространстве, видимые угловые расстояния между звездами непрерывно увеличиваются и в какой они непрерывно уменьшаются?

ВТОРОЙ КОНЦЕНТР.

*1041. На фигуре XVI воспроизведены фотографии спектров различных звезд. Определить их спектральный класс, пользуясь известной по курсам астрономии таблицей типичных звездных спектров. Верхние шесть спектров сняты призматической камерой, а нижние шесть — щелевым спектрографом.

1042. Доказать, что изменение видимой звездной величины звезды при изменении ее расстояния от Солнца меняется обратно пропорционально ее расстоянию. (Паренаго)

*1043. Звезда приближается к солнечной системе со скоростью V , км/сек. Через сколько лет (y) ее видимый блеск увеличится в n раз, если расстояние до звезды равно a световых лет или R км? Указания: Величину, на которую при этом уменьшится расстояние, обозначить через x . Скорость света обозначить через c .

*1044. По формуле, данной в ответе к предыдущей задаче, определить, через сколько лет видимый блеск звезды Альтаир увеличится на едва заметную для глаза величину ($0,1$ зв. величины), если расстояние до него равно 15,7 светового года и если он приближается к нам со скоростью около 26 км/сек.

*1045. Расстояние до Сириуса составляет 2,70 парсека, но вследствие движения Сириуса уменьшается на 8 км ежесекундно. Рассчитать, через сколько лет видимая яркость Сириуса возрастет вдвое.

*1046. Если звезда находится на эклиптике, то какова будет разность между наблюдаемыми ее лучевыми скоростями 9 сентября 1938 г. и 7 марта 1939 г.?

*1047. Вывести формулу, дающую поправку к наблюдаемой лучевой скорости звезды за влияние годичного движения Земли для того случая, когда звезда находится в полюсе эклиптики.

*1048. Вывести формулу, дающую поправку за годичное движение Земли, к наблюдаемой лучевой скорости звезды, лежащей в плоскости эклиптики. Указание: Звезду считать находящейся в точке весеннего равноденствия, а орбиту Земли считать круговой, т. е. ее скорость V , считать постоянной ($29,5$ км/сек).

1049. Можно ли, наблюдая в течение очень долгих промежутков времени, чисто геометрическим методом определить лучевые скорости звезд с измеримым параллаксом? (Ресселл)

*1050. Звезда Лакайль 1405—28 с координатами $\alpha = 11^{\circ}36', 8$, $\delta = +27^{\circ}20'$ имеет компоненты собственного движения $\mu_{\alpha} = 0'', 0465$, $\mu_{\delta} = -0'', 795$. Определить полное собственное движение μ и его позиционный угол ψ .

*1051. Звезда Лакайль 1149—27 с координатами $\alpha = 22^{\circ}28', 0$, $\delta = +8^{\circ}52'$ имеет компоненты собственного движения $\mu_{\alpha} = +0'', 036$, $\mu_{\delta} = +0'', 152$. Определить полное собственное движение μ и его позиционный угол ψ .

*1052. Звезда Лакайль 1194—26 имеет собственное движение $\mu = 1'', 24$ по направлению, позиционный угол которого $\psi = 165^{\circ}$. Определить компоненты собственного движения по обеим координатам: μ_{δ} и $\mu_{\alpha} \cos \delta$.

*1053. Звезда Лакайль 1346—53 ($\alpha = 15^{\circ}58', 5$, $\delta = 20^{\circ}56'$) имеет собственное движение $\mu = 1'', 59$ по направлению, позиционный угол которого $\psi = 218^{\circ}$. Определить компоненты собственного движения по обеим координатам μ_{δ} и μ_{α} .

*1054. Звезда α Центавра (параллакс $0'', 758$) и звезда 5583—4 по Вашингтонскому каталогу (параллакс $0'', 034$) имеют одинаковое собственное движение $3'', 68$. У которой из них тангенциальная скорость больше и во сколько раз? (Ресселл)

1055. „Летящая звезда Барнарда“ имеет годовичное собственное движение $10'', 25$ и параллакс $0'', 546$. Какова ее тангенциальная скорость?

1056. Чему равна тангенциальная скорость Сириуса, если его параллакс равен $0'', 371$, а годовичное собственное движение $1'', 315$?

1057. Определить тангенциальную скорость звезды Крюгер 60, зная, что ее годовичное собственное движение равно $0'', 87$, а параллакс равен $0'', 257$.

*1058. Лучевая скорость Веги равна -14 км/сек, собственное движение $0'', 348$ в год, а параллакс $0'', 124$. Определить полную пространственную скорость звезды относительно Солнца.

*1059. Лучевая скорость Альдебарана равна $+54$ км/сек, а тангенциальная скорость 18 км/сек. Найти полную пространственную скорость его относительно Солнца.

1060. Координаты Сириуса таковы: $\alpha = 6^{\circ}41'$, $\delta = -16^{\circ}35'$. Его собственное движение по прямому восхождению равно $-0'', 0374$, а по склонению $-1'', 209$ в год, лучевая скорость равна $-7,5$ км/сек, а параллакс $0'', 38$. Определить полную пространственную скорость Сириуса его относительно Солнца и угол, образуемый ею с лучом зрения.

*1061. Лучевая скорость Арктура равна -22 км/сек, а тангенциальная скорость равна 23 км/сек. Найти угол, образованный направлением движения звезды с лучом зрения.

*1062. Лучевая скорость звезды Бетельгейзе равна $+21$ км/сек, собственное движение равно $0'', 032$ в год, а параллакс равен $0'', 012$. Определить полную пространственную скорость относительно Солнца и угол, образованный направлением движения звезды в пространстве с лучом зрения.

*1063. Полная пространственная скорость β Южного Креста равна 21 км/сек; а лучевая $+13$ км/сек. Определить тангенциальную скорость.

*1064. Полная пространственная скорость звезды Канопус 23 км/сек образует угол в 37° с лучом зрения. Определить лучевую и тангенциальную составляющие скорости.

*1065. Направление движения звезды Капеллы образует угол в $48^\circ, 2$ с лучом зрения; полная пространственная скорость движения ее равна 45 км/сек . Определить годичное собственное движение звезды, если ее параллакс $0'', 063$.

1066. Даны пространственная скорость звезды S , образующая с лучом зрения угол θ (рис. 39), лучевая V_r и тангенциальная V_t скорости звезды, а также ее параллакс π , собственное движение μ и видимая величина m . Вывести формулы, определяющие момент t , когда звезда будет (или была) на кратчайшем расстоянии от Солнца O в точке M . Каковы будут тогда значения π , μ , m , V_r и V_t , которые для этого случая будем отмечать значками „прим“? (Ресселл)

1067. По формулам ответа к предыдущей задаче определить год, когда Солнце и α Центавра сблизятся максимально. Каковы в этот момент будут ее параллакс, собственное движение и визуальная звездная величина, если в настоящее время $V_r = -22 \text{ км/сек}$, $V_t = 23 \text{ км/сек}$, $m = 0,06$, $\mu = 3'', 68$, $\pi = 0'', 758$. (Ресселл)

1068. Определить дату наибольшего сближения „летающей звезды Барнарда“ с Солнцем, если для нее современные данные таковы: $m = 9,57$, $\mu = 10'', 25$, $\pi = 0'', 546$, $V = 117 \text{ км/сек}$, $T = 90 \text{ км/сек}$. (Ресселл)

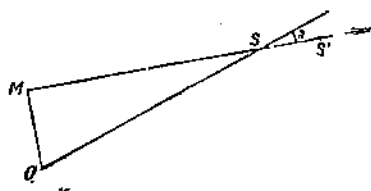


Рис. 39.

1069. Каковы будут параллакс и собственное движение „летающей звезды Барнарда“ (см. задачу 1068) через 2000 лет? (Ресселл)

1070. Определить апекс движения солнечной системы и ее скорость по следующим данным. По каталогу Кэмпбелла подсчитаны средние алгебраические лучевые скорости звезд внутри квадратов на небесной сфере со стороной 40° , имеющих центры в точках, координаты которых даны ниже:

	α	0°	12°	6°	18°	—	—
	δ	0°	0°	0°	0°	$+90^\circ$	-90°
Число звезд		32	27	33	26	24	43
Средняя лучевая скорость		$+4,4$	$+0,8$	$+23,7$	$-15,1$	$-8,2$	$+9,3$

(по Ресселлу)

*1071. Можно ли в принципе путем систематических измерений лучевых скоростей многочисленных звезд, производимых в течение продолжительного срока, установить криволинейность движения солнечной системы в пространстве?

1072. Определить склонение апекса движения солнечной системы, пользуясь нижеследующим примером и данными. По каталогу звезд Босса было подсчитано число звезд, из общего числа их 200, имеющих собственное движение по прямому восхождению положительное и

отрицательное и лежащих вблизи прямых восхождений 0^h , 3^h , 6^h и т. д. Таким образом найдено:

α	0^h	3^h	6^h	9^h	12^h	15^h	18^h	21^h
Положительное	132	152	107	39	46	47	101	143
Отрицательное	68	48	93	161	154	153	99	57

Начертим круг с размеченными вокруг него часами прямого восхождения и у соответствующих часов прямого восхождения (0^h , 3^h и т. д.) отметим стрелками соответствующей длины величину и направление предпочтительного движения звезд в этой области. Интерполируя по этим данным, видим, что число положительных и отрицательных движений равно нулю в направлениях $6^h 20^m$ и $18^h 0^m$ прямого восхождения. В среднем прямое восхождение апекса $18^h 10^m$.

Найти аналогичным образом склонение апекса, зная, что вдоль полос между $17^h 30^m$ — $18^h 30^m$ и $5^h 30^m$ — $6^h 30^m$ прямого восхождения числа звезд с положительным и отрицательным собственным движением таково:

δ		от 90° до 60°	от 60° до 30°	от 30° до 0°	от 0° до -30°	от -30° до -60°	от -60° до -90°
$\alpha = 6^h$	Положительные	3	9	22	29	31	16
	Отрицательные	10	35	72	40	32	3
$\alpha = 18^h$	Положительные	10	25	22	8	6	4
	Отрицательные	7	13	38	59	46	9

(по Рессаллу)

*1073. Допустим, что солнечная система движется к созвездию Лиры среди звезд, неподвижных друг относительно друга и находящихся на одинаковом расстоянии от Солнца. По какому закону должны тогда изменяться величины наблюдаемых лучевых скоростей и собственных движений звезд в функции их видимого углового расстояния λ от апекса?

*1074. Можно ли было бы в принципе определить направление движения солнечной системы в пространстве на основании одних лишь фотометрических наблюдений звезд?

1075. Наша солнечная система приближается к Веге ($\pi = 0''.12$) каждую секунду на 14 км. Через сколько лет видимая яркость Веги увеличивается на $0^m.1$?

*1076. Принимая координаты апекса Солнца равными $\alpha = 18^h 0^m$, $\delta = +30^\circ$, а скорость V_0 равной 19,5 км/сек, вычислить по формуле $V_r' = V_r + V_0 \cos \lambda$ лучевую пекулярную скорость звезды R Щита, для которой скорость, неисправленная за движение Солнца, равна $+38,3$ км/сек, а координаты таковы: $\alpha = 280^{\circ} \frac{1}{2}$, $\delta = -6^\circ$, λ в приведенной формуле означает угловое расстояние звезды от апекса.

*1077. Принимая для апекса Солнца „стандартное“ значение (см. предыдущую задачу), вычислить пекулярную лучевую скорость звезды

У Единорога, для которой неисправленная скорость относительно Солнца равна $+34,6$ км/сек и координаты таковы: $\alpha = 111\frac{1}{2}^\circ$, $\delta = -10^\circ$.

*1078. Разложить на u - и τ -компоненты собственное движение AG Возничего ($\alpha = 6^\circ 20', 1$, $\delta = 47^\circ 5'$), $\mu_\alpha = +0^s,0076$, $\mu_\delta = -0^s,054$. Указание: Элементы движения Солнца принять обычные.

*1079. Разложить на u - и τ -компоненты собственное движение звезды R Щита ($\alpha = 18^\circ 42', 1$, $\delta = -5^\circ 49'$), имеющей собственное движение $\mu_\alpha = -0^s,0039$, $\mu_\delta = 0^s,030$.

*1080. Некоторая звезда имеет параллакс $0'',0015$ и компоненты собственного движения $u = 0'',015$, $\tau = 0'',064$. Она отстоит от апекса Солнца на $\lambda = 125^\circ$. Вычислить компоненты ее пекулярного собственного движения u' и τ' .

1081. Годичное собственное движение звезды, имеющей координаты ($\alpha = 3^\circ 0'$, $\delta = +10^\circ$), равно $0'',1$. Допуская, что это собственное движение полностью является параллактическим, т. е. перспективным, вызванным движением солнечной системы, определить параллакс звезды, приняв, что Солнце движется к точке с координатами $18^\circ 0'$ $+30^\circ$ со скоростью в $19,5$ км/сек. (Смарт)

*1082. Определить среднюю абсолютную величину переменных звезд типа RV Тельца, если для восьми из них, по данным П. П. Паренаго, $\tau = 0'',0165$, $\bar{V} = 33,4$ км/сек, средняя видимая звездная величина равна $8^m,5$.

*1083. Для группы звезд с одинаковыми физическими признаками найдено среднее значение τ -компонента их пекулярных собственных движений равным $0'',0150$, а средняя пекулярная лучевая скорость $V' = 10$ км/сек. Определить средний параллакс этих звезд.

*1084. Для 11 переменных звезд типа RV Тельца П. П. Паренаго нашел $u \sin \lambda = -0'',0022$, $\sin^2 \lambda = 0,366$, средняя видимая звездная величина равна $8^m,7$. Принимая скорость солнечной системы равной $19,5$ км/сек, определить средний параллакс этой группы звезд и их среднюю абсолютную звездную величину.

*1085. Для горячих звезд спектральных классов O8—O9 Вилсон нашел из собственных движений компоненты $\tau = 0'',0054$; $\frac{u \sin \lambda}{\sin^2 \lambda} =$

$-0'',082$. Средняя видимая величина этих 19 звезд равна $6^m,04$. Найти их средний параллакс и среднюю абсолютную величину.

1086. Угловое расстояние звезды от радианта движущегося звездного скопления $\theta = 30^\circ$, ее лучевая скорость равна $+48$ км/сек, а ее собственное движение равно $0'',18$. Определить параллакс этого звездного скопления. (Смарт)

1087. Определить пространственную скорость и параллакс движущегося скопления Гиад по следующим данным, известным для одной из звезд этой группы:

$$\mu = 0'',115, V_r = +38,6 \text{ км/сек}, \theta = 29^\circ,1 \text{ (по Расселлу)}.$$

1088. Каково в парсеках расстояние до Полярной звезды, если методом спектроскопических параллаксов ее абсолютная величина найдена равной $-2^m,4$, а ее видимая величина $-2^m,1$. Найти то же для Новой

звезды в Геркулесе, если ее абсолютная величина, определенная спектроскопически, $-7,5$, а видимая $+1^m,2$ (в наибольшем ее блеске).

***1089.** Разность между звездной величиной объекта, определенной из фотографических наблюдений m_p и из наблюдений глазом (визуальных) m_v , называется показателем цвета I . Чем звезда краснее, тем I больше. Для голубоватых звезд показатель цвета отрицателен и связан с абсолютной температурой T звезды соотношением:

$$I = m_p - m_v = \frac{7200}{T} - 0,64,$$

в котором m_v — визуальная, а m_p — видимая фотографическая величина звезды. При каких температурах показатель цвета меняется быстрее?

1090. Показатель цвета звезд может быть выражен формулой:

$$I = M_p - M_v = \frac{7200}{T} - 0,64,$$

где M_v — визуальная, M_p — фотографическая абсолютная величина звезды, а T — ее температура. Определить верхний предел отрицательных значений показателя цвета.

***1091.** Ниже приведены фотографические и визуальные величины ярких звезд. Расположите их в порядке цвета — белые, желтые, оранжевые, красные.

Звезды	Величины	
	фотографические	визуальные
Спика	0,94	1,21
Антарес	2,95	1,22
Альтаир	1,05	0,89
Капелла	0,88	0,21
Арктур	1,36	0,24
Ригель	0,30	0,34
α Центавра	0,63	0,06

1092. Пользуясь таблицей показателей цвета звезд (стр. 196), определить фотографические величины компонентов двойной звезды γ Андромеды, если их спектральные классы K0 и B9, а визуальные величины соответственно $2^m,28$ и $5^m,08$. (Ресселл)

***1093.** Сравнить друг с другом фотографию и карту неба (фиг. XVII и XVIII) в области созвездий Центавра, Южного Креста и Мухи и найти желтые и красные звезды (отмечены буквами), расположив их в порядке усиления красноватого оттенка (в порядке возрастания показателя цвета).

***1094.** Каково должно быть раздвижение D_0 зеркал звездного интерферометра, чтобы при помощи него можно было измерить угловой диаметр β Новой звезды, для которой в момент максимума блеска прием $m_v = 1,0$, $\pi = 0'',002$, $T = 10\,000^\circ$. Эффективную длину волны λ , испускаемую Новой звездой, принять равной $5000 \text{ \AA}$. Формула для вычисления углового диаметра в секундах дуг:

$$\beta'' = \frac{1,22\lambda}{D_0} \cdot 206\,265.$$

*1095. Пользуясь формулой $d = 11'' \cdot 6 : D$, дающей разрешающую силу телескопа, где D — диаметр его объектива в сантиметрах, определить, какой нужен телескоп, чтобы в него непосредственно можно было увидеть истинный диск гигантской звезды Бетельгейзе, угловой диаметр которой $0''{,}04$.

*1096. Сравнить диаметры звезд α Скорпиона и „звезды Барнарда“, зная, что их абсолютные величины равны $-4,0$ и $+13,4$, а температуры (а, следовательно, и поверхностные яркости) одинаковы.

*1097. Определить радиус β Центавра, если ее температура $T = 21\,000^\circ$, а абсолютная визуальная звездная величина $M_v = -3,8$.

*1098. Определить радиус Антареса, зная, что его температура $T = 3100^\circ$, а абсолютная звездная величина $M_v = -4,0$.

*1099. Определить радиус спутника Сириуса, зная, что у него $T = 7500^\circ$, а $M_v = 11,2$.

*1100. Определить радиус Альдебарана и вычислить его видимый угловой диаметр, зная, что у Альдебарана параллакс $\pi = 0''{,}057$, $T = 3300^\circ$, а $M_v = -0,1$.

*1101. Какого диаметра должен быть спутник Сириуса, если по абсолютной величине он на 10 величин слабее, чем Сириус, если расстояние между этими звездами составляет 20,4 астр. единицы и если бы он светился отраженным от Сириуса светом, как планета. Абсолютная величина Сириуса $+1,3$. *Указание:* Отражательную способность спутника принять такую же, как у Юпитера, отстоящего от Солнца на 5,2 астр. единиц и имеющего звездную величину в противостоянии $-2,2$; абсолютная величина Солнца равна $+4,9$.

*1102. Температуру звезды можно определить, зная ее показатель цвета, по формуле:

$$T = \frac{7200}{1 + 0,64 \cdot I}.$$

Определить среднюю температуру звезд спектральных классов B0, A0 и dG0, зная, что их средние показатели цвета соответственно равны: $-0,33$, $0,00$, $0,57$.

*1103. Определить по показателю цвета I (приводимому в скобках) температуры следующих звезд: δ Эридана (1,12), ϵ Близнецов (0,92), Прокциона (0,47) и τ Скорпиона ($-0,33$).

*1104. Тепловым индексом называется разность звездных величин объекта, определенных визуально (m_v) и с помощью радиометра или термоэлемента (m_r). Эта величина связана с температурой звезды соотношением:

$$m_v - m_r = 10 \lg T + \frac{29\,500}{T} - 42,1.$$

В каких пределах меняется температура долгопериодических переменных звезд, если, в среднем, тепловой индекс для них равен $+4,3$ в период наибольшего блеска и $+7,8$ — в период наименьшего блеска? (Ресселл)

*1105. Вычислить среднюю температуру звезд гигантов спектрального класса K0, зная, что их тепловой индекс в среднем равен $+1,2$.

*1106. Звезда α Ориона по измерениям Петтита посылает на Землю количество тепла, характеризуемое величиной $7,7 \cdot 10^{11}$ кал/см² в минуту. Сколько тепла от этой звезды получает Земля за год, если его собирать зеркалом телескопа, имеющего диаметр 2,5 м?

*1107. Определить, какое количество льда в течение года способно растопить тепло, посылаемое на Землю звездой Сириус и собираемое зеркалом с поперечником в 1 м, если за минуту на 1 см² земной поверхности, перпендикулярный к лучам этой звезды, падает количество энергии $5,8 \cdot 10^{-11}$ калорий?

*1108. Звезда α Волопаса на 1 см² поверхности Земли, перпендикулярный к ее лучам, посылает в минуту $64 \cdot 10^{-12}$ калорий. Параллакс звезды 0",08, а радиус в 26 раз больше солнечного. Определить температуру α Волопаса.

*1109. Звезда α Орiona посылает на Землю количество энергии, характеризующееся величиной $7,7 \cdot 10^{-11}$ кал/см² в минуту. Вычислить по этим данным температуру этой звезды, зная, что ее параллакс равен 0",017, а угловой диаметр, измеренный интерферометром, равен 0",047.

*1110. Вычислить температуру Арктур, зная, что в течение минуты на 1 см² поверхности Земли, перпендикулярный к его лучам, он посылает $6,4 \cdot 10^{-11}$ калорий, что его параллакс равен 0",080, а угловой диаметр, измеренный интерферометром, равен 0",020.

*1111. Вычислить температуру Альдебарана, зная, что его видимая визуальная величина равна 1^m,1, а угловой диаметр равен 0",020.

*1112. Какова по кривой масса — светимость масса Полярной, если ее абсолютная величина равна —2,4.

*1113. По кривой масса — светимость определить массу звезды 70 Змееносца A, зная, что ее параллакс равен 0",19, а видимая звездная величина равна 4,3.

*1114. Определить среднюю плотность звезды Капеллы, воспользовавшись зависимостью масса — светимость (рис. 38) и зная, что абсолютная величина Капеллы равна —0,3 (для Солнца она +4,9), а температура равна 6000°.

*1115. Вычислить в граммах на кубический сантиметр среднюю плотность звезды 40 Эридана B по следующим данным: масса звезды составляет 0,44 массы Солнца, $T = 11\,000^\circ$, $M_p = 11,2$.

*1116. Определить среднюю плотность звезды — белого карлика, являющегося спутником другой звезды, по следующим данным. Спектры главной звезды и спутника одинаковы. Средняя плотность главной звезды 0,2 г/см³. Разность видимых звездных величин главной звезды и спутника равна 10, а отношение их масс 2:1.

*1117. Наиболее горячие и массивные звезды (спектрального класса B) имеют в среднем массу около $20 \cdot 10^{33}$ г и скорость около $15 \cdot 10^5$ см/сек. Звезды типа Солнца имеют массы около $2 \cdot 10^{33}$ г и скорости около $64 \cdot 10^5$ см/сек. Самые холодные и маленькие звезды (спектрального класса M) имеют массы около $1,2 \cdot 10^{33}$ г и скорости около $78 \cdot 10^5$ см/сек. Имея в виду столь большие различия масс и скоростей звезд, сравнить их кинетические энергии.

XXV. ДВОЙНЫЕ ЗВЕЗДЫ.

II.

Двойные звезды бывают *визуальные*, когда их двойственность обнаруживается непосредственно в телескоп, и *спектрально-двойные*, когда их двойственность обнаруживается спектроскопически по периоди-

скому раздвирению спектральных линий. Визуально-двойные звезды разделяются на *оптические*, у которых кажущаяся близость звезд вызвана действием перспективы, и *физически-двойные*, у которых звезды реально близки одна к другой и обращаются каждая по своей орбите относительно общего центра тяжести по законам тяготения и, в частности, по законам Кеплера. Обычно наблюдают орбиту спутника относительно главной звезды. Как правило, она видна в проекции на небесную сферу, так как образует с лучом зрения угол, отличающийся от прямого на величину наклона орбиты i .

Положение спутника относительно главной звезды характеризуется измеренным угловым расстоянием ρ и позиционным углом его θ , т. е. углом, который это направление образует, с направлением к северному полюсу мира. Этот угол отсчитывается против часовой стрелки. Главная звезда находится обычно не в фокусе видимого эллипса (следствие проекции), но находится, конечно, в фокусе истинного эллипса орбиты. В проекции на небесную сферу полуось истинной орбиты проходит через центр видимого эллипса и через главную звезду. Если a — большая полуось орбиты, выраженная в секундах дуги, A — в километрах, а π — параллакс, то

$$A = \frac{a}{\pi}.$$

В силу этого сумму масс двойной звезды $m_1 + m_2$, согласно третьему закону Кеплера, можно выразить формулой:

$$m_1 + m_2 = \frac{A^3}{P^3} = \frac{a^3}{\pi^3 P^3},$$

в которой m_1 и m_2 выражены в массах Солнца, а P — период обращения в годах.

Отсюда получается возможность определить так называемый динамический параллакс двойной звезды по формуле:

$$\pi = \frac{a}{\sqrt[3]{P^3 (m_1 + m_2)}};$$

если $(m_1 + m_2)$ положить равным удвоенной массе Солнца, то получатся параллаксы, более или менее близкие к истине. Более точный результат дает способ последовательных приближений, когда, найдя параллакс, мы определяем абсолютную величину компонентов, и по кривой масса — светимость определяем массу каждого компонента в отдельности, после чего сумму масс вставляем снова в формулу. Повторив этот прием несколько раз, мы получаем параллакс более точно.

Если наблюденное смещение линий в спектре спектрально-двойной звезды нанести на график в функции времени, то получается кривая линия; если провести прямую, параллельную оси абсцисс и пересекающую кривую скоростей так, что площади кривой, расположенные над ней и под ней, одинаковы, то расстояние этой прямой от оси абсцисс представляет скорость центра тяжести системы. Для спектрально-двойных звезд угол наклона i остается неизвестным. Величина ω — расстояние периастра от узла — определяется по кривой лучевых скоростей.

Частным случаем спектрально-двойных звезд являются затменные двойные звезды, или звезды типа Алголя, у которых плоскости орбит проходят через луч зрения, и поэтому одна звезда периодически затмевает другую.

ВТОРОЙ КОНЦЕНТР.

1118. Каково наименьшее расстояние между компонентами двойной звезды, при котором она может быть видима как таковая в наибольший рефрактор Советского Союза, находящийся в Пулковской обсерватории и имеющий объектив диаметром в 76 см (30 дюймов)?

1119. Какова видимая звездная величина двойной звезды, компоненты которой имеют яркость 1,0 и 2,0 зв. величины?

1120. Двойная звезда Кастор (α Близнецов) состоит из двух звезд 2,0 и 2,8 зв. величины. Какова общая яркость звезды в звездных величинах?

*1121. Доказать, что, если двойная звезда оптическая (т. е. спутник физически не связан с главной звездой, а находится лишь почти на одном луче зрения и относительно равномерное видимое движение их обусловлено собственными движениями обеих звезд и происходит по прямой линии), то соблюдаются соотношения

$$\rho^2 = a^2 + (t - T)^2 m^2 \quad \text{и} \quad \operatorname{tg}(\varphi - \varphi_0) = \frac{m}{a}(t - T),$$

где a — перпендикуляр, опущенный из звезды, считаемой неподвижной, на линию движения спутника, φ_0 — позиционный угол этого перпендикуляра, t — время, которому соответствует расстояние между звездами ρ под позиционным углом ϑ , T — момент, когда спутник находится у основания этого перпендикуляра, m — годичное движение спутника. (Если наблюдения согласуются с этими формулами, то пара — оптическая.)

1122. Вычислить сумму масс двойной звезды Капеллы, если большая полуось их орбиты равна 0,85 астр. единицы, а период обращения 0,285 года.

1123. Определить сумму масс двойной звезды Процион, если период ее обращения равен 39 годам и большая полуось орбиты 13,0 астр. единицам.

*1124. Большая полуось орбиты двойной звезды α Центавра видна под углом $17'',65$. Во сколько раз это расстояние больше расстояния Земли от Солнца? *Указание:* Параллакс звезды равен $0'',75$.

1125. Вычислить массу двойной звезды α Центавра, у которой:

$$\pi = 0'',75, P = 79 \text{ лет}, \alpha = 17'',6.$$

1126. У визуально-двойной звезды Крюгер 60 большая полуось видимой орбиты равна $2'',46$, период обращения 44,3 года, а параллакс $0'',257$. Определить массу системы в долях солнечной массы.

1127. Двойная звезда ϵ Гидры имеет период обращения 15,3 года, параллакс $0'',020$ и угловые размеры большой полуоси орбиты $0'',23$. Определить линейные размеры большой полуоси и сумму масс компонентов.

1128. Двойная звезда α Близнецов имеет параллакс $0'',076$, видимые угловые размеры большой полуоси орбиты $6'',06$ и период обращения 306 лет. Определить сумму масс компонентов.

*1129. Параллакс двойной звезды α Пегаса определен в $0''.026$ с вероятной ошибкой в $\pm 0''.005$. Насколько изменится вычисленная сумма масс этой звезды, если ее параллакс принять большим приведенного на величину его вероятной ошибки? Большая полуось орбиты равна $0''.29$.

1130. Положим, что видимое расстояние между двумя звездами должно быть по крайней мере $0''.2$, чтобы они могли быть видимы, как две отдельные звезды в самые большие телескопы; предположим, что расстояние до двойной звезды равно 500 парсекам. Каково должно быть расстояние в астрономических единицах между составляющими для того, чтобы они могли быть видимы, как отдельные звезды? Если масса каждой звезды равна массе Солнца; каков будет их период обращения? Если их размеры и поверхностные яркости такие же, как у Солнца, то какова будет их видимая звездная величина в отдельности и суммарная? (Мультон)

*1131. Параллакс визуально-двойной звезды Кастор равен $0''.076$, собственное движение $0''.20$ в год, лучевая скорость системы $+3$ км/сек, видимая величина компонентов 2,0 и 2,8 зв. величины, большая полуось орбиты $6''.06$, период обращения 306 лет. Определить большую полуось орбиты в километрах, светимость компонентов по сравнению с Солнцем, относительную орбитальную скорость спутника в километрах в секунду, массы обеих звезд и отношение их радиусов (температура обеих звезд одинакова).

*1132. Положим, что плотность составляющих двойной звезды равна солнечной и что две составляющие (принимаемые сферическими) находятся в соприкосновении; каков их период обращения, если масса каждой из них равняется $1/10$ солнечной массы? Каковы будут их относительные скорости в километрах в секунду в соответственных случаях? (Мультон)

1133. Определить динамический параллакс двойной звезды α Центавра, принимая сумму масс ее компонентов равной двум массам Солнца. Период обращения пары 78,8 лет, а большая полуось орбиты $17''.65$.

1134. Вычислить динамический параллакс двойной звезды β 7642, для которой $a=2''.87$ и $T=317,5$ лет. Тригонометрический параллакс звезды равен $0''.088$. Чем объяснить получаемое различие параллаксов?

*1135. Определить способ последовательных приближений, пользуясь кривой масса—светимость (рис. 38), динамический параллакс двойной звезды α Пегаса по следующим данным: большая полуось $a=0''.29$, период $P=11,35$ лет, видимые звездные величины компонентов 4,8 и 5,5.

*1136. Пользуясь кривой масса—светимость (рис. 38), определить методом последовательных приближений динамический параллакс двойной звезды ζ Геркулеса, пользуясь данными; $P=34,5$ года, $a=1''.35$, видимые звездные величины 3,0 и 6,5.

*1137. Цена одного оборота винта нитяного микрометра равна $8''.14$. Подвижную нить, перпендикулярную к линии, соединяющей звезды, пришлось переместить в поле зрения окуляра на 0,34 оборота винта для того, чтобы она от совпадения с неподвижной нитью (на которой удерживалась все время одна звезда) перешла в положение, при котором пересекла вторую звезду. Каково расстояние между компонентами двойной звезды?

*1138. Чему равно угловое расстояние α между компонентами тесной двойной звезды, если при наблюдении ее звездным интерферометром интерференционные полосы пропали при раздвижении зеркал на $D_0 = 206 \text{ см}$, $\alpha = 206 \, 265 \lambda : 2D_0$. *Указание:* Эффективную длину волны λ , испускаемую звездой, принять равной $5500 \text{ \AA}$.

*1139. Расстояние ρ слабой звезды от яркой не превышает $1''$ и изменяется в зависимости от времени t по закону:

$$\rho = 1'', 0 \sin \left(\frac{2\pi}{T} t + t_0 \right),$$

где T период, а t_0 — момент начала отсчета времени. Что можно сказать об этих звездах?

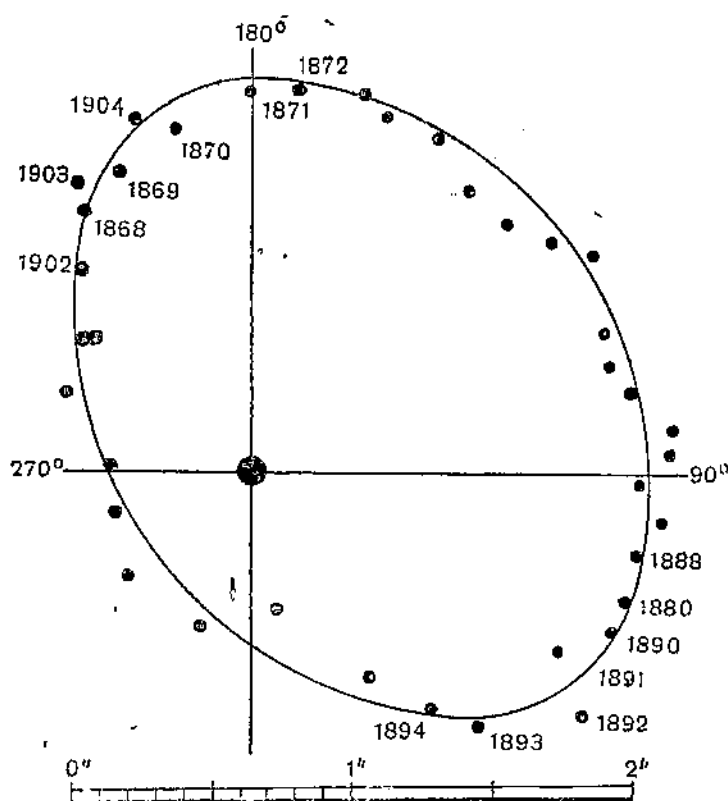


Рис. 40. Видимая орбита двойной звезды.

1140. Приняв отношение масс двух компонентов визуально-двойной равным 4:3, орбиту круговой, а ее наклонение равным 60° , начертить видимые орбиты обоих компонентов и относительную орбиту с правильным соотношением относительных размеров. (Ресселл)

*1141. На рисунке 40 изображена видимая орбита спутника двойной звезды относительного главного компонента и положение круга

склонения, проходящего через главную звезду. Определить графически позиционный угол проекции большой полуоси орбиты на небесную сферу.

*1142. На рисунке 41 изображена видимая орбита спутника двойной звезды относительно главного компонента. Путем измерения чертежа определить эксцентриситет истинной орбиты.

*1143. На рисунке 41 нанесены по измерениям положения спутника относительно главной звезды в системе ζ Геркулеса в соответствующие годы. Учитывая меньшую точность прежних наблюдений, провести на этом чертеже эллипс, изображающий видимую орбиту (построить его по правилам черчения этой кривой), и, зная, что наклонение орбиты равно 48° , вычертить эллипс действительной орбиты спутника относительно главной звезды. Определить период обращения, эксцентриситет и большую полуось орбиты. Определить момент прохождения спутника через периастр и сумму масс системы (параллакс $0''.11$). Вы-

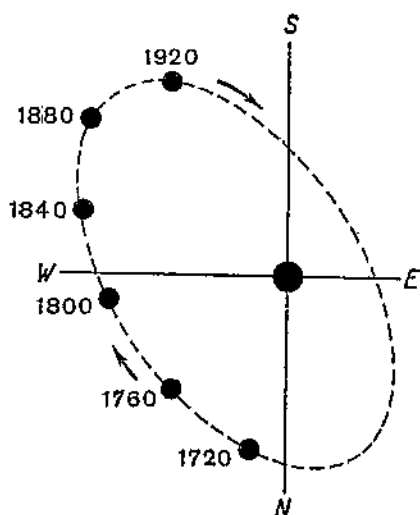


Рис. 41. Видимая орбита ζ Геркулеса.

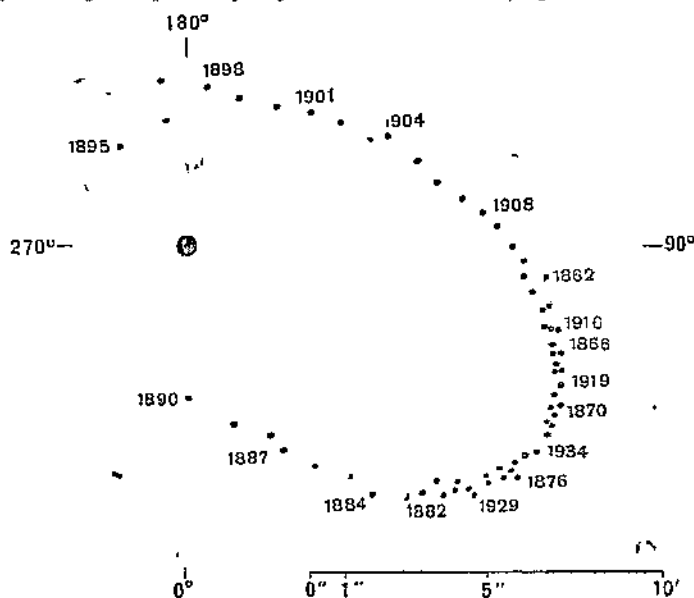


Рис. 42. Видимая орбита спутника Сириуса.

полнить такое же упражнение для двойной звезды Сириус (рис. 42), у которого наклонение орбиты $i = 43^\circ$ и параллакс $0''.37$.

1144. Построить видимую орбиту визуально-двойной звезды β Дельфина, оценить период ее обращения, большую полуось видимой орбиты и эксцентриситет по следующим наблюдениям (наблюдения сделаны разными лицами и не вполне точны):

t	θ	d	t	θ	d
1873,6	355°	0",7	1877,8	40°,8	0",32
1874,7	15,6	0,65	1878,6	53,7	0,24
1874,7	13,6	0,49	1878,7	59,2	—
1874,7	6,5	0,66	1880,7	133,6	0,26
1875,6	20,1	0,54	1881,5	149,2	0,26
1875,9	15,1	0,42	1882,6	167,5	0,26
1876,7	25,8	0,48	1883,6	182,5	0,23
1877,7	29,7	0,51			

(Иванов)

1145. В спектре Мицара наибольшее расстояние между компонентами периодически раздваивающейся линии водорода $H\gamma$ (длина волны 4341 Å) составляет 0,5 Å. Какова относительная орбитальная скорость компонентов в проекции на луч зрения?

1146. Какова скорость центра тяжести спектрально-двойных систем β Козерога, p Парусов и α Возничего (рис. 43)?

*1147. Для спектрально-двойных звезд между массами их компонентов m_1 и m_2 и большими полуосями орбит a_1 и a_2 относительно их общего центра тяжести существует соотношение:

$$\frac{(a_1 + a_2)^3 \sin^3 i}{P^3} = (m_1 + m_2) \sin^3 i,$$

где P — период обращения, а i — наклонение орбиты. Доказать, что, если $a \sin i$ выражать не в астрономических единицах, а в миллионах километров и P не в годах, а в сутках, то это выражение приводится к виду:

$$(m_1 + m_2) \sin^3 i = \frac{(a_1 + a_2) \sin^3 i}{25,0 P^3}.$$

*1148. Определить отношения масс компонентов спектрально-двойной звезды β Скорпиона, если полуамплитуды лучевых скоростей главной звезды и спутника соответственно равны $k_1 = 152$ и $k_2 = 126$ км/сек.

1149. Определить приближенное значение ω , т. е. расстояния периастра от узла для трех спектрально-двойных систем, изображенных на рисунке 43, пользуясь рисунком 44.

1150. Предположим, что относительная скорость двух составляющих двойной звезды должна быть не менее 8 км/сек для того, чтобы было возможно определить спектральным путем, что звезда двойная. Как близки должны быть составляющие одна к другой для того, чтобы было возможно найти, что звезда двойная, если масса системы составляет десять солнечных масс? Указание: Орбиту считать круговой, плоскость которой проходит через луч зрения.

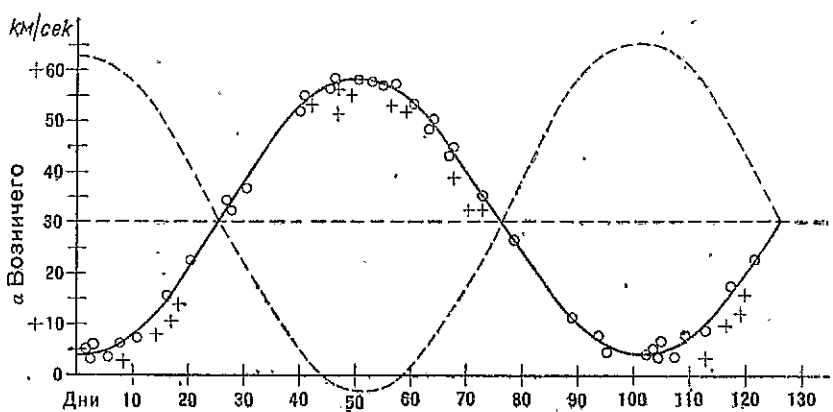
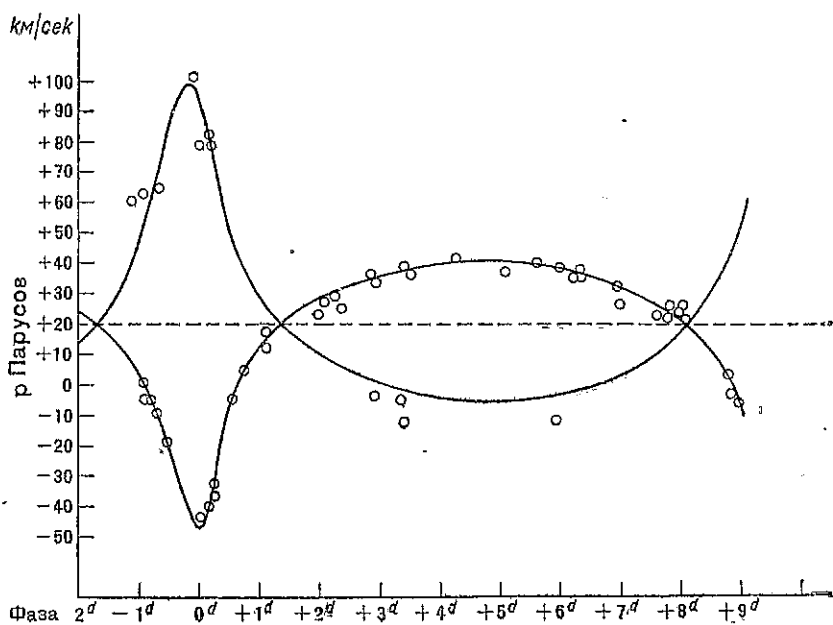
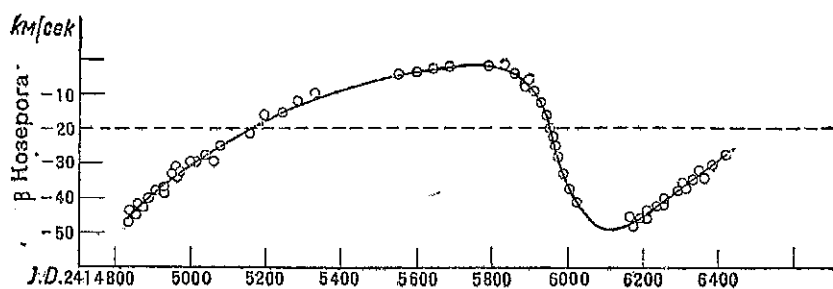


Рис. 43. Кривые лучевых скоростей спектрально-двойных звезд.

1151. Определить радиус орбиты спектрально-двойной звезды Лакайль 3105, если относительная скорость компонентов достигает 620 км/сек , а период равен $3^{\text{д}} 2^{\text{ч}} 46^{\text{м}}$, как это установлено по раздвоению линий в ее спектре. *Указание:* Сделать допущения, что орбита круговая и ее плоскость проходит через Солнце и что масса обоих компонентов одинакова. (Юнг)

1152. Определить радиус орбиты, описываемой Спикой как компонентом спектрально-двойной системы, имеющей относительную орбитальную скорость 91 км/сек , период $4^{\text{д}} 0^{\text{ч}} 19^{\text{м}}$. *Указание:* Орбиту считать круговой, а плоскость ее проходящей через Солнце. (Юнг)

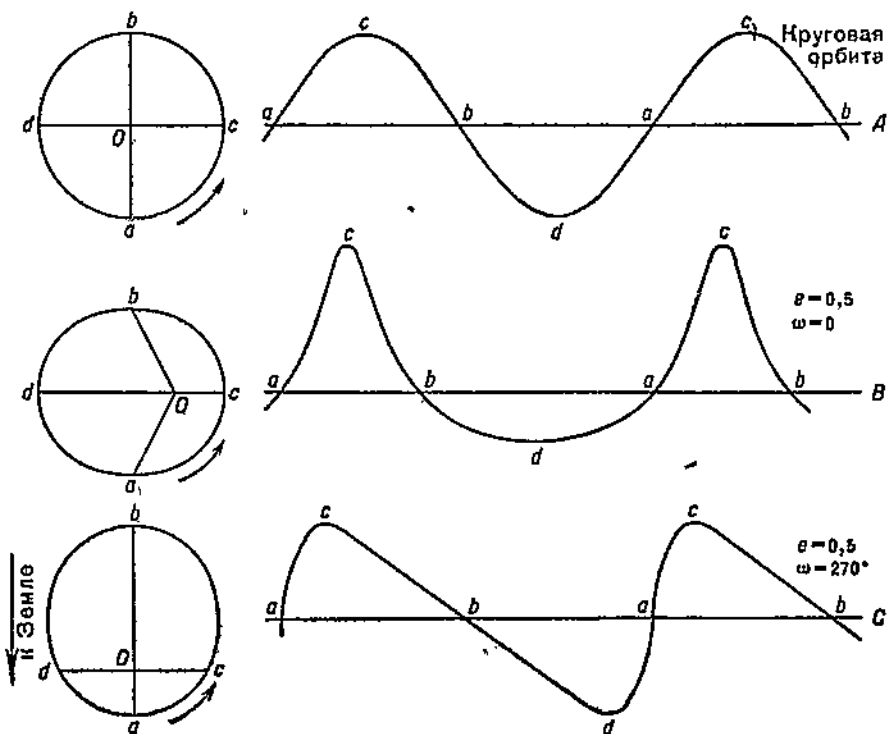


Рис. 44. Кривые лучевых скоростей для разных орбит спектрально-двойных звезд.

1153. Определить массу спектрально-двойной системы, у которой радиус видимой орбиты совпадает с истинным радиусом относительной орбиты, если обе звезды одинаковы, период составляет $3^{\text{д}} 2^{\text{ч}} 46^{\text{м}}$, а радиус орбиты равен $26\,600\,000 \text{ км}$. (Юнг)

1154. Какова масса системы, если главная темная звезда двойной системы задачи 1152 равна по массе яркой звезде? (В этом случае радиус относительной орбиты является диаметром орбиты Спик.) (Юнг)

1155. Какова масса системы (см. задачу 1152), если темная звезда имеет массу, равную одной четверти массы яркой звезды? (В этом случае орбита темной звезды имеет радиус вчетверо больше радиуса

Спики, и радиус относительной орбиты в пять раз больше радиуса относительной орбиты Спики.) (Юнг)

1156. Определить массу системы Спики (см. задачу 1152), допустив, что масса яркой звезды бесконечно мала в сравнении с массой темной звезды. (Эти условия, конечно, маловероятны.) (Юнг)

*1157. Круговая орбита визуально-двойной звезды с составляющими 7,3 и 7,3 величины одинакового спектра (класс G) наклонена к лучу зрения на 45° . Наибольшая наблюдаемая лучевая скорость спутника относительно главной звезды равна 20 км/сек, а наибольшая наблюдаемая скорость движения спутника $0'',05$ в год. Период обращения составляет 6 лет; орбита — круговая. Определить размеры, параллакс, массу и светимость каждого компонента системы, радиус относительной орбиты. Полученные массы сравнить с тем, что вы можете получить по полученной светимости и кривой зависимости масс и светимостей.

XXVI. ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ И НОВЫЕ ЗВЕЗДЫ.

Переменные звезды разделяются на *периодические* и *неправильные*. Периодические переменные характеризуются тем, что кривые изменений их блеска имеют определенный период и периодически повторяются. Они характеризуются *амплитудой*, т. е. пределами изменений блеска, и *продолжительностью периода* P , который находится из наблюдений. Момент наступления определенной яркости звезды, например, максимума ее блеска, находится по формуле:

$$M = M_0 + PE,$$

где M_0 — какой-нибудь данный момент максимума, а E — целое число. При таких расчетах удобно выражать моменты в так называемых юлианских днях, где любой день каждого года выражается его номером. Юлианский день, соответствующий каждому числу месяца и года, можно найти в „Астрономическом календаре“ (в переменной или в постоянной его части). *Указание:* Часы и минуты удобнее при этом выражать в долях суток, для чего следует использовать таблицу VII в конце книги.

Периодические переменные звезды в зависимости от вида кривой их блеска и периода делятся на *алголи* (или затменные двойные), *цефеиды* (короткопериодические и долгопериодические с периодом от нескольких часов до нескольких суток) и *долгопериодические* звезды. Причина изменения блеска алголей указана в разделе XXV. Кривая изменения их блеска характеризуется продолжительным периодом постоянной яркости и сравнительно короткими и быстрыми периодами изменения яркости, происходящими во время затмения одной звезды другой. Кривая изменения блеска цефеид характеризуется непрерывным изменением блеска, причем увеличение его обычно происходит быстрее, чем убывание блеска. Их переменность объясняется периодическими пульсациями поверхности (т. е. размеров звезды), сопровождаемыми изменением температуры. Цефеиды обладают замечательным свойством — их абсолютная яркость (или их абсолютная величина) обнаруживает определенную связь с продолжительностью периода изменения блеска.

Эта связь в форме кривой период — абсолютная яркость изображена на рисунке 45.

Кривые изменения блеска долгопериодических звезд напоминают кривые блеска цефеид, но от раза к разу несколько изменяются, и период их больше 90 суток. Причины изменения блеска, повидимому, те же, что у цефеид.

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

*1158. Сравнить три фотографии одной и той же области неба (фиг. VIII а, б и с) и найти по ним переменные звезды.

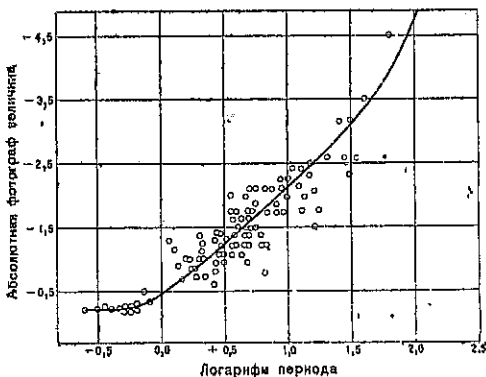


Рис. 45. Кривая период — абсолютная величина цефеид. На оси абсцисс отложены логарифмы периода, выраженного в сутках.

1159. Переменная звезда Удивительная Кита (Mira Ceti) в максимуме яркости достигает 2,5 величины, в минимуме 9,2 величины. Во сколько раз она ярче в максимуме, чем в минимуме?

1160. Во сколько раз переменная звезда слабее в минимуме блеска, чем в максимуме, если в максимуме она бывает 9,5 зв. величины, а в минимуме 12,5 зв. величины.

1161. Максимум звезды χ Лебедя был в 1937 г. 20 мая, период ее 405,6 суток. Когда должен быть ее максимум в 1938, в 1939 и в 1940 гг?

Указание: Для вычислений удобно, использовать юлианские дни.

1162. В 1938 г. один из минимумов Алголя приходится на 3 января в 13^ч 55^м мирового времени. Исходя из продолжительности периода

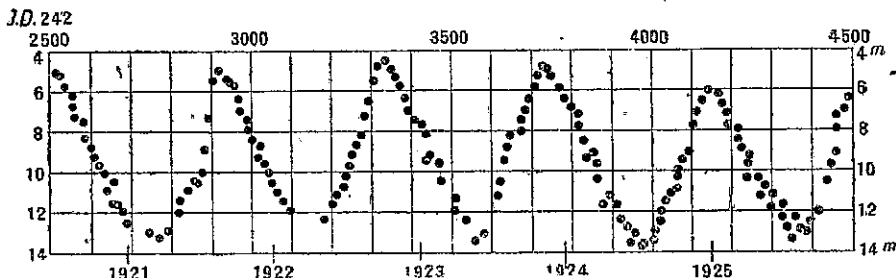


Рис. 46. Кривая изменения блеска χ Лебедя. Числа наверху — юлианские дни, внизу — годы.

Алголя, равного 2,8673 суток, вычислить момент ближайшего минимума в текущем году и месяце. **Указание:** Для этого удобно использовать таблицу для превращения долей суток в часы и минуты.

*1163. Во сколько раз изменяется радиус цефеиды, если амплитуда изменения ее блеска равна 1,5 зв. величины, а яркость единицы поверхности остается постоянной?

1164. Определить средний период и амплитуду изменения блеска χ Лебеда по рисунку 46.

1165. Превратить звездные величины χ Лебеда (рис. 46) в блеск и начертить соответствующую кривую его изменения, сравнив ее с кривой в звездных величинах.

1166. Определить период изменения блеска затменно-двойной звезды (типа Алголя) RV Змееносца, если по наблюдениям некоторые из минимумов наблюдались в следующие моменты, выраженные в юлианских днях:

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

Период определить с точностью до пятого знака после запятой. (Рес-селл)

*1167. Построить кривую блеска переменной звезды, если для определенных моментов времени, отсчитываемых в сутках от произвольного начала, даны соответствующие яркости в звездных величинах:

0 ^h ,01	7 ^m ,36	0 ^h ,21	7 ^m ,60	0 ^h ,53	7 ^m ,72
0,08	7,28	0,26	7,68	0,55	7,64
0,06	7,28	0,34	7,74	0,56	7,49
0,09	7,36	0,38	7,76	0,58	7,36
0,12	7,42	0,44	7,77	0,60	7,28
0,17	7,52	0,49	7,78	0,62	7,28

Определить амплитуду и период колебаний блеска. Как называются переменные звезды с кривой изменения яркости такого вида?

*1168. Имеются следующие наблюдения переменной звезды (приводятся юлианские дни и звездные величины):

<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>
2425799,3 6,63	811,3 6,51	820,3 6,57	829,3 6,64	839,3 6,20
800,3 6,64	812,3 6,57	821,3 6,31	830,3 6,75	840,3 6,33
801,3 6,61	813,3 6,57	822,3 6,27	831,3 6,80	841,3 6,33
802,3 6,57	814,3 6,58	823,3 6,31	832,3 6,81	844,3 6,64
803,3 6,53	815,3 6,63	824,3 6,31	834,4 6,71	845,3 6,64
804,3 6,31	816,3 6,71	825,3 6,36	835,4 6,68	846,3 6,69
805,3 6,27	817,3 6,73	826,3 6,40	836,4 6,64	
809,3 6,39	818,3 6,77	827,3 6,49	837,3 6,30	
810,3 6,51	819,3 6,77	828,3 6,57	838,3 6,24	

Нанести их на график. Определить период и амплитуду переменности; указать тип звезды.

*1169. Переменная звезда по наблюдениям в мае 1871 г. имела следующий блеск:

<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>
Мая 4,5 4,00	Мая 14,5 4,13	Мая 21,5 3,72	Мая 25,5 4,16
» 6,5 3,87	» 16,5 3,70	» 22,5 3,84	» 28,5 3,93
» 7,5 3,91	» 17,5 3,90	» 23,5 3,97	» 29,5 4,10
» 13,5 4,05	» 19,5 4,11	» 24,5 4,12	» 31,5 4,08

Нанести эти наблюдения на график и установить, каков, по всей вероятности, тип этой переменной звезды и каковы приблизительно ее период и амплитуда.

*1170. Нижеприведенные наблюдения переменной звезды нанести на график:

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

Что можно сказать об этой переменной звезде?

ВТОРОЙ КОНЦЕНТР.

1171. Почему изменения блеска и других характеристик цефеид нельзя объяснить затмениями?

1172. Пользуясь кривой период—светимость (рис. 45), найденной для цефеид, определить расстояние до цефеиды ζ Близнецов, имеющей период 10 суток и среднюю видимую фотографическую звездную величину 4,8.

1173. Переменная звезда δ Цефея имеет период в 5 дней и среднюю видимую фотографическую звездную величину 4,4. На каком расстоянии от нас в парсеках находится δ Цефея?
Указание: Применить кривую период—светимость (рис. 45).

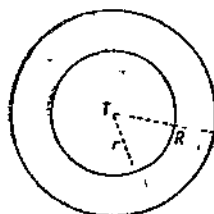


Рис. 47.

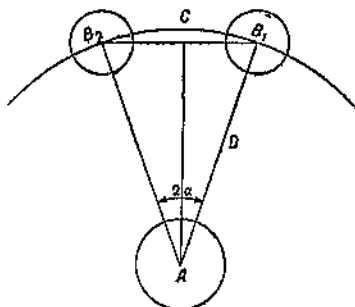


Рис. 48.

*1174. Определить отношение поверхност-

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

*1175. Если амплитуда изменения цефеиды в болометрических звездных величинах равна 2,0 и если ее изменения блеска обусловлены пульсацией, каково изменение ее радиуса? В максимуме блеска температура звезды $T_1=9000^\circ$, а в минимуме $T_2=7000^\circ$.

*1176. Определить отношение радиусов $r:R$ слабой и яркой звезд в системе затменной двойной звезды типа Алголя, если из наблюдений известно, что отношение ее блеска в минимуме к блеску в максимуме равно k . Указания: Воспользоваться рисунком 47, изображающим момент центрального затмения яркой звезды A менее яркой звездой T . Учесть, что блеск звезды при затмении пропорционален незакрытой площади. Спутника считать совершенно темным.

*1177. Определить размеры относительной орбиты темного спутника затменной двойной системы типа Алголя, считая ее круговой и зная отношение радиусов звезд $r:R$, период изменения блеска P и продолжительность его изменения (продолжительность затмения) p . *Указание:* Воспользоваться рисунком 48, на котором A — главная звезда, а B_1 и B_2 — спутник в начале и в конце затмения.

*1178. Пользуясь формулой, данной в ответе к задаче 1176, определить отношение радиуса темного спутника к радиусу главной яркой звезды в системе звезды типа Алголя RZ Кассиопеи, если из наблюдений определена амплитуда изменения его блеска: 6,4—7,7 зв. величины.

*1179. Определить по формулам, данным в ответах к предыдущим задачам, отношение радиусов темного спутника и яркой звезды в системе звезды типа Алголя TW Андромеды, а также радиус орбиты спутника в радиусах главной звезды. Для TW Андромеды из наблюдений известно, что период ее равен 4,1227 дня, продолжительность затмения 8,8 часа, а амплитуда изменения блеска 8,6—11,5 зв. величины.

1180. Изменится ли вид кривой блеска звезды типа Алголя и как, если спутник его не совсем темный, а сам светится в несколько раз слабее, чем главная звезда?

*1181. По кривым затменно-двойных звезд, изображенным на рисунке 49, определить качественно элементы затмения, т. е. его продолжительность, полное затмение, частное или кольцеобразное, составляет ли блеск спутника заметную долю блеска главной звезды, как велики размеры обеих звезд сравнительно с радиусом их относительной орбиты. На какой кривой сказался эффект фазы, т. е. влияние освещения менее яркой звезды более яркой?

*1182. Известно, что плотность яркой звезды в затменно-двойной системе может быть определена даже без знания ее истинных размеров. Теория приводит, например, к приближенной формуле, дающей плотность звезды в долях плотности Солнца:

$$\rho = \frac{1}{74,4 P^3 r^3},$$

в которой P — период обращения в днях, r — радиус яркой звезды в долях радиуса орбиты, известный из фотометрических наблюдений. Оценить по этой формуле плотность звезды RZ Кассиопеи, для которой $r=0,28$ и $P=14,20$.

*1183. Истинный период изменения блеска затменной переменной равен 3 суткам, а лучевая скорость ее равна -30 км/сек. Чему равен наблюдаемый непосредственно период этой звезды? *Указание:* Учесть скорость распространения света (Смарт).

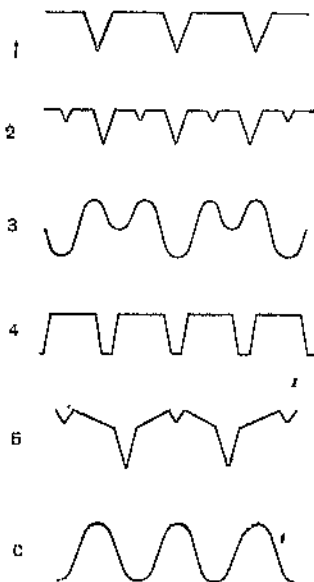


Рис. 49. Кривые изменения блеска алголей.

1184. Переменная звезда имеет эклиптические координаты λ и β . Доказать, что, если T — момент максимума ее блеска для наблюдателя на Земле, а T_0 — момент того же явления для наблюдателя на Солнце, то имеет силу соотношение:

$$T_0 = T - \frac{a}{c} \cos \beta \cos (\lambda - \odot),$$

в котором a — радиус земной орбиты в километрах, c — скорость света в километрах, $\odot$ — долгота Солнца. (Смарт)

1185. „Новая“ звезда в Персее 1901 г. за двое суток разгорелась от 12-й величины до 2-й. Во сколько раз, в среднем, увеличивался ее блеск за сутки?

1186. Новая звезда в созвездии Орла 1918 г. в максимуме яркости имела абсолютную величину $M = -8,8$. Во сколько раз она была ярче Солнца? На каком расстоянии она находилась, если ее видимая величина была $m = -1,1$? С какого расстояния она казалась бы такой же яркой, как полная Луна? *Указание:* Видимая яркость полной Луны равна $-12,5$ зв. величины.

*1187. В созвездии Геркулеса в 1934 г. вспыхнула новая звезда. Ее блеск в течение суток увеличился на 5 звездных величин. Расстояние до звезды, измеренное тотчас после вспышки, оказалось равным 1800 световым годам. Исходя из принципа отсутствия скоростей, больших скорости света, доказать, что упомянутая вспышка не могла быть вызвана внезапным приближением звезды к Земле.

*1188. Можно ли изменением температуры объяснить болометрическую амплитуду изменения блеска новых звезд, равную 13 зв. величинам (хотя это и без того опровергается спектральными данными)? *Указание:* Произвести расчет, принимая температуру поверхности до вспышки, равной $10\,000^\circ$.

XXVII. СТРОЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ.

Вся совокупность звезд, видимых в телескопы и на фотографиях, образует единую систему, называемую *Галактикой*. По своей форме Галактика напоминает линзу, заполненную звездами, число которых увеличивается по направлению к плоскости симметрии этой фигуры и к центру системы. Солнечная система находится почти в плоскости симметрии этой системы и довольно далеко от ее центра. Поэтому, глядя вдоль плоскости симметрии по любому направлению, наш взор пронизывает наибольшее протяжение звездной системы, и в этих направлениях мы видим больше всего звезд. Далекие звезды, кажущиеся по этой причине слабыми, сливаются в сплошное сияние и образуют на небе в виде кольца полосу *Млечного Пути*. Число звезд, видимых на небесной сфере, быстро возрастает с приближением к средней линии Млечного Пути, и тем быстрее, чем видимый блеск этих звезд слабее.

Звездная система Галактики окружена *шарообразными скоплениями звезд*, а дальше на огромных расстояниях рассеяны *внегалактические туманности*, из которых большинство имеет спиральное строение и которые все являются гигантскими звездными системами, по размерам и форме напоминающими Галактику.

Расстояние до крайне удаленных от нас шаровых звездных скоплений и внегалактических туманностей точнее всего определяется в тех случаях, когда в этих звездных скоплениях видны переменные звезды — цефеиды, абсолютные величины которых зависят хорошо известным образом от периодов изменения их блеска (см. рис. 45). Период и видимая звездная величина цефеиды находятся из наблюдений, и тогда параллакс цефеиды π определяется по формуле:

$$\lg \pi = -1^{\text{м}} - 0,2(m - M).$$

Так как размер звездной системы, содержащей цефеиду, мал сравнительно с ее расстоянием до нас, то найденный параллакс практически равен параллаксу этой звездной системы в целом.

Пространство между звездами внутри Галактики, преимущественно вблизи плоскости ее симметрии, заполнено крайне разреженной средой (*космической пылью*). Когда луч света проходит большую толщу этой среды, он поглощается, так что, вообще говоря, чем дальше от нас находится какая-нибудь звезда, тем ее блеск слабее в сравнении с тем, каким бы он был в случае совершенно прозрачного пространства.

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

1189. Планетарная туманность в созвездии Лирь имеет угловой диаметр 83" и находится от нас на расстоянии в 660 парсеков. Каковы ее линейные размеры в астрономических единицах?

1190. Астроном Бааде установил, что в шаровом звездном скоплении NGC 5694 видимые звездные величины звезд на 18 величин больше их абсолютных величин. Каково расстояние до этого звездного скопления?

1191. Угловой диаметр шарового звездного скопления NGC 5694 равен 3', а расстояние до него равно 40 000 парсеков. Каков линейный диаметр скопления?

1192. Видимая яркость цефеиды в звездном скоплении созвездия Геркулеса равна $m = 15,1$. По длине ее периода известно, что ее абсолютная величина $M = 0,0$. Определить расстояние до скопления в Геркулесе.

1193. Звездное скопление в Геркулесе отдалено от нас на 10,5 тыс. парсеков, его угловой диаметр равен 12' и общая яркость равна 5,9 зв. величины. Вычислить действительный диаметр скопления и его абсолютную звездную величину.

1194. Пользуясь кривой период—светимость для цефеид (см. рис. 45), определить расстояние в световых годах и линейный диаметр спиральной туманности в созвездии Треугольника, если ее угловой диаметр равен 1°, а период наблюдающихся в ней цефеид составляет 13 дней при видимой звездной величине 19,6.

1195. Средняя видимая фотографическая звездная величина короткопериодических цефеид (со средним периодом 0^д,54), находящихся в шаровом звездном скоплении Мессье 3, равна 15,50. Пользуясь кривой период—светимость (рис. 45), определить расстояние до этого шарового скопления.

*1196. На рисунке 50 изображена часть звездного неба по звездному атласу проф. А. А. Михайлова, содержащему звезды до 7^{1/2} — 8 зв.

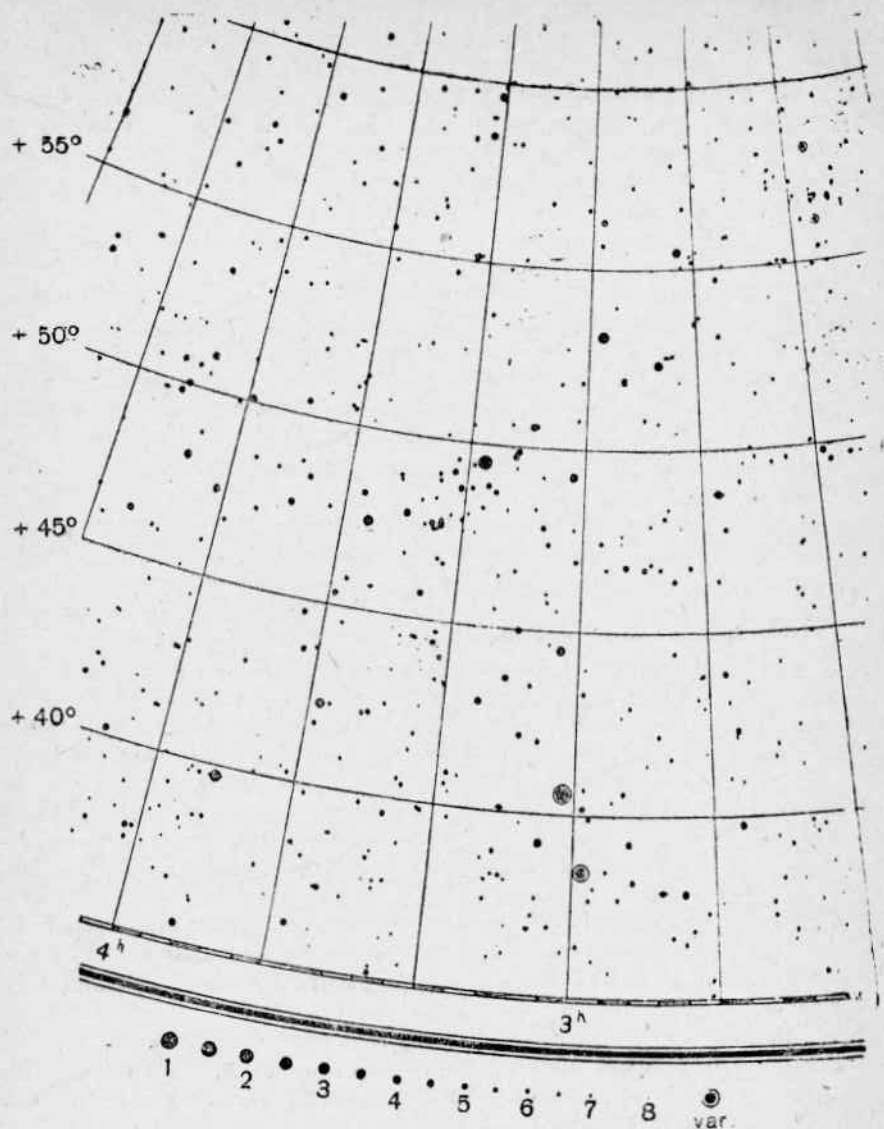


Рис. 50. Карта звездного неба в области созвездия Персея.

величины. Подсчитать число звезд между 40° и 50° склонения и между кругами прямого восхождения $3^h 0^m$ и $3^h 40^m$ (через этот участок проходит Млечный Путь). Подсчитать число звезд в участке между теми же пределами склонения, но между кругами прямого восхождения $3^h 40^m$ и $4^h 20^m$ (эта область лежит уже вне полосы Млечного Пути). Сравнить полученные числа друг с другом.

***1197.** Пользуясь картой звездного неба (рис. 50), определить, приблизительно, путем подсчета число звезд ярче 4-й, ярче 6-й и ярче 8-й

величины на данной площади неба такого же размера, как и в предыдущей задаче, и определить отношение полученных смежных чисел друг к другу.

*1198. Кант говорил, что „возникновение и образование миров началось впервые у центра вселенной“. Ошибочно ли это выражение? Почему? (Набоков и Воронцов-Вельяминов).

ВТОРОЙ КОНЦЕНТР.

*1199. По какому закону должно изменяться число звезд внутри сферы, описанной около Солнца, если окружающие его звезды расположены внутри плоскопараллельного слоя?

1200. Вычислить, во сколько раз число звезд ярче m -й видимой величины должно быть меньше числа звезд до $(m+2)$ -й величины, предполагая распределение звезд в пространстве равномерным, а истинную яркость всех звезд одинаковой.

*1201. Две новые звезды, одна очень яркая, другая очень слабая, находились на одном и том же видимом угловом расстоянии от средней линии Млечного Пути (т. е. обладали одной и той же галактической широтой). Одинаково ли эти звезды отстоят линейно от плоскости Млечного Пути. *Указание:* Абсолютная величина всех новых звезд в максимуме почти одинакова.

1202. Начертить диаграмму и показать, что то обстоятельство, что средняя линия Млечного Пути несколько отклоняется от большого круга, — являясь малым кругом, проходящим на небольшом расстоянии от большого круга, — свидетельствует о том, что солнечная система не находится в галактической плоскости (плоскости симметрии звездной системы Млечного Пути).

*1203. В самых грубых чертах звездная система Млечного Пути представляет собой чечевицеобразное пространство, заполненное звездами. Как скажется на виде Млечного Пути нахождение Солнца в плоскости его симметрии, но очень далеко от его центра? Как скажется на видимой нами форме Млечного Пути нахождение Солнца далеко вне плоскости его симметрии? *Указание:* Поглощением света в пространстве пренебречь.

*1204. Предполагаемый период обращения Солнца около центра Галактики составляет 224 000 000 лет со скоростью в 275 км/сек. Каково расстояние Солнца от центра Галактики?

*1205. Влияние вращения звезд около центра Галактики на их лучевые скорости выражается приближенной формулой:

$$\Delta V_r = Ar \sin 2(l - l_0),$$

где l есть галактическая долгота звезды, $l_0 = 325^\circ$ есть галактическая долгота направления к центру Галактики, а r — расстояние звезды в парсеках. Постоянная $A = 0,013$ км/сек на парсек. Для группы звезд, находящихся на небольшом участке неба с галактической долготой $l = 345^\circ$, средняя лучевая скорость, исправленная за все известные эффекты, оказалась равной 30 км/сек; для нее $l = 345^\circ$. Каково ее расстояние от Солнца, если указанная остаточная скорость целиком вызвана ее галактическим вращением?

1206. Доказать, что поглощательная способность данной массы пыли обратно пропорциональна радиусу частичек, на которые она разделена. (Мультон)

*1207. По „методу цефеид“ было определено расстояние до ряда спиральных туманностей. Позднее выяснилось, что межзвездное пространство несколько поглощает свет, идущий через него. Как должно было повлиять это открытие на вычисляемые диаметры спиральных туманностей?

*1208. Если допустить, что линейные диаметры и истинные абсолютные суммарные яркости всех шаровых звездных скоплений одинаковы, то какой формулой должны быть связаны их видимые суммарные звездные величины m и видимые угловые диаметры d , учитывая, что расстояния до скоплений различны?

*1209. Как изменится зависимость между угловыми диаметрами и суммарными видимыми звездными величинами шаровых звездных скоплений (см. предыдущую задачу), если в межзвездном пространстве существует заметное поглощение света?

*1210. В спиральной туманности, отстоящей от нас на 7,5 млн. световых лет, обнаружены две цефеиды, имеющие одинаковый период, но одна из них находится на ближайшем к нам краю туманности, другая же на 20 000 световых лет дальше. Каково различие видимых величин этих звезд, если считать абсолютные величины строго одинаковыми?

1211. Если средняя абсолютная фотографическая величина внегалактических туманностей равна —13,8, а предельная фотографическая видимая звездная величина их для $2\frac{1}{2}$ -метрового рефлектора обсерватории Маунт Вилсон равна 20,2, то какова в световых годах проникающая сила этого телескопа? (Фэз)

*1212. Какая форма из известных в математике спиральных кривых ближе всего подходит к форме спиральной туманности в созвездии Гончих Псов (см. фиг. I перед текстом). Указание: Проверить это путем измерения ветвей туманности в полярных координатах (r и ϕ).

*1213. Смещение линий к красному концу спектра у спиральных туманностей возрастает с их расстоянием от Солнца. Если это смещение выражать по принципу Доплера в километрах в секунду, то из наблюдений найдены, например, следующие данные:

Туманности	Расстояние в 10^6 световых лет	Скорость в км/сек
в Деве	6	890
в Пегасе	23,6	3 810
в Персее	36	5 200
в Большой Медведице	72	11 800
в Льве	105	19 600
в Близнецах	135	23 500

Нанести эти данные на график и установить закон изменения скорости с расстоянием до туманности, выраженным в парсеках:

*1214. Некоторые буржуазные ученые допускают, что существуют крайне далекие внегалактические туманности, удаляющиеся от нас со скоростью света. Если бы это могло быть в действительности, то что можно было бы сказать о виде этих туманностей?

XXVIII. СМЕШАННЫЙ ОТДЕЛ.

В настоящем разделе приведены задачи по преимуществу комплексного характера, требующие одновременного применения различных астрономических сведений. Сюда вошли также несколько интересных задач, не нашедших себе места в предыдущих разделах.

ПЕРВЫЙ КОНЦЕНТР.

1215. Китайская задача. „Когда вечером хвост Большой Медведицы обращен к востоку“, — писал китайский мудрец Го-Коан-Тсе в IV в. н. э., — „то светит весна; когда он обращен на полдень — стоит лето; когда направлен к западу — бывает осень, а когда смотрит на север, то стоит зима“. Справедливо ли это, например, для СССР? (Каменьщиков)

1216. Задача Вергилия. Вергилий, поэт I в. до н. э., говорит, что пахать землю надо в ту пору, когда блесит на небе Арктур: „... когда же не будет плодородна, под самым Арктуrom довольно вспахать ее будет легонько“. Когда это бывает? (Каменьщиков)

1217. Озирис-Сагу. В священных египетских книгах созвездие Орiona называется „Озирис-Сагу“ — „владыка всех небесных движущихся“. По преданию „Озирис-Сагу“ открыл источник Нила и указал путь Солнцу. Когда Орион восходит вместе с Солнцем? (Каменьщиков)

1218. Сириуса у нас колхозники иногда называют „зорицей“. „Зорница хлеб зорит: когда хлебу зреть, так она и войдет“. Когда Сириус начинает восходить перед восходом Солнца? (Каменьщиков)

1219. Встреча Вл. Г. Короленко с бродягой Богылем. В повести „Соколинец“ Вл. Г. Короленко пишет: „Мы оба вышли на двор. Мороз сдался, туман рассеялся. Бродяга посмотрел на небо. „Стожары-то высоко поднялись, — сказал он. — За полночь зашло“¹⁾.

Спрашивается, когда это было, — по крайней мере в каком месяце? Стожарами называют Плеяды. (Каменьщиков)

1220. Охота Облонского и Левина. „Стало темнеть. Ясная, серебряная Венера, низко на западе уже сияла из-за березок своим нежным блеском, и высоко на востоке уже переливался своими красными огнями мрачный Арктурус. Над головой у себя Левин ловил и терял звезды Медведицы“²⁾.

Эти строки относятся к описанию охоты Облонского и Левина. На основании данной Л. Н. Толстым картины неба определить, в какое время года и в каком месяце происходила эта охота? (Каменьщиков)

1221. Путешествие „Наутилуса“. „Когда „Наутилус“ еще был на Южном полюсе, созвездия блистали с удивительной ясностью. В зените сиял чудный Южный Крест — полярная звезда антарктических стран“³⁾.

- 1) Может ли на Южном полюсе в зените стоять Южный Крест?
- 2) Есть ли он „полярная звезда антарктических стран“?
- 3) Если нет, то на какой широте стоял „Наутилус“? (Каменьщиков)

¹⁾ Вл. Г. Короленко, Соколинец, гл. VI.

²⁾ Л. Н. Толстой, Анна Каренина, ч. 2, гл. XV.

³⁾ Жюль Верн, 80 000 верст под водой.

1222. Плавание Одиссея. В описании плавания Одиссея от нимфы Калипсо к острову Схерия говорится:

„Радостно парус натяг Одиссей и, попутному ветру
Вверившись, поплыл. Сидя на корме и могучей рукою
Руль обращая, он бодрствовал; сон на его не спускался
Очи, и их не сводил он с Плеяд, с нисходящего поздно
В море Воота¹⁾, с Медведицы, в людях еще Колесницы
Имя носящей, и близ Ориона свершающей вечно
Круг свой, себя никогда не купае в водах Океана.
С нею богиня богинь повелела ему неусыпно
Путь соглашать свой, ее оставляя по левую руку“²⁾...

Определить из этого описания звездного неба, в какое время года по какому направлению и в каком месяце совершал Одиссей этот свой путь. (Каменьщиков)

ВТОРОЙ КОНЦЕНТР.

*1223. В газете „Известия ЦИК и ВЦИК“ Е. К. Федоров, астроном пловучей научной станции „Северный полюс“, писал 4 мая 1937 г.; „Определять координаты лагеря мы будем, главным образом, астрономическим путем... Следует отметить, что астрономическое определение днем, при Солнце, возможно лишь с точностью примерно до 0,5 км. Ночью, при звездах, определение будет более точным, допускающим ошибку лишь на 200—300 м“.

Объяснить, почему ночные наблюдения дают более точные результаты, чем дневные. С какой точностью Е. К. Федоров определял на пловучей льдине на широте $+89^\circ$ зенитное расстояние Солнца и местное время? Какова будет ошибка в километрах по долготе в определении местоположения корабля, плывущего вдоль экватора, если штурман будет определять местное время с такой же точностью, как Е. К. Федоров определял его во время дрейфа?

*1224. В газете „Красная Звезда“ от 23 мая 1937 г. флагманский штурман советской экспедиции на Северный полюс И. Т. Спириин писал об арктических полетах: „Большое значение в таком перелете играет астрономия... Если сейчас определение и расчет позиционной линии по Солнцу занимает 8—10 минут, то у меня он занимает в полете не больше одной минуты... Примерно за 84 параллелью высота Солнца равна его склонению, а часовой угол Солнца равен его азимуту. На этом основании составлены специальные таблицы, в значительной мере упрощающие вычисления“.

Объяснить, как и почему условия видимости Солнца в полярном районе таковы, как пишет И. Т. Спириин. Почему указанные обстоятельства облегчают вычисление данных, нужных для установления курса самолета и его координат?

*1225. Самым северным участком суши, находящимся в пределах советского сектора Арктики, является остров Рудольфа, расположенный между $81^\circ 41'$ и $81^\circ 50'$ северной широты и $57^\circ 50'$ и $59^\circ 0'$ восточной

¹⁾ Воот — созвездие Волопаса или иначе Боотеса.

²⁾ Гомер, Одиссея, перевод Жуковского, песнь X, стихи 269—277.

долготы. Форма его почти квадратная. Какова площадь этого острова? Когда там восходит перед полярным днем Солнце и когда оно заходит перед полярной ночью? Сколько километров от этого острова до Северного полюса? В котором часу по местному времени зимовщики острова слышат цо радио бой часов Кремлевской башни. Сколько времени подряд планета Сатурн там может быть невидима?

*1226. Советские летчики М. М. Громов, А. Б. Юмашев и С. А. Данилин вылетели из Москвы в беспосадочный полет в Северную Америку в $3^{\text{ч}} 31^{\text{м}} 12$ июля 1937 г. (по гражданскому времени, принятому в Москве). В Сан-Джасинто, в Калифорнии, они опустились через $62^{\circ} 17'$ после старта. Географические координаты Сан-Джасинто $\varphi = 33^{\circ}$, $\lambda = 120^{\circ}$ к западу от Гринича. В котором часу местного времени и какого числа месяца (по местному счету в Сан-Джасинто) советские летчики коснулись американской земли? Каково было в этот момент положение Солнца относительно горизонта Сан-Джасинто?

1227. Измеренная на корабле полуденная высота нижнего края Солнца была $62^{\circ} 24' 45''$, склонение центра Солнца равнялось $20^{\circ} 55' 10''$, а его полудиамер $15' 47''$. При данной высоте суточный параллакс Солнца составлял $5''$, рефракция соответствовала нормальной табличной (давление 760 мм, температура 10°C). Наблюдатель находился на высоте 4,95 м над уровнем моря. Определить географическую широту местонахождения корабля. (Ресселл)

1228. Найти широту места, зная, что нижний край Луны на меридиане имел высоту $49^{\circ} 37'$ (Луна находилась к югу от зенита), склонение Луны было $+3^{\circ} 13'$, ее полудиамер $15', 0$, а ее горизонтальный параллакс $55', 2$. Высота глаза наблюдателя над уровнем моря была 12 м. (Ресселл)

1229. Доказать помощью сомнеровых линий, что значительная ошибка в широте, определенной „счислением“, не влияет на долготу, вычисляемую по наблюдениям Солнца в первом вертикале. (Ресселл)

*1230. 10 января 1919 г. высота Луны была измерена секстаном с самолета в $8^{\text{ч}} 37^{\text{м}} 33^{\text{с}}$ гриничского времени и найдена равной $38^{\circ} 55'$; а высота Солнца в $8^{\text{ч}} 43^{\text{м}} 58^{\text{с}}$ оказалась $12^{\circ} 59'$. Наблюдения эти уже исправлены за рефракцию и за инструментальные ошибки. Известно, что в это время самолет имел координаты $\varphi = 37^{\circ} 4'$, $\lambda = 76^{\circ} 24' \text{W}$. Высота Солнца, вычисленная для момента наблюдения, была $12^{\circ} 55'$, азимут $S 39^{\circ} \text{W}$, тогда как для Луны те же вычисленные величины были $39^{\circ} 4'$ и $S 81^{\circ} \text{E}$ (влияние параллакса учтено). Провести сомнеровы линии и найти ошибку в определении положения самолета из наблюдений. (Ресселл)

1231. В самый длинный день Солнце достигает в Днепропетровске высоты $\alpha = 65^{\circ}$. Какую в это время имеет длину тень человека ростом в 1,80 м.

1232. Телеграфный столб освещен Солнцем. Высота столба $h = 9$ м. Крайние верхние лучи, касательные к вершине столба, встречают горизонтальную плоскость под углом $\beta = 42^{\circ} 17'$. Какова длина полутени столба, если видимый диаметр Солнца $\alpha = 32'$? (Малер)

1233. Широта Страсбурга $\varphi = 48^{\circ} 35'$. Определить длину тени, бросаемой башней 13 июня в $4^{\text{ч}} 20^{\text{м}}$ пополудни, если высота башни $h = 142$ м, а склонение Солнца в этот момент $\delta = +23^{\circ} 13'$. (Кранц)

1234. Прямая стена высотой h метров тянется по направлению θ (угол θ считается от юга к западу). Доказать, что в дни равноденствий стена не отбрасывает тени, когда часовой угол Солнца t определяется формулой $\operatorname{tg} t = \sin \varphi \operatorname{tg} \theta$, и показать, что в истинный полдень ширина тени равна $h \operatorname{tg} \varphi \sin \theta$. (Смарт)

1235. Через сколько времени после своей верхней кульминации находится Солнце в Вене ($\varphi = 48^\circ 12'$) во время самого длинного дня ($\delta = 23^\circ 30'$) прямо на западе? На какой высоте находится Солнце в этот момент? Сколько часов остается еще до захода Солнца? (Кранц)

1236. 23 января 1931 г. в $8^h 0^m$ среднего солнечного времени в прорыв облаков измерены горизонтальные координаты яркой звезды $h = 47^\circ 55', 0$, $A = -77^\circ 16', 7$. Координаты наблюдателя были $\varphi = 55^\circ 45', 3$, $\lambda = 2^\circ 30' 17''$. Звездное время в среднюю местную полночь было равно $8^h 5^m 4^s$. Отождествить звезду, т. е. сказать, какая это была звезда, как она называется?

*1237. Определить долготу перигелия Земли, зная по астрономическому календарю, что в 1937 г. Земля находилась в перигелии 1 января в $1^h 14^m$ мирового времени (счет от полуночи) и что в 0^h мирового времени имели место следующие величины:

Дата	Звездное время	Уравнение времени	Склонение Солнца
1 января	$6^h 40^m 54^s, 4$	$+ 3^m 20^s, 8$	$- 23^\circ 3' 27''$
2 января	$44 50, 9$	$3 49, 1$	$22 58 33$
3 января	$48 47, 5$	$4 17, 2$	$22 53 11$

Полученный ответ сравнить с табличным значением $101^\circ 44' 12''$ (для равноденствия 1930,0).

1238. Как велик центральный угол α шарового сегмента земной поверхности, освещаемого Луной в полнолунии? *Указание:* Положить радиус Земли равным r , радиус Луны равным $0,273 r$, а взаимное расстояние Земли и Луны l равным $60 r$. (Малер)

*1239. Перечислить все известные явления, влияющие на определение координат звезд из наблюдений и подлежащие учету, когда желают выяснить истинное движение звезд в пространстве, для чего сравнивают координаты звезды, определенные в моменты времени, разделенные промежутком не меньше десятилетия. *Указание:* Инструментальных ошибок во внимание не принимать.

1240. В котором часу (приблизительно) проходит через верхнюю кульминацию Капелла ($\alpha = 5^h 10^m$) 1 февраля в Москве: а) по местному времени? б) по времени III пояса? в) во Владивостоке по времени IX пояса? *Указание:* Долгота Москвы $2^\circ 30'$, Владивостока $8^\circ 47'$ к востоку от Гринича.

1241. Проинтерполировать звездное время в полночь в Казани 19 июня 1931 г. ($\lambda = 3^\circ 16' 29,03 E$) по таблице II.

1242. Проинтерполировать звездное время в среднюю полночь в Вашингтоне 23 июля 1931 г. ($\lambda = 5^\circ 8' 15,78 W$) по таблице II.

1243. Найти звездное время в $20^h 30^m 46,80$ среднего московского времени 17 июля 1931 г. по таблице I ($\lambda = 2^\circ 30' 39,60 E$).

1244. Найти звездное время в Ташкенте 18 июня 1931 г. по таблице II в $7^h 40^m 33,5$ поясного времени. *Указание:* Ташкент находится в V поясе.

1245. Определить точно по среднему пулковскому времени момент верхней кульминации звезды Денеб ($\alpha = 20^{\text{h}} 39^{\text{m}} 6^{\text{s}},7$) 1 октября, если звездное время в среднюю гриничскую полночь $0^{\text{h}} 35^{\text{m}} 3^{\text{s}},4$. Указание: Долгота Пулкова $2^{\text{h}} 1^{\text{m}} 18^{\text{s}},6$.

1246. Определить точно по среднему московскому времени момент верхней кульминации звезды Арктур ($\alpha = 14^{\text{h}} 12^{\text{m}} 31^{\text{s}},4$) 10 февраля, если звездное время в среднюю гриничскую полночь 10 февраля $9^{\text{h}} 16^{\text{m}} 25^{\text{s}},9$. Указание: Долгота Москвы $2^{\text{h}} 30^{\text{m}} 17^{\text{s}},6$.



ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ.

К разделу I: ИНТЕРПОЛИРОВАНИЕ.

I.

1. В данном случае изменение уравнения времени за час в соседние дни почти одинаково, и достаточно к уравнению времени в полночь прибавить его часовое изменение, умноженное на 6, т. е. $1^m 4^s, 06 + (0^s, 546) \times 6 = 1^m 7^s, 34$.

$$\begin{array}{llll} 2. h=18 & v_0=-6'',80 & \frac{h}{48} D_1=-0'',38 & E_0=+23^\circ 18' 1'',6 \\ & & & h v = -2' 9'',2 \\ \frac{h}{48}=0,37 & \frac{v_1}{D_1}=\frac{-7,82}{-1'',02} & v=-7'',18 & E=+23^\circ 17' 52'',4 \end{array}$$

3. $6^h 59^m 27^s,58$. 4. $7^h 25^m 18^s,60$. 5. $+20^\circ 56' 51'',1$. 6. $+3^m 37^s,43$. 7. Находим прецессию для $\alpha=1^h, 8$ и $\delta=60^\circ + 4^s,1$ и для $\alpha=1^h, 8$ и $\delta=70^\circ + 4^s,7$. (Разностями выше первой в данном случае вполне можно пренебречь.) Между ними интерполируем для $\delta=63^\circ$ и находим $+4^s,3$. (Если бы в таблице был столбец для $\delta=80^\circ$, следовало бы посмотреть, как велика вторая разность по горизонтальному направлению.) 8. $+4^s,4$; $+4''$. 9. $+1^s,0$; $-0'',5$. 10. $+4^s,1$; $-6''$.

К разделу II: НЕБЕСНАЯ СФЕРА.

I.

11. 1,9 м. 12. 3 км. 18. В 8 часов вечера. 22. $34^\circ 15'$ 23. 53° . 24. $35^\circ, 42^\circ, 78^\circ, 50^\circ$. 26. Либо наблюдатель находится на одном из полюсов Земли, либо светило находится в одном из полюсов мира. 27. Эклиптика, первый вертикал, колюры равноденствий и солнцестояний. 28. Как большой круг, наклоненный к горизонту под углом $23^\circ 27'$. 29. $(90^\circ - 40^\circ 43') \pm 23^\circ 27'$. Наибольший угол $72^\circ 44'$, наименьший $25^\circ 50'$. 30. На полярных кругах, на северном — в момент восхода точки весеннего равноденствия, на южном — в момент ее захода. 31. См. ответ к предыдущей задаче. 32. $84\frac{1}{2}^\circ$. 33. $11\frac{1}{2}^\circ$; $58\frac{1}{2}^\circ$; 0° ; 47° . 34. $\sqrt{r_1^2 + r_2^2} - 2r_1 r_2 \cos \theta$.

К разделу III: СИСТЕМЫ НЕБЕСНЫХ КООРДИНАТ.

35. Южный полюс мира. 36. $88^\circ 55'$. 37. 180° ; 0° ; 270° ; 90° . 38. -42° . 39. $A = 180^\circ$, $h = 23^\circ 27'$. 40. 0^h ; неопределенный. 41. 6^h ; 18^h или -6^h . 42. $\alpha = \delta = 0$. 43. Для точки весеннего равноденствия. Для нее $\lambda = \beta = 0$. 44. $+66\frac{1}{2}^\circ$; 90° . 45. $18^h 0^m$; $+66\frac{1}{2}^\circ$. 46. $\beta = 90^\circ$, λ — неопределенная. 47. 45° . 48. В созвездии Близнецов. 49. Потому что этот счет соответствует суточному вращению небесной сферы. 51. Потому что в этом случае моменты кульминации звезд расположены в порядке прямых восхождений. 52. Для первой $18^h 57^m 1^s,13$. 53. Для первой $49^\circ 17' 15''$. 54. 5° . 55. На юго-запад. 56. В восточной части. 57. 6^h . 58. $2^h 39^m$. 59. $\alpha - 12^h < s < \alpha$. 60. $t = 6^h 44^m$. 61. $s = 3^h 24^m$. 62. $14^h 36^m 38^s$. 63. Низко на юге в обоих случаях. 64. В зените. 65. В западной ($5^h 26^m$) и в восточной ($18^h 50^m$); в восточной ($17^h 26^m$) и в западной ($6^h 50^m$). 66. $1^h 24^m$. 67. $13^h 24^m$; $1^h 24^m$. 68. 0° . 69. Для наблюдателя, находящегося на земном экваторе и наблюдающего экваториальную звезду. 70. На северном полярном круге в момент восхода точки весеннего равноденствия. 71. Колюр солнцестояний (кроме дуг от полюсов эклиптики до ближайших к ним полюсов мира). 72. Большой круг.

проходящий посредине между экватором и эклипкой. 73. Равноденственные точки. 74. $\delta = 28^\circ$; $\alpha = 12^\circ 40'$. 75. Кульминирующие к северу от зенита (нисходящие южнее точки востока, если не считать пересечения с первым вертикалом, происходящего под горизонтом).

II.

76. $83^\circ 46' 32''$, $57^\circ 40' 45''$ и $72^\circ 49' 50''$.

77. $\cos i = \sin \delta_1 \sin \delta_2 + \cos \delta_1 \cos \delta_2 \cos (\alpha_2 - \alpha_1)$.

78. $i = 5^\circ 23'$. Так как $\alpha_2 - \alpha_1$ мало, то с точностью до $1'$ можно считать ее равной нулю. 79. Длина пути $71^\circ 18' 10''$, углы $40^\circ 13' 48''$ и $69^\circ 14' 45''$.

80. $\sin \delta = \sin \varphi \cos z - \cos \varphi \sin z \cos A$,

$\cos \delta \cos i = \cos \varphi \cos z + \sin \varphi \sin z \cos A$,

$\cos \delta \sin i = \sin z \sin A$.

После приведения к логарифмическому виду:

$\cos \delta \sin i = \sin z \sin A$, $\cos \delta \cos i = n \cos (\varphi - N)$, $\sin \delta = n \sin (\varphi - N)$,

где $n \sin N = \sin z \cos A$ и $n \cos N = \cos z$ ($n > 0$).

81. $\cos \beta \cos \lambda = \cos \delta \cos \alpha$,

$\cos \beta \sin \lambda = \sin \epsilon \sin \delta + \cos \epsilon \cos \delta \sin \alpha$,

$\sin \beta = \cos \epsilon \sin \delta - \sin \epsilon \cos \delta \sin \alpha$.

Для Солнца $\cos \lambda = \cos \delta \cos \alpha$.

82. $\cos \delta \cos \alpha = \cos \lambda$, $\cos \delta \sin \alpha = \sin \lambda \cos \epsilon$, $\sin \delta = \sin \lambda \sin \epsilon$.

83. $\cos \beta \cos \lambda = \cos \delta \cos \alpha$, $\cos \beta \sin \lambda = n \cos (N - \epsilon)$, $\sin \beta = n \sin (N - \epsilon)$,

где $n \sin N = \sin \delta$ и $n \cos N = \cos \delta \sin \alpha$ ($n > 0$).

84. $\cos \delta' \cos (\alpha' - \delta') = \cos \delta \cos (\alpha - 0)$,

$\cos \delta' \sin (\alpha' - 0') = \sin \delta \sin i + \cos \delta \cos i \sin (\alpha - 0)$,

$\sin \delta' = \sin \delta \cos i - \cos \delta \sin i \sin (\alpha - 0)$.

86. $A = 279^\circ 33'$; $z = 68^\circ 36'$. 87. $A = -77^\circ 18', 7$; $h = 47^\circ 55', 0$. 88. $z = 32^\circ 45', 0$;

$A = 343^\circ 42', 9$. 89. $\alpha = 14^\circ 11' 35''$; $\delta = +19^\circ 38', 7$. 90. $\lambda = 85^\circ 45', 0$; $\beta = +45^\circ 7', 8$.

91. $\lambda = 87^\circ 10'$; $\beta = -16^\circ 2'$. 92. $\lambda = 359^\circ 17' 44''$; $\beta = -17^\circ 35' 37''$. 93. По формуле

предыдущей задачи $\delta = +17^\circ 11', 5$. 94. $\alpha = 4^\circ 38', 5$; $\delta = +22^\circ 8', 0$. 95. $\alpha = 41^\circ 1'$;

$\delta = +15^\circ 9'$; $\alpha = 145^\circ 9'$; $\delta = +13^\circ 7'$. 96. $281^\circ 3'$; $102^\circ 7'$. 97. $\delta = 15^\circ 20', 3$; $A = 70^\circ 37', 5$.

98. $4^\circ 10', 2$.

99. $\sin z \sin p = \cos \varphi \sin (s - \alpha)$,

$\sin z \cos p = m \sin (M - \delta)$,

$\cos z = m \cos (M - \delta)$,

где $m \sin M = \sin \varphi$ и $m \cos M = \cos \varphi \cos (s - \alpha)$ ($m > 0$).

100. Угол x между плоскостью горизонта и плоскостью эклиптики равен углу между зенитом и полюсом эклиптики, а следовательно, в сферическом треугольнике полюс — зенит — полюс эклиптики он измеряется стороной полюс эклиптики — зенит. Другие стороны равны ϵ и $90^\circ - \varphi$, а угол против стороны x равен $90^\circ + s$. Применяя формулу для косинуса стороны, имеем:

$$\cos x = \cos \epsilon \sin \varphi - \sin \epsilon \cos \varphi \sin s.$$

Максимум при $s = 6^\circ$, минимум при $s = 18^\circ$.

101. Указанные формулы являются формулами преобразования пространственных координат в случае, когда ось Ox сохраняет свое направление, а оси Oy и Oz поворачиваются на угол ϵ .

102. Указанные формулы являются формулами преобразования пространственных координат в случае параллельного переноса осей на X_0 , Y_0 , Z_0 . Левые части суть прямоугольные экваториальные геоцентрические координаты.

К разделу IV: КУЛЬМИНАЦИИ СВЕТИЛ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ШИРОТЫ И КООРДИНАТ НЕБЕСНЫХ СВЕТИЛ.

I.

104. 0° , если $\delta < \varphi$, и 180° , если $\delta > \varphi$. 105. У кульминирующих к северу от зенита ($\delta > \varphi$). 107. 47° . 108. Высоты отличаются на 90° ; азимуты или равны или отличаются на 180° , если $-(\varphi + 30^\circ) < \delta < -\varphi$ (этот случай соответствует некоторым невозходящим звездам). 110. $17^\circ 3'$. 111. $14^\circ 3'$; $4^\circ 36'$. 112. Всегда. 113. Не может нигде. 114. $51^\circ 2'$. 115. В Одессе и Тбилиси не всегда. В Москве и Киеве всегда. 116. Нет. 117. Начиная с широты 35° . 118. Нет. 119. 35° . 120. $35^\circ 28'$.

11 Б. А. Воронцов-Вельяминов — 999

121. — $16^{\circ}36'$. 122. $\delta = 90^{\circ} - \varphi$. 123. $\delta = \varphi$. 124. Чтобы $\delta > 90^{\circ} - \varphi$; чтобы $\delta < - (90^{\circ} - \varphi)$. 125. $55^{\circ}45'$, $50^{\circ}27'$, $41^{\circ}43'$. 126. $59^{\circ}57'$; $41^{\circ}18'$; для Ленинграда они незаходящие; для Ташкента они заходят и восходят. 127. До $-30^{\circ}3'$; до $-48^{\circ}42'$. 128. Около 11 июня или около 3 июля. 129. С точностью до $8''$. 130. $30^{\circ}2'$. 131. $44^{\circ}06'$. 132. 60° . 133. Ближе к зениту; там ошибка в учете рефракции меньше и изображение звезды в трубе более спокойное. 134. Палка не стояла отвесно. 135. $24^{\circ}02'$. 136. $40^{\circ}20'$. 137. $+40^{\circ}59'13''$. 138. $+72^{\circ}3'$. 139. Задача имеет два решения: 1) Звезда проходит через верхнюю кульминацию к югу от зенита; тогда имеем два уравнения: $\delta = \varphi - 40^{\circ}$ и $\delta = 110^{\circ} - \varphi$, откуда получаем $\delta = 35^{\circ}$, $\varphi = 75^{\circ}$; 2) Звезда проходит через верхнюю кульминацию к северу от зенита; тогда имеем два уравнения: $\delta = 40^{\circ} + \varphi$ и $\delta = 110^{\circ} - \varphi$, откуда получаем $\delta = 75^{\circ}$, $\varphi = 35^{\circ}$. 140. $\delta = +40^{\circ}$; $\varphi = +50^{\circ}$. 141. $54^{\circ}12'$. 142. На экваторе. 143. $4''$. 144. В $10^h 33^m 48^s$. 145. $8^h 48^m$. 146. Через $5^h 2^m$; через $18^h 58^m$ по звездным часам. 147. Приблизительно в $7^h 20^m$ вечера. 148. В $4^h 52^m$ утра. 149. Около $5^h 28^m$ вечера. 150. Около 8^h вечера. 151. В полночь. 153. Те, у которых прямое восхождение около $18\frac{1}{2}$ часов, например, α и ν Лиры. 155. В январе. 156. 31 декабря, т. е. в момент начала нового года; 1 июля. 157. Около 22 августа. 158. Около 10 часов вечера в верхней кульминации и около 10 часов утра — в нижней. 159. В полночь. 160. Около 22 декабря; $\alpha = 5^h \frac{1}{2}$. 161. $7^h 35^m$, $15^h 45^m$ и $19^h 35^m$, $84^{\circ}15'$. 162. $6^{\circ}12'$; $10^h 59^m 37^s$. 163. $\alpha = 15^h 15^m 10^s$; $\delta = 46^{\circ}35'$. 164. $\alpha = 7^h 35^m 48^s$; $\delta = 12^{\circ}5'$. 165. $\alpha = 0^h 16^m 45^s$; $\delta = -0^{\circ}6'2$. 166. $\alpha = 19^h 13^m 9^s$; $\delta = -18^{\circ}10'18''$.

II.

167. Максимум в восточной и западной части неба (в первом вертикале), минимум — в меридиане. 168. Быстрее всего в меридиане, медленнее всего на востоке и на западе (в первом вертикале). 169. Второе точное. 170. См. ответ на задачи 167—168. 171. Экваториальная звезда (склонение равно нулю), наблюдаемая с экватора Земли. 172. Полагая $t=0$, находим $z = \pm (\varphi - \delta)$. 173. $52^{\circ}30'$. 174. $\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \delta \cdot \frac{\sin t_1 + \sin t_2}{\sin (t_1 + t_2)}$. 175. См. книгу проф. С. А. Казакова „Курс сферической астрономии“, стр. 97, формула (49).

К разделу V: РЕФРАКЦИЯ.

I.

177. На обе, за исключением часового угла и прямого восхождения в кульминациях. 178. На обе, и всегда. 179. $5^{\circ}44'11''$. 180. $+7^{\circ}44'27''$. 181. $83^{\circ}3'34''$. 182. $\varphi = 51^{\circ}32'09''$; $\delta = +74^{\circ}34'41''$. 183. Летом за северным или зимой за южным полярным кругом. Возможная ошибка могла бы достичь 7—8 км. 184. На 5 минут. 185. Можно — благодаря действию атмосферной рефракции. 186. Да, благодаря заметному различию по рефракции нижние и верхние края диска Солнца и Луны кажутся укороченными в вертикальном направлении. 187. Нет, уменьшает. 188. Не меняется. 189. Нет, потому что для них различие в рефракции исчезающе мало.

II.

190. Нет, так как рефракция не меняет азимутов светил. 191. $\delta = +74^{\circ}34'43''$; $\varphi = 40^{\circ}22'10''$. 192. $\alpha = 5^h 14^m 55^s$; $\delta = -9^{\circ}22'7''$. 193. На 3 суток. 194. $z = 53^{\circ}49'43''$, 6.

195. Решение: $z' = z + r$. По закону преломления $\frac{n}{1} = \frac{\sin z'}{\sin z} = \frac{\sin (z + r)}{\sin z}$
или $n \sin z = \sin z \cos r + \cos z \sin r$.

Так как r очень мало, то примем $\cos r = 1$ и $\sin r = r \sin 1''$. Тогда

$$(n-1) \sin z = r \sin 1'' \cos z \text{ и } r = \frac{n-1}{\sin 1''} \operatorname{tg} z = 58''{,}3 \operatorname{tg} z.$$

I.

197. Примерно за 12 часов. 198. 90° и 0° ; 270° и 0° . 199. 180° , 188° , 280° . 201. 0° и 0° ; 12° и 0° . 202. 6° , $+23^\circ 27'$; 18° , $-23^\circ 27'$. 203. 90° и 0° ; 180° и 0° . 204. Около 22 числа каждого месяца. 205. $57^\circ 42'$. 206. $2^\circ 0'$. 207. $53^\circ 26'$; $72^\circ 09'$; 90° ; $46^\circ 54'$; $43^\circ 06'$; 0° . Тропик Рака; северный полярный круг. 209. $66^\circ 33'$. 210. На 2° . 211. $23^\circ 27'$. 212. $43^\circ 49'$, $-22^\circ 44'$. 213. 21 и 22 марта или 22 и 23 марта; $\delta = 0$. 214. $36^\circ 10'$. 215. 3 мая или 11 августа. 216. Между параллелями $0^\circ 1'$ северной и южной широты. 217. 12° ; 45° . 218. В полдень около 22 декабря. 219. Широта $+34^\circ 47'$, наклонение $23^\circ 54'$. 220. α — когда Земля находится в перигелии (в начале января); δ — около моментов равноденствий. 221. Около 282° ; около 100° . 222. Колеблется от 20 до 21 м с четырехлетним периодом високосных лет; см. ответ к следующей задаче. 223. Эфемерида, вычисленная для полудня каждого дня одного года, не будет верна для другого года, благодаря несовпадению тропического года с календарным. Наибольшего различия достигают эфемериды, вычисленные для високосного года, и года предшествующего високосному. Ошибка может достигнуть $1\frac{3}{4}$ суточного смещения Солнца, когда по григорианскому календарю пропускается високосный год (например, в 1900 г.). 224. В треугольнике, образованном экватором, эклипкой и кругом склонения Солнца, угол против стороны L прямой и формула приобретает вид: $\cos L = \cos \alpha \cos \delta$. По теореме синусов: $\sin \delta = \sin \alpha \sin L$. 225. Формула получается из ответа к задаче 82.

226. 19 июня $\alpha = 86^\circ 7'$; $\delta = +23^\circ 4'$ или $\lambda = 87^\circ 0'$; $\beta = 0^\circ$.

19 декабря $\alpha = 266^\circ 7'$; $\delta = -23^\circ 4'$ или $\lambda = 267^\circ 0'$; $\beta = 0^\circ$.

К разделу VII: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ И ДОЛГОТЫ.

I.

228. Солнечные сутки были бы короче звездных. 229. Безразлично. 230. $32^\circ 20' = 2^\circ 9' 20''$. 231. $0^\circ 39' 12''$. 232. $2^\circ 30' 17''$ к востоку от Гринича. 233. $16^\circ 36' 12''$ среднего времени. 234. $-3^\circ 6' 27''$. 235. $3^\circ 16' 8''$ Е. 236. $8^\circ 45' 12''$ Е. 237. $6^\circ 12' 36''$ W. 238. $6^\circ 26'$. 239. $0^\circ 22''$. 240. $2^\circ 14''$ к востоку от Пулково. 241. $9^\circ 18' 8''$ Е. 242. $7^\circ 47' 8''$ Е. 243. $1^\circ 22' 8''$ Е. 244. $18^\circ 54' 8''$; $19^\circ 54' 8''$; $18^\circ 31' 8''$. 245. $9^\circ 28' 6''$ вечера. 246. $\lambda = 2^\circ 57''$ к западу от Гринича, $\varphi = 40^\circ 27'$. 249. 1) Наблюдая какую-нибудь звезду на одинаковой высоте до и после верхней кульминации, установить полуденную линию и меридиан. 2) Отмечая прохождение звезд через меридиан, установить звездное время и поставить по нему хронометр. 3) Тут же, отсчитывая круг, по меридиональным высотам установить широту. 4) Наблюдать моменты затмения спутников Юпитера по своему хронометру. Перевести звездное время в среднее и, сравнивая с таблицами, определять долготу. 250. 20 км на этой широте означает разность долгот $360^\circ \times \frac{20}{2\pi R \cos \varphi} = 0^\circ,32 = 1^\circ 17'$ — это и есть разница в моменте наступления полудня. 251. $-26^\circ 35' 07''$ и $-26^\circ 34' 27''$. 252. $9^\circ 16' 18'', 2$. 253. $+6^\circ 36''$; $+5^\circ 41''$. 254. $+7^\circ 4'$. 255. $-2^\circ 35''$; $-2^\circ 38' 5''$; $-3^\circ 03''$. 256. Маятник делает на экваторе $n = 86400 \sqrt{g_0/g}$; $g = 80247$ качаний в сутки, т. е. на 13 меньше, чем в Москве; часы отставали бы за сутки на $2^\circ 33''$. 257. На $1^\circ 43', 5$. 258. $23^\circ 56' 4'', 09$. 259. $15^\circ 9' 21'', 4$. 262. $10^\circ 13' 45'', 87$ и $21^\circ 26' 14'', 48$. 263. $2^\circ 23' 48'', 48$. 264. 1461. 265. 1 июля, $5^\circ 28''$. 266. $14^\circ 32''$ и $19^\circ 44''$, считая первый раз от 23 марта, второй раз от 23 июня, когда звездное время в полночь около 18° . 267. $3^\circ 0''$. 268. $9^\circ 20''$. 269. $13^\circ 10''$. 271. $17^\circ 59' 39''$. 272. $9^\circ 10' 30''$. 273. $23^\circ 46' 23''$ в Омске и $4^\circ 48' 23''$ в Якутске. 277. В $11^\circ 41' 0''$; 278. $4^\circ 6''$; $23^\circ 37''$. 279. $13^\circ 4' 14'', 5$. 280. $3^\circ 18''$. 281. Через $6''$ после истинного полудня. 282. Часы впереди на $1^\circ 6''$. 283. $-18^\circ 44''$. 284. $+16''$; $10^\circ 57' 18''$. 285. $+15''$. 286. $-9''$. 287. $32''$. 288. Около $14^\circ 48''$. 289. Да. 290. Десяти, для команды судна, плавающего между Сибирью и Аляской в високосный год и покидающего Сибирь в воскресенье 1 февраля, причем один рейс должен занимать ровно неделю. 291. 12-292. 18 суток, 293. В четверг 27 октября.

II.

294. На $8^{\circ}18'$. 295. $3^{\circ}3'$. 296. 236 раз. 297. $+1^{\circ}6'91''$. 298. За $6^{\circ}6'$. 299. Прямое восхождение среднего Солнца в полдень равно s . Прямое восхождение истинного Солнца в полдень равно $s + \epsilon$. Прямое восхождение истинного Солнца в момент t равно $\alpha + t = s + \epsilon$ или $s - \alpha + \epsilon - t = 0$. 300. $20^{\circ}53'57''.63$. 302. $6^{\circ}49'28''.2$. 303. $23^{\circ}34'29''.24$. 304. $-29''$. 305. $12^{\circ}4'29''.51$. 306. $1^{\circ}58''$ после полудня. 307. $-1^{\circ}18'$. 308. $+47'$. 309. $-57^{\circ}29'$; $-58^{\circ}48'$; $+1^{\circ}12'$. 310. $-35'$; $+26'$. 311. На местное время $-57^{\circ}48'.3$. 312. 21 марта, $23^{\circ}45''$. 313. По тому, что уравниение времени в эти дни увеличивается быстрее, чем, вследствие изменения склонения Солнца, ускоряется его заход. 314. Увеличилась бы. Обратилась бы в нуль. 315. Значительно больше. 316. Надобность в среднем времени на Марсе должна быть.

К разделу VIII: КАЛЕНДАРЬ.

I.

322. 352 дня. 323. Нет. 324. Потому, что в истинном году не содержится целого числа суток. 325. 22 марта в $0^{\circ}47''$; 22 марта в $6^{\circ}36''$; 21 марта в $12^{\circ}24''$; 21 марта в $18^{\circ}13''$; 22 марта в $0^{\circ}02''$. 326. $5^{\circ}48'46''$ в год; на 25 февраля. Через 730 лет. 327. 27 февраля, 8 марта, 18 марта. 330. 16 марта 2445 г. 331. Через 10 400 лет. 332. 365, 2425 суток; 0,0003 суток, или 26 секунд в год. 333. $40''$; $3\frac{1}{2}''$; $7''$ 22 марта, как и теперь. 334. Тогда в каждых 128 годах будет 31 високосный и 97 простых, и величина одного года будет равна 365,24218 средних суток. Это дает ошибку, равную одним суткам лишь в 50 000 лет, так как тропический год равен 365,24220 средних суток. 335. 0,013 суток за каждые 30 лет, или сутки за 3 тысячелетия. 336. Тогда в 33 годах будет 25 простых по 365 суток и 8 високосных по 366 суток. Средняя величина года поэтому равна 365,2424 средних суток, т. е. больше действительной только на 0,0002 средних суток, что составит одни сутки лишь в 5000 лет. 337. 19 лет = 235 месяцам. 338. 20 год; 22 год. 340. Был в 1880 г. 341. 1388 г. 342. В 22 749 году.

К разделу IX: ВОСХОД И ЗАХОД СВЕТИЛ.

I.

344. Может. Не может. 348. В 10 часов вечера. 350. Для всех широт северное 72° . 351. К югу от $48^{\circ}5'$. 352. $60^{\circ}5'$.

II.

355. В Иркутске. 356. В Лондоне раньше. 357. В любом месте Земли часовой угол восхода и захода ее равен 18 часам и 6 часам, а азимут восхода и захода 270° и 90° , потому что звезда лежит почти на самом экваторе. 358. По формуле (2) введения к разделу находим часовые углы восхода и захода t :

$$\frac{\lg(-\operatorname{tg} \varphi)}{\lg \cos \delta} = \frac{0,1672 n}{9,6726}$$

$$\lg \cos t = \frac{9,8398 n}{9,6726}$$

$$t \pm 133^{\circ}45', \text{ т. е. } t_n = 15^{\circ}5'0''; t_s = 8^{\circ}55'0''.$$

Так как в звездное время $s = t + \alpha$, то $s_n = 21^{\circ}44'7''$; $s_s = 15^{\circ}34'7''$. Азимуты точек восхода и захода находим по формуле (4) введения к разделу,

$$\frac{\lg(-\sin \delta)}{\partial \lg \cos \varphi} = \frac{9,6292 n}{0,2498}$$

$$\lg \cos A = \frac{9,8790 n}{0,2498}$$

$$A \pm 139^{\circ}11',$$

иначе говоря, $A_n \approx 220^{\circ}49'$; $A_s = 139^{\circ}11'$,

359. Вычисляя, находим $\lg \cos t = 0,1387$ и $\lg \cos A = 0,0944$, что невозможно. Следовательно, в Пулкове Вега — незаходящая звезда. 360. $23^{\circ} 54'$, т. е. $11^{\circ} 54'$ вечера. 361. Восход в $0^{\circ} 56' 28''$, заход в $14^{\circ} 12' 30''$. По среднему времени: $0^{\circ} 11' 7''$ и $13^{\circ} 24' 59''$. 362. $t = \pm 7^{\circ} 27' 56''$; $A = \pm 115^{\circ} 2' 7''$; $14^{\circ} 53'$ среднего времени. Восход в $12^{\circ} 50' 28''$, заход в $3^{\circ} 43' 53''$. 363. $\delta = -18^{\circ} 8'$; $A = 55^{\circ} 1' 364. \delta = -32^{\circ} 5'$; $4^{\circ} 48'$; $h = 5^{\circ} 8'$. 365. Угол ψ равен третьему углу в треугольнике полюс—зенит—светило (первые два: t и $180 - A$), называемому параллактическим углом p . Применяя формулы сферической тригонометрии, получаем:

$$\cos \delta \cos \psi = \sin z \sin \varphi + \cos z \cos \varphi \cos A.$$

Но для восхода $z = 90^{\circ}$, так что требуемая формула выведена. 367. $\varphi = -64^{\circ} 48'$. 368. Вычисление проводим по формуле (5) введения к разделу.

$\lg 0,0145$	8,1614	$\lg \lg \varphi$	0,0337	т. е.
$\partial \lg \cos \varphi$	0,1769	$\lg \lg \delta$	9,5755	$t = \pm 7^{\circ} 41' 7''$
$\partial \lg \cos \delta$	0,0287	$\lg$ II члена	9,6092	$t_a = 4^{\circ} 18' 3''$
$\lg$ I члена	8,3580	I члена	0,0228	$t_s = 19^{\circ} 41' 7''$
		II члена	0,4067	
		$\cos t$	-0,4295	
		$\lg \cos t$	9,6340	
		t	$\pm 112^{\circ} 34'$	

Продолжительность дня $15^{\circ} 23'$. Среднее время восхода и захода равно часовому углу истинного Солнца плюс уравнение времени, т. е. восход $4^{\circ} 14' 9''$; заход $19^{\circ} 38,3$.

369. Самый короткий день в Ленинграде $5^{\circ} 31'$; в Самарканде $9^{\circ} 18'$. Их сумма равна 24° . 370. В Ленинграде 22 декабря 1929 г. восход $9^{\circ} 2'$, заход $14^{\circ} 55'$. 371. К стороне применяют теорему косинусов, и получают, что, так как $h = 0^{\circ}$, $\cos t = -\lg \varphi \lg \delta$; откуда следует уравнение, пригодное для нахождения φ : $\lg \varphi = -\cos t \lg \delta$, $\varphi = 52^{\circ} 30', 2$. 372. Через $1^{\circ} 12'$, $1^{\circ} 44'$, $2^{\circ} 33'$. 373. $2^{\circ} 36' 52''$. 374. $73^{\circ} 0'$. 375. $\cos A = -\frac{\sin \delta}{\cos \varphi} = -\frac{\sin \delta}{\sin z}$. Для Солнца $\sin \delta = \sin z \sin l$, следовательно, $\cos A = -\sin l$; $A = l + 90^{\circ}$, т. е. суточное изменение A равно суточному изменению l , т. е. долготы Солнца. 376. На северном полярном круге. 377. На северном полярном круге, где однажды в сутки полюс эклиптики бывает в зените. Тогда Солнце восходит и заходит в точках востока и запада, но так как точка γ в это время находится в точке востока, то звездное время равно 18° . 378. Пусть t_{-90} и t_s будут часовые углы прохождения через азимут -90° и захода. Вообще,

$$\cos t_{-90} = \frac{\lg \delta}{\lg \varphi}; \quad \cos t_s = -\lg \varphi \lg \delta.$$

При $\varphi = 45^{\circ}$:

$$\begin{aligned} \cos t_{-90} &= \lg \delta; \quad \cos t_s = -\lg \delta; \\ \sin t_{-90} &= -\sqrt{1 - \lg^2 \delta}; \quad \sin t_s = \sqrt{1 - \lg^2 \delta}; \\ \cos(t_s - t_{-90}) &= \cos t_s \cos t_{-90} + \sin t_s \sin t_{-90} = \\ &= -\lg^2 \delta - (1 - \lg^2 \delta) = -1; \\ t_s - t_{-90} &= 12^{\circ}, \end{aligned}$$

независимо от δ .

379. Выражая dt в секундах времени, а dz — в секундах дуги,

$$dt = \frac{dz}{15 \cos \varphi \cos \delta \sin t}. \quad 380. \quad \cos z = \frac{\sin \delta}{\sin \varphi}; \quad \cos t = \frac{\lg \delta}{\lg \varphi},$$

381. $h = 54^{\circ} 58'$;	$s = 0^{\circ} 16' 3''$	и	$17^{\circ} 1' 8''$;
$h = 22^{\circ} 53'$;	$s = 8^{\circ} 44' 8''$	и	$18^{\circ} 58' 0''$;
$h = 41^{\circ} 18'$;	$s = 0^{\circ} 37' 8''$	и	$9^{\circ} 7' 2''$;

К разделу X: ПРЕЦЕССИЯ.

I.

382. За 360 лет. 383. Нет, потому, что солнцестояния теперь происходят уже не в этих созвездиях. 384. В созвездии Девы. 385. Чтобы Земля имела форму точного шара, или чтобы ее экватор, плоскость лунной орбиты и эклиптика совпадали. 386. Орбон в верхней кульминации своим нижним краем будет касаться горизонта. Южная Корона будет подниматься над горизонтом почти так же высоко, как теперь Орбон.

II.

389. Более быстрой в двух первых случаях; медленное в двух последних случаях. 391. Да, потому что при эллиптичности земной орбиты меняется расстояние от Солнца, на котором, например, в северном полушарии наступает лето.

$$\begin{array}{ll} 392. \lambda = 359^{\circ}09'22''; & \beta = -17^{\circ}35'37''; \\ \lambda = 357^{\circ}54'00''; & \beta = -17^{\circ}35'37''; \\ \lambda = 0^{\circ}41'28''; & \beta = -17^{\circ}35'37''. \end{array}$$

393. Прямые восхождения непрерывно растут всюду, кроме круговой области с диаметром полюс мира — полюс эклиптики, где они убывают. Склонения растут или убывают в зависимости от прямого восхождения.

394. Для околополярных.

$$\begin{array}{ll} 395. 22^{\circ} 4' 56''; & +27^{\circ}40',5; \\ 22^{\circ} 9' 04''; & +28^{\circ} 6',9. \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} 396. 10^{\circ} 58' 17''; & -1^{\circ}18',3; \\ 3^{\circ} 42' 9''; & +23^{\circ}44',1; \\ 2^{\circ} 15' 48''; & -3^{\circ}17',7; \\ 22^{\circ} 26' 34''; & +58^{\circ}3',4. \end{array}$$

398. Долгота перигелия увеличивается на $1^{\circ},71$ в столетие.

К разделу XII: ДВИЖЕНИЯ ПЛАНЕТ.

I.

399. 6800 лет. 400. За $12\frac{1}{2}$ минут. 401. 0,7 года. 402. Нет. Да. Нет. 403. Нет. 404. Верхняя. 405. Марс противоположен Солнцу, т. е. в Скорпионе. Венера примерно на 43° к востоку от Солнца, т. е. в Рыбах. 406. Весной, когда вечером на западе эклиптика образует с горизонтом наибольший угол. 407. Та, у которой след длиннее, ближе и к Земле, и к Солнцу. 408. На $\frac{360^{\circ}}{365,25} - \frac{360^{\circ}}{687} = 0^{\circ},461$. 409. Нет. 410. 688 суток. 411. $\frac{3}{4}$, либо $1\frac{1}{2}$ года. 412. $\frac{1}{2}$, либо $\frac{1}{4}$ года. 413. 2 года. 414. 18 августа 1938 г. 415. 1320 суток. 416. 12 сентября 1938 г. 418. Сперва найдем сидерический период Меркурия, он равен 87,97 суток. Тогда среднее суточное движение Меркурия равно $4^{\circ}5'30''$. 419. Период этих явлений 780 суток, равный синодическому периоду Марса. 420. 41° . 421. Около $1^{\circ}40''$. 422. Из соотношения $\sin x = \frac{1}{5,2}$ получаем $x = 11^{\circ}$. 423. Допустим, что происходит такое противостояние. Следующее из них произойдет в том же месте пространства через промежуток времени, заключающий целое число оборотов Земли (x) и целое число оборотов Марса (y). Следовательно,

$$\frac{x}{y} = 1,88 = \frac{47}{25} = 1 + \frac{1}{1} + \frac{1}{7} + \frac{1}{3} + \dots$$

Ограничиваясь первыми тремя звеньями, имеем $\frac{x}{y} = \frac{15}{8}$, т. е. великие противостояния происходят каждые 15 лет (через каждые 8 полных оборотов Марса), 424. Обозначим через x номер дня ближайшего в 1938 г. противостояния Юпитера с Солнцем и составим уравнение, зная, что в момент противостояния разность гелиоцентрических долгот Земли и планеты равна 0° или 360° , вообще

2и 180°. Среднее суточное движение планет дано по введению к разделу. Тогда мы получим следующее уравнение: $(99^{\circ}55' + 59'x) - (306^{\circ}55' + 5'x) = 0$, которое, после упрощения, дает $54'x = 207^{\circ}$, или $x = \frac{207 \cdot 60}{54} \approx 230$. Таким образом ближайшее противостояние Юпитера в 1938 г. будет через 230 суток после 1 января, т. е. будет 19 августа 1938 г. 425. 31 января 1938 г. и 28 февраля 1939 г. 426. 21 ноября 1938 г. 427. 12 сентября 1938 г. 428. 29 января 1939 г. 429. 1 мая 1937 г. Марс на несколько градусов севернее α Скорпиона, которая по яркости и красному цвету соперничает с Марсом и потому называется Антарес. 1 мая 1939 г. Марс в Стрельце, между звездами λ и π . 430. В Стрельце около звезды π . Видимость прекрасная — почти противостояние. 431. Да. 432. Наименьшая в соединениях и в противостояниях, наибольшая в квадратурах и в наибольших элонгациях. 433. В соединении — $48', 16$ в сутки. В оппозиции — $21', 52$ в сутки. 434. $53', 68$ в час или $21', 28''$ в сутки. 435. Продолжительность прохождения равна $\frac{277}{723} \times \frac{1}{675} \times 584 = 0^{\text{д}}, 332 = 7^{\text{ч}} 58^{\text{м}}$. Угловая видимая скорость равна $241''$ в час. 436. $R = \sin 47^{\circ} = 0,73$. 437. 0,39 астр. единицы = $58 \cdot 10^6$ км. 438. Если обозначить расстояние от Юпитера до Солнца в астрономических единицах через x и угол при Солнце между радиусами-векторами Земли и Юпитера через i , то, очевидно, мы можем написать пропорцию:

$$\frac{x}{\sin \Delta i} = \frac{1}{\sin (180^{\circ} - \Delta i - i)},$$

откуда находим $x = 5,20$. Тысяча лет. 441. 4,61 года. 442. 4 астр. единицы. 443. В 2,362 раза. 444. Через 74 года на расстоянии от 0,009 астр. единицы. 445. 1,70. 446. Бесконечности, так как это было бы в случае бесконечно большого звездного периода обращения. 447. 0,763 и 1,588 астр. единиц. 448. 0,153. 449. $11^{\text{ч}} 57^{\text{м}}$; $739^{\text{д}}$. 450. 0° . 451. 4 астр. единицы.

II.

452. Это не могла быть планета. 453. Если ϵ — наклонение эклиптики, а φ — широта, то наибольшее расстояние полюса эклиптики от зенита $90^{\circ} - \varphi + \epsilon$. Синус наибольшей высоты Венеры будет поэтому $0,72 \cos (\varphi - \epsilon)$, а время — песенное равноденствие. 454. Как видно из формулы синодического движения, в пределье синодический период равен звездному году. 455. $p^2 = a^3 + 1 - 2a \cos \varphi$.

456. Около $1', 5$ в сутки. 457. $\frac{P}{2\pi} - 1$, где 2π — продолжительность дуги попятного движения. 458. $\psi = 10^{\circ}, 6$. 459. $\omega = 2\pi a^{-3/2}$. 460. $v = 2\pi: \sqrt{a}$. 461. $33'', 2$. 462. Обозначив неизвестное перигелийное расстояние кометы в миллионах километров через x , имеем: $\frac{2^2}{1^2} = \frac{(x + 820)^2}{2^2 \cdot 150^2}$, откуда получаем $x = -343$, т. е. невозможный ответ. Данные о комете, придуманные Жюль Верном, не согласованы друг с другом.

463. На $37 \frac{\Delta a}{2a}$, что получится дифференцированием формулы третьего закона Кеплера. 464. 10 и 190 астр. единиц. 465. $72 \cdot 10^9$ и $48 \cdot 10^9$ км.

466. Решение; Прежде всего выбираем единицу масштаба. Примем расстояние от Земли до Солнца за 5 см. Окружность с радиусом 5 см. (рис. 51) изобразит орбиту Земли, так как ее эксцентриситетом в этом масштабе поневоле приходится пренебречь. Из точки S, изображающей Солнце, произвольно проводим направление к точке весеннего равноденствия Υ . От нее против часовой стрелки отсчитываем угол $\Omega = 30^{\circ}$ и проводим пунктирную линию узлов NN' . От нее отсчитываем против часовой стрелки (так как $i < 90^{\circ}$,

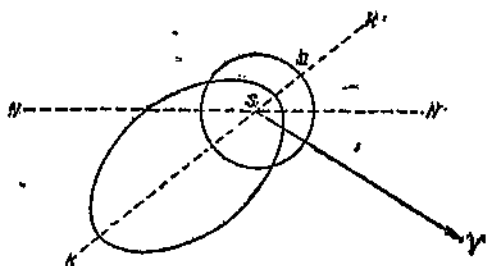


Рис. 51.

т. е. движение тела прямое) угол $\omega = 45^\circ$ и проводим пунктиром линию KK' . Перигелий отстоит от Солнца на $a(1-e) = 2 \cdot (1-0,8) = 0,4$. От S по направлению к K' откладываем расстояние $5 \cdot 0,4 = 2$ см, это и будет перигелий П. Афелий отстоит от Солнца на $a(1+e)$ или на 13 см в нашем масштабе. Он будет в точке А. В точке S' будет второй фокус эллипса. Воткнем в точки S и S' по булавке. На них накинem связанную концами нитку длиной $2a = 10$ см. Поставив острие карандаша так, чтобы он все время натягивал нитку, вычертим весь эллипс, представляющий нашу орбиту.

472. $E = 200^\circ 10', 2$. 474. $E = 99^\circ 33'$. 475. $E = 5^\circ 40', 3$. 476. По третьему закону Кеплера период $P = 4^{3/2} = 8$. Поэтому через год после перигелия средняя аномалия M будет 45° , и уравнение Кеплера для этого момента $45^\circ = E - 0,66144 \sin E$. Так как в таблицах дается синус, выраженный в радианах (или его логарифм), то надо этот член выразить в градусах, для чего его надо умножить на число градусов в радиане, т. е. на $57^\circ, 2958$, и тогда логарифм коэффициента при $\sin E$ будет 1,57861. Итак, $45^\circ = E - [1,57861]^\circ \sin E$. Так как эксцентриситет велик, то приближенное значение E находим по рисунку 19: $E_1 = 82^\circ 30'$, и пробуем его подставлять в формулу:

$\lg \sin 82^\circ 30'$	9,99627
$\lg \text{коэф.}$	1,57861
$\lg E^\circ$	1,57488
E°	37°,573
	82°,500
Разность	44°,927

вместо требуемых 45° . Очевидно, E надо слегка увеличить. Примем, например, $E_2 = 82^\circ, 58 = 82^\circ, 34', 8$, что, после подстановки в уравнение Кеплера, удовлетворяет ему вполне (в пределах точности наших вычислений, т. е. пятизначных логарифмов). Если второе приближение не дало бы сразу правильное значение для E , то его следовало бы еще немного изменить раз или два, пока подстановка его в уравнение удовлетворила бы требованию, чтобы $E - e \sin E$ равнялась $45^\circ, 000$. v находим по формуле, дающей $\lg \frac{v}{2}$:

$1+e = 1,66144$	$\lg 0,22049$
$1-e = 0,33856$	9,52962
	0,69087
$\sqrt{\frac{1+e}{1-e}}$	$\lg 0,34543$
$\frac{E}{2} 41^\circ 17', 4$	$\lg \frac{E}{2}$
	9,94360
	$\lg \frac{v}{2}$
	0,28903

$$\frac{v}{2} = 62^\circ 47', 8, \text{ отсюда } v = 125^\circ 35', 6.$$

r находим по формуле:

$r = a(1 - e \cos E)$	
$a = 4$	$\lg 0,60208$
$e = 0,66144$	$\lg 9,82049$
$\cos 82^\circ 34', 8$	$\lg 9,11106$
	9,53361
$ae \cos E = 0,3417$	
$a = 4,0000$	
$r = 3,6483$	

477. $E = 122^\circ 06', 2$; $v = 151^\circ 57', 7$; $r = 5,4061$. 478. $E = 152^\circ 30', 0$; $v = 167^\circ 33', 6$; $r = 6,3468$. 479. $v = 62^\circ 54', 7$. $\lg r = 0,4504$. 480. Приближенное значение E по графику $324^\circ, 25$. После приближений $E = 324^\circ 16', 5$; $v = 315^\circ 1', 4$; $r = 2,112$. 481. $\lg M = 1,7354$; $v = 61^\circ 16', 0$; $\lg r = 0,1747$. 482. $v = -109^\circ 15', 9$; $\lg r = 9,9940$.

483.	Сентября	$\lg r$	$\lg p$	α	δ	
		1,5	0,3270	0,0492	23° 15' 46 ^c	— 4° 44', 4
		5,5	0,3292	0,0521	23 13 29	— 5 33, 5
		9,5	0,3314	0,0564	23 11 11	— 6 21, 9
484.	Июня	$\lg p$	α	δ		
		23,5	9,4802	5° 34' 48 ^c	+ 45° 3', 1	
		24,5	9,4948	5 38 33	+ 49 21, 0	
		25,5	9,5115	5 42 44	+ 53 18, 6	

К разделу XIII: ПАРАЛЛАКС И АБЕРРАЦИЯ.

I.

485. 8"18". 486. 2",38. 487. 23",2. 488. 46",4. 489. 0",29. Понятие годичного параллакса к планетам неприменимо. 490. 1",47. 491. 71 800 км. 492. 12 600 км. 493. Расстояние 60,3; диаметр 0,272; поверхность 0,0740 и объем 0,0204. 494. С точностью до 0,11% и 165 000 км. 495. В 109 раз; 697 000 км. 496. 0",75. Можно. 497. Практически несколько не изменится. 498. Первый вопрос не имеет смысла, расстояние в парсеках равно 1:206 265. 499. 57' $\sin z = 46', 7$. 500. 49°17', 4. 501. 65°13'20". 502. На $\frac{1}{500}$ параллакса в обоих случаях. 503. $\varphi > 16^\circ$, что находится из условия $\sin \varphi > \frac{16}{57}$. 504. Да, так как чем ближе к нам Луна и чем,

следовательно, больше ее параллакс, тем больше ее угловой радиус. 505. $\frac{\sin p'}{\sin p} = \frac{\sin p'}{\sin p}$, откуда $p' = 15'45''$. 507. Около 0",005. 508. Можно, но точность результата

будет обратно пропорциональна расстоянию планеты от Солнца. 509. 149,8 млн. км. 510. Параллакс 8",805. 511. Наибольшая разность лучевых скоростей звезд, наблюдаемых в моменты, разделенные промежутком времени в полгода (при условии, что наблюдения производятся в течение всего года), дает, очевидно, удвоенную орбитальную скорость Земли. 512. Если T число секунд в году, то $R = 30 \frac{T}{2\pi}$ км. 513. По карте видно, что разность долгот двух пунктов почти равна 180°, а разность широт почти 90°, т. е. базис можно считать равным радиусу Земли. Угловая скорость Венеры 92",2 в час, отсюда находим по длине хорд, пройденных Венерой, $D = 22''$, откуда $p = 8'', 8$. При вычислении с тремя знаками найденное p может отличаться от данного на $\pm 0'', 4$. 514. Потому что ошибка в определяемом отсюда параллаксе Солнца относится к ошибке в измеренном параллаксе планеты как расстояние от планеты до Земли (в момент измерения) к расстоянию ее от Солнца и для Меркурия равна $\frac{1}{2}$, тогда как для Венеры она 0,4. 515. Беря логарифмическую производную от обеих частей формулы, видим, что, если ошибка $\frac{dM}{M} = 0,01$, то $\frac{dD}{D} = 0,003$, или 0,3%. 516. $ESM =$

$$= \frac{FEM - MEN}{2} = \frac{360^\circ}{2 \cdot 29,5 \cdot 24} \approx 0^\circ, 15. SE = ME : \sin 9' \approx 386 ME. \text{ Гиппарх нашел } SE = 19 ME.$$

517. Решение: Из подобия треугольников $(GK - QM) : (AD - GK) = MK : KD \cdot AD = n \times$ (радиус Луны). Следовательно, $(GK - QM) : [n \text{ (радиус Луны)} - GK] = 1 : n$. $n \text{ (радиус Луны)} - GK = n \cdot GK - n \cdot QM$, следовательно, радиус Луны + радиус тени равен $(1 + \frac{1}{n}) \cdot GK$. Подставляя числа, находим радиус Луны равным $\frac{3}{4} (1 + \frac{1}{390})$ и, следовательно, если он виден под углом 15', то $KM \approx 60 (1 + \frac{1}{390})$. Эту же задачу можно решить иначе. "Радиус земной тени" p , равный 40', равен $P + p - S$, где p и P — параллаксы Солнца и Луны, а S — угловой диаметр Луны и Солнца. Гиппарху это было известно, как и

отношение $\frac{P}{p} = n$. Отсюда $p = \frac{P + S}{390}$, что дает параллакс Солнца.

518. 1) По запаздыванию затмений спутников Юпитера; 2) по лучевым скоростям звезд; 3) по постоянной годичной абберации.

II.

519. Когда Земля движется прямо к звезде или прямо от нее. 520. $PR:RQ$ равно отношению скоростей Земли в перигелии и в афелии, а последнее (см. задачу 740) равно $(1+e):(1-e)$. 521. Нет. 522. $0''32$. На полюсе суточная aberrация равна нулю. 524. Отношение наибольшей скорости вращения Земли к скорости света дает „постоянную суточной aberrации“ $0''32$. Для широты φ имеем, очевидно, $0''32 \cos \varphi$. Максимальное влияние суточной aberrации, целиком действующее в момент кульминации на прямое восхождение, увеличивает его на $\Delta d = 0''32 \cos \varphi \sec \delta$, где δ — склонение звезды.

К разделу XIV: ЗЕМЛЯ.

I.

525. Около 30 км. 526. Длина орбиты увеличилась бы на $6\frac{1}{4}$ м и год увеличился бы на $\frac{1}{1000}$ долю секунды, т. е. совершенно неощутимо. 528. Они были бы одинаково продолжительны. 529. Тогда расстояние Земли от Солнца в перигелии и афелии отклонилось бы, как 1:3 и, вообще говоря, эта причина стала бы важнее, чем наклонность земной оси. Зимы в северном полушарии стали бы очень короткими и теплыми, лето долгим, но более холодным. Смена дня и ночи летом и зимой осталась бы такой же, как теперь. 530. Везде и всегда день равнялся бы ночи, а смена времен года прекратилась бы. 531. При наклоне 45° . 532. Через 54 000 лет. 533. $\frac{2\pi R \cos \varphi}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 232$ м/сек. 534. а) 464 м/сек; б) 308 м/сек. 535. 1) На широте φ ; где $\cos \varphi = \frac{\cos 56^\circ}{2}$, т. е. $\varphi = 73^\circ, 7'$. 2) На широте $\varphi = 44^\circ, 2'$. 536. Быстрее. 537. Расстояние ее от оси равно $R \cos \varphi = 2$ световых года. В сутки она пробегала бы окружность $2\pi \cdot 2 = 12$ световых лет, или в час расстояние, которое свет проходит за $\frac{1}{2}$ года. Ее скорость была бы в 183,24 раза больше скорости света. Как учит современная физика, скорости больше скорости света вообще быть не может. 538. На экваторе. 539. 22 м. 540. $7^\circ, 5'$; $13^\circ, 7'$; $10^\circ, 9'$; $14^\circ, 9'$; 15° ; $0^\circ, 15'$ точно. 541. $10^\circ, 02'$. 542. Скорости кораблей относятся как радиусы параллелей, по которым они плывут, следовательно, скорость корабля у равна $15 \frac{\cos 48^\circ}{\cos 15^\circ} = 10,4$ узла. 543. Нет, потому что с него радиус кругозора 285 км. 544. 357 км. 545. 38 км. 546. 564 км. Около 5 км. 547. 57'. 548. Около 4,5 км. 549. 100 м. 550. На 12 минут. 552. 1 морская миля равна 1,85 км. 553. $R = 6341$ км. 554. 6336 км; 6374 км; 6414 км. 555. Накоплются. Нет. 556. С точностью до нескольких сантиметров. 557. Полярный диаметр будет на 1 см короче. 558. Градусные измерения и определения силы тяжести. 559. Поезд, идущий на запад, так как его вес в меньшей степени облегчается центробежной силой, вызываемой круговым движением около земной оси (он движется против вращения Земли). 560. $a = r \left(\frac{2\pi}{t} \right)^2 = 0,03391$ м/сек². 561. $g = \pi^2 l = 9,781$ м/сек². 562. $g = 9,809$ м/сек²; $l = g : \pi^2 = 993,85$ мм. 564. Нагревание днем было бы больше; колебания температуры днем и ночью, летом и зимой больше. 565. То же, что в предыдущей задаче. 566. 1:0,9171:0,3987. 567. $\frac{\cos(\varphi - 23\frac{1}{2}^\circ)}{\cos(\varphi + 23\frac{1}{2}^\circ)} = \frac{0,882}{0,259} = 3,4$. 568. Влияние наклона лучей больше влияния отношения расстояний до Солнца в $\frac{\cos(\varphi - e)}{\cos(\varphi + e)} : \frac{(1+e)^2}{(1-e)^2} = 4,64; 1,07 = 4,33$ раза. 569. 28,6; 2,5; 1,5; 1,0.

II.

570. 0^h . 571. Годичная aberrация. 572. Так как видимые диаметры Солнца обратно пропорциональны расстояниям до него, то $e = \frac{p-q}{p+q} = 0,0168$. 573. Тем, что благодаря эллиптичности земной орбиты и неравномерности ее движения в первом полугодии, увеличение радиуса-вектора Земли за четверть суток

большее радиуса Земли, на которой расстояние до Солнца меняется, благодаря суточному вращению Земли. Во втором полугодии Земля, идя от афелия к перигелию, приближается к Солнцу и происходит явление, обратное описанному выше. 574. Это время равно половине периода обращения воображаемой кометы, имеющей большую полуось орбиты a , равной большой оси земной орбиты и перигелийное расстояние, бесконечно близкое к Солнцу (ее орбита крайне сжатый эллипс). По третьему закону Кеплера $\frac{1}{(2t)^2} = \frac{1}{(1/2)^2}$; $t = 1:2 \sqrt{8}$ года или 64 дня. 575. $\sin 23\frac{1}{2}^\circ : (\sin 66\frac{1}{2}^\circ - \sin 23\frac{1}{2}^\circ) : (1 - \sin 66\frac{1}{2}^\circ) = 0,40 : 0,52 : 0,08$. 576. Влияет. 577. Аномалистический год 365,2596 средних суток. Период обращения линии апсид 108 000 лет. 578. Радиус шара $r = \sqrt[3]{3Q : 4\pi S} = 0,09287$ м. Если m — масса шара, M — его момент инерции относительно оси вращения, l — приведенная длина маятника, то

$$M = \frac{2}{3} m r^2 + m k^2; \quad l = \left(M : K m = \frac{2}{5} r^2 : K \right) + K,$$

отсюда видно, что центр качания ниже центра тяжести на $\frac{2}{5} r^2 : K = 0,0648$ м.

579. Длина дуги параллели $AB = (R \cos 60^\circ) \times 2\pi \frac{60}{360} = 3330$ км. Дуге большого круга AB соответствует центральный угол $AOB = 2(AOD)$. Угол AOD найдем из отношения $\sin AOD = AD : AO = \frac{1}{2} AB : AO = \frac{R}{4} : R = 0,25$, откуда по таблицам находим $AOD = 14^\circ 28',5$ и $AOB = 28^\circ 57'$. Следовательно, дуга $AB = \frac{28^\circ 57'}{360^\circ} \cdot 2\pi R = 3210$ км, т. е. на 120 км короче дуги параллели, проведенной между теми же точками. 580. На 330 км. 581. Дуга большого круга $AB = 83^\circ 48',8$ или 9303 км. 582. Под углом $72^\circ 42',7$. Длина пути 4549 км или 8,5 суток. 585. 1 : 295,9. 586. Центробежное ускорение на широте φ равно $f = f_0 \cos \varphi$, где f_0 есть центробежное ускорение на экваторе. 588. Ускорение земной тяжести на экваторе в 289,4 раза превышает ускорение центробежной силы; поэтому Земля должна была бы вращаться быстрее в $\sqrt{289,4} = 17,01$ раза. 589. Прибли-

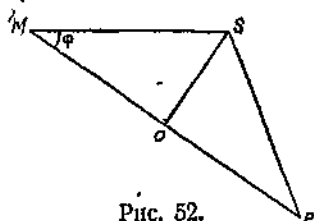


Рис. 52.

зительно $x = g \left(1 - \frac{2h}{R} \right)$. 590. С точностью до $\frac{1}{2} \cdot 10^{-7}$ доли самого ускорения.

592. Астрономическая широта по абсолютной величине всегда больше геоцентрической, за исключением полюса и экватора, где они могут совпадать. 593. $51^\circ 17' 11''$. 594. Неравномерно; геоцентрические градусы длиннее у экватора.

595. Решение: Начертим треугольник, образуемый грузом отвеса M , концом вектора MP , изображающим приложенную к нему силу земного тяготения, и концом вектора MS , изображающим центробежную силу $m\omega^2 r$. Проведем SO — высоту треугольника. Из рисунка 52 мы видим, что

$$\frac{\sin MPS}{\sin \varphi} = \frac{MS}{MP} = \frac{\omega^2 R \cos \varphi}{g \left(1 + \frac{\omega^2 R}{g_0} + \sin^2 \varphi \right)},$$

так как

$$MP = g_\varphi = g_0 + \omega^2 R (1 - \cos^2 \varphi) = g_0 \left(1 + \frac{\omega^2 R}{g_0} \sin^2 \varphi \right),$$

где $g_0 = 978$ см/сек² — ускорение силы тяжести на экваторе, φ — широта. Пренебрегая вторым членом знаменателя и заменяя $\sin MPS$ дугой, которую обозначим через P , имеем $P = \frac{\omega^2 R \cos \varphi \sin \varphi}{g_0} = \frac{\omega^2 R \sin 2\varphi}{2g_0}$. Очевидно, максимум P будет при $\varphi = 45^\circ$. Подставляя числа, имеем P макс. 0,00173 или 6'.

596. $\angle OKC = \frac{180^\circ - \alpha}{2}$. Из треугольника KOC $\sin OKC = \frac{R}{R+h}$ или $h =$

$$= R \frac{1 - \cos \frac{\alpha}{2}}{\cos \frac{\alpha}{2}}, \text{ откуда, зная } R = 6371 \text{ км, находим } h = 80 \text{ км. Этот слой}$$

атмосферы замечателен и еще во многих других отношениях. 597. Высота слоя 10 км — это примерно граница тропосферы и стратосферы.

598. *Решение:* С учетом отраженной энергии, на 1 см² сечения Земли падает $E' = 0,63 \cdot 1,94 \cdot q : 60 \text{ эрг/сек}$, а на все освещенное полушарие Земли $E' \cdot \pi \cdot R^2 \text{ эрг/сек}$. Она излучается обратно в пространство полностью всей поверхностью Земли, т. е. каждый квадратный сантиметр излучает в 1 секунду $E' \cdot \pi \cdot R^2 \cdot 4\pi R^2 = 0,25E'$. С другой стороны, эта энергия равна σT^4 . Приравняв обе величины и подставляя числа, находим $T = 247^\circ$, $K = -26^\circ\text{C}$. Полученное различие объясняется несовершенством испускательной способности Земли и тем, что атмосфера задерживает излучаемые ею лучи (преимущественно тепловые).

К разделу XV: ДВИЖЕНИЕ И ФАЗЫ ЛУНЫ.

I.

599. 5½ суток. 602. Не может, так как между освещенными Солнцем частями рога Луны находятся неосвещенные части Луны. 603. Направлением от Солнца. 604. Потому, что прямая в пространстве линия, соединяющая серп Луны и Солнца в проекции на небесную сферу, является дугой большого круга. 605. Можно, в тропических странах. 606. В тропических странах на восходе убывающей Луны. 607. Полноземелье; новоземелье; фазы Земли и Луны противоположны. 608. Фаза между полнолунием и последней четвертью. 610. 49°42'; 68°35'; 77°15'. 612. От 241°25' до 298°35'. 613. Потому что Луна в это время бывает в том месте эклиптики, где Солнце — летом. 614. Ответ аналогичен ответу на задачу 613. 615. Около 6^ч вечера. 616. Около 6^ч вечера. 617. Первая четверть; полнолуние. 618. Около полудни. 619. В полночь зимой; в 6^ч вечера весной; в 6^ч утра осенью; весной. 620. Зимой; летом. 621. Между полюсом и полярным кругом; зимой. 622. Не видна. 623. В июле в областях, близких к Северному полюсу Земли, и в декабре в областях, близких к Южному полюсу Земли. 624. Нет, потому что лунные сутки длиннее солнечных. 625. 24^ч 20^м, 34. 627. $\frac{360^\circ}{13^\circ 10' 35''} = 27,3216$ суток. 628. 71,7932 суток. 629. В каждой точке Земли Луна занимала бы неизменное положение над горизонтом и на одном полушарии Земли была бы вечно невидимой. Во втором случае Луна восходила бы на западе и заходила бы на востоке. 630. $\frac{1}{P} = \frac{1}{S} + \frac{1}{T}$, где S — звездный месяц, а T — год. Синодический месяц был бы 25,35 суток.

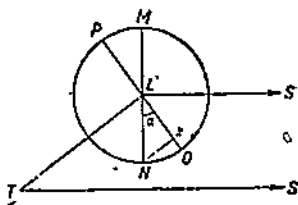


Рис. 53.

II.

631. Вблизи экватора (не далее, чем на 5° от него), осенью, после захода Солнца. 632. Если Луна L видна в вид серпа, то угол при Земле T между направлениями на нее и на Солнце S $\alpha < 90^\circ$. Построив чертеж (рис. 53), видим, что искомая величина $x = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos \alpha = \sin^2 \frac{\alpha}{2}$, если диаметр Луны принять за 1. 633. Так как Луна шар, то истинный терминатор всегда окружность. В проекции для наблюдателя окружность превращается, как известно, в эллипс. 634. а) От 175° до 180°; б) от 0° до 5°; в) точно 90°. 635. Эллиптичность лунной орбиты и неравномерность движения по ней Луны. Максимум этого эффекта тогда, когда Солнце находится на линии, проходящей через Луну и перпендикулярной к большой полуоси лунной орбиты. 636. В 9^ч 37^м. Если склонение Луны увеличивается, то восход произойдет раньше. 637. Луна должна быть одновременно в точке весеннего равноденствия, в восходящем узле своей орбиты и в апогее. При этих условиях ее суточное смещение по небесной сфере к востоку будет

наименьшим, а следовательно, наименьшим будет различие в моментах ее двух последовательных восходов. 639. $90^\circ - (23^\circ 27' + 5^\circ 8') = 61^\circ 25'$. 640. На широте в расстоянии около 5° от полярных кругов. Когда плоскость лунной орбиты, наклоненной на 5° к эклиптике, совпадает с горизонтом, звездное время восхода в смежные дни одно и то же. 642. Это произойдет через 9 лет вследствие движения узлов лунной орбиты. 643. Благодаря этой наклонности верхний край Луны в перигее имеет широту, меняющуюся в пределах $\pm (5^\circ 20' 6'' + 16' 46'')$, где второе слагаемое — наибольший радиус Луны. Максимальный горизонтальный параллакс увеличивает это расстояние еще на $61' 18''$. Благодаря постоянному движению узлов лунной орбиты долгота Луны в этом положении бывает любой и, следовательно, внутри указанного пояса она может покрыть любую звезду. 644. Обозначим период обращения перигея через R , а звездный месяц — через S . Тогда $\frac{1}{P} = \frac{1}{S} - \frac{1}{R}$, откуда получаем $P = 27,55$ суток. 645. $57'$ для каждой стороны Луны. 646. $\frac{1}{D} = \frac{1}{S} + \frac{1}{R}$, где R — период обращения узлов лунной орбиты. $D = 27,21$ суток. Драконический месяц короче звездного, потому что узлы лунной орбиты движутся к западу — навстречу движению Луны, а аномалистический месяц длиннее звездного потому, что линия апсид движется к востоку и Луне надо ее догонять.

К разделу XVI: ЗАТМЕНИЯ.

I.

650. Маленькая кривизна внутренней части серпа, быстрота изменения фазы, время наблюдения и буроватый цвет затмившейся части Луны. 651. Не может (за исключением близких к земным полюсам мест). 652. Это объясняется рефракцией в земной атмосфере. 653. Не может. 654. $2^h 13^m$, 6 утра. 655. Может. Не может, потому что промежуток времени между эпохами затмений короче полугода. 656. Луна в апогее. Правда, тогда Луна проходит через меньший поперечник конуса земной тени, но движется она по законам Кеплера медленнее и это перевешивает. 657. Может. Не может. 659. Может — в полярных областях. 660. Потому что пятна света в тени лисы — это изображения Солнца, даваемые малепькими просветами среди листьев, подобно камере-обскуре. 661. Западный. 662. Не может. Может. 663. В 5,4 раза. 665. Затмения происходили бы в один и те же дни года, но далеко не каждый год. 666. Между тропиками затмения видны чаще. 668. В 1941 г. (Полное затмение Солнца 1941 г. будет хорошо видимо в СССР.) В 1905 г.

670. Могло вечером, вблизи земного экватора. 671. Да, севернее полярного круга, когда затмение происходит вблизи полуночи в течение полярного дня. 672. Потому что, если первое затмение некоторого цикла произошло 1 января, то, хотя на этот год в декабре придется 20 дней третьего цикла возможных затмений, в течение их может быть только одно новолуние (или одно полнолуние), также необходимое для затмения, а следующее полнолуние (или новолуние) придется на 1 или 2 января ($12\frac{1}{2}$ синодических месяцев все же больше високосного года). 673. $l = \Delta \frac{r}{R-r} = \frac{1}{108,5} \Delta = \frac{r}{\sin(S-p)}$. 674. а) $x = Lr : (R-r) =$

$= 219r$, где x — длина конуса земной тени; б) $y = (x-l)r : \sqrt{x^2 - r^2} = 0,726 r$.

675. Диаметр $x = \frac{bk-ab}{k-1} \approx 140$ км. Площадь телесного пятна $\frac{\pi x^2}{4} = 15 400$ км².

676. $x < 0$ (обозначения задачи 675). Невозможно. Затмение будет кольцеобразное. 677. Нет, потому что тогда наибольший видимый диаметр Луны, равный сейчас $33' 32''$, станет на 10% меньше, т. е. будет $30' 11''$, и уже не покроет наименьшего видимого диаметра Солнца ($31' 32''$). Этот же результат можно получить, вычисляя длину конуса лунной тени и сравнивая ее с радиусом лунной орбиты. 678. $11^\circ 50'$ и $9^\circ 55'$. 679. Около $16\frac{1}{2}^\circ$. 680. $MEN = P + p - S = 41' 9''$, т. е. этот угол значительно меньше, чем аналогичный угол для солнечного затмения, и, следовательно, условия лунного затмения „жестче“, они происходят

реже солнечных. 681. Из сферического треугольника, образованного эклиптикой, проекцией лунной орбиты на небесную сферу и кругом широты, происходящим через Луну, получаем

$$\sin A = \sin \frac{MEN}{\sin r} \approx 11\frac{1}{2}^\circ.$$

К разделу XVII: Тяготение.

682. Ускорение, сообщаемое Землей Луне, больше в 132 000 раз. 683. На линии центров, на расстоянии 4664 км от центра Земли. 684. Искомая точка находится на расстоянии от B , равном $r(\sqrt{mm' - m'}) : (m - m')$. На расстоянии 6 земных радиусов от центра Луны. 685. Движение этой кометы можно сравнить с движением данного тела и написать по третьему закону Кеплера $\left(\frac{T}{2t}\right)^3 = \left(\frac{a}{a':2}\right)^3$, где T — период обращения данного тела в сутках. Отсюда получаем $t = \frac{T}{4\sqrt{2}} = \frac{T}{5,65}$. 686. 64^д, 6. 687. 4,8 суток. 688. За 54 года. 689. 17,2. 690.

14,7. 691. 0,10 массы Земли. 692. $\frac{1}{3\,050\,000}$ массы Солнца. 693. 317 масс Земли.

694. $m_1 = 0,0009$, т. е. $\frac{1}{1100}$ (точное значение $\frac{1}{1047}$). 695. $\frac{M}{m} = \left(\frac{149\,500\,000}{384\,400}\right)^3 \times \left(\frac{27,3217}{365,256}\right)^2$, откуда получаем $\lg \frac{M}{m} = 5,51740$ или $M = 329\,000\,m$. 696. Равен-

ство центробежного ускорения и ускорения силы тяжести дает $\omega^2 R = \gamma \frac{M}{R^2}$, откуда $\dot{M} = 1,9 \cdot 10^{23}$ г. 697. Ведет к уменьшению большой полуоси. 698. По третьему закону Кеплера $\frac{M' + m}{M + m} = \frac{(2r)^3}{T^3} : \frac{r^3}{T^3}$, где r — расстояние Луны от

Земли, T — период обращения Луны, m — масса Луны, M — истинная масса Земли и M' — искомая масса Луны. Отсюда $M' = 8M$, если пренебречь массой Луны. 699. В 186,6 раза больше ее истинной массы. 700. При любом уменьшении, превышающем 50%, что получается из формулы параболической скорости, приравняв последнюю к наблюдаемой скорости Луны, принимаемой за круговую. 701. Она возросла бы в 10 раз, т. е. до 420,9 км/сек. 702. Нет, так как находим после расчета, что параболическая скорость на расстоянии Земли от Солнца в этом случае уменьшилась бы как раз до современной орбитальной скорости Земли. 703. Нет. 704. 7,91 км/сек. 705. $1^{\text{д}}24^{\text{ч}}7^{\text{м}}$. 706. 2,4 км/сек. 707. 617 км/сек. 708. 435,8 км/сек. 709. $2^{\text{д}}47^{\text{ч}}4^{\text{м}}$. 710. В четыре раза дальше, чем расстояние до Луны. 711. 16 880 км. 712. 4,8 км/сек. 713. $g_1 = pgg$. 714. 0,01. 715. 10 секунд. 716. Ускорение лунной тяжести $g' = g \cdot 6370^2 : 81 \cdot 1740^2 = 1,6231$ м; $l' = g' : \pi^2 = 0,1645$ м, $t' = \sqrt{g : g'} = 2,458$ секунды. 717. С той же самой скоростью, потому что масса снаряда на Луне не изменилась (изменился только его вес). 718. 364 см/сек². 719. Приблизительно 267 м/сек². 720. Уменьшится вчетверо. 721. $\frac{1}{1657}$ ускорение силы тяжести на Земле. 722. $g = g_0 \frac{m}{r^2} = 2,64 g_0$

или 26 м/сек². 723. $g = nR \cdot \left(\frac{2\pi n}{t}\right) = 26,53$ м. 724. Первое относится ко второму, как 46 400 : 1. 725. 50 000 км; $65 \cdot 10^{12}$ кг³; 1,6 г/см³; 11,0 м/сек².

II
726. $981 = f \cdot 4\pi^2 \cdot \delta : 3r^2$, откуда $f = 6,7 \cdot 10^{-8}$ см³г⁻¹сек⁻². 727. $k = \frac{2\pi a^2}{R\sqrt{M+m}} = 0,01720209895$. 728. Все планеты разбежались бы, так как реаль-

ная скорость каждой из них как раз равна той, которая на соответствующем расстоянии при уменьшении массы Солнца стала бы параболической скоростью. 729. Она тотчас бы превратилась в вытянутый эллипс с афелием вблизи той

точки пространства, где Земля была в момент воображаемого нашествия с Солнцем. 730. $x^2 : t^2 = \frac{1049}{1048} = a^2 : a^3 = 1$. Отсюда получаем

$$x = t \left(\frac{1049}{1048} \right)^{\frac{1}{2}} = t \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1048} + \dots \right); \quad x \approx t \left(1 + \frac{1}{2096} \right).$$

Так как $t = 4332,6$, то $(x - t) = \frac{4332,6}{2096} = 2,067$ суток. 731. На $\frac{1}{660\,000}$ года, т. е. на 47,8 секунды. 732. Продолжительность суток увеличится на величину $\frac{5}{3} \cdot \frac{m}{M} \cdot T = 0,0004$ секунды. 733. v будет равна параболической скорости на расстоянии Земли, т. е. $v_0 \sqrt{2} = 42$ км/сек. 734. $v = 586$ км/сек. 735. Прямая линия. 736. Вычисления с четырехзначными логарифмами дают, что квадрат данной скорости на 0,000451 астр. ед. в сутки меньше квадрата параболической скорости. Очевидно, орбита — эллипс, и в задаче речь идет о Венере. 737. Скорость кометы равна параболической скорости на том же расстоянии от Солнца и, следовательно, орбита парабола, а ее эксцентриситет равен 1. 738. $e = 0,99$, $a = 0,5025$, $T = 0,36$ года, $q = 0,005025$. 741. В перигелии линейная скорость втрое, а угловая в девять раз больше, чем в афелии. 742. В перигелии линейная скорость вдвое, а угловая вчетверо больше, чем в афелии. В перигелии линейная скорость в 7 раз, а угловая в 49 раз больше, чем в афелии. 743. 0,6. 744. а) См. ответ к задаче 739. б) Скорость на концах малой оси равна средней скорости. 745. У конца малой полуоси, потому что ее расстояние от фокуса эллипса (от Солнца) равно большой полуоси или среднему расстоянию, линейная же скорость зависит от расстояния до Солнца. 746. По закону площадей угловая скорость пропорциональна r^2 . На конце малой оси $r = a$, но a^2 не равно среднему из всех r^2 .

747. Решение: Скорость кометы в перигелии равна $\sqrt{2}x \times$ скорость Земли по орбите. Таково же соотношение их секторных скоростей. Секторная скорость Земли, т. е. площадь, описываемая ее радиусом-вектором, равна π «квадратных астр. единиц» в год. Для кометы секторная скорость равна тогда $\pi \sqrt{2}$. По свойству параболы $SQ = 2PS$ и площадь сектора SPQ равна $\frac{2}{3}$ площади прямоугольника $PRQS$, т. е. $\frac{4}{3}$ квадратной астр. единицы. Отсюда искомое время равно $4/(3\pi \sqrt{2})$ лет, или приблизительно $\frac{3}{10}$ года (109,61 суток).

$$749. M_1 M_2 = \frac{R_1}{R_2} d. \quad 750. 384\,000 \text{ км.} \quad 751. 7,9 \text{ км/сек.}$$

$$752. v_0^2 = \frac{2gR(d-R)}{d} \cdot \frac{\sqrt{M/m}(d-R) - R}{\sqrt{M/m}(d-R) + R} = 2gR \left(-1 - \frac{1}{60} \right) \frac{1-a}{1+a},$$

где

$$a = \frac{1}{59 \sqrt{80}}; \quad v_0 = 10,8 \text{ км/сек.}$$

753. Приняв $R = 150\,000\,000$ км и $S = 330\,000$, находим $\frac{R \sqrt{SE}}{S-E} = 262\,000$ км,

$$\frac{RE}{S-E} = 454 \text{ км.} \quad 754. \frac{D_S}{A_S} = \frac{r^2(R+p)}{R^2} = 0,005, \quad \frac{D_S}{A_E} = \frac{Sr^2}{M} \frac{(R+p)}{R^2 p^2} = 0,011. \quad 755.$$

$$\frac{D_S}{D_E} = \frac{S}{E} \frac{r^2}{p^2} \frac{R^2 - p^2}{R^2 - r^2} = \frac{S}{E} \frac{r^2}{p^2} \frac{R+p}{R+r} = 0,0114. \quad 757. \frac{P_{\text{пол}}}{P_{\text{эки}}} = 1 + \left(\frac{2\pi}{36\,000} \right)^2 \frac{R^3}{\gamma M} +$$

$+ \left(\frac{2\pi}{36\,000} \right)^4 \frac{R^3}{\gamma^2 M^2} + \dots$ 758. На 42%. 759. В $2\frac{1}{2}$ раза. 760. Наибольшая в январе — в перигелии. В июле, когда Земля находится в афелии — наименьшая. Отношение этих сил равно 1,11.

К разделу XVIII: АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ.

I.

761. Изображение Луны стало бы несколько менее ярким, но вид ее не изменился бы. 762. Не увидит, потому что изображение пальца на таком расстоянии вообще нельзя получить в фокусе объектива. 763. $1''{,}5$; 12 зв. величины. 764. $0''{,}19$. 765. $0''{,}13$; 17,3 зв. величины; $0''{,}15$; 16,9 зв. величины. 766. Около 45 раз. 767. 1500 раз. 768. 250 раз. 769. 65 мм, 19,5 мм, 6,5 мм. 770. $x = 2f \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = 3,72$ мм. 771. 23 мм. 772. 166,35 см. 773. $2\frac{1}{4}$ мм. 774. 0,92 мм. 775. В 100 раз. 776. В 100 млн. раз. 777. В 630 раз. 778. 11,0. 779. 2,50. 780. На $1,11$ зв. величины станет ярче. На $0,73$ величины ослабеет. 781. В 387 раз. 782. Амплитуда изменения яркости соответствует изменению поверхности, т. е. изменению квадрата радиуса, поскольку звезда — шар. Яркость меняется, следовательно, в 4 раза и амплитуда равна $2,5 \lg 4 = 1,5$ зв. величины. 783. 100. 784. 7. 785. 35. 786. В 1,8 раза. 787. Звезда приближается к нам со скоростью по лучу зрения 50 км/сек. 788. $n = 7 \cdot 10^{14}$ колебаний в секунду. 789. $3,16 \text{ \AA}$. 790. $\lambda_2 = 665 \text{ м\mu}$; $\lambda_1 = 383 \text{ м\mu}$. 791. 700 км/сек.

II.

793. $0,29$ мм; $2,4 \text{ \mu}$. 798. В секундах дуги $d = 15f \cos \delta$. 799. $(3''{,}4) \cdot \cos 86^\circ 36'$, $6 = 10''{,}9 = 163''{,}5$. 800. Не зависит. 801. $16''{,}0$. 802. 5 секунд. 803. Изображение Луны станет только вдвое менее ярким. Дифракционные диски звезд и круги около них станут полукругами. 804. $d + 2b \operatorname{tg} \frac{1}{2} \alpha = 4,28$ см. 805. $\beta = 6^\circ 38'$, длина $166,4$ см. 806. а) На расстоянии $45,07$ см от испущенного зеркала; б) изображение в вогнутом зеркале составляет $0,0012$ предмета; в) луна увеличивает это изображение в 9 раз. 807. $F = \frac{F_1 F_2}{F_1 + F_2}$. 808. Средний. 809. 13×18 см. 810. Первый для целей $1,3, 6$. Второй для целей $2, 4, 5$. 811. Единица, так как поверхностная яркость не зависит от расстояния. 812. $13,2$ в визуальных и $4,5$ в фотографических. 813. 2,20. 814. 1,85. 815. 1,70. 816. На расстоянии 27 км. 817. $+0,8$; $-14,2$. 818. 9,68; 9,50; в среднем 9,59. 820. Оно укорачивается. 821. $-20,7$ км/сек. 822. Около 4 микрон. 823. -30 км/сек. 824. Красный конец палево. Нижняя звезда блее. 825. Это багмеровская серия подорода. 829. $\delta = 1^\circ 41'$. На фотографии спектра это займет около 17 мм. 830. Отклонение красных лучей $\delta_r = 38^\circ 29'$, фиолетовых $\delta_v = 41^\circ 46'$. 831. $\delta_v = 35^\circ 39'$; дисперсия $1^\circ 20'$. 832. $\gamma = 32^\circ$; $\delta_0 = 8^\circ 51,2$; $\delta_r = 8^\circ 49,2$.

К разделу XIX: ЛУНА.

I.

833. Приблизительно $12\frac{1}{2}$ оборотов. 834. 27,32 суток равны звездному месяцу. День и ночь равны половине синодического месяца, или $14,76$ земных средних солнечных суток. 835. Для наблюдателя на Луне Земля не восходит и не заходит. 836. Земля там видна в зените и вследствие либраций несколько колеблется около этого положения. 837. Земля очень медленно то восходит, то заходит, описывая около горизонта сложные кривые на протяжении нескольких градусов вдоль и перпендикулярно к линии горизонта. 838. Не изменяется. 840. Можно, потому что, находясь в этот момент обычно ниже или выше Солнца, Земля теоретически представлялась бы крайне узким серпом, обращенным выуклостью к Солнцу и практически была бы видна на черном небе Луны. Солнце подошло бы к Земле и ее миновало, а серп Земли перекатылся бы постепенно в это время с одной стороны на другую. 841. В 80 раз сильнее лунного. 842. В 480 тысяч раз. 843. Наличие теней, отбрасываемых неровностями лунной почвы при косом освещении Солнцем. 844. Нет. С Луны видна атмосфера, окружающая Солнце и видимая с Земли лишь во время полных затмений Солнца. 845. Нет. 846. Нельзя, потому что полярные сияния — это электрическое свечение атмосферы, которой на Луне нет. 847. Сила тяжести на Луне равна $0,16$ земной силы тяжести. 848. На 3 м. 849. $9,6$ кг; 60 кг, если гири сделаны были на Земле. 850. 75 км.

II.

851. 750 м. 852. По измерении длины тени линейкой она равна $l = 24'', 8 = 463 \text{ км}$ (с учетом перспективного сокращения, равного $\frac{12}{15}$); $H = l \operatorname{tg} h = 5780 \text{ м}$. 853. На фигуре X нам известен радиус Луны $R = OK$. Из треугольника AKO имеем $(R + h)^2 = R^2 + (AK)^2$, откуда, зная AK и R , находим h . В нашем случае $h = 0'', 1$, или 190 м. 854. При данных условиях находим, что средняя квадратическая скорость молекул водорода $4,5 \text{ км/сек}$, т. е. подавляющее число молекул имеют скорость больше параболической и покинет Луну.

К разделу XX: ПЛАНЕТЫ.

I.

856. $4'', 2$. 857. $62'', 2$; $62'', 8$; $17'', 0$. 859. $\frac{17,75}{8,80} \cdot 5,431 = 10,95$. 860. 6800 км. 861. 42 000 000 км. 862. На 41° ; на 2° . 863. 54 км . 867. В 90 раз. 868. $6,25 : 2,04 : 1 : 0,44 : 0,037$. 869. $1'$; в 900 раз. 870. $0,84 \text{ км/с}^2$ в минуту. 871. На $\frac{1}{5000}$ долю, или приблизительно на такую же долю звездной величины. 872. — $19,3 \text{ зв. величины}$, т. е. в $12 \cdot 10^6$ раз ярче Сириуса. 873. В 58 раз. 874. Приблизительно в $2^\circ \times \left(\frac{9,2}{4,2}\right)^3$, т. е. в 19 раз. 875. Потому что Венера имеет фазу; однако во время верхнего соединения Венера для Земли ярче, чем Земля для Венеры, оттого, что расстояния между планетами равны, но Венера ближе к Солнцу. 876. У Юпитера больше. 877. Усилилось бы во столько раз, во сколько увеличилась бы поверхность, отражающая свет Солнца.

II.

878. См. ответ к задаче 633. 879. В квадратурах, когда Земля выглядит, как Луна в первой или в последней четверти. 880. Из треугольника STP $\sin P = \frac{ST}{SP} \cdot \sin T$. Наибольшее значение P имеет при $T = 90^\circ$, т. е. в квадратуре. Для Марса $P = 41' 1''$, для Юпитера $P = 11' 5''$, для Сатурна $P = 6' 1''$. 881. 108 540 км. 882. $\frac{1}{15,6}$. 883. $+ 273^\circ \text{ С}$. Эту величину найдем, приравняв излучаемую таким шаром энергию $4\pi a^2 \sigma T^4$ энергии, поглощаемой им от Солнца $\pi b a^2$, где a — радиус шара, а b — солнечная постоянная для Меркурия. 884. $2770 : \sqrt{R}$, потому что площадь части неба, занимаемой Солнцем, если его рассматривать из некоторой точки, изменяется приблизительно пропорционально $R^{-\frac{1}{2}}$. 886. Дело сводится к тому, что положение видимого центра планеты меняется благодаря суточному параллаксу и на такую величину, т. е. в большинстве случаев на доли секунды дуги, тогда как планетоцентрические координаты деталей на планете вообще определяются с точностью менее $1''$. Итак, это влияние практически неощутимо. 888. На $0'', 92$. 889. На 717 км/час . 890. На расстоянии 110 м. 891. — $1,16$. 892. $m = m_0 - 5 \lg(a^2 - a) + 5 \lg(pr)$. 893. 14,4. 894. Синодический период обращения $5 \frac{1}{2}$ земных суток. 895. Период обращения Фобоса относительно поверхности Марса равен 11 часам. Ответ — $5 \frac{1}{2}$ часов. $\frac{90 - x}{90}$, где $\sin x = \frac{1}{2} \cdot 79$, откуда $x = 21^\circ$. Предельная широта равна $90 - x = 69^\circ$. 896. В 82 раза ($42 \frac{1}{2}^\circ$). 897. Блеск меняется в $2 \frac{1}{2}$ раза или на 1 зв. величину. 898. В марсианских сутках период обращения Фобоса, равный $7^h 39^m \frac{24}{24,6} = 7^h 5$. Суточное движение Фобоса среди звезд $\frac{360^\circ}{7,5 : 24} = 1151^\circ$. Отсюда промежуток между кульминациями x найдется из пропорции $\frac{360^\circ - 1151^\circ}{360} = \frac{24}{x}$; $x = 10^h 55^m$. 899. На восточном краю. 900. Тени следуют за спутниками. 901. Спутник движется медленно относительно горизонта, но быстро среди звезд. 902. I и III в затмении, II про-

ходит перед диском, либо наоборот. 903. Угловая скорость вращения ω постоянна, а $v = \omega r$. Поэтому доплеровское смещение пропорционально расстоянию от центра диска.

К разделу XXI: КОМЕТЫ.

904. По ее перемещению относительно звезд, заметному за несколько часов или даже за несколько десятков минут. 905. Наблюдение, что они участвуют в суточном вращении небесной сферы и измерение их параллакса. 906. Точно нельзя ни в каких единицах, потому что хвост постепенно сходит на-нет. 908. Не может, потому что газ, выделяющийся из ее ядра при нагревании, когда она приближается к Солнцу, постепенно иссякает. 909. 52,4 млн. лет. 910. 0,34 и 4,10 астр. единиц. 911. Тем, что либо по какой-то причине самосвечение кометы ослабело, либо тем, что отражающая солнечный свет поверхность кометы уменьшилась, либо совместным действием обеих причин. 912. Период обращения 6 лет 10 месяцев. Это периодическая комета Вольфа. Различия в промежутках времени между прохождениями через перигелий объясняется возмущениями в движении кометы благодаря притяжению планет. В частности, в 1875 г. комета близко подходила к Юпитеру, значительно изменившему ее орбиту. Поэтому первый промежуток времени в $1\frac{1}{2}$ раза больше двух следующих.

II.

913. Нет, благодаря возмущениям со стороны планет. 914. При эксцентриситетах, близких к 1, эллипсы, почти совпадающие вблизи фокуса, имеют очень различные большие полуоси. 915. 19,6 астр. единицы. 916. $a = 84$ астр. единиц; $e = 0,999907$. В перигелий скорость 476 км/сек, в афелии 22 м/сек. 917. Период 13,7 лет; $a = 5,72$ астр. единицы. Это периодическая комета Туттля. 918. Может только та, у которой перигелийное расстояние меньше 1. 919. От истинной величины хвоста, которая сама зависит от расстояния кометы от Солнца, от угла между плоскостью орбиты кометы и лучом зрения наблюдателя и от расстояния кометы от Земли. 920. Из уравнения большой полуоси следует:

$$a = \frac{r}{2} \left(\frac{u^2}{u^2 - v^2} \right),$$

где u — параболическая скорость на расстоянии r , а v — действительная скорость. Очевидно, при v , близком к u , малейшее изменение v вызывает громадное изменение в a . 921. Около 0,13 км/сек. 922. Для этого компонента

$a = (769)^{\frac{2}{3}} = 83,9$ астр. единицы, по уравнению живых сил (уравнению орбитальной скорости)

$$v^2 = (29,76)^2 \cdot \left(\frac{2}{0,00775} - \frac{1}{83,9} \right),$$

откуда получаем

$$v = 29,76 \sqrt{257,99} = 477 \text{ км/сек.}$$

923. Для этого компонента $a = (875)^{\frac{2}{3}} = 91,4$. Если скорости первого и второго компонентов обозначить через v_1 и v_2 , то

$$v_2^2 - v_1^2 = (29,76)^2 \cdot \left(\frac{1}{83,9} - \frac{1}{91,4} \right) = 0,86$$

или

$$(v_1 + v_2)(v_1 - v_2) = 0,86; \quad v_1 + v_2 = 954; \\ v_2 - v_1 = 0,0009 \text{ км/сек} = 90 \text{ см/сек.}$$

924. От афелия к перигелию расстояние между частицами будет расти, и наоборот. 925. С удалением от Солнца размеры кометы увеличивались бы. 926. Может. 927. Прямая линия. Движение по инерции. 928. Гипербола, обращенная выпуклостью к Солнцу и имеющая его в своем внешнем фокусе. 929. Почти прямая линия, направленная по радиусу-вектору кометы от Солнца. 930. Орбита с эксцентриситетом слегка большим, чем у орбиты самой кометы. 931. Одна из точек проекции радиуса-вектора (все они должны лежать на прямой): $\alpha = 21^\circ 50'$, $\delta = 9^\circ 14'$. Верхний хвост I типа, средний II типа и нижний III типа. 932. В 64 раза. 933. В 64 раза, т. е. на 4,5 зв. величины. 934. 7,7 величины. 935. Никакой, так как это наблюдавшееся изменение блеска обнаруживает закон

обратной пропорциональности квадрата расстояния от Солнца, а это и есть закон изменения отраженного света. 936. Потому что их яркость зависит от их расстояния до Солнца. 937. Масса глыбы $m = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho \approx 1,35 \cdot 10^{13}$ г. Параболическая

скорость $v_0 = \sqrt{\frac{r m^2}{r}} = 4,2$ см/сек. Средняя квадратическая скорость

молекул у нас $v = 111,4 \sqrt{\frac{T}{D}}$, где $T = 273 + 200$, D (молекулярный вес циана)

равен $12 + 14 = 26$; $v = 457$ м/сек, т. е. во много раз больше параболической, и молекулы мгновенно покинут ядро кометы. 938. Под действием солнечного прилива метеоритная куча станет рассыпаться. 939. 46,8 км/сек.

К разделу XXII: МЕТЕОРЫ.

I.

941. С Луны это будет совершенно незаметно. 942. Под утро. 943. 10,34 астр. единицы. 944. Его ширина не менее длины пути, пройденного за это время Землей, т. е. $30 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 7$ км $\approx 18 \cdot 10^6$ км. 945. На неполную параллельность их путей в атмосфере. 948. 2,2 м. 949. Тем, что вдоль этой линии густота и культурность населения выше. 950. Летящий вслед за Землей упадет на нее, как тело, лишенное опоры, а встречный метеорит минует Землю. 951. $8,1 \cdot 10^8$ киловатт. 952. Около 0,41 млн. кг/м². 953. 3,65 м/сек и 385 м/сек. 954. 8,3 см и 39,8 см.

II.

955. 34°. 957. Не останется, благодаря приливному воздействию Солнца. Рой после каждого приближения к Солнцу будет становиться все рассеянее. 958. Кольцо. 959. 12,3 км/сек и 71,9 км/сек. 960. Тем, что на утреннюю сторону земного шара падают как те метеоры, которые летят ей навстречу, так и те, которые она нагоняет. На вечернюю же сторону Земли падают только те метеоры, которые нагоняют Землю. 961. Потому, что двенстречи в год могут быть лишь у тех потоков, которые движутся почти в точности в плоскости эклиптики, а таких исключительных потоков почти не существует. Другое условие для двух встреч также редко осуществляется — расстояние перигелия от узла должно составлять 90°. 962. На рисунке 54, O — наблюдатель, OA — направление к радианту, параллельное скорости метеора $v = ML$. Из треугольника OLM

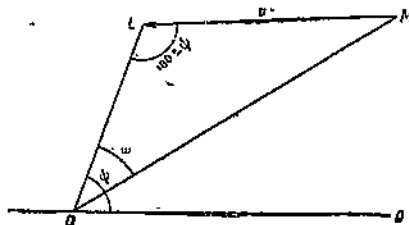


Рис. 54.

нине $\frac{v}{\sin \omega} = \frac{r}{\sin \psi}$. Когда ω мала, то $v = \frac{r}{\sin \psi} \omega$. 963. 830. 964. Около 1 800 000.

965. Около 110 км. 966. Около 250. 967. 78 700 000. 968. 180 км. 969. $\alpha = 25^\circ$; $b = 150$ км; $H = 105$ км (среднее). 971. Из созвездия Дракона, недалеко от звезды δ . 972. Около 10^{-18} . 973. $\frac{10^9}{1,8 \cdot 10^{15}}$ или $\frac{1}{1800}$. Остальное идет на нагревание воздуха, его ионизацию, на образование воздушных волн и т. д. 974. Среднее из высот, находимых по формуле $H = d \operatorname{tg} h$, равно 78 км.

К разделу XXIII: СОЛНЦЕ.

I.

975. Радиус 109 радиусов Земли, поверхность 11 900 поверхностей Земли, объем 1 300 000 объемов Земли. 976. $2\frac{1}{3}$ года. 977. В 1938 г. много, в 1945 г. мало. 979. 17°, — удвоенному параллаксу Солнца. 980. В 7 раз больше в диаметре, чем Земля. 981. 500 км. 983. Потому, что с 1933 г. число солнечных пятен, вызывающих полярные сияния, все время росло. 985. Удаление со ско-

ростью 137 км/сек. 986. На $2,22 \text{ А.}$ 987. Звездой $+0,6$ величины. 988. 38 з. 989. 100 кг. 990. Около $40\,000 \text{ кг.}$

II.

991. $\beta = 82^\circ 49', 5$; $\lambda = 343^\circ 47'$. 992. $30,43$ суток. 996. Около 9 м/сек. 997. На экваторе $25,05$ суток, на широте $30^\circ - 26,34$ суток, на широте $45^\circ - 27,75$ суток. 998. 510 дней, т. е. гораздо дольше продолжительности „жизни“ солнечного пятна. 999. $\theta'c' = ac \operatorname{ctg} AOa'$. 1001. $(r+h)^2 = \left(\frac{AB}{2}\right)^2 + (SE)^2$, где $(SE) = (LE) -$

$-(LS)$; $(LS) = R - r$; $(LE)^2 = R^2 - \left(\frac{AB}{2}\right)^2$. 1002. $3,02 \cdot 10^{27}$; $50\,000$ свечей.

1003. $3,79 \cdot 10^{38}$ люменпов; $624\,000$ ламбертов. 1004. $13,5$ ламберта. 1005. 100 люменпов или 8 свечей на ватт. 1006. $5,08 \cdot 10^{22}$. 1007. $15,8 \text{ мм.}$ 1008. 1 минута. 1009. 1000 млн. рублей. 1010. $6130'$. 1011. Беря отношение энергии в двух участках спектра и логарифмируя, находим отсюда T по формуле:

$$T = \frac{c_2 \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) \lg e}{\lg E_1 - \lg E_2 + 5 (\lg \lambda_1 - \lg \lambda_2)} = 6760^\circ.$$

1012. $c dT = I_p dt - jP(t_1 - t_2) dt$. 1013. Решение: Полное излучение Солнца равно $\frac{4\pi R^2 ac}{60} \text{ эрг/сек.}$ Следовательно, излучение единицы поверхности Солнца

в секунду: $\frac{4\pi R^2 ac}{60 \cdot 4\pi \cdot r^2} = \sigma T^4$, откуда $T = 5750^\circ$. 1014. Решение: Беря от выражения закона Стефана-Больцмана логарифмическую производную, имеем $\frac{dT}{T} = \frac{1}{4} \frac{dE}{E}$, откуда искомое $dT = 1/4\%$ от 6000° К или 15° . 1015. Одна из причин

та, что спектр Солнца не вполне совпадает со спектром абсолютно черного тела. Другая причина та, что разные методы, строго говоря, дают температуру различных частей солнечной атмосферы. 1016. 4835° К. 1017. Через 2000 лет.

1018. Для шара массы M и радиуса R эта энергия $W = \frac{3}{5} k^2 \frac{M^2}{R} = 2,27 \cdot 10^{48}$ эргов. 1019. $5 \cdot 10^{24} \text{ з.}$ 1020. $1,3 \cdot 10^{20} \text{ з.}$ $= 1,3 \cdot 10^{14} \text{ м.}$ 1021. $3 \cdot 10^{10} \text{ лет.}$

К разделу XXIV: ДВИЖЕНИЯ И ПРИРОДА ЗВЕЗД.

I.

1022. Около 46 млн. лет. 1023. Около 35 млн. лет. 1024. $8,8$ светового года. 1025. $2,7$ парсека $= 8,8$ световых лет $= 558\,000$ астр. единиц $= 8,3 \cdot 10^{13} \text{ км.}$; 100 парсек $= 326$ световых лет $= 20,6 \cdot 10^6$ астр. единиц $= 3,08 \cdot 10^{15} \text{ км.}$ 1026.

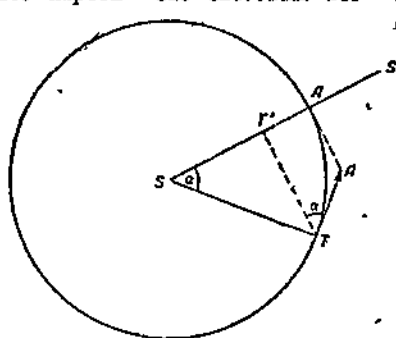


Рис. 55.

5 парсек $= 16,3$ светового года $= 1,03 \times 10^5$ астр. единиц $= 15,4 \cdot 10^{13} \text{ км.}$; $8,3$ парсека $= 27,2$ световых года $= 1,7 \cdot 10^6$ астр. единиц $= 2,56 \cdot 10^{14} \text{ км.}$ 1027. С вероятностью 50% . Параллакс заключается в пределах от $0'',306$ до $0'',318$, а следовательно, расстояние в пределах от $3,26$ до $3,14$ парсека, т. е. известно с точностью до нескольких процентов. 1028. С учетом возможной погрешности параллакса последний заключается в пределах от $0'',012$ до $0''$, т. е. расстояние звезды заключено в пределах от 83 парсеков до бесконечности, т. е. можно лишь сказать, что звезда, вероятно, не ближе к нам, чем на 80 парсеков. 1029. Сириус в $10\,200$ раз ярче своего спутника. 1030. $+1,27$. 1031. $-4,0$. 1032. В 9200 раз.

1033. $0,00041$. 1034. Канопус ярче в $80\,000$ раз. 1035. В $14\,000$ раз. 1036. $11,6$ и $13,4$. 1037. $0,0020$ и $0,00038$. 1038. Видимая звездная величина Веги стала бы

равна 15,1. 1039. 4,1 астр. единицы. 1040. Увеличиваются в области созвездий Лиры и Геркуlesa и уменьшаются в противоположной части неба.

II.

1043. $y = \left(1 - \frac{1}{\sqrt{n}}\right) \frac{\alpha \cdot c}{V_r}$ лет. 1044. 16 000 лет. 1045. Через 97 000 лет.

1046. В том и в другом (через полгода) случаях скорости Земли будут противоположны относительно звезды. Разность наблюдаемых лучевых скоростей звезды будет равна удвоенной проекции скорости Земли на луч зрения, направленный к звезде в один из приведенных моментов, следовательно, эта разность может меняться от 0 до ± 60 км/сек, в зависимости от долготы звезды. 1047. Поправка эта всегда равна нулю, так как в любой момент скорость Земли по орбите перпендикулярна к лучевой скорости звезды (к лучу зрения, соединяющему звезду с наблюдателем). 1048. Пусть на рисунке 55 S — Солнце, S' — звезда, T — Земля, TA — скорость Земли, а $T'A'$ — ее проекция на луч зрения. Поправка за скорость Земли $T'A'$ равна $TA \sin \alpha$, где $\alpha = \frac{360^\circ}{365 \frac{1}{4}} \cdot t$,

а t — время, выраженное в сутках, протекающее от момента весеннего равноденствия до момента наблюдения. Поскольку при $\alpha < 90^\circ$ скорость Земли направлена к звезде, делая наблюдаемую скорость ее по отношению к Солнцу большей в случае приближения звезды, поправка будет иметь вид $\Delta V = 29,5 \sin \frac{360^\circ}{365,25} \cdot t$.

1049. Да, наблюдавая систематическое изменение их параллаксов. 1050. $1''; 0,1$; 142° . 1051. $0''; 55$; 74° . 1052. $-1''; 20$; $+0^\circ; 21$. 1053. $+1''; 25$; $-0^\circ; 07$. 1054. У α Центавра в 22 раза меньше. 1055. 90 км/сек. 1056. 17 км/сек. 1057. 16 км/сек. 1058. 19 км/сек. 1059. 57 км/сек. 1060. 18 км/сек; 114° . 1061. 46° . 1062. 25 км/сек под углом 31° . 1063. 16 км/сек. 1064. $+20$ и 12 км/сек. 1065. $0''; 44$.

1066. Решение: $OM = OS \sin \vartheta = \frac{206\,265}{\pi}$ астр. единиц, $OS = \frac{206\,265}{\pi}$ астр.

единиц. Следовательно, $\pi' = \frac{\pi}{\sin \vartheta}$. Если M абсолютная величина звезды, то $M = m + 5 + 5 \lg \pi$ и $M = m' + 5 + 5 \lg \pi'$, откуда получаем $m' = m + 5 \lg \pi - 5 \lg \pi' = m + 5 \lg \sin \vartheta$. В точке M $V_r' = 0$, $V_t' = V = \frac{4,74 \mu}{\pi'}$, откуда получаем $\mu' = \frac{\mu \pi'}{4,74} = \left(\frac{1}{4,74}\right) \left(\frac{T}{\sin \vartheta}\right) \left(\frac{P}{\sin \vartheta}\right) = \frac{\mu}{\sin^2 \vartheta}$. Скорость вдоль MS равна V : 4,74 астр. единицы в год. Следовательно, время t , потребное на прохождение пути MS , $t = \frac{4,74 \cdot MS}{V} = \frac{4,74 \cdot 206\,265 \cos \vartheta}{\pi V}$. И так как $V = T : \sin \vartheta = 4,74 \mu : \pi \sin \vartheta$, то

$$t = \frac{206\,265}{\mu} \sin \vartheta \cos \vartheta = \frac{206\,265}{\mu} \frac{V_r V_t}{V_r^2 + V_t^2}.$$

Если V_r отрицательна, то t тоже отрицательно и означает, что наибольшее приближение звезды к Солнцу будет в будущем. 1067. В 30 050 г.; $\pi = 1''; 05$; $\mu = 7''; 11$; $m = -0,69$. 1068. $\vartheta = 142^\circ; 4$; $\pi = 0''; 80$; $\mu = 22''; 5$; $m = 8,9$ $t = -9800$; дата 11 700 г. н. э. 1069. $\mu = 11''; 56$; $\pi = 0''; 574$. 1070. Решение: Из двух последних столбцов видно, что Солнце приближается к северному полюсу мира со скоростью 8,2 км/сек и удаляется от южного со скоростью 9,3 км/сек, в среднем со скоростью 8,7 км/сек к северному полюсу мира. Также находим, что Солнце приближается к точке, лежащей на экваторе и имеющей $\alpha = 18^\circ$ со скоростью 19,4 км/сек и со скоростью 1,8 км/сек к точке с координатами $\alpha = 12^\circ$, $\delta = 0^\circ$. Находя по этим трем компонентам движения обычным образом их результирующий вектор, находим движение со скоростью 21,3 км/сек к апексу с координатами $\alpha = 17^\circ; 40'$, $\delta = +24^\circ$. 1071. Да, так как в случае такого криволинейного движения лучевые скорости звезд должны испытывать медленное систематическое изменение, различное для звезд, падающих по разным направлениям, так как направление вектора скорости Солнца будет поворачиваться относительно звезд, а наблюдаемая их скорость относительно Солнца

есть равнодействующая скорости Солнца и скорости звезды относительно пространства. 1072. Делаем чертеж, аналогичный предыдущему, размечая, однако, вдоль круга градусы склонения. Находим склонение апекса около $+35^\circ$ и антиапекса около -40° , откуда в среднем склонение апекса $+37^\circ$. 1073. Лучевые скорости менялись бы по закону $V_r \cos \lambda$, а собственные движения обратно пропорционально $\sin \lambda$. 1074. Можно, по систематическому увеличению видимого блеска звезд вблизи апекса и его уменьшению у звезд вблизи антиапекса. 1075. Через 51 000 лет. 1076. $+53,8$ км/сек. 1077. $+17,6$ км/сек. 1078. $v = -0,0460$; $\tau = -0,0797$. 1079. $v = -0,0122$; $\tau = +0,0628$. 1080. $v = 0,010$; $\tau = 0,064$. 1081. $0,0028$. 1082. $\pi = 0,0023$; $M = +0,3$. 1083. $0,0071$. 1084. $0,0015$ и $M = -0,4$. 1085. По τ $\pi = 0,00129$; по v компоненту $\pi = 0,00123$; в среднем $\pi = 0,00126$, откуда $M = -3,5$. 1086. $0,031$. 1087. $V = 44,2$ км/сек, $\pi = 0,025$. 1088. 79 парсеков; 550 парсеков. 1089. При низких температурах. 1090. $-0,64$ при $T = \infty$. 1092. Более яркий компонент $2,28 + 1,12 = 3,40$; более слабый компонент $5,08 - 0,04 = 5,04$. 1094. 57 м. 1095. 3 м. 1096. α Скорпиона больше в 3000 раз. 1097. 10,5 радиусов Солнца. 1098. 480 радиусов Солнца. 1099. $0,034$ радиуса Солнца. 1100. 62 радиуса Солнца. $0,033$. 1101. По диаметру в 630 раз больше Юпитера, или в 63 раза больше Солнца, т. е. в 35 раз больше самого Сириуса — что невероятно. Отсюда заключаем, что спутник — самосветящееся тело. 1102. $23\,000^\circ$; $11\,200^\circ$; 6000° . 1103. 4100° , 4600° , 6500° , $23\,000^\circ$. 1104. От 2300° до 1650° . 1105. 4200° . 1106. 2 калории в год. 1107. 3 мг. 1108. 4350° . 1109. 3100° . 1110. 4370° . 1111. 4000° . 1112. 10 масс Солнца. 1113. 0,9 массы Солнца. 1114. 5×10^{-8} г/см³. 1115. $68\,000$ г/см³. 1116. 10^5 г/см³. 1117. Кинетические энергии относятся, как $2,2:4,1:3,8$, т. е., несмотря на значительное разнообразие в массах и скоростях, кинетические энергии различаются очень мало и обнаруживают равномерное распределение энергии среди звезд.

К разделу XXV: ДВОЙНЫЕ ЗВЕЗДЫ

II.

1118. $0'',16$. 1119. $0,64$. 1120. 1,6. 1122. 7,5 масс Солнца. 1123. 1,5 массы Солнца. 1124. В 23,5 раза. 1125. $m_1 + m_2 = 2,1$ массы Солнца. 1126. $0,45$ масс Солнца. 1127. 11,5 астр. единицы и 6,5 масс Солнца. 1128. 5,5 масс Солнца. 1129. 6,3 вместо 11,1 масс Солнца. 1130. 100 астр. единиц; $P = 707$ лет; $m_1 = m_2 = 13,35$ суммарная зв. величина 12,6. 1131. $a = 12 \cdot 10^3$ км; абсолютные величины 1,4 и 2,2, т. е. в 24 и в 11,5 раз ярче Солнца; массы 2,4 и 1,8 масс Солнца; скорость центра тяжести 13 км/сек; отношение радиусов звезд 1:1,45; средняя орбитальная скорость 7,8 км/сек. 1132. Период 2,32 суток; скорость 20,2 км/сек. 1133. $0'',76$. 1134. $0'',049$. Полученное расхождение объясняется тем, что сумма масс этой пары значительно меньше 2 солнечных масс. 1135. $0'',040$, 1136. $0'',095$. 1137. $2'',77$. 1138. $0'',028$. 1139. Это — визуально двойная система с круговой орбитой, лежащей в плоскости, проходящей через луч зрения. 1141. Около 85° . Иметь в виду, что большая полуось истинной орбиты проходит через главную звезду и центр видимого эллипса совпадает с центром истинного эллипса. 1142. $e = 0,46$. Он равен отношению видимого расстояния главной звезды от центра видимого эллипса к диаметру видимого, эллипса, проходящего через главную звезду (к проекции большой полуоси), так как расстояния фокуса от центра и большая полуось эллипса искажаются проекцией в одинаковом отношении. 1143. Точные данные для ζ Геркулеса $a = 12,2$ астр. ед.; $P = 34,5$ года; $e = 0,46$; $m_1 + m_2 = 1,6$; для Сириуса $a = 20,4$ астр. ед.; $e = 0,60$; $p = 50,0$ лет; $m_1 + m_2 = 3,4$. 1144. $a = 0'',54$, $e = 0,36$, $p = 26$ лет. 1145. $34,6$ км/сек. 1146. -19 км/сек; $+19$ км/сек; $+30$ км/сек. 1148. $\frac{m_1}{m_2} = \frac{k_2}{k_1} = 1,20$. 1149. 90° ; 0° ; ω неопределенно. 1150. 138 единиц. 1151. $26\,600\,000$ км. 1152. $5\,020\,000$ км. 1153. Около 80 масс Солнца. 1154. $8 \times 0,315 = 2,5$ массы Солнца. 1155. $125 \times 0,315 = 39$ масс Солнца. Масса яркой звезды 31,50, а темной 7,87. 1156. $0,315$ массы Солнца. 1157. $\pi = 0'',0084$; светимость в 15 раз больше солнечной, диаметр в 3,9 раза больше солнечного; большая полуось 5,7 астр. единицы, массы в 2,5 раза больше массы Солнца. По кривой масса — светимость массы получились бы около 2 масс Солнца.

К разделу XXVI: ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ И НОВЫЕ ЗВЕЗДЫ.

I.

1159. В 480 раз. 1160. В 15,8 раза. 1161. 30 июня 1938 г.; 9 августа 1939 г.; 17 сентября 1940 г. 1163. В 2 раза. 1164. Амплитуда $5\frac{1}{2}$ — $13\frac{1}{2}$ зв. величины, период около 400 суток. 1166. $3^m 68713$. 1167. Амплитуда 7,27—7,78; период 0,567 суток, — это короткопериодическая цефеида RR Лиры. 1168. Период 16,5 суток, амплитуда 6,25—6,73 зв. величины. Это долгопериодическая цефеида (X Лебеда). 1169. Период 5,3 суток, амплитуда 3,69—4,13 зв. величины. Это цефеида — δ Цефея. 1170. Звезда с неправильными колебаниями блеска (это SN Лебеда).

II.

1171. Этому противоречат спектральные наблюдения цефеид. 1172. 240 парсеков. 1173. 166 парсеков. 1174. 17,4. 1175. $\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^4 \cdot \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2$. Отсюда получаем $\left(\frac{R_1}{R_2}\right) = 6,3 \cdot \frac{1}{2,7}$ или $\frac{R_1}{R_2} = 1,55$. 1176. $k = 1 - \frac{r^2}{R^2}$ откуда получаем $\frac{r}{R} = \sqrt{1-k}$. 1177. $2\alpha = 360^\circ \frac{p}{P}$; $\frac{R+r}{D} \sin \alpha$, откуда $\frac{D}{R} = \left(1 + \frac{r}{R}\right) \csc \alpha$. 1178. 0,836. 1179. $\frac{r}{R} = 0,965$; радиус орбиты 6,65 радиусов яркой звезды. 1180.

Посредние между главными минимумами будем наблюдать небольшой вторичный минимум. 1181. 1. Частное затмение, темный спутник. 2. Двойные затмения, светлый спутник. 3. Двойные затмения неодинаково светлых, почти соприкасающихся звезд. 4. Кольцеобразное затмение, темный спутник. 5. То же, что 2, но с эффектом фазы. 6. Двойные затмения почти соприкасающихся и во всем почти одинаковых звезд. 1182. 0,42 плотности Солнца. 1183. Наблюдаемый период длиннее истинного на 1:30 000 долю суток, т. е. на 3 секунды. 1185. В 100 раз. 1186. Ответ на последний вопрос: с расстояния 1,8 парсека, т. е. дальше ближайших звезд. 1188. В этом случае отношение яркости должно равняться $16 \cdot 10^4 (T/T_1)^4$, откуда $T = 200\,000^\circ$, что неверно.

К разделу XXVII: СТРОЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ.

I.

1189. 55 000 астр. единиц. 1190. 40 000 парсеков. 1191. 35 парсеков. 1192. 10 500 парсеков. 1193. 37 парсеков; — 9,2 зв. величины. 1194. 240 000 парсеков = 780 000 световых лет; диаметр — 13 500 световых лет. 1195. 14 000 парсеков. 1198. Центра у вселенной нет.

II.

1199. Пропорционально квадрату радиуса сферы. 1200. 15,86 раза, так как соответствующие числа звезд относятся, как объемы сфер, радиусы которых относятся, как 2,512:1. 1201. Слабая звезда отстоит дальше. 1204. 10 000 парсеков. 1205. 3 590 парсеков. 1207. С учетом поглощения света вычисленные линейные диаметры спиральных туманностей становятся меньше, чем принималось до этого. 1208. $m = a - 5 \lg d$, где a — некоторое постоянное. 1209. Соотношение представится графически не прямой линией, $m = a - 5 \lg d$, а линией более круто наклоненной к той оси, по которой мы будем откладывать $\lg d$. 1210. 0,02 зв. величины. 1211. 63 млн. парсеков или около 200 млн. световых лет. 1212. Логарифмическая спираль $r = Ce^{\alpha\varphi}$, где α и C — некоторые постоянные. 1214. Ничего, потому что тогда длина волны их света сделалась бы для нас равной бесконечности, и мы бы их не могли видеть.

К смешанному (XXVIII) разделу.

I.

1215. Справедливо. 1216. При помощи звездного глобуса найдем, что это бывает с апреля по сентябрь. 1217. Около летнего солнцестояния. 1218. В середине августа, т. е. как раз ко времени созревания хлеба.

1219. Решить эту задачу можно очень легко при помощи небесного глобуса. Установим звездный глобус так, чтобы северный полюс мира был над горизонтом на высоте $50^\circ - 60^\circ$, так как наблюдение происходило в Сибири. Повернем звездный глобус вокруг его оси мира так, чтобы Стожары (Плеяды) стояли высоко над горизонтом, приблизительно около меридиана места. Из слов бродяги мы знаем, что время „за полночь зашло“, т. е., говоря астрономическим языком, Солнце было под горизонтом около нижней своей кульминации. Отсюда уже легко определить положение Солнца на эклиптике: стоит только посмотреть теперь на наш установленный, как сказано выше, звездный глобус. Оказывается, что в данный момент Солнце будет в знаке Стрельца, точнее сказать, Солнце *будет входить* в знак Стрельца, а это бывает около 23 ноября. Таким образом Вл. Г. Короженко беседовал с бродягой Богылем в *ноябре* и именно *между 20 и 30 ноября*.

1220. Решить эту задачу нужно при помощи небесного глобуса так: установив ось мира глобуса под углом 50° к горизонту, т. е. для широты средней полосы СССР, нужно повернуть глобус так, чтобы в зените стояли звезды Большой Медведицы, а на Востоке высоко стоял „Арктур“, т. е. Арктур (α Волопаса). Далее, по условиям задачи, Венера была низко на западе. Следовательно, нам известно к этому еще и положение Венеры на небе. Но так как мы знаем, что Венера не может далеко отходить от Солнца и самое большее удаляется от него на 48° , то мы можем определить отсюда положение Солнца на эклиптике в этот момент. Таким образом получим, что Солнце в это время входило в знак Тельца, что бывает в конце апреля (по новому стилю), т. е. весной. Следовательно, эта охота Облонского с Левиным происходила весной *около 20-х чисел апреля*.

1221. 1) Нет. 2) Зная, что „в зените сиял чудный Южный Крест“, легко найти при помощи небесного глобуса, что „Наutilus“ был тогда не на Южном полюсе Земли, а между 55° и 64° широты южного полушария. 3) Нет. Южный Крест не звезда, а созвездие, занимающее на небе область с 55° до 64° южного склонения. Южный полюс мира лежит в созвездии Октанта, близ звезды α Октанта (пятой величины). α Октанта и есть южная полярная звезда.

1222. При помощи небесного глобуса, который нужно установить для северной широты 40° и так, чтобы указанные в этих стихах созвездия находились над горизонтом, находим, что в момент восхода Плеяд заходит Волопас (Воот), а Большая Медведица будет действительно незаходящим созвездием: — „себя никогда не купая в водах Океана“. Далее, в условии сказано, что Одиссей не сводил своих глаз с „нисходящего поздно в море Воота“, т. е., иными словами, этот заход Волопаса значительно позднее захода Солнца или приблизительно в полночь. Таким образом в момент захода Волопаса или восхода Плеяд Солнце находилось в южной своей кульминации. Если посмотреть теперь на эклиптику при этом положении небесного глобуса, то в этот момент в южной кульминации будет находиться знак Льва, в котором Солнце бывает в июле месяце. Следовательно, Одиссей плыл *летом* и именно в *июле* месяце.

II.

1223. $15''$; 1 ; 30 км; 1225. 300 км²; 12 апреля, 2 сентября; бой часов слышен в 0 ч. 54 м. ночи; до полюса 900 км; Сатурн может быть невидим около 11 лет. 1227. $+48^\circ 19' 03''$, если Солнце находилось на юге. 1228. $42^\circ 33'$. 1230. 9 морских миль к западу и 2 мили к северу от истинного положения. 1231. $1,8 \operatorname{ctg} 65^\circ = 0,84$ м. 1232. $x = h [\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} (\beta + \alpha)] = 0,18$. 1233. 214 м. 1234. 1) Требуется, чтобы азимут Солнца равнялся 0. Из формул (5) — (6) отдела III, положив $\delta = 0$ и $A = 0$, находим искомую формулу. 2) $x = h \cdot \operatorname{tg} z \cdot \cos (90 - 0)$, но $z = \varphi - \delta = \varphi - 0 = \varphi$, следовательно, $x = h \operatorname{tg} \varphi \sin \delta$.

1235. 4° . $28''$. $h = 32^\circ 20'$, 3° . $28''$. 1236. Кастор (α Близнецов). 1238. $\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{r - 0,273 r}{60 r}$; $\alpha = 178^\circ 36'$. 1239. Рефракция; абберрация годичная и суточная; прецессия; нутация; параллакс годичный. 1240. $7^\circ 47''$; $8^\circ 17''$; $8^\circ 0''$. 1241. $17^\circ 44''$ $29^\circ 30'$. 1242. $19^\circ 59' 55''$, 21. 1243. $16^\circ 9' 9''$, 45. 1244. $0^\circ 59' 15''$, 7. 1245. $8^\circ 1' 6''$, 9. 1246. $4^\circ 55' 41''$, 6,

Таблица I

Математические и физические постоянные.

	Число	Логарифм	Число	Логарифм
π	3,1416	0,49715	4π	1,09221
2π	6,2832	0,39818	e	0,43429
Число градусов в радиане			57,2958	1,75812
" минут	"	"	3437,75	3,53628
" секунд	"	"	206265	5,31443
" в радианах			0,000291	6,46389—10

$1 \text{ км} = 10^3 \text{ м} = 10^5 \text{ см}$; $1 \text{ см} = 10 \text{ мм} = 10^4 \text{ м} = 10^7 \text{ мр} = 10^8 \text{ Å}$ (ангстрем);
 $1 \text{ джоуль} = 10^7 \text{ эргов} = 0,101972 \text{ килограмметра}$.

	Число	Логарифм
Механический эквивалент тепла (м. калорий)	$4,185 \cdot 10^7 \text{ эргов}$	7,62170
Скорость света в пустоте	$2,998 \cdot 10^{10} \text{ см/сек}$	10,47683
Гауссова постоянная k	0,017202	8,23558—10
Постоянная тяготения	$6,673 \cdot 10^{-8}$	2,82432—10
Постоянная закона Стефана σ	$5,72 \cdot 10^{-6}$	5,75740—10
Постоянная закона Вина	0,289	9,46090—10

Астрономические постоянные.

	Число	Логарифм
Число секунд в сутках	86400	4,93651
Экваториальный радиус Земли	6378,39	3,80471
Полярный радиус Земли	6356,91	3,80324
Радиус шара, равновеликого Земле	6371,23 км	3,80423

Продолжительность суток:

звездные $23^{\text{ч}}56^{\text{м}}4^{\text{с}},091$ среднего солнечного времени
 средние солнечные $24^{\text{ч}}3^{\text{м}}56^{\text{с}},555$ звездного времени

Продолжительность года (в среднем времени):

тропического	$365^{\text{д}},2422 = 365^{\text{д}}5^{\text{ч}}48^{\text{м}}46^{\text{с}},98$
звездного	$365^{\text{д}},2564 = 365^{\text{д}}6^{\text{ч}}9^{\text{м}}9^{\text{с}},54$
аномалистического	$365^{\text{д}},2596 = 365^{\text{д}}6^{\text{ч}}13^{\text{м}}53^{\text{с}},01$

Продолжительность месяца (в среднем времени):

синодического	$29^{\text{д}},5306 = 29^{\text{д}}12^{\text{ч}}44^{\text{м}}2^{\text{с}},8$
звездного	$27^{\text{д}},3217 = 27^{\text{д}}7^{\text{ч}}43^{\text{м}}11^{\text{с}},5$
драконического	$27^{\text{д}},2122 = 27^{\text{д}}5^{\text{ч}}5^{\text{м}}35^{\text{с}},8$

	Число	Логарифм
Масса Земли	$5,974 \cdot 10^{27} \text{ г}$	27,77627
Масса Солнца = 331,950 масс Земли	$1,983 \cdot 10^{33} \text{ г}$	33,29732
Радиус Солнца	$6,953 \cdot 10^{10} \text{ см}$	10,84217
Абсолютная величина Солнца 4,85		
Объем Солнца = 1 300 000 объемов Земли		
Средняя плотность Солнца	$1,41 \text{ г/см}^3$	0,14922
Период вращения Солнца на экваторе	$24^{\text{д}},65$	
Сила тяжести на поверхности Солнца = 27,89 земной силы тяжести	274 м/сек	2,43775
Параболическая скорость на поверхности Солнца	$617,0 \text{ км/сек}$	2,79029
Параллакс Солнца	$8'',80$	
Астрономическая единица	$1,495 \cdot 10^5 \text{ км}$	8,17464
Световой год = $6,33 \cdot 10^4$ астр. единиц	$9,463 \cdot 10^{12} \text{ км}$	12,97603
Парсек = 3,26 светового года =	$3,008 \cdot 10^{13} \text{ км}$	13,47828
= 206 265 астр. единиц		

Таблица II. СОЛНЦЕ 1931

Дата	День недели	Средняя гринвичская полночь (0 ^h мирового времени)					
		Уравнение времени среднее — истинное	Часовое изменение	Видимое прямое восхождение	Видимое склонение	Часовое изменение	Полуденный
Июль	13	—0 ^m 25 ^s .75	0 ^s .514	5 ^h 29 ^m 56 ^s .47	+23° 8' 48".9	9 ^h .68	946 ^m .39
14	Вс.	0 13 .31	0 .522	5 25 54 .47	23 12 28 .9	8 .66	946 .29
15	Пн.	0 0 .70	0 .529	5 29 14 .64	23 15 44 .4	7 .63	946 .20
16	Вт.	+0 12 .06	0 .535	5 32 23 .96	23 18 35 .3	6 .60	946 .11
17	Ср.	+0 24 .95	0 .539	5 37 33 .40	23 21 31 .5	5 .57	946 .03
18	Чт.	0 37 .93	0 .542	5 41 42 .94	23 23 2 .9	5 .54	946 .06
19	Пт.	+0 50 .97	0 .545	5 45 52 .65	+23 24 39 .5	3 .51	946 .09
20	Сб.	0 4 .06	0 .546	5 50 2 .19	23 25 51 .3	2 .47	946 .08
21	Вс.	1 17 .15	0 .545	5 54 11 .84	23 26 38 .2	1 .44	946 .03
22	Пн.	1 30 .23	0 .544	5 58 21 .48	23 27 0 .3	0 .40	945 .77
23	Вт.	1 43 .26	0 .542	6 2 31 .07	23 28 57 .5	1 .00	945 .72
24	Ср.	1 56 .23	0 .539	6 6 40 .60	23 29 50 .0	0 .63	945 .67
25	Чт.	+2 9 .11	0 .535	6 10 50 .04	23 29 37 .7	1 .66	945 .63
26	Пт.	2 21 .88	0 .530	6 14 59 .37	+23 25 37 .7	2 .70	945 .59
27	Сб.	2 34 .52	0 .524	6 19 8 .57	23 22 38 .9	3 .37	945 .55
28	Вс.	2 47 .01	0 .517	6 23 17 .61	23 20 32 .5	4 .75	945 .52
29	Пн.	2 59 .33	0 .510	6 27 26 .49	23 18 1 .6	5 .78	945 .49
30	Вт.	3 11 .46	0 .501	6 31 35 .18	23 15 6 .2	6 .80	945 .47
Июль	1	+3 23 .39	0 .492	6 35 43 .67	23 11 46 .4	7 .82	945 .46
2	Ср.	+3 33 .10	0 .483	6 39 51 .83	+23 8 2 .3	8 .83	945 .43
3	Чт.	3 46 .56	0 .472	6 43 59 .95	23 3 53 .9	9 .84	945 .41
4	Пт.	3 57 .16	0 .461	6 48 7 .72	23 59 21 .4	10 .85	945 .40
5	Сб.	4 8 .69	0 .449	6 52 15 .20	22 54 24 .9	11 .86	945 .38
6	Вс.	4 19 .32	0 .437	6 56 22 .39	22 49 4 .4	12 .86	945 .38
7	Пн.	+4 29 .64	0 .423	7 0 29 .26	+22 43 20 .1	13 .85	945 .38
8	Вт.	4 39 .62	0 .409	7 4 35 .80	22 37 12 .1	14 .84	945 .38
9	Ср.	4 49 .25	0 .394	7 8 41 .89	22 30 40 .5	15 .82	945 .39
10	Чт.	4 58 .51	0 .378	7 12 47 .31	22 23 45 .0	16 .80	945 .40
11	Пт.	5 7 .38	0 .361	7 16 53 .24	22 16 27 .4	17 .77	945 .42
12	Сб.	5 15 .84	0 .344	7 20 58 .26	22 8 46 .1	18 .74	945 .44
13	Вс.	+5 23 .88	0 .326	7 25 2 .86	+22 0 41 .9	19 .70	945 .46
14	Пн.	5 31 .48	0 .307	7 29 7 .01	21 52 15 .0	20 .65	945 .49
15	Вт.	5 38 .61	0 .287	7 33 10 .70	21 43 25 .6	21 .59	945 .53
16	Ср.	5 45 .25	0 .267	7 37 13 .91	21 34 13 .8	22 .53	945 .57
17	Чт.	5 51 .40	0 .245	7 41 16 .61	21 24 40 .3	23 .45	945 .62
18	Пт.	5 57 .03	0 .223	7 45 18 .79	21 14 44 .3	24 .47	945 .67
19	Сб.	+6 2 .12	0 .201	7 49 20 .44	+21 4 26 .9	25 .47	946 .73
20	Вс.	6 6 .66	0 .178	7 53 21 .54	20 53 48 .2	26 .17	945 .80
21	Пн.	6 10 .63	0 .154	7 57 22 .07	20 42 48 .3	27 .05	945 .87
22	Вт.	6 14 .03	0 .130	8 1 22 .03	20 31 27 .6	27 .93	945 .94
23	Ср.	6 16 .85	0 .105	8 5 21 .41	20 19 46 .3	28 .79	946 .02
24	Чт.	6 19 .08	0 .080	8 9 20 .19	20 7 44 .6	29 .65	946 .11
						30 .49	946 .20
							17 ^h 21 ^m 22 ^s .223
							17 25 18 .782
							17 29 15 .341
							17 33 11 .899
							17 37 8 .458
							17 41 5 .017
							17 45 1 .576
							17 48 58 .134
							17 52 54 .693
							17 56 51 .252
							18 0 47 .810
							18 4 44 .369
							18 8 40 .928
							18 12 37 .486
							18 16 34 .045
							18 20 30 .604
							18 24 27 .162
							18 28 23 .721
							18 32 20 .280
							18 36 16 .838
							18 40 13 .397
							18 44 9 .955
							18 48 6 .513
							18 52 3 .072
							18 55 59 .630
							18 59 56 .188
							19 3 52 .747
							19 7 49 .305
							19 11 46 .863
							19 15 43 .422
							19 19 39 .980
							19 23 35 .538
							19 27 32 .096
							19 31 28 .654
							19 35 25 .212
							19 39 21 .770
							19 43 18 .328
							19 47 14 .886
							19 51 11 .443
							19 55 8 .001
							19 59 4 .558
							20 3 1 .116

Таблица III

ЧАСЫ, МИНУТЫ И СЕКУНДЫ В ДОЛЯХ СУТОК

Часы в долях суток		Минуты в долях суток				Секунды в долях суток	
1	0,041667	1	0,000694	31	0,021528	1	0,000012
2	0,083333	2	0,001389	32	0,022222	2	0,000023
3	0,125000	3	0,002083	33	0,022917	3	0,000035
4	0,166667	4	0,002778	34	0,023611	4	0,000046
5	0,208333	5	0,003472	35	0,024305	5	0,000058
6	0,250000	6	0,004167	36	0,025000	6	0,000069
7	0,291667	7	0,004861	37	0,025694	7	0,000081
8	0,333333	8	0,005556	38	0,026389	8	0,000093
9	0,375000	9	0,006250	39	0,027083	9	0,000104
10	0,416667	10	0,006944	40	0,027778	10	0,000116
11	0,458333	11	0,007639	41	0,028472	11	0,000127
12	0,500000	12	0,008333	42	0,029167	12	0,000139
13	0,541667	13	0,009028	43	0,029861	13	0,000150
14	0,583333	14	0,009722	44	0,030556	14	0,000162
15	0,625000	15	0,010417	45	0,031250	15	0,000174
16	0,666667	16	0,011111	46	0,031944	16	0,000185
17	0,708333	17	0,011805	47	0,032639	17	0,000197
18	0,750000	18	0,012500	48	0,033333	18	0,000208
19	0,791667	19	0,013194	49	0,034028	19	0,000220
20	0,833333	20	0,013889	50	0,034722	20	0,000231
21	0,875000	21	0,014583	51	0,035417	30	0,000347
22	0,916667	22	0,015278	52	0,036111	40	0,000463
23	0,958333	23	0,015972	53	0,036805	50	0,000579
24	1,000000	24	0,016667	54	0,037500	60	0,000694
		25	0,017361	55	0,038194		
		26	0,018055	56	0,038889		
		27	0,018750	57	0,039583		
		28	0,019444	58	0,040278		
		29	0,020139	59	0,040972		
		30	0,020833	60	0,041667		

Таблица IV
ПЕРЕВОД ДУГИ ВО ВРЕМЯ

Градусы во времени				Минуты дуги по времени				Секунды дуги по времени			
1°	0 ^h 4 ^m	120°	8 ^h 4 ^m	1'	0 ^m 4 ^s	31'	2 ^m 4 ^s	1"	0 ^s ,07	31"	2 ^s ,07
2	0 8	130	8 40	2	8	32	8	2	0 ,13	32	2 ,13
3	0 12	140	9 20	3	12	33	12	3	0 ,20	33	2 ,20
4	0 16	150	10 0	4	16	34	16	4	0 ,27	34	2 ,27
5	0 20	160	10 40	5	20	35	20	5	0 ,33	35	2 ,33
6	0 24	170	11 20	6	24	36	24	6	0 ,40	36	2 ,40
7	0 28	180	12 0	7	28	37	28	7	0 ,47	37	2 ,47
8	0 32	190	12 40	8	32	38	32	8	0 ,53	38	2 ,53
9	0 36	200	13 20	9	36	39	36	9	0 ,60	39	2 ,60
10	0 40	210	14 0	10	40	40	40	10	0 ,67	40	2 ,67
11	0 44	220	14 40	11	44	41	44	11	0 ,73	41	2 ,73
12	0 48	230	15 20	12	48	42	48	12	0 ,80	42	2 ,80
13	0 52	240	16 0	13	52	43	52	13	0 ,87	43	2 ,87
14	0 56	250	16 40	14	0 56	44	2 56	14	0 ,93	44	2 ,93
15	1 0	260	17 20	15	1 0	45	3 0	15	1 ,00	45	3 ,00
20	1 20	270	18 0	16	4	46	4	16	1 ,07	46	3 ,07
30	2 0	280	18 40	17	8	47	8	17	1 ,13	47	3 ,13
40	2 40	290	19 20	18	12	48	12	18	1 ,20	48	3 ,20
50	3 20	300	20 0	19	16	49	16	19	1 ,27	49	3 ,27
60	4 0	310	20 40	20	20	50	20	20	1 ,33	50	3 ,33
70	4 40	320	21 20	21	24	51	24	21	1 ,40	51	3 ,40
80	5 20	330	22 0	22	28	52	28	22	1 ,47	52	3 ,47
90	6 0	340	22 40	23	32	53	32	23	1 ,53	53	3 ,53
100	6 40	350	23 20	24	36	54	36	24	1 ,60	54	3 ,60
110	7 20	360	24 0	25	40	55	40	25	1 ,67	55	3 ,67
				26	44	56	44	26	1 ,73	56	3 ,73
				27	48	57	48	27	1 ,80	57	3 ,80
				28	52	58	52	28	1 ,87	58	3 ,87
				29	1 56	59	3 56	29	1 ,93	59	3 ,93
				30	2 0	60	4 0	30	2 ,00	60	4 ,00

Таблица V
ПЕРЕВОД ВРЕМЕНИ В ДУГУ

Часы в дуге		Минуты времени в дуге				Секунды времени в дуге			
1 ^ч	15°	1 ^м	0° 15'	31 ^м	7° 45'	1 ^с	0° 15"	31 ^с	7' 45"
2	30	2	0 30	32	8 0	2	0 30	32	8 0
3	45	3	0 45	33	8 15	3	0 45	33	8 15
4	60	4	1 0	34	8 30	4	1 0	34	8 30
5	75	5	1 15	35	8 45	5	1 15	35	8 45
6	90	6	1 30	36	9 0	6	1 30	36	9 0
7	105	7	1 45	37	9 15	7	1 45	37	9 15
8	120	8	2 0	38	9 30	8	2 0	38	9 30
9	135	9	2 15	39	9 45	9	2 15	39	9 45
10	150	10	2 30	40	10 0	10	2 30	40	10 0
11	165	11	2 45	41	10 15	11	2 45	41	10 15
12	180	12	3 0	42	10 30	12	3 0	42	10 30
13	195	13	3 15	43	10 45	13	3 15	43	10 45
14	210	14	3 30	44	11 0	14	3 30	44	11 0
15	225	15	3 45	45	11 15	15	3 45	45	11 15
16	240	16	4 0	46	11 30	16	4 0	46	11 30
17	255	17	4 15	47	11 45	17	4 15	47	11 45
18	270	18	4 30	48	12 0	18	4 30	48	12 0
19	285	19	4 45	49	12 15	19	4 45	49	12 15
20	300	20	5 0	50	12 30	20	5 0	50	12 30
21	315	21	5 15	51	12 45	21	5 15	51	12 45
22	330	22	5 30	52	13 0	22	5 30	52	13 0
23	345	23	5 45	53	13 15	23	5 45	53	13 15
24	360	24	6 0	54	13 30	24	6 0	54	13 30
		25	6 15	55	13 45	25	6 15	55	13 45
		26	6 30	56	14 0	26	6 30	56	14 0
		27	6 45	57	14 15	27	6 45	57	14 15
		28	7 0	58	14 30	28	7 0	58	14 30
		29	7 15	59	14 45	29	7 15	59	14 45
		30	7 30	60	15 0	30	7 30	60	15 0

Таблица VI

ПЕРЕВОД СРЕДНЕГО ВРЕМЕНИ В ЗВЕЗДНОЕ

Часы		Минуты				Секунды	
сред- нее	звездное	сред- нее	звездное	сред- нее	звездное	сред- нее	звездное
1 ^ч	1 ^ч 0 ^м 9 ^с ,86	1 ^м	1 ^м 0 ^с ,16	31 ^м	31 ^м 5 ^с ,09	1 ^с	1 ^с ,00
2	2 0 19 ,71	2	2 0 ,33	32	32 5 ,26	3	3 ,01
3	3 0 29 ,57	3	3 0 ,49	33	33 5 ,42	5	5 ,01
4	4 0 39 ,43	4	4 0 ,66	34	34 5 ,59	7	7 ,02
5	5 0 49 ,28	5	5 0 ,82	35	35 5 ,75	9	9 ,02
6	6 0 59 ,14	6	6 0 ,99	36	36 5 ,91	11	11 ,03
7	7 1 9 ,00	7	7 1 ,15	37	37 6 ,08	13	13 ,04
8	8 1 18 ,85	8	8 1 ,31	38	38 6 ,24	15	15 ,04
9	9 1 28 ,71	9	9 1 ,48	39	39 6 ,41	17	17 ,05
10	10 1 38 ,56	10	10 1 ,64	40	40 6 ,57	19	19 ,05
11	11 1 48 ,42	11	11 1 ,81	41	41 6 ,74	21	21 ,06
12	12 1 58 ,28	12	12 1 ,97	42	42 6 ,90	23	23 ,06
13	13 2 8 ,13	13	13 2 ,14	43	43 7 ,06	25	25 ,07
14	14 2 17 ,99	14	14 2 ,30	44	44 7 ,23	27	27 ,07
15	15 2 27 ,85	15	15 2 ,46	45	45 7 ,39	29	29 ,08
16	16 2 37 ,70	16	16 2 ,63	46	46 7 ,56	31	31 ,08
17	17 2 47 ,56	17	17 2 ,79	47	47 7 ,72	33	33 ,09
18	18 2 57 ,42	18	18 2 ,96	48	48 7 ,89	35	35 ,10
19	19 3 7 ,27	19	19 3 ,12	49	49 8 ,05	37	37 ,10
20	20 3 17 ,13	20	20 3 ,29	50	50 8 ,21	39	39 ,11
21	21 3 26 ,99	21	21 3 ,45	51	51 8 ,38	41	41 ,11
22	22 3 36 ,84	22	22 3 ,61	52	52 8 ,54	43	43 ,12
23	23 3 46 ,70	23	23 3 ,78	53	53 8 ,71	45	45 ,12
24	24 3 56 ,56	24	24 3 ,94	54	54 8 ,87	47	47 ,13
		25	25 4 ,11	55	55 9 ,04	49	49 ,13
		26	26 4 ,27	56	56 9 ,20	51	51 ,14
		27	27 4 ,44	57	57 9 ,36	53	53 ,15
		28	28 4 ,60	58	58 9 ,53	55	55 ,15
		29	29 4 ,76	59	59 9 ,69	57	57 ,16
		30	30 4 ,93	60	60 9 ,86	59	59 ,16

Таблица VII
ПЕРЕВОД ЗВЕЗДНОГО ВРЕМЕНИ В СРЕДНЕЕ

Часы		Минуты				Секунды	
звезд-ное	среднее	звезд-ное	среднее	звезд-ное	среднее	звезд-ное	среднее
1 ^ч	0 ^м 59 ^с 50 ^с ,17	1 ^м	0 ^м 59 ^с ,84 ^с	31 ^м	30 ^м 54 ^с ,92	1 ^с	1 ^с ,00
2	1 59 40 ,34	2	1 59 ,67	32	31 54 ,76	3	2 ,99
3	2 59 30 ,51	3	2 59 ,51	33	32 54 ,59	5	4 ,99
4	3 59 20 ,68	4	3 59 ,34	34	33 54 ,43	7	6 ,98
5	4 59 10 ,85	5	4 59 ,18	35	34 54 ,27	9	8 ,98
6	5 59 1 ,02	6	5 59 ,02	36	35 54 ,10	11	10 ,97
7	6 58 51 ,19	7	6 58 ,85	37	36 53 ,94	13	12 ,96
8	7 58 41 ,36	8	7 58 ,69	38	37 53 ,77	15	14 ,96
9	8 58 31 ,53	9	8 58 ,53 ^с	39	38 53 ,61	17	16 ,95
10	9 58 21 ,70	10	9 58 ,36	40	39 53 ,45	19	18 ,95
11	10 58 11 ,87	11	10 58 ,20	41	40 53 ,28	21	20 ,94
12	11 58 2 ,05	12	11 58 ,03	42	41 53 ,12	23	22 ,94
13	12 57 52 ,22	13	12 57 ,87	43	42 52 ,96	25	24 ,93
14	13 57 42 ,39	14	13 57 ,71	44	43 52 ,79	27	26 ,93
15	14 57 32 ,56	15	14 57 ,54	45	44 52 ,63	29	28 ,92
16	15 57 22 ,73	16	15 57 ,38	46	45 52 ,46	31	30 ,92
17	16 57 12 ,90	17	16 57 ,22	47	46 52 ,30	33	32 ,91
18	17 57 13 ,07	18	17 57 ,05	48	47 52 ,14	35	34 ,90
19	18 56 53 ,24	19	18 56 ,89	49	48 51 ,97	37	36 ,90
20	19 56 43 ,41	20	19 56 ,72	50	49 51 ,81	39	38 ,89
21	20 56 33 ,58	21	20 56 ,56	51	50 51 ,64	41	40 ,89
22	21 56 23 ,75	22	21 56 ,40	52	51 51 ,48	43	42 ,88
23	22 56 13 ,92	23	22 56 ,23	53	52 51 ,32	45	44 ,88
24	23 56 4 ,09	24	23 56 ,07	54	53 51 ,15	47	46 ,87
		25	24 55 ,90	55	54 50 ,99	49	48 ,87
		26	25 55 ,74	56	55 50 ,83	51	50 ,86
		27	26 55 ,58	57	56 50 ,66	53	52 ,86
		28	27 55 ,41	58	57 50 ,50	55	54 ,85
		29	28 55 ,25	59	58 50 ,33	57	56 ,84
		30	29 55 ,09	60	59 50 ,17	59	58 ,84

Таблица VIII
СРЕДНЯЯ РЕФРАКЦИЯ ПО ГЮЛЬДЕНУ

z	Рефракция		z	Рефракция		z	Рефракция	
0°	0'	0",0	50°	0'	1' 8",5	73°	40'	3' 13",9
1		1,0		30	9,9	74	0	18,1
2		2,0	51	0	11,0		10	20,5
3		3,0		30	12,3		20	22,4
4		4,0	52	0	13,6		30	24,6
5		5,0		30	14,9		40	26,9
6		6,0	53	0	16,3		50	29,2
7		7,1		30	17,6	75	0	31,5
8		8,1	54	0	19,1		10	34,0
9		9,1		30	20,6		20	36,5
10		10,1	55	0	22,1		30	39,0
11		11,2		30	23,6		40	41,6
12		12,2	56	0	25,2	76	0	46,9
13		13,3		30	26,8		10	49,6
14		14,4	57	0	28,4		20	52,5
15		15,4		30	30,1		30	55,3
16		16,5	58	0	31,9		40	58,2
17		17,6		30	33,7		50	1,2
18		18,7	59	0	35,5	77	0	4,3
19		19,8		30	37,4		10	7,5
20		20,9	60	0	39,4		20	10,7
21		22,1		30	41,4		30	14,0
22		23,3	61	0	43,5		40	17,3
23		24,4		30	45,6		50	20,8
24		25,6	62	0	47,8	78	0	24,4
25		26,8		30	50,2		10	28,1
26		28,1	63	0	52,6		20	31,8
27		29,3		30	55,0		30	35,7
28		30,6	64	0	57,5		40	39,7
29		31,9		30	0,1		50	43,9
30		33,2	65	0	2,8	79	0	47,8
31		34,6		30	5,7		10	52,1
32		36,0	66	0	8,6		20	56,6
33		37,4		30	11,6		30	1,1
34		38,8	67	0	14,8		40	5,8
35		40,3		30	18,1		50	10,6
36		41,8	68	0	21,6	80	0	15,5
37		43,4		30	25,1			
38		45,0	69	0	28,9			
39		46,8		30	32,8			
40		48,3	70	0	36,9			
41		50,0		30	41,3			
42		51,8	71	0	45,7			
43		53,6		20	48,8			
44		55,5		40	52,0			
45		57,5	72	0	55,4			
46		59,6		20	58,8			
47	1	1,7		40	2,4			
48	1	3,8	73	0	6,1			
49	1	6,2		20	10,0			

Таблица IX
ГОДОВАЯ ПРЕЦЕССИЯ

Прецессия по прямому восхождению													Прецессия по склонению
$\delta \backslash \alpha$	-40°	-30°	-20°	-10°	0°	+10°	+20°	+30°	+40°	+50°	+60°	+70°	
0°	3 ^c ,1	3 ^c ,1	3 ^c ,1	3 ^c ,1	3 ^c ,1	3 ^c ,1	3 ^c ,1	3 ^c ,1	3 ^c ,1	3 ^c ,1	3 ^c ,1	3 ^c ,1	+ 20''
1	2,8	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,7	4,0	+ 19
2	2,5	2,7	2,8	3,0	3,1	3,2	3,3	3,5	3,6	3,9	4,2	4,9	+ 17
3	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,2	3,4	3,6	3,9	4,2	4,7	5,7	+ 14
4	2,1	2,4	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	4,0	4,4	5,1	6,2	+ 10
5	2,0	2,3	2,6	2,8	3,1	3,3	3,5	3,8	4,2	4,6	5,3	6,6	+ 5
6	2,0	2,3	2,6	2,8	3,1	3,3	3,6	3,8	4,2	4,7	5,4	6,7	+ 0
7	2,0	2,3	2,6	2,8	3,1	3,3	3,5	3,8	4,2	4,6	5,3	6,6	- 5
8	2,1	2,4	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	4,0	4,4	5,1	6,2	- 10
9	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,2	3,4	3,6	3,9	4,2	4,7	5,7	- 14
10	2,5	2,7	2,8	3,0	3,1	3,2	3,3	3,5	3,6	3,9	4,2	4,9	- 17
11	2,8	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,7	4,0	- 19
12	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	- 20
13	3,4	3,3	3,2	3,1	3,1	3,0	3,0	2,9	2,8	2,7	2,5	2,1	- 19
14	3,6	3,5	3,3	3,2	3,1	3,0	2,8	2,7	2,5	2,3	1,9	1,2	- 17
15	3,9	3,6	3,4	3,2	3,1	2,9	2,7	2,5	2,3	2,0	1,4	0,5	- 14
16	4,0	3,7	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,4	2,1	1,7	1,1	0,1	- 10
17	4,2	3,8	3,5	3,3	3,1	2,8	2,6	2,3	3,0	1,5	0,8	0,5	- 5
18	4,2	3,8	3,6	3,3	3,1	2,8	2,6	2,3	2,0	1,5	0,8	0,6	0
19	4,2	3,8	3,5	3,3	3,1	2,8	2,6	2,3	2,0	1,5	0,8	0,5	+ 5
20	4,0	3,7	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,4	2,1	1,7	1,1	0,1	+ 10
21	3,9	3,6	3,4	3,2	3,1	2,9	2,7	2,5	2,3	2,0	1,4	0,5	+ 14
22	3,6	3,5	3,3	3,2	3,1	3,0	2,8	2,7	2,5	2,3	1,9	1,2	+ 17
23	3,4	3,3	3,2	3,1	3,1	3,0	3,0	2,9	2,8	2,7	2,5	2,1	+ 19
24	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	+ 20

Таблица X
Элементы планетных орбит

Планеты	Среднее расстояние от Солнца	Среднее расстояние в млн. км	Период обращения в звездных годах	Эксцентриситет	Наклон орбиты к эклиптике	Долгота восходящего узла	Долгота перигелия
Меркурий . . .	0,387099	57,85	0,2408	0,20562	7°00'12"	47°22'50"	76°12'39"
Венера	0,723331	108,10	0,6152	0,00681	3°23'38"	75°57'33"	130°26'44"
Земля	1,000000	149,45	1,0000	0,01674	0°00'00"	—	101°33'53"
Марс	1,523688	227,72	1,8808	0,09333	1°51'01"	48°56'25"	334°35'12"
Юпитер	5,202803	777,62	11,862	0,04837	1°18'28"	93°38'24"	13°02'01"
Сатурн	9,538843	1425,6	29,457	0,05582	2°29'29"	112°57'29"	91°28'50"
Уран	19,190978	2863,1	84,013	0,04710	0°46'22"	78°35'27"	169°22'07"
Нептун	30,070572	4494,1	164,783	0,00855	1°48'38"	130°53'56"	48°55'50"
Плутон	38,579436	5915,2	248,688	0,24720	17° 6'51"	109°13'15"	222°21'15"

Элементы орбит относятся к началу 1920 г.

Таблица XI
Физические характеристики больших планет

Название	Истинный экваториальный диаметр		Сжатие у полюсов	Объем		Масса		
	в км	Земля = 1		в млрд. км³	Земля = 1	Солнце = 1	Земля = 1	в 10 ²⁷ г
Меркурий . . .	5 140	0,403	0	0,071	0,066	$\frac{1}{8\ 000\ 000}$	0,042	0,25
Венера	12 610	0,989	0	1,050	0,970	$\frac{1}{406\ 400}$	0,818	4,89
Земля	12 757	1,000	$\frac{1}{297}$	1,033	1,000	$\frac{1}{332\ 300}$	1,000	5,98
Марс	6 860	0,538	$\frac{1}{190}$	0,168	0,155	$\frac{1}{3\ 085\ 000}$	0,108	0,64
Юпитер	143 600	11,26	$\frac{1}{16,3}$	1456,9	1344,8	$\frac{1}{1\ 047,5}$	317,18	1893,3
Сатурн	120 600	9,45	$\frac{1}{9,7}$	823,8	760,4	$\frac{1}{3\ 496}$	94,98	568,2
Уран	53 400	4,19	$\frac{1}{18}$	75,4	69,6	$\frac{1}{22\ 580}$	14,72	83,1
Нептун	49 700	3,90	$\frac{1}{50}$	63,0	58,1	$\frac{1}{19\ 330}$	17,19	102,9

Таблица XII
Физические характеристики больших планет (продолжение)

Название планеты	Средняя плотность		Ускорение силы тяжести на экваторе		Параболическая скорость в км/сек	Период вращения вокруг оси	Наклонение экватора к плоскости орбиты	Звездная величина в среднем противостоянии
	Земля = 1	в г/см³	Земля = 1	в м/сек²				
Меркурий . . .	0,633	3,50	0,256	2,51	3,69	37 ^d 23 ^h 15 ^m 43 ^c	0°	+ 0,16
Венера	0,843	4,66	0,833	8,20	10,15	30 ^d	0°	— 4,07
Земля	1,000	5,62	1,000	9,78	10,72	23 ^h 56 ^m 04 ^c	23°27'	— 3,5
Марс	0,692	3,82	0,372	3,64	4,76	24 ^h 37 ^m 23 ^c	25 10	— 1,85
Юпитер	0,235	1,30	2,322	22,71	46,78	9 ^h 50 ^m 30 ^c	3 06	— 2,23
Сатурн	0,125	0,69	0,921	9,01	25,21	10 ^h 14 ^m 24 ^c	26 45	+ 0,89 до — 0,18
Уран	0,212	1,17	0,784	7,67	15,90	10 ^h 49 ^m	93	+ 5,74
Нептун	0,293	1,63	1,109	10,85	20,75	15 ^h 25 ^m	29	+ 7,65

Таблица XIII
Элементы спутников

Планета	Спутник	Среднее расстояние от центра планеты		Сидерический период обращения	Среднее наклонение орбиты к орбите планеты	Эксцентриситет	Диаметр в км
		в экваториальных радиусах планеты	в тыс. км				
Земля	Луна	0,267	384,40	27 ^д 7 ^ч 43 ^м 11 ^с ,51	5° 8',7	0,0549	3 476
Марс	Фобос	2,74	9,41	0 7 39 13,85	25 19,6	0,017	15?
	Деймос	6,84	23,47	1 6 17 54,9	24 14,7	0,008	8?
Юпитер	V	2,523	181,2	0 11 57 22,70	3 6,9	0,0028	160?
	I	5,869	421,5	1 18 27 33,51	3 6,7	0,0000	3 850
	II	9,339	670,7	3 13 13 42,05	3 5,8	0,0003	3 320
	III	14,896	1 069,9	7 3 42 33,35	3 2,3	0,0015	5 350
	IV	26,201	1 881,7	16 16 32 11,21	2 42,7	0,0075	5 170
	VI	159,5	11 450	250 16 19	28 45	0,155	130?
	VII	163,5	11 740	260 1 26	27 58	0,207	40?
	X	163,6	11 750	260 12	28 16	0,132	20?
	XI	314	22 550	692 12	16 37	0,207	20?
	VIII	328	23 500	738 22	148 4	0,378	25?
	IX	334	24 000	745 0	156	0,25	25?
Сатурн	Мимас	3,08	185,5	0 22 37 5,25	26 44,7	0,0190	650?
	Энцелад	3,95	238,0	1 8 53 6,82	26 44,7	0,0001	800?
	Фетида	4,88	294,5	1 21 18 26,14	26 44,7	0,0000	1300?
	Диона	6,26	377,3	2 17 41 9,53	26 44,7	0,0020	1200?
	Рей	8,74	526,8	4 12 25 12,23	26 41,9	0,0009	1750?
	Титан	20,26	1 221,5	15 22 41 26,82	26 7,1	0,289	4 360
	Гиперион	24,56	1 480,5	21 6 38 24,0	26 0,0	0,1043	500?
	Япет	59,03	3 558,8	79 7 56 24,4	16 18,1	0,0284	1 800?
	Феба	214,49	12 932	550 10 34	174 42	0,1659	250?
Уран	Ариэль	7,18	191,7	2 12 29 20,8	97 59	0,007	900?
	Умбриэль	10,00	267,1	4 3 27 36,7	97 59	0,008	700?
	Титания	16,41	438,2	8 16 56 26,7	97 59	0,0023	1 700?
	Оберон	21,94	585,9	13 11 7 3,5	97 59	0,0010	1 500?
Нептун	—	14,24	353,7	5 21 2,33,1	139 49	0,000	5 000

Таблица XIV

Спектры, показатели цвета (*I*) и температуры (*T*) звезд

Спектр	<i>I</i>	<i>T</i>	Спектр	<i>I</i>	<i>T</i>	Спектр	<i>I</i>	<i>T</i>
B0	—0,33	23 000°	gG0	0,67	5500°	dG0	0,57	6000°
B5	—0,18	15 000	gG5	0,92	4700	dG5	0,65	5600
A0	0,00	11 200	gK0	1,12	4100	dK0	0,78	5100
A5	0,20	8 600	gK5	1,57	3300	dK5	0,98	4400
F0	0,33	7 400	gM0	1,73	3050	dM0	1,45	3400
F5	0,47	6 500	N	2,6	2200			

d — перед символом спектра означает, что звезда — карлик.

g — > > > > > > — гигант.

Таблица XV

ДЛИНЫ ВОЛН НЕКОТОРЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Длина волны в ангстремах	Атом
4026	He
4102	H δ
4227	Ca
4384	Fe
4472	He
4649	O ⁺
4668	Fe
6563	H α
	-

Б. А. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ

СБОРНИК ЗАДАЧ И УПРАЖНЕНИЙ ПО АСТРОНОМИИ.

* * *

ГОСУДАРСТВЕННОЕ

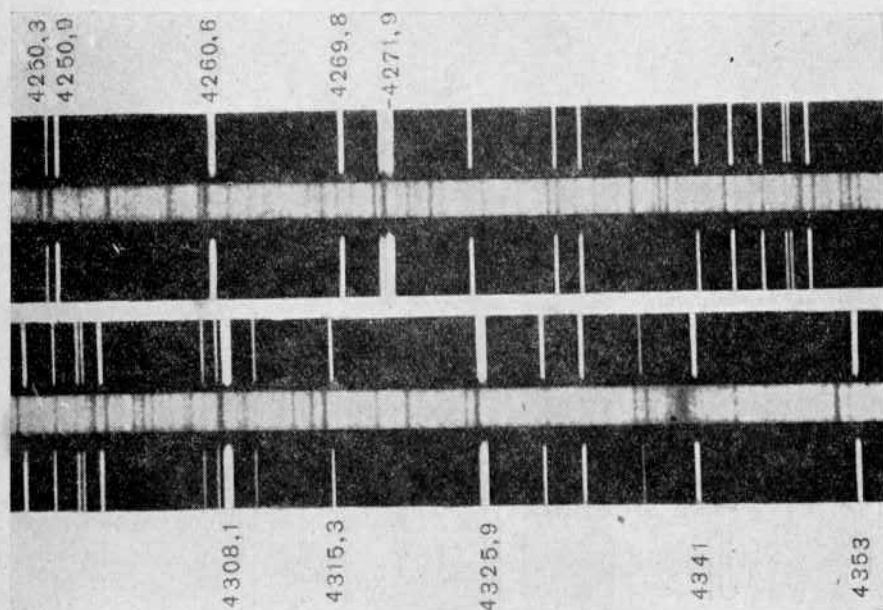
УЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО НАРКОМПРОСА РСФСР * 1939 г.

Ответственный редактор *С. М. Шорыгин*. Уполномоченный Главлита № А-13942.
 Технический редактор *М. И. Натанов*. Корректор *В. И. Беззубикова*. Сдано в
 набор 21/IV 1939 г. Подписано к печати 23/VIII 1939 г. Индекс У-3. Учпедгиз № 12166.
 Тираж 10 тыс. Печатных листов 12³/₄ + вклейка 1¹/₂. Учетно-издательских л. 16,44.
 Формат бумаги 60 × 92¹/₁₆. Бум. л. 6¹/₁₆. Тип. зн. в 1 бум. л. 102816. Заказ № 999.
 Бумага Камского бумкомбината.

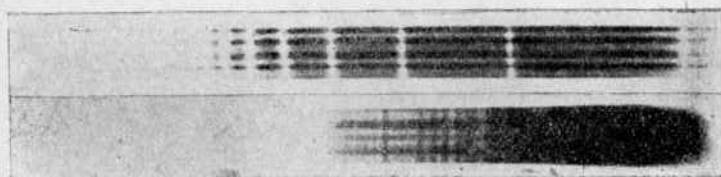
2-я типография ОГИЗа РСФСР треста „Полиграфкнига“ „Печатный Двор“
 им. А. М. Горького. Ленинград, Гатчинская, 26.



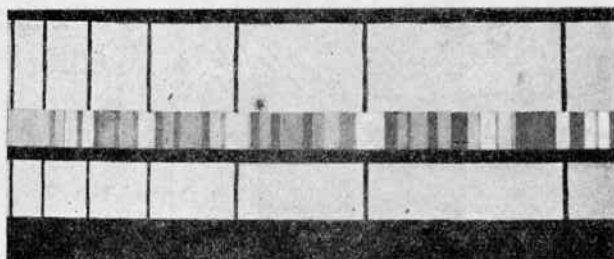
Фиг. II. Фотографии звезды на разных расстояниях от фокуса.



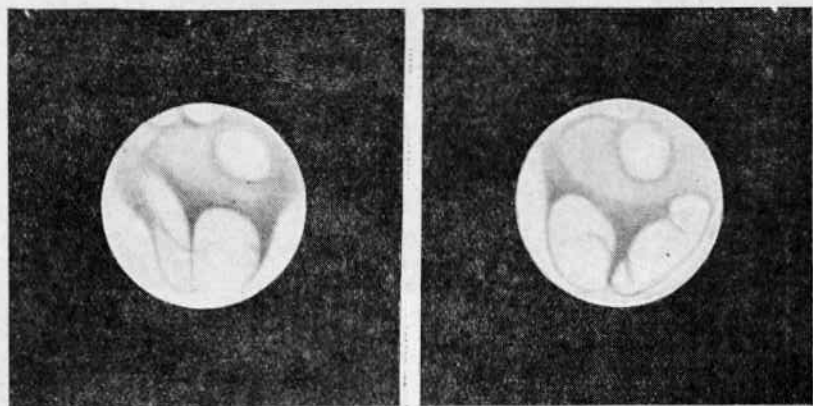
Фиг. III. Спектр Проциона.



Фиг. IV. Спектры белой и красной звезды.



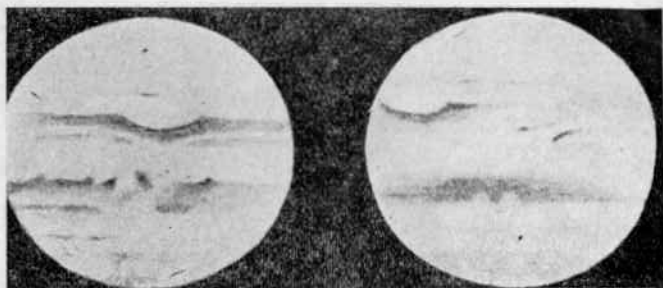
Фиг. V. Спектры Веги и новой звезды в созвездии Геркулеса.



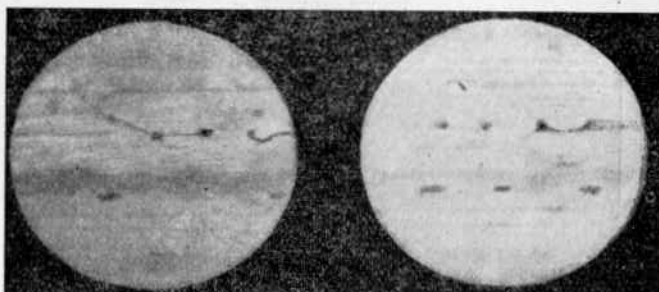
Фиг. IX. Две зарисовки Марса. Одна из них сделана через 2 часа после другой.



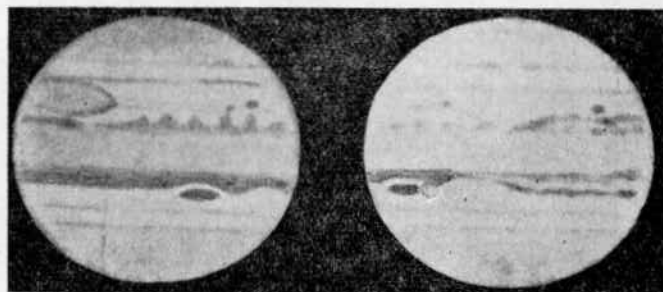
Фиг. X. Фотография части поверхности Луны.
Кратер Теофил.



1—19 июня 1922 г. в $8^h 55^m$. 2—19 июня 1922 г. в $10^h 40^m$.

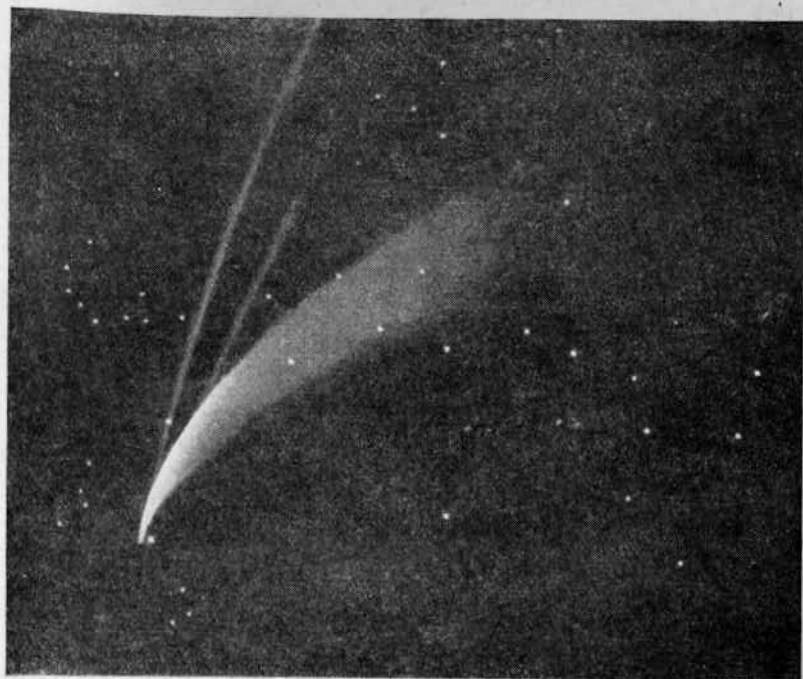


3—20 февраля 1920 г. в $7^h 5^m$. 4—20 февраля 1920 г. в $9^h 0^m$.

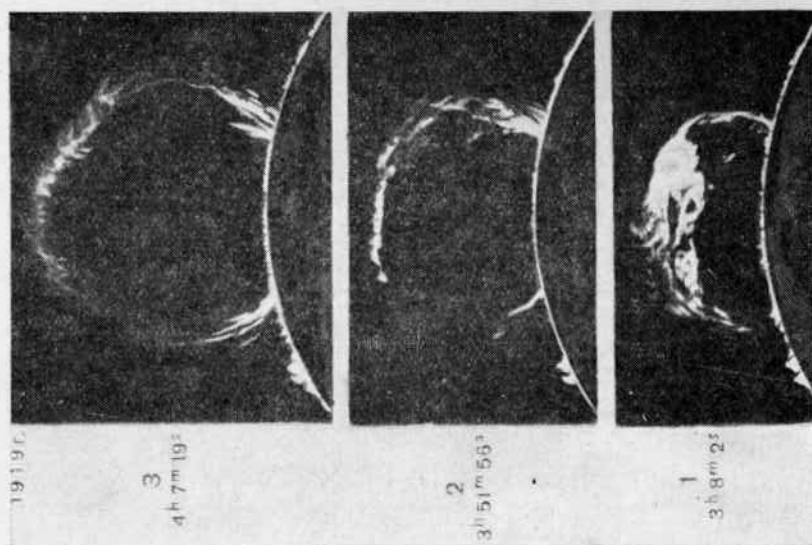


5—27 февраля 1920 г. в $8^h 50^m$. 6—27 февраля 1920 г. в $10^h 35^m$.

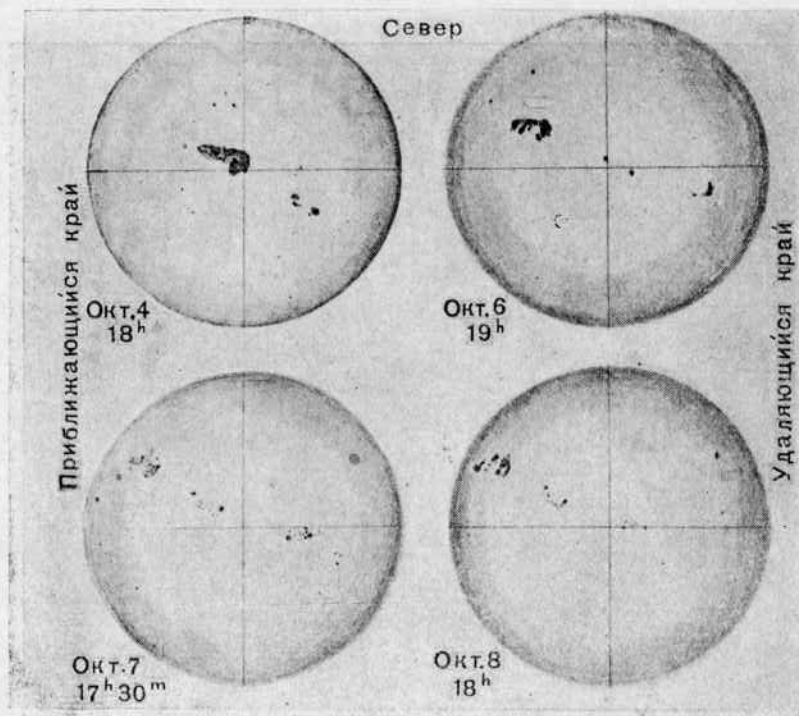
Фиг. XI. Рисунки Юпитера.



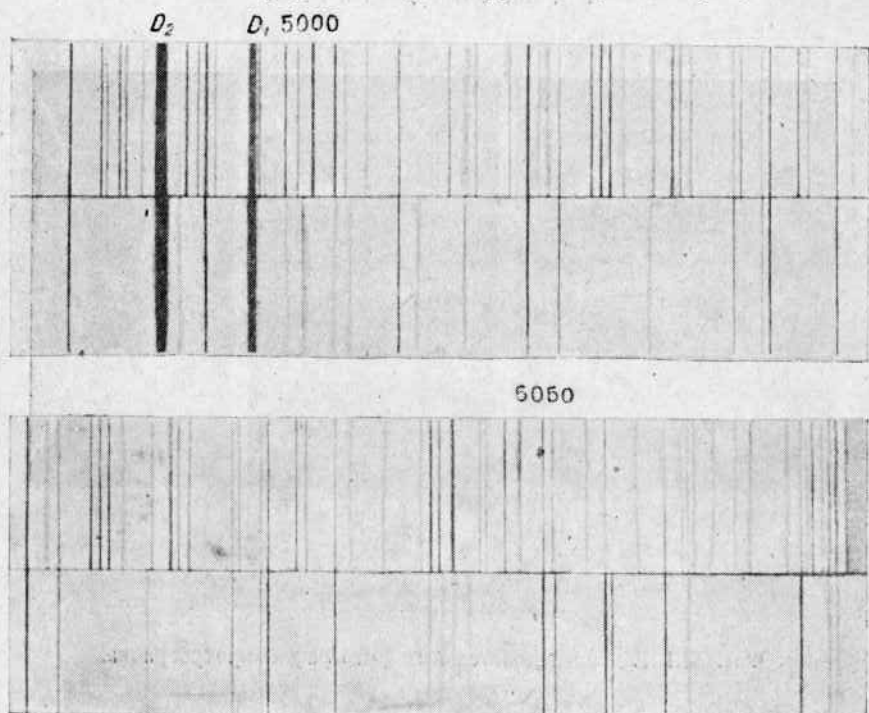
Фиг. XII. Фотография кометы.



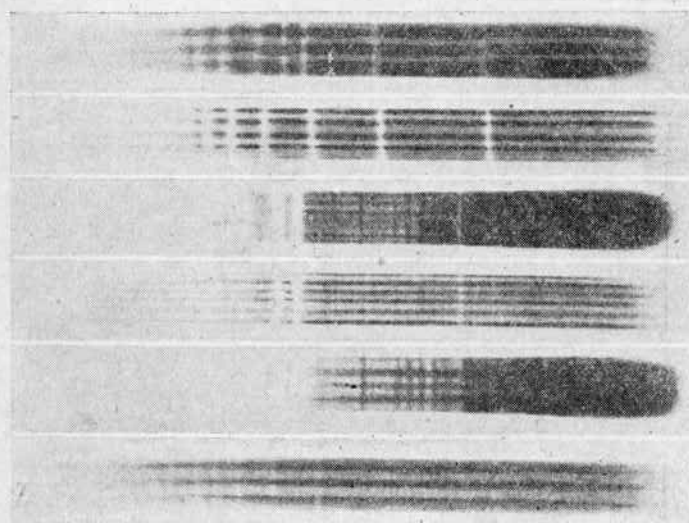
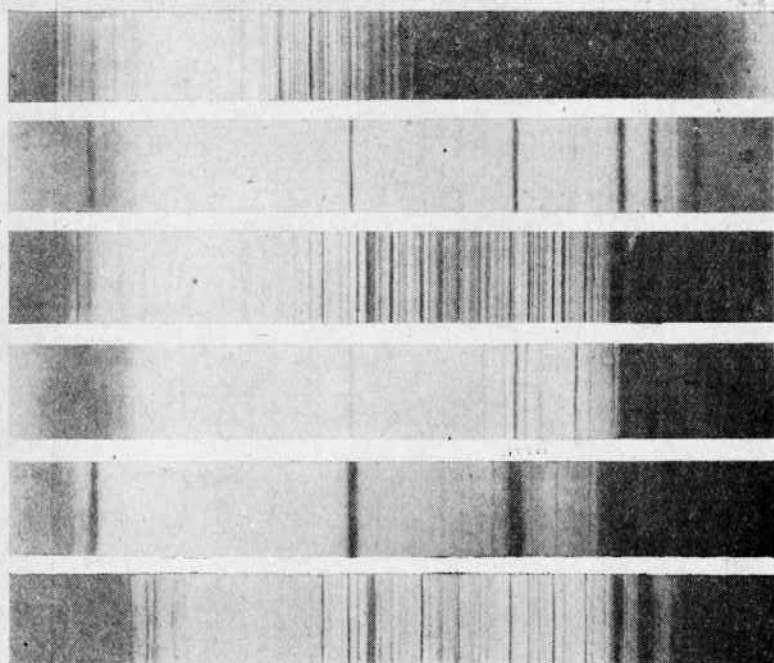
Фиг. XIII. Ряд последовательных фотографий протуберанца.



Фиг. XIV. Фотографии Солнца, обнаруживающие его вращение.



Фиг. XV. Спектр Солнца.



δ Близнецов

Сириус

Арктур

Капелла

Бетельгейзе

ϵ Ориона

Фиг. XVI. Спектры звезд: призматические (вверху) и дифракционные (внизу).



Фиг. XVII. Фотография неба в области созвездий Центавра
Южного Креста и Мухи.



Фиг. XVIII. Карта той же области неба.

71429787

Цена 4р.10к.

RLST



0000000645560

1939