

П. Г. КУЛИКОВСКИЙ

# СПРАВОЧНИК АСТРОНОМА-ЛЮБИТЕЛЯ

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ,  
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ  
МОСКВА 1953

Редактор *И. Е. Рахлин.*

Техн. редактор *С. Н. Ахланов.*

Корректор *Е. А. Белицкая.*

Подписано к печати 30/IX-1953 г. Бумага 60 × 92/16. Объем: 16,25 бум. л. 27,0 печ. л. + 21 вкладка. 34,11 уч.-изд. л. 47 318 тип. зн. в печ. л. Т-06875. Тираж 10.000. Цена 10 руб. 25 коп. Переплёт 1 руб. Заказ № 723.

2-я типография «Печатный Двор» имени А. М. Горького Союзполиграфпрома Главиздата  
Министерства культуры СССР. Ленинград, Гатчинская, 26.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие ко второму изданию . . . . .	7
Из предисловия к первому изданию . . . . .	9
Введение . . . . .	11
Краткая хронология астрономии . . . . .	18
<b>Глава I. Общие сведения о Земле, Луне, Солнце, солнечной си-</b> <b>стеме и вселенной . . . . .</b>	<b>22</b>
1. Земля . . . . .	22
2. Луна . . . . .	32
3. Солнце . . . . .	37
4. Солнечная система . . . . .	49
5. Планеты . . . . .	51
6. Кометы . . . . .	65
7. Метеоры. Зодиакальный свет . . . . .	69
8. Происхождение планет . . . . .	74
9. Звёзды . . . . .	76
10. Галактическая система. Млечный Путь . . . . .	117
11. Звёздные скопления . . . . .	122
12. Галактические туманности . . . . .	126
13. Внегалактические туманности . . . . .	132
14. Радиоастрономия . . . . .	140
15. Происхождение звёзд . . . . .	143
<b>Глава II. Некоторые сведения по математике . . . . .</b>	<b>147</b>
1. Системы обозначений больших чисел . . . . .	147
2. Логарифмы . . . . .	147
3. Об измерении углов . . . . .	149
4. Тригонометрические функции . . . . .	150
5. Элементы сферической тригонометрии . . . . .	153
6. Конические сечения . . . . .	155
7. Интерполирование и экстраполирование . . . . .	157
8. Об ошибках наблюдений . . . . .	161
<b>Глава III. Краткие сведения из общей астрономии . . . . .</b>	<b>164</b>
1. Астрономические координаты . . . . .	164
2. Измерение времени . . . . .	174
3. Прецессия . . . . .	183
4. Движение Луны. Затмения . . . . .	186
5. Движение планет . . . . .	194
6. Об основах спектрального анализа . . . . .	206
7. Астрономические телескопы . . . . .	211

8. Вспомогательные приборы . . . . .	222
9. Об установке экваториального штатива трубы . . . . .	226
10. Служба времени наблюдателя . . . . .	228
<b>Глава IV. Астрономические наблюдения . . . . .</b>	<b>232</b>
1. Введение . . . . .	232
2. Наблюдения Солнца . . . . .	235
3. Наблюдения Луны . . . . .	244
4. Наблюдения планет . . . . .	249
5. Наблюдения комет . . . . .	258
6. Наблюдения метеоров . . . . .	261
7. О сборе метеоритов и о наблюдении явлений, сопровождающих падение метеорита . . . . .	275
8. Наблюдения переменных звёзд . . . . .	277
9. Заключение . . . . .	289
<b>Астрономическая библиография . . . . .</b>	<b>290</b>

## ТАБЛИЦЫ

I. А. Астрономические знаки и обозначения . . . . .	297
I. Б. Греческий и латинский алфавиты . . . . .	298
II. А. Единицы длины . . . . .	298
II. Б. Некоторые математические величины . . . . .	299
III. Некоторые физические постоянные . . . . .	299
IV. Химические элементы . . . . .	300
V. Некоторые астрономические постоянные . . . . .	301
VI. Данные о Земле . . . . .	302
VII. Изменение плотности воздуха и давления с высотой . . . . .	302
VIII. Разность географической и геоцентрической широт $\varphi - \varphi'$ , длина дуги меридиана и длина дуги параллели . . . . .	303
IX. А. Продолжительность самого длинного и самого короткого дня на разных широтах . . . . .	304
IX. Б. Продолжительность полярного дня и полярной ночи на раз- ных широтах . . . . .	304
X. Данные о Луне . . . . .	304
XI. Освещённость, создаваемая Луной при разных углах фазы на поверхности, перпендикулярной к направлению падающих лучей . . . . .	305
XII. Данные о Солнце . . . . .	305
XIII. Годовые числа солнечных пятен с 1749 по 1952 г. . . . .	307
XIV. Элементы орбит планет солнечной системы . . . . .	308
XV. Физические характеристики планет солнечной системы . . . . .	308
XVI. Элементы спутников планет . . . . .	310
XVII. Элементы некоторых ярких малых планет . . . . .	312
XVIII. А. Список периодических комет, возвращение которых к Солнцу наблюдалось . . . . .	314
XVIII. Б. Список периодических комет, возвращение которых к Солнцу не наблюдалось (с периодами меньше 200 лет) . . . . .	316
XIX. А. Постоянные метеорные потоки . . . . .	318
XIX. Б. Метеорные потоки, которые в отдельные годы давали большое число метеоров . . . . .	318
XIX. В. Кометные радианты, ещё недостаточно подтверждённые метеорными наблюдениями . . . . .	319
XIX. Г. Смещение радиантов некоторых метеорных потоков . . . . .	320
XX. Геоцентрическая долгота Солнца $l_{\odot}$ , координаты центра истин- ного Солнца $\alpha_{\odot}$ , $\delta_{\odot}$ , уравнение времени $\eta$ , угловой радиус $r_{\odot}$ для 1950 г. . . . .	321
XXI. Геоцентрическая долгота Солнца $l_{\odot}$ , прямоугольные координаты Солнца $X$ , $Y$ и $Z$ и его радиус-вектор $R$ для 1950 г. . . . .	324

XXII. А. Поправка гелиографической широты $\Delta b$ .....	327
XXII. Б. Поправка гелиографической долготы $\Delta l$ .....	327
XXIII. Порядковый счёт дней в году .....	328
XXIV. Доля года, протекшая к 0 <sup>h</sup> каждого дня (в тысячных долях года) .....	329
А. Обыкновенный год .....	329
Б. Високосный год .....	330
XXV. Юлианский период .....	331
XXVI. Перевод часов и минут в доли суток .....	334
XXVII. Перевод долей дня в часы .....	336
XXVIII. Перевод промежутков времени в градусных единицах .....	337
XXIX. Перевод градусных единиц в единицы времени .....	338
XXX. Перевод минут и секунд дуги (или времени) в доли градуса (или часа) .....	339
XXXI. Перевод долей градуса (или часа) в минуты и секунды дуги (или времени) .....	340
XXXII. Перевод промежутков среднего времени в промежутки звёздного .....	341
XXXIII. Перевод промежутков звёздного времени в промежутки среднего .....	342
XXXIV. Поправки звёздного времени для разных долгот .....	343
XXXV. Поглощение света в земной атмосфере .....	344
XXXVI. Средняя рефракция .....	345
XXXVII. А. Годичная прецессия по прямому восхождению ( $P_\alpha$ ) .....	346
XXXVII. Б. Годичная прецессия по склонению ( $P_\delta$ ) .....	348
XXXVIII. А. Прецессия по прямому восхождению за сто лет .....	349
XXXVIII. Б. Прецессия по склонению за сто лет .....	350
XXXIX. Названия и обозначения созвездий .....	351
XL. Собственные имена некоторых ярких звёзд .....	353
XLI. Список звёзд от северного полюса до 40° южного склонения ярче 4-й звёздной величины .....	354
XLII. Фотографические и фотовизуальные звёздные величины, показатели цвета и спектральные классы звёзд Северного Полярного ряда (NPS) .....	364
XLIII. Фотографические величины, показатели цвета и спектры ярких звёзд звёздного скопления Плеяд .....	366
XLIV. Соотношение между модулем расстояния ( $m - M$ ), параллаксом ( $\pi$ ) и расстоянием ( $r$ ) в парсеках .....	368
XLV. Соотношение между абсолютной визуальной звёздной величиной и светимостью, выраженной в единицах светимости Солнца .....	370
XLVI. А. Список двойных звёзд .....	371
XLVI. Б. Список некоторых ярких двойных звёзд с резким различием цветов .....	373
XLVII. А. Нахождение общей звёздной величины двух звёзд .....	375
XLVII. Б. Нахождение звёздных величин компонентов двойной звезды по их суммарному блеску и разности блеска, выраженным в звёздных величинах .....	375
XLVIII. Перевод разностей звёздных величин двух звёзд в отношения блеска .....	376
XLIX. Список ярких переменных звёзд разных типов .....	377
L. Список цефеид и затменных переменных звёзд, рекомендованных Комиссией по переменным звёздам Астрономического совета АН СССР для наблюдений в бинокль или небольшую трубу .....	384
LI. Галактические рассеянные (Р) и шаровые (Ш) звёздные скопления .....	386
LII. Галактические диффузные (Д), планетарные (П) и тёмные (Т) туманности .....	387

LIII. Яркие внегалактические туманности . . . . .	388
LIV. А. Преобразование экваториальных координат в галактические (сев. полушарие) . . . . .	389
LIV. Б. Преобразование экваториальных координат в галактические (южн. полушарие) . . . . .	392
LV. Натуральные значения синуса и косинуса по аргументу, выра- женному во времени . . . . .	395
LVI. Натуральные значения тригонометрических величин . . . . .	396
LVII. Коэффициенты к интерполяционной формуле Стирлинга . . . . .	402
LVIII. А. Координаты главных городов СССР . . . . .	403
LVIII. Б. Координаты некоторых крупных городов мира . . . . .	406
LIX. А. Координаты астрономических обсерваторий СССР . . . . .	406
LIX. Б. Координаты астрономических обсерваторий Болгарии, Вен- грии, Польши, Румынии, Чехословакии, Китая и Германской Демократической Республики . . . . .	408
LIX. В. Координаты некоторых обсерваторий Англии, Аргентины, США, Франции, Канады, Дании, Голландии и Южно-Афри- канского Союза . . . . .	408
LX. Астрономический совет Академии наук СССР. Всесоюзное астрономо-геодезическое общество (ВАГО) и его Отде- ления. Планетарии . . . . .	409

## ПРИЛОЖЕНИЯ

1. А. Карта Луны . . . . .	414
Б. Поверхность Луны . . . . .	415
В. Список главнейших образований на лунной поверхности, обозна- ченных на карте . . . . .	416
2. Звёздный атлас (вкладка) . . . . .	419
3. Карта экваториальных созвездий . . . . .	419
4. Стереографическая сетка Г. В. Вульфа . . . . .	419
5. Сетка В. К. Цераского для приближённого определения зенитных рас- стояний и часовых углов небесных светил . . . . .	421
6. Подвижная карта звёздного неба . . . . .	422
7. Ортографические сетки для обработки наблюдений Солнца (вкладка) . . . . .	423
8. Координатные сетки для обработки наблюдений планет (вкладка) . . . . .	423
9. Карта часовых поясов (вкладка) . . . . .	423
Алфавитный указатель . . . . .	424

## ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

В величественной программе строительства коммунизма, намеченной XIX съездом Коммунистической партии Советского Союза, одной из задач ближайшего будущего является упорная и настойчивая работа по ликвидации существенных различий между трудом умственным и трудом физическим. Путь к этому лежит во всемерном и всестороннем повышении общего культурного уровня и уровня специальных технических знаний работников физического труда. Одной из форм этого процесса является углубление и расширение специальных знаний тех, кто до сих пор интересовался наукой и техникой как любитель. Необходимо повышать уровень пропаганды научных знаний, приобщать слушателей и читателей к участию в процессе развития науки и техники, постепенно превращать наиболее активных любителей в специалистов.

В истории астрономии имеется немало примеров того, как простой интерес к науке превращался в серьезное увлечение и любитель астрономии, приобретая необходимые знания и навыки, становится специалистом. Ряд видных советских астрономов вышли из среды любителей. Наша задача — всемерно способствовать этому процессу превращения любителей астрономии в серьезных научных работников, а также всемерно способствовать расширению круга интересующихся астрономией и занимающихся этой наукой.

Переработка «Справочника астронома-любителя» велась с желанием расширить кругозор читателя, сообщить ему сведения, которые приблизили бы его к пониманию актуальных задач современной астрономии и дали бы ему возможность принять участие в разработке научных проблем, доступных его скромным наблюдательным средствам. В связи с этим все разделы «Справочника» несколько расширены, добавлен ряд новых, как, например: звёздные ассоциации, радиоастрономия, новая классификация спектров, происхождение солнечной системы, происхождение звёзд, ошибки наблюдений, сбор метеоритов и некоторые другие. В дополнение к расширенному введению, содержащему краткую историю развития астрономии, даётся справочная хронологическая таблица открытий и достижений астрономии. Пересмотрен и дополнен раздел таблиц. Добавлено много новых рисунков. Звёздный Атлас выделен в особое приложение. По

моей просьбе Н. П. Кукаркина составила карты окрестностей для нового списка рекомендованных переменных звёзд и соответствующие таблицы звёзд сравнения. Б. Ю. Левин пересмотрел и дополнил написанный им для первого издания раздел о наблюдениях метеоров, а также дополнил таблицы метеорных радиантов.

Благодаря любезности акад. В. Г. Фесенкова оказалось возможным включить в «Справочник» ряд прекрасных фотографий, полученных в Алма-Ате на большом менисковом телескопе.

Я постарался учесть замечания и предложения всех лиц, которые любезно отозвались на мои к ним обращения, а также лиц, принявших участие в специальном обсуждении, организованном астрономической секцией МОВАГО в апреле 1953 г. Мне пришлось также посчитаться с тем, что «Справочник» довольно широко использовался педагогами, и учесть некоторые их пожелания.

Я очень благодарен всем, оказавшим мне помощь и содействие при подготовке второго издания книги.

Все замечания и пожелания следует направлять в редакцию астрономической литературы Гостехиздата (Б. Калужская, д. 15) либо непосредственно автору по адресу: Москва, 57, Ново-Песчаная ул., д. 3, кв. 39.

Май 1953 г.

*П. Куликовский*

## ИЗ ПРЕДИСЛОВИЯ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

Предлагаемый вниманию читателей «Справочник астронома-любителя», конечно, не может заменить собой курса общей астрономии или книг, указанных в библиографии. Несмотря на попытку дать последовательное и связанное изложение основ астрономии (гл. III) и обзор современных данных о вселенной (гл. I), «Справочник» не даёт и не может дать полного и исчерпывающего изложения всех деталей рассматриваемых вопросов. Зачастую в тексте используются термины и понятия, объясняемые в последующих главах, что с методической точки зрения недопустимо в обычных книгах. В этих случаях делаются ссылки, облегчающие нахождение нужного места. Иногда неизбежны повторения некоторых сведений в разных местах текста.

В главе IV дано краткое описание тех астрономических наблюдений, которые доступны любителю, располагающему скромными оптическими средствами, и могут иметь хоть небольшое самостоятельное научное значение. Поэтому в этой главе почти не упоминаются некоторые наблюдения, сами по себе очень интересные и занимательные, но не имеющие значения для науки.

В таблицах и приложениях составитель стремился собрать всё то, что может быть полезно в практической деятельности астронома-любителя, включая даже немногие чисто математические таблицы.

Я приношу глубокую благодарность членам-корр. АН СССР проф. А. А. Михайлову и С. Н. Блажко, проф. М. Е. Набокову и доктору физико-математических наук Б. В. Кукаркину за их дружественную критику и ценные указания. Я весьма обязан П. Н. Холопову за воспроизведение звёздного атласа. Прообразом для него служил карманный атлас, помещённый в Астрономическом Календаре на 1946 год.

Параграф, посвящённый наблюдениям метеоров и обработке этих наблюдений, специально составлен Б. Ю. Левиным, которому я благодарен также за помощь в составлении таблицы метеорных потоков.

1948 г.

*П. Куликовский*

«Как ни совершенно крыло птицы, оно никогда не смогло бы поднять её ввысь, не опираясь на воздух. Факты — это воздух учёного, без них вы никогда не сможете взлететь».

Акад. И. П. Павлов

## ВВЕДЕНИЕ

Астрономия \*) — наука о строении и развитии небесных тел и вселенной. Астрономия представляет собой одну из физико-математических наук, которая, используя достижения математики, физики и техники, изучает окружающую нас безграничную материальную вселенную, частью которой является наша планета Земля, и множество других «небесных» тел.

Астрономию можно, несколько условно, подразделить на ряд отраслей и разделов.

*Практическая астрономия* рассматривает методы определения положений небесных светил на небесной сфере и отсюда положения наблюдателя на поверхности Земли, а также теорию соответствующих астрономических инструментов.

*Сферическая астрономия* рассматривает видимое расположение и движение небесных светил и влияние на них некоторых физических явлений, как, например, рефракции световых лучей в атмосфере, вращения и движения Земли и т. д. Сферическая астрономия пользуется сферическими координатами (см. стр. 164) и соотношениями между углами и сторонами различных астрономических треугольников на небесной сфере. Иногда практическую астрономию и сферическую астрономию объединяют в одну науку — *астрометрию* или астрономию положения. Основной задачей астрометрии является создание каталогов, содержащих точнейшие определения звёздных положений для последующего изучения движения звёзд и звёздных систем. Фундаментальные астрометрические каталоги важны также для изучения движения небесных тел, принадлежащих нашей солнечной системе. Звёздные каталоги необходимы для геодезических и картографических работ, для службы времени, определения географических координат и навигации.

*Теоретическая астрономия* разрабатывает методы вычисления орбит планет, комет и других небесных тел и методы предвычисления их положения на небе (вычисления эфемерид).

*Небесная механика* изучает законы движения небесных тел под действием их взаимного притяжения, а также форму небесных тел и

---

\*) От греческих слов: *астрон* — звезда и *номос* — закон.



методы определения их масс. В ней рассматриваются также самые общие свойства движения.

*Астрофизика* изучает внутреннее строение и физические свойства небесных тел, химический состав и состояние атмосфер Солнца, звёзд и планет, источники звёздной и солнечной энергии, диффузную материю в межзвёздном пространстве. Практическая астрофизика касается техники разнообразных астрофизических наблюдений и теории соответствующих инструментов. Теоретическая астрофизика на основе всех наблюдений и законов физики исследует внутреннее строение небесных тел и источники их энергии, строение и состав звёздных атмосфер, эволюцию звёзд.

*Звёздная астрономия*, используя результаты исследований всех перечисленных отделов астрономии, изучает статистическими методами распределение и движение звёзд, строение нашей звёздной системы — Галактики, других галактик и совокупности всех известных галактик, — так называемой метagalктики, иначе говоря, строение всей известной части вселенной.

*Космогония* специально занимается вопросами происхождения и развития (эволюции) небесных тел — звёзд, Солнца, планет, в том числе и Земли, а также происхождения и развития звёздных систем. Космогония опирается в своих выводах и заключениях на громадный наблюдательный материал, накопленный астрономами всех специальностей, и на достижения теоретической физики. Проблема происхождения Земли сближает астрономию с геологией, геофизикой и геохимией.

Изучение некоторых групп небесных тел выросло в самостоятельные разделы астрономии, так, например, иногда говорят о *кометной астрономии*, *метеорной астрономии*, *планетной астрономии* и т. д. Определение географических координат астрономическими методами выделяют в *полевую астрономию*, определение местоположения корабля в море в *мореходную астрономию*, методы астроориентировки самолёта в воздухе — в *авиационную астрономию*.

Астрономия зародилась на заре человеческой культуры. Интерес к астрономическим явлениям и начало систематических наблюдений над ними относятся к далёкой древности, не оставившей никаких письменных свидетельств. Практические запросы жизни заставили специально заниматься астрономией как наукой.

Ф. Энгельс писал: «Необходимо изучить *последовательное развитие* отдельных отраслей естествознания. — Сперва *астрономия*, которая уже из-за времён года абсолютно необходима для пастушеских и земледельческих народов» («Диалектика природы», Госполитиздат, 1950, стр. 145). Счёт времени, летосчисление, определение местоположения на Земле, ориентировка во время пути на суше и на море — вот неполный перечень практических задач, ставших перед первыми астрономами.

«Необходимость вычислять периоды разлития Нила создала египетскую астрономию, а вместе с тем господство касты [жрецов как руководителей земледелия]» (К. Маркс и Ф. Энгельс, Сочинения, т. XVII, стр. 562). Действительно, астрономия в древнем мире —

в Египте, в Ассирии и Вавилоне и в других странах — находилась в руках жрецов, которые за сотни и тысячи лет систематических наблюдений неба накопили много астрономических сведений. В Китае уже за 1100 лет до н. э. существовали специалисты — астрономы, которые умели предсказывать затмения. За четыре века до н. э. в Китае астроном Ши-Шен составил первый известный нам звёздный каталог — список положений 800 звёзд. Подметив смену фаз Луны, периодичность солнечных и лунных затмений, движения планет среди звёзд, первые астрономы научились предсказывать эти астрономические явления.

В древней Греции, где широко развились математические науки, в частности геометрия, были хорошо известны закономерности видимых движений планет среди звёзд. Во II в. до н. э. греком Гиппархом был создан второй звёздный каталог. Он включал 1022 звезды. Уже греки пытались построить общую картину мироздания. Однако гениальные догадки некоторых греческих философов (например, Аристарха Самосского, жившего в III в. до н. э.) о движении Земли вокруг Солнца были забыты, и более полутора тысяч лет астрономия зиждилась на геоцентрической системе мира, сформулированной в окончательном виде во II в. н. э. Клавдием Птолемеем (ок. 87—165 г.). Согласно «Альмагесту» Птолемея Земля помещалась в центре мира, а для объяснения сложных петлеобразных видимых движений планет были введены добавочные вспомогательные круги — *эпициклы*, центры которых двигались вокруг Земли по основным кругам — *деферентам*. Были подмечены следующие особенности движения планет в системе Птолемея: во-первых, обращение нижних планет — Меркурия и Венеры по деферентам и обращение верхних планет — Марса, Юпитера и Сатурна по эпициклам совершались в один и тот же промежуток времени — в один год; во-вторых, центры эпициклов Меркурия и Венеры лежали на одной прямой, соединяющей Землю и Солнце, а линии, соединявшие центры эпициклов всех внешних планет с самими планетами, были параллельны этой прямой. В дальнейшем, чем точнее становились наблюдения планет, тем более сложной и громоздкой становилась система эпициклов.

В эпоху средневекового застоя науки в Европе астрономия получила развитие в странах Востока. Крупный вклад в науку сделали астрономы народов Средней Азии VIII—XV вв. Среди них особо надо отметить великого энциклопедиста Востока Бируни (973—1048), который ещё в XI в. писал о возможности объяснения всех сложных видимых движений планет движением Земли вокруг Солнца и её вращением. Омар Хайям (1048—1122) создал проект календаря, который был бы точнее григорианского, он писал о бесконечности мира в пространстве и во времени. Правитель Самарканда Улугбек (1394—1449) был крупнейшим учёным своего времени. Он создал прекрасную обсерваторию с гигантскими угломерными инструментами, под его руководством был составлен каталог новых положений 1018 звёзд и таблицы планетных движений.

В середине XVI в. гениальный польский учёный Николай Коперник (1473—1543) в своём великом труде «Об обращениях небесных сфер» \*) установил правильное представление о мире, поставив Солнце в центре планетной системы и лишив тем самым Землю её исключительного, центрального положения. Все особенности движения планет получили своё естественное объяснение. Переворот, произведённый Коперником, имел громадное значение не только для астрономии. «Революционным актом, которым исследование природы заявило о своей независимости и как бы повторило лютеровское сожжение папской буллы, было издание бессмертного творения, в котором Коперник бросил — хотя и робко и, так сказать, лишь на смертном одре — вызов церковному авторитету в вопросах природы. Отсюда начинается своё летосчисление освобождение естествознания от теологии...» (Ф. Энгельс, Дialeктика природы, Госполитиздат, 1950, стр. 5).

Труд Коперника, и в особенности те философские выводы о множественности обитаемых миров, которые вытекали из новой системы мира, преследовались церковью. Пламенный защитник нового учения итальянский учёный и философ Джордано Бруно (1548—1600), издавший в 1584 г. своё знаменитое произведение «О бесконечности, вселенной и мирах», погиб 17 февраля 1600 г. в Риме на костре инквизиции. Великого итальянского учёного Галилео Галилея (1564—1642) также подвергли преследованиям за защиту и пропаганду учения Коперника. 7 января 1610 г. Галилей первый направил зрительную трубу (независимо от других им изобретённую) на небо и тем самым превратил её в астрономическую трубу — телескоп. Он открыл горы на Луне, пятна на Солнце, фазы Венеры, спутников Юпитера, открыл истинную природу сияния Млечного Пути — скопления множества слабых звёзд. Открытия Галилея, начавшего новую эпоху в астрономии — эпоху телескопической астрономии, — знаменитые законы движения планет, открытые Иоганном Кеплером (1571—1630), наконец, «Математические начала натуральной философии» Ньютона (1643—1727), вышедшие из печати в 1687 г., — завершили ломку старых понятий и торжество идей Коперника. В своих замечательных «Началах» Исаак Ньютон описал открытый им в 1685 г. закон всемирного тяготения, управляющий движением небесных тел, и тем самым заложил прочную основу теоретической астрономии и небесной механики. Развитие наблюдательной астрономии получило новый толчок со времени изобретения Х. Гюйгенсом (1629—1695) маятниковых часов (1656) и применения Пикаром (1620—1682), а затем Рёмером (1644—1710) зрительных труб к угломерным инструментам.

С конца XVII в. в разных странах учреждаются астрономические обсерватории нового типа (1676 г. — Гринвичская в Англии, 1684 — Парижская во Франции, 1725 — академическая обсерватория в Петербурге\*\*), которые начинают систематические наблюдения, имевшие целью определение точных положений звёзд и изучение движения

\*) «De Revolutionibus Orbium Celestium» (1543).

\*\*) Первая русская обсерватория была создана в Холмогорах близ Архангельска А. Любимовым в 1692 г.

Луны, необходимые в первую очередь для нужд морской навигации и картографирования суши и моря. В течение первой половины XVIII в. возросшая точность астрономических измерений привела к открытию в 1718 г. собственных движений звёзд (Галлей, 1656—1742), открытию в 1728 г. абберации звёзд (Брадлей, 1693—1762), открытию нутации земной оси (Брадлей, 1747 г.). В 1753—1772 гг. русский академик Л. Эйлер (1707—1783) разрабатывал теорию движения Луны. Большое значение для всего естествознания имела идея естественной эволюции, развития в природе, впервые выдвинутая в области астрономии. В 1755 г. Кант выдвинул свою гипотезу эволюции первоначальной метеоритной туманности и образования планетной системы. В это же время эволюционные идеи были высказаны великим русским учёным М. В. Ломоносовым (1711—1765), в частности, в области геологии. В 1796 г. Лаплас (1749—1827) в его «Изложении системы мира» выдвинул идею отделения колец от вращающейся и сжимающейся газовой туманности.

Канто-лапласовская гипотеза (строго говоря, здесь две различные гипотезы) имела большое прогрессивное значение для своего времени.

В 1761 г. во время прохождения Венеры по диску Солнца М. В. Ломоносов открыл атмосферу на Венере, положив этим начало научной планетной астрономии. С конца XVIII в. началась деятельность выдающегося английского астронома В. Гершеля (1738—1822) с громадными по тому времени рефлекторами, которые он сам изготовлял. Гершель открыл много туманностей — галактических и внегалактических, — много двойных звёзд, открыл в 1781 г. планету Уран, обнаружил движение Солнца в пространстве среди окружающих его более близких звёзд (1785 г.), изучал строение Галактики.

XVIII в., в особенности его вторая половина, охарактеризовался бурным расцветом небесной механики в трудах Эйлера, Клеро (1713—1765), Лагранжа (1736—1813), Лапласа. Открытие 1 января 1801 г. Пиации первой малой планеты — Цереры — дало новый толчок развитию наблюдательной и теоретической астрономии.

В 20-х гг. XVIII в. началась научная деятельность одного из крупнейших астрономов своего времени, основателя и первого директора Пулковской обсерватории (открыта в 1839 г.) Василия Яковлевича Струве (1793—1864). Сначала в Тарту (б. Юрьев), а затем в Пулкове В. Я. Струве производил свои многолетние исследования двойных звёзд и создавал науку о двойных звёздах. Разработанные им многолетние планы работы Пулковской обсерватории предусматривали составление каталогов особо точных определений положений звёзд. Эти каталоги впоследствии создали Пулкову мировую славу. Пулково заслуженно получило название «астрономической столицы мира». В 1835—1838 гг. Струве первый измерил параллакс звезды Веги ( $\alpha$  Лиры). В 1847 г. он открыл межзвёздное поглощение света. Это открытие, опубликованное в его замечательной книге «Этюды звёздной астрономии»\*), было забыто

\*) В 1953 г. Издательство АН СССР выпустило новое издание этой работы (с комментариями).

современниками, и поглощение света было открыто вновь лишь в XX в. От «Этюдюв» В. Я. Струве ведут своё начало работы, посвящённые строению нашего звёздного мира и бесчисленных туманностей, каждая из которых представляет собой самостоятельную звёздную систему.

Торжеством теоретической астрономии и небесной механики и одновременно торжеством материалистической науки, утверждающей материальность мира и познаваемость его законов, было открытие в 1846 г. Леверрье (1811—1877) «на кончике пера», т. е. вычислительным путём, новой планеты, названной Нептуном. Вблизи от указанного Леверрье места Галле нашёл планету среди звёзд. В 1844 г. Бессель заподозрил существование спутников у Сириуса и у Прокциона по тому влиянию, которое они оказывали на собственное движение этих ярких звёзд. Их увидели в телескопы значительно позже. Оба спутника оказались принадлежащими к редкому классу звёзд — белых карликов (см. стр. 110).

Некоторые другие важные открытия первой половины XIX в. указаны в хронологической таблице (стр. 18—21), которая является известным дополнением к этому краткому историческому очерку.

К середине XIX в. относится изобретение фотографии и начало применения её в астрономии. Фотография необыкновенно способствовала бурному развитию астрономии и новой отрасли этой науки — астрофизики. Если не считать некоторых работ в области астрофотометрии, астрофизические исследования начались в 1859—1860 гг. вскоре после открытия Кирхгофом и Бунзенем спектрального анализа. Спектроскопия звёзд началась работами Секки (1818—1878), В. Гэггинса, А. А. Белопольского (1854—1934), физика Солнца — после открытия Жансеном и независимо от него Локьером в 1868 г. способа наблюдений солнечных протуберанцев вне затмений.

В это же время трудами крупнейшего русского астронома Ф. А. Бредихина (1831—1904) создавалось учение о кометах и метеорных потоках, теория кометных форм и первая классификация кометных хвостов (1862—1877).

В конце прошлого века (1894—1899 гг.) А. А. Белопольский провёл лабораторную проверку принципа Допплера, получившего по справедливости название принципа Допплера-Белопольского, и применил его к изучению спектрально-двойных и переменных звёзд.

Основой для дальнейшего изучения звёзд и нашей звёздной системы — Галактики — явились обширные звёздные каталоги, содержащие точные определения блеска звёзд и их спектров. В 1884 г. на Гарвардской обсерватории были заложены основы ныне широко применяющейся спектральной классификации. В 1895 г. В. К. Цераский (1849—1925) в Москве определил нижнюю границу температуры Солнца на основе своих опытов с большим зажигательным зеркалом.

В XX в. успешно развивается теоретическая астрофизика, исследующая внутреннее строение звёзд и законы излучения. Центр тяжести интересов современной астрономии всё больше переносится на вопросы строения звёзд и истории их развития, вопросы строе-

ния и эволюции звёздных систем, а также на вопрос об источниках энергии, которую излучают в мировое пространство звёзды и Солнце в течение миллиардов лет.

В 1906—1912 гг. выявилось деление звёзд на карликов и гигангов и связь светимостей звёзд с температурой их поверхностей (иначе, со спектрами звёзд). Это дало толчок к развитию нового метода определения звёздных расстояний по спектру звёзд (метода определения так называемых спектральных параллаксов). В 1908 г. была открыта зависимость между периодами переменных звёзд типа  $\delta$  Цефея (цефеид) и их светимостями. Эта зависимость легла в основу нового мощного метода определения расстояний, действующего не только в пределах нашей Галактики, но и далеко за её пределами (определение так называемых цефеидных параллаксов).

В 1927 г. было открыто (Я. Оортом) вращение Галактики. Математическая теория вращения, разработанная в 1859 г. казанским астрономом М. А. Ковальским (1821—1884), была забыта. В 1930 г. вновь было открыто поглощение света в межзвёздном пространстве. Как было сказано выше, это открытие было сделано ещё в 1847 г. В. Я. Струве.

В хронологической таблице отмечен также ряд крупных открытий XX в. Они касаются прежде всего звёзд и внегалактических туманностей, оказавшихся (как это было установлено в 1924 г.) звёздными системами, подобными нашей Галактике. Всё больше в астрономии используется новая техника наблюдений, совершенствуются астрономические телескопы, дающие возможность ещё дальше проникнуть вглубь вселенной. Всё большее внимание уделяется проблемам происхождения небесных тел и изучению процессов их развития (эволюции).

Над разрешением сложнейших проблем современной астрономии успешно работают советские учёные, вооружённые самым передовым методом научного исследования, — методом диалектического материализма.

В нашей стране после Великой Октябрьской социалистической революции был создан ряд новых астрономических учреждений. Таковы: Астрономический институт в Ленинграде, ныне Институт теоретической астрономии АН СССР (1920 г.), Китабская широтная станция имени Улугбека (1930 г.), Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга в Москве (1931 г.), Абастуманская астрофизическая обсерватория АН Грузинской ССР (1932 г.), Сталинабадская обсерватория АН Таджикской ССР (1933 г.).

После Великой Отечественной войны были не только восстановлены разрушенная Пулковская обсерватория и сожжённая и разграбленная Симеизская астрофизическая обсерватория, но и создан ряд новых крупных астрономических обсерваторий: Бюраканская обсерватория АН Армянской ССР (1946 г.), Астрофизический институт и Горная обсерватория АН Казахской ССР (1949 г.), Главная астрономическая обсерватория АН Украинской ССР в Голосееве под Киевом (1949 г.), Крымская астрофизическая обсерватория

АН СССР близ села Партизанского (1950 г.), а также Астрофизическая лаборатория АН Туркменской ССР (1945 г.). Полный перечень советских обсерваторий приведён в табл. LIX А.

Отметим некоторые крупные успехи, достигнутые советскими учёными в годы войны и после неё. Так, например, в 1943 г. член-корр. АН СССР С. В. Орлов завершил свою многолетнюю работу по изучению кометных форм и предложил новую их классификацию.

В 1944—1948 гг. акад. В. Г. Фесенков создал теорию зодиакального света и написал монографию «Метеорная материя в междупланетном пространстве» (1947 г.).

В 1947 г. член-корр. АН СССР В. А. Амбарцумян и его сотрудники по Бюраканской обсерватории открыли новый тип звёздных скоплений — звёздные ассоциации (см. стр. 124) и дали доказательства продолжающегося и ныне процесса образования звёзд в Галактике.

В 1948 г. на Крымской астрофизической обсерватории АН СССР В. Б. Никонов, А. А. Калиняк и В. И. Красовский на фотографиях, полученных в инфракрасных лучах с помощью особого прибора — электронно-оптического преобразователя, — обнаружили ядро нашей Галактики.

С 1949 г. на той же Крымской обсерватории акад. Г. А. Шайн начал свои замечательные работы по фотографированию в лучах водородной линии  $H_\alpha$  диффузных газовых и газовой-пылевых туманностей. Им и его сотрудницей В. Ф. Газе открыто много новых, до тех пор неизвестных водородных туманностей.

С 1951 г. на Горной астрофизической обсерватории Академии наук Казахской ССР с новым большим и светосильным менисковым телескопом системы Д. Д. МаксUTOва (см. рис. 140) акад. В. Г. Фесенков со своими сотрудниками начал систематическое фотографирование газовой-пылевых туманностей, которое дало большой материал для решения проблемы рождения звёзд (см. стр. 143). Наконец, к последним годам относятся работы акад. О. Ю. Шмидта, его сотрудников и других советских учёных по созданию новой теории происхождения Земли и планет.

В главе I «Справочника» найдут своё отражение многочисленные успехи, достигнутые за последние годы советскими астрономами в разных областях астрономии.

## КРАТКАЯ ХРОНОЛОГИЯ АСТРОНОМИИ

1100 до н. э.	Определение наклона экватора к эклиптике (Китай, Чу Конг).
VII—VI вв. до н. э.	Установление периодичности солнечных затмений — сароса (Вавилон).
IV в. до н. э.	Первый каталог 800 звёзд (Китай, Ши-Шен).
IV в. до н. э.	«О небе» Аристотеля (Греция).
III в. до н. э.	Определение размеров земного шара (Александрия, Эратосфен).
265 г. до н. э.	Идея о движении Земли вокруг Солнца (Аристарх Самосский).

II в. до н. э.	Открытие прецессии, первые таблицы движения Солнца и Луны, звёздный каталог 1022 звёзд, разделённых на 6 величин по блеску (Греция, Гиппарх).
46 г. н. э.	Введение в Риме юлианского календаря (греч. астроном Созиген).
II в.	Обнародование «Альмагеста» греч. астронома Птолемея.
I пол. XI в.	Трактат о летосчислении и определение окружности Земли хорезмийским учёным Бируни.
конец XI в. — начало XII в.	Проект календаря, книга стихов «Вселенная и её познание» таджикского философа и поэта Омара Хайяма.
1252 г.	Составление альфонсинских таблиц (Испания).
середина XIII в.	«Ильханские таблицы» движений планет азербайджанского астронома Нассирэддина.
I пол. XV в.	Звёздный каталог и таблицы движений планет узбекского астронома Улугбека.
1543 г.	Выход в свет труда Коперника «Об обращениях небесных сфер».
1582 г.	Введение в ряде стран григорианского календаря.
1584 г.	«О бесконечности, вселенной и мирах» итальянского философа Джордано Бруно.
1603 г.	Звёздный атлас Байера с обозначением ярких звёзд греческими буквами.
1609—1610 гг.	Первые астрономические наблюдения с трубой Галилея.
1609—1619 гг.	Установление Кеплером законов движения планет.
1611 г.	Проект зрительной трубы Кеплера.
1632 г.	«Диалог о двух системах мира» Галилея.
1647 г.	«Селенография» польского астронома Я. Гевелия.
1656 г.	Изобретение маятниковых часов (Голландия, Х. Гюйгенс).
1656—1659 гг.	Открытие кольца Сатурна, открытие Титана (Голландия, Х. Гюйгенс).
1668 г.	Первый зеркальный телескоп (Ньютон).
1676 г.	Определение скорости света (Дания, Рёмер).
1676 г.	Основание Гринвичской обсерватории (Англия).
1687 г.	«Математические начала натуральной философии» Ньютона.
1718 г.	Открытие периодичности комет. Открытие собственных движений звёзд (Англия, Галлей).
1725 г.	Основание академической обсерватории в Петербурге.
1725—1728 гг.	Открытие аберрации звёзд (Англия, Брайдлей).
1743 г.	«Теория фигуры Земли» Клеро — первое обоснование теории фигуры Земли.
1747 г.	Открытие нутации (Англия, Брайдлей).
1748 г.	Общая формулировка закона сохранения вещества и движения (М. В. Ломоносов).
1753—1772 гг.	Теория движения Луны Л. Эйлера.
1755 г.	Космогоническая гипотеза Канта («Всеобщая естественная история и теория неба»).
1761 г.	Открытие М. В. Ломоносовым атмосферы на Венере.
1781 г.	Открытие Урана (Англия, В. Гершель).
1782 г.	Первый каталог двойных звёзд (Англия, В. Гершель).
1785 г.	Открытие движения Солнца среди звёзд (Англия, В. Гершель).
1794 г.	Установление космического происхождения метеоритов (Э. Ф. Хладный).
1796 г.	Космогоническая гипотеза Лапласа («Изложение системы мира»).
1800 г.	Открытие инфракрасного излучения Солнца (В. Гершель).
1814—1815 гг.	Описание линий поглощения в солнечном спектре (Германия, Фраунгофер).
1816—1855 гг.	Определение длины дуги меридиана от Ледовитого океана до Дуная (под руковод. В. Я. Струве).



1819 г.	Открытие волновой природы света (Франция, Френель).
1835—1840 гг.	Первые определения параллаксов звёзд (В. Струве, Ф. Бессель, Т. Гендерсон).
1839 г. 19 авг.	Открытие Пулковской обсерватории.
1844 г.	Установление существования спутников у Сириуса и Прорциона (Германия, Бессель).
1844 г.	Установление периодичности солнечных пятен (Германия, Г. Швабе).
1846 г. 23 сент.	Открытие Нептуна (Германия, Галле по вычислениям Леверрье).
1847 г.	Открытие поглощения света в межзвёздном пространстве (В. Я. Струве).
1847 г.	Открытие эффекта Допплера — основы определения лучевых скоростей.
1850 г.	Установление спиральной структуры некоторых туманностей (Англия, Росс).
1852—1864 гг.	Начало применения фотографии в астрономии (США, Англия, Россия).
1859—1862 гг.	Открытие спектрального анализа (Германия, Бунзен и Кирхгоф).
1859 г.	Математическая разработка теории вращения нашей звёздной системы (М. А. Ковальский).
1860 г.	Начало спектроскопии звёзд. Звёздная классификация Секки (Италия).
1862—1877 гг.	Изучение физической природы комет. Классификация кометных хвостов (Ф. А. Бредихин).
1881 г.	Теория рассеяния света в атмосфере (Англия, Рэлей).
1888 г.	Открытие движения земных полюсов (Германия, Кюстнер).
1889 г.	Открытие спектрально-двойных звёзд (США, Мори).
1891 г.	Открытие периодичности смещения полюсов Земли (США, Чендлер).
1894 г.	Доказательство метеоритного строения колец Сатурна (А. А. Белопольский).
1895 г.	Определение нижнего предела температуры Солнца (В. К. Цераский).
1894—1899 гг.	Опытное доказательство принципа Допплера (А. А. Белопольский).
1900—1910 гг.	Давление света на твёрдые тела и газы (П. Н. Лебедев).
1900 г.	Классификация звёздных спектров (Гарвардская обсерватория, США).
1903 г.	«Исследование мировых пространств реактивными приборами» — работа К. Э. Циолковского.
1906—1912 гг.	Обнаружение существования звёзд-гигантов и звёзд-карликов (Голландия, Герцшпрунг; США, Расселл).
1908 г.	Открытие магнетизма солнечных пятен (США, Хэл).
1908 г.	Открытие зависимости «период — светимость» у цефеид (США, Ливитт).
1909 г.	Применение светофильтров к изучению поверхности Марса (Г. А. Тихов).
1912 г.	Теория эволюции звёзд (США, Расселл).
1914 г.	Открытие способа определения параллаксов звёзд по их спектрам (США, Адамс; Германия, Кольшюттер).
1915 г.	Открытие звёзд — белых карликов.
1916 г.	Начало теоретического исследования внутреннего строения звёзд (Англия, Эддингтон).
1919 г.	Образование Международного Астрономического Союза.
1920 г.	Первое измерение диаметра звезды интерферометром (США, Майкельсон и Пиз).
1923—1924 гг.	Открытие зависимости «масса — светимость» (Голландия, Герцшпрунг; США, Расселл; Англия, Эддингтон).

- 1924 г. Доказательство звёздного состава спиральных туманностей (США, Хаббл).
- 1927 г. Открытие вращения звёзд (Г. А. Шайн; США, О. Струве).
- 1927 г. Изучение вращения Галактики (Голландия, Оорт).
- 1927—1932 гг. Физическая теория газовых туманностей (В. А. Амбарцумян).
- 1929 г. Открытие «красного смещения» в спектрах внегалактических туманностей (США, Хаббл).
- 1930 г. 13 марта Открытие Плутона (США, Томбо).
- 1930 г. Наблюдение солнечной короны вне затмения (Франция, Лيو).
- 1934 г. Изучение свечения ночного неба и зодиакального света (В. Г. Фесенков).
- 1937 г. Источник звёздной энергии — ядерные реакции в недрах звёзд.
- 1939 г. Исследование изотопов в атмосферах звёзд (Г. А. Шайн).
- 1940 г. Вывод элементов земного эллипсоида (Ф. Н. Красовский и А. А. Изотов).
- 1940—1944 гг. Открытие радиоизлучения Солнца и Галактики.
- 1940—1944 гг. Разработка теории учёта межзвёздного поглощения света (П. П. Паренаго).
- 1941 г. Изобретение мениковского телескопа (Д. Д. Максотов).
- 1943—1946 гг. Открытие существования в Галактике взаимопроникающих подсистем звёзд, отличающихся различными физическими и кинематическими характеристиками и имеющих различный возраст, происхождение и пути развития (Б. В. Кукаркин).
- 1943—1944 гг. Метеоритная теория происхождения Земли и планет (О. Ю. Шмидт).
- 1946 г. Радиолокация Луны.
- 1947 г. Открытие звёздных ассоциаций (В. А. Амбарцумян).
- 1948 г. Обнаружение ядра Галактики в инфракрасных лучах (В. Б. Никонов, А. А. Калиняк, В. И. Красовский).
- 1949—1953 гг. Обнаружение большого числа новых газовых (водородных) туманностей в Галактике (Г. А. Шайн, В. Ф. Газе).
-

## ГЛАВА I

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗЕМЛЕ, ЛУНЕ, СОЛНЦЕ, СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ И ВСЕЛЕННОЙ

#### 1. Земля

Первые астрономические явления, с которыми с детства знаком всякий, это — смена дня и ночи, восход и заход Солнца. Объяснение этих явлений связано с вопросом о форме нашей Земли. На смену наивным представлениям о плоской Земле и «небесной тверди» пришло признание шарообразности Земли и безграничности небес. Доказательства шарообразности черпались из наблюдений формы края земной тени на диске Луны во время лунных затмений, из наблюдений постепенного появления или исчезновения морских судов при их приближении или удалении от берега, из наблюдений изменения высоты Полярной звезды при переезде с севера на юг, из факта расширения горизонта по мере подъёма вверх \*). Идея шарообразности Земли возникла ещё у древних греков (Пифагор, VI в. до н. э., Аристотель, IV в. до н. э.), но потом оставалась в забвении более полутора тысяч лет, до времён Христофора Колумба и кругосветных путешествий XVI в.

Размеры земного шара впервые были определены около 250 г. до н. э. Эратосфеном (276—196 гг. до н. э.) в Александрии. Он нашёл, что в день летнего солнцестояния в Сиене, в южном Египте, Солнце в полдень проходит через зенит, а в Александрии — на расстоянии  $7^{\circ},2$  ( $\frac{1}{80}$  всей окружности) от него. Расстояние между этими городами, расположенными приблизительно на одном меридиане, составляло 5000 греческих стадий. Следовательно, полная окружность равна 250 000 стадий, а радиус земного шара  $R = 40\,000$  стадий. Принимая наиболее вероятную длину стадии равной 160 м, получаем  $R = 6400$  км. Современные определения дают  $R = 6370$  км. Они основаны на точных геодезических градусных измерениях (т. е. измерениях длины одного градуса широты), приводящих к более правильному представлению о форме Земли (см. ниже).

---

\*) Любопытные фотографии, наглядно показывающие кривизну земной поверхности, были получены в 1947 г. с высоты 162 км (во время полёта ракеты).

Вращение земного шара самым естественным образом объясняет смену дня и ночи, восход и заход светил. Широко известны следующие доказательства вращения Земли вокруг своей оси: поворот с течением времени плоскости качания маятника Фуко относительно окружающих его предметов \*), сплюснутость Земли, обнаруживаемая из градусных измерений, отклонение падающих тел к востоку, размыв правых берегов рек, текущих в северном полушарии Земли, и левых — в южном полушарии (закон русского академика К. М. Бэра), пассаты, изменение силы тяжести с широтой (см. стр. 27), ветры внутри циклонов и антициклонов и т. д. \*\*).

О годичном движении Земли вокруг Солнца также догадывались некоторые греческие учёные. Аристарх Самосский ещё в III в. до н. э. считал, что Земля обращается вокруг Солнца. Однако эта идея также оставалась в забвении полторы тысячи лет.

Следующие явления можно назвать доказательствами обращения Земли вокруг Солнца: годичный параллакс звёзд, годичную аберрацию звёзд и периодическое смещение линий в спектрах звёзд с периодом в один год \*\*\*).

Годичное движение Земли перемещает наблюдателя и этим вызывает видимое смещение более близких звёзд относительно более далёких. В течение года близкие звёзды описывают на небе (на фоне более далёких звёзд) *параллактические эллипсы* (рис. 1). Большая ось такого эллипса всегда параллельна плоскости земной орбиты, т. е. плоскости эклиптики (см. стр. 169), а величина оси зависит от расстояния звезды (чем меньше расстояние, тем больше ось); величина малой оси зависит, кроме того, и от углового расстояния звезды от плоскости земной орбиты, т. е. от астрономической широты звезды. Годичные параллаксы звёзд (см. стр. 91) меньше 1 секунды дуги. Годичный параллакс самой близкой к нам звезды равен всего  $0'',76$ .

Кроме того, годичное движение Земли вызывает аберрационное смещение звёзд; все звёзды описывают за год *аберрационные эллипсы*, большие оси которых всегда равны  $41''$  и параллельны эклиптике, а малые оси зависят от астрономической широты звезды. Это аберрационное смещение является результатом сложения скорости движения Земли по её орбите (в среднем  $29,8 \text{ км/сек}$ ) со скоростью распространения света (около  $300\,000 \text{ км/сек}$ ), идущего от звезды. В каждый данный момент звезда смещается в направлении движения Земли, к так называемому *апексу*. Апокс годичного движения

---

\*) В 1950 г. Г. Л. Пошехонов изобрёл простой, но весьма остроумный прибор для показа вращения Земли. Описание прибора см. в Школьном Астрономическом Календаре на 1952 г. Учпедгиз, 1952 г., стр. 70—71.

\*\*) При точных астрономических наблюдениях можно обнаружить такие связанные с вращением Земли явления, как суточная аберрация звёзд, суточный параллакс Луны; из измерений положений спектральных линий — суточные колебания лучевых скоростей звёзд и т. д.

\*\*\*) К этому можно ещё добавить периодические изменения периода затменных звёзд и аналогичные изменения в моментах наступления затмений спутников в системе Юпитера.

Земли всегда лежит в плоскости её орбиты под прямым углом к Солнцу на запад от него, т. е. на  $90^\circ$  направо от Солнца.

Годичное движение Земли вызывает также периодическое смещение линий в спектрах звёзд. Наибольшее смещение линий к красному концу спектра, которое согласно принципу Допплера-Белопольского (см. стр. 210) означает наибольшую скорость удаления от звезды, бывает в тот момент, когда геоцентрическая долгота (см. стр. 170)

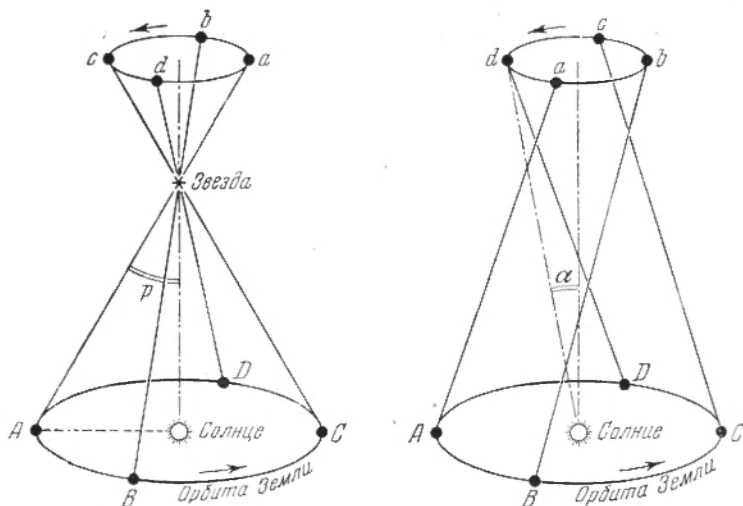


Рис. 1. Параллактическое и абберационное смещения звёзд, по разному отражающие движение Земли вокруг Солнца;  $\alpha$  — абберационный угол ( $20''5$ ),  $p$  — параллакс звезды (параллаксы звёзд меньше  $1''$ ).

звезды на  $90^\circ$  больше долготы Солнца, наибольшее смещение к фиолетовому концу — при долготе звезды на  $90^\circ$  меньшей долготы Солнца.

Земля движется вокруг Солнца \*) по эллипсу (рис. 2), имеющему эксцентриситет, равный  $0,01673$  ( $1/60$ ). Солнце находится в одном из фокусов эллипса земной орбиты \*\*). Среднее расстояние Земли от Солнца равно  $149\,500\,000$  км (одна астрономическая единица). Самая близкая к Солнцу точка орбиты называется перигелием, самая далёкая — афелием. Их соединяет линия апсид, которая, следовательно, совпадает с большой осью эллипса земной орбиты. Положение

\*) Строго говоря, вокруг Солнца движется центр тяжести системы Земля — Луна, так называемый барицентр; вокруг этого центра Земля и Луна описывают в течение месяца свои орбиты. Движение Земли вокруг барицентра с периодом в один месяц вызывает периодические колебания в долготах и широтах Солнца и планет. Точное определение амплитуды этих колебаний даёт возможность определить расстояние центра Земли от барицентра (барицентр находится на расстоянии  $4800$  км от центра Земли по направлению к Луне, т. е. на  $1600$  км под поверхностью Земли) и отсюда найти отношение массы Луны к массе Земли.

\*\*) Точнее, фокус земной орбиты находится на расстоянии  $417$  км от центра Солнца по направлению к Земле.

линии апсид определяется гелиоцентрической долготой перигелия. В 1950 г. она была близка к  $102^\circ$ . Вследствие движения линии апсид долгота перигелия возрастает на  $61'',9$  в год. В настоящую эпоху Земля проходит через перигелий 2—5 января, а через афелий 1—4 июля. Поскольку земная орбита имеет форму эллипса, скорость движения Земли различна в разных частях орбиты. Средняя скорость движения Земли по её орбите около  $30 \text{ км/сек}$  или  $100\,000 \text{ км/час}$ . На длину своего поперечника Земля продвигается за семь минут.

Полный оборот вокруг Солнца Земля совершает в течение  $365,25636$  суток ( $365^d 6^h 9^m 10^s *$ ). Это — так называемый *звёздный*, или *сидерический* год.

Средний промежуток времени от одного весеннего равноденствия до следующего, называемый *тропическим годом* (см. стр. 182), равен  $365,24220$  средних суток ( $365^d 5^h 48^m 46^s$ ).

Плоскость земного экватора наклонена на  $23^\circ 27'$  к плоскости земной орбиты, причём земная ось стремится сохранить неизменным своё направление в пространстве, указывая всегда на *северный полюс мира*, находящийся вблизи Полярной звезды \*\*). Наклон оси вращения Земли и постоянство её направления являются причиной смены времён года на Земле. Продолжительность времён года зависит от эксцентриситета земной орбиты и от расположения линии апсид.

Продолжительность времён года в эпоху около 1950 г. следующая:

от весеннего равноденствия до летнего солнцестояния . .	$92,795^d$ ,
от летнего солнцестояния до осеннего равноденствия . . .	$93,629^d$ ,
от осеннего равноденствия до зимнего солнцестояния . .	$89,806^d$ ,
от зимнего солнцестояния до весеннего равноденствия . .	$89,012^d$ .

Таким образом весна и лето в нашем полушарии продолжаются около  $186^d,4$ , а осень и зима —  $178^d,8$ .

Из градусных измерений обнаруживается, что длина одного градуса широты у экватора равна  $110,6 \text{ км}$ , а у полюсов —  $111,7 \text{ км}$ . Это приводит к заключению о том, что истинная форма Земли

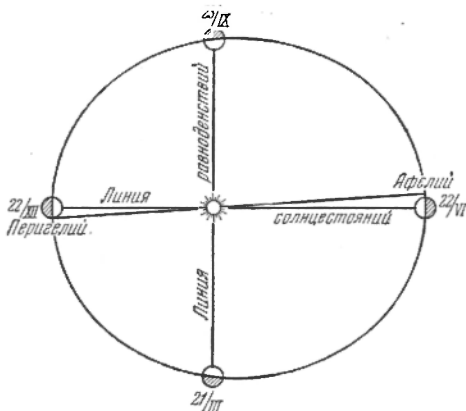


Рис. 2. Земля обращается вокруг Солнца по эллипсу.

\*) В книге применяется следующая система сокращённых обозначений единиц времени:  $a$  — год,  $d$  — сутки,  $h$  — час,  $m$  — минута,  $s$  — секунда.

\*\*) О медленном изменении направления земной оси, сказывающемся в течение тысячелетий в изменении положения полюса мира среди звёзд, см. прецессия (стр. 183).

весьма близка к сфероиду \*). Согласно исследованиям советских геодезистов (Ф. Н. Красовский и его сотрудники, 1940 г.) экваториальный радиус этого сфероида  $a = 6378,245$  км, а полярный  $b = 6356,863$  км, разность их  $a - b = 21,382$  км.

Сплюснутость земного сфероида характеризуется отношением разности экваториального радиуса  $a$  и полярного  $b$  к экваториальному. Это отношение очень мало:

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

что составляет около 0,3%, в то время как сплюснутость Юпитера около 6%. Если построить модель Земли с экваториальным диаметром, равным 1 м, то полярный диаметр будет равен 997 мм, т. е. их различие на-глаз будет совершенно неощутимо \*\*). Точнейшие геодезические измерения и данные гравиметрии \*\*\*)) приводят к более

точному представлению о фигуре Земли, к понятию о так называемом *геоиде*. Геоид не является правильной геометрической фигурой, за поверхность геоида принимается поверхность океанов, продолженная на части Земли, занятые материками.

Сплюснутость Земли создает некоторое осложнение при определении широт на её поверхности. Угол при центре Земли между плоскостью экватора и направлением в данную точку поверхности (рис. 3) называется *геоцентрической широтой* места  $\varphi'$ . *Географическая широта*  $\varphi$  есть угол между отвесной линией и плоскостью экватора и равна высоте полюса над горизонтом  $h_p$ . Разность  $\varphi - \varphi'$  является функцией  $\varphi$ ; она равна нулю для экватора и полюсов и достигает максимума, равного  $11'33''$ , при  $\varphi = \pm 45^\circ$ . Разность географической и геоцентрической широт наряду с длиной одного градуса меридиана и параллели для разных широт дана в табл. VIII.

Рис. 3. Разность географической и геоцентрической широт.

Сам земной шар не занимает неизменного положения относительно своей оси вращения. Поэтому полюсы Земли описывают на её поверхности сложные линии, впрочем, не выходящие за пределы ква-

\*) Сфероид или двусный эллипсоид — пространственная геометрическая фигура, получающаяся при вращении эллипса вокруг его малой оси.

\*\*) Новые советские исследования приводят к представлению о том, что земной экватор также не круг, а эллипс, т. е. что Земля является как бы трёхосным эллипсоидом. Большая полуось экватора на 213 м больше его малой полуоси и направлена к долготе  $15^\circ$  к востоку от Гринвича. Сплюснутость экватора составляет  $1/30000$ .

\*\*\*)) Гравиметрия — наука о силе тяжести и её измерениях. Гравиметристы измеряют ускорение силы тяжести на земной поверхности и изучают на основе этих измерений фигуру Земли.

драта со стороной  $0^{\circ},7$ , что соответствует  $25 \text{ м}$  (рис. 4). Полюс принимает участие в двух основных движениях: одно совершается по кругу радиусом в  $4,5 \text{ м}$  в течение  $433^d$  (оно связано с периодом так называемых собственных колебаний земного шара), другое совершается по вытянутому эллипсу с большой полуосью  $5 \text{ м}$  с периодом в один год (оно связано с сезонными явлениями на Земле). Замечены периодические (период около 50 лет) изменения амплитуды колебаний полюса (рис. 4).

Вследствие вращения Земли каждая точка экватора имеет линейную скорость, равную  $465 \text{ м/сек}$ . На широте  $\varphi$  линейная скорость равна  $465 \cos \varphi \text{ м/сек}$ .

Развивающаяся в силу этого центробежная сила уменьшает силу тяжести на земной поверхности. Сплюснутость Земли и её вращение

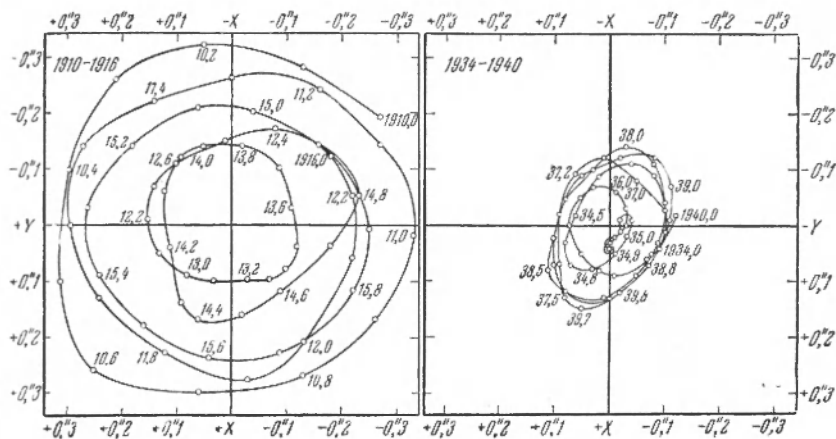


Рис. 4. Движение северного полюса Земли с 1910 по 1916 г. (максимальные колебания полюса) и с 1934 по 1940 г. (минимальные колебания полюса).

приводят к тому, что нормальное для данной широты  $\varphi$  ускорение силы тяжести  $g_{\varphi}$  имеет следующее приближённое выражение:

$$g_{\varphi} = g_0 + (g_{90} - g_0) \sin^2 \varphi,$$

где  $g_0 = 978,0 \text{ см/сек}^2$ ;  $g_{90} - g_0 = 5,2 \text{ см/сек}^2$ .

Иногда ускорение силы тяжести выражают в единицах, носящих название *гал* (в честь Галилея). Гал равен  $1 \text{ см/сек}^2$ . Тысячная доля гала — миллигал — представляет собой предел точности современных определений величины  $g$ . Таким образом, ускорение силы тяжести определяется с точностью приблизительно до одной миллионной своей величины.

В некоторых местах Земли обнаруживаются *аномалии силы тяжести*, т. е. отклонения от её нормального значения. Зачастую они свидетельствуют о близком залегании в почве тяжёлых или лёгких пород, что иногда даёт указание на наличие ценных полезных ископаемых.



Наши представления о внутреннем строении и физическом состоянии недр земного шара основаны на разнообразных данных, среди которых существенное значение имеют данные сейсмологии \*). Изучение распространения в земном шаре упругих волн, возникающих при землетрясениях, позволило открыть слоистое строение земных недр.

Земной шар имеет раскалённое ядро, однако, тепло, которое каждый сантиметр поверхности Земли получает от её недр, в 5000 раз меньше тепла, получаемого от Солнца. При углублении на 33 м внутрь земной коры температура повышается в среднем на один градус \*\*). Можно предполагать, что это повышение температуры происходит лишь в сравнительно тонком слое земной коры (не глубже 100 км), в котором находятся радиоактивные вещества. Распад атомов радиоактивных элементов и превращение их в атомы других элементов сопровождаются выделением тепла. Ядро же Земли имеет температуру 2000—4000°. Однако при такой температуре упругость внутренних частей ядра, находящихся под давлением (до 3 млн. атмосфер) вышележащих слоёв, в  $2\frac{1}{3}$  раза больше упругости стали. Плотность в центре Земли около 11 г/см<sup>3</sup>. Средняя плотность Земли приблизительно вдвое больше плотности поверхностных слоёв.

Толщина земной коры, считая до основания базальтов, в разных районах составляет от 30 до 60 км. Вопрос о существовании многих границ раздела в толще Земли в настоящее время подвергается пересмотру. Вероятно, что помимо границы, залегающей на глубине 900 км, имеется ещё лишь одна граница, отделяющая ядро, радиус которого около 1200 км. Внутри ядра содержится около 1% всей массы Земли.

Химический состав всей Земли в целом и средний состав атмосферы, гидросферы и каменной оболочки — литосферы по современным представлениям дан в табл. 1.

Согласно последним данным геологии возраст земной коры не меньше 3 миллиардов лет. Возраст Земли как планеты, несомненно, больше.

Земной шар представляет собой магнит, причём магнитная ось Земли наклонена на угол в 11°,5 к оси вращения. Она проходит на расстоянии около 1200 км от центра Земли; магнитный полюс, находящийся в северном полушарии Земли \*\*\*), имеет координаты 70°30' N, 95°30' W, а другой (северный) — 72°25' S, 155°16' E. Напряжённость общего магнитного поля Земли (при отсутствии возмущений) не превышает 0,6 эрстед \*\*\*\*).

---

\*) Сейсмология — наука о землетрясениях и законах распространения упругих сейсмических волн в земном шаре.

\*\*) Эта геотермическая ступень оказывается равной 20 м на о. Борнео, 30—35 м в средней Европе, 40—50 м в Северной Америке.

\*\*\*) То-есть южный магнитный полюс.

\*\*\*\*) Эрстед — единица напряжённости магнитного поля, при которой сила действия поля на единицу магнитной массы равна одной дине.

## Химический состав Земли

Земля в целом		Атмосфера, гидросфера и литосфера	
элемент	% по весу	элемент	% по весу
Железо . . . . .	39,76	Кислород . . . . .	49,5
Кислород . . . . .	27,71	Кремний . . . . .	25,7
Кремний . . . . .	14,53	Алюминий . . . . .	7,5
Магний . . . . .	8,69	Железо . . . . .	4,7
Никель . . . . .	3,46	Кальций . . . . .	3,39
Кальций . . . . .	2,32	Натрий . . . . .	2,63
Алюминий . . . . .	1,79	Калий . . . . .	2,40
Сера . . . . .	0,64	Магний . . . . .	1,93
Натрий . . . . .	0,38	Водород . . . . .	0,87
Хром . . . . .	0,20	Титан . . . . .	0,58
Калий . . . . .	0,14	Хлор . . . . .	0,19
Фосфор . . . . .	0,11	Фосфор . . . . .	0,12
Марганец . . . . .	0,07	Марганец . . . . .	0,09
Углерод . . . . .	0,04	Углерод . . . . .	0,08
Титан . . . . .	0,02	Сера . . . . .	0,06
Остальные элементы . .	0,14	Остальные элементы . .	0,26

**Земная атмосфера.** Воздушный океан, окружающий Землю, — её атмосфера — является ареной, на которой разыгрываются разнообразные метеорологические явления. Для астрономов атмосфера является скорее помехой в наблюдательных работах, хотя некоторые явления, относящиеся к астрономии, протекают в атмосфере (например, вспышки метеоров). Воздух рассеивает солнечные лучи, причём это рассеяние возрастает с уменьшением длины волны. Для видимого спектра большее рассеяние сине-зелёных лучей обуславливает голубой цвет неба и не даёт возможности наблюдать звёзды днём. В силу этого же Солнце и Луна близ горизонта (перед закатом и после восхода) бывают красного или оранжевого цвета. Излучение с длиной волны короче 290  $\mu$  полностью поглощается слоем озона, находящимся на высотах 35—60  $\mu$ м. Толщина этого слоя озона, приведённого к нормальным условиям (т. е. давлению 760  $\mu$ м ртутного столба и температуре 0°), составляет всего 3  $\mu$ м. Он предохраняет живую природу от губительного действия ультрафиолетовых лучей.

Поглощая и рассеивая свет небесных светил, атмосфера уменьшает их блеск, причём поглощение возрастает при увеличении толщи воздуха, проходимой лучами. Толща увеличивается при увеличении зенитного расстояния  $z$  \*). Поэтому при сравнении блеска небесных светил, находящихся на разных зенитных расстояниях, надо учитывать различие в поглощении света (см. табл. XXXV).

Атмосфера вызывает также преломление лучей — *рефракцию*, которая влияет на положение светила на небе и заметным образом

\*) В первом приближении пропорционально  $\sec z$ .

искажает форму Солнца и Луны у горизонта. Об учёте рефракции см. стр. 172 и табл. XXXVI.

Свойства земной атмосферы до высоты в 25 км изучаются непосредственно (рекордные высоты подъёмов стратостатов), а с помощью самопишущих метеорологических приборов, поднимаемых шарами-зондами, — до высоты в 40 км\*). Более высокие слои исследуются разными косвенными методами (наблюдения метеоров, метеорных следов, серебристых облаков, полярных сияний, свечения ночного неба, фотометрия сумеречных явлений, изучение лунных затмений), а также с помощью радио (изучение ионизованных слоёв, преломляющих и отражающих радиоволны короче 45 м).

Современные данные о земной атмосфере представлены на рис. 5. На нём показаны изменения давления  $P$  и температуры  $T^{\circ}\text{C}$  с высотой  $H$  в км, высоты различных облачных образований, области

Таблица 2

Состав земной атмосферы

Элемент	% по объёму
Азот $\text{N}_2$ . . . . .	78,09
Кислород $\text{O}_2$ . . . . .	20,95
Аргон $\text{A}$ . . . . .	0,93
Углекислый газ $\text{CO}_2$ . . .	0,03
Водород $\text{H}$ . . . . .	0,01
Неон $\text{Ne}$ . . . . .	0,0015
Гелий $\text{He}$ . . . . .	0,00015

полярных сияний и полёта метеоров. По горизонтали рисунок охватывает дугу меридиана в  $1^{\circ}$ . В масштабе рисунка центр Земли отстоит от изображённой части поверхности на расстоянии 4,7 м. На рисунке показаны также наибольшие высоты гор и глубины океанов.

В основном земная атмосфера состоит из азота и кислорода. В табл. 2 дано процентное содержание основных химических элементов,

составляющих атмосферу Земли. Вследствие перемешивания воздуха конвективными токами\*\*) и ветрами состав атмосферы не меняется с высотой.

В атмосфере также обнаружено присутствие газов криптона  $\text{Kr}$  (0,0001%) и ксенона  $\text{Xe}$  (0,000009%); как было сказано, на высоте 35—60 км находится слой озона  $\text{O}_3$  (0,00006%). Кроме того, обнаружено наличие в земной атмосфере молекул  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$  и  $\text{HD}$ \*\*\*), дающих полосы поглощения в инфракрасной части солнечного спектра. Помимо этого, в воздухе всегда находится вода во всех трёх своих состояниях — газообразном (водяной пар), жидком (облака, туман и дождь) и твёрдом (кристаллики льда), а также минеральная и органическая пыль (так называемые аэрозоли). Содержание водяных паров в воздухе колеблется от 0,05% до 4%.

\*) В последние годы разнообразные метеоприборы и спектральные аппараты поднимались до высоты более 200 км специальными ракетами. Во время одного полёта составной ракеты была достигнута высота около 400 км.

\*\*) То-есть связанными с переносом тепла, иначе говоря, с вертикальными токами воздуха, происходящими от нагревания почвы.

\*\*\*) D обозначает тяжёлый водород (дейтерий).

Атмосферу Земли условно делят на три слоя: *тропосферу*, *стратосферу* и *ионосферу*. Тропосфера начинается от поверхности земли или моря; верхняя её граница в средних широтах находится на высоте 9—10 км зимой и 10—12 км летом, а в экваториальной зоне

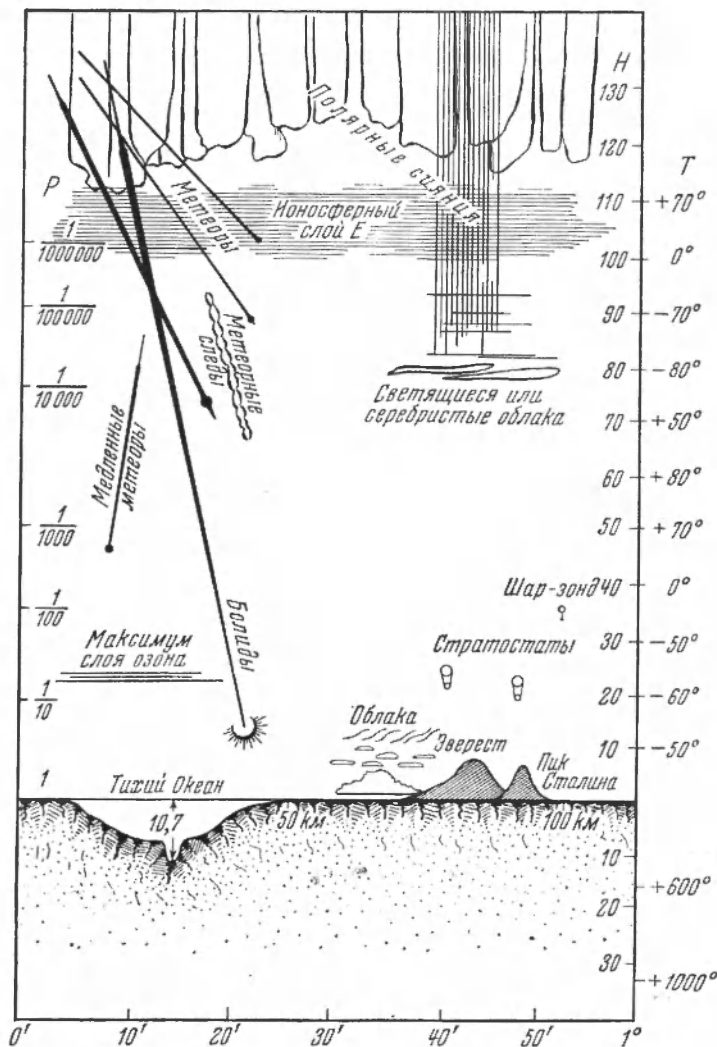


Рис. 5. Земная атмосфера.

поднимается до 15—17 км. Тропосфера характеризуется постепенным убыванием температуры с высотой. В ней содержится около 80% массы всей атмосферы, почти вся вода и пыль, взвешенные в атмосфере. Граница между тропосферой и стратосферой называется *тро-*

*попаузой*. Стратосфера распространяется от высоты 12—15 км до 80—85 км, где находится нижняя граница ионосферы.

Как показывает само название, в этой последней находятся ионизованные атомы (в основном азота и кислорода). Ионизацию производит коротковолновое излучение Солнца и потоки заряженных частиц (корпускул), летящих от Солнца. Электрические свойства ионосферы, высота и степень ионизации различных слоёв ионосферы зависят от времени суток, времени года и от фазы солнечной активности. Ионосфера имеет громадное значение в проблеме радиосвязи на больших расстояниях, которая осуществляется на длинных радиоволнах, многократно отражающихся от ионизованных слоёв ионосферы и от поверхности Земли. В ионосфере известно четыре основных ионизованных слоя: слой *D* на высоте около 80 км, слой *E* на высоте 100—120 км, слой *F*<sub>1</sub> на высоте 180—220 км и слой *F*<sub>2</sub> на высоте 300—350 км. Вообще же ионосфера имеет клочковатую структуру — состоит из отдельных ионизованных облаков. Так как самые высокие полярные сияния наблюдались на высоте 700 и даже 1200 км, то, следовательно, верхняя граница земной атмосферы лежит ещё выше. Свечение ночного неба обнаруживает следы разрежённого воздуха на высоте до 2000 км.

На каждый квадратный сантиметр земной поверхности воздух давит с силой в 1,0332 кг (это — так называемое давление в одну атмосферу). Однако общая масса атмосферы Земли невелика: она составляет меньше миллионной доли массы Земли.

Распределение в атмосфере температуры (определяемой тепловыми скоростями движений частиц воздуха) характеризуется любопытными неправильностями — *температурными инверсиями*: температура постепенно повышается от —30° до +80—90° при подъёме от 30 до 60 км, затем вновь понижается до —70° и снова постепенно повышается на высотах больше 100 км. Изучение метеорных следов и серебристых облаков обнаруживает скорости «стратосферных ветров» до 120 м/сек.

## 2. Луна

Второе после Солнца яркое светило и самое близкое к Земле небесное тело — Луна — представляет собой тёмный несамосветящийся шар диаметром в 3478 км. Его поперечник, следовательно, немногим более  $\frac{1}{4}$  земного, а объём в 49 раз меньше. Масса Луны составляет 0,0123, или  $\frac{1}{81}$  массы Земли ( $7,35 \cdot 10^{25}$  г; об определении массы Луны см. примечание на стр. 24). Средняя плотность Луны равна 3,3 г/см<sup>3</sup>, что соответствует средней плотности базальтового слоя Земли, лежащего под тонкой гранитной оболочкой.

Вечный спутник Земли — Луна — обращается вокруг неё на среднем расстоянии в 384 000 км (30 поперечников земного шара). Полный оборот Луна совершает в 27,32 суток. Этот промежуток времени называется *сидерическим* или *звёздным* месяцем. Освещаемая Солнцем Луна меняет свой вид и проходит последовательно следующие *фазы* в зависимости от её расположения относительно Солнца:

*новолуние*, когда Луна скрывается в лучах Солнца, *первая четверть* — Луна на  $90^\circ$  к востоку от Солнца имеет вид полукруга, обращенного выпуклостью вправо — к Солнцу, *полнолуние* — полная Луна и Солнце находятся в прямо противоположных сторонах неба, *последняя четверть* — Луна на  $90^\circ$  к западу от Солнца — полукруг выпуклостью влево. После новолуния Луна видна на западе слева от заходящего Солнца в виде тонкого серпа, обращенного выпуклостью к Солнцу. Это — молодой, растущий месяц (напоминает букву Р, если соединить концы серпа прямой линией). Перед новолунием серп Луны виден на востоке утром справа от восходящего Солнца. Это — старый месяц (напоминает букву С).

Период полной смены фаз составляет 29,53 суток и называется *синодическим месяцем*. Неровная, зубчатая линия *терминатора*, отделяющая освещенную часть Луны от неосвещенной, всегда имеет форму половины эллипса и лишь в моменты наступления первой и третьей четвертей превращается в прямую линию, делящую диск Луны строго пополам. Вскоре после новолуния, когда после захода Солнца на западе виден узкий серп «молодого месяца», можно разглядеть и не освещенную Солнцем часть Луны. Она светится бледно-серым пепельным светом. Это свечение так и называют «пепельным светом Луны». Это — отраженный свет Земли.

Период вращения Луны вокруг своей оси равен периоду её обращения вокруг Земли, т. е. сидерическому месяцу, поэтому она всегда обращена к нам одной своей стороной. Другую сторону мы никогда не видим, если не считать того, что вследствие эллиптичности лунной орбиты и небольшого наклона её оси вращения к плоскости орбиты Луна как бы несколько качается, давая нам возможность немного заглядывать за неё то с одной, то с другой стороны. Это — так называемые *либрации* Луны. Вследствие либрации центр видимого диска Луны перемещается в пределах  $\pm 7^\circ 54'$  долготы по лунному экватору (*либрация по долготе*) и в пределах  $\pm 6^\circ 50'$  широты вдоль меридиана Луны (*либрация по широте*). *Параллактическая либрация*, связанная с перемещением наблюдателя вследствие вращения Земли, на её экваторе достигает до  $57'$ . Совокупное влияние всех либраций даёт возможность изучать (разумеется, не одновременно) около 0,6 всей лунной поверхности. Нет оснований считать, что скрытая от нас часть поверхности Луны отличается от части, видимой нами.

Луна практически лишена атмосферы; слабые следы лунной атмосферы путём очень тонких поляризационных наблюдений были обнаружены московским астрономом Ю. Н. Липским. Общая масса лунной атмосферы составляет одну сотысячную долю массы земной атмосферы, а масса вертикального столба с основанием в  $1 \text{ см}^2$  в 2000 раз меньше массы подобного столба земной атмосферы. На Луне нет воды, а следовательно, не может быть облаков, — все детали её поверхности видны совершенно отчётливо, на ней не происходит каких-либо заметных изменений. Различия в яркости деталей лунной поверхности соответствуют различиям отражательной

способности — альбедо \*) — от 0,05 до 0,2; различия в цвете деталей незначительны. Составлены подробные карты Луны, на которых занесено и получило названия более 32 000 различных деталей \*\*).

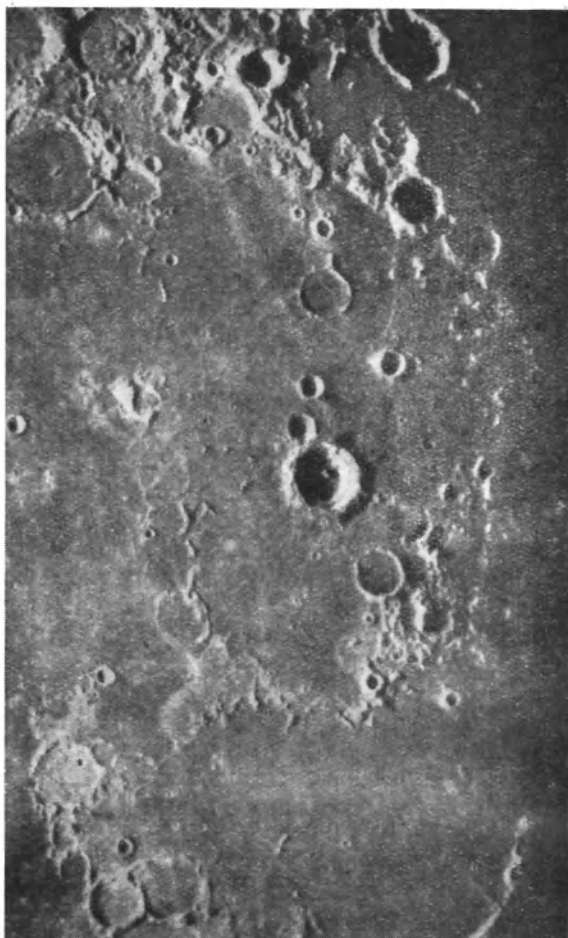


Рис. 6. Фотография небольшой части поверхности Луны.

Характерной особенностью лунной поверхности являются, конечно, её кольцевые горы, или кратеры (рис. 6). Большим инструментам доступны кратеры диаметром в 1 км; большинство кратеров, видимых в небольшие трубы, имеет диаметры до 150 км; самый большой кратер — Гримальди — имеет диаметр в 235 км. Самые малые

---

\*) Альбедо показывает, какую долю падающего света отражает данная поверхность.

\*\*) Ещё около 200 000 деталей не обозначено на картах.

ещё различные в мощные телескопы имеют 100—200 метров в поперечнике.

Высота кольцевых валов от 300 до 7000 м. Иногда в центре кратера возвышается «центральная горка». Большие тёмные пятна округлой формы, которые видны невооружённым глазом (рис. 7), — это широкие равнины, названные первыми наблюдателями «морями». Прилагаемая к этой книге карта Луны позволит ознакомиться с основными кратерами и «морями» Луны. «Моря» носят весьма причудливые названия: Море Опасностей, Море Холода, Океан Бурь и т. д. Кратеры в основном носят имена знаменитых астрономов и других учёных всех времён и народов. На Луне имеются горные хребты, по высоте не уступающие земным горам (до 7—8 км). Высоту лунных гор можно определить, измерив длину их тени, когда они находятся вблизи линии терминатора (рис. 8).

Ещё одной особенностью лунной поверхности являются системы светлых лучей, которые расходятся во все стороны от некоторых больших кратеров (Тихо, Кеплер, Коперник). Эти светлые лучи шириной в несколько километров пересекают горы и моря, простираясь иногда на расстояния до 5000 км от своего центра. Они заметнее всего в полнолуние, когда солнечные лучи падают на поверхность Луны под достаточно большими углами; при косом освещении белые лучи стушёвываются. Возможное объяснение заключается в том, что в результате взрыва, вызванного вулканическими силами или падением большого метеорита, во всех направлениях была выброшена материя, состоящая из мелкораздроблённой горной породы (которая, как почти всякое вещество в мелкораздроблённом состоянии, белого цвета) и более крупных частиц. При косом падении лучей тень от крупных частиц делает белые лучи менее заметными.

Во многих местах лунной поверхности обнаружены чёрные трещины, по всей вероятности весьма глубокие, и бороздки.

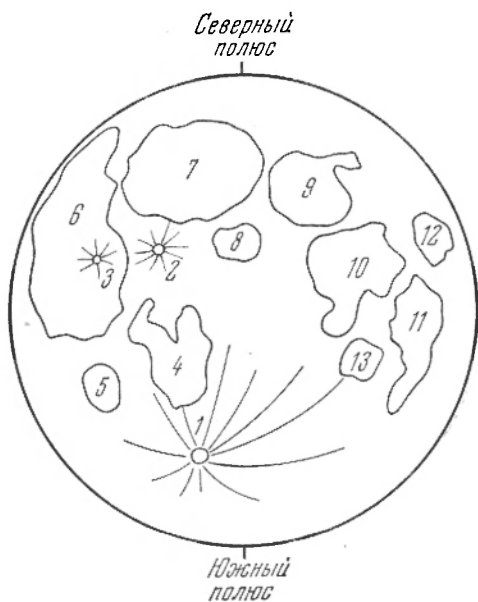


Рис. 7. Схематическая карта Луны. 1. Кратер Тихо. 2. Кратер Коперник. 3. Кратер Кеплер. 4. Море Облаков. 5. Море Влажности. 6. Океан Бурь. 7. Море Дождей. 8. Море Паров. 9. Море Ясности. 10. Море Спокойствия. 11. Море Плодородия. 12. Море Опасностей. 13. Море Нектара.



Измерения температуры поверхности Луны показали, что она меняется от  $+135^{\circ}\text{C}$  до  $-160^{\circ}\text{C}$ . Отсутствие атмосферы не препятствует сильному нагреванию поверхности Луны в течение дня (который длится две недели) и её охлаждению в течение двухнедельной ночи. Наблюдающееся быстрое охлаждение Луны во время лунных затмений (на  $250^{\circ}\text{C}$  за два часа) говорит о том, что поверхность её имеет очень малую теплопроводность. Это может быть лишь в том случае, если она покрыта слоем распылённого вещества. Образование пыли на поверхности Луны можно объяснить влиянием громадных колебаний температуры, а также выпадением космической

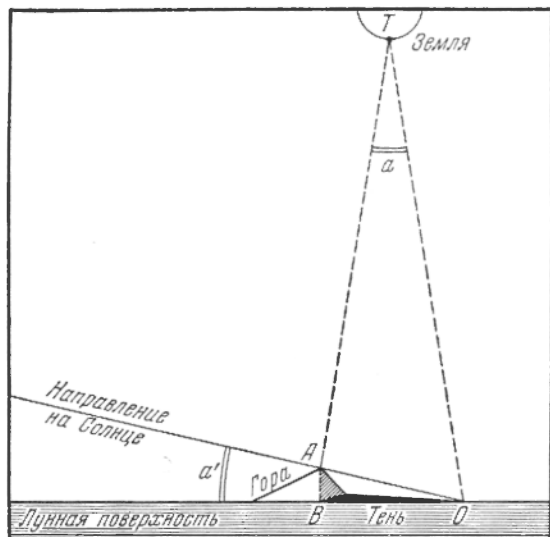


Рис. 8. Метод измерения высоты лунных гор. Измеряется угол  $\alpha$ ; зная момент наблюдения, можно вычислить угол  $\alpha'$ . Из треугольника  $OBA$  вычисляется высота горы  $BA$ .

пыли и взрывами, сопровождающими падения метеоритов. Каждый сутки на Луну падают сотни тысяч метеоритов, так же как они падают на Землю. Но у нас они раскаляются и распыляются в атмосфере, а на Луне они беспрепятственно долетают до поверхности, иногда с громадными скоростями в десятки километров в секунду. От удара о неё дробятся и распыляются не только метеориты, но и сама поверхность Луны.

Причина образования кольцевых гор служила предметом долгих споров. Существуют две основные гипотезы их происхождения: вулканическая и метеоритная. По первой из этих гипотез вулканические явления — извержения, сжатия, растрескивания почвы — в прошлом происходили весьма интенсивно. Грандиозные пузыри газов выбивались из недр Луны и, лопаясь, оставляли на поверхности кольцевые

валы и нередко центральные горки. По другой гипотезе, при падении крупных метеоритов происходили грандиозные взрывы, которые разбрасывали симметрично во все стороны почву и образовывали кольцевые горы — кратеры. На Земле обнаружено более десятка метеоритных кратеров, подобных лунным. Они несравненно меньших размеров, но имеют все особенности кольцевых лунных гор. Таковы, например, метеоритный кратер в Аризоне в США (Каньон Дьявола, диаметр 1190 м), обнаруженный в 1947 г. кратер Вульф-крик в Австралии (диаметр 853 м), кратеры на острове Эзель (Эстонская ССР) — диаметр наибольшего из них 91,5 м, наконец, кратеры, образовавшиеся во время падения в тайге на Дальнем Востоке 12 февраля 1947 г. Сихотэ-Алинского метеорита (120 кратеров от 1 до 29 м в поперечнике).

Вопрос о происхождении лунных кратеров до сих пор ещё окончательно не решён. Некоторые полагают, что большие кратеры имеют вулканическое происхождение, а малые — метеоритное.

### 3. Солнце

Солнце является самой близкой к нам звездой.

Раскалённый газовый шар Солнца включает в себе  $99\frac{6}{7}\%$  массы всей солнечной системы. Масса планет составляет, таким образом, всего  $\frac{1}{700}$  массы всей солнечной системы. Диаметр Солнца равен 1 391 000 км (в 109,1 раза больше диаметра Земли \*).

Температура наружных (поверхностных) слоёв Солнца около 6000°. По современным теоретическим представлениям о внутреннем строении звёзд температура должна резко возрастать с глубиной, достигая в центре Солнца двадцати миллионов градусов. Высокая температура и громадное давление вышележащих слоёв создают в недрах Солнца благоприятные условия для ядерных реакций, которые являются источником солнечной энергии.

Одной из таких ядерных реакций, сопровождающихся выделением огромного количества энергии, является проникновение ядер водорода (протонов) в ядра лёгких элементов, например углерода и азота, и построение ядер атомов гелия.

Определив количество энергии, которое получает единица поверхности (перпендикулярной к падающим лучам) на среднем расстоянии Земли от Солнца вне земной атмосферы в единицу времени, можно рассчитать общее количество энергии, испускаемой Солнцем, и его температуру.

Для измерения солнечной радиации применяется особый прибор — *пиргелиометр*. Учтя поглощение в земной атмосфере, находим число калорий, получаемых квадратным сантиметром поверхности, перпендикулярной к солнечным лучам, в минуту, — эта величина называется *солнечной постоянной*. Оказалось, что эта постоянная (на самом деле она несколько меняется в зависимости от фазы солнечной

---

\*) Числовые данные о Солнце приведены в табл. XII.

активности) в среднем равна 1,94 малой калории\*). Так как радиус Солнца в 215 раз меньше среднего расстояния от Солнца до Земли, то площадь поверхности Солнца в  $215^2 = 46\,225$  раз меньше площади сферы с радиусом 149 500 000 км. Следовательно, один квадратный сантиметр поверхности Солнца испускает  $1,94 \cdot 46\,225 = 89\,676$  калорий в минуту\*\*).

По закону Стефана-Больцмана (см. стр. 210) квадратный сантиметр поверхности абсолютно чёрного тела\*\*\*) излучает в одну минуту

$$76,8 \cdot 10^{-12} \text{ } 7^4 \text{ калорий.}$$

Таким образом, температура Солнца равна

$$T = \sqrt[4]{\frac{89676}{76,8} \cdot 10^{12}} = 5845^\circ \text{ К ****),}$$

если принять, что Солнце излучает как абсолютно чёрное тело.

Ежеминутно Солнце теряет около 240 млн.  $m$  массы на излучение\*\*\*\*\*); на Землю падает  $1/2\,200\,000\,000$  солнечного излучения, что составляет 180 миллиардов ( $180 \cdot 10^{12}$ ) киловатт. Около половины этой энергии отражается облаками и поверхностью Земли, рассеивается и поглощается земной атмосферой.

Помимо излучения, Солнце посылает ещё потоки заряженных частиц материи (корпускулярное излучение), например атомов водорода, которые, врываясь в земную атмосферу со скоростями до 300 км/сек, вызывают полярные сияния. Это излучение меняется со временем и неодинаково в разных частях поверхности Солнца.

Видимую поверхность Солнца образует так называемая *фотосфера* (от греческого слова фотос — свет). Это — довольно условная граница газового солнечного шара, над которой находятся различные слои солнечной атмосферы. Как всякий газ при достаточно большом давлении, фотосфера даёт непрерывный спектр; распределение энергии в нём соответствует температуре  $6000^\circ \text{ К}$ . На поверхности Солнца мы находим различные образования: солнечные пятна, иногда видимые даже невооружённым глазом, факелы (более яркие, чем фотосфера) и гранулы, напоминающие разваренные рисовые зёрна. У хорошо развившегося пятна заметна чёрная *тень* (или *ядро*), окружённая более светлой *полутенью* (рис. 9). По контрасту с ослепительно яркой фотосферой тень представляется очень тёмной, однако сами по себе пятна светят очень ярко, так как температура их весьма

\*) Иное выражение солнечной постоянной  $1,35 \cdot 10^6$  эргов на квадратный сантиметр в секунду.

\*\*) Или  $6,25 \cdot 10^{10}$  эргов в секунду.

\*\*\*) См. примечание на стр. 83.

\*\*\*\*) В абсолютной шкале температур (шкала Кельвина), в которой началом отсчёта является  $-273^\circ \text{ С}$ .

\*\*\*\*\*)  $132 \cdot 10^{12} \text{ } m$  в год. Один процент своей массы Солнце потеряет в 150 миллиардов лет.

высока (4300—4800° К\*). Пятна горячее расплавленной стали и ярче кратера электрической дуги; они разнообразны по своей форме, но большей частью округлы.

Когда стало возможным путём подробного изучения спектра деталей солнечных пятен определять скорости и направления движения вещества в них, оказалось, что солнечное пятно представляет собой вихревую трубку: в хромосфере вещество втекает по направлению к центру ядра пятна и затем опускается вниз, в обрабатываемом слое вещество движется от ядра пятна.

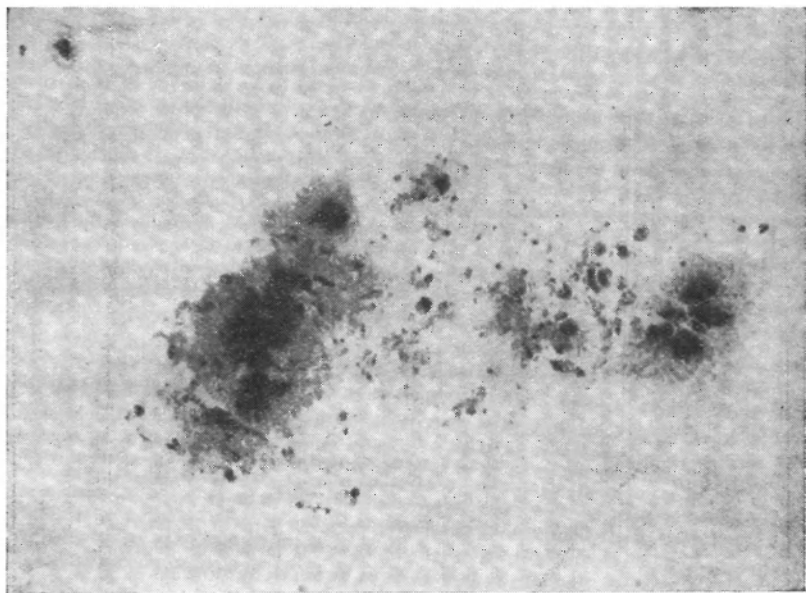


Рис. 9. Группа солнечных пятен.

Образовавшись и развившись из еле заметной поры, пятно живёт от одного дня до нескольких месяцев и постепенно исчезает. Размеры пятен достигают 2', т. е. 90 000 км (в семь раз больше диаметра Земли). Изредка появляются гигантские пятна; так, например, с 8 по 17 марта 1947 г. наблюдалось сложное пятно длиной в 214 600 км (в 17 раз больше диаметра Земли). Его поверхность занимала немного более 4000 миллионных долей видимой полусферы Солнца; 17 марта пятно скрылось за краем Солнца. Часто образуются пары и даже группы пятен.

Появление больших пятен и групп пятен обычно сопровождается магнитными бурями на Земле. Пятна перемещаются от восточного края Солнца к западному, обнаруживая тем самым вращение Солнца

---

\*) Однажды наблюдалось пятно, имевшее температуру 3680° К.

вокруг его оси; одновременно они и сами несколько передвигаются по солнечной поверхности.

Число пятен, а также относительная величина покрываемой ими площади (т. е. доля площади всего видимого полушария Солнца) являются характеристикой *солнечной активности* или *активности солнечной деятельности* (см. ниже).

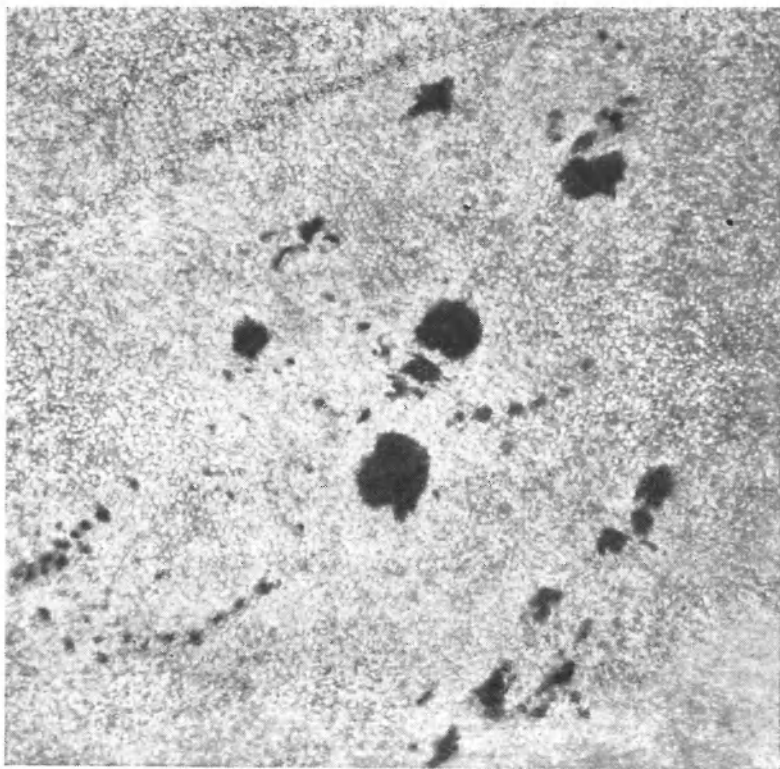


Рис. 10. Солнечная грануляция.

*Гранулы* — весьма нестойкие светлые образования овальной формы — покрывают всю фотосферу (рис. 10) как бы сеткой (грануляция). Продолжительность «жизни» отдельной гранулы — несколько минут. Размеры гранул различные: они достигают  $0'',5 — 0'',7$  или  $400—500$  км в поперечнике. Температура гранул на  $100—200^\circ$  выше температуры фотосферы. Яркость их на 10% больше яркости фотосферы. Наличие быстроменяющихся гранул — свидетельство того, что фотосфера находится в непрерывном движении. *Факелы* имеют вид волокон различной формы, более ярких, чем фотосфера. Они хорошо выделяются у краёв солнечного диска, где поверхность несколько темнее. Факелы находятся выше гранул и всегда окружают

пятна (хотя могут наблюдаться и отдельно от них), а иногда образуют факельные поля, покрывая целые участки поверхности Солнца. Пятна, факелы и факельные поля являются областями повышенной солнечной активности.

Наблюдениями движений солнечных пятен и спектральными наблюдениями установлено, что Солнце вращается вокруг своей оси не как твёрдое тело. Различные участки его поверхности движутся с различной скоростью. Наиболее быстрое вращение в экваториальной зоне: точки экватора совершают полный оборот за  $25^d,19$ . На широте  $15^\circ$

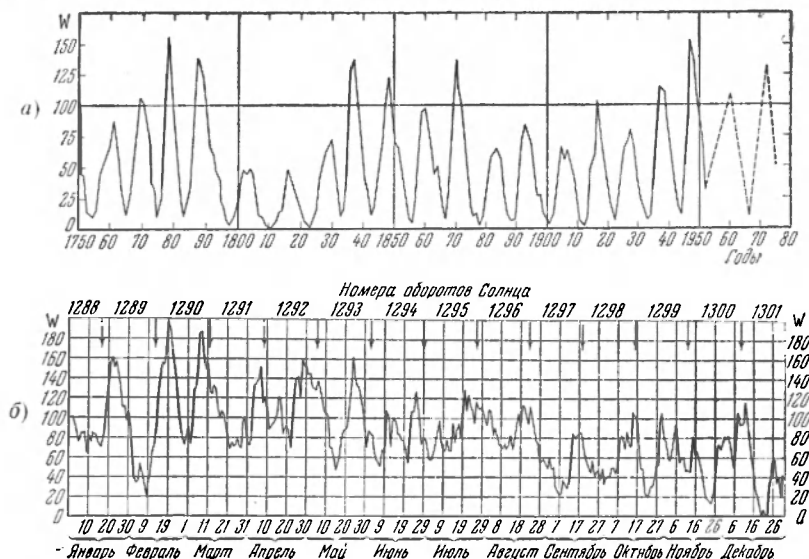


Рис. 11. а) Кривая солнечной активности: средние годовые числа солнечных пятен  $W$  с 1750 по 1952 г. (пунктиром помечен предполагаемый ход кривой до 1975 г.), б) кривая солнечной активности в 1950 г.

время полного оборота составляет  $25^d,50$ , на широте  $30^\circ$  —  $26^d,53$ , на широте  $60^\circ$  —  $31^d,0$ , а вблизи полюса около  $35^d$ . Суточная угловая скорость вращения, определённая по солнечным пятнам, равна

$$\eta = 14^\circ,37 - 2^\circ,60 \sin^2 \varphi,$$

где  $\varphi$  — гелиографическая широта, отсчитываемая от экватора Солнца к его полюсам.

Около ста лет назад (в 1844 г.) любителем астрономии, аптекарем Швабе, была обнаружена периодичность в пятнообразовательной деятельности Солнца. В среднем каждые 11,11 года наступает максимум числа солнечных пятен. Наблюдались промежутки времени между максимумами от 7,3 до 17,1 года. На рис. 11, а показано изменение числа солнечных пятен в году с 1750 по 1952 г. (см. табл. XIII). Последний максимум солнечной деятельности пришёлся на 1947 г.; он оказался наибольшим за последние 200 лет. Было также замечено,

что цикл с высоким и острым максимумом сменяется циклом с более низким и более пологим максимумом. Наметился, кроме того, период около 80—90 лет (вековой цикл), с которым меняется средняя высота максимума. Этот период можно проследить на рис. 11, а.

Когда оказалось возможным изучать магнитные явления в солнечных пятнах (по тому влиянию, которое магнитное поле пятна оказывает на линии его спектра), выяснилось, что полный период изменений солнечной активности составляет около 22 лет.

Давно замечено, что пятна появляются не на всей поверхности Солнца. В начале каждого нового цикла пятна появляются (часто парами) по обе стороны от экватора, в широтах около  $\pm 35^\circ$ , причём в северном полушарии Солнца в каждой паре впереди (по ходу

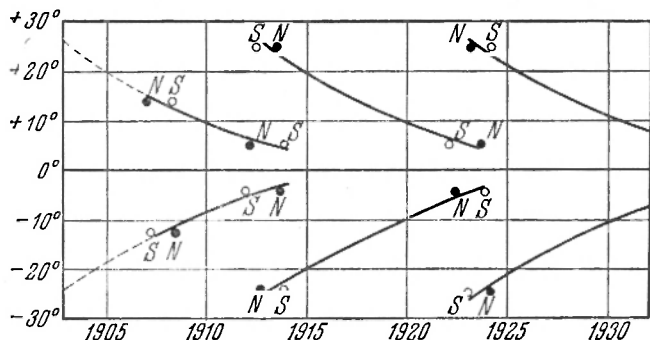


Рис. 12. Изменение гелиографических широт солнечных пятен с течением времени и магнетизм солнечных пятен различных циклов.

вращения Солнца) располагается пятно с северным магнетизмом, а позади — с южным (рис. 12). Напряженность магнитного поля пятен в несколько тысяч раз превышает напряженность магнитного поля у магнитных полюсов Земли.

С течением времени пятна начинают появляться всё ближе и ближе к экватору, но редко ближе  $6^\circ$  от него, а ко времени минимума они исчезают. При новом появлении пятна вновь располагаются в поясе близ  $\pm 35^\circ$  гелиографической широты, но теперь в северном полушарии впереди идёт пятно с южным, а позади пятно с северным магнетизмом. В южном полушарии Солнца изменение полярности пятен происходит в обратном порядке. Обнаруженное общее магнитное поле Солнца много слабее магнитных полей пятен \*).

Солнце окружено раскалённой и светящейся атмосферой. Даже в самом нижнем слое солнечной атмосферы газовое давление в тысячу раз меньше, чем атмосферное давление на поверхности Земли. Плотность вещества в солнечной атмосфере гораздо меньше, чем в земной. Однако в силу сложного процесса рассеяния света (идущего

\*) Напряженность общего магнитного поля не больше 100 эрстед, а иногда меньше 5 эрстед, тогда как в магнитных полях пятен напряженность временами может достигать нескольких тысяч эрстед,

от фотосферы) оптическая прозрачность солнечной атмосферы весьма невелика — наш глаз проникает неглубоко внутрь неё\*), причём у края диска Солнца мы проникаем лишь до более высоких и, следовательно, более холодных слоёв, чем в центре диска (рис. 13). От этого происходит *потемнение к краю диска* — яркость в центре диска на 16% больше средней яркости.

Атмосферу Солнца условно делят на следующие слои (рис. 14), между которыми нет резких границ.

1) *Обращающий слой* толщиной около 500 км состоит из раскалённых газов и паров большого числа химических элементов. О присутствии этих элементов мы судим по тёмным линиям (линиям поглощения) в спектре Солнца. В основном именно в обращающем слое происходят

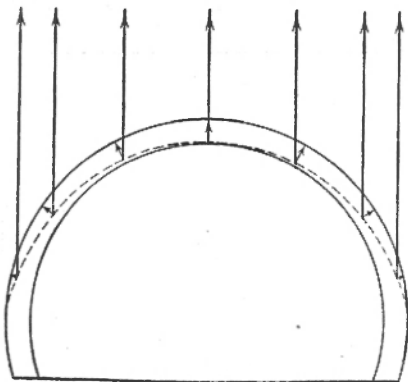


Рис. 13. Объяснение явления потемнения к краю диска Солнца. Пунктирная линия определяет уровень, до которого проникает взор наблюдателя.

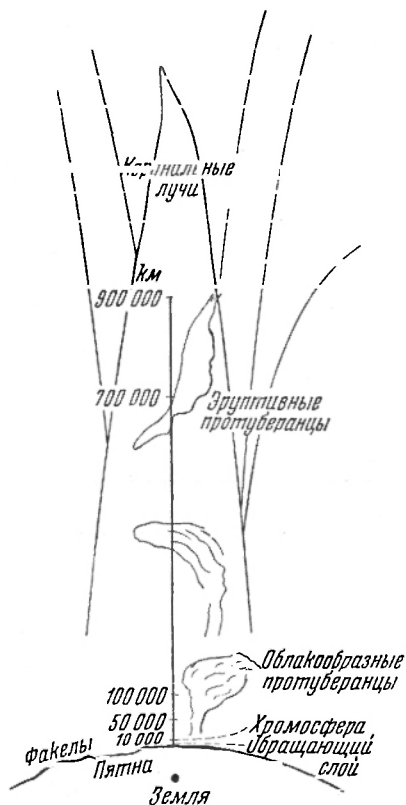


Рис. 14. Строение солнечной атмосферы (схематически).

поглощение и рассеяние энергии, вызывающие появление тёмных фраунгоферовых линий (см. стр. 206). Во время полных солнечных затмений в течение нескольких секунд можно фотографировать спектр самого обращающего слоя (так называемый спектр вспышки, рис. 15). Этот спектр состоит из одних ярких линий, присущих веществам, составляющим обращающий слой, — все тёмные линии обращаются

\*) В сущности, глубина, до которой проникает наш взор, и определяет собой ту условную поверхность солнечного шара, которую мы называем его фотосферой.



в яркие, а непрерывный спектр гаснет. Температура обращающего слоя — около  $4400^{\circ}$ .

2) *Хромосфера* возвышается над обращающим слоем на 14 000 км, имеет ярко выраженный красный цвет; в спектре хромосферы особенно интенсивны линии ионизованного кальция, водорода, гелия и

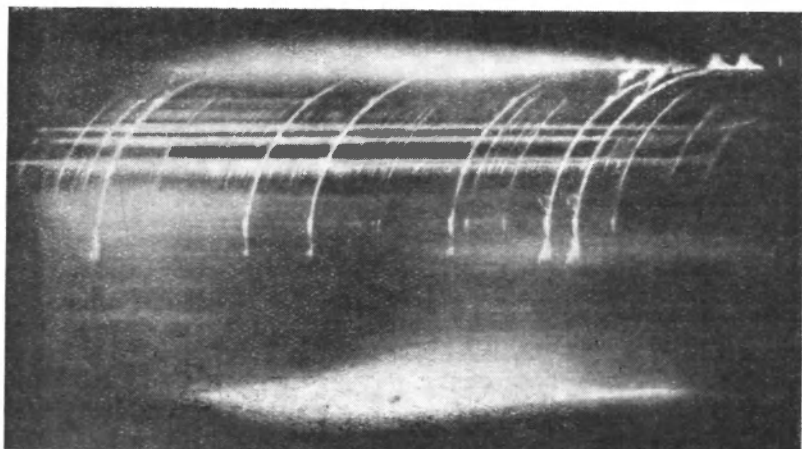


Рис. 15. Спектр вспышки.



Рис. 16. Спокойный или облакообразный протуберанец.

магния. В профиль (т. е. рассматриваемая у края Солнца) хромосфера имеет весьма изрезанный край, как бы состоящий из множества горящих травинок.

Громадные выступы раскалённого светящегося вещества, хорошо видимые во время полных солнечных затмений и наблюдаемые вне затмений с помощью особых спектральных приборов или интерференционных фильтров, называются *протуберанцами*. По виду проту-

беранца, по скорости и особенностям движения вещества в нём, его можно отнести к одному из следующих классов.

*Спокойные протуберанцы* — движения вещества и изменение формы в них медленные; время существования — недели и даже месяцы. Это — весьма редкий тип протуберанцев, наблюдающийся, однако, во всех гелиографических широтах (рис. 16).

*Активные протуберанцы* — в них происходят довольно быстрые движения потоков вещества от протуберанца к фотосфере, от одного протуберанца к другому.

*Эруптивные или изверженные протуберанцы* по виду напоминают громадные фонтаны, достигающие высот до 1 млн. км над поверхностью Солнца \*). Движения сгустков вещества в них происходят быстро. Протуберанцы извергаются с громадными скоростями в сотни километров в секунду \*\*) и довольно быстро изменяют свои очертания. При увеличении высоты протуберанец слабеет и как бы рассеивается (рис. 17). Изверженные протуберанцы часто связаны с солнечными пятнами.

*Корональные протуберанцы* — особые образования, возникающие над хромосферой в виде небольших облачков, сливающиеся затем в одно облако, из которого отдельными струями вниз к хромосфере спускаются потоки светящегося вещества.

Интересно отметить, что кинематографирование солнечных протуберанцев показало, что преимущественные движения материи в них происходят сверху вниз, а не наоборот. Таким образом, уподобление протуберанцев всех видов фонтанам, изверженным из недр Солнца, надо признать устаревшим. Иногда протуберанец можно увидеть на самом диске Солнца, на фотографии, снятой в лучах одной какой-либо линии, например водорода или кальция (такие снимки называются *спектрогелиограммами*). Он будет иметь вид тёмного волокна (рис. 18).

Температура протуберанцев около  $5000^{\circ}\text{K}$  — примерно такая же, как и у обрабатывающего слоя.

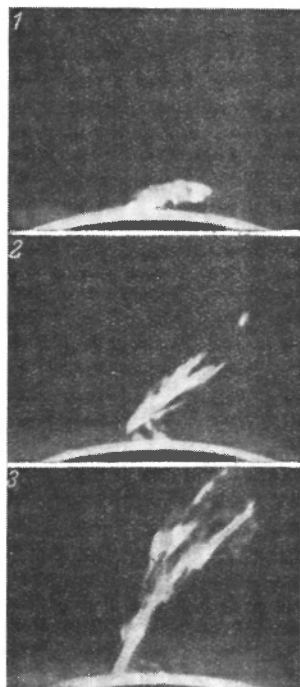


Рис. 17. Эруптивный протуберанец 17 сентября 1937 г.  
1.  $14^{\text{h}}51^{\text{m}}$ ; 2.  $15^{\text{h}}6^{\text{m}}$ ;  
3.  $15^{\text{h}}14^{\text{m}}$ .

\*) 4 июня 1946 г. была зарегистрирована высота протуберанца, равная 1,22 солнечного диаметра (1,68 млн. км).

\*\*) Наибольшая зарегистрированная скорость 720 км/сек.

Химический состав протуберанцев в общем соответствует составу обращаемого слоя, однако в спектре спокойных протуберанцев преобладают линии водорода и однажды ионизованного кальция; в протуберанцах, связанных с солнечными пятнами (такова большая часть изверженных), наиболее заметны линии различных металлов.

Полной теории, объясняющей разнообразные явления, связанные с солнечными протуберанцами, ещё нет. Несомненно, что, помимо

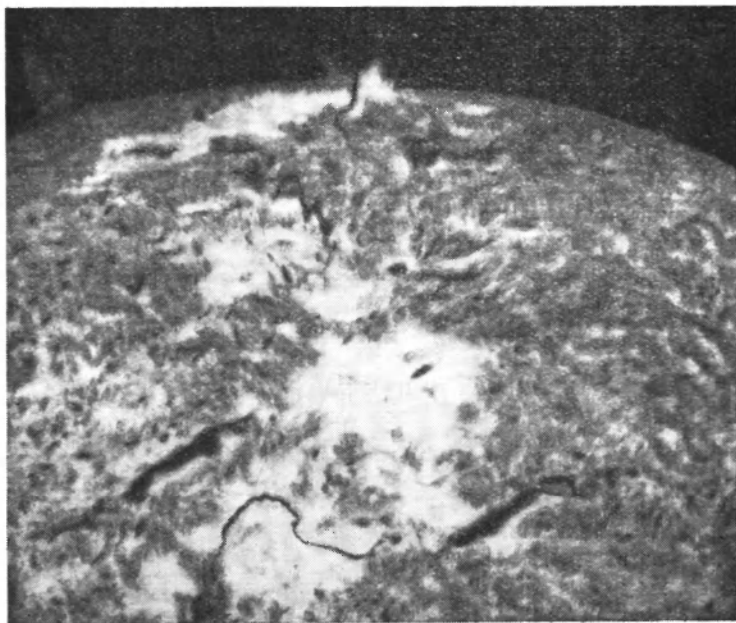


Рис. 18. Спектрогелиограмма в лучах водорода. Видны волокна, а также яркие и тёмные флоккулы вблизи края Солнца.

силы тяжести и сил светового давления, тут играют большую роль электрические и магнитные силы.

3) *Корона* представляет собой самые внешние слои солнечной атмосферы, простирающиеся на расстояние до нескольких радиусов Солнца от его поверхности и имеющие очень малую плотность. Лишь во время полных солнечных затмений она ясно видна как лучистое сияние нежного желтовато-серебряного цвета и характерна формой прямых и изогнутых корональных лучей и опахал. Лучи идут в радиальных направлениях, а опахала как бы стягивают дугами различные точки края солнечного диска. Форма солнечной короны зависит от фазы солнечного цикла, т. е. от солнечной активности.

Корона состоит из чрезвычайно разрежённых газов, из мельчайших твёрдых частиц-пылинок и из свободных электронов. Изучение спектра солнечной короны показало, что надо различать в ней два

слоя — внутреннюю корону (до высоты в 200 000 км над фотосферой) и внешнюю корону (выше этой границы). В спектре внутренней короны на фоне непрерывного спектра обнаружено 26 ярких линий, которые не встречаются ни в спектре хромосферы, ни в спектре других частей солнечной атмосферы. Самые яркие из них — это зелёная линия с длиной волны 5303 Å, красная 6375 Å и инфракрасные линии 10 747 и 10 798 Å. Долгое время корональные линии

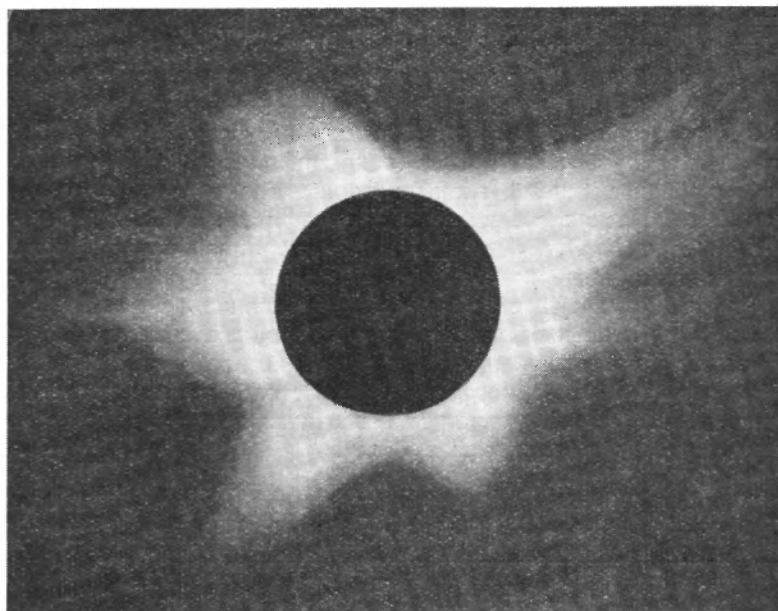


Рис. 19. Фотография солнечной короны, полученная членом-корр. АН СССР А. А. Михайловым 19 июня 1936 г.

представляли собой загадку. Их даже приписывали особому элементу — коронию. Однако впоследствии было доказано, что корональные линии спектра Солнца принадлежат многократно ионизованным (от 10 до 16 раз!) атомам железа, аргона, никеля и кальция. Это открытие поставило учёных перед новой загадкой, так как свидетельствует о температуре внутренней короны около миллиона градусов \*). Такая высокая температура чрезвычайно разрежённой материи внутренней короны подтверждается и некоторыми другими наблюдениями, например наблюдениями радиоизлучения Солнца (см. стр. 49).

Зелёная и красная линии спектра короны были обнаружены также в спектрах повторно-новых звёзд RS Сер, Т Рух и Т СгВ.

\*) Столь высокие температуры далеко выходят за обычные представления о тепле и холоде. Как известно, в физике температура газовой среды определяется тепловыми скоростями беспорядочного движения частиц, образующих среду (так называемая *кинетическая* температура).

Внешняя корона имеет сплошной спектр, на который накладываются линии поглощения.

Лишь с 1930 г. научились фотографировать солнечную корону вне затмения, однако наилучшие снимки короны получены всё же во время полных солнечных затмений (рис. 19). Солнечная корона меняет свою форму, размеры, интенсивность и расположение лучей в зависимости от фазы пятнообразовательной деятельности. Общий свет короны составляет примерно одну миллионную долю света Солнца или половину света полной Луны. При минимуме пятен корона слаба, лучи видны только в экваториальной области. При максимуме пятен яркие лучи короны идут во все стороны от диска Солнца.

Из химических элементов, известных в настоящее время на Земле, спектральным путём на Солнце открыто около 70, в том числе золото и радиоактивный элемент торий. Кроме того, обнаружено около 20 химических соединений, как, например, OH, NH, CN, O<sub>2</sub>, CO, CaH, TiO, MgO, C<sub>2</sub> и др. Отсутствие линий остальных химических элементов ещё не говорит об отсутствии этих элементов на Солнце; они могут существовать в недрах Солнца либо давать линии в недоступной пока наблюдению части солнечного спектра.

В табл. 3 приведено процентное содержание ряда химических элементов в солнечной атмосфере. Третий столбец даёт полную массу каждого элемента, содержащегося в вертикальном столбе атмосферы Солнца с площадью основания в 1 см<sup>2</sup>.

Таблица 3

Содержание различных химических элементов в атмосфере Солнца

Элемент	Процентное содержание (по объёму)	Масса (в мг на 1 см <sup>2</sup> )	Элемент	Процентное содержание (по объёму)	Масса (в мг на 1 см <sup>2</sup> )
Водород . . . . .	81,760	1200	Алюминий . . . . .	0,0002	0,1
Гелий . . . . .	18,170	1000	Никель . . . . .	0,0002	0,2
Кислород . . . . .	0,03	10	Цинк . . . . .	0,00003	0,03
Магний . . . . .	0,02	10	Калий . . . . .	0,00001	0,003
Азот . . . . .	0,01	2	Марганец . . . . .	0,00001	0,01
Кремний . . . . .	0,006	3	Хром . . . . .	0,000006	0,005
Сера . . . . .	0,003	1	Кобальт . . . . .	0,000004	0,004
Углерод . . . . .	0,003	0,5	Титан . . . . .	0,000003	0,003
Кальций . . . . .	0,003	0,2	Медь . . . . .	0,000002	0,002
Железо . . . . .	0,0008	0,6	Ванадий . . . . .	0,000001	0,001
Натрий . . . . .	0,0003	0,1			

Явления, протекающие во внешних слоях и в атмосфере Солнца, в большинстве своём представляются ещё довольно загадочными и не имеют полного объяснения. Такова, например, 11-летняя (вернее, 22-летняя) периодичность солнечной активности, проявляющаяся

в образовании пятен, факелов и факельных полей, протуберанцев и в изменении формы солнечной короны. Загадочной является также перемена знака магнитных полей пятен при появлении пятен нового солнечного цикла. Не имеет объяснения и постепенное уменьшение гелиографической широты появления пятен в течение одного цикла.

Солнечная деятельность влияет на общую циркуляцию земной атмосферы, количество атмосферных осадков и т. п.

События, происходящие на солнечной поверхности, отражаются на Земле в виде магнитных возмущений и бурь (проявляются в колебаниях магнитных стрелок компасов, нарушениях радиосвязи и т. п.), полярных сияний, гроз и других электрических явлений в земной атмосфере. Так, например, нарушения радиосвязи на коротких волнах обычно бывают связаны с яркими хромосферными вспышками на Солнце, которые вызывают резкое увеличение потока ультрафиолетового излучения Солнца (в частности, в линии водорода  $L_{\alpha}$  1216 Å).

Связь солнечных явлений с земными и предсказание «магнитной погоды» составляют предмет изучения специальных Служб Солнца, которым могут оказать существенную помощь и любительские наблюдения Солнца. Эта работа имеет большое практическое значение в хозяйственной жизни страны, а также в эксплуатации средств радиосвязи.

Помимо обычного излучения, исходящего от Солнца, за последние годы обнаружено интенсивное радиоизлучение Солнца, в частности с длиной волны около 5 м. Наблюдения, произведённые советской экспедицией в Бразилии 20 мая 1947 г., показали, что во время полной фазы затмения интенсивность радиоизлучения упала лишь вдвое, тогда как интенсивность общего излучения уменьшилась в миллион раз. Это говорит о том, что радиоизлучение Солнца исходит главным образом от солнечной атмосферы, в частности от солнечной короны.

Обычное солнечное радиоизлучение соответствует излучению абсолютно чёрного тела с температурой в миллион градусов, но иногда наблюдаются вспышки, соответствующие температуре в несколько сот миллионов градусов.

#### 4. Солнечная система

Солнечная система включает центральное светило — Солнце, девять больших планет с их 31 спутником, около 1600 открытых малых планет (астероидов)\*), около ста известных короткопериодических комет, более 50 известных метеорных роев, пылеобразное вещество, образующее так называемый зодиакальный свет (стр. 73), и некоторое количество рассеянного в межпланетном пространстве метеорного вещества.

Общий план солнечной системы с соблюдением масштаба взаимных расстояний планет показан на рис. 20, где наряду с орбитами планет нанесена также орбита периодической кометы Галлея.

---

\*) Общее их число, включая самые мелкие, вероятно, превышает 50 000.

На рис. 21 показаны наклоны планетных орбит к плоскости эклиптики (т. е. плоскости земной орбиты).

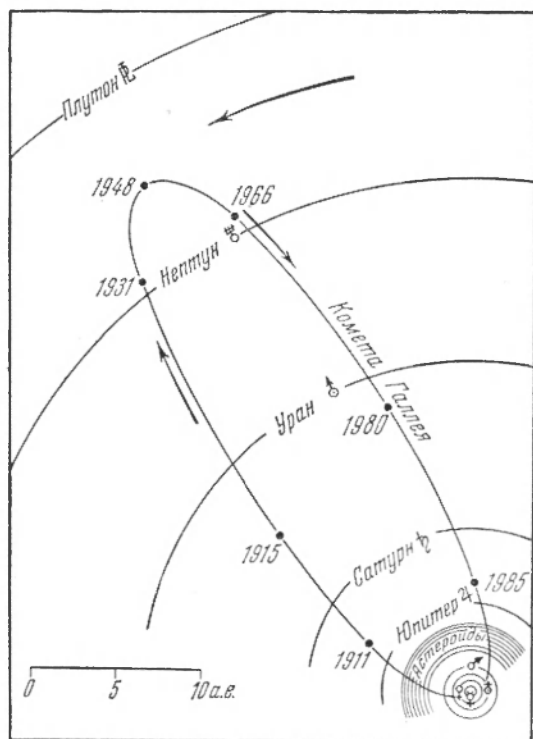


Рис. 20. План солнечной системы.

Строго говоря, обращение планет совершается вокруг общего центра тяжести всей солнечной системы, по отношению к которому

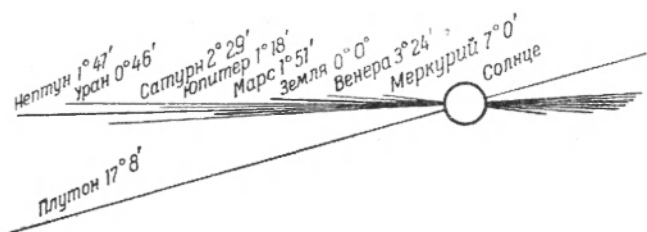


Рис. 21. Наклоны планетных орбит к плоскости земной орбиты (к плоскости эклиптики).

само Солнце описывает сложную кривую, показанную на рис. 22. С центром Солнца центр масс системы почти совпал в 1951 г.,

а к 1953 г. вновь вышел за пределы солнечного шара. Пунктиром показано положение Солнца в начале 1950 г.

На рис. 23 показаны размеры планет по сравнению с Солнцем (белый диск). Этот же рисунок одновременно даёт представление о расположении некоторых спутников планет и о положении экваториальной плоскости каждой планеты по отношению к плоскости эклиптики, совпадающей в каждом случае с линией, параллельной нижнему краю рисунка.

Солнце со всей планетной системой движется в пространстве относительно окружающих его ярких звёзд со скоростью 20 км/сек

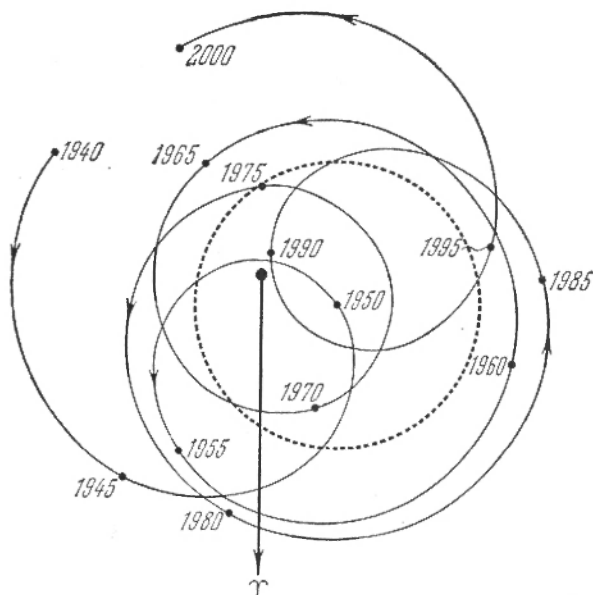


Рис. 22. Движение центра Солнца относительно центра масс солнечной системы с 1940 по 2000 г.

в направлении созвездия Геркулеса. Это направление определяется координатами *апекса* солнечного движения:  $\alpha = 270^\circ$ ,  $\delta = +30^\circ$ . Кроме того, Солнце со всеми окружающими его звёздами участвует во вращении нашей Галактики. Двигаясь со скоростью в 250 км/сек, Солнце делает полный оборот вокруг центра Галактики в 180 миллионов лет.

Все данные о членах солнечной системы собраны в таблицах VI—XIX.

## 5. Планеты

Пять «блуждающих звёзд» — планет — были известны в древности; Уран случайно был открыт в 1781 г. В. Гершелем, Нептун — в 1846 г. Галле (по указаниям Леверрье, который вычислил орбиту и положение на небе Нептуна по возмущениям в движении Урана). Плутон открыт в 1930 г. К. Томбо.



Планеты — тёмные тела сферической или почти сферической формы, обращающиеся вокруг Солнца. Орбиты планет лежат почти в одной плоскости, от которой значительно отклоняются лишь орбиты Меркурия (наклон  $7^\circ$ ) и Плутона (наклон  $17^\circ$ ).

Данные о физических характеристиках планет и их орбитах помещены в табл. XIV и XV.

Дополнением к ним служат следующие краткие описания планет.

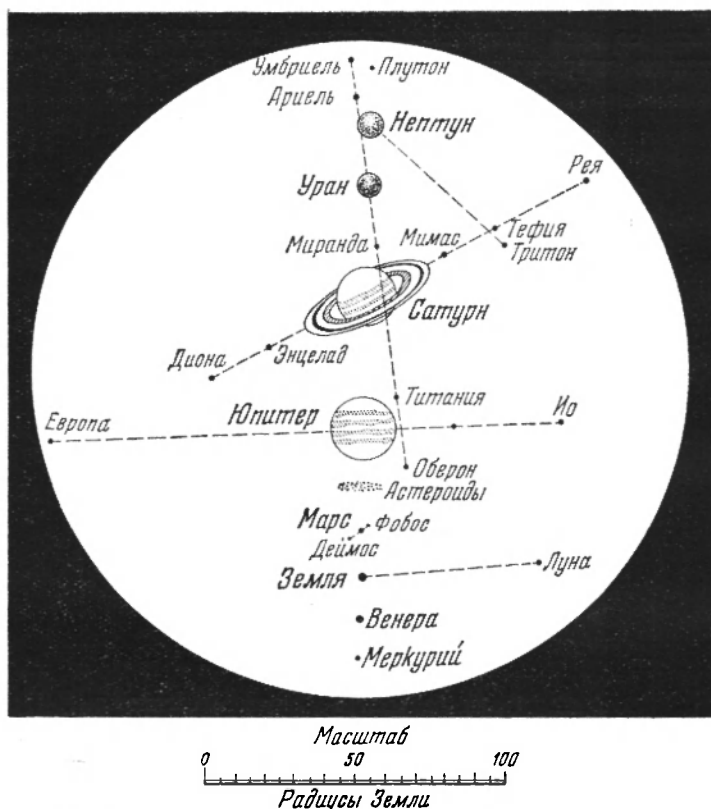


Рис. 23. Размеры планет по сравнению с Солнцем и расположение некоторых спутников.

**Меркурий.** Период вращения Меркурия в точности равен периоду его обращения вокруг (Солнца, поэтому планета всегда обращена к Солнцу одной своей стороной \*); температура освещённой стороны достигает  $+412^\circ\text{C}$ , на другой стороне господствуют вечный мрак и холод. По фотометрическим и поляриметрическим наблюдениям изрытость поверхности Меркурия столь же велика, как и у Луны. Альbedo Меркурия равно 0,07. В прошлом веке Скиапарелли, а в на-

\*) Подобно тому как Луна всегда обращена к Земле одной своей стороной.

чале нашего века Антониади изучали еле заметные пятна на поверхности Меркурия и составили карты освещённого Солнцем полушария планеты. Меркурий либо совсем лишён атмосферы, либо имеет чрезвычайно разрежённую атмосферу. При своей малой массе ( $\frac{1}{33}$  массы Земли) и весьма высокой температуре обращённой к Солнцу поверхности он не в состоянии удержать заметной газовой оболочки.

*Венера* больше всех других планет похожа на Землю по своим размерам и массе. Она имеет атмосферу, впервые открытую М. В. Ломоносовым в 1761 г. во время прохождения планеты по диску Солнца. Планета окутана густым слоем белых облаков, скрывающих её поверхность. Наличие атмосферы, несущей густые облака, объясняет большую отражательную способность Венеры — 60% падающего солнечного света отражается от неё. Отличительной особенностью атмосферы Венеры является преобладание в ней углекислого газа при весьма слабом содержании, а может быть, и полном отсутствии кислорода и водяных паров.

На Венере иногда видны изменчивые тёмные пятна неопределённой формы, не имеющие резких границ. Ввиду отсутствия устойчивых деталей поверхности вопрос о периоде вращения Венеры вокруг оси и о наклоне её оси до сих пор ещё не решён окончательно. Можно полагать, что период вращения составляет около 30 дней. Это подтверждается тем, что температура тёмной стороны планеты всего  $-20^{\circ}\text{C}$ , а температура освещённой — не выше  $+60^{\circ}\text{C}$ . Разность температур была бы значительно больше, если бы Венера была всегда одной своей стороной обращена к Солнцу. С другой стороны, спектральные наблюдения показывают, что вращение Венеры не может быть слишком быстрым. Указанные температуры относятся к облачному покрову планеты. Поверхность её должна иметь температуру, близкую к  $+100^{\circ}\text{C}$ .

*Марс.* Наклон оси вращения Марса к плоскости орбиты (около  $65^{\circ}$ ) почти такой же, как у Земли, а период вращения ( $24^{\text{h}}37^{\text{m}}23^{\text{s}}$ ) близок к суткам, поэтому видимое движение небесного свода на Марсе должно носить такой же характер, как и на Земле. На Марсе происходит аналогичная смена времён года, только их продолжительность почти вдвое больше.

На поверхности Марса заметно много устойчивых деталей, позволивших составить довольно подробную ареографическую карту \*).

Белые пятна — полярные шапки (рис. 24) — претерпевают сезонные изменения, попеременно исчезая с наступлением лета в соответствующем полушарии Марса. Зеленовато-серые пятна (моря), занимающие около трети поверхности, испытывают сезонные изменения в интенсивности окраски: они темнеют с наступлением весны. Можно думать, что в это время тают полярные шапки Марса, состоящие, вероятно, из тонкого слоя снега или инея, и покрываются растительностью низменные равнины — «моря». Подлинных морей или каких-либо обширных водных пространств на Марсе нет.

---

\*) От греческого названия Марса — Арес.

Две трети поверхности Марса имеют красновато-оранжевый оттенок, вероятнее всего, — это пустыни с почвой, окрашенной окислами железа.

В связи с вопросом о возможности жизни на Марсе весьма важно изучение атмосферы этой планеты. Полярные шапки и белая полоса утренних заморозков, видимая вдоль линии терминатора, свидетельствуют о наличии атмосферы на Марсе. Об этом говорят также явления сумерек в полосе шириной около  $8^\circ$  вдоль линии терминатора.

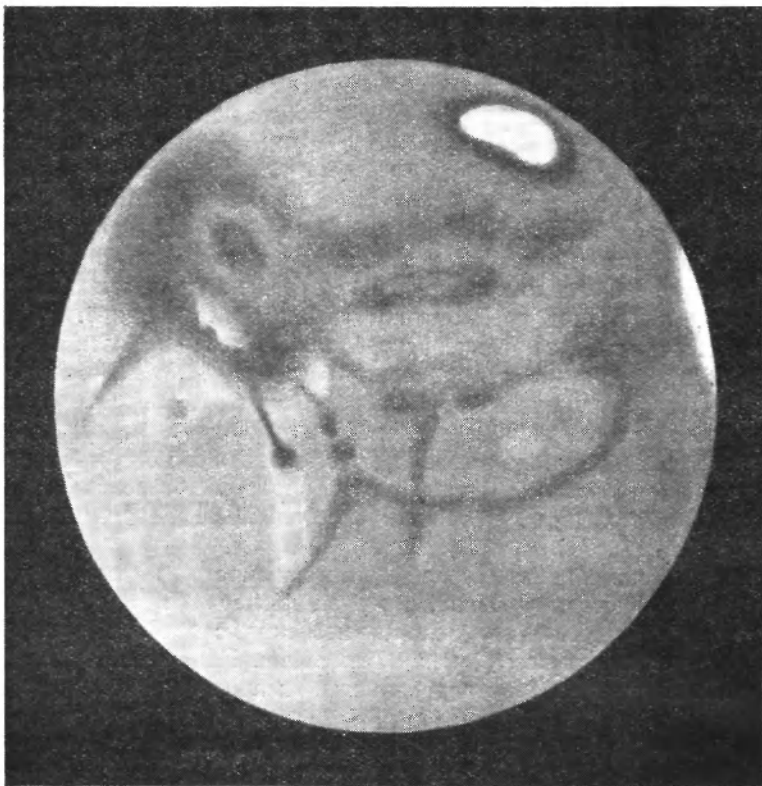


Рис. 24. Марс.

По исследованиям Н. Н. Сытинской атмосферное давление на поверхности планеты равно 46 мм по anerоиду (что соответствует на Земле высоте около 15 км над уровнем моря). В составе атмосферы открыто присутствие углекислого газа в количестве вдвое большем, чем в земной атмосфере. Кислорода и озона в атмосфере Марса, по-видимому, очень мало. Редкость появления облаков, сравнительно быстрое таяние полярных шапок с наступлением весны говорят о том, что количество влаги на планете весьма невелико.

Иногда на поверхности Марса наблюдаются желтоватые пятна пылевых туч, которые заметно передвигаются по диску планеты.

Измерения температуры поверхности показали, что в экваториальном поясе в полдень она может достигать  $+30^{\circ}\text{C}$ , а в околополярных областях в середине лета  $+6^{\circ}\text{C}$ . Ночью температура везде значительно ниже  $0^{\circ}\text{C}$ .

Многолетние исследования известного советского астрофизика Г. А. Тихова, подтверждённые работами проф. Н. П. Барабашева, свидетельствуют о наличии на Марсе растительности. Подобно растительности на дальнем Севере или в высокогорных областях на Земле растительность на Марсе должна иметь серо-голубую окраску. Своими работами Г. А. Тихов положил начало новой науке — астроботанике.

Марс обладает двумя крошечными спутниками (15 и 8 км в диаметре), доступными для наблюдения только в самые большие телескопы. Ближайший к Марсу спутник — Фобос (Страх) обращается вокруг планеты в  $7^{\text{h}}39^{\text{m}}14^{\text{s}}$ , т. е. значительно быстрее, чем вращается Марс вокруг своей оси; это единственный случай в солнечной системе. Фобос восходит над горизонтом марсианского наблюдателя на западе, движется навстречу суточному движению всех звёзд и заходит на востоке. Данные о спутниках всех планет см. в табл. XVI.

*Малые планеты*, или астероиды, расположены в основном между орбитами Марса и Юпитера, хотя некоторые из них в перигелии подходят весьма близко к орбите Венеры (например, Гермес) и даже попадают внутрь орбиты Меркурия (Икар \*)), а другие в афелии близки к орбите Сатурна, например Гидальго. (Впрочем, в силу большого угла наклона орбиты Гидальго к орбите Сатурна эта малая планета не может подойти к Сатурну ближе, чем на 5,7 а. е.)

Больше всего малых планет на расстоянии около 2,5 а. е. от Солнца.

Первый астероид — Церера — был открыт Пиацци 1 января 1801 г. После применения фотографии их стали открывать в большом количестве. Видная роль в открытии малых планет принадлежит Симеизской обсерватории в Крыму. К 1 января 1953 г. было известно 1586 астероидов.

Орбиты некоторых астероидов обладают значительными эксцентриситетами (0,83 у Икара) и большими наклонами ( $43^{\circ}$  у Гидальго). Для подавляющего же большинства малых планет эксцентриситет очень невелик, т. е. орбиты их близки к круговым. Большие полуоси орбит астероидов заключены в пределах от 1,08 (Икар) до 5,71 а. е. (Гидальго).

Самая большая из малых планет — Церера — имеет 770 км в диаметре (её масса составляет примерно  $\frac{1}{8000}$  массы Земли); диаметр Паллады 490 км, Весты 380 км, Юноны 190 км; другие астероиды ещё меньше. Самые малые из известных астероидов имеют диаметры около 1 км и по своим размерам приближаются к большим

---

\*) Эта планетка подходит к Солнцу на расстояние в 0,19 а. е. Эксцентриситет её орбиты 0,83,  $a=1,08$ ,  $i=23^{\circ}$ , а период обращения 13,51 месяца (об элементах орбит см. стр. 199). Она открыта в 1949 г. Бааде.

метеоритам, подобным тунгусскому или аризонскому. Чем мощнее применяемый телескоп, тем большее число малых планет можно открыть с его помощью. Можно предполагать, что общее число их более 50 тысяч, но общая масса всех малых планет не больше  $1/1000$  массы Земли.

Астероиды обозначаются порядковой цифрой в кружке или в скобках и собственным именем, взятым для большинства планет из числа мифологических женских имён. Некоторые астероиды названы именами великих людей и учёных, например, планета 852 называется Владиленой в честь Владимира Ильича Ленина, есть планета Морозовия (1210), Бредихина (786) и др. \*).

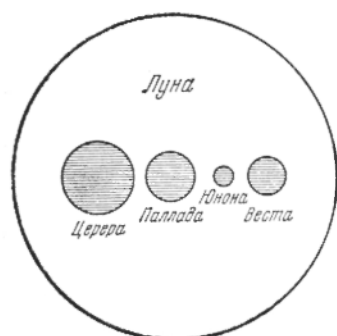


Рис. 25. Размеры крупных астероидов по сравнению с Луной.

Чрезвычайно интересна группа астероидов, обращающихся вокруг Солнца на таком же расстоянии, что и Юпитер, причём их расстояния от Юпитера и от Солнца равны между собой. В настоящее время известно четырнадцать таких планеток, называемых *троянцами* \*\*). Они движутся на  $60^\circ$  позади или впереди Юпитера. Таким образом, троянцы, Солнце и Юпитер находятся в вершинах двух равносторонних треугольников.

Такое расположение малой планеты относительно Солнца и Юпитера является одним из частных случаев небесно-механической задачи трёх тел (стр. 199). В этом случае задача получает строгое решение, т. е. можно точно рассчитать движение малой планеты под действием Солнца и Юпитера.

Короткопериодические колебания блеска многих малых планет (например, Эроса, Ириса, Эвномии, Весты) свидетельствуют об их вращении при неравномерной отражательной способности поверхности либо об их неправильной форме. Кратчайший известный период изменения блеска (у Летиции)  $2^h 12^m$ .

Исследование цвета астероидов показывает, что многие из них состоят из серых пород, подобных горным породам земной коры \*\*\*).

Некоторые астероиды подходят к Земле ближе всех других небесных тел, не считая Луны. Таковы: Эрос, подходящий к Земле раз

\*) В честь русских учёных названы, например, астероиды: (768) Струвеана, (807) Цераская, (856) Баклунда, (857) Глазенапия, (995) Штернбергия, (1004) Белопольская, (1007) Павловия, (1074) Белявская, (1118) Ганская, (1129) Неуймина и некоторые другие.

\*\*) Этим астероидам даны имена героев Троянской войны, описанной Гомером в «Илиаде»: Ахилл (588), Патрокл (617), Гектор (624), Нестор (659), Приам (884), Агамемнон (911), Одиссей (1143), Эней (1172), Анхиз (1173), Троил (1208), Аякс (1404) и Диомед (1437). Остальные троянцы ещё не имеют собственных имён.

\*\*\*) Четыре астероида с точно определёнными диаметрами имеют весьма различную отражательную способность [различные альбедо (см. стр. 34)].

в несколько десятков лет на расстояние в 23 млн. км \*), Амур (15 млн. км), Аполлон (5 млн. км), Гермес (0,6 млн. км). Если орбита

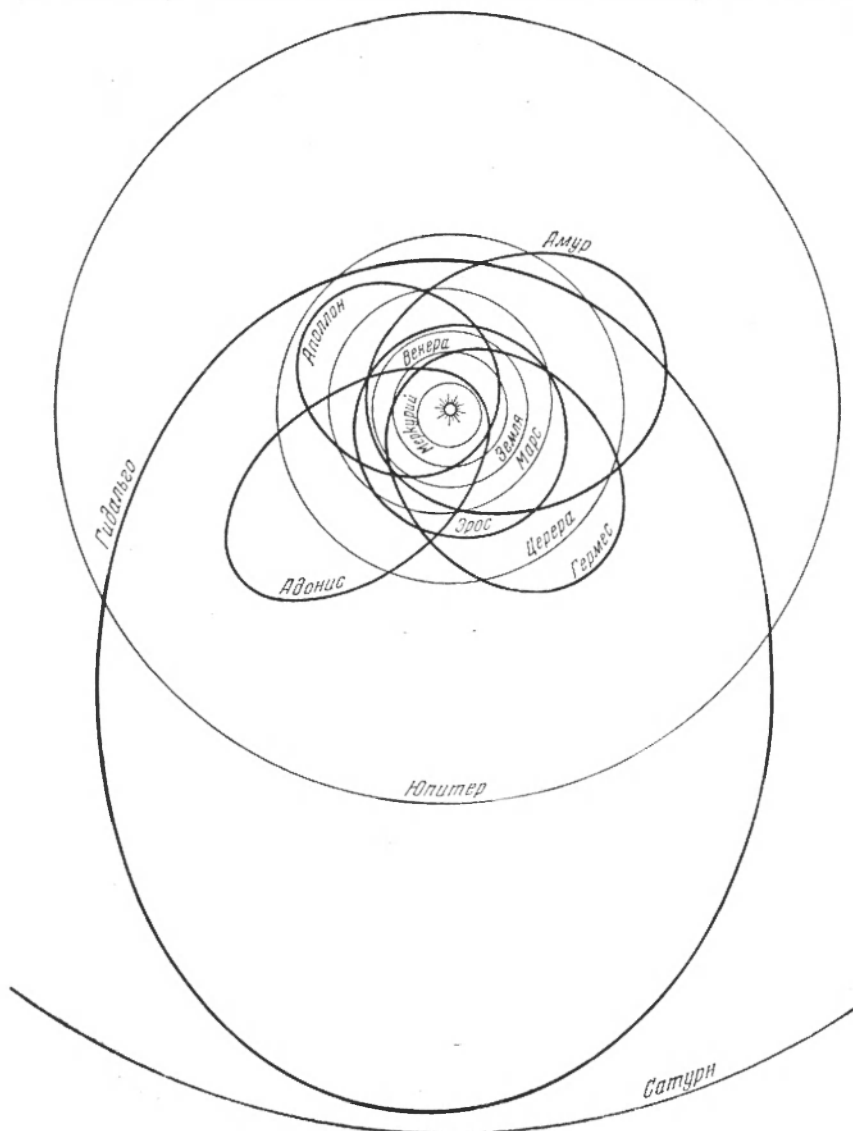


Рис. 26. Орбиты нескольких замечательных астероидов.

Гермеса не испытает существенных изменений от притяжения больших планет, то в будущем Гермес сможет пройти всего на расстоянии

\*) Следующее такое сближение произойдёт в 1975 г.

500 тыс. км от Земли, т. е. примерно в  $1\frac{1}{2}$  раза дальше Луны. Диаметр этого астероида около 1 км; сила тяжести на нём в 10 000 раз меньше, чем на Земле. В таблице XVII дан список ярких астероидов, которые могут быть доступны наблюдениям астроном-любителя.

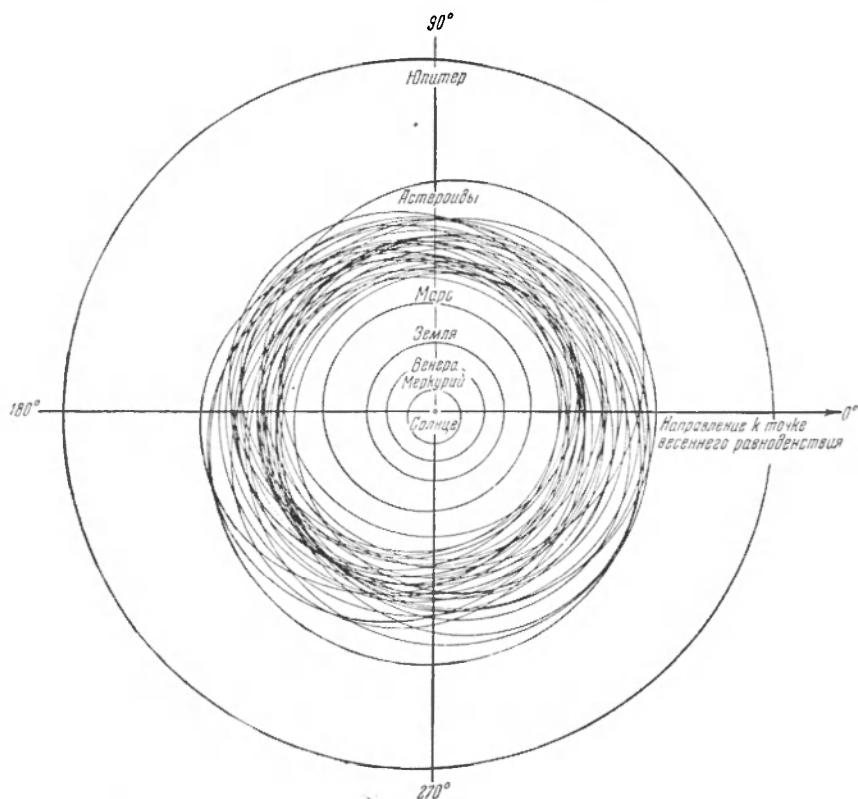


Рис. 27. Пояс орбит малых планет между орбитами Марса и Юпитера.

**Юпитер.** Угловой диаметр планеты меняется от 32" до 52" в зависимости от расстояния до Земли. В небольшой телескоп, дающий 50-кратное увеличение, Юпитер выглядит, как Луна для невооружённого глаза.

Сплюснутость видимого диска этой самой большой планеты нашей системы составляет  $\frac{1}{16}$  и заметна на-глаз (рис. 28). Она является следствием очень быстрого вращения планеты вокруг оси. Как и у Солнца, различные зоны Юпитера вращаются с разными периодами: экваториальная зона шириной 15 000—25 000 км вращается с периодом  $9^h50^m$ , высокоширотные зоны — с периодом  $9^h55^m$ . Видимая поверхность планеты пересечена рядом полос, параллельных экватору

Юпитера. Эти полосы, или зоны, имеют довольно определённые границы и обладают различными скоростями вращения. Иногда относительная скорость двух деталей, расположенных в соседних зонах, может доходить до 300 км/час. Температура видимой поверхности облаков оказалась равной — 140°С. При такой низкой температуре в атмосфере Юпитера, помимо водорода ( $H_2$ ), находятся в газообразном состоянии только ядовитый болотный газ — метан ( $CH_4$ ) и аммиак ( $NH_3$ ). Малая средняя плотность Юпитера (0,24 плотности Земли)

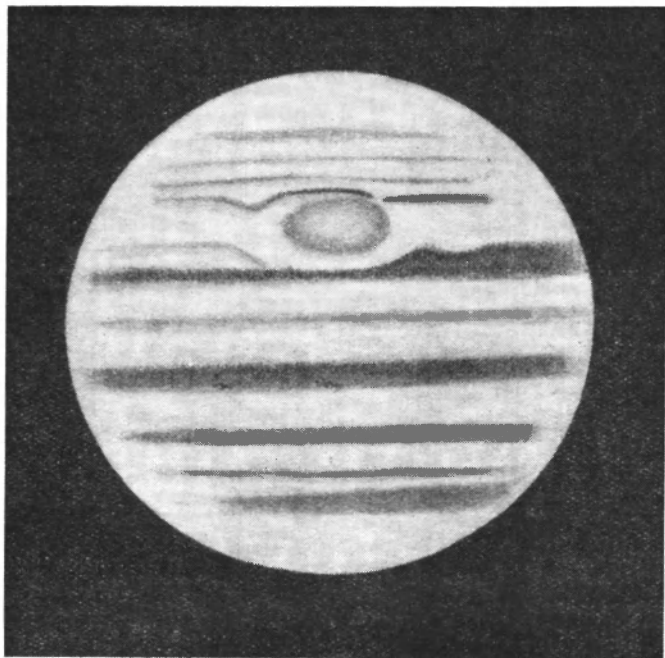


Рис. 28. Юпитер.

объясняется тем, что мы массу планеты (318 масс Земли) делим на видимый объём (1300 объёмов Земли), определяемый обширной непрозрачной атмосферой.

По современным данным акад. В. Г. Фесенкова и А. Г. Масевич Юпитер (так же как и Сатурн) на 80% по массе состоит из водорода. Содержание всех других элементов не превышает 20%. Наружный слой толщиной в 11 000 км (0,15 радиуса) состоит из обычного молекулярного водорода. На дне этого «водородного океана» давление достигает 700 000 атмосфер. Как показали теоретические расчёты, под действием этого громадного давления водород переходит в «металлическое» состояние, его плотность скачком удваивается (до 0,8 г/см<sup>3</sup>). Слой «металлического» водорода имеет толщину около 40 тысяч км (0,55 радиуса), масса его составляет 65% всей массы



планеты. Центральное ядро состоит преимущественно из водорода с примесью более тяжёлых элементов. Плотность в центре планеты  $11 \text{ г/см}^3$ , давление равно 85 миллионам атмосфер. Радиус ядра 0,30 радиуса планеты, масса его составляет 28% всей массы Юпитера.

У Юпитера известны двенадцать спутников, из которых только четыре наиболее ярких доступны наблюдениям с небольшими телескопами (они имеют видимую звёздную величину 5 — 6<sup>m</sup>). Восьмой

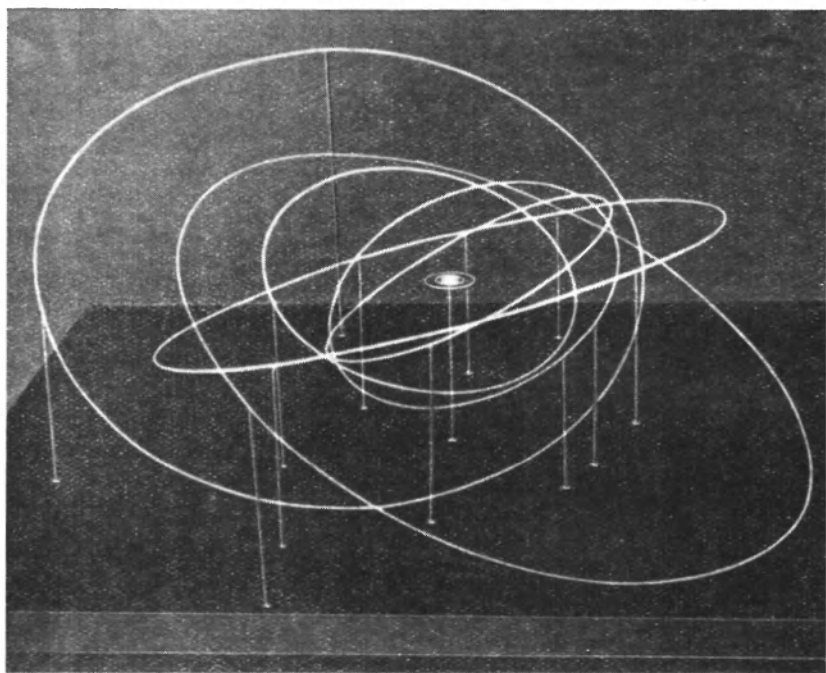


Рис. 29. Фотография модели, показывающей расположение орбит спутников Юпитера. Ясно видно деление их на две группы: пять близких и семь далёких.

спутник, открытый в 1908 г., был «утрачен» в 1923 г. вследствие малой яркости и слабой изученности его сложного движения. Его удалось вновь найти лишь в 1930 г. благодаря обширным вычислениям, предпринятым в Ленинградском астрономическом институте (ныне Институт теоретической астрономии Академии наук СССР).

Три самых далёких спутника Юпитера движутся обратным движением вокруг планеты. Два спутника Юпитера (Ганимед и Каллисто) по своим размерам больше Меркурия. Установлено, что у четырёх главных спутников периоды вращения и обращения совпадают, т. е. спутники обращены к планете одной своей стороной.

Данные о спутниках Юпитера помещены в табл. XVI. В целом система Юпитера представляет собой миниатюрное подобие солнечной системы.

Напомним, что наблюдения затмений спутников Юпитера, периодически скрывающихся в тени планеты, привели в 1675 г. Рёмера к открытию конечной скорости распространения света.

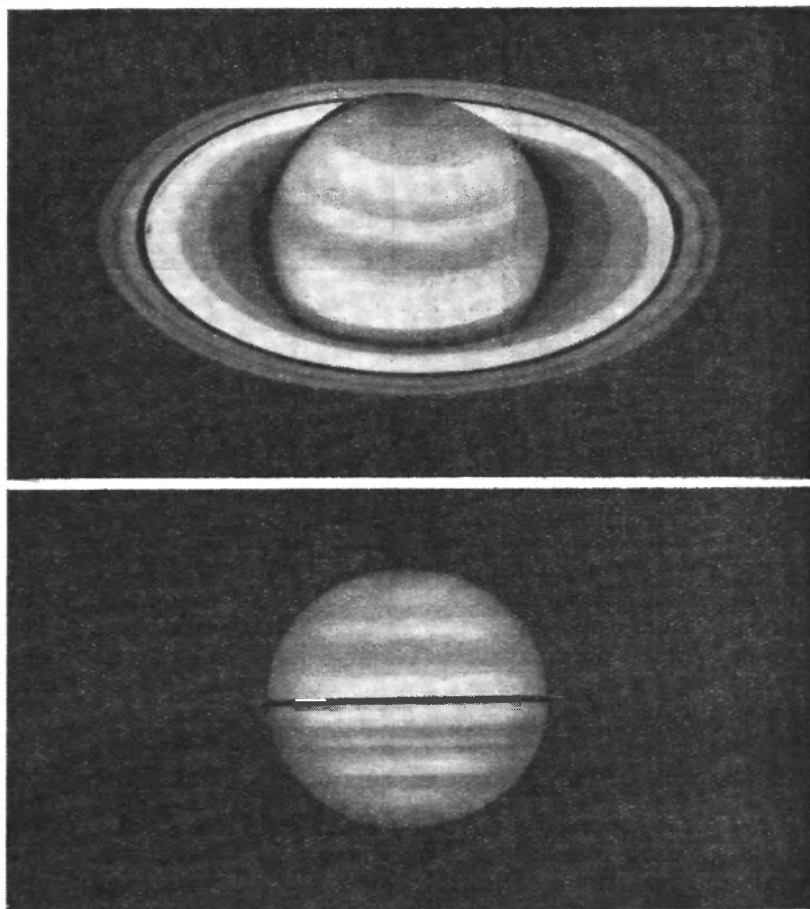


Рис. 30. Вверху Сатурн в период наибольшего раскрытия колец; внизу — в эпоху невидимости колец.

*Сатурн.* Диск планеты имеет сплюснутость, равную  $\frac{1}{11}$ . Как и у Юпитера, поверхность покрыта полосами, параллельными его экватору, однако эти полосы неясно очерчены, имеют мало пятен или деталей. Полосы Сатурна отличаются большей правильностью, чем полосы Юпитера; иногда появляются довольно устойчивые белые пятна.

Период вращения Сатурна ( $10^h 14^m$ ) близок к периоду вращения Юпитера, причем, так же как на Юпитере, чем больше широта полосы, тем медленнее её вращение. Характерной особенностью Сатурна являются его кольца, лежащие точно в плоскости экватора планеты. Видимая форма колец меняется с течением времени (рис. 31), так как они наклонены на  $28^\circ$  к плоскости эклиптики. Кольца Сатурна перестают быть видимы, когда наблюдатель находится в точности в плоскости колец либо когда эта плоскость проходит через Солнце. Толщина колец всего около 15 км.

Таблица 4

## Строение колец Сатурна

Кольцо	Отношение диаметра кольца к экватор. диаметру планеты	Диаметр	
		в сек. дуги в среднем противост.	в км
Кольцо А, внешний край . . . . .	2,25	43,96	275 000
внутренний край . . . . .	1,98	38,69	240 000
Щель Кассини (ширина 5000 км)			
Кольцо В, внешний край . . . . .	1,95	37,80	233 000
внутренний край . . . . .	1,50	29,24	181 000
Щель между кольцами В и С (ширина 1600 км)			
Кольцо С, внутренний край . . . . .	1,24	24,12	149 400
Сатурн (экватор. диаметр) . . . . .	1,00	19,52	120 800
(полярный диаметр) . . . . .	0,89	17,46	108 000

Кольца Сатурна состоят из громадного числа крошечных спутников, каждый из которых движется по законам Кеплера вокруг планеты. По данным М. С. Боброва средний поперечник частиц кольца около 1 м, а общая масса их равна  $10^{-7}$  массы самого Сатурна.

Разделение кольца на три части и образование щелей между ними связаны с возмущающим действием спутников Сатурна на частицы, образующие кольцо. Местонахождение щелей соответствует точной соизмеримости периодов обращения наиболее массивных спутников и упомянутых частей.

Внутреннее строение Сатурна сходно со строением Юпитера. Меньшая средняя плотность ( $0,71 \text{ г/см}^3$ , или 0,12 плотности Земли) объясняется тем, что вследствие меньшей массы планеты давление в её недрах не достигает таких значений, как у Юпитера; содержание водорода у Сатурна несколько меньше.

В атмосфере Сатурна также есть газы метан и аммиак, не вымерзающие при температуре — 150°, господствующей на поверхности планеты.

У Сатурна открыто девять спутников. Самый большой и яркий из них Титан ( $8^m, 3$ ). По своим размерам и массе он больше Луны, но несколько меньше Меркурия. Он обладает атмосферой, содержащей, как и атмосфера Сатурна, метан.

Самый далёкий спутник — Феба — движется в обратном направлении. Затмения спутников — довольно редкие явления: их можно наблюдать лишь в те периоды, когда плоскость кольца (а следова-

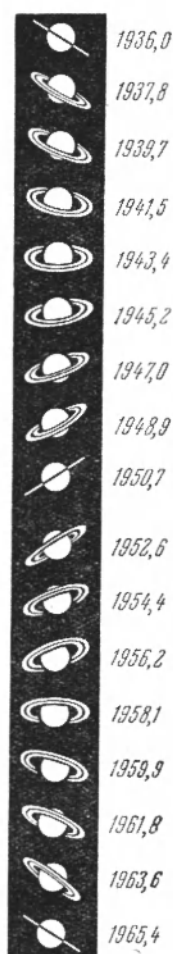


Рис. 31. Расположение колец Сатурна с 1936 по 1965 г.

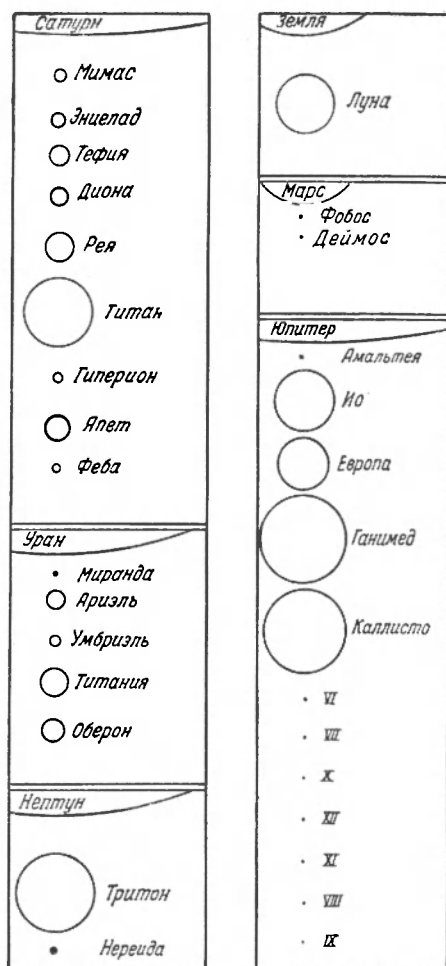


Рис. 32. Размеры спутников планет по сравнению с самими планетами, кривизна поверхности которых показана небольшой дугой вверх каждой части рисунка. Масштаб для размеров спутников 5000 км в 10 мм.

тельно, плоскость экватора планеты и орбит его спутников) проходит через наблюдателя.

Уран виден как звезда 6-й звёздной величины. Диск планеты можно заметить лишь в телескоп, дающий не меньше чем 100-кратное

увеличение. Некоторые наблюдатели отмечали на Уране полосы, похожие на полосы Сатурна и также расположенные параллельно экватору планеты.

Период вращения Урана составляет  $10^h48^m$ . Сплюснутость диска довольно значительна:  $\frac{1}{14}$ .

Плоскость экватора планеты, совпадающая с плоскостью движения его пяти спутников, наклонена на  $98^\circ$  к плоскости орбиты самого Урана. Спутники Урана доступны только сильным инструментам.

Строение Урана сходно со строением всех больших планет типа Юпитера. Однако водорода в Уране меньше, чем в Юпитере, вследствие чего средняя плотность его больше (0,24 плотности Земли).

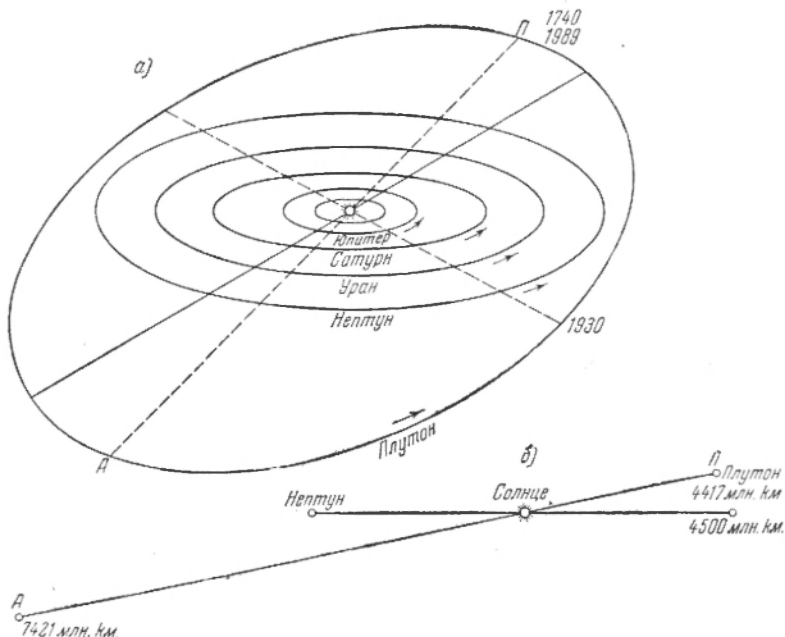


Рис. 33. Орбита Плутона по отношению к орбитам больших планет: а) общее расположение орбиты, б) наклон орбиты Плутона к орбите Нептуна.

Крошечный видимый диск планеты (около  $4''$ ) не позволяет рассмотреть деталей её поверхности. Диск имеет зеленоватый оттенок. В спектре Урана обнаружены полосы поглощения метана (температура поверхности Урана ниже  $-180^\circ\text{C}$ ). Отмечены небольшие колебания блеска Урана с периодом в  $10^h48^m$ .

*Нептун* виден как звезда 8-й величины. Угловой диаметр его видимого диска всего  $2''0$ . Период вращения Нептуна вокруг оси, определённый спектральным путём, равен  $15^h40^m$ . Малая средняя плотность (0,24 плотности Земли) делает его похожим на другие большие планеты нашей системы. Атмосфера планеты также содержит метан. Блеск Нептуна испытывает небольшие колебания с периодом

около половины периода вращения, т. е.  $7^h15^m$ . Вероятно, на поверхности Нептуна имеются две более светлые области, расположенные в противоположных полушариях планеты. Известный больше ста лет спутник Нептуна — Тритон — имеет обратное движение.

В июне 1949 г. был открыт второй, весьма слабый спутник Нептуна — Нереида.

**Плутон.** Последняя из открытых планет солнечной системы — Плутон — находится на среднем расстоянии около 40 астрономических единиц. Его орбита обладает большим эксцентриситетом (0,25) и большим наклоном к плоскости эклиптики ( $17^\circ$ ). Период обращения около 250 лет. Ничего определённого нельзя сказать о характере поверхности Плутона, так как угловые размеры его меньше  $0''3$ . По последним измерениям диаметр Плутона 5800 км, масса его должна быть в десятки раз меньше земной. Температура поверхности Плутона, вероятно, ниже, чем  $-210^\circ\text{C}$ . При такой низкой температуре большинство газов перешло бы в жидкое или твёрдое состояние. Плутон, повидимому, обладает очень тонкой атмосферой или вообще лишен её.

В проекции на плоскость эклиптики орбита Плутона пересекается с орбитой Нептуна, что может внушить мысль о возможном столкновении этих планет. Этого, конечно, быть не может. Всё дело в том, что в силу большого наклона орбиты (рис. 33) Плутон отходит далеко от плоскости эклиптики в тех местах, где в проекции орбиты пересекаются.

## 6. Кометы

Кометы — самые удивительные небесные светила — члены солнечной системы. Они бывают больше всех планет, а некоторые были даже больше Солнца. Кометные хвосты простираются на многие сотни миллионов километров. Вместе с тем кометы обладают весьма малыми массами, а следовательно, ничтожными плотностями. Недаром их шуточно называют «видимое ничто».

Хвостатые или волосатые светила — кометы — с древних времён привлекали к себе внимание быстрым перемещением среди звёзд по небу и изменениями своего внешнего вида. Из маленького размытого туманного облачка постепенно развивается хвост, который у некоторых комет простирается иногда на десятки градусов на небе, а в пространстве — на несколько астрономических единиц. По последним данным *ядро* кометы не состоит из роя метеорных тел, как думали раньше, а составляет одно тело весьма небольших размеров, причём в его состав входят замороженные до состояния льда различные газы, например, метан, аммиак, углекислый газ и другие подобные им соединения. При приближении кометы к Солнцу, под действием энергии его лучей, «льды» начинают испаряться, становится видимой туманная газообразная оболочка кометы, или *кома*. Вместе с ядром она образует *голову* кометы. При дальнейшем приближении к Солнцу образуется *хвост*. Он всегда лежит в плоскости орбиты самой кометы и у большинства комет направлен от ядра в сторону, противо-

ложную Солнцу. Вещество кометных хвостов настолько разрежено, что сквозь них видны звёзды без всякого ослабления блеска.

Вещество кометных хвостов непрерывно рассеивается в пространстве, оно пополняется за счёт газов, выделяющихся из ядра. При удалении кометы от Солнца действие солнечного излучения слабеет, хвост уменьшается и постепенно исчезает.

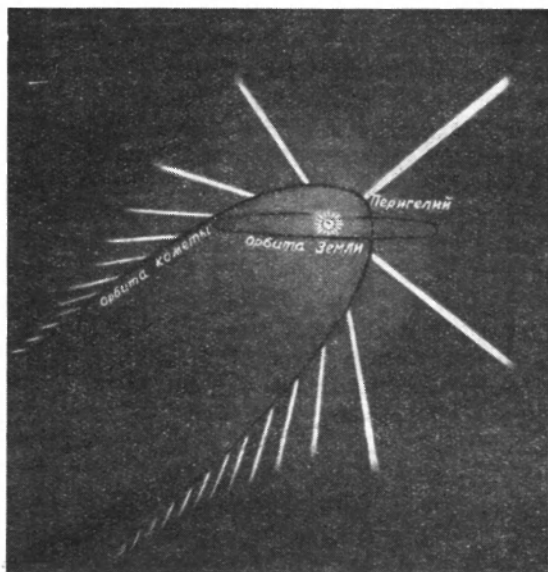


Рис. 34. Развитие кометного хвоста.

Хвосты комет бывают разных типов:

1. Прямые хвосты, всегда лежащие вдоль линии, соединяющей Солнце и ядро кометы (вдоль радиуса-вектора кометы), — это *хвосты первого типа* по классификации проф. С. В. Орлова. Они состоят из ионизированных азота ( $N_2^+$ ) и окиси углерода ( $CO^+$ ). Хвост первого типа имела, например, комета Галлея (рис. 35).

2. Прямые хвосты, отклоняющиеся от радиуса-вектора кометы в сторону, обратную движению кометы, а также сильно изогнутые хвосты относятся ко *второму типу* классификации С. В. Орлова. Они состоят из мельчайших пылинок (пылевые хвосты) размерами около  $10^{-5}$  см. Хвост второго типа имела яркая комета Донати (рис. 36).

В образовании кометных хвостов главную роль играет отталкивающее действие солнечных лучей, — *световое давление*, открытое в 1901 г. знаменитым русским физиком П. Н. Лебедевым (1866—1912). Действие этой силы отталкивания особенно заметно проявляется на мельчайших пылевых частицах и на газах, выделяемых кометой при приближении к Солнцу. Иногда в ядре кометы происходит нечто вроде взрывов, тогда из головы вылетает облачко, которое быстро

движется вдоль хвоста кометы. Наблюдение за облачными образованиями в хвостах комет и определение скорости их движения очень существенны для изучения природы комет.

Исследования спектров комет и анализ всех данных наблюдений о формах голов и хвостов комет приводят к следующему заключению о составе различных частей кометы: ядро, помимо каменных и железистых веществ, содержит «льды» различных газов; голова: циан ( $CN$ ), углерод ( $C_2$ ),  $OH$ ,  $CH$ ,  $CH_2$ ,  $NH_2$  и  $NH$  в газообразном состоянии; хвосты — газовые ( $CO^+$  и  $N_2^+$ ) и пылевые, состоящие из частичек поперечником около 100  $\mu$ .

Ежегодно наблюдают несколько комет, но редко комета достигает такой яркости, чтобы её можно было видеть простым глазом, а комета с большим хвостом — весьма редкое явление. Известно 40 комет с периодами обращения вокруг Солнца от 3 до 76 лет, которые наблюдались более одного раза вблизи Солнца (см. табл. XVIII А). Около 40 комет описывают свои эллиптические орбиты с периодами до 200 лет и наблюдались вблизи Солнца лишь однажды (см. табл. XVIII Б). Орбиты комет обладают, как правило, большими эксцентриситетами, всевозможными, в том числе и большими, наклонами к плоскости эклиптики. Как исключение, встречаются кометы с планетными орбитами, т. е. близкими к круговым и мало наклонёнными к плоскости эклиптики (кометы Швассмана-Вахмана I, Отерма III и др.). Движения комет совершаются как в прямом направлении (т. е. совпадающем с общим направлением движения планет), так и в обратном. Имеется ряд короткопериодических комет, обнаруживающих определённую связь с Юпитером («семейство Юпитера»). Эта связь проявляется в том, что афелии всех комет этого семейства близки к орбите Юпитера. Известно также аналогичное «семейство Сатурна».

Некоторые яркие кометы достигали грандиозных размеров: так, например, голова кометы 1811 I была больше Солнца, а у кометы 1882 II хвост простирался на 900 млн. км. Однако, несмотря на громадные размеры комет, масса их ничтожна: у самых «массивных» она не превышает  $10^{-10}$  массы Земли, причём подавляющая часть этой массы заключена в крошечном ядре, имеющем диаметр в не-

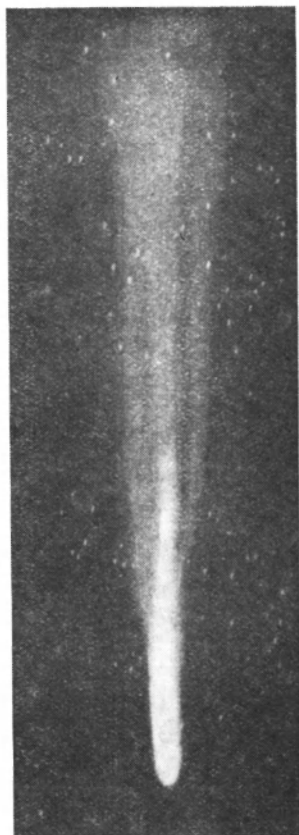


Рис. 35. Комета Галлея.



сколько десятков километров \*). Повторное образование хвоста при периодических возвращениях к Солнцу понемногу истощает комету. У ряда комет замечено постепенное ослабление их блеска (кометы Энке, Галлея и др.). Кометы Холмса и Швассмана-Вахмана I, имеющие



Рис. 36. Комета Донаги.

круговые орбиты, обнаруживали резкие и значительные вспышки — временные увеличения блеска.

Теория кометных форм создана в основном русскими учёными — Ф. А. Бредихиным (1831—1904) и С. В. Орловым, который в 1943 г. был удостоен Сталинской премии за свои исследования в области кометной астрономии.

---

\*) Представление о средней плотности вещества такой кометы могла бы дать масса  $\frac{1}{1\,000\,000}$  части пшеничного зерна, растёртая в порошок и развеянная в объёме зрительного зала Большого театра в Москве.

Из наиболее замечательных комет прошлого отметим следующие:

1. Комета 1811 I — самая большая из всех известных комет: её поперечник был больше поперечника Солнца.

2. Комета 1882 II имела хвост длиной не меньше 900 000 000 км, т. е. 6 астрономических единиц; кроме того, она прошла от поверхности Солнца на расстоянии всего 450 000 км, т. е. пронеслась (со скоростью 480 км/сек) сквозь внешние части солнечной короны. Эта комета одновременно была самой яркой: её видели днём рядом с Солнцем. В наибольшем блеске она имела звёздную величину, равную — 16<sup>м</sup>,9. Напомним, что Луна в полнолуние имеет звёздную величину всего — 12<sup>м</sup>,6.

3. Комета Энке — периодическая комета, у которой обнаружено уменьшение периода обращения вокруг Солнца. Это уменьшение периода, возможно, объясняется действием сопротивляющейся среды, например вещества зодиакального света.

4. Комета Белого (1846 II) — периодическая комета, разделившаяся на две части на глазах у наблюдателей в 1845 г. и давшая начало метеорному потоку.

5. Комета Холмса (1892 III) замечательна своими внезапными вспышками яркости.

6. Комета Галлея — самая известная из периодических комет. Её возвращения к Солнцу можно проследить по летописям многих народов с 466 г. до н. э. Последнее её возвращение было в 1910 г. Следующее произойдёт около 1986 г.

7. Комета 1901 I — очень яркая комета, имевшая четыре хвоста, раскинутых веером; ядро её было совершенно лишено туманной оболочки.

Давно уже обнаружена связь некоторых метеорных потоков с кометами, двигавшимися ранее по тем же орбитам (см. ниже).

## 7. Метеоры. Зодиакальный свет

*Метеоры*, или падающие звёзды, — это световые явления в земной атмосфере, вспышки, порождённые небольшими частицами вещества (так называемыми *метеорными телами*), которые влетают в нашу атмосферу с огромными скоростями в десятки километров в секунду (от 13 до 70 км/сек относительно Земли). Нагреваясь от трения о воздух, такие частицы раскаляются и распыляются в нём, не достигнув земли.

В основном свечение происходит на высоте от 130 до 50 км, причём движение метеорного тела в земной атмосфере сопровождается ионизацией воздуха и его свечением. Всё явление длится от долей секунды до 3—4 секунд.

Исходя из данных наблюдений, можно считать, что Земля в целом встречает в сутки около 75 миллионов метеорных тел, порождающих метеоры, которые в ночное время доступны наблюдению невооружённым глазом. Общее же число метеоров, включая и самые слабые, должно исчисляться сотнями миллиардов.

Естественно, что в каждой точке земной поверхности, наблюдая даже всю видимую полусферу неба, мы можем держать под контролем лишь весьма малую часть земной атмосферы, как показывает рис. 37. В предутренние часы число метеоров относительно больше, чем в вечерние и ночные.

В тех весьма редких случаях, когда метеорная частица достаточно велика, она порождает в атмосфере явление, несравненно более грандиозное, чем метеор — *болид*. Болид наблюдается как большой ярко светящийся шар с длинным следом, днём — тёмным, ночью же — тоже светящимся (рис. 38). Появление болида часто сопровождается шумом, свистом и грохотом, которые слышны через несколько секунд после разрыва шара на мелкие куски (этим обычно завершается явление). В том

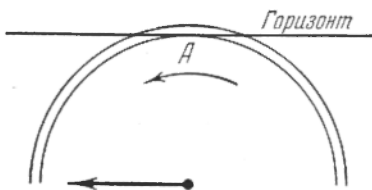


Рис. 37. Обзорная часть атмосферы. Находясь в точке А, мы видим полусферу, но, малую долю земной атмосферы и, следовательно, малую долю метеоров, падающих на Землю.

случае, когда масса метеорного тела не успевает вся рассеяться в воздухе\*), на поверхность земли падает *метеорит*. Самый большой из известных метеоритов (Гоба, Африка) имеет вес 60 т; самый маленький (из Сихотэ-Алинского падения) — всего 0,16 г\*\*).

Химический и спектральный анализы метеоритов обнаружили в них почти все известные химические элементы.

По своему составу метеориты бывают железные и каменные. Железные метеориты (например, Сихотэ-Алинского падения) состоят на 90% из железа, на 7% из никеля, 3% составляют кобальт, сера, фосфор и т. д. Впервые в железных метеоритах Сихотэ-Алинского падения были найдены золото и платина. Каменные метеориты состоят из серы, фосфора, натрия, кальция, кремния, магния и некоторых других элементов.

Падения метеоритов происходили и в доисторические времена, свидетельством чего служат семь известных ископаемых метеоритов. Один из них, заключённый в плитке розового мрамора юрского периода, был прислан в подарок И. В. Сталину ко дню его семидесятилетия чехословацким астрономическим обществом.

Когда путь Земли в пространстве пересекается с путём роя метеорных частиц (*метеорного роя*), мы наблюдаем *метеорный поток*. Оказывается, что частицы, составляющие метеорные рои, движутся в пространстве по эллиптическим орбитам вокруг Солнца. Также по эллиптическим орбитам (притом в прямом направлении) двигались все метеориты, выпавшие на Землю, болиды и отдельные метеорные тела, движение которых было изучено. За последние десятилетия

\*) Это бывает тогда, когда масса метеорного тела достаточно велика, а относительная скорость встречи с Землёй мала.

\*\*) Как показал акад. В. Г. Фесенков, сам Сихотэ-Алинский метеорит до своего падения был небольшим астероидом. Масса его оценивается в 1500 т.

установлена связь метеорных потоков с кометами, которые, распадаясь и рассеиваясь в пространстве, дают начало метеорным роям.

Некоторые метеорные потоки (например, Персеиды) наблюдаются уже в течение десятков лет в одно и то же время года (см. табл. XIX А).



Рис. 38. Бolid.

В эпохи активности метеорного потока метеоры кажутся как бы вылетающими из одной определённой области неба, из определённого созвездия, которое и даёт название потоку. Если продолжить назад пути метеоров, нанесённые на звёздную карту, то все они пересекутся в одной точке \*), называемой *радиантом* (рис. 39). Видимые

\*) Точнее, в пределах небольшой площадки на небе,

пути метеоров расходятся вследствие законов перспективы. В действительности в пространстве метеорные частицы двигались параллельно друг другу (рис. 40). Если они более или менее равномерно распределены вдоль своей орбиты, то интенсивность потока будет примерно одной и той же каждый год. Если же метеорные частицы

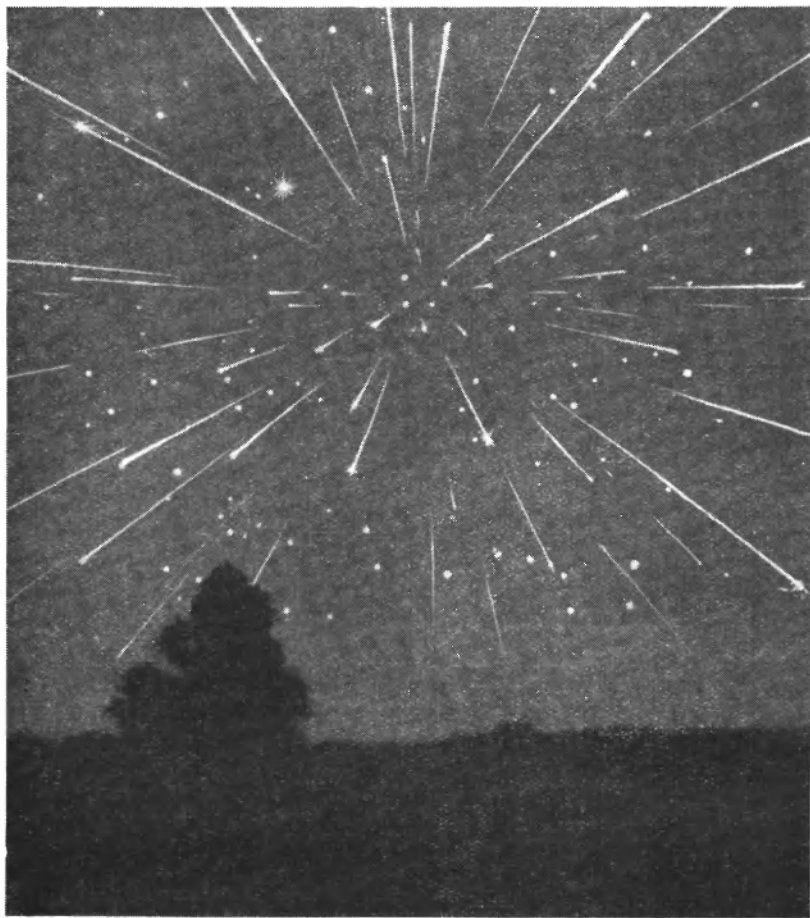


Рис. 39. Метеорный дождь.

образуют компактный рой, сгущение на каком-либо участке орбиты, то в некоторые годы потоки будут особенно интенсивны, являя замечательное зрелище «звёздных дождей» (таковы, например, «дожди» Драконид в 1933 и 1946 гг.). Это произойдет тогда, когда метеорный рой и Земля одновременно подойдут к точке пересечения их орбит.

Большие планеты, в первую очередь Юпитер, оказывают возмущающее действие на метеорные частицы, изменяя их орбиты. Такое

действие может привести к тому, что Земля перестанет встречать какой-либо из известных ранее метеорных роёв или же, наоборот, встретится с ранее не наблюдавшимся потоком.

В последние годы разработаны новые, радиолокационные методы наблюдения метеоров и метеорных потоков (метод радио-эхо). Эти наблюдения можно производить в любую погоду и ночью и днём. В итоге открыто несколько новых потоков, действующих днём; среди них очень интенсивный поток с радиантом в созвездии Рыб, действующий в мае в дневные часы.

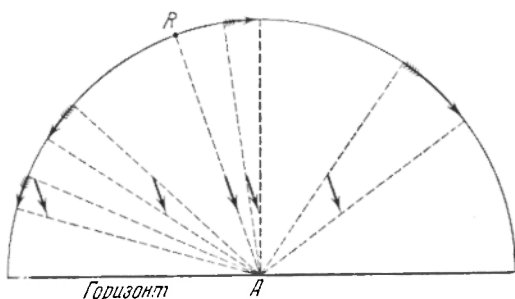


Рис. 40. Объяснение видимого расхождения путей метеоров, которые влетают в атмосферу Земли параллельными путями. *R* — точка радианта (или радиант).

Помимо метеоров, принадлежащих к какому-нибудь потоку, встречаются одиночные, так называемые *спорадические* метеоры.

**Зодиакальный свет.** В южных широтах и в редких случаях в средних широтах (в феврале — марте вечером на западе после заката Солнца и в сентябре — октябре утром на востоке перед его восходом) можно видеть слабо светящийся, наклонно стоящий клин, ось которого располагается вдоль эклиптики (рис. 41). Клин этот тянется на расстояние до  $60\text{--}80^\circ$  по обе стороны от Солнца и у горизонта имеет  $20\text{--}30^\circ$  ширины. Иногда можно видеть, как восточная и западная части зодиакального света, продолжаясь ещё дальше, как бы смыкаются, образуя в точке неба, противоположной Солнцу, светлое пятно овальной формы длиной около  $10^\circ$  — так называемое *противосияние*. Оно также несколько вытянуто вдоль эклиптики. Наибольшую высоту над горизонтом противосияние имеет зимой около полуночи.

В последние годы было доказано (работами советских учёных И. С. Астаповича и акад. В. Г. Фесенкова), что давлением солнечных лучей газовые частицы самых высоких слоёв атмосферы отгоняются (как частицы, составляющие кометные хвосты) в сторону, противоположную Солнцу, и образуют собой «газовый хвост Земли». Он направлен всегда от Солнца и проектируется на звёздный фон ночного неба в виде противосияния.

Зодиакальный свет иногда превосходит по яркости облака Млечного Пути; он не имеет резких очертаний и постепенно сливается

с фоном неба. В сущности зодиакальный свет распространяется на весь небосвод. В безлунную тёмную ночь, даже вдали от самого клина зодиакального света, 60% общей светимости фона ночного неба надо отнести за счёт слабого свечения зодиакального света.

Спектральное исследование показывает, что явление зодиакального света состоит в рассеянии солнечного света многочисленными частицами метеорной пыли, причём ближе к Солнцу расположены более мелкие частицы, но, вероятно, поперечником не меньше 0,01 мм.



Рис. 41. Зодиакальный свет.

Согласно мнению акад. В. Г. Фесенкова, который разработал теорию зодиакального света, частицы пылевой материи постепенно выпадают на Солнце и, следовательно, должны пополняться извне. Таким источником метеорного вещества В. Г. Фесенков считает малые планеты, которые могут сталкиваться и дробиться, образуя мелкие обломки и пыль.

Можно думать, что в это облако пыли погружены и Солнце и близкие к нему планеты, включая Землю, и, быть может, Марс. Наблюдения зодиакального света, а также противосияния возможны в тёмные, безлунные ночи при достаточно прозрачной атмосфере.

## 8. Происхождение планет

Происхождение Земли и планет интересовало людей задолго до того, как оказалось возможным, используя познанные законы природы и данные наблюдений, приступить к научной разработке космогонических вопросов. Гипотезы, выдвинутые в XVIII и XIX вв. для объяснения происхождения планет, были в значительной части умозрительными и механистическими; они не учитывали физической стороны явлений.

Основные факты, которые должна объяснить космогоническая теория, следующие: 1) планеты движутся в плоскостях, близких к плоскости эклиптики, а также к плоскости солнечного экватора; 2) все планеты и спутники движутся в одном (прямом) направлении, за исключением нескольких далёких спутников больших планет; 3) в эту же сторону вращаются вокруг своих осей планеты; 4) расстояния от Солнца увеличиваются закономерно при переходе от одной планеты к другой (эмпирически этот закон был найден в конце XVIII в. Тициусом и Боде); 5) планеты делятся на две группы: группу планет земного типа и группу больших планет; 6) каждая группа имеет свои характерные черты и, что очень важно, — резко различный химический состав. К этим основным фактам можно прибавить другие, которые также нельзя объяснить случайными причинами; их нужно объяснить в рамках единой теории происхождения и развития всей планетной системы в целом.

Классические космогонические гипотезы происхождения планет из сжимающейся газовой туманности, отделяющей от себя кольца (Лаплас), или из облака метеоритных пылевых частиц (Кант), хотя и были для своего времени прогрессивными, так как содержали идею развития, всё же оказались несостоятельными. Выяснилось, что процесс конденсации вещества такой туманности в планеты физически невозможен. Кроме того, ныне существующее распределение общего момента количества движения\*) между Солнцем (3,4% общего момента количества движения) и планетами (96,6%) нельзя было объяснить этими гипотезами.

Сменившие их многочисленные гипотезы и в том числе известная гипотеза Джинса (встреча с Солнцем звезды, породившей на его поверхности громадную приливную волну, которая оторвалась вслед за звездой и разбилась затем на отдельные сгустки-планеты), не могли справиться с объяснением распределения момента количества движения и некоторых других черт солнечной системы. Трудami советских учёных было завершено разоблачение идеалистической гипотезы Джинса, считавшего образование планетной системы явлением единственным в своём роде. В буржуазной науке создалось мнение о невозможности объяснить происхождение планет без «божественного вмешательства».

В Советском Союзе разработкой вопросов космогонии и критикой идеалистических гипотез буржуазных учёных много занимались акад. В. Г. Фесенков, Н. Ф. Рейн, Н. Н. Парийский, в последние годы акад. О. Ю. Шмидт, В. А. Крат, А. И. Лебединский, Л. Э. Гуревич, А. Г. Масевич и др.

В 1943 г. О. Ю. Шмидт начал разработку новой космогонической гипотезы. Согласно этой гипотезе в газово-пылевом облаке, окружавшем Солнце, в результате соударений частиц происходило постепенное слипание их в ядра будущих планет; при этом часть энергии

---

\*) Моментом количества движения называется произведение  $mKV$ , где  $m$  — масса планеты,  $K$  — её расстояние от Солнца, а  $V$  — скорость движения.



движения превращалась в тепло и рассеивалась в пространстве. По мере накопления вещества на поверхности таких ядер их орбиты вокруг Солнца из эллиптических постепенно превращались в круговые, а сами ядра располагались на определённых расстояниях от Солнца. Часть вещества первоначального облака упала на Солнце, часть была отогнана световым давлением.

Земля и планеты согласно этой теории образовались как первоначально холодные тела и никогда не находились в раскалённо-жидком состоянии. В дальнейшем вследствие выделения тепла за счёт энергии распада радиоактивных элементов недр Земли постепенно разогревались, чем и объясняются вулканизм, образование газовой атмосферы, гидросферы и т. п.

Как отмечалось в резолюции Совещания по вопросам космогонии, созванного в апреле 1951 г. Академией наук СССР (см. Библиографию, стр. 292): «Теория О. Ю. Шмидта объясняет почти круговые движения планет, компланарность \*) орбит, вращение планет, прямые и обратные движения спутников, разделение планет на две группы. Найдены пути к объяснению закона планетных расстояний». Теория О. Ю. Шмидта имеет большое значение не только для астрономии, но и для изучения геологической истории Земли и её теперешнего состояния.

Вопрос о происхождении газово-пылевого облака вокруг Солнца вызвал на Совещании горячие споры и до настоящего времени не решён окончательно. Наиболее вероятно, что оно возникло одновременно с Солнцем при его образовании.

Совещание наметило ряд проблем, разработка которых необходима для того, чтобы объяснить все данные, касающиеся солнечной системы. Совещание выразило уверенность в том, что в нашей стране, где партия и правительство создали все предпосылки для успешного развития прогрессивной науки, эта труднейшая проблема естествознания будет разрешена.

В настоящее время ряд советских учёных успешно работает над вопросами космогонии, выдвигая новые пути решения этой научной проблемы, в частности связывая происхождение планетных систем около звёзд с происхождением и развитием самих звёзд (см. стр. 143).

## 9. Звёзды

Звёзды, подобно Солнцу, — гигантские раскалённые самосветящиеся газовые шары. Они находятся от нас на громадных расстояниях, по сравнению с которыми масштабы солнечной системы представляются ничтожно малыми. Свет, который от Солнца доходит до нас в 8 минут, а до самой удалённой планеты — Плутона — в 5 часов, до ближайшей звезды идёт 4,2 года. Путь, проходимый светом в один год, часто употребляется как единица расстояний под названием *световой год*. Он равен  $9,5 \cdot 10^{12}$  км.

---

\*) То-есть совпадение плоскостей.

**Созвездия.** Для удобства ориентировки на звёздном небе ещё астрономы древности разделили его на отдельные участки — *созвездия*, каждое из которых можно узнать по характерному расположению его ярких звёзд. Так, например, всем с детства знаком ковш созвездия Большой Медведицы — семь ярких звёзд, образующих профиль ковша или кастрюли с ручкой. Однако надо иметь в виду, что к созвездию относятся все звёзды, которые попадают в его границы, в том числе и невидимые невооружённым глазом. В настоящее время извилистые и причудливые границы созвездий, намеченные древними астрономами, заменены новыми, идущими только вдоль небесных меридианов и параллелей, хотя при их проведении в общем придерживались очертаний старых границ. В атласе, помещённом в Приложении 2, указаны новые границы созвездий. Эти границы относятся к координатной сетке эпохи 1875 г. и с течением времени вследствие прецессии постепенно смещаются и перестают совпадать с направлением небесных меридианов и параллелей.

Названия созвездий взяты из легенд и мифов древности, в особенности из греческой мифологии; 48 созвездий южного неба обозначены после 1600 г. Всё небо в настоящее время разделено на 88 созвездий. В табл. XXXIX даны латинские и русские названия созвездий и их сокращённые обозначения.

С начала XVII в. звёзды каждого созвездия стали обозначать буквами греческого алфавита приблизительно в порядке уменьшения их блеска. Для некоторых наиболее ярких звёзд сохранились названия (табл. XL), данные им преимущественно арабами в X—XII вв. Слабые звёзды обозначаются номерами звёздных каталогов, в которые они занесены\*), либо координатами. Пользуясь атласом, помещённым в приложении к этой книге, всякий может познакомиться со звёздным небом, изучить созвездия и расположение отдельных звёзд.

Мы не даём здесь подробных описаний созвездий и способов нахождения тех или иных звёзд на небе. Их можно найти в книге проф. В. П. Цесевича «Что и как наблюдать на небе» (Гостехиздат, 1950). Однако для облегчения ориентировки среди созвездий приводим рисунок 42, который показывает, как можно, соединяя линиями яркие звёзды хорошо известного созвездия Большой Медведицы, отыскать на небе окружающие созвездия.

Для ознакомления со звёздным небом очень полезен «Звёздный атлас» А. А. Михайлова (издание Московского общества любителей астрономии, 1920), который на четырёх картах содержит все звёзды до  $5\frac{1}{2}$  звёздной величины от северного полюса неба до  $40^\circ$  южного склонения, а также его же «Атлас северного звёздного неба» (1920 г.), дающий все звёзды до  $7\frac{1}{2}$  звёздной величины. Для работы с биноклем и астрономической трубой необходим «Звёздный атлас» А. А. Михайлова, изданный Гостехиздатом в 1952 г. Этот новый атлас на 20 картах большого формата содержит звёзды до 8,25 вели-

\*) Весьма употребительно обозначение звёзд их номерами в каталоге «Боннского обозрения неба» (BD, эпоха 1855 г.). Пример: BD + 4°4048 — звезда № 4048 в зоне от + 4°0' до + 5°0' каталога Боннского обозрения.

чины для всего неба, от полюса до полюса. В дополнении к атласу даны обширные списки переменных звёзд, двойных звёзд, звёздных скоплений и список туманностей до 9-й звёздной величины.

Астрономы располагают большим числом звёздных атласов, содержащих более слабые звёзды. Обычно звёздный атлас сопровождается

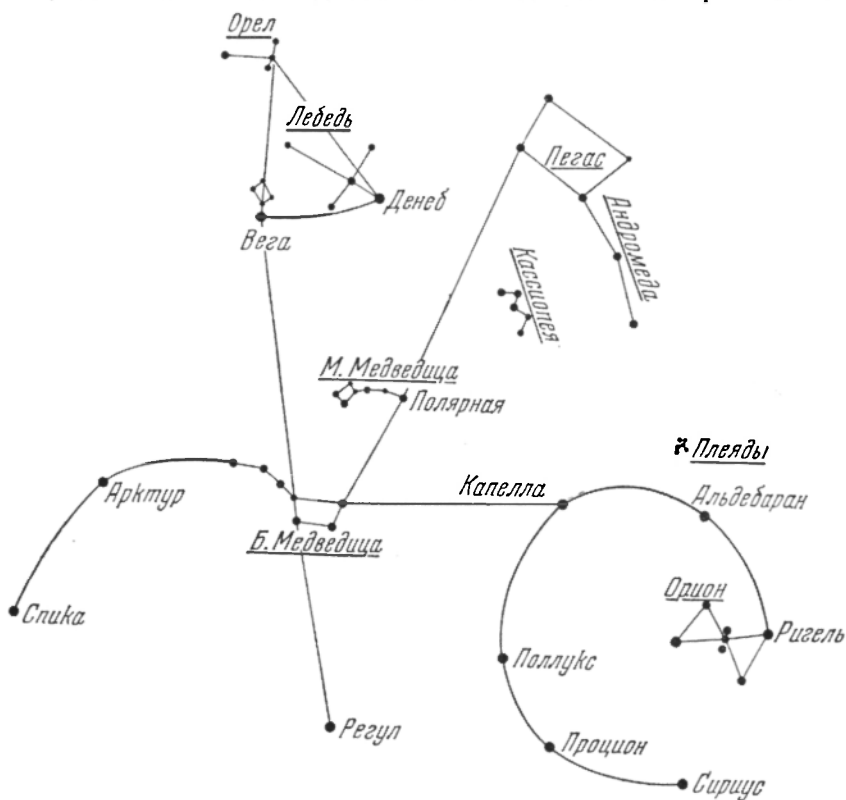


Рис. 42. Расположение основных созвездий северного неба по отношению к созвездию Большой Медведицы.

каталогом звёзд, в котором даны точные координаты всех звёзд атласа, их блеск, а также иногда другие характеристики каждой звезды.

**Блеск звёзд.** Звёзды различаются друг от друга по своему видимому блеску, который характеризуется видимой звёздной величиной  $m$ . С древних времён все звёзды, видимые невооружённым глазом в ясную безлунную ночь, были разбиты на шесть групп. Самые яркие звёзды относили к звёздам первой величины, самые слабые — к звёздам шестой величины\*). Блеск звезды каждой последующей величины

\*) Строго говоря, звёзды слабее четвёртой величины видны невооружённым глазом лишь при боковом зрении, так как центральная часть сетины глаза, на которую проектируется изображение звезды при разглядывании её «в упор», менее чувствительна, чем остальные части сетины.

примерно в  $2^{1/2}$  раза слабее блеска звезды данной величины. В 1850 г., по предложению Погсона, отношение блеска двух звезд при разности в 5 звёздных величин было принято равным 100; при этом условии логарифм отношения блеска при разности в 1 звёздную величину равен 0,4, а само отношение 2,512. Шкала звёздных величин была распространена и на звезды слабее шестой величины, видимые только в телескоп, а также на небесные светила более яркие, чем звезды первой величины (например, видимая звёздная величина Сириуса —  $1^m,6$ , Венеры в наибольшем блеске —  $4^m,4$ , Луны в полнолуние —  $12^m,6$ , Солнца —  $26^m,8$ ). Зависимость между блеском  $I_1$  и  $I_2$  двух сравниваемых звезд и их звёздными величинами  $m_1$  и  $m_2$  выражается следующей формулой:

$$\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{(m_2 - m_1)}, \quad (1)$$

или после логарифмирования

$$\lg \frac{I_1}{I_2} = 0,4 (m_2 - m_1). \quad (2)$$

Во второй половине XIX в. шкала звёздных величин была определена тем условием, что видимая звёздная величина  $\alpha$  Малой Медведицы была принята равной  $2^m,15$ . В настоящее время основой *интернациональной шкалы* является совокупность тщательно определённых звёздных величин большого числа околополярных звезд, представляющая фотометрический стандарт большой точности. Это — так называемый Северный Полярный Ряд (NPS) (см. табл. XLII).

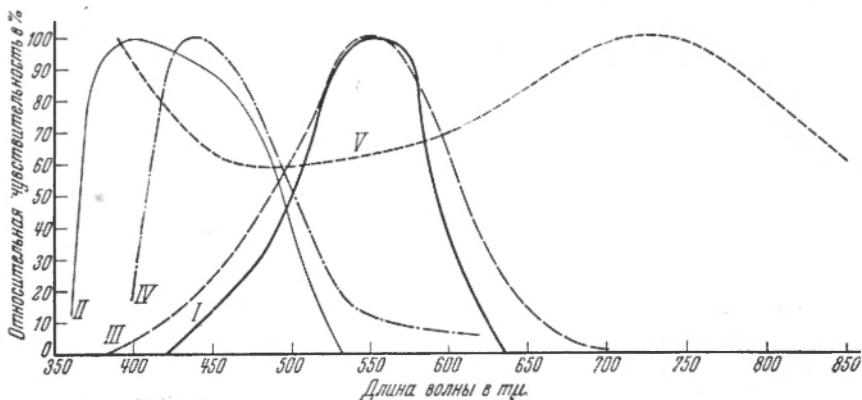


Рис. 43. Кривые спектральной чувствительности различных приёмников света.

Блеск звезд можно оценивать различными способами: *визуально*, т. е. глазом, *фотографически* (сравнивая фотографические изображения звезд разного блеска на негативе), с помощью *фотоэлектрического фотометра* (пользуясь тем, что фототок от фотоэлемента строго пропорционален интенсивности падающего

света) и т. д. Однако все эти приёмники радиации различаются своей чувствительностью к лучам разного цвета. Эта способность по-разному воспринимать различные лучи характеризуется кривой спектральной чувствительности. На рис. 43 представлены такие кривые для глаза (I), обычной (нормальной) фотопластинки (II), так называемой фотовизуальной пластинки (искусственно подогнанной к чувствительности глаза) (III), калиевого фотоэлемента (IV) и цезиевого фотоэлемента со сложной поверхностью (V). Как видно из рис. 43, максимум чувствительности глаза приходится на длину волны в 550 миллимикрон (м $\mu$ ), фотопластинки на 430 м $\mu$ , калиевого фотоэлемента на 440 м $\mu$ , цезиевого на 730 м $\mu$ . Отсюда происходит различие между визуальными, фотовизуальными, фотографическими и прочими видами звёздных величин.

Таблица 5

Округлённое число звёзд до данной звёздной величины

<i>m</i>	<i>N</i> виз.*)	<i>N</i> фотогр.
1,0	13	—
2,0	40	—
3,0	100	—
4,0	500	400
5,0	1 600	1 200
6,0	4 800	2 900
7,0	15 000	8 300
8,0	42 000	23 000
9,0	125 000	62 000
10,0	350 000	170 000
11,0	900 000	420 000
12,0	2 300 000	1 100 000
13,0	5 700 000	2 700 000
14,0	14 000 000	6 500 000
15,0	32 000 000	15 000 000
16,0	71 000 000	33 000 000
17,0	150 000 000	70 000 000
18,0	300 000 000	140 000 000
19,0	550 000 000	280 000 000
20,0	1 000 000 000	500 000 000
21,0	2 000 000 000	900 000 000

\*) Начиная с 5-й звёздной величины, числа звёзд даны для фотовизуальных звёздных величин.

метрические звёздные величины (см. стр. 109), играющие большую роль в современной астрономии.

Самыми слабыми звёздами, изображения которых запечатлеваются на фотографической пластинке лишь после многочасовых выдержек на самых больших телескопах, являются звёзды 21—22-й звёздной величины\*). Однако существуют миллиарды звёзд в нашей звёздной системе, которые пока ещё недоступны наблюдению современными телескопами. В табл. 14 на стр. 98 дан список 20 наиболее ярких звёзд всего неба.

\*) В самый большой в мире рефлектор видны звёзды до 17<sup>м</sup>,5.

Число звёзд возрастает по мере увеличения видимой звёздной величины. В табл. 5 дано число звёзд ярче данной видимой величины  $m$ .

Табл. 6 показывает важную особенность распределения звёзд разной звёздной величины по отношению к средней линии Млечного Пути — к галактическому экватору (см. стр. 171). Отношение числа звёзд вблизи галактического экватора к числу звёзд вблизи полюса Галактики называется галактической концентрацией. Табл. 6 показывает, что галактическая концентрация растёт для более слабых звёзд. Объяснение этого связано с пространственным распределением звёзд, с формой нашей Галактики (см. стр. 119).

Таблица 6

Среднее число звёзд на один квадратный градус

$m$ фотогр.	По всему небу	Вблизи галакт. экватора	Вблизи галакт. полюса	Галактическая концентрация
$m$				
5,0	0,025	0,045	0,013	3,4
7,0	0,20	0,36	0,10	3,5
9,0	1,5	2,8	0,72	3,9
11,0	11	21	4,3	4,8
13,0	66	150	21	6,8
15,0	360	910	87	10
17,0	1 700	4 800	290	17
19,0	6 700	21 000	770	27
21,0	22 000	74 000	1 700	44

**Цвета и температуры звёзд.** Даже невооружённому глазу заметны различия цветов ярких звёзд: красные Антарес, Арктур, Альдебаран явно отличаются от голубовато-белых Веги, Ригеля, Денеба. Звезда  $\mu$  Цефея получила название «гранатовой звезды» за свой интенсивно красный цвет.

Таблица 7

Шкала цветов звёзд

Цвет	Балл	Цвет	Балл
Бело-голубой (белый и голубой поровну) . . . . .	-2	Чистожёлтый . . . . .	4
Голубовато-белый (белый преобладает) . . . . .	-1	Тёмножёлтый . . . . .	5
Белый . . . . .	0	Красновато-жёлтый (жёлтый преобладает) . . . . .	6
Желтовато-белый (белый преобладает) . . . . .	1	Оранжевый (красный и жёлтый поровну) . . . . .	7
Беловато-жёлтый (белый и жёлтый поровну) . . . . .	2	Желтовато-красный (красный преобладает) . . . . .	8
Светложёлтый . . . . .	3	Красный . . . . .	9
		Тёмнокрасный . . . . .	10

Цвета звёзд различаются как цвета твёрдых тел, нагретых в различной степени, — от густокрасного цвета «красного каления» до белого и даже голубоватого цвета «белого каления».

Цвет звёзд обычно оценивается баллами по шкале, приведённой в табл. 7.

У ярких тесных двойных звёзд встречаются весьма любопытные сочетания цветов. Таковы, например,  $\beta$  Лебеда (одна из звёзд жёлтая, другая яркоголубая),  $\gamma$  Андромеды (оранжевая и голубая) и т. д. Это разнообразие цветов компонентов двойных звёзд часто является своеобразным оптическим обманом: чувствительный слой глаза (ретины), освещённый ярким светом главной, например, красной звезды, менее яркую звезду видит в так называемом дополнительном цвете (в данном случае в зелёно-голубом). Такими дополнительными цветами являются: для жёлтого синий, для оранжевого голубой, для красного зелёно-голубой и т. д.

Ниже даётся список некоторых ярких звёзд, цвет которых оценён в приведённой в табл. 7 шкале.

Таблица 8

Цвета некоторых ярких звёзд

Звезда	$m$	Цвет	Звезда	$m$	Цвет
$\alpha$ CMa	—1,6	0,7	$\alpha$ Boo	0,2	4,7
$\beta$ Ori	0,3	1,2	$\alpha$ UMa	2,0	5,0
$\alpha$ Lyr	0,1	1,3	$\delta$ UMa	3,2	5,1
$\alpha$ Leo	1,3	1,5	$\alpha$ Ari	2,2	5,4
$\epsilon$ UMa	1,7	1,9	$\gamma$ Cep	3,4	5,4
$\alpha$ Cyg	1,3	2,1	$\epsilon$ Gem	3,2	5,9
$\alpha$ Aql	0,9	2,4	$\alpha$ Tau	1,1	6,3
$\alpha$ CMi	0,5	2,7	$\alpha$ Ori	0,9	6,5
$\alpha$ Aur	0,2	3,3	$\alpha$ Sco	1,2	7,2
$\gamma$ Cyg	2,3	4,5	$\mu$ Cep	3,9	7,9

Точная оценка цвета звезды связана с определением так называемого *показателя цвета* ( $c$ ), который является разностью её фотографической и визуальной звёздных величин, т. е.

$$c = m_{\text{фот}} - m_{\text{виз}}. \quad (3)$$

Шкала показателей цвета выбрана так, что для определённого класса белых звёзд (см. ниже) показатель цвета равен нулю. Для красных звёзд характерен большой положительный показатель цвета. Соответственно цвету меняется также и температура поверхности звёзд. Самая холодная звезда, изученная до сих пор, —  $\chi$  Cyg, имеет температуру около  $1600^\circ$ . Самые горячие звёзды — ядра планетарных туманностей — имеют температуру  $50\,000$ — $100\,000^\circ$ . Их показатель цвета —  $0^m,60$ .

Таблица 9

Соотношение между цветом, показателем цвета, температурой и спектральным классом звезды

Цвет	Показатель цвета	Температура	Спектр
Голубой	$-0,50$	21 500°	B0
Белый	$-0,36$ $-0,16$ $0,00$	16 300 11 000 8 500	B5 A0 A5
Желтоватый	$+0,13$ $+0,25$	7 500 6 500	F0 F5

## Карлики

## Гиганты

Жёлтый	$+0,42$ $+0,64$	6 000° 5 400	dG0 dG5	$+0,57$ $+0,82$	5 200° 4 600	gG0 gG5
Оранжевый	$+0,90$ $+1,15$	4 800 3 900	dK0 dK5	$+1,06$ $+1,38$	4 200 3 600	gK0 gK5
Красный	$+1,40$ $+1,80$	3 600 3 000	dM0 dM5	$+1,60$ $+2,20$	3 400 2 800	gM0 gM5

Связь температуры  $T$  и показателя цвета  $c$  звезды можно выразить следующей формулой:

$$T = \frac{7\,200}{c + 0,64} \quad (4)$$

У звёзд, как и у Солнца, можно различать фотосферу и атмосферу, которую условно делят на ряд слоёв: обращаящий слой, хромосфера и внешние слои атмосферы (у Солнца это — солнечная корона). Определение температуры поверхности представляет собой сложную проблему, так как в сущности нет никакого определённого слоя, который можно было бы считать поверхностью звезды. Часто говорят об *эффективной температуре*  $T_{\text{эф}}$ , т. е. такой температуре, какую имело бы абсолютно чёрное тело \*) тех же размеров, излучающее ту же общую энергию, что и звезда.

\*) Абсолютно чёрное тело есть некое идеальное тело, которое как источник излучения характеризуется максимальным теоретически возможным при данной температуре излучением; с другой стороны, как поглотитель энергии оно характеризуется способностью полного поглощения всех без исключения падающих на него лучей. Для абсолютно чёрного тела справедлив закон Стефана-Больцмана (см. стр. 210).



Распределение энергии вдоль спектра звезды характеризует её температуру и может служить для её определения (см. стр. 209); это — так называемая *цветовая температура*. Одновременно с изменением распределения энергии при переходе от одной температуры к другой смещается и максимум кривой распределения энергии (закон смещения Вина):

$$T = \frac{2897}{\lambda_{\max}}, \quad (5)$$

где длина волны, на которую приходится максимум энергии  $\lambda_{\max}$

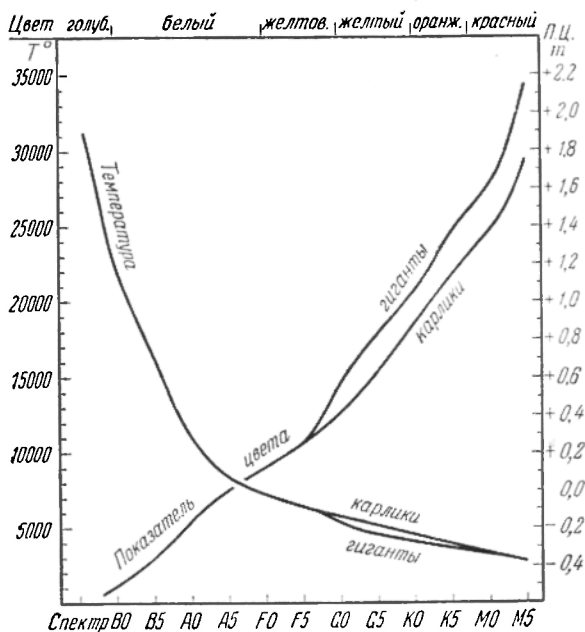


Рис. 44. Соотношение между цветом, показателями цвета и температурами звезд.

выражена в миллимикронах ( $\mu$ ), а  $T$  — в тысячах градусов абсолютной шкалы температур.

Более точное определение температуры звезды связано с более детальным изучением её спектра.

**Спектры звёзд.** Большинство звёзд подобно Солнцу обладают спектрами поглощения, т. е. спектрами с тёмными линиями. Выработанная на Гарвардской обсерватории классификация спектров звёзд делит их на спектральные классы, основные характеристики которых помещены в табл. 10 (см. также рис. 45).

Кроме этих основных спектральных классов имеются классы N, R и S, которые представляют собой ответвления от основной

## Классификация звёздных спектров

Класс	Характеристика спектра	Температура	Типичные звёзды
О	Линии водорода, гелия, ионизованного гелия, многократно ионизованных кремния, углерода, азота, кислорода. Звёзды с линиями излучения в спектре носят название звёзд Вольф-Райе (их температура доходит до 100 000°).	25 000 — 30 000°	ζ Кормы λ Ориона ξ Персея λ Цефея
В	Линии гелия, водорода (усиливаются к классу А). Слабые линии Н и К ионизованного кальция	15 000 — 20 000°	ε Ориона α Девы (Спика) γ Персея γ Ориона
А	Линии водорода весьма интенсивны, линии Н и К ионизованного кальция усиливаются к классу F, появляются слабые линии металлов	10 000°	α Большого Пса (Сириус) α Лиры (Вега) γ Близнецов
F	Линии Н и К ионизованного кальция и линии металлов усиливаются к классу G. Линии водорода ослабевают. Появляется линия кальция λ 4227Å, усиливающаяся к классу G. Появляется и усиливается полоса G углерода	7 500°	ο Близнецов α Малого Пса (Процион) α Персея
G	Линии Н и К кальция интенсивны. Линия 4227Å и линия железа довольно интенсивны. Многочисленные линии металлов. Линии водорода слабеют к классу K. Интенсивна полоса G.	6 000°	α Возничего (Капелла) Солнце
K	Линии металлов, в частности Н, К и 4227Å, интенсивны, линии водорода мало заметны. Полоса G интенсивна. С подкласса K5 становятся видимыми полосы поглощения окиси титана TiO	4 500°	α Волопаса (Арктур) β Близнецов (Поллукс) α Тельца (Альдебаран)
M	Интенсивны полосы поглощения окиси титана и других молекулярных соединений. Заметны линии металлов, в частности, Н, К и 4227Å; полоса G слабеет. В спектрах долгопериодических переменных типа ο Кита имеются линии излучения водорода (обозн. Me)	2 000° — 3 500°	α Ориона (Бетельгейзе) α Скорпиона (Антарес) ο Кита

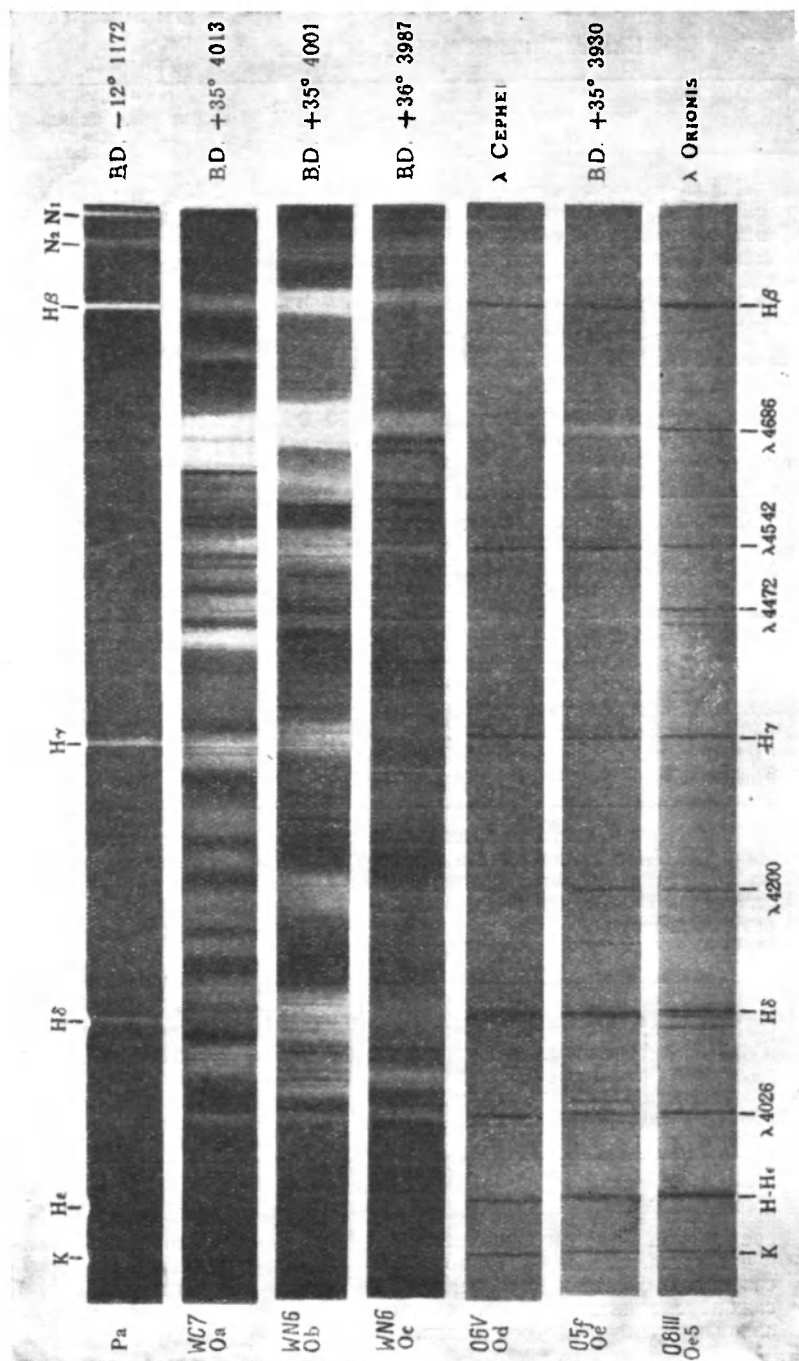


Рис. 45 А. Звёздные спектры.

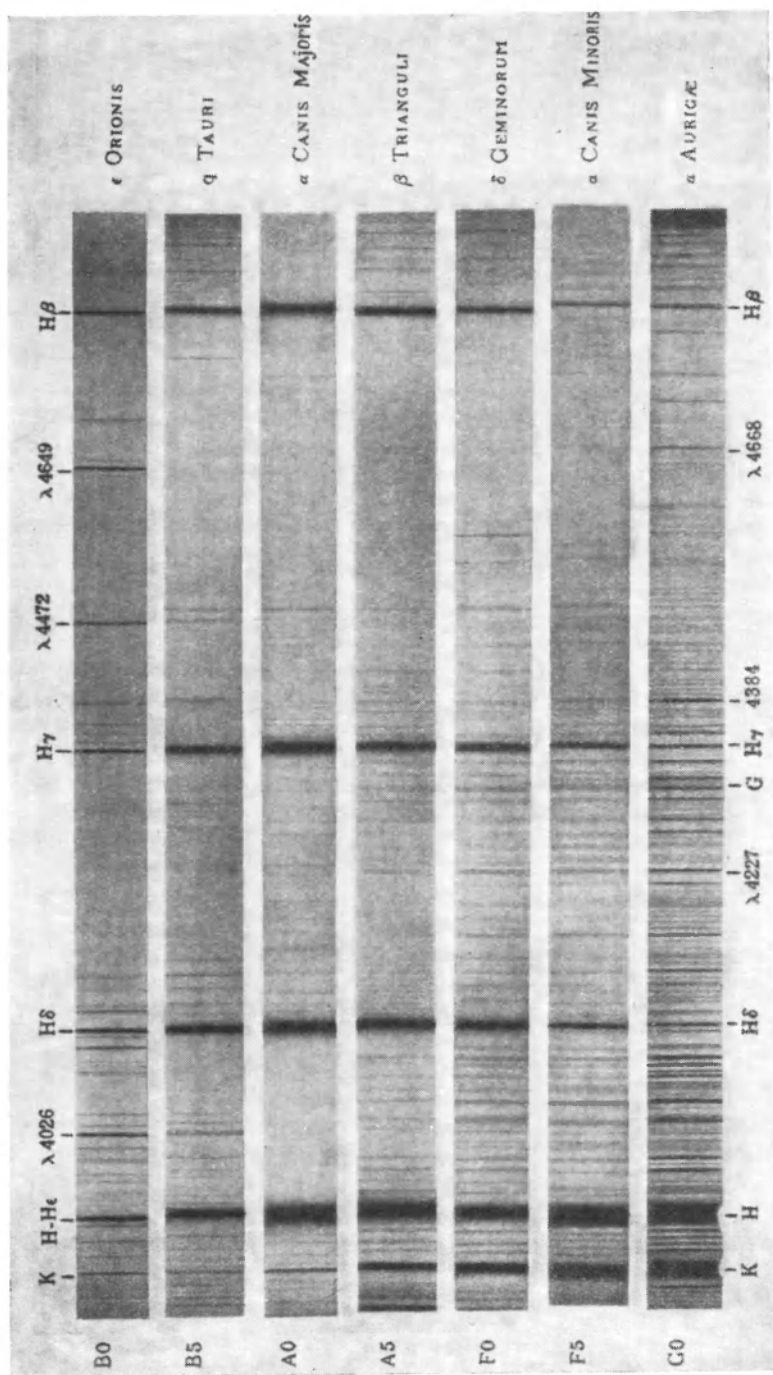


Рис. 45 Б. Звёздные спектры.

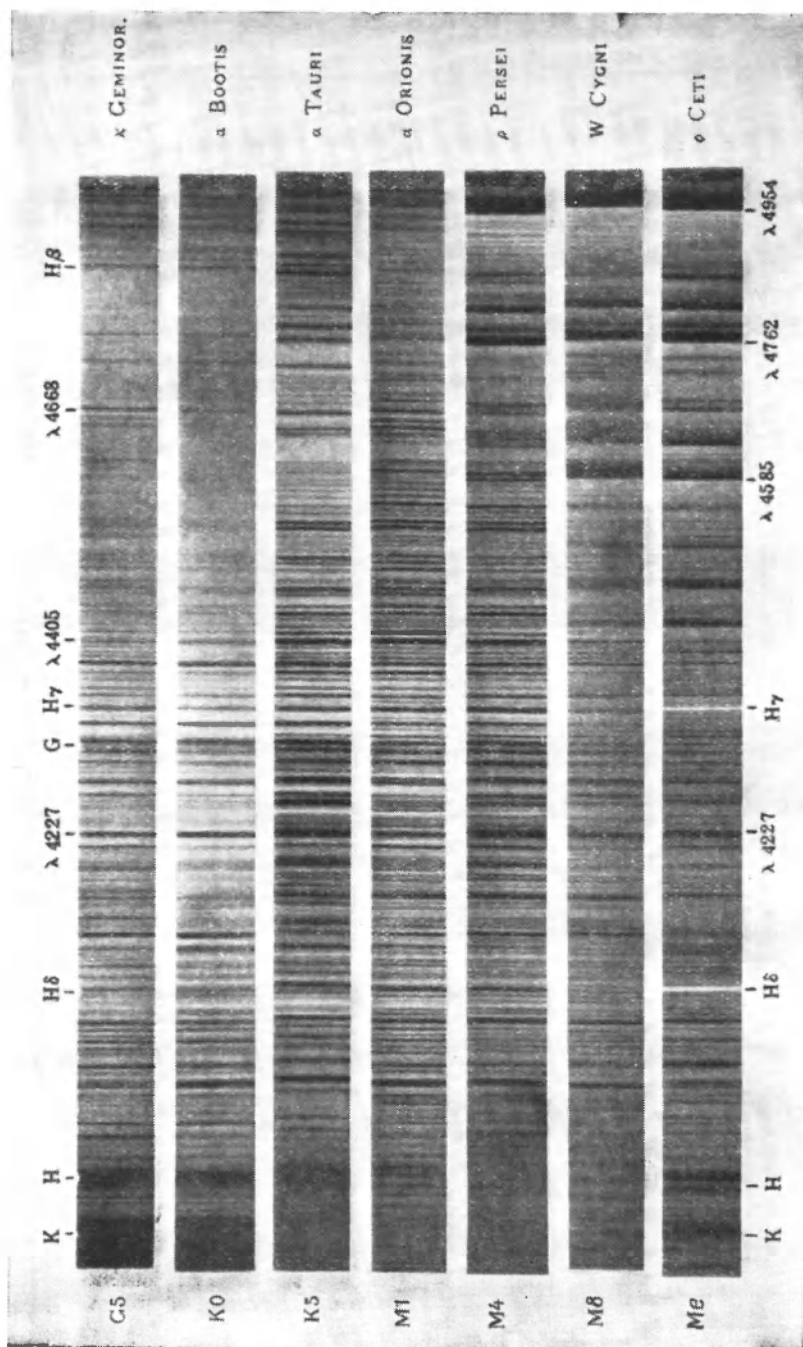


Рис. 45 В. Звёздные спектры.

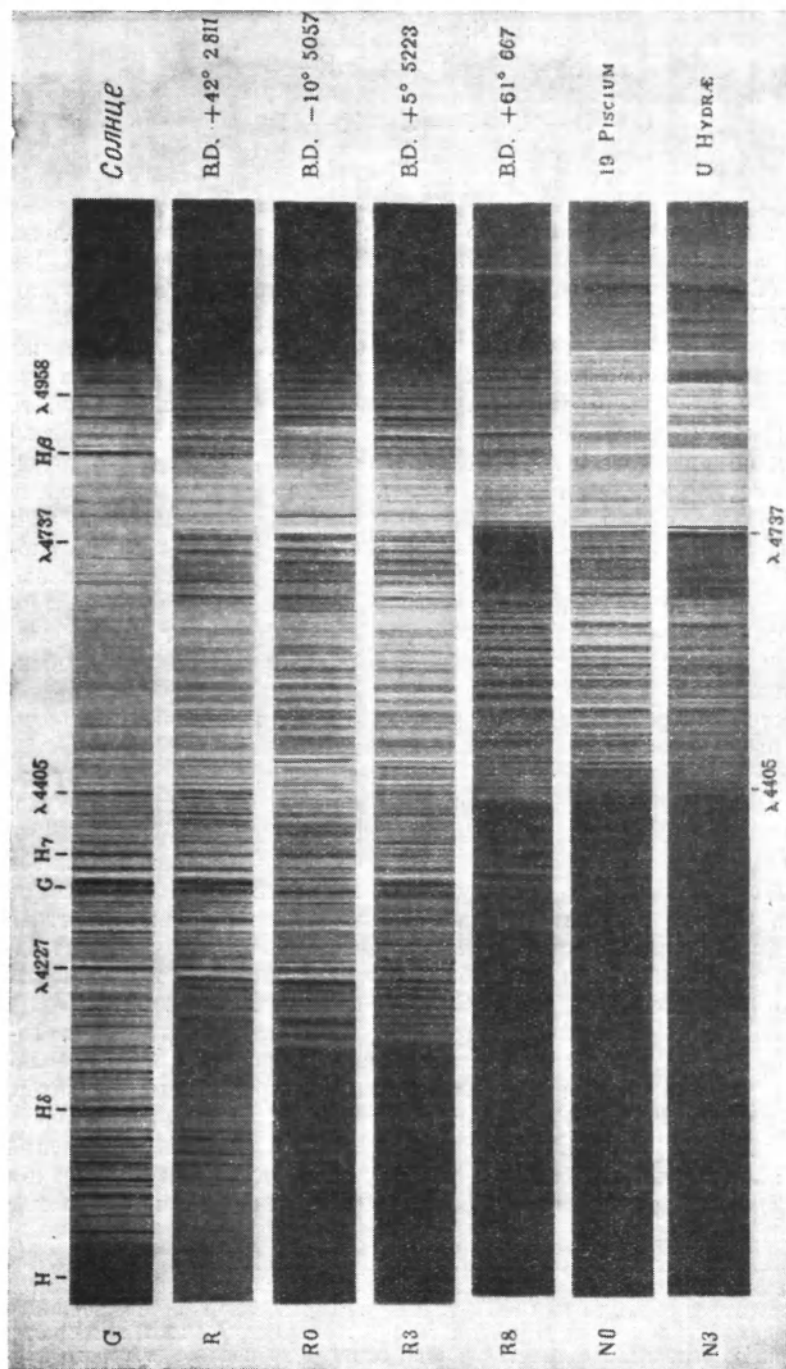
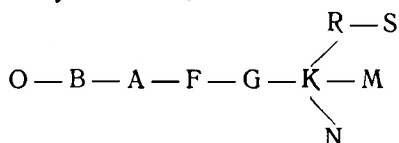


Рис. 45 Г. Звёздные спектры.

последовательности у класса К:



Они включают сравнительно небольшое число красных холодных звёзд, в спектрах которых видны полосы молекул углерода ( $\text{C}_2$ ) и циана (CN)—классы R и N, полосы окиси титана ( $\text{TiO}$ ) и циркония ( $\text{ZrO}$ )—класс S.

Так как основой гарвардской классификации является оценка интенсивности линий различных элементов в спектрах звёзд, а эта интенсивность плавно меняется от одного класса к соседнему, то классификация допускает введение промежуточных классов, обозначаемых номерами от 0 до 9, прибавляемых к буквам. Так появились классы B2, A4, F7, M3 и т. д. Когда в дальнейшем среди звёзд одного и того же спектрального класса обозначились группы карликов, гигантов и сверхгигантов (см. стр. 94), в спектрах которых были выявлены некоторые характерные особенности, ввели дополнительные буквенные обозначения, предшествующие спектральному классу: d — карлик, g — гигант и s — сверхгигант, либо следующие за ним: e — спектр имеет эмиссионные линии, p — особенный, необычный спектр \*).

Часто употребляемые выражения: *ранние* спектральные классы (O, B и A) и *поздние* спектральные классы (K, M, N, R и S) не имеют прямого отношения к возрасту звёзд, — они определяют лишь место в вышеприведённом ряду спектральных классов (т. е. определяют, что они стоят «раньше» или «позже»).

Наличие линий тех или иных химических элементов в спектре звезды свидетельствует о присутствии этих элементов в атмосфере звезды. Однако отсутствие линий нельзя понимать как отсутствие соответствующих веществ на звезде. Оказывается, что 95% звёзд, спектры которых были подробно изучены, имеют те же элементы и в той же пропорции, что и Солнце (см. табл. 3)\*\*).

Основную роль в появлении линий играет температура. Таким образом, детальная спектральная классификация и изучение линий могут служить для определения температуры звезды. Характер, а для некоторых линий и интенсивность их, зависит от плотности звёздной атмосферы. Хорошо известно из лабораторной физической практики, что линии в спектре электрической дуги при нормальном атмосферном давлении принадлежат нейтральным атомам, тогда как

\*) О новой системе обозначения спектров см. стр. 97.

\*\*) Вообще во вселенной наиболее распространённым элементом является водород (около 90%), за ним идёт гелий (в 10 раз меньше, чем водород), затем идут приблизительно в равных количествах углерод, азот, кислород и кремний. Из остальных элементов нет ни одного, количество которого превышало бы 0,1 какого-либо из упомянутых четырёх веществ.

линии ионизованных атомов можно получить в спектре электрической искры в разрядной трубке, т. е. при весьма низком давлении. Подобно этому и в спектрах различных звёзд находят искровые и дуговые линии. Первые соответствуют в большинстве случаев звёздам с протяжёнными атмосферами малой плотности, вторые — звёздам с довольно тонкими плотными атмосферами. Звёзды-сверхгиганты имеют протяжённые атмосферы; их спектры показывают тонкие и резкие линии. Звёзды-карлики имеют сравнительно тонкую атмосферу; линии в их спектре не отличаются той резкостью, которую показывают спектры сверхгигантов. Атмосфера нашего Солнца сравнительно тонка: наиболее плотная часть её — обращающийся слой — имеет толщину всего около 500 км. В очень редких случаях (у некоторых затменно-двойных звёзд с протяжённой атмосферой) возможно почти непосредственное измерение толщины атмосферы и исследование её состава и строения. Так, например, одна из двух звёзд, составляющих систему  $\zeta$  Aur — её К-компонент, — имеет атмосферу толщиной в 32 000 000 км. Атмосферы белых карликов имеют (по теоретическим расчётам) толщину всего несколько метров. В табл. 9 указаны температуры, соответствующие каждому спектральному классу гарвардской классификации. Что же касается недр звёзд, то их химический состав и физическое состояние недоступны непосредственному изучению и выводятся из общих теоретических соображений, относящихся к внутреннему строению звёзд. Теория внутреннего строения звёзд, включающая также вопрос об источниках звёздной энергии, опирается на выведенные из наблюдений статистические зависимости между звёздными характеристиками, в частности и в особенности — на зависимость «масса — светимость» (стр. 109).

**Расстояния и светимости звёзд.** Светимость характеризует общее количество энергии, излучаемой звездой. Видимый блеск звезды не является характеристикой её светимости, так как зависит от разделяющего нас расстояния. Только приведя этот видимый блеск к одному и тому же расстоянию, можно судить о действительном

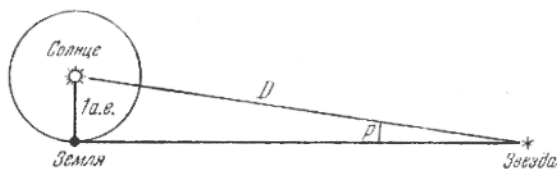


Рис. 46. Параллакс звезды.

соотношении светимости звёзд. Основным методом определения расстояния до звёзд, на котором построены все другие методы, является измерение тригонометрического параллакса звёзд. Параллаксом звезды называется угол, под которым со звезды можно было бы увидеть средний радиус земной орбиты (в предположении, что этот радиус перпендикулярен к лучу зрения; см. рис. 46). Для самой



близкой звезды этот угол меньше секунды дуги ( $0'', 765$ )\*). В среднем расстояния между звёздами в  $10^7$  раз больше их средних радиусов.

Параллакс  $p$  является весьма удобной мерой расстояния, так как связан с ним простым соотношением

$$D = \frac{1}{\sin p}, \quad (6)$$

где расстояние  $D$  выражается в астрономических единицах.

Так как параллаксы звёзд меньше одной секунды дуги ( $1''$ ), то можно заменить  $\sin p$  самой дугой, выраженной в отвлечённой мере — в радианах [радиан в градусной мере равен  $57^\circ, 3$ , или  $206\,265''$  (см. стр. 150)]. Таким образом,

$$D = \frac{206\,265''}{p''} \quad \text{а. е.} \quad (6')$$

Часто за единицу звёздных расстояний принимают *парсек* ( $пс$ ) — расстояние, соответствующее параллаксу, равному одной секунде. Тогда

$$D = \frac{1}{p''} \quad \text{парсеков.} \quad (6'')$$

Парсек равен  $206\,265$  астрономическим единицам, или  $3,083 \cdot 10^{13}$  км, или  $3,26$  светового года. Килопарсек ( $кпс$ ) равен  $1000$  парсеков, мегапарсек ( $мпс$ ) —  $1\,000\,000$  парсеков.

Практически определение тригонометрического параллакса производится по нескольким специальным фотографиям, получаемым через полгода одна после другой, в моменты, когда Земля находится в противоположных точках своей орбиты. Движение Земли по орбите вызывает параллактическое смещение звезды на фоне более слабых и, следовательно, как можно полагать, более далёких звёзд. Современные инструменты и методы дают возможность более или менее точно определять тригонометрические параллаксы, не меньшие чем  $0''.01$  (т. е. до расстояний в  $100$  парсеков). Таким методом определены параллаксы около  $5000$  звёзд. О других способах определения расстояний сказано ниже (см. спектральные параллаксы — стр. 94 и расстояния цефеид — стр. 113).

При определении действительной светимости звёзд за стандартное расстояние принято расстояние в  $10$  парсеков, или  $32,6$  светового года, соответствующее параллаксу в  $0''.1$ . Приведённая к этому расстоянию звёздная величина называется *абсолютной звёздной величиной*  $M$ . Имея в виду, что блеск любого источника света меняется обратно пропорционально квадрату расстояния, а расстояния до звёзд обратно пропорциональны соответствующим параллаксам, можно вывести формулы, связывающие видимую  $m$  и абсолютную  $M$  звёзд-

---

\*) Это соответствует толщине карандаша, рассматриваемого невооружённым глазом с расстояния в  $1,5$  км. Расстояние от этой самой близкой звезды свет проходит за 4 года 3 месяца и 20 дней.

ные величины с параллаксом  $\pi$ , либо с расстоянием  $r$  (выраженным в парсеках):

$$M = m + 5 + 5 \lg \pi^*), \quad (7)$$

или

$$M = m + 5 - 5 \lg r^{**}),$$

откуда

$$\lg \pi = \frac{1}{5} (M - m) - 1, \text{ или } \lg r = \frac{1}{5} (m - M) + 1. \quad (7')$$

Величина  $m - M$  называется *модулем расстояния*. В табл. XLIV дано соотношение модуля расстояния, параллакса  $\pi$  и расстояния  $r$  в парсеках.

Применяя формулу (7) к Солнцу ( $m = -26^m, 84$ ), получаем его абсолютную звёздную величину  $M = +5^m$  (точнее,  $+4^m, 73$ ).

Отношение светимостей  $L_1$  и  $L_2$  двух звёзд, имеющих абсолютные звёздные величины  $M_1$  и  $M_2$ , можно вычислить по формуле

$$\lg \frac{L_2}{L_1} = 0,4 (M_1 - M_2). \quad (8)$$

Светимость звезды по отношению к Солнцу вычисляется по формуле

$$\lg \frac{L}{L_{\odot}} = 0,4 (4,73 - M) = 1,892 - 0,4 M. \quad (9)$$

В табл. XLV приводятся значения  $\frac{L}{L_{\odot}}$ , определённые по  $M_{\text{виз}}$ .

Сравнивая между собой светимости, вычисленные по этой формуле для звёзд с измеренными параллаксами, мы встречаем звёзды-гиганты, в сотни тысяч раз более яркие, чем наше Солнце [например,  $\zeta_1$  Scorpii ( $M = -9^m, 4$ ), S Doradus ( $M = -8^m, 9$ )], и карлики, в сотни тысяч раз более слабые [например, Вольф 359 ( $M = +16^m, 5$ ) или слабый спутник звезды BD  $+4^{\circ}4048$  ( $M = +19^m, 2$ )].

\*) Точная форма зависимости будет:

$$M = m + 5 + 5 \lg \sin \pi + 5 \lg 206\,265 = m + 31,57 + 5 \lg \sin \pi.$$

\*\*) Межзвёздное поглощение света (см. стр. 119) уменьшает блеск звёзд, увеличивает их видимые звёздные величины. Точная формула этой зависимости, учитывающая поглощение света, имеет следующий вид:

$$M = m + 5 - 5 \lg r - A(r),$$

где  $A(r)$  — поглощение света, пропорциональное расстоянию  $r$ .

Иначе можно записать эту зависимость так:

$$M = m + 5 - 5 \lg r_1,$$

где  $\lg r_1 = \lg r + \frac{a_r}{5000}$ ,  $r_1$  — расстояние, искажённое поглощением,  $r$  — истинное расстояние,  $a$  — коэффициент поглощения, т. е. поглощение на единицу длины пути, проходящего светом, например на килопарсек. Среднее значение  $a$  равно  $0^m, 3$  на килопарсек. Однако в Млечном Пути имеется немало направлений, в которых  $a$  достигает  $3^m - 5^m$ .

Сопоставление абсолютных величин звёзд с их спектральными классами представлено на так называемой *диаграмме зависимости «спектр—светимость»* (диаграмма Гершпрунга-Ресселла) (рис. 47).

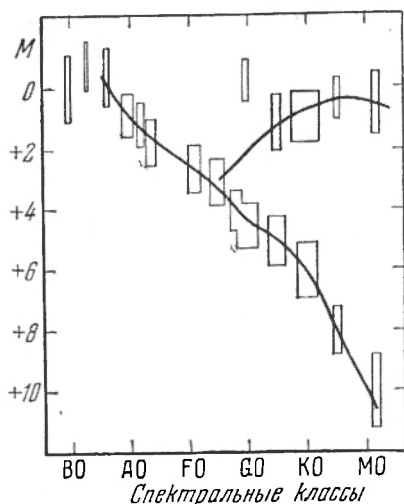


Рис. 47. Схематическое изображение диаграммы «спектр—светимость». Диаграмма составлена по звёздам, для которых определён тригонометрический параллакс. Высота прямоугольника показывает возможные пределы по шкале абсолютных визуальных звёздных величин, ширина пропорциональна числу звёзд.

На ней сразу же выявились две основные ветви: *главная последовательность* и *ветвь гигантов*. Особенно заметно это деление для спектральных классов К и М. Так как температура поверхности звёзд одних и тех же спектральных классов для обеих ветвей одинакова, то различие в их светимостях объясняется различием размеров этих звёзд.

В дальнейшем, по мере накопления данных наблюдений, можно было выявить на диаграмме «спектр—светимость» последовательности сверхгигантов (ярких и слабых), группу белых звёзд, получивших название белых карликов. Советским учёным П. П. Паренаго выявлена последовательность ярких субкарликов, а Б. А. Воронцов-Вельяминов обратил внимание на то, что горячие звёзды также образуют некоторую последовательность, названную им бело-голубой \*).

Все эти последовательности изображены на рис. 48, а средние абсолютные звёздные величины в зависимости от спектрального класса даны в табл. 11.

Диаграмма (рис. 47) даёт возможность найти абсолютную величину  $M$  по спектральному классу. Это особенно просто для спектральных классов О—F. Определение же абсолютной величины равносильно определению параллакса. Это — один из так называемых астрофизических методов определения расстояния. Параллакс звезды, определённый по её абсолютной звёздной величине, найденной по виду спектра, называется *спектральным параллаксом*. Практически дело сводится к определению относительной интенсивности ряда специально выбранных спектральных линий, которые чувствительны к светимости звезды, т. е. относительные интенсивности которых связаны с абсолютной величиной звезды.

\*) По последним исследованиям П. П. Паренаго главная последовательность диаграммы «спектр—светимость» делится на две части: от класса О до F — G и от классов F — G до М. Кинематические характеристики (т. е. характеристики движения) звёзд этих двух частей главной последовательности различны, что может указывать на различие их происхождения.

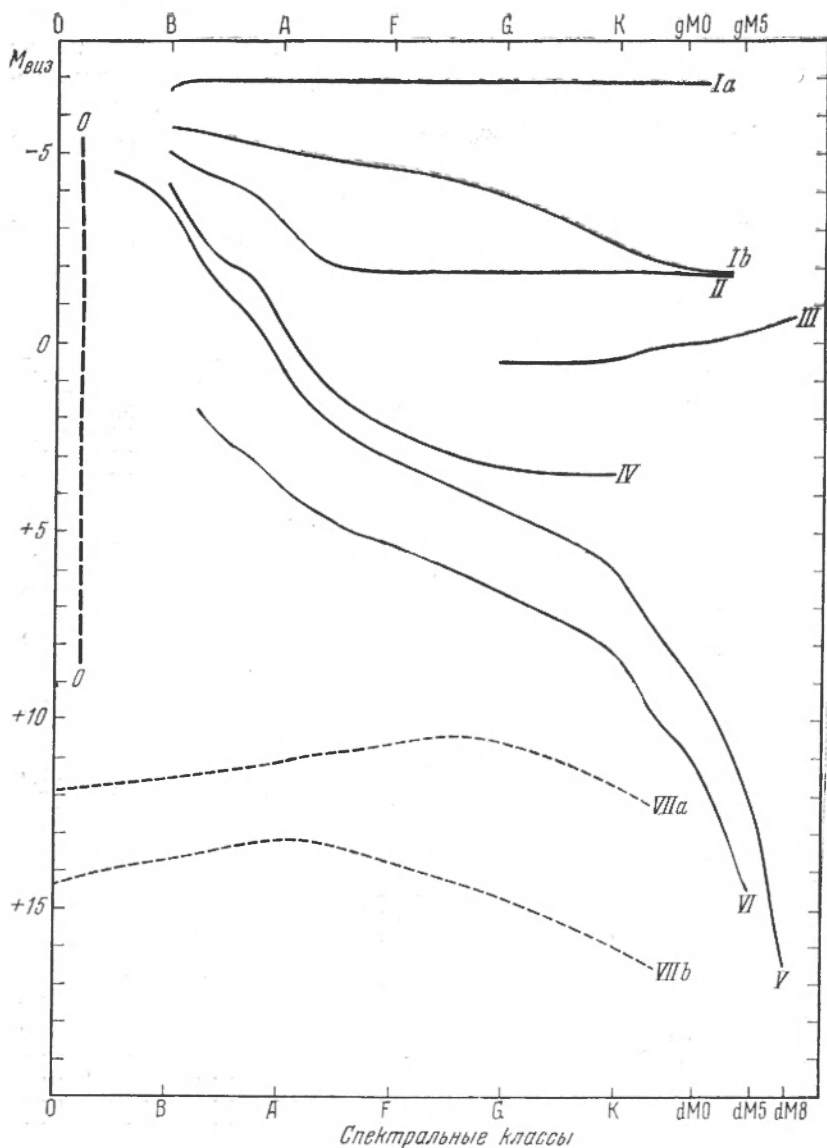


Рис. 48. Диаграмма «спектр — светимость». Ia — последовательность ярких сверхгигантов, Ib — слабые сверхгиганты, II — яркие гиганты, III — слабые гиганты, IV — субгиганты, V — главная последовательность, VI — последовательность ярких субкарликов, VIIa — субкарлики с ядерными источниками энергии, VIIb — субкарлики без ядерных источников, 00 — бело-голубая последовательность.

Для поздних классов пользование этой диаграммой осложняется необходимостью по виду спектра сделать выбор между гигантом и карликом одного и того же спектрального класса. Однако и в этом случае оказалось, что определённые различия в интенсивности некоторых линий позволяют уверенно сделать этот выбор.

Таблица 11

Визуальные абсолютные звёздные величины звёзд различных последовательностей на диаграмме «спектр—светимость»

Спектр	Субкарлики VI	Главная последоват. V	Субгиганты IV	Гиганты		Сверхгиганты	
				III	II	Ib	Ia
B0	...	— 3,9	— 4,2	— 4,5	— 5,2	— 6,0	— 6,7
B1	...	— 3,2	— 3,8	— 4,3	— 5,1	— 6,0	— 7,0
B2	...	— 2,6	— 3,3	— 4,1	— 5,0	— 5,7	— 7,0
B3	+ 1,8	— 2,0	— 2,8	— 3,7	— 4,5	— 5,7	— 7,0
B5	2,5	— 1,3	— 2,2	— 3,2	— 4,5	— 5,7	— 7,0
B8	3,1	— 0,5	— 1,7	— 3,0	— 4,3	— 5,5	— 7,0
A0	+ 3,7	+ 0,3	— 0,4: *)	— 1,1	— 3,0:	— 4,8	— 7,0
A2	4,2	1,2	+ 0,2:	— 0,7	— 2,7:	— 4,7	— 7,0
A5	4,7	2,2	1,4:	0,0	— 2	— 4,5	— 7,0
A7	5,0	2,6	1,7:	+ 0,3	— 2	— 4,5	— 7,0
F0	+ 5,3	+ 3,0	+ 2,0:	+ 0,6	— 2	— 4,5	— 7,0
F2	5,5	3,2	2,5	0,8	— 2	— 4,5	— 7,0
F6	6,0	3,8	2,9	1,0	— 2	— 4,5	— 7,0
F8	6,3	4,1	3,1	1,0	— 2	— 4,5	— 7,0
G0	+ 6,6	+ 4,4	+ 3,2	0,7	— 2	— 4,5	— 7,0
G2	6,9	4,7	3,3	0,4	— 2	— 4,5	— 7,0
G5	7,3	5,1	3,4	0,2	— 2,0	— 4,5	— 7,0
G8	7,8	5,6	3,4	0,4	— 2,1	— 4,5	— 7,0
K0	+ 8,2	+ 6,0	+ 3,4	+ 0,2	— 2,1	— 4,5	— 7,0
K2	9,0	6,4	...	0,0	— 2,2	— 4,5	— 7,0
K3	9,4	6,9	...	— 0,1	— 2,3	— 4,5	— 7,0
K5	10,4	7,8	...	— 0,3	— 2,4	— 4,5	— 7,0
M0	+ 11,0	+ 9,2	...	— 0,4	— 2,4	— 4,5	— 7,0
M1	11,7	9,7	...	— 0,4	— 2,4	— 4,5	— 7,0
M2	12,3	10,1	...	— 0,4	— 2,4	— 4,5	— 7,0
M3	13,0	10,6	...	— 0,5	— 2,4:	...	...
M4	13,8	11,3	...	— 0,5	...	...	...
M5	+ 14,5	12,3	...	...	...	...	...
M6	...	+ 13,4	...	...	...	...	...

\*) Знак : отмечает не очень надёжные определения.

За последние 40 лет определены спектральные параллаксы более 20 000 звёзд. Этот метод не даёт очень точных результатов для ранних спектральных классов O и B и, естественно, для слишком слабых звёзд, для которых нельзя провести точную классификацию спектра и измерение относительной интенсивности линий.

В настоящее время для многих ярких звёзд оказывается возможным по виду спектра не только указать спектральный класс звезды,

Таблица 12

Тип звёзд	Обозначения	Тип звёзд	Обозначения
Сверхгиганты яркие	Ia	Субкарлики яркие	VI *)
Сверхгиганты слабые	Ib	Субкарлики с ядерными источниками энергии	VIIa *)
Гиганты яркие	II	Субкарлики без ядерных источников энергии	VIIb *)
Гиганты слабые	III		
Субгиганты	IV		
Главная последовательность	V		

\*) Эти обозначения не являются общепринятыми и впервые применяются в этой книге. До сих пор в системе сокращённых обозначений субкарлики отмечались буквами *sd*, поставленными перед спектральным классом.

но и определить её принадлежность к одной из тех последовательностей звёзд, которые показаны на рис. 48. В этом случае к обозначению спектрального класса добавляется римская цифра, согласно следующим обозначениям (см. табл. 12).

В табл. 14 и в табл. XLI для многих ярких звёзд к обозначению спектрального типа добавлены характеристики светимостей по только что приведённой системе обозначений.

Относительное число звёзд различной светимости выражается функцией светимости  $\varphi(M)$ , изображённой на рис. 49. После максимума, приходящегося на  $M = +15^m$ , наступает плавное падение числа звёзд.

Самая слабая из известных в настоящее время звёзд — слабый спутник ( $18^m$ ) звезды BD  $+4^\circ 40' 48''$ , находящейся на расстоянии 19 световых лет (параллакс  $0''170$ ), имеет абсолютную звёздную величину  $M = +19^m.2$ . Её светимость в 5 500 000 раз меньше светимости Солнца. Рассматриваемая с расстояния в 1 а. е., эта звезда-карлик была бы немногим ярче полной Луны. Более слабые звёзды нам пока не известны. Самыми яр-

Таблица 13

Относительная численность звёзд различных спектральных классов

Спектр	%	Спектр	%
B0 — B5	2	G5 — K2	33
B8 — A3	29	K5 — M8	6
A5 — 2	9	Другие сп. классы	< 1
F5 — G0	21		

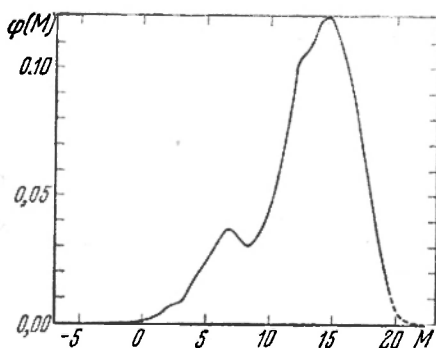


Рис. 49. Функция светимости.

кими звёздами являются сверхновые звёзды ( $M$  от  $-14^m$  до  $-18^m$  в максимуме блеска \*). Распределение звёзд по различным спектральным классам показано в табл. 13 (по данным о спектрах 225 300 звёзд до 9-й видимой звёздной величины).

Таблица 14

Самые яркие звёзды неба

Звезда	$m_{\text{виз}}$	Спектр	$\mu$	$\pi$	$r$ в пс	$M_{\text{виз}}$	$L$ $L_{\odot} = 1$
1 <sup>1)</sup> Сириус ( $\alpha$ CMa) . .	-1,6	A1 V	1,32	0,375	2,7	+1,3	23
2 Канопус ( $\alpha$ Car) . . .	-0,9	cF0	0,02	0,018	55,5	-4,6	5200
3 <sup>2)</sup> $\alpha$ Кентавра ( $\alpha$ Cen) .	+0,3	G0	3,68	0,760	1,3	+4,7	1,0
4 Вега ( $\alpha$ Lyr) . . . . .	0,1	A0 V	0,35	0,123	8,1	+0,5	48
5 <sup>3)</sup> Капелла ( $\alpha$ Aur) . . .	0,2	G0	0,44	0,073	13,7	-0,5	120
6 Арктур ( $\alpha$ Boo) . . . .	0,2	K2 IIIp	2,29	0,090	11,1	0,0	76
7 Ригель ( $\beta$ Ori) . . . . .	0,3	B8 Ia	0,01	0,005	200:	-6,2:	23000:
8 <sup>4)</sup> Процион ( $\alpha$ CMi) . . .	0,5	F5 IV	1,25	0,288	3,5	+2,8	5,8
9 Ахернар ( $\alpha$ Eri) . . . .	0,6	B5	0,09	0,023	43,5	-2,6	800
10 $\beta$ Кентавра ( $\beta$ Cen) . .	0,9	B1	0,04	0,016	62,5	-3,1	1300
11 Альтаир ( $\alpha$ Aql) . . . .	0,9	A7 V	0,66	0,198	5,0	+2,4	8,3
12 <sup>5)</sup> Бетельгейзе ( $\alpha$ Ori)	0,9	M2 lab	0,03	0,005	200	-5,6	13000
13 <sup>6)</sup> $\alpha$ Креста ( $\alpha$ Cru) . . .	1,4	B1	0,05	0,015:	67:	-2,7:	900:
14 <sup>7)</sup> Альдебаран ( $\alpha$ Tau) .	1,1	K5 III	0,20	0,048	20,8	-0,5	120
15 Поллукс ( $\beta$ Gem) . . . .	1,2	K0 III	0,62	0,093	10,7	+1,0	30
16 Спика ( $\alpha$ Vir) . . . . .	1,2	B1 V	0,05	0,021	47,7	-2,2	600
17 <sup>8)</sup> Антарес ( $\alpha$ Sco) . . . .	1,2	cM1	0,03	0,019	52,5	-2,4	700
18 Фомальгаут ( $\alpha$ PsA)	1,3	A3	0,37	0,144	7,0	+2,1	11
19 Денеб ( $\alpha$ Cyg) . . . . .	1,3	A2 Ia	0,00	0,006	170:	-4,8	6000:
20 <sup>9)</sup> Регул ( $\alpha$ Leo) . . . . .	1,3	B7 V	0,24	0,039	25,6	-0,7	140

	$m$	$M$	$L$
1 <sup>1)</sup> Спутник — $\alpha$ CMa B	7,1 A5	$M = +10,0$	$L = 0,008$ (белый карлик)
2 <sup>2)</sup> Спутник — $\alpha$ Cen B	1,7 K5	$M = +6,1$	$L = 0,28$
3 <sup>3)</sup> Спутник — $\alpha$ Cen C	11 M	$M = +15,4$	$L = 0,000052$ («Ближайшая»)
4 <sup>4)</sup> Спутник — $\alpha$ Aur B	10,0 M1	$M = +9,3$	$L = 0,014$
5 <sup>5)</sup> Спутник — $\alpha$ Aur C	13,7 M5	$M = +13,0$	$L = 0,0005$
6 <sup>6)</sup> Спутник — $\alpha$ CMi B	10,8	$M = +13,1$	$L = 0,00044$
7 <sup>7)</sup> Переменная			
8 <sup>8)</sup> Спутник — $\alpha$ Cru B	1,9 B1	$M = -2,2$	$L = 600$
9 <sup>9)</sup> Спутник — $\alpha$ Tau B	13 M2	$M = +11,4$	$L = 0,0021$
10 <sup>10)</sup> Спутник — $\alpha$ Sco B	5,2 B4	$M = +1,6$	$L = 17$
11 <sup>11)</sup> Спутник — $\alpha$ Leo B	7,6 G2	$M = +5,6$	$L = 0,44$
12 <sup>12)</sup> Спутник — $\alpha$ Leo C	13	$M = +11,0$	$L = 0,0030$

Так как звёзды поздних классов делятся на карликов и гигантов, а карликов мы видим только вблизи Солнца, то относительное число звёзд классов K—M должно быть значительно больше, чем это показано в табл. 13. Звёзды с более низкой температурой, т. е. с ещё большим показателем цвета, чем звёзды класса M, из-за их слабой светимости известны нам в очень малом числе.

\*) См. стр. 116.

В силу чрезвычайной удалённости звёзд надёжно (с помощью особого прибора — интерферометра) удалось измерить угловые диа-

Таблица 15

Измеренные и вычисленные диаметры некоторых звёзд

Звезда	Спектр	$D_{\text{изм.}}$ $\odot = 1$	$D_{\text{выч.}}$ $\odot = 1$	Характеристика
$\epsilon$ Aur B . . . . .	K5	2000	—	Сверхгиганты
S Dor A . . . . .		1400	—	
S Dor B . . . . .		1260	—	
VV Cep A . . . . .	M2	1200	—	
VV Cep B . . . . .		1200	—	
$\alpha$ Her . . . . .	M6e	800	—	
$\sigma$ Cet . . . . .		400 *)	—	
$\alpha$ Ori . . . . .	M2	350 **)	290	
$\zeta$ Aur A . . . . .	K4	300	—	
$\alpha$ Sco . . . . .	M1	300	320	
$\epsilon$ Aur A . . . . .	F5	200	—	Гиганты
$\beta$ Peg . . . . .	M5	110	130	
$\alpha$ Tau . . . . .	K5	38	60	
V380 Cyg A . . . . .	B2	29	—	
$\alpha$ Boo . . . . .	K0	27	30	
$\alpha$ Aur . . . . .	—	—	16	
Y Cyg A, B . . . . .	0,9	5,9	—	Обычные карлики
$\beta$ Per A . . . . .	B8	3,1	—	
$\beta$ Aur A . . . . .	A0	2,8	—	
$\alpha$ UMi A . . . . .	F5	—	1,7	
$\alpha$ Cen A . . . . .	G4	—	1,2	
Солнце . . . . .	G3	1,0	1,0	
W UMa A . . . . .	F8	0,9	—	
70 Oph A . . . . .	K1	—	0,9	
70 Oph B . . . . .	K5	—	0,7	Белые карлики
Крюгер 60 A . . . . .	M4	—	0,5	
$\alpha$ CMa B . . . . .	A5	—	0,02	
40 Eri B . . . . .	A	—	0,02	
Ван Маанена . . . . .	F3	—	0,006	
A. C. + 70° 8247 ***) . . . . .	—	—	0,005	
Вольф 457 . . . . .	(A)	—	0,003	

\*) Курсивом показаны интерферометрические диаметры, прямым — по затненным двойным.

\*\*) Диаметр меняется от 300 до 400.

\*\*\*) Звезда № 8247 зоны + 70° Астрографического каталога.

метры только десяти звезд \*). Однако так как между температурой поверхности, размерами и светимостью звёзд существует определённая связь, то можно определить радиус звезды  $R$ , зная её

\*) Их диаметры от 0''0085 до 0''047. Самый большой угловой диаметр, измеренный интерферометром, соответствует видимым размерам горошины рассматриваемой с расстояния в 75 км.



Ближайшие к Солнцу звёзды

Название	Координаты		$m_{\text{виз}}$	Спектр	$\pi$	$\mu$	$r$	$M_{\text{виз}}$	$L (\odot = 1)$
	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$							
Ближайшая Кентавра...	$h, m$								
$\alpha$ Кентавра А и В...	14 22,8	-82° 15	$m$ 10,5	M	"	3,85	1,3	$m$ +14,9	0,000086
Звезда Барнарда...	14 32,8	-50 25	0,3; 1,7	G0, K5	0,762	3,67	1,3	+1,7; +6,1	1,04 и 0,28
Вольф 359 <sup>*)</sup> ...	17 52,9	+ 4 25	9,5	M5	0,545	10,27	1,8	+13,2	0,00041
Лаланд 2115...	10 51,6	+ 7 37	13,5	M8e	0,402	4,67	2,5	+16,5	0,000018
Сириус А и В...	10 57,9	+ 36 38	7,5	M2	0,398	4,77	2,5	+10,5	0,005
Росс 154...	6 40,7	-16 35	-1,6; 8,0	A0, A6	0,375	1,32	2,7	+1,3; +10,9	21 и 0,0034
Росс 248...	18 43,6	-23 57	10,6	M6	0,351	0,68	2,9	+13,3	0,00038
$\epsilon$ Эриды...	23 37,0	+ 43 39	12,2	M6	0,316	1,82	3,2	+14,7	0,000104
61 Лебедя А и В...	3 28,2	- 9 48	3,8	K2	0,303	0,97	3,3	+ 6,2	0,26
Процион А и В...	21 02,4	+ 38 15	5,6; 6,3	K6, M0	0,292	5,24	3,4	+7,9; -8,6	0,034 и 0,028
$\epsilon$ Инделла...	7 31,1	+ 5 29	0,3; 10,8	F5, ?	0,288	1,24	3,5	+2,8; +13,1	5,9 и 0,00045
Струве 2398 А и В...	21 55,7	-37 12	4,7	K5	0,285	4,69	3,5	+1,1	0,124
Росс 128...	18 41,7	+ 59 29	8,9; 9,7	M4, M4	0,280	2,31	3,6	+11,1; -11,9	0,0038 и 0,0014
Грумбридж 34 А и В...	11 42,6	+ 1 23	11,0	M5	0,278	1,40	3,6	+13,2	0,0041
$\tau$ Кита...	0 12,7	+ 43 27	8,1; 10,9	M2, M5	0,278	2,89	3,6	+10,3; -13,1	0,003 и 0,00045
Лакайль 9352...	22 33,0	-15 52	12,2	dM5,5e	0,278	3,27	3,6	+14,4	0,000136
BD +5° 1668...	1 39,4	-16 28	3,6	K0	0,275	1,92	3,6	+ 5,8	0,37
Лакайль 3790...	22 59,4	-36 26	7,2	M0	0,273	6,91	3,7	+ 9,4	0,0136
Крюгер 60 А и В...	7 22,0	+ 5 31	10,1	M5	0,263	3,74	3,8	+12,2	0,00103
Звезда Кангейна...	21 11,4	-39 15	6,6	M0	0,255	3,53	3,9	+ 8,6	0,028
	22 24,4	+ 57 12	9,9; 11,4	M4, M6	0,252	0,87	4,0	+11,9; +13,4	0,00137 и 0,0034
	5 07,7	- 44 59	9,2	M0	0,251	8,75	4,0	+11,2	0,0026

\*) Звезда № 359 в каталоге Вольфа; аналогично, следующая звезда — № 21185 в каталоге Лаланда.

абсолютную величину  $M_{\text{виз}}$  (визуальную) и показатель цвета  $c$ :

$$\lg R = 0,82c - 0,20 M_{\text{виз}} + 0,51, \quad (10)$$

где  $R$  выражено в единицах радиуса Солнца.

Зная температуру  $T$  и  $M_{\text{виз}}$ , можно определить радиус по формуле

$$\lg R = \frac{5000}{T} - 0,20 M_{\text{виз}} - 0,02. \quad (10')$$

Исследования затменно-двойных звёзд (стр. 107) дают ещё один способ определять размеры звёзд.

В табл. 15 приведены данные об измеренных и вычисленных по формуле (10) или (10') диаметрах некоторых звёзд.

Диаметр Солнца в 109 раз больше диаметра Земли; диаметр Бетельгейзе ( $\alpha$  Ori) в 350 раз, а диаметр  $\alpha$  Her в 800 раз больше солнечного. Диаметры компонентов затменной переменной S Dor примерно в 1400 и 1260 раз больше диаметра Солнца, диаметры двух одинаковых компонентов затменно-двойной VV Цефея в 1200 раз больше солнечного. С другой стороны, наименьший из известных белых карликов — звезда Вольф 457 — имеет диаметр  $1/300$  солнечного и, следовательно, почти втрое меньше земного. Таким образом, самая большая звезда по диаметру больше самой маленькой приблизительно в 400 000 раз. Если уподобить наше Солнце вишне, то наибольшая из известных звёзд будет иметь диаметр 23 м, наименьшая будет размером в маленькую песчинку — 0,05 мм.

Сопоставление данных табл. 14 и 16, в которых собраны основные сведения о наиболее ярких звёздах (табл. 14) и о ближайших звёздах (табл. 16), подтверждает вывод о преобладании во вселенной звёзд-карликов. Из 31 известной ныне ближайшей звезды только две по абсолютной величине ярче Солнца, а из 22 самых ярких звёзд неба только одна равна по светимости Солнцу, подавляющее большинство остальных — гиганты.

В табл. 14 и 16 наряду с видимой звёздной величиной ( $m$ ), спектральным классом, параллаксом ( $\pi$ ), расстоянием ( $r$ ), выраженным в парсеках и абсолютной звёздной величиной ( $M$ ), дана светимость ( $L$ ), выраженная в единицах светимости Солнца.

**Движения звёзд.** В природе нигде нет абсолютного покоя, всё находится в движении; звёзды, которые с древних времён назывались «неподвижными», также находятся в движении. Движения звёзд были обнаружены лишь в 1718 г. Галлеем, который сравнил современные ему определения положений некоторых ярких звёзд с их координатами в каталоге Птолемея. Перемещение звезды по небесной сфере — её *собственное движение* ( $\mu$ ), есть выраженная в секундах дуги в год проекция полной пространственной скорости звезды на плоскость, касательную к небесной сфере. Собственные движения звёзд совершенно незаметны глазу; привычный вид созвездий изменится только по прошествии десятков тысяч лет (см. рис. 50, показывающий созвездие Большой Медведицы за 200 000 лет, в настоящее время и через 200 000 лет). Наибольшее собственное движе-

ние в  $10''27$  в год имеет так называемая «летающая звезда» Барнарда.

В течение 188 лет она перемещается на расстояние, равное среднему угловому диаметру Луны \*).

До настоящего времени известно около 330 звёзд с собственным движением больше  $1''$  в год. Всего собственные движения определены более чем у 40 000 звёзд. Изучение собственных движений, а также лучевых скоростей (см. стр. 210) звёзд (т. е. скоростей вдоль луча зрения, иначе — скоростей удаления от нас или приближения к нам) позволило определить направление и скорость движения Солнца в пространстве, подметить ряд особенностей систематического характера в движениях звёзд и обнаружить вращение всей нашей звёздной системы — Галактики. В табл. 17 собраны данные о звёздах, обладающих наибольшими собственными движениями. Для них даны также лучевая скорость  $V_r$  и так называемая тангенциальная

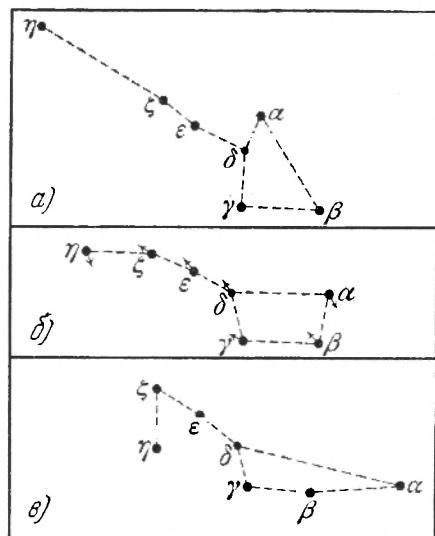


Рис. 50. Собственные движения ярких звёзд созвездия Большой Медведицы за 400 000 лет: а) созвездие Большой Медведицы за 200 000 лет до наших дней, б) в наши дни, в) через 200 000 лет.

ная скорость  $V_t$ , которая есть собственное движение, выраженное, как и лучевая скорость, в километрах в секунду. Её можно получить, зная расстояние до звёзд  $D$  (а следовательно, и параллакс  $\pi$ ) и собственное движение  $\mu$  (рис. 51) по следующей формуле:

$$V_t = \frac{\mu'' \text{ а. е.}}{\pi'' \text{ год}},$$

или

$$V_t = 4,74 \frac{\mu}{\pi} \text{ км/сек}, \quad (11)$$

где коэффициент 4,74 равен отношению числа километров в астрономической единице (149 500 000) к числу секунд в году (31 556 926). Сумма квадратов этих скоростей даёт квадрат полной пространственной скорости относительно Солнца. Отсюда

$$V = \sqrt{V_r^2 + V_t^2}. \quad (12)$$

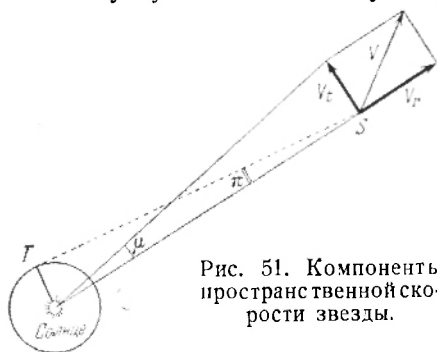


Рис. 51. Компоненты пространственной скорости звезды.

\*) Точность современных определений звёздных положений столь велика, что такое движение можно заметить при сравнении двух фотографий, разделённых промежутком времени всего в 1—2 дня.

Звёзды с наибольшим собственным движением

Название	Координаты		$m_{\text{виз}}$	Спектр	$\mu$	$\pi$	$r$	$V_r$ км/сек/км/сек	$V_t$ км/сек	$M_{\text{виз}}$	$L(\odot=1)$
	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$									
Звезда Барнарда ..	$h$ 17 52,9	$m$ + 4 25'	$m_v$ 9,7	M5	10,27	0,545	1,8	-111	89	+13,2	0,00041
Звезда Каптеина ..	5 07,7	-44 59	9,2	M0	8,75	0,251	4,0	+212	165	+11,2	0,0026
Грумбидт 1830 ..	11 47,2	+38 26	6,5	G5	7,04	0,116	8,6	-38	288	+6,8	0,15
Лакай 3532 ..	22 59,4	-36 26	7,2	M0	6,91	0,273	3,7	+10	120	+9,4	0,0136
Кордоба 32416 ..	23 59,5	-37 51	8,6	M4	6,11	0,219	4,6	+24	132	+10,3	0,006
Росс 619 ..	8 06,5	+9 11	12,5	M5	5,10	0,151	6,6	-35	170	+13,4	0,00034
61 Лебедя А и В ..	21 02,4	+38 15	5,6(6,3)	K6, M0	5,24	0,192	3,4	-61	85	+7,9--8,6	0,05 и 0,028
Латанд 21185 ..	10 57,9	+36 38	7,5	M2	4,77	0,398	2,5	-87	57	+10,5	0,005
ε Индейца ..	21 55,7	-57 12	4,7	K5	4,69	0,285	3,5	-40	78	+7,0	0,124
Вольф 359 ..	10 51,6	+7 37	13,5	M8:	4,67	0,102	2,5	+130	55	+16,5	0,000018
Латанд 21258 А и В	11 00,5	+44 02	8,8(14,8)	M1, M16 <sup>a</sup>	4,54	0,173	5,7	+62	121	+10,0+16,0	0,0078 и 0,000031
α <sup>a</sup> Эридана А ..	4 10,7	-7 49	4,5	G5	4,08	0,200	5,0	-42	96	+6,0	0,31
α <sup>a</sup> Эридана В и С ..	4 10,7	-7 49	9,2(11,0)	A2, M5e	4,06 <sup>b</sup>	0,200	5,0	-42	96	+10,7--12,5	0,0041 и 0,00078
Вольф 489 ..	13 31,8	+4 13	14,5	G8	3,94	0,131	7,6	—	143	+15,1	0,004071
Близкий шаг Гемелара	14 22,8	-62 15	10,5	M	3,85	0,762	1,3	—	24	+14,9	0,000086
α Кентавра А и В ..	14 32,8	-60 25	0,3(1,7)	G0, K5	3,67 <sup>b</sup>	0,751	1,3	-22	23	+4,7--6,1	1,0 и 0,28
μ Кассиопеи ..	1 01,6	+54 26	5,3	G5	3,75	0,136	7,4	-97	131	+6,0	0,31
BD + 5° 1658 ..	7 22,0	+5 31	10,1	M5	3,74	0,263	3,8	+22	67	+12,2	0,00103
BD - 15° 4041, 4042 ..	15 01,7	-15 54	9,5, 9,2	G9, G8	3,68	0,140	25,0	+302	436	+7,5--7,2	0,078 и 0,103
Лакай 8760 ..	21 11,4	-39 15	6,6	M0	3,51	0,555	3,9	+22	65	+8,6	0,025
Лейтен 837 ..	22 33,0	-15 52	12,2	M5,5e	3,27	0,278	3,6	+22	56	+14,4	0,00136
Росс 451 ..	11 34,7	+67 53	12,3	K4	3,20	0,311	24,4	-118	370	+10,4	0,0054
Росс 578 ..	3 33,4	-11 45	13,1	M2	3,16	0,133	30,3	—	468	+10,7	0,0041
82 Эридана ..	3 15,9	-43 27	4,3	G5	3,16	0,156	6,4	+87	96	+5,3	0,6
Звезда Маанена ..	0 43,9	+4 55	12,3	F3	3,01	0,236	4,2	+238	60	+14,2	0,00016

\*) Движение центра масс.

По сравнению с расстояниями между звёздами пространственные скорости звёзд ничтожно малы. Уподобив две звезды двум вишням, мы получим представления об их скоростях, если одну из них поместим в Москве, другую в Туле, и заставим их сближаться со скоростью 1 м в год (пример проф. П. П. Паренаго).

**Двойные и кратные звёзды.** В среднем по всему небу из каждых трёх звёзд одна является двойной. Долгое время считалось, что двойственность есть следствие случайного расположения звёзд, при котором они хотя и видны одна возле другой, но в пространстве находятся далеко друг от друга, т. е. являются *оптическими*

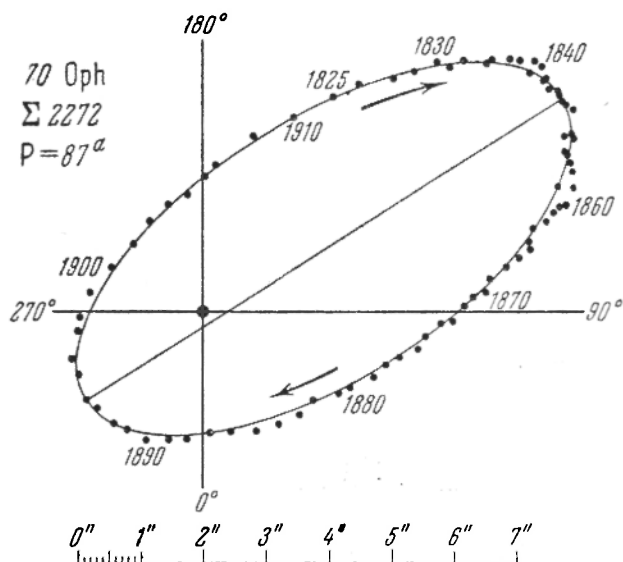


Рис. 52. Орбита визуально-двойной звезды (видимая).

*двойными*. Однако уже сто пятьдесят лет назад В. Гершель открыл, что многие двойные звёзды представляют собой физически связанные пары — *физические двойные*. Две звезды находятся в пространстве близко одна к другой и обращаются вокруг общего центра масс, подчиняясь закону всемирного тяготения. Для некоторых двойных в течение нескольких десятилетий можно проследить движение спутника относительно главной звезды (рис. 52) и вычислить элементы его орбиты (см. стр. 199). Семь элементов полностью определяют движение спутника. Один из элементов — это период обращения спутника. Пять орбитальных элементов характеризуют размеры и форму орбиты, расположение её относительно наблюдателя. Седьмой элемент — момент достижения спутником наименьшего расстояния от главной звезды (момент прохождения спутником периастра) — даёт возможность определять положение спутника на его орбите для любого момента времени.

В табл. XLVIA включены те двойные звёзды, которые могут служить для испытания разрешающей способности трубы. В табл.

XLVI Б отмечены двойные звёзды с резким различием цветов (о цветах двойных звёзд см. стр. 82).

Все двойные звёзды, доступные непосредственному разделению на компоненты, хотя бы с помощью больших телескопов (т. е. с угловым расстоянием на небе больше чем  $0'',10-0'',15$  при не слишком большом различии в блеске компонентов), объединены общим названием *визуально-двойных* \*) звёзд. В специальные каталоги занесено уже более 30 000 двойных звёзд.

Среди 1500 физических пар, обнаруживших орбитальное движение, встречаются звёзды с периодами обращения от нескольких лет до нескольких тысяч лет.

Самой короткопериодической визуально-двойной является звезда  $\epsilon$  Ceti (1,59 года). Надёжными можно считать те из 250 вычисленных орбит, для которых периоды меньше 400—500 лет. Трудно указать самый большой период обращения для известных в настоящее время двойных звёзд. Для звёзд с очень медленным орбитальным движением периоды обращения можно оценить в несколько сот тысяч лет.

Иногда компонентами физических двойных оказываются звёзды, довольно далеко расположенные друг от друга, но имеющие одинаковые собственные движения, параллаксы и лучевые скорости. В пространстве их разделяют тысячи и десятки тысяч астрономических единиц. Если они обращаются друг относительно друга, то периоды обращения должны были бы достигать миллионов лет. Такова, например, звезда Проксима Кентавра, которая движется в пространстве вместе с яркой двойной звездой  $\alpha$  Кентавра. На небе их разделяет угловое расстояние в  $2^\circ$ , что соответствует линейному расстоянию не меньше 10 000 а. е. Период обращения в этом случае должен быть порядка миллионов лет.

Особый класс представляют собой *спектрально-двойные* звёзды. Их нельзя увидеть раздельно с помощью современных оптических средств; двойственность их обнаруживается по периодическим изменениям в их спектре — периодическим смещениям или периодическим раздвоениям спектральных линий. Если оба компонента двойной звезды имеют одинаковый блеск и принадлежат к одному и тому же спектральному классу, — периодическое раздвоение линий и их слияние проявляются особенно ясно. Если же видны линии спектра только одного компонента, то они периодически колеблются около некоторого среднего положения. Принцип Доплера-Белопольского (стр. 210) даёт этому исчерпывающее объяснение: смещение и раздвоение линий происходят вследствие орбитального движения компонентов вокруг общего центра масс.

---

\*) Они обозначаются порядковыми номерами специальных каталогов двойных звёзд, например,  $\Sigma$  201 — двойная звезда, занесённая под номером 201 в каталог В. Я. Струве,  $\beta$  575 — № 575 в каталоге Бернгёма, A2102 — № 2102 в каталоге Эйкена и т. д., либо номерами двух общих (сводных) каталогов двойных звёзд: Бернгёма (например, BDS 1351) или Эйкена (например, ADS 13881).

Измерение смещения линий в спектре даёт возможность определить лучевые скорости и узнать, как они меняются с течением времени. Так как эти изменения совершаются периодически, можно построить *кривую лучевых скоростей*. Её анализ даёт возможность определить орбитальные элементы: период  $P$ , момент прохождения через периастр  $T_0$ , долготу периастра  $\omega$ , эксцентриситет орбиты  $e$ ; наклонение  $i$  и большую полуось  $a$  нельзя получить отдельно, — из спектральных наблюдений можно определить лишь произведение  $a \sin i$ . Некоторое представление о характере кривой лучевых скоростей в зависимости от формы и расположения орбиты может дать рис. 53.

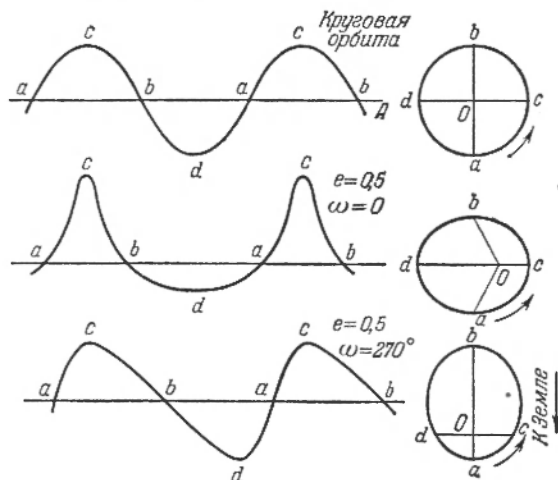


Рис. 53. Кривые лучевых скоростей различных спектрально-двойных звёзд.

Из 1500 известных спектрально-двойных звёзд для 500 вычислены орбиты.

Первой спектрально-двойной звездой, открытой в 1889 г., был Мицар ( $\zeta$  UMa). До сих пор открыты спектрально-двойные с периодами от  $4^{\text{h}} 7$  (UX UMa) до 60 лет (визуально-двойная звезда  $\xi$  UMa, орбита которой определена из спектральных наблюдений).

Наконец, в том особом случае, когда плоскость орбиты двойной звезды проходит близко к лучу зрения наблюдателя, одна звезда может на время загородить другую. Происходит затмение, — такие звёзды называются *затменными двойными звёздами*. Их периоды также очень разнообразны: от  $0^{\text{d}} 197 = 4^{\text{h}} 43^{\text{m}}$  (UX UMa, которая одновременно является спектрально-двойной) до 57 лет (BD — 10° 863)\*).

Степень и относительная (в долях периода) продолжительность ослаблений блеска зависят от размеров звёзд, их взаимных расстояний, различия в блеске и угла наклонения орбиты.

\*) V 644 Cep, вероятно, окажется затменной звездой с наибольшим известным периодом, так как у неё затмение продолжалось 17 лет. Можно думать, что её период не меньше  $65^{\text{a}}$ , а вероятнее всего около 200 лет.

Детально разработана теория анализа кривых изменения блеска затменных звёзд, в итоге которого получаются элементы орбиты и отношение размеров звёзд, даже в том случае, если нет параллельных спектральных наблюдений. Если же затменная переменная исследована и как спектрально-двойная, то можно получить размеры и массы звёзд, а также величину орбиты в линейных мерах, например в километрах, и сравнить звёзды с нашим Солнцем, а орбиту — с орбитой Земли. На рис. 54 показаны кривая блеска затменной и схематическое изображение двойной системы.

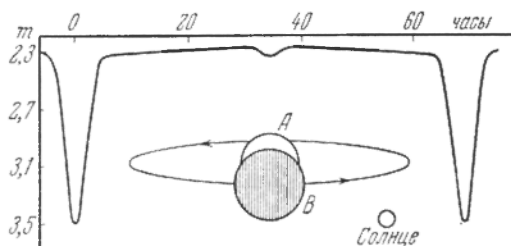


Рис. 54. Кривая блеска Алголя и изображение системы этой двойной звезды.

Следует ещё отметить *невидимых спутников звёзд*, обнаруженных в последние годы по тому действию, которое каждый такой спутник оказывает на звезду, составляющую с ним одну физическую систему. Эти спутники очень малы (и, следовательно, очень слабы) и слишком близки к своим главным звёздам, чтобы можно было их увидеть или сфотографировать спектр. Их присутствие и движение обеих звёзд вокруг общего центра масс сказываются на положении на небе главной звезды, которая периодически смещается. Эти смещения очень малы, но вполне измеримы. Массы спутников оказываются очень малыми — от 0,002 до 0,2 солнечной массы. Весьма вероятно, что при такой малой массе эти спутники не являются самосветящимися звёздами; они больше похожи на планеты. К началу 1953 г. невидимые спутники были обнаружены у 17 звёзд.

В последние годы пулковский астроном А. Н. Дейч подробно исследовал движение невидимого спутника давно известной визуально-двойной звезды 61 Лебеда. Спутник движется вокруг компонента А этой двойной по сильно вытянутой эллиптической орбите ( $e=0,8$ ) с большой полуосью, равной 3 а. е., период обращения около 5 лет. Масса спутника составляет 0,024 массы Солнца.

Возможно, что в некоторых случаях мы имеем дело не с одним тёмным спутником, а с целой планетной системой. Б. В. Кукаркин обратил внимание на то, что если бы с ближайшей звезды велись точные измерения положения Солнца среди звёзд, то могли бы быть обнаружены его колебания с амплитудой  $0'',02$  и с периодом  $P=59^a$ . Этот период соответствует соизмеримости периодов обращения Юпитера и Сатурна. По этим наблюдениям можно было бы заподозрить



наличие у Солнца спутника, движущегося по эллиптической орбите с периодом в  $59^a$  и массой в несколько тысячных долей массы Солнца.

Невидимые спутники малой массы обнаружены пока лишь у звёзд главной последовательности. Это обстоятельство имеет большое значение для выяснения вопроса о происхождении планетных систем.

Некоторые тесные двойные звёзды (из числа затменно-двойных) обладают вращающимся газовым кольцом, которое окружает главную звезду либо оба компонента вместе.

Из числа двойных звёзд около  $1/3$  является тройными звёздами. Встречаются также четверные и даже шестерные звёзды, причём большинство из них является физическими системами. В кратные системы могут входить звёзды различных спектральных классов и различной светимости, а также двойные системы разных типов. Многократные звёзды часто являются ядрами рассеянных звёздных скоплений (см. стр. 122).

**Массы звёзд.** Применение третьего закона Кеплера в его точной форме (см. стр. 198) к движению спутника визуально-двойной звезды позволяет определить сумму масс обеих звёзд:

$$\frac{(\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2) P^3}{(\mathfrak{M}_\odot + \mathfrak{M}_\oplus) T^3} = \frac{A^3}{a^3}, \quad (13)$$

где  $P$  — период обращения спутника вокруг главной звезды,  $A$  — большая полуось его орбиты,  $T$  — звёздный год и  $a$  — большая полуось земной орбиты. Если теперь пренебречь малой по сравнению с массой Солнца массой Земли  $\mathfrak{M}_\oplus$ , период двойной звезды выразить в годах,  $A$  — в астрономических единицах, а массы звёзд — в единицах солнечной массы, то можно написать:

$$\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2 = \frac{A^3}{P^3}. \quad (14)$$

Анализ наблюдений двойной звезды даёт нам большую полуось орбиты  $a''$  в угловой мере (в секундах дуги). Чтобы перевести её в астрономические единицы, надо знать параллакс звезды  $\pi''$ . Тогда

$$A = \frac{a''}{\pi''}.$$

Окончательно:

$$\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2 = \frac{(a'')^3}{(\pi'')^3 P^3}. \quad (14')$$

Если из наблюдений можно вывести орбиту каждого из компонентов двойной по отношению к их общему центру масс, то в каждый данный момент расстояния звёзд от этого центра обратно пропорциональны их массам:

$$\frac{r_1''}{r_2''} = \frac{\mathfrak{M}_2}{\mathfrak{M}_1}. \quad (15)$$

Отсюда и из предыдущего выражения получим значение массы каждого компонента в отдельности.

Самые надёжные данные о массах звёзд получаются при изучении визуально-двойных, спектрально-двойных и затменных звёзд.

Определение масс одиночных звёзд основано на применении к ним той статистической зависимости между массами звёзд и их светимостями, которая вытекает из сопоставления этих характеристик для большого числа двойных звёзд и оправдывается современной теорией внутреннего строения звёзд: светимость звезды приблизительно

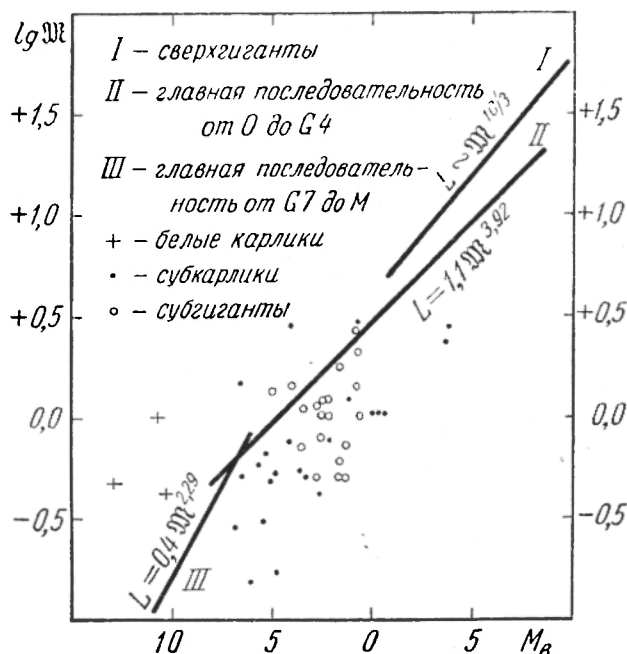


Рис. 55. Зависимость «масса — светимость» для звёзд.

пропорциональна кубу её массы. Эта зависимость может быть выражена формулой

$$M = L_{\text{бол}}^{0,3}, \quad (16)$$

или, иначе,

$$\lg M = 0,590 - 0,1194 M_{\text{бол}}^*), \quad (17)$$

либо

$$\lg M = 0,577 - 0,1511 M + 0,0101 M^2 - 0,00045 M^3, \quad (17')$$

\*)  $M_{\text{бол}}$  — болометрическая абсолютная величина. Она получится из видимой величины по формуле (7), если предположить, что не существует поглощения света в земной атмосфере и что глаз одинаково чувствителен ко всему излучению звезды, а не только к сравнительно узкой части спектра. Таким образом, болометрическая светимость  $L_{\text{бол}}$  характеризует полное излучение звезды. Для приведения видимых звёздных величин  $m$  к болометрическим  $m_{\text{бол}}$  им придаётся болометрическая поправка, величина которой зависит от температуры и плотности на поверхности звезды.

где  $M$  — визуальная абсолютная величина звезды. Графически зависимость «масса — светимость» представлена на рис. 55. Распространяя эту зависимость на одиночные звёзды, можно, зная светимость звезды, определить её массу. Надо оговориться, что маленькие и слабые, но горячие *белые карлики* не удовлетворяют зависимости «масса — светимость». Их массы в действительности значительно больше тех, которые соответствуют их светимостям по этой зависимости. Это — особые, пока ещё не вполне разгаданные звёзды\*), чрезвычайно плотные (их плотность в сотни тысяч раз больше плотности воды). Звёзды-субкарлики также не подчиняются приведённой зависимости «масса — светимость». Вероятно, что звёзды различных последовательностей на диаграмме «спектр — светимость» удовлетворяют несколько различным зависимостям «масса — светимость».

Самыми массивными являются звёзды класса О. Их массы в сотни раз больше массы Солнца. С другой стороны, известны звёзды, имеющие массу в 10—20 раз меньше солнечной.

Из теоретических соображений вытекает, что нижним пределом массы звёзды является  $1/20$  массы Солнца. Тела меньшей массы будут иметь свойства планет. Таким образом, отношение массы самой «тяжёлой» звезды к массе «легчайшей» составляет примерно 6000:1.

Имея в виду основное деление звёзд поздних спектральных классов на гигантов ( $g$ ) и карликов ( $d$ ) и зависимость «масса — светимость», можно составить таблицу средних масс звёзд в зависимости от их спектра.

Таблица 18

Массы звёзд различных классов

Спектр	Масса	Спектр	Масса	Спектр	Масса
B0	16	gG0	3,2	dG0	1,25
B5	7	gG5	3,7	dG5	1,07
A0	4	gK0	3,9	dK0	0,85
A5	2,2	gK5	5,2	dK5	0,65
F0	1,8	gM0	5,7	dM0	0,52
F5	1,5	gM5	9,2	dM5	0,38

**Плотности звёзд.** Среднюю плотность звезды можно вычислить, деля её массу на объём. Таким образом, например, определено, что средняя плотность Солнца равна  $1,4 \text{ г/см}^3$ . Из того, что массы звёзд отличаются друг от друга меньше, чем их размеры, следует, что средние плотности звёзд заключены в очень широких пределах.

\*) В настоящее время открыто уже около 100 белых карликов.

Примером звёзд очень малой плотности служат красные сверхгиганты — Бетельгейзе и компоненты затменно-двойной VV Цефея. Средняя плотность Бетельгейзе  $6 \cdot 10^{-7} \text{ г/см}^3$  (иначе  $1/2000$  плотности воздуха при нормальном атмосферном давлении). Плотность звёзд VV Цефея ещё меньше:  $10^{-8} \text{ г/см}^3$  или  $1/120000$  плотности воздуха при нормальных условиях. Наряду с этим известен белый карлик А.С. + 70°8247, средняя плотность которого  $36\,000\,000 \text{ г/см}^3$ , т. е. в 60 триллионов раз больше плотности сверхгиганта Бетельгейзе. Можно думать, что плотность в центре этого белого карлика, который по размерам не больше планеты Марс, достигает одного биллиона  $\text{г/см}^3$ ! Другой пример, хотя и не такой разительный, даёт «звезда Маанена» с плотностью  $400\,000 \text{ г/см}^3$  или спутник Сириуса —  $40\,000 \text{ г/см}^3$ .

**Магнитные поля звёзд.** Когда прогресс наблюдательной техники позволил изучать спектры ярких звёзд почти столь же детально, как спектр Солнца или солнечных пятен, оказалось, что многие звёзды обладают магнитным полем. Влиянием магнитного поля объясняется так называемый эффект Зеемана расщепления спектральных линий, хорошо изученный в лабораторных условиях. У некоторых звёзд магнитное поле по интенсивности много больше общего поля Солнца (у 35 звёзд напряжённость поля превышает 1000 гаусс). Обнаружены периодически изменения интенсивности и знака магнитного поля у ряда звёзд. Так, например, у звезды HD 125248 (№ 125248 из спектрального Дреперовского каталога) в течение 9,89 суток северное магнитное поле, напряжённостью в 7000 гаусс, меняется на южное поле в 6200 гаусс. Объяснения этим разительным переменам магнитного поля ещё не найдено.

**Вращение звёзд.** Изучение спектров звёзд привело к тому выводу, что многие звёзды ранних спектральных классов вращаются вокруг своей оси с большой скоростью. Скорость вращения на экваторе этих звёзд достигает  $200 \text{ км/сек}$ .

Некоторые затменно-двойные звёзды обнаруживают в кривых лучевых скоростей близ момента затмения характерную волну, легко объяснимую вращением затмеваемой звезды вокруг оси (рис. 56).

**Переменные звёзды.** Переменные звёзды — такие звёзды, которые меняют свой блеск, становясь то ярче, то слабее. Это — чрез-

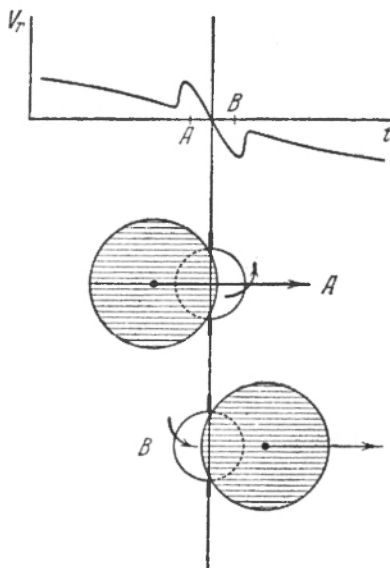


Рис. 56. Влияние вращения на кривую лучевых скоростей затменно-двойной звезды.

вычайно краткое, но достаточно точное и исчерпывающее определение. К 1 марта 1953 г. было обозначено 13 199 открытых переменных звёзд \*).

По характеру изменения блеска переменные звёзды можно разделить на правильные (или периодические), полуправильные, неправильные переменные, новоподобные, новые и сверхновые звёзды.

Среди периодических переменных сразу же выявляется разделение, основанное на различии формы кривой блеска, — на затменные переменные и на цефеиды. Однако не этот чисто внешний признак служит основой современной классификации переменных звёзд. Основным является физическая сущность явления. Все затменные выделяются в особую группу *оптических переменных*; причиной изменения их блеска являются взаимные затмения двух звёзд, обращающихся вокруг общего центра масс в плоскости, лежащей близко к лучу зрения наблюдателя. Таких звёзд известно в настоящее время около 2000.

*Цефеиды* же принадлежат к многочисленному классу весьма разнообразных *физических переменных*. Изменение блеска цефеиды сопровождается изменением её спектра, размера, поверхностной температуры, причём максимальному блеску переменной соответствуют наименьшие размеры и наибольшая температура поверхности. Диаметр цефеиды в течение периода изменения блеска меняется на 10—15%, температура — до 100°. Причина колебаний блеска цефеид лежит в периодических пульсациях звезды, происходящих вследствие нарушения в её недрах равновесия сил тяготения и сил лучевого давления \*\*).

Физические переменные подразделяются на следующие основные классы:

Короткопериодические цефеиды (типа RR Лир) и долгопериодические цефеиды (типа  $\delta$  Цефея) (рис. 57).

---

\*) Они обозначаются в каждом созвездии латинскими прописными буквами от R до Z, а затем комбинациями каждой из этих букв с каждой из последующих от RR до ZZ, после чего используются комбинации всех букв от A до Q с каждой последующей, от AA до QZ. В некоторых созвездиях открыто более 334 переменных (число буквенных комбинаций), — последующие обозначаются буквой V и порядковым номером, начиная с 335. К каждому обозначению прибавляется трёхбуквенное обозначение созвездия, например: S Car, RT Per, CE Cyg, V557 Sgr и т. д. Кроме того, употребительны предварительные обозначения переменных, например: СПЗ, т. е. советская переменная звезда, для всех звёзд, открытых в СССР, НV — для звёзд, открытых на Гарвардской обсерватории, и т. д. Новые звёзды иногда обозначали буквой N в сопровождении номера и названия созвездия. Например, N3 Sgr — третья новая в созвездии Стрельца.

В 1948 г. вышел в свет «Общий каталог переменных звёзд», составленный советскими учёными Б. В. Кукаркиным и П. П. Паренаго. Он содержит сведения о 10 912 переменных. В ежегодных дополнениях к нему публикуются сведения о новых переменных звёздах. В 1951 г. вышел «Каталог звёзд, заподозренных в переменности» (8134 звезды). Исследователи переменных звёзд во всём мире широко пользуются этими важными справочниками.

\*\*) Идея пульсаций цефеид была впервые выдвинута московским физиком проф. Н. А. Умовым.

Долгопериодические переменные типа  $\delta$  Кита (иначе — Миры\*) Кита) (рис. 57).

Полуправильные и неправильные переменные звёзды типов RV Тельца, AF Лебедя,  $\mu$  Цефея (рис. 57) и др.

Новоподобные звёзды (звёзды типа U Близнецов, звёзды типа R Северной Короны и др.).

Новые и сверхновые звёзды.

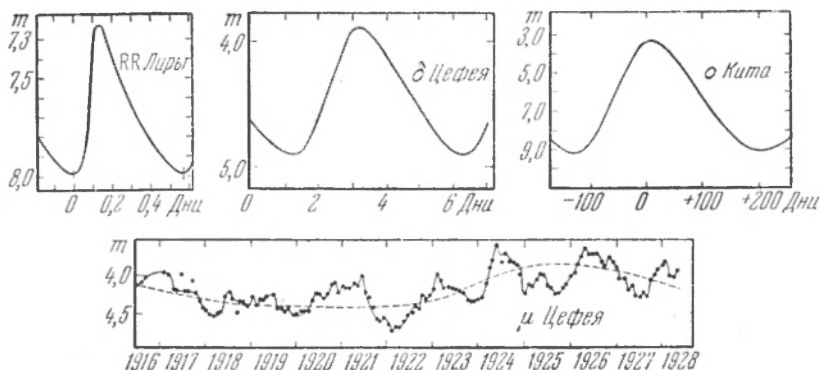


Рис. 57. Кривые блеска переменных звёзд: RR Лирь,  $\delta$  Цефея,  $\delta$  Кита,  $\mu$  Цефея.

В нашей звёздной системе сейчас известно около 3000 цефеид.

Изменение блеска цефеиды характеризуется быстрым увеличением и медленным уменьшением блеска (рис. 57).

Периоды цефеид от  $0^d,06^{**}$  до  $60^d$  [цефеиды с периодами до  $1^d$  — это переменные типа RR Лирь (иногда их называют анталголями) — от  $1^d$  до  $60^d$  — долгопериодические цефеиды]. Амплитуды порядка 1 звёздной величины. Спектры от A до K, причём чем длиннее период, тем краснее звезда. Цефеиды относятся к звёздам гигантам и сверхгигантам с абсолютной величиной от  $0^m$  до  $-4^m$ ; при этом чем больше период, тем больше светимость (рис. 58). Эта фундаментальная зависимость даёт возможность определять  $M$  по периоду, а затем по формуле (7) находить расстояния. Это — один из самых мощных методов определения расстояния до удалённых частей нашей звёздной системы и до других галактик.

По мере увеличения периода увеличиваются светимости и массы цефеид: от 3 масс Солнца для короткопериодических до 50 для долгопериодических цефеид. Средние радиусы цефеид заключены в пределах от 7 до 200 радиусов Солнца, причём большим периодам  $P$  соответствуют большие радиусы  $r$ :

$$P\sqrt{r} = 0,12.$$

\*) Мира — по-латыни «удивительная».

\*\*) Самый короткий период имеет переменная SX Феникса  $0^d,05603 = 80^m$ .

Большой интерес представляют немногочисленные физические переменные звёзды с двойной периодичностью, когда на изменения блеска короткого периода накладываются колебания длинного периода. Таковы, например,  $\delta$  Щита (периоды  $4^h7$  и  $5^d25$ ), 12 Ящерицы ( $4^h6$  и  $7^d5$ ) и др. У этих звёзд параллельно с изменением блеска меняется лучевая скорость, причём кривая лучевых скоростей также показывает наличие двух периодов. В этом случае, по всей вероятности, имеет место двойная пульсация звезды.

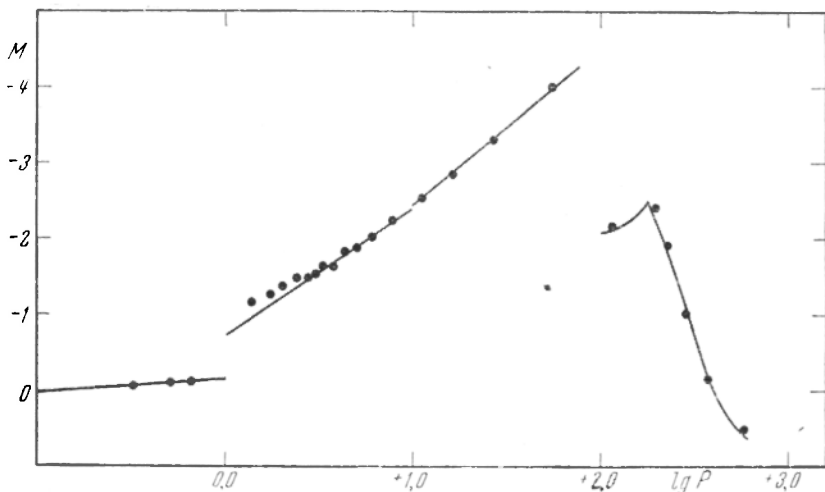


Рис. 58. Зависимость «период — светимость» у короткопериодических (слева) и долгопериодических (в центре) цефеид и долгопериодических переменных типа Миры Кита (справа).

Большинство переменных типа Миры Кита имеет периоды от  $90^d$  до  $700^d$  \*) (в среднем  $290^d$ ). Амплитуды возрастают от  $1^m5$  до  $8^m$ — $10^m$  при увеличении периода (средняя амплитуда изменения блеска  $5^m$ ). И период, и амплитуда, и форма кривой блеска каждой такой переменной подвержены небольшим колебаниям. Спектры мирид (как их иногда называют) принадлежат к классам M, N, R и S; у большинства в спектре видны яркие линии излучения водорода; более поздние спектры характерны для звёзд с большими периодами. Одновременно с блеском меняется спектр, в максимуме блеска он более ранний. Долгопериодические переменные являются гигантами и сверхгигантами. Абсолютные величины их в среднем близки к  $-1^m$  (от  $-3^m5$  до  $0^m0$ ), причём большим периодам соответствуют меньшие светимости, т. е. зависимость «период — светимость» имеет обратный смысл, чем у цефеид. Полного объяснения колебаний их блеска нет, но надо думать, что имеет место пульсация самой звезды и изменение прозрачности атмосферы. Известно более 2500 переменных типа Миры Кита.

\*) Самый долгий период ( $1380^d$ ) имеет переменная HV 10446.

Полуправильные и неправильные переменные (их известно около 2000) характеризуются амплитудой от  $0^m.5$  до  $2^m$ , большими неправильностями колебания блеска, поздними спектральными классами и абсолютными величинами от  $-1^m$  до  $-4^m$ . Все они являются гигантами или сверхгигантами. Колебания блеска также связаны с пульсациями.

Новоподобные переменные звёзды типа U Близнецов (рис. 59) дают непродолжительные вспышки, сменяющиеся периодами почти постоянного минимального блеска. Амплитуда вспышек — несколько звёздных величин. По исследованиям Б. В. Кукаркина и П. П. Паренаго, чем чаще у звёзд вспышки, тем меньше их амплитуда. В

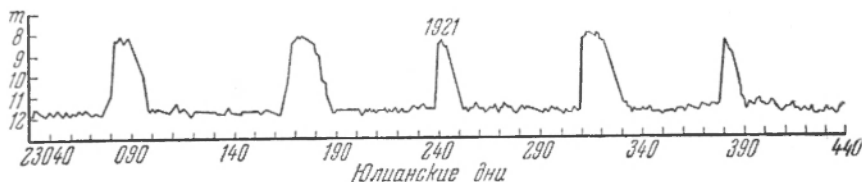


Рис. 59. Кривая блеска SS Лебедя (типа U Близнецов).

1866 г. вспыхнула звезда, получившая обозначение Т Северной Короны. Как показали Б. В. Кукаркин и П. П. Паренаго, эта звезда по своим характеристикам должна была быть отнесена к новоподобным звёздам. По выведенной ими зависимости частоты вспышек от амплитуды её период должен быть около 80 лет. В 1946 г. произошла новая вспышка \*) Т Северной Короны, подтвердившая найденную зависимость. В настоящее время известно 6 повторно-новых звёзд, вспыхнувших уже два или большее число раз \*\*).

Звёзды типа R Северной Короны обнаруживают внезапные большие и весьма неправильные уменьшения блеска при одновременных спектральных изменениях, сходных с теми, которые наблюдают у новых звёзд (см. ниже). Можно думать, что у этих звёзд в периоды вспышек резко возрастает непрозрачность атмосферы; тогда вместо увеличения блеска мы наблюдаем падение блеска.

Новые звёзды (каждый год наблюдаются 1—2 новые звезды) характеризуются чрезвычайно быстрым возрастанием блеска на  $8^m$ — $15^m$ , в среднем на  $11^m$  (т. е. в 25 000 раз) в течение нескольких дней и медленным спадом (с дополнительными колебаниями) в течение месяцев (рис. 60). В среднем их абсолютная величина в максимуме около  $-7^m$ . До максимума звезда имеет ранний спектр, в максимуме вспыхивают яркие линии, которые затем превращаются в полосы. Расширившаяся, «раздувшаяся» в сотни тысяч раз звезда отделяет в момент максимума блеска газовую оболочку, которая, постепенно расширяясь, рассеивается в пространстве. Звезда возвращается

\*) Первым её обнаружил советский любитель астрономии А. С. Каменчук.

\*\*) Это RS Oph, T Pyx, U Sco, T CrB, N2 Sge и N5 Sgr.



к начальному состоянию, чтобы через несколько тысяч лет вновь вспыхнуть. Если предположить, что вспышки новых звёзд определяются теми же причинами, что и у повторно-новых, то полученная советскими учёными зависимость даёт возможность оценить промежуток времени между вспышками для обычных новых порядка 5 тысяч лет. В Галактике должно быть около миллиона звёзд, дающих вспышки новых. Наше Солнце к таким звёздам не принадлежит.

Сверхновые звёзды вспыхивают во внегалактических туманностях в среднем раз в 500—600 лет и в максимуме достигают светимости, в десятки

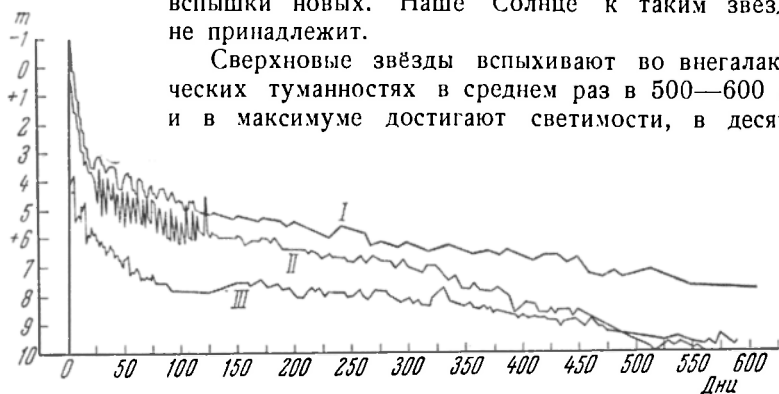


Рис. 60. Кривые блеска Новой Орта 1918 г. (I), Новой Персея 1901 г. (II) и Новой Близнецов 1912 г. (III).

миллионов раз превосходящей светимость Солнца. По своему блеску сверхновая в максимуме сравнима со всей галактикой, в которой она вспыхнула, т. е. даёт столько же света, сколько его дают все звёзды этой галактики, вместе взятые.

Подобно новым звёздам блеск сверхновых после максимума постепенно уменьшается. В спектре сверхновой видны широкие полосы излучения, свидетельствующие о грандиозных скоростях расширения (несколько тысяч километров в секунду).

По мнению ленинградских учёных А. И. Лебединского и Л. Э. Гуревича вспышка сверхновой звезды обусловлена взрывом в недрах звезды вследствие быстрого освобождения внутриатомной энергии при ядерных реакциях. Для обычных новых этот взрыв происходит в периферийной области звезды и ведёт к сбрасыванию оболочки.

В нашей Галактике в 1572 и в 1604 гг. вспыхнули сверхновые звёзды. Первую из них наблюдал Тихо Браге, вторую Кеплер. В 1054 г. вспыхнула сверхновая звезда, от которой ныне осталась медленно расширяющаяся «Крабовидная туманность», совпадающая с мощным источником радиоизлучения (см. стр. 141).

Недавно установлено, что слабая кольцевая диффузная туманность, находящаяся в созвездии Кассиопеи ( $\alpha = 23^h 21^m 12^s$ ,  $\delta = +58^\circ 32'$ ; координаты 1950 года) и совпадающая с самым мощным из известных источников радиоизлучения, образовалась в результате вспышки сверхновой звезды в 369 г. н. э. Вспышка эта вполне подтверждается записями в хрониках того времени.

## 10. Галактическая система. Млечный Путь

Звёздная система, в которую входит солнечная система, называется Галактикой. Она состоит из звёзд различного типа, из звёздных облаков, скоплений, звёздных ассоциаций, газовых и пылевых туманностей, облаков межзвёздного газа, рассеянной космической пыли и отдельных атомов. Своё название Галактика получила от Млечного Пути, который по-гречески называется  $\gamma\alpha\lambda\alpha\acute{\xi}\iota\alpha\varsigma$  — млечный.

В ясную безлунную ночь Млечный Путь опоясывает всё небо светлой полосой неодинаковой ширины, неодинаковой яркости и сложного строения. Птолемей первый дал его подробное описание, но лишь после изобретения телескопа Галилей открыл истинную природу Млечного Пути. В телескоп ясно видно, что сплошное сияние Млечного Пути состоит из света громадного числа далёких и слабых звёзд, не различимых в отдельности и сливающихся в один светящийся пояс. В телескоп, а в особенности на фотографиях, ясно видно звёздное строение туманной полосы Млечного Пути (рис. 61).

Лучшее время для наблюдения Млечного Пути в средних широтах северного полушария Земли — тёмные, безлунные ночи июля-августа-сентября. В наших широтах мы видим не весь Млечный Путь. Нужно отправиться далеко на юг, чтобы обозреть его целиком. Дуга, которая поднимается над нашим горизонтом, смыкается под ним в полный круг, проходящий через созвездия: Единорог, Малый Пёс, Орион, Близнецы, Телец, Возничий, Персей, Жираф, Кассиопея, Андромеда, Цефей, Ящерица, Лебедь, Лисичка, Лира, Стрела, Орёл, Щит, Стрелец, Змееносец, Южная Корона, Скорпион, Наугольник, Волк, Южный Треугольник, Кентавр, Циркуль, Южный Крест, Муха, Киль, Парус и Корма.

Средняя линия Млечного Пути представляет собой большой круг, наклонённый к плоскости небесного экватора под углом в  $62^\circ$  и пересекающийся с ним в точках с прямым восхождением  $18^h40^m$  (созвездие Орла) и  $6^h40^m$  (созвездие Единорога)\*). Точки пересечения галактического экватора с небесным экватором называются узлами по аналогии с точками пересечения планетных и лунной орбит с эклипкой. Восходящий узел галактического экватора находится в созвездии Орла, нисходящий — в Единороге. Северный полюс Галактики находится в созвездии Волос Вероники ( $\alpha = 12^h40^m$ ,  $\delta = +28^\circ$ ), а южный — в созвездии Скульптора ( $\alpha = 0^h40^m$ ,  $\delta = -28^\circ$ ).

Млечный Путь не имеет резких границ; в его состав входит большое число светлых звёздных облаков, особенно многочисленных и ярких в его южной части, в созвездиях Стрельца, Скорпиона и Щита. Там находится центр всей нашей звёздной системы — Галактики (его координаты:  $\alpha = 262^\circ$ ,  $\delta = -30^\circ$ ). В этих же частях Млечного Пути особенно выделяются тёмные облака — тёмные туманности; некоторые из них носят весьма образное название «угольных мешков». Центральные части Галактики скрыты от нас этими

---

\*) См. примечание на стр. 171.

тёмными туманностями. Если бы их не было, то Млечный Путь был бы в этом направлении в тысячу раз ярче.



Рис. 61. Газово-пылевая туманность NGC 7000 (Америка) и газовая туманность IC 5067 (Пеликан) около  $\alpha$  Лебеда в области Млечного Пути. (Снимок получен на большом менисковом телескопе Горной астрофизической обсерватории АН Казахской ССР в Алма-Ате.)

В созвездии Лебеда начинается тёмная полоса, которая на некотором участке делит Млечный Путь на две части. Она проходит через созвездия Орла, Змеи, Стрельца и Скорпиона. Тёмные туманности,

а также тёмная полоса Млечного Пути образуются облаками космической пыли, поглощающими свет далёких звёзд.

Таким образом, причудливая и неправильная форма полосы Млечного Пути является следствием ряда причин: 1) действительного облакообразного распределения звёзд в нашей Галактике, 2) общей их тенденции к сгущиванию в направлении к центру нашей системы и к её средней плоскости (так называемая галактическая концентрация) и 3) наличия большого числа облаков мельчайшей космической пыли, образующих тёмные туманности различной формы, размеров и различной оптической толщи, т. е. различной поглощательной способности. Наличие облаков тёмной материи и рассеянной диффузной материи, состоящей из газа и из космической

пыли, вызывает общее и избирательное (селективное) поглощение света, которое проявляется: 1) в ослаблении видимого блеска звёзд и 2) в их покраснении. В результате первого в формулу (7) входит видимая звёздная величина  $m$ , искажённая поглощением света, что приводит к преувеличению расстояния до звезды, определённого по этой формуле. Советский астроном П. П. Паренго разработал теорию учёта межзвёздного поглощения света и дал удобные таблицы для определения истинных звёздных расстояний. По-

окраснение вызывает увеличение показателя цвета. Разность наблюдаемого показателя цвета и нормального, свойственного данному спектральному классу, называется *избытком цвета*. Избыток цвета звезды характеризует поглощение света на пути от звезды до наблюдателя.

Помимо пылевой материи в межзвёздном пространстве находится очень разрежённая газовая среда, состоящая главным образом из водорода, а также из некоторого количества атомов гелия, углерода, кислорода, азота, натрия, кальция и некоторых молекул:  $\text{CH}$ ,  $\text{NH}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ .

Кроме рассеянного газового вещества имеются отдельные газовые облака. Средняя плотность газа в Галактике ничтожна и равна всего  $6 \cdot 10^{-24} \text{ г/см}^3$  (несколько атомов на  $1 \text{ см}^3$  пространства), но общая его масса велика и почти достигает массы всех звёзд Галактики.

Исследование строения самого Млечного Пути и распределения по нему звёзд различной звёздной величины привели к выяснению

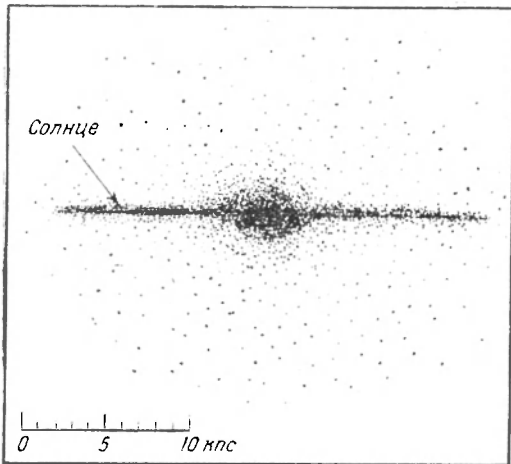


Рис. 62. Общий вид Галактики, рассматриваемой извне. Стрелкой помечено положение Солнца, находящегося почти точно в плоскости Галактики.

формы Галактики. Она оказалась похожей на двояковыпуклую линзу или карманные часы (рис. 62). Наше Солнце находится почти в точности в средней плоскости Галактики на расстоянии около 7200 парсеков, или 23 500 световых лет от центра системы, имеющей диаметр около 26 000 парсеков  $= 800 \cdot 10^{15}$  км  $= 85$  000 световых лет.

Последние работы, в частности советских астрономов, обнаруживают такие особенности строения нашей системы, которые наглядно показывают её сходство с внегалактическими спиральными туманностями.

На Крымской астрофизической обсерватории в 1949 г. В. Б. Никонов, А. А. Калиняк и инж. В. И. Красовский с помощью электронно-оптического преобразователя с фотопластинкой и фильтром впервые получили фотографию ядра нашей Галактики. Фотографирование проведено в инфракрасных лучах (с длиной волны 9700А) с выдержкой около полчаса. На снимках отчётливо видно ядро сферической

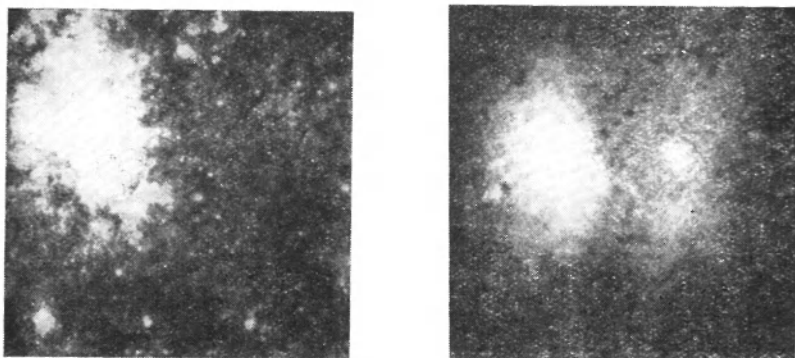


Рис. 63. Справа — фотография ядра Галактики, полученная В. Б. Никоновым, А. А. Калиняком и В. И. Красовским в инфракрасных лучах, слева — обычная фотография той же области.

формы (рис. 63). Половина ядра совпадает с известным ярким облаком в созвездии Стрельца, а другая половина на обычных снимках не выходила, так как она загорожена облаками тёмной материи. Угловой диаметр ядра более  $9^\circ$ , что соответствует линейным размерам не менее 1200 парсеков.

Изучение звёздных движений указывает на то, что вся наша звёздная система вращается вокруг оси, перпендикулярной к средней плоскости Галактики. Однако Галактика вращается не как твёрдое тело; движения звёзд в Галактике напоминают движения планет вокруг Солнца, — чем дальше от центра вращения, тем медленнее движение. Солнце движется по своей орбите вокруг центра Галактики со скоростью 250 км/сек и совершает полный оборот примерно в 180 миллионов лет. Общая масса Галактики  $8 \cdot 10^{10}$  масс Солнца, общее число звёзд  $120 \cdot 10^9$ ,

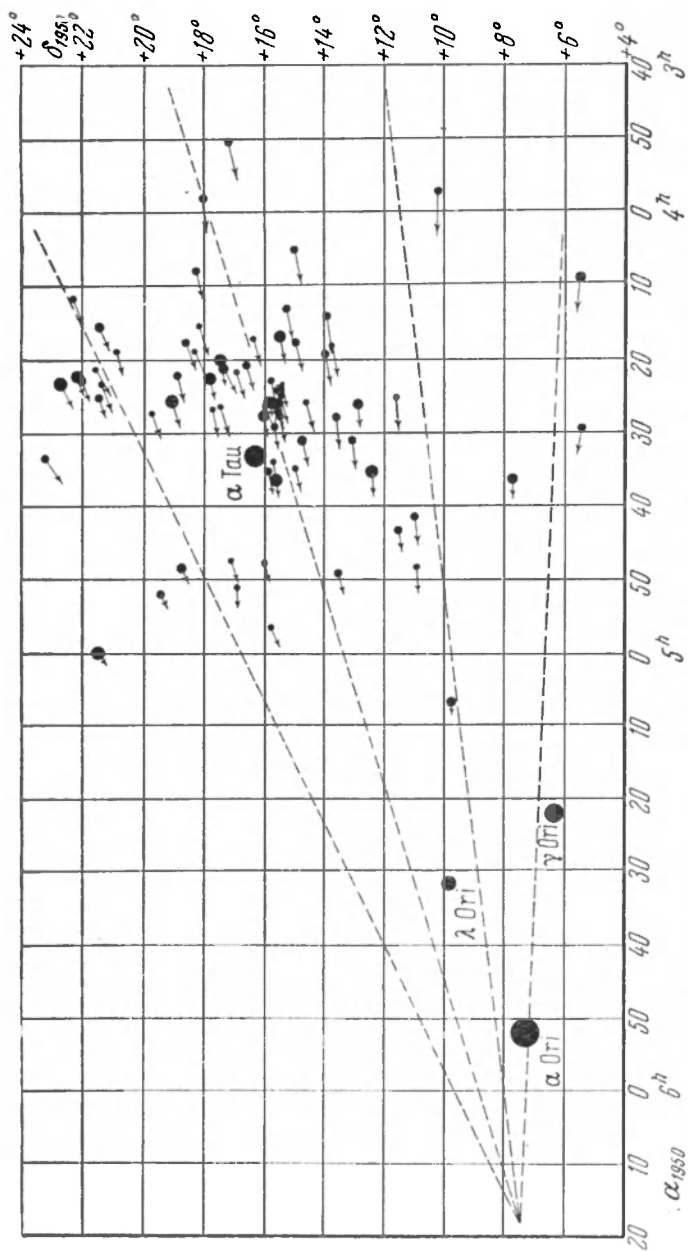


Рис. 64. Гиалы — движущееся галактическое звёздное скопление в Тельце (стрелками показано движение звёзд скопления за 50 000 лет, пунктирные линии определяют направление на точку схождения — апекс движущегося скопления).

## 11. Звёздные скопления

На небе даже невооружённым глазом можно заметить несколько мест, где звёзды сгущаются и образуют как бы единую систему. Исследование показало, что звёзды в таких сгущениях физически связаны друг с другом и движутся параллельными путями (рис. 64)\*). Эти сгущения называются *рассеянными звёздными скоплениями*.

Можно определить расстояние до звёзд, входящих в движущееся скопление, если знать их угловые расстояния  $\theta$  от точки схождения (вертекса) скопления и лучевую скорость  $V_r$  хоть одной из звёзд скопления (рис. 65):

$$V_t = V_r \operatorname{tg} \theta,$$

с другой стороны,

$$V_t = 4,74 \frac{\mu}{\pi},$$

откуда

$$\pi = \frac{4,74 \mu}{V_r \operatorname{tg} \theta}.$$

Тогда для любой звезды, принадлежащей этому скоплению, будем иметь:

$$\pi = \frac{4,74 \mu}{V \sin \theta},$$

где  $V = V_r \sec \theta$  легко получить из чертежа. Наиболее заметны из рассеянных скоплений: Плеяды (рис. 66) и Гиады в Тельце, Ясли в

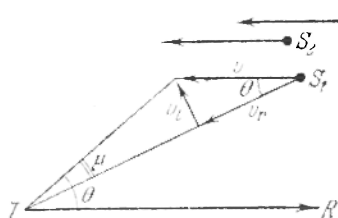


Рис. 65. Определение расстояния до движущегося скопления.

созвездии Рака, двойное скопление  $\gamma$  и  $\eta$  Персея (рис. 67), Волосы Вероники. Сейчас известно около 500 рассеянных скоплений, подавляющее большинство которых видно только в телескоп. Всего в Галактике, вероятно, несколько десятков тысяч таких скоплений. Каждое скопление состоит из десятков, а иногда из сотен звёзд. Диаметры скоплений — в среднем около 5 парсеков. Пространственную плотность звёзд вблизи центра скопления можно характеризовать тем, что для наблюдателя там сверкало бы на небе около 40 звёзд, в десятки раз более ярких, чем Сириус на нашем небе.

Рассеянные скопления характеризуются большой галактической концентрацией, т. е. располагаются в основном вблизи средней плоскости Галактики. Состав рассеянных скоплений весьма разнообразен. В некоторые скопления входят звёзды от карликов до гигантов класса K; в другие — только карлики и звёзды класса B.

\*) Как и в случае метеорных потоков, сходящиеся в некоторой точке неба направления собственных движений звёзд говорят о параллельном движении звёзд в пространстве. По законам перспективы направление от наблюдателя к точке схождения параллельно направлению движения звёзд в пространстве.



Рис. 66. Плеяды и пылевые туманности вокруг главных звёзд скопления (см. карту и звёздные величины звёзд скопления на стр. 366). (Фотография получена на Горной астрофизической обсерватории АН Казахской ССР с менисковым телескопом.)



Иной характер имеют *шаровые* звёздные скопления (рис. 68). Известно 98 шаровых скоплений, каждое из которых состоит из десятков тысяч звёзд, в большей или меньшей степени скученных к центру скопления. Большинство шаровых скоплений богато звёздами-гигантами и сверхгигантами, в основном спектральных классов А—G. Расстояния до шаровых скоплений определяются по

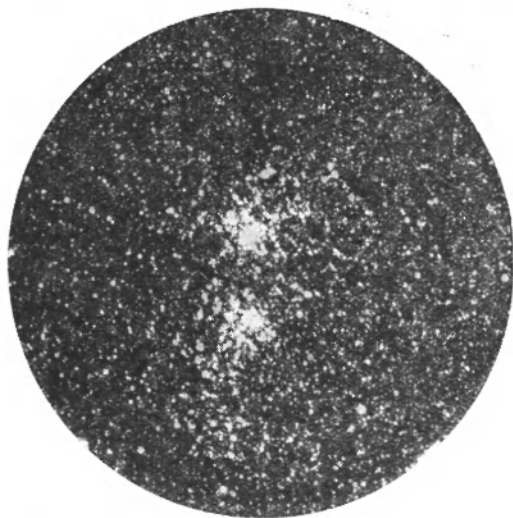


Рис. 67. Галактическое двойное звёздное скопление X и h Персея.

открытым в них цефеидам. Диаметры таких скоплений обычно заключены в пределах от 40 до 130 парсеков. Интегральные светимости (абсолютные звёздные величины) от  $-5^m$  до  $-10^m$ . Пространственная плотность звёзд в шаровом скоплении в тысячи раз больше, чем в окрестностях Солнца\*). Шаровые скопления встречаются на большой высоте над средней плоскостью Галактики; все вместе они образуют систему сферической формы, центр которой совпадает с центром Галактики. Всего в Галактике, вероятно, около 250 шаровых скоплений. Они обнаружены также в некоторых других звёздных системах\*\*).

В 1947 г. чл.-корр. АН СССР В. А. Амбарцумян открыл новый вид звёздных групп — *звёздные ассоциации*. В ассоциации входят звёзды сравнительно редких типов. Есть ассоциации неправильных

\*) Среднее расстояние между звёздами в окрестностях Солнца 3 парсека; средняя плотность: 1 звезда на 10 кубических парсеков.

\*\*) Яркие звёздные скопления, галактические диффузные и внегалактические туманности обозначают номерами одного из следующих каталогов: каталога Мессье (например, М 101), Нового Общего Каталога (New General Catalogue) Дрейера (например, NGC 224) и двух дополнительных к нему томов Index Catalogue (например, IC 1214).

переменных звёзд, есть ассоциации, состоящие из горячих и ярких звёзд. Ассоциации нелегко отыскать на небе, так как звёзды в них не так скучены, как в обычных звёздных скоплениях, и теряются на

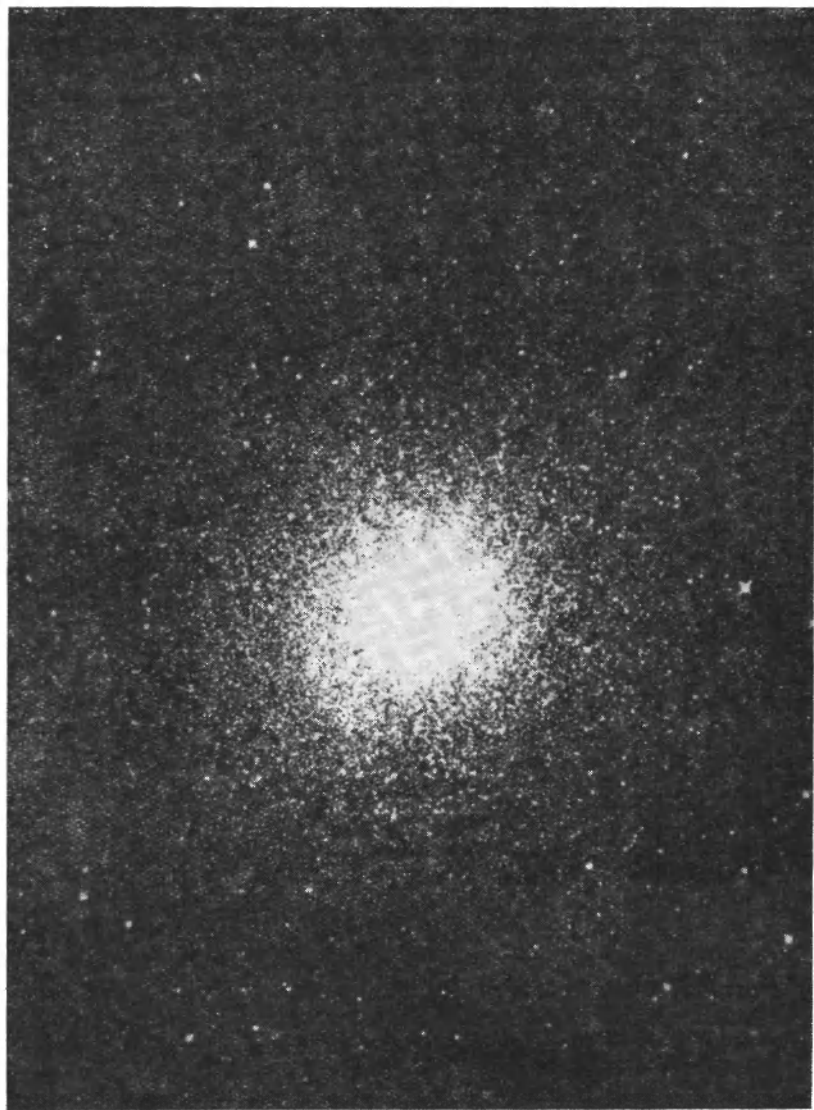


Рис. 68. Шаровое звёздное скопление  $\omega$  Кентавра.

общем звёздном фоне. Только исследование физических особенностей звёзд позволяет выявить их как членов звёздной ассоциации. Ассоциации неустойчивы вследствие того, что взаимное притяжение между

её членами ничтожно, а притяжение всей звёздной системы — Галактики — стремится разрушить всякое скопление звёзд — рассеять его членов. Звёздные ассоциации существуют не более нескольких миллионов лет — срок весьма малый по сравнению с возрастом всей нашей звёздной системы. Отсюда следует вывод, что звёздные ассоциации представляют собой содружества звёзд общего происхождения, причём процесс звёздообразования происходил сравнительно недавно и, следовательно, весьма возможно, происходит и в наши дни.

В центре звёздной ассоциации часто находят кратные звёзды и звёздные скопления. Открытие звёздных ассоциаций намечает совершенно новые пути решения вопроса о происхождении звёзд (см. стр. 143) и наносит удар по ненаучным идеалистическим теориям некоторых западных учёных, утверждающих одновременное появление всех звёзд в каком-то едином «акте творения».

## 12. Галактические туманности

Видимые даже простым глазом туманности в созвездиях Андромеды и Ориона принадлежат к двум совершенно различным классам. *Газовые*, или *диффузные* туманности, подобные туманности Ориона (рис. 69), имеют неправильную форму. Они называются также *галактическими* туманностями и представляют собой облака метеоритной пыли и газов, освещённые яркими, наиболее горячими и массивными звёздами, которые расположены поблизости или даже внутри самих облаков. Бывают туманности со спектром поглощения, другие обнаруживают спектр излучения (эмиссионный). В этом случае имеет место не только отражение света звезды туманностью, но и свечение (подобное флюоресценции) вещества туманности, «возбуждённого» излучением звезды. Имеются также светящиеся облака, лишённые освещающих их звёзд. Их свечение может явиться следствием встречи и взаимопроникновения двух облаков тёмной пылевой материи.

В последние годы акад. Г. А. Шайн с помощью светосильных камер и особых светофильтров с узкой полосой пропускания возле водородной линии  $H_{\alpha}$  открыл существование новых, до сих пор неизвестных водородных туманностей. Они совершенно не видны на обычных фотографиях (см. рис. 70). Кроме чисто водородных туманностей Г. А. Шайном и В. Ф. Газе на Крымской астрофизической обсерватории открыты новые газово-пылевые туманности. Название «галактические туманности» мало удачно, так как газовые туманности имеются также в других звёздных системах — других галактиках. Так, например, в состав Большого Магелланова Облака входит гигантская газовая туманность, известная под названием 30 Золотой Рыбы или «Тарантул». На расстоянии туманности Ориона она занимала бы видимую площадь всего этого созвездия; от её блеска предметы на Земле давали бы заметные тени.



Рис. 69. Диффузные туманности в созвездии Ориона: NGC 1977 (к северу) и NGC 1982 (к югу). (Снимок получен на большом менисковом телескопе в Алма-Ате.)

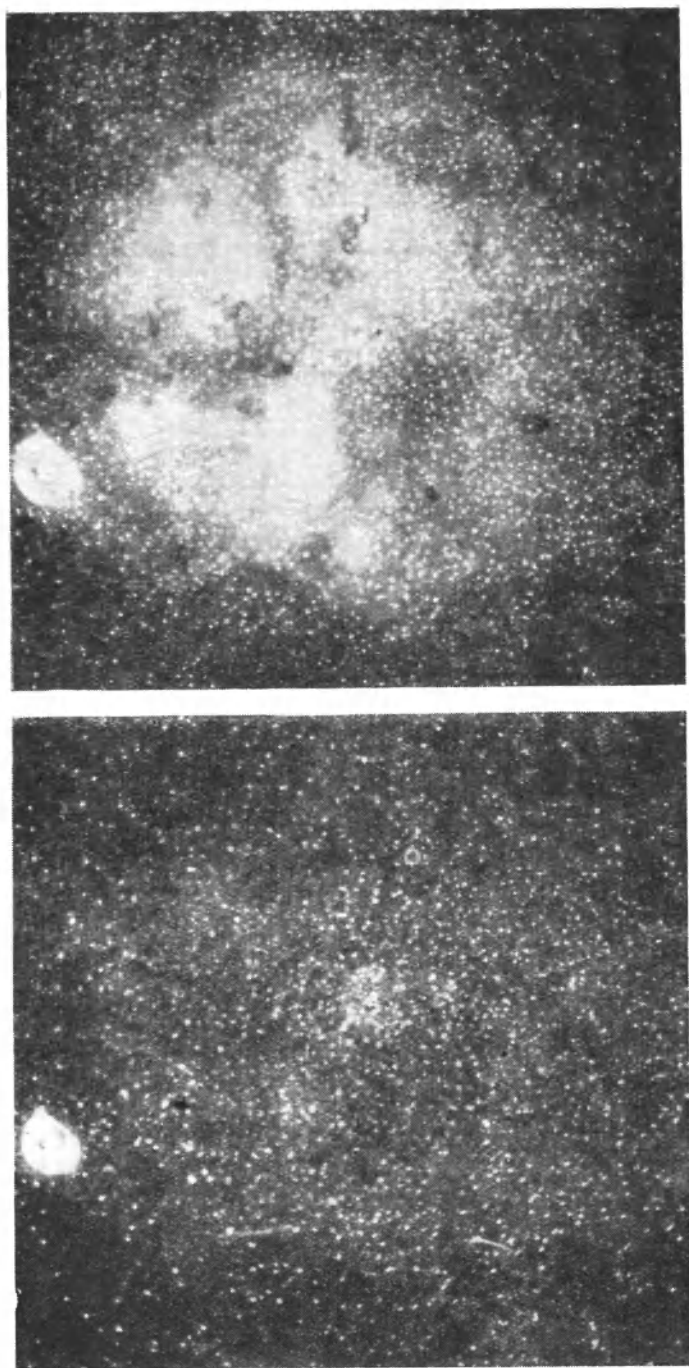


Рис. 70. Водородная туманность: справа — снимок в лучах линии  $H_{\alpha}$ , слева — снимок в фотографических лучах. (Получены акад. Г. А. Шайном и В. Ф. Газе на Крымской астрофизической обсерватории АН СССР.)

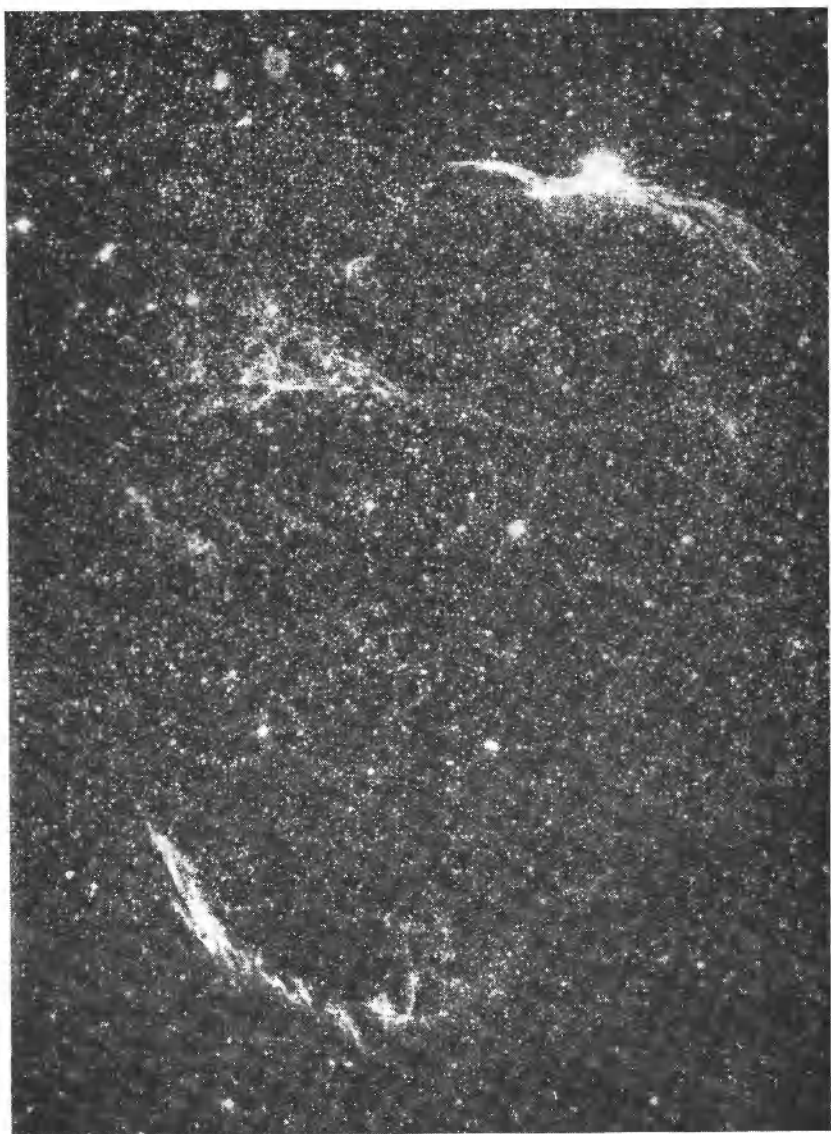


Рис. 71. Облака диффузной материи в созвездии Лебедя. (Фотография получена на Астрономической обсерватории им. Энгельгардта.)

Разновидностью газовых туманностей являются так называемые *планетарные* туманности (рис. 72). Это мало удачное название было дано потому, что некоторые из этих туманностей в телескоп несколько напоминали зеленоватые диски далёких планет Урана и Нептуна. Они представляют собой весьма разрежённую газовую оболочку, светящуюся под действием излучения слабой, но очень горячей ( $50\,000 - 100\,000^\circ\text{K}$ ) звезды, находящейся в её центре.

Вероятнее всего, эти туманные оболочки сродни тем, которые с большими скоростями сбрасываются новыми звёздами во время

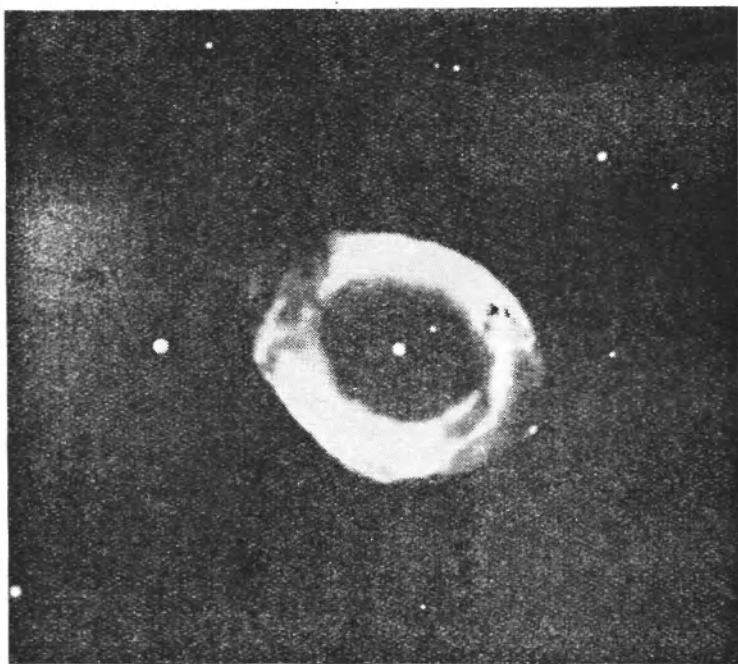


Рис. 72. Планетарная туманность в Лире (NGC 6720).

вспышек. И оболочки новых звёзд, и оболочки планетарных туманностей расширяются во все стороны. Если плотность оболочки невелика, то она представляется нам в виде кольца, так как в этом случае луч зрения, касательный к оболочке шаровой формы, пронизывает большую толщу светящей материи. Диаметры планетарных туманностей составляют от 3000 а. е. до нескольких световых лет. Известно около 400 планетарных туманностей. Всего их в Галактике, вероятно, несколько десятков тысяч.

Особый класс галактических туманностей представляют собой упомянутые выше *тёмные* туманности. Их особенно много в полосе Млечного Пути, где они ясно выделяются на ярком фоне звёздных облаков. Тёмные туманности представляют собой облака космиче-

ской пыли, которая поглощает свет звезд, лежащих за нею. Размеры частиц этой пылевой материи порядка  $0,1\mu$ . Средняя плотность облаков космической пыли составляет  $10^{-23} — 10^{-24} \text{ г/см}^3$ .

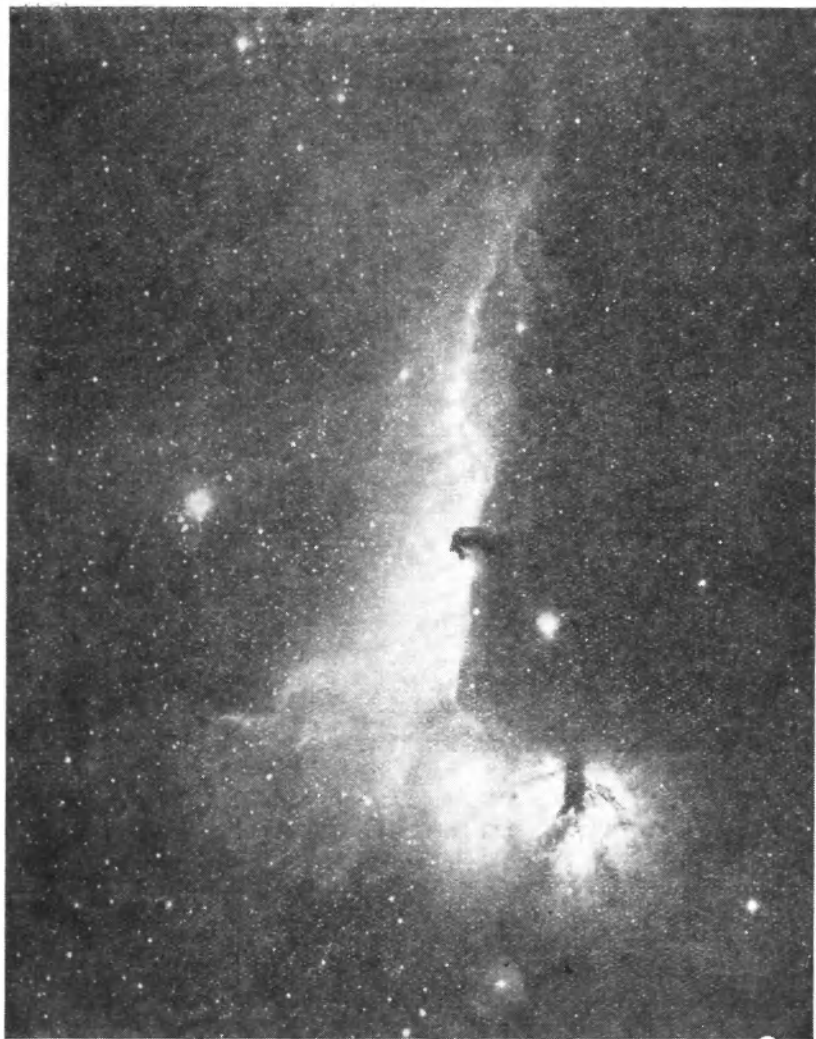


Рис. 73. Область около тёмной туманности «Конская голова» близ  $\zeta$  Ориона. (Фотография получена в красных лучах на большом менисковом телескопе Горной обсерватории АН Казахской ССР в Алма-Ате.)

В последнее время в разных местах Млечного Пути, в частности около туманности М 8, в яркой диффузной туманности, окружающей рассеянное скопление NGC 2244 и в туманности NGC 281 обнаружено несколько десятков крошечных тёмных объектов



шаровой формы, названных *глобулами*. Они имеют диаметры от 10 000 до 35 000 а. е., а в NGC 2244 — даже меньше 4000 а. е. Некоторые исследователи предполагают, что глобулы являются одной из форм образования звёзд — возможно, что в настоящее время из них конденсируются звёзды (о происхождении звёзд см. стр. 143).

В табл. LI и LII дан список галактических туманностей различного типа, доступных наблюдению со скромными средствами любителя.

### 13. Внегалактические туманности

*Внегалактические* туманности, примером которых может служить туманность Андромеды, видимая невооружённым глазом в безлунную ночь, представляют собой такие же звёздные системы, как наша Галактика; некоторые из этих туманностей обнаруживают большое сходство с ней. По внешнему виду различают: 1) *неправильные*, 2) *эллиптические* и 3) *спиральные* туманности, причём эллиптические туманности отличаются друг от друга степенью сплюснутости, а спиральные — степенью развитости спиральных ветвей\*). Внешний вид спиральной туманности зависит от угла, который составляет наш луч зрения со средней плоскостью симметрии системы. Некоторые из них мы видим «плащмя», другие «с ребра» (рис. 74), большинство же мы рассматриваем под некоторым углом.

В настоящее время доказано, что не только ветви спиралей, но и их ядра и эллиптические туманности состоят из звёзд.

В спиральных туманностях в Андромеде (рис. 75), Треугольнике (рис. 76), Гончих Псах (рис. 77), а также в Магеллановых Облаках (рис. 78), относящихся к типу неправильных туманностей, обнаружены многие черты, характерные для нашей Галактики. Так, например, в них были найдены переменные и новые звёзды, газовые туманности и шаровые скопления. Оказалось, что цефеиды внегалактических туманностей подчиняются той же зависимости «период — светимость», что и переменные нашей системы\*\*). Это, с одной стороны, свидетельствует о единстве законов природы во всей вселенной, а с другой стороны, даёт возможность определять огромные расстояния до галактик, в которых обнаружены цефеиды.

Для нескольких сот туманностей были определены смещения линий в спектрах. У 92% этих туманностей обнаружено смещение линий в красную часть спектра. Это — так называемое «красное смещение» в спектрах внегалактических туманностей. Если это смещение является следствием эффекта Допплера-Белопольского, значит,

\*) Тип туманности обозначается буквами: I — неправильные, E — эллиптические, S — спиральные. Сжатость эллиптической туманности обозначается дополнительной цифрой (от 0 до 7), а степень развитости ветвей спиральных туманностей обозначается дополнительными буквами a, b или c. Индекс «с» характеризует хорошо развитые ветви, которые можно проследить почти до самого центра ядра.

\*\*) Впервые эта зависимость была обнаружена у цефеид Матого Магелланова Облака.

туманности как бы разбегаются во все стороны; при этом оказывается, что лучевая скорость туманности тем больше, чем туманность

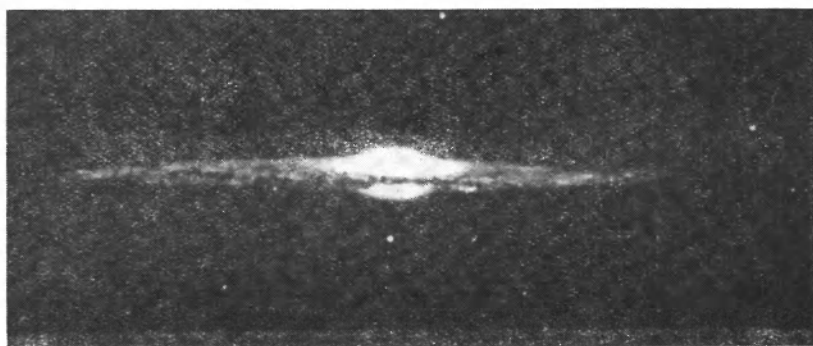


Рис. 74. Спиральные туманности, видимые с ребра.

дальше. Зависимость «скорость — расстояние» имеет линейный вид, т. е. скорость прямо пропорциональна расстоянию, причём на

каждый миллион световых лет положительная лучевая скорость увеличивается на  $150 \text{ км/сек}$ . Подлинная причина красного смещения



Рис. 75. Внегалактическая спиральная туманность в созвездии Андромеды (М 31) с двумя эллиптическими спутниками. (Снимок получен в синих лучах на большом менисковом телескопе Горной обсерватории АН Казахской ССР в Алма-Ате. Центральная часть передержана; север вверх.)

ещё не известна, но, невзирая на это, описанная зависимость даёт возможность довольно уверенно определять расстояния удалённых



Рис. 76. Туманность в созвездии Треугольника (М 33).

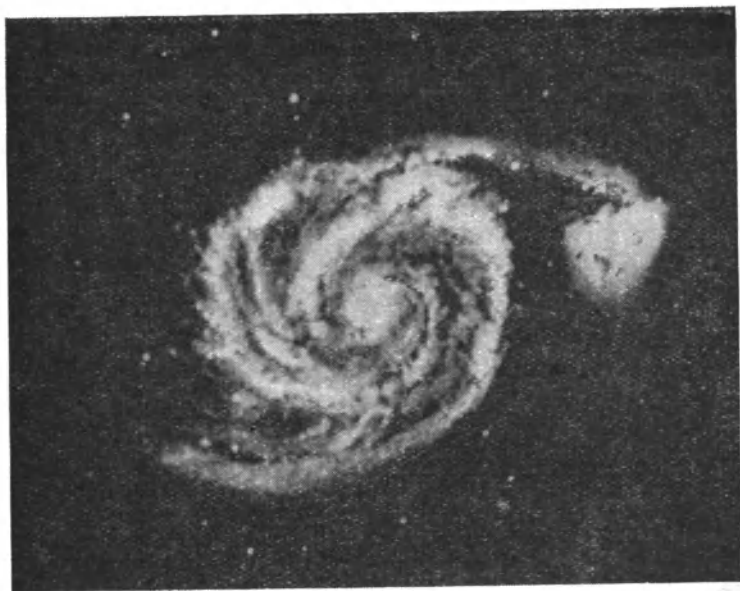


Рис. 77. Туманность в созвездии Гончих Псов (М 51).

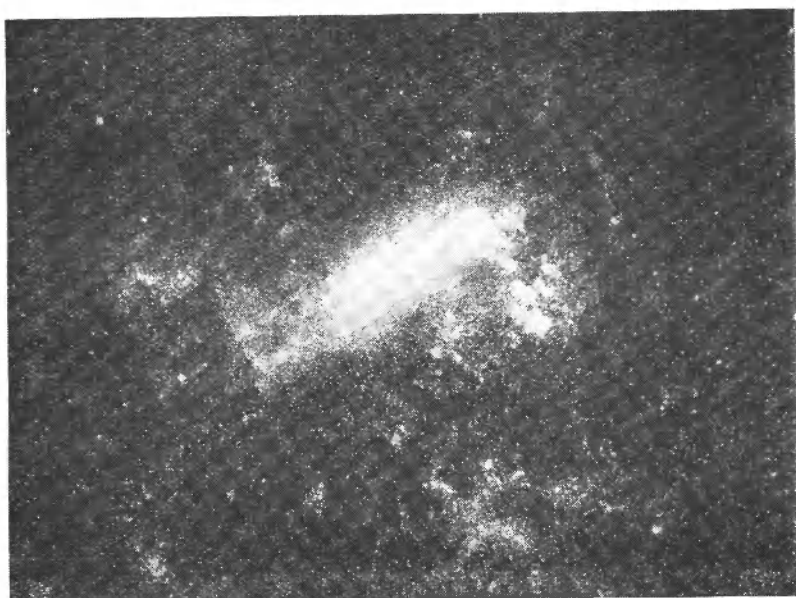
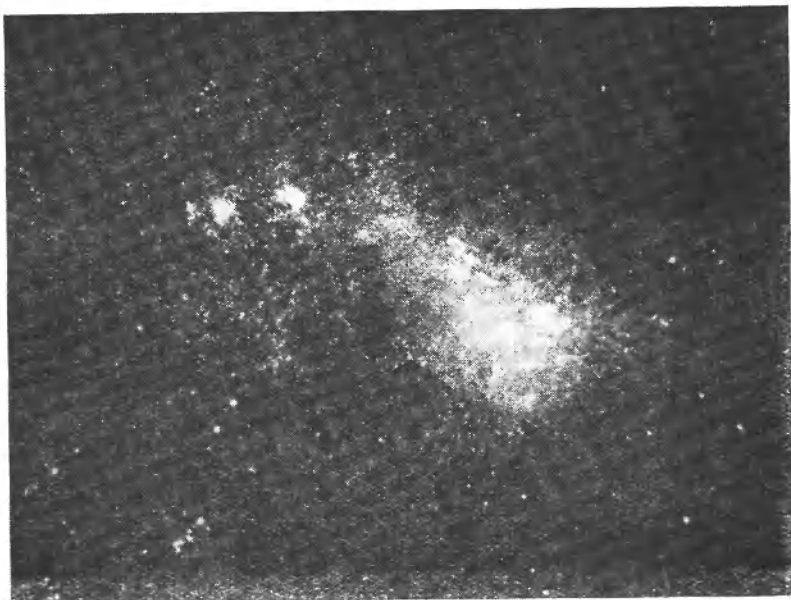


Рис. 78. Магеллановы Облака (вверху — Малое, внизу — Большое).

туманностей но их лучевым скоростям. Наша материалистическая наука решительно отвергает идеалистические выводы, которые делают некоторые реакционные учёные, рассуждая о красном смещении в спектрах галактик и о создании всей вселенной в одной точке 3 миллиарда лет назад.

**Местная группа галактик.** Работами последних лет установлено наличие местной группы галактик — ближайших соседей нашей звёздной системы. Наиболее удалённая от нас галактика из

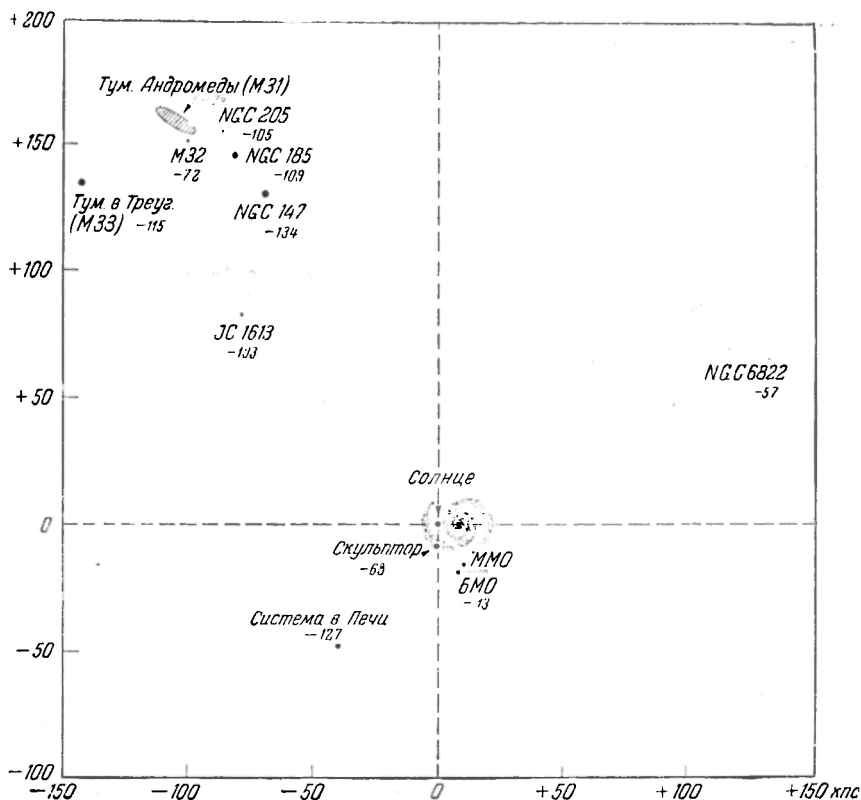


Рис. 79. Местная группа галактик. По осям отложены расстояния в килопарсеках. Солнце находится в начале координат.

числа членов этой группы отстоит на 250 000 парсеков от Солнца. в то время как следующая ближайшая туманность находится на расстоянии 800 000 парсеков. Среднее расстояние между галактиками примерно на один порядок (т. е. в 10 раз) больше их средних размеров. Местная группа состоит из 15 членов (рис. 79): трёх спиральных туманностей (включая нашу Галактику), одной эллиптической и одиннадцати неправильных туманностей типа Магеллановых Облаков или неправильных эллиптических туманностей. В неё входят большая туманность Андромеды с её спутниками, спиральная туман-

ность в Треугольнике, а также звёздные системы в созвездиях Печи и Скульптора. В табл. 19 приведены основные сведения о членах местной системы галактик. На рис. 79 показано расположение туманностей в проекции на плоскость Галактики. Числа около каждой туманности показывают, на сколько килопарсеков эту туманность

Таблица 19

Местная группа галактик \*)

№	Член местной системы	Тип	Расстояние в килопар- секах	Влияние интерг. звезд. ве- личина	Интер- абсол. звезд. величина	Диаметр	
						видимый	линей- ный в килопар- секах
1	Галактика . . . . .	Sb	—	—	—18 <sup>m</sup>	—	26
2	M 31 (Большая туман- ность Андромеды) . . .	Sb	205 **)	5 <sup>m</sup>	—17,9	7°,0	25
3	LMC (Большое Магелла- ново Облако) . . . . .	I	23,4	0,5	—16,2	12°	4,6
4	M 33 (Туманность в Тре- угольнике) . . . . .	Sc	230	7,8	—15,4	62'	4,3
5	SMC (Малое Магелла- ново Облако) . . . . .	I	25,6	1,5	—15,5	8°	3,6
6	M 32 (Спутник туманно- сти Андромеды) . . . .	E2	19 **)	9,5	—12,9	5'	0,29
7	Система в Печи . . . . .	E	142	9,0	—11,9	50'	2,1
8	NGC 205 (Спутник туман- ности Андромеды) . . .	E5p	206 **)	10,8	—11,6	15',8	1,1
9	NGC 6822 . . . . .	I	161	11,0	—10,8	20'	0,94
10	IC 1613 . . . . .	I	225	—	—10,8	17'	1,1
11	Система в Скульпторе . .	E	69	9,0:	—10,6	45'	0,90
12	NGC 185 (Далёкие спут- ники туманности	E	200**)	11,8	—10,7	14',5	0,86
13	NGC 147 Андромеды) . .	E	200**)	12,1	—10,4	14',1	0,83
14	Система близ α Льва . .	E4	200:***)	—	—	17'	1,0
15	Система близ ο Льва . .	E0	200:	—	—	15'	1,0

\*) Возможные члены местной группы галактик: IC 10 (Sc?), IC 342 (Sc), NGC 6946 (Sc).

\*\*) С учётом поглощения света в пространстве.

\*\*\*) Неуверенные определения.

надо приподнять над плоскостью чертежа или опустить под плоскость, чтобы составить правильное представление об её пространственном положении. Точками вокруг Галактики показаны самые удалённые шаровые скопления.

Относительно окружающих нас внегалактических туманностей наша Галактика движется со скоростью 210 км/сек в направлении, которое в настоящее время определяется положением созвездия Единорога.

Современные телескопы позволяют обнаружить (фотографическим путём) более 100 миллионов внегалактических туманностей. Открыты скопления (облака) галактик, как бы образующие более сложные

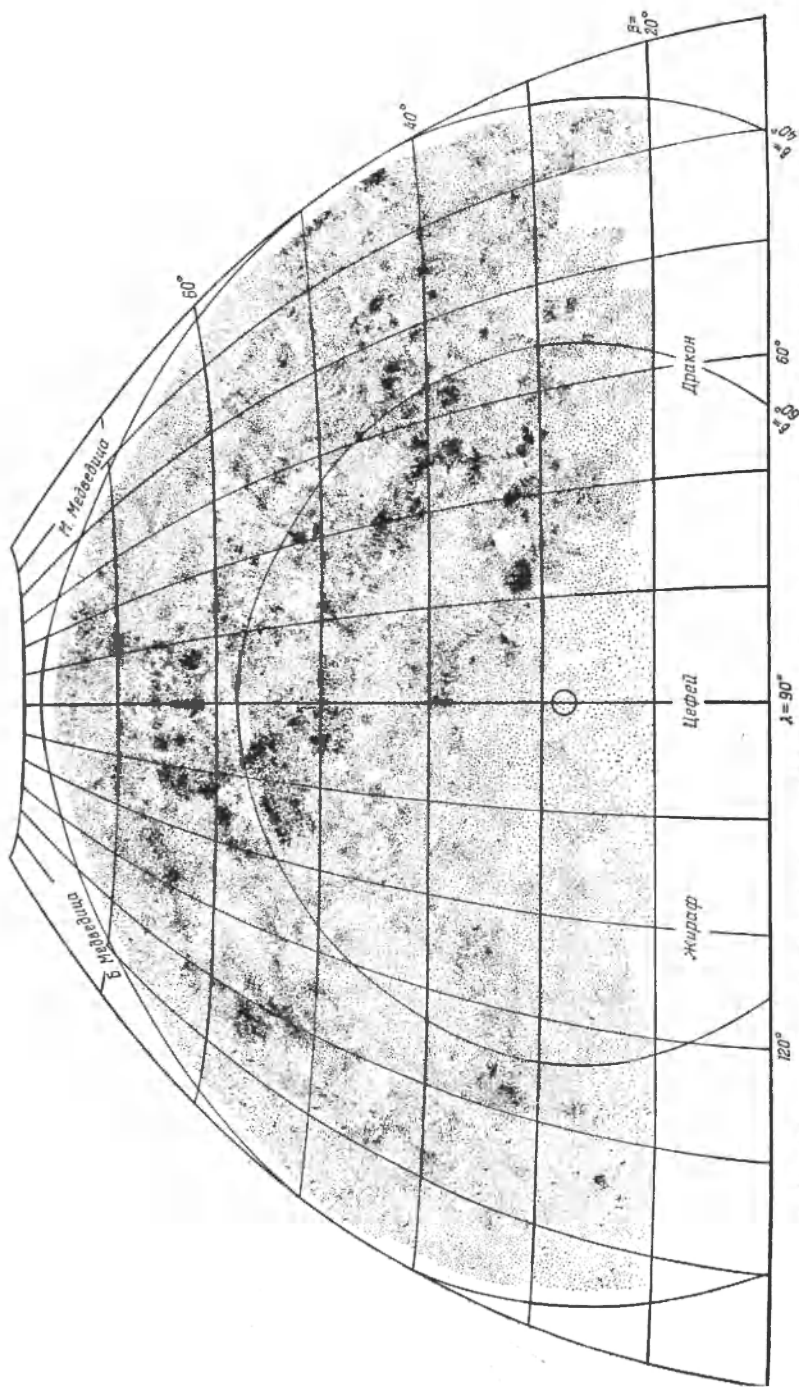


Рис. 80. Облака галактик. Распределение 80 000 галактик на площади в 3 600 квадратных градусов.



системы во вселенной. Некоторые из них приведены в табл. 20. На рис. 80 показано распределение по небу 36 000 галактик в области, покрывающей около 0,1 всего неба. Самые удалённые галактики, которые ещё можно сфотографировать, расположены на расстоянии 500 миллионов световых лет. Иногда всю область вселенной, доступную в настоящее время наблюдениям, называют Метагалактикой.

Таблица 20

Список некоторых скоплений галактик

Созвездие, в котором расположено скопление галактик	Число га- лактик в ско- плении	Видимый диаметр скопления	Расстояние в млн. пар- сек.	Диаметр скопления в млн. пар- сек.
Волосы Вероники . . . . .	800	1,7	16	0,45
Дева . . . . .	500	12,0	2	0,4
Персей . . . . .	500	2,0	10,5	0,35
Большая Медведица . . .	300	0,7	24	0,28
Рак . . . . .	150	1,0	11	0,17
Пегас . . . . .	100	1,0	8	0,13
Рак . . . . .	70	0,16	24	0,068

Однако Метагалактикой не исчерпывается вся вселенная. Вселенная бесконечна в пространстве, и бесчисленны наполняющие её звёзды и звёздные системы. Вселенная бесконечна и во времени — не было начала и не будет конца её существованию. Меняются лишь формы существования материи. Она движется в том вечном круговороте материи, о котором писал Энгельс: «... круговорот, в котором каждая конечная форма существования материи — безразлично, солнце или туманность, отдельное животное или животный вид, химическое соединение или разложение — одинаково преходяща и в котором ничто не вечно, кроме вечно изменяющейся, вечно движущейся материи и законов её движения и изменения» («Диалектика природы», Госнолитиздат, 1950, стр. 18).

Вся современная астрономия служит прекрасным показателем необычайной мощи человеческого ума, стремящегося познать закономерности окружающего нас мира и покорить, заставить себе служить силы природы. Не столь поразительны бездонные глубины небес, сколь острота и изобретательность постигающего их человеческого ума. Проф. А. А. Михайлов очень ярко выразил это следующими словами: «Человеческой мысли потребовалось лишь несколько тысячелетий, чтобы проникнуть туда, куда свет доходит лишь в сотни миллионов лет».

#### 14. Радиоастрономия

Почти с самого начала развития радиофизики и использования радиосвязи стало очевидным, что электрические свойства различных слоёв земной ионосферы (см. стр. 32) влияют на распространение радиоволн в земной атмосфере. Ионизованные слои

атмосферы служат отражателями для радиоволн и позволяют осуществлять радиосвязь на длинных волнах на большие расстояния. Электрические свойства ионосферы испытывают изменения и колебания, зависящие от состояния солнечной активности (см. стр. 49).

Изучение свойств ионосферы привело радиофизиков к очень важному для астрономии открытию. В 1931 г. было обнаружено радиоизлучение космического происхождения — радиоизлучение Млечного Пути. С этого времени началось специальное изучение радиоизлучения астрономических объектов при помощи особых радиоприёмных устройств, получивших название радиотелескопов.

За последние годы было обнаружено, что общее радиоизлучение Галактики состоит из двух частей. Одна из них показывает заметную галактическую концентрацию (см. стр. 119), наличие максимума в области центра Галактики и ряд «спектральных» особенностей (т. е. особенностей в распределении интенсивности радиоизлучения по длинам волн). Источником этого радиоизлучения являются облака межзвёздного газа, ионизованного светом близлежащих горячих звёзд. Другая часть общего галактического радиоизлучения не обнаруживает галактической концентрации. Она связана с излучением энергии свободными электронами, движущимися с громадными скоростями в слабых магнитных полях, которые существуют в разрежённой среде между облаками межзвёздного газа.

С 1946 г. обнаружено, что помимо указанного общего радиоизлучения Галактики существует более ста отдельных интенсивных источников радиоизлучения, имеющих столь малые угловые размеры, что эти источники получили название точечных источников радиоизлучения\*). Распределение их по небу и другие данные говорят о том, что большинство их связано с другими галактиками. Некоторые же точечные источники радиоизлучения имеют галактическое происхождение. Оказалось, что угловые размеры их доходят до 20'. Они были названы радиотуманностями. Ряд мощных радиотуманностей отождествлён с остатками оболочек, сброшенных во время вспышек сверхновых звёзд (см. стр. 116) в нашей Галактике. Таковы, например, Крабовидная туманность (рис. 81) в созвездии Тельца, которая возникла в результате вспышки сверхновой звезды в 1054 г.\*\*), радиотуманность на месте сверхновой 1572 г. (так называемой звезды Тихо Браге), мощная туманность в созвездии Кассиопеи, где в 369 г. н. э. в течение шести месяцев наблюдалась яркая сверхновая звезда, и т. д. Другие радиотуманности представляют собой обычные диффузные туманности, ионизованные горячими звёздами. Радиоизлучение радиотуманностей, связанных со сверхновыми

---

\*) Их называли одно время радиоизвёздами и пытались определять размеры, массы, пространственную плотность и другие звёздные характеристики этих объектов.

\*\*) Эта вспышка подтверждается древнекитайскими хрониками.

звёздами, и радиоизлучение в других галактиках, повидимому, определяются так называемым тормозным излучением быстрых электронов, движущихся в слабых магнитных полях. Радиоизлучение диффуз-



Рис. 81. Радиотуманность «Крабовидная туманность».

ных туманностей есть тепловое излучение составляющего их ионизованного газа.

Проблема радиоизлучения туманностей — остатков сверхновых — тесно связана с проблемой происхождения космических лучей.

Советским учёным принадлежат важные теоретические и экспериментальные работы в области радиоастрономии.

## 15. Происхождение звёзд

Проблема происхождения и развития звёзд является важнейшей и интереснейшей задачей современной астрономии.

Астрофизикой и звёздной астрономией накоплено множество фактов, касающихся разнообразных космических объектов вселенной. Правильную оценку и анализ этих фактов можно сделать, только руководствуясь методом диалектического материализма, опираясь на достижения всей астрономии и смежных с ней наук. Попытки некоторых учёных капиталистического Запада решать проблемы космогонии в отрыве от наблюдений, без твёрдой философской основы, привели к глубокому кризису буржуазной науки, к созданию ненаучных, идеалистических, реакционных теорий, вроде теории создания звёзд «из ничего», или теории одновременного образования всех звёзд Галактики, теории одновременного образования всех галактик в одной точке и их последующего разбегания и т. д.

Советская астрономия добилась значительных успехов в разработке проблем звёздной космогонии. Этому, в частности, очень помогли исследования звёзд, находящихся на поворотных этапах своего развития — переменных звёзд, новых звёзд, звёзд с яркими линиями в спектрах, а также изучение звёздных ассоциаций (см. стр. 124) и некоторых других неустойчивых кратных систем.

Основным достижением советской космогонии является установление очень важного факта: процесс образования звёзд в Галактике происходит и в настоящее время. Это доказывается существованием неустойчивых звёздных ассоциаций.

В самые последние годы на Горной астрофизической обсерватории Академии наук Казахской ССР с новым большим менисковым телескопом системы Д. Д. МаксUTOва (см. рис. 140), дающим исключительно чёткие изображения самых тонких деталей диффузных туманностей, акад. В. Г. Фесенков и Д. А. Рожковский обнаружили волокна газово-пылевой материи, разбившиеся на ряд туманных сгустков (рис. 83). Изучение устойчивости таких волокон показывает, что они могли возникнуть не более, чем десяток тысяч лет назад. По мнению В. Г. Фесенкова эти сгустки представляют собой звёзды малой массы и низкой светимости в самой ранней стадии их образования.

Анализируя всю совокупность известных данных о звездах, мы уже можем нарисовать в общих чертах картину происхождения и развития звёзд\*), по крайней мере звёзд главной последовательности на диаграмме «спектр — светимость» (стр. 94).

Образование звёзд происходит группами, состоящими из десятков и сотен звёзд. Они возникают из вещества, которое, вероятно, образовалось в результате длительного процесса конденсации диффузной материи. Возникшая звезда находится в неустойчивом состоянии, — она быстро вращается, происходит мощное истечение веще-

---

\*) Точнее сказать, один из возможных путей образования звёзд.

ства с её поверхности; в это время звезда занимает на диаграмме «спектр — светимость» место несколько выше средней линии главной последовательности, причём, повидимому, молодые звёзды могут

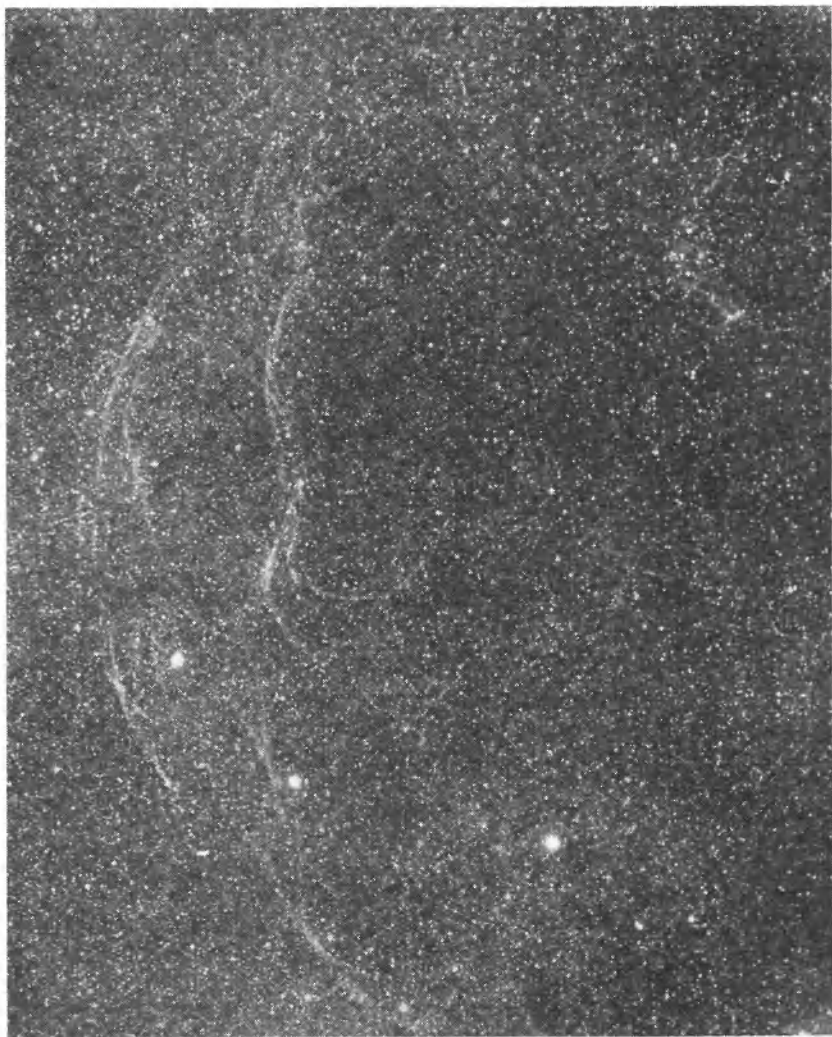


Рис. 82. Волокнистые туманности в созвездии Возничего. (Снимок получен на большом менисковом телескопе в Алма-Ате.)

принадлежать различным спектральным классам. Вероятно, место звезды на этом графике определяется массой того первоначального сгустка материи, из которого образовалась звезда. В течение сравнительно короткого промежутка времени в десятки миллионов лет

светимость звезды падает, на диаграмме она переходит на самую главную последовательность зависимости «спектр — светимость». За это время мощность истечения вещества значительно слабеет. Масса звезды иногда значительно уменьшается, вращение звезды вокруг своей оси замедляется. В дальнейшем звезда продолжает медленно терять свою массу и продвигается вдоль главной последовательности

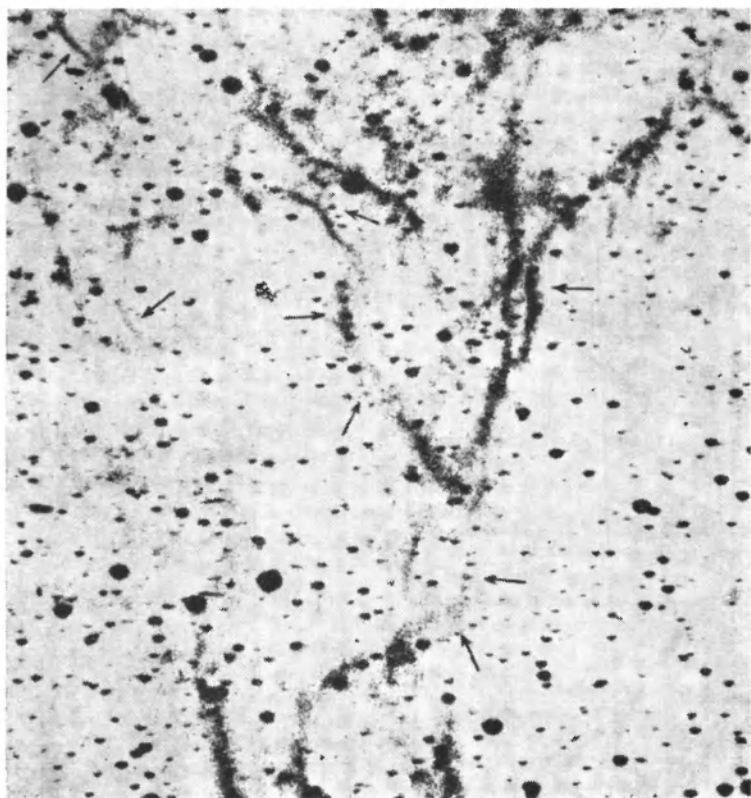


Рис. 83. Волокнистые туманности в созвездии Лебедя. (Снимок получен на большом менисковом телескопе в Алма-Ате в красных лучах.)

сверху вниз; заметное продвижение вдоль последовательности требует миллиардов и даже десятков миллиардов лет. Трудно говорить о дальнейшей судьбе звёзд главной последовательности; нет ещё ясности в вопросе о происхождении звёзд других последовательностей.

Особенностью нашей звёздной системы является обилие двойных, тройных и вообще кратных звёзд (стр. 104). К кратным же звёздам можно отнести звёзды, обладающие невидимыми пока для нас спутниками (см. стр. 107). Солнце с его планетами так-

же можно рассматривать как своеобразную кратную звезду. Нет никаких оснований считать нашу солнечную систему особенной или единственной. Несомненно, что образование кратных звёзд должно подчиняться тем же законам, что и образование одиночных звёзд.

Совещание по звёздной космогонии, созванное в мае 1952 г. Академией наук СССР, подвело итоги достижениям советских учёных в этой области и наметило ряд вопросов, ещё требующих работы.

---

## ГЛАВА II

### НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО МАТЕМАТИКЕ

Решение ряда задач практической астрономии, а также первоначальная обработка результатов наблюдений могут потребовать некоторых знаний в области математики и вычислительной техники. Ниже даются краткие сведения по этим вопросам.

#### 1. Системы обозначений больших чисел

Для обозначения больших чисел существует две системы, введенные для наглядности в табл. 21. У нас принята первая система. Очень употребительно также сокращенное обозначение больших чисел, которое использует математики, содержащие различные степени числа 10. В этой системе число 100 обозначается как  $10^2$ , число 1000 как  $10^3$ , число 1580 может быть записано либо как  $15,8 \cdot 10^2$ , либо  $1,58 \cdot 10^3$ , и т. д.

#### 2. Логарифмы

Логарифмы — это особая система чисел, действия с которыми удобнее действий с соответствующей им системой обыкновенных чисел, так как умножение и деление заменяются более простыми действиями сложения и вычитания, а возвышение в степень и извлечение корня — умножением и делением. Употребление логарифмов, для которых составлены подробные таблицы, упрощает громоздкие вычисления.

Таблица 21

Название чисел

Сокращ. обознач.	I система	II система
$10^6$	миллион	миллион
$10^9$	миллиард (биллион)	
$10^{12}$	триллион	биллион
$10^{15}$	квадриллион	
$10^{18}$	квинтиллион	триллион
$10^{21}$	секстиллион	
$10^{24}$	септиллион	квадриллион
$10^{27}$	октиллион	
$10^{30}$	нониллион	квинтиллион
$10^{33}$	дециллион	



Десятичным логарифмом некоторого числа  $a$  называется показатель той степени, в которую надо возвести *основание* 10, чтобы получить число  $a$ . Таким образом 1 есть логарифм числа 10, так как  $10^1 = 10$ ; 2 есть логарифм числа 100, так как  $10^2 = 100$ ; 3 — логарифм 1000; в сокращённой записи:

$$\lg 10 = 1, \quad \lg 100 = 2, \quad \lg 1000 = 3.$$

Таблицы логарифмов дают значение логарифма для любого числа с той точностью, с которой вычислены таблицы. Так, например:  $\lg 20 = 1,30103$  по пятизначным таблицам логарифмов. При вычислениях с логарифмами надо помнить следующие правила:

$$1) \lg(a \cdot b) = \lg a + \lg b;$$

$$2) \lg\left(\frac{a}{b}\right) = \lg a - \lg b;$$

$$3) \lg(a^b) = b \lg a;$$

$$4) \lg(\sqrt[b]{a}) = \frac{\lg a}{b}.$$

5) Логарифмы чисел, выражающихся единицей с нулями, являются целыми положительными числами:

$$\lg 10 = 1, \quad \lg 100 = 2, \quad \lg 1000 = 3, \quad \lg 10\,000 = 4 \text{ и т. д.}$$

Логарифмы десятичных дробей, выражающихся нулями после запятой и единицей, являются целыми отрицательными числами:

$$\lg 0,1 = -1, \quad \lg 0,01 = -2, \quad \lg 0,001 = -3 \text{ и т. д.}$$

Логарифм единицы равен нулю:  $\lg 1 = 0$ .

6) При положительном основании отрицательные числа не имеют логарифмов. Однако для удобства вычислений, в которых встречаются в качестве множителей отрицательные числа, условились логарифм отрицательного числа изображать следующим образом: найдя логарифм по абсолютной величине числа, приписывают букву « $n$ »; так, например,  $\lg(-71) = 1,85126n$ . Когда приходится складывать или вычитать логарифмы со значками « $n$ », надо иметь в виду правило знаков при умножении и делении: а именно, два « $n$ » (вообще говоря, чётное число « $n$ ») дают в итоге положительное число, одно « $n$ » (нечётное число « $n$ ») — отрицательное. Таким образом, если складываются три логарифма со значком « $n$ » и два логарифма без него, то сумма логарифмов сопровождается значком « $n$ ».

7) Логарифмы чисел от 10 до 100 лежат между 1 и 2 и выражаются смешанной дробью, логарифмы чисел от 100 до 1000 заключены между 2 и 3 и т. д., причём число знаков после запятой (десятичных) зависит от точности употребляемых таблиц и определяется требованиями задачи.

Целая часть логарифма называется «характеристикой», а дробная часть — «мантиссой»; так, например, в  $\lg 20 = 1,30103$  число 1 есть характеристика, а 0,30103 — мантисса.

Для удобства вычислений для числа, меньшего единицы, мантиссу логарифма делают всегда положительной, увеличивая на единицу его отрицательную характеристику. Так, например, число 0,2 можно представить как 1:5. Тогда, по свойству (2):

$$\lg 0,2 = \lg 1 - \lg 5, \text{ т. е. } 0,00000 - 0,69897 = -0,69897.$$

Прибавив к характеристике отрицательную единицу, а к мантиссе положительную единицу, получим следующее обозначение логарифма:  $\bar{1},30103$  или при другом способе обозначения  $0,30103 - 1$ , где мантисса 0,30103 уже положительная. Иногда запись логарифма выглядит следующим образом:  $\lg 0,2 = 9,30103 - 10$ , где характеристика равна  $+9$ , мантисса 0,30103 также положительна, а для указания того, что число меньше единицы, добавлено  $-10$ . Эта система обозначений наиболее употребительна, причём число  $-10$  обычно не пишется, а держится в уме.

При сложении и вычитании логарифмов не забывайте производить те же действия и с отрицательными единицами (или десятками), которые определяют порядок величины. Для облегчения отыскания числа по его логарифму существуют таблицы так называемых антилогарифмов. Вычислив логарифм произведения суммированием логарифмов множителей, можно найти само произведение по таблицам антилогарифмов.

Получать приближённые значения логарифмов, а также производить действия умножения и деления, возведения в квадрат и извлечения квадратного корня можно легко на счётной или логарифмической линейке, которая является чрезвычайно удобным и во многих случаях достаточно точным вычислительным прибором.

### 3. Об измерении углов

Угол между двумя направлениями можно измерить дугой окружности, имеющей центр в вершине угла. Обычно окружность делится на 360 частей\*), именуемых градусами ( $360^\circ$ ), каждый градус делится на 60 минут ( $60'$ ), каждая минута — на 60 секунд ( $60''$ ). Всю окружность принято делить на четыре *квадранта*. Угол от 0 до  $90^\circ$  находится в первом квадранте, от  $90$  до  $180^\circ$  — во втором и т. д.

В сущности говоря, при измерении углов имеет значение не сама дуга окружности, а её отношение к длине всей окружности, которая определяется её радиусом. Как известно, отношение полной длины любой окружности к её диаметру (обозначаемое греческой буквой  $\pi$ ) выражается постоянным числом

$$\pi = 3,141592653589793...$$

Поэтому, помимо градусного измерения углов, можно ввести так называемую «отвлечённую меру» углов, в которой каждый угол

\*) Деление окружности на 360 частей имеет астрономическое происхождение: ещё в древности было замечено, что Солнце в сутки проходит среди звёзд  $\frac{1}{360}$  часть окружности.

определяется соответствующей ему дугой окружности, делённой на её радиус. В этой «отвлечённой мере» угол, соответствующий всей окружности, т. е.  $360^\circ$ , будет равен

$$\frac{2\pi R}{R} = 2\pi.$$

Угол в  $180^\circ$  в отвлечённой мере выразится числом  $\pi$ , угол в  $1^\circ$  выразится числом  $\frac{2\pi}{360} = 0,0174533 \dots$ , приблизительно равным  $\frac{1}{57,3}$ .

Угол в  $57,3$  стягивается дугой, равной радиусу. Отсюда происходит название *радиан*, а отвлечённая мера углов часто называется измерением углов в радианах.

Следовательно, поперечник небесного объекта, который виден под углом в  $1^\circ$ , в  $57,3$  раза меньше отделяющего нас от него расстояния. Углом в  $1'$  и  $1''$  соответствуют  $\frac{1}{3438}$  и  $\frac{1}{206265}$  части расстояния.

Обратный переход от отвлечённой меры углов к градусной совершается умножением на  $57,3$ , если надо выразить угол в градусах, на  $3438$  — в минутах, на  $206265$  — в секундах.

В астрономии весьма употребительно выражение углов в единицах времени, т. е. в часах, минутах и секундах. Этот счёт углов связан с тем, что угол поворота вращающейся Земли пропорционален времени. Угол в  $360^\circ$  будет выражаться углом в  $24^h$  ( $1^h = 15^\circ$ ),  $1^\circ = 4^m$  и т. д. Для перевода одной системы измерений углов в другую служат табл. XXVIII и XXIX.

#### 4. Тригонометрические функции

Так называемые тригонометрические функции угла дают возможность составить простые и удобные для вычислений соотношения между длиной сторон и величинами углов различных треугольников и решать задачи нахождения неизвестных элементов треугольников по известным.

В прямоугольном треугольнике (рис. 84) следующие соотношения между сторонами  $a$ ,  $b$  и  $c$  дают основные тригонометрические функции угла  $\alpha$ :

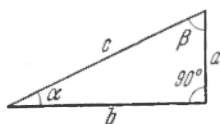


Рис. 84. Прямоугольный треугольник.

$$\frac{a}{c} = \sin \alpha \quad (\text{синус}),$$

$$\frac{b}{c} = \cos \alpha \quad (\text{косинус}),$$

$$\frac{a}{b} = \operatorname{tg} \alpha \quad (\text{тангенс}),$$

$$\frac{b}{a} = \operatorname{ctg} \alpha \quad (\text{котангенс}),$$

$$\frac{c}{b} = \sec \alpha \quad (\text{секанс}),$$

$$\frac{c}{a} = \operatorname{cosec} \alpha \quad (\text{косеканс}).$$

Применяя к этому треугольнику теорему Пифагора, получаем первое из соотношений между тригонометрическими функциями

угла  $\alpha$ :

$$a^2 + b^2 = c^2 \text{ или } \frac{a^2}{c^2} + \frac{b^2}{c^2} = 1,$$

т. е.

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1.$$

Другие функции связаны соотношениями:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\operatorname{ctg} \alpha} \text{ или } \operatorname{ctg} \alpha = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}; \sec \alpha = \frac{1}{\cos \alpha}; \operatorname{cosec} \alpha = \frac{1}{\sin \alpha}.$$

Если представить себе изменение угла  $\alpha$  связанным с перемещением точки  $M$  по окружности, радиус которой равен единице (рис. 85), то в этом масштабе тригонометрические функции угла  $\alpha$  будут выражаться соответственными отрезками:

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= AM, \\ \operatorname{tg} \alpha &= BC, \\ \sec \alpha &= OC, \\ \cos \alpha &= OA, \\ \operatorname{ctg} \alpha &= DC, \\ \operatorname{cosec} \alpha &= OC'. \end{aligned}$$

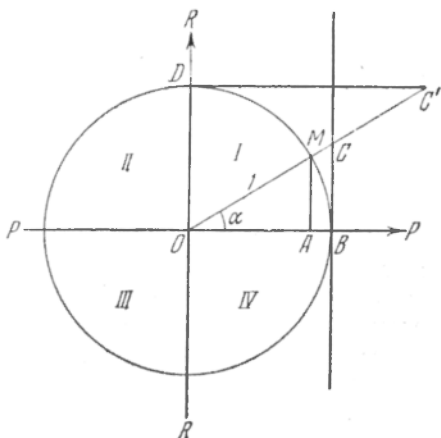


Рис. 85. Тригонометрические функции угла.

Отрезки, соответствующие  $\sin \alpha$  и  $\operatorname{tg} \alpha$ , считаются положительными вверх и отрицательными вниз от линии  $PP'$ , а  $\cos \alpha$  и  $\operatorname{ctg} \alpha$  положительными вправо от линии  $RR'$  и отрицательными влево. При изменении угла  $\alpha$  от  $0$  до  $360^\circ$  точка  $M$  последовательно переходит из I квадранта во II, затем в III и IV.

Распределение знаков тригонометрических функций по квадрантам приведено в табл. 22. Таблицы тригонометрических функций см. на стр. 396 (табл. LVI).

Таблица 22

#### Знаки тригонометрических функций в различных квадрантах

Квадрант	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{ctg} \alpha$	$\sec \alpha$	$\operatorname{cosec} \alpha$
I	+	+	+	+	+	+
II	+	-	-	-	-	+
III	-	-	+	+	-	-
IV	-	+	-	-	+	-

Для наглядного изображения многих периодических процессов весьма употребительны графики тригонометрических функций — синуса и косинуса и их комбинации. Представим функцию  $y = a \sin x$  графически, отложив по оси абсцисс угол  $x$  в угловой или радианной мере,

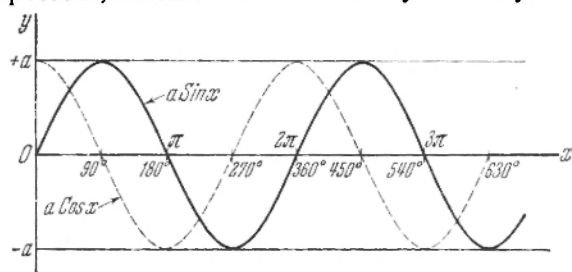


Рис. 86. Графики синусоиды  $a \sin x$  и косинусоиды  $a \cos x$ .

а по оси ординат  $a \sin x$ . Получим график, изображённый на рис. 86.

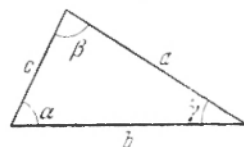


Рис. 87. Косоугольный треугольник.

Функция  $y = a \cos x$  (косинусоида) графически изображается синусоидой, сдвинутой по оси абсцисс на  $\frac{\pi}{2}$  (рис. 86, пунктирная кривая).

С помощью тригонометрических функций мы получаем следующие соотношения между сторонами и углами треугольников, используемые для решения треугольников, т. е. отыскания неизвестных элементов по известным:

а) Прямоугольный треугольник (рис. 84).

Пусть даны:

$c$ и $\beta$	$b$ и $\beta$	$b$ и $c$	$b$ и $a$
Тогда:			
$b = c \sin \beta,$	$c = \frac{b}{\sin \beta},$	$\sin \beta = \frac{b}{c},$	$\operatorname{tg} \beta = \frac{b}{a},$
$a = c \cos \beta,$	$a = \frac{b}{\operatorname{tg} \beta},$	$\alpha = 90^\circ - \beta,$	$\alpha = 90^\circ - \beta,$
$\alpha = 90^\circ - \beta,$	$\alpha = 90^\circ - \beta,$	$a = \frac{b}{\operatorname{tg} \beta},$	$c = \frac{b}{\sin \beta}.$

б) Косоугольный треугольник (рис. 87).

Пусть даны:

$b, c, \alpha$	$a, \beta, \gamma$	$a, b, c$
Тогда:		
$a \sin \beta = b \sin \alpha,$	$\alpha = 180 - (\beta + \gamma),$	$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{r}{s-a},$
$a \cos \beta = c - b \cos \alpha,$	$b \sin (\beta + \gamma) = a \sin \beta,$	$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{r}{s-b},$
$a \sin \gamma = c \sin \alpha,$	$c \sin (\beta + \gamma) = a \sin \gamma,$	$\operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} = \frac{r}{s-c},$
$a \cos \gamma = b - c \cos \alpha,$		
$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha,$		

где

$$s = \frac{1}{2}(a + b + c), \quad r = \sqrt{\frac{(s-a)(s-b)(s-c)}{s}},$$

## 5. Элементы сферической тригонометрии

Прежде всего отметим, что: 1) плоскость, проходящая через центр сферы, пересекает её по *большому кругу*; всякая иная секущая плоскость даёт в пересечении *малый круг*; 2) два больших круга пересекаются в двух диаметрально противоположных точках, которые делят круги пополам; 3) точка на сфере, равноотстоящая от всех точек большого круга, называется *полюсом* этого большого круга. Три точки сферы, не лежащие на одном большом круге и соединённые дугами больших кругов, образуют *сферический треугольник*. Стороны сферических треугольников обыкновенно меньше  $180^\circ$ , а сумма сторон не больше  $360^\circ$ . Сумма углов такого треугольника всегда больше  $180^\circ$ , но меньше  $540^\circ$ . Ни один угол не может

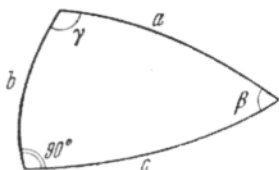


Рис. 88. Прямоугольный сферический треугольник.

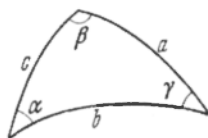


Рис. 89. Косоугольный сферический треугольник.

быть больше  $180^\circ$ . При очень малых размерах сферического треугольника можно пользоваться формулами плоской тригонометрии, а сумму углов считать равной  $180^\circ$ .

Даём основные формулы, из которых легко получить выражения неизвестных элементов сферического треугольника через известные:

а) Прямоугольный сферический треугольник (рис. 88).

$$\begin{array}{l|l|l} \cos a = \cos b \cos c, & \sin \beta = \frac{\sin b}{\sin a}, & \sin \gamma = \frac{\sin c}{\sin a}, \\ \cos a = \operatorname{ctg} \beta \operatorname{ctg} \gamma, & \cos \beta = \frac{\operatorname{tg} c}{\operatorname{tg} a}, & \cos \gamma = \frac{\operatorname{tg} b}{\operatorname{tg} a}, \\ \cos b = \frac{\cos \beta}{\sin \gamma}, & \operatorname{tg} \beta = \frac{\operatorname{tg} b}{\sin c} & \operatorname{tg} \gamma = \frac{\operatorname{tg} c}{\sin b}. \\ \cos c = \frac{\cos \gamma}{\sin \beta}, & & \end{array}$$

б) Косоугольный сферический треугольник (рис. 89).

Формулы синусов:

$$\begin{array}{l} \frac{\sin a}{\sin b} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}, \\ \frac{\sin b}{\sin c} = \frac{\sin \beta}{\sin \gamma}, \\ \frac{\sin c}{\sin a} = \frac{\sin \gamma}{\sin \alpha}, \end{array}$$

Формулы косинусов:

$$\begin{array}{l} \cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos \alpha, \\ \cos b = \cos c \cos a + \sin c \sin a \cos \beta, \\ \cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos \gamma, \\ \cos \alpha = -\cos \beta \cos \gamma + \sin \beta \sin \gamma \cos a, \\ \cos \beta = -\cos \gamma \cos \alpha + \sin \gamma \sin \alpha \cos b, \\ \cos \gamma = -\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta \cos c. \end{array}$$

Формулы пяти элементов:

$$\begin{array}{ll} \sin a \cos \beta = \cos b \sin c - & \sin a \cos \gamma = \cos c \sin b - \\ & - \sin b \cos c \cos \alpha, & - \sin c \cos b \cos \alpha, \\ \sin b \cos \gamma = \cos c \sin a - & \sin b \cos \alpha = \cos a \sin c - \\ & - \sin c \cos a \cos \beta, & - \sin a \cos c \cos \beta, \\ \sin c \cos \alpha = \cos a \sin b - & \sin c \cos \beta = \cos b \sin a - \\ & - \sin a \cos b \cos \gamma, & - \sin b \cos a \cos \gamma. \end{array}$$

**Переход от одной системы сферических координат \*) к другой.**

а) Переход от горизонтальной системы координат  $A, h$  к экваториальной системе координат  $\alpha, \delta$ :

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

причём

$$\alpha = s - t.$$

Для приведения этих формул к виду, удобному для логарифмирования, вводим вспомогательные угол  $M$  и величину  $m$ :

$$\begin{aligned} m \cos M &= \sin h, \\ m \sin M &= \cos A \cos h, \end{aligned}$$

откуда определяем  $M$  и  $m$ . Тогда

$$\begin{aligned} \sin \delta &= m \sin(\varphi - M), \\ \cos \delta \sin t &= \cos h \sin A, \\ \cos \delta \cos t &= m \cos(\varphi - M). \end{aligned}$$

б) Переход от экваториальных координат  $\alpha, \delta$  к горизонтальным  $A, h$ :

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

Аналогично предыдущему:

$$\begin{aligned} m \cos M &= \cos \delta \cos t, \\ m \sin M &= \sin \delta. \end{aligned}$$

Тогда

$$\begin{aligned} \sin h &= m \cos(\varphi - M), \\ \cos h \sin A &= \cos \delta \sin t, \\ \cos h \cos A &= m \sin(\varphi - M). \end{aligned}$$

в) Переход от экваториальных координат  $\alpha, \delta$  к эклиптическим  $\lambda, \beta$  (см. стр. 167—170):

$$\begin{aligned} \cos \beta \cos \lambda &= \cos \delta \cos \alpha, \\ \cos \beta \sin \lambda &= \cos \delta \sin \alpha \cos \varepsilon + \sin \delta \sin \varepsilon, \\ \sin \beta &= -\cos \delta \sin \alpha \sin \varepsilon + \sin \delta \cos \varepsilon. \end{aligned}$$

Аналогично предыдущему:

$$\begin{aligned} n \sin N &= \sin \delta, \\ n \cos N &= \cos \delta \sin \alpha. \end{aligned}$$

\*) См. стр. 164.

Тогда

$$\begin{aligned}\cos \beta \cos \lambda &= \cos \delta \cos \alpha, \\ \cos \beta \sin \lambda &= n \cos (N - \epsilon), \\ \sin \beta &= n \sin (N - \epsilon),\end{aligned}$$

где  $\epsilon = 23^{\circ}27'$  — наклонение эклиптики к экватору.

г) Переход от экваториальных координат  $\alpha, \delta$  к галактическим  $l, b$  (см. стр. 171):

$$\begin{aligned}\sin b &= \sin \delta \cos i - \cos \delta \sin i \sin (\alpha - \varpi), \\ \sin l \cos b &= \sin \delta \sin i + \cos \delta \cos i \sin (\alpha - \varpi), \\ \cos l \sin b &= \cos \delta \cos (\alpha - \varpi),\end{aligned}$$

где  $i = 62^{\circ}$  — угол наклона галактического экватора к небесному экватору,  $\varpi = 280^{\circ}$  — восходящий узел — точка пересечения этих двух экваторов, находящаяся в созвездии Орла.

Из приведённых формул можно получить следующие удобные для вычислений формулы:

$$\begin{aligned}\operatorname{tg} l &= 0,46947 \operatorname{tg} (\alpha + 80^{\circ}) + 0,88295 \operatorname{tg} \delta \sec (\alpha + 80^{\circ}), \\ \sin b &= -0,88295 \cos \delta \sin (\alpha + 80^{\circ}) + 0,46947 \sin \delta.\end{aligned}$$

На стр. 389 даны краткие таблицы перехода от экваториальных координат к галактическим.

Приближённый переход от одной системы координат к другой (с точностью до  $0^{\circ},5$ ) можно осуществить с помощью так называемой стереографической сетки (см. Приложение 4), которая даёт возможность приближённо решать большое число практических задач. Такими задачами являются определение угловых расстояний небесных светил по их координатам, определение моментов восхода и захода звёзд и многие другие.

## 6. Конические сечения

В астрономии при рассмотрении движения небесных тел часто используется уравнение конического сечения в полярных координатах  $r$  и  $v$  относительно начала, совпадающего с фокусом:

$$r = \frac{p}{1 + e \cos v},$$

где  $r$  — радиус-вектор,  $p$  — параметр \*),  $e$  — эксцентриситет, а угол  $v$  называется истинной аномалией (см. стр. 201).

К коническим сечениям относятся окружность, эллипс, парабола и гипербола. Своё общее название они получили оттого, что сечение прямого кругового конуса плоскостью даёт одну из этих кривых: плоскость, перпендикулярная к оси конуса (рис. 90), даёт окруж-

---

\*) Геометрически  $p$  есть половина хорды, проведённой через фокус перпендикулярно к главной оси.



ность; плоскость, параллельная образующей конуса, даёт незамкнутую кривую — параболу; всякое промежуточное сечение даёт замкнутую кривую — эллипс; всякое сечение плоскостью, проведённой под мень-

шим углом к оси конуса, чем образующая, даёт гиперболу, состоящую из двух ветвей.

Окружность характеризуется тем, что все её точки равноудалены от центра. Эксцентриситет окружности  $e=0$ . Таким образом радиус-вектор  $r$  окружности равен постоянной величине.

У эллипса (рис. 91) сумма расстояний любой его точки от двух

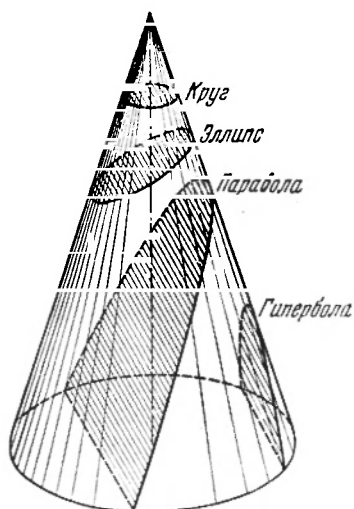


Рис. 90. Конические сечения.

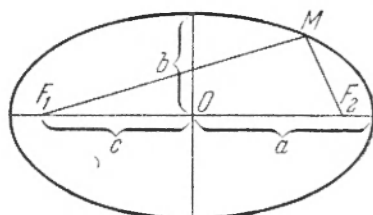


Рис. 91. Эллипс.

внутренних точек, называемых фокусами, остаётся величиной постоянной и равной большой оси эллипса:  $MF_1 + MF_2 = 2a$ . Степень вытянутости эллипса характеризуется величиной эксцентриситета

$$e = \frac{c}{a} = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a},$$

г. е. отношением расстояния фокуса от центра эллипса  $c$  к большой его полуоси  $a$ . Эксцентриситет эллипса всегда больше нуля, но меньше единицы. Зная эксцентриситет эллипса и его большую полуось, можно легко определить малую полуось эллипса по формуле

$$b = a \sqrt{1 - e^2}.$$

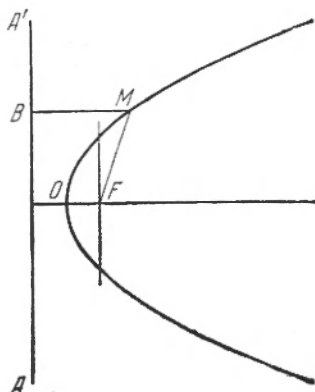


Рис. 92. Парабола.

При  $e=1$  получаем незамкнутую кривую — параболу (рис. 92). Характерным свойством параболы является постоянное равенство расстояний любой точки кривой от фокуса и от неподвижной прямой  $AA'$  (не проходящей через фокус), называемой директрисой:  $BM = MF$ . Точка  $O$  называется вершиной параболы;  $OF$  есть перигелийное расстояние  $q$ . Параметр параболы  $p = 2q$ .

Гипербола (рис. 93) — незамкнутая кривая (состоящая из двух отдельных ветвей) с эксцентриситетом  $e > 1$ . У гиперболы разность расстояний любой её точки от двух фокусов — величина постоянная:  $F_2M - MF_1 = 2a$ . Параметр гиперболы  $p = = a(e^2 - 1)$ . Прямые  $BB'$  и  $CC'$ , симметричные относительно оси гиперболы  $F_1F_2$ , называются её асимптотами.

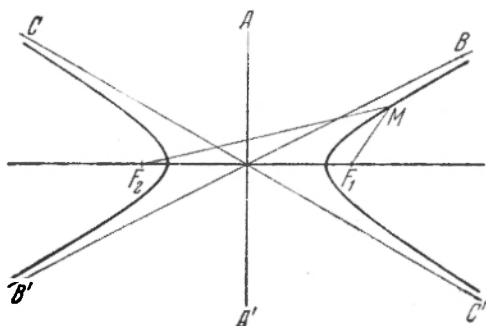


Рис. 93. Гипербола.

## 7. Интерполирование и экстраполирование

При пользовании всякого рода числовыми таблицами, выражающими зависимость одной величины (функции) от другой (аргумента), часто приходится находить значения функции, соответствующие промежуточным значениям аргумента, т. е. производить *интерполирование*. Оно может производиться графическим путём или вычислениями по особым интерполяционным формулам. При графическом решении задачи надо составить в достаточно большом масштабе график изменения функции  $y$  в зависимости от изменения аргумента  $x$  и с него снимать значения  $y$  для нужных промежуточных значений  $x$ .

Когда функция меняется пропорционально изменению аргумента, она называется *линейной функцией*, так как график её — прямая линия.

В этом случае мы имеем задачу *линейного интерполирования*, которая также легко выполняется и вычислительным путём. Чтобы удостовериться в том, что таблица представляет линейную функцию, надо составить столбец разностей значений функции для соседних равноотстоящих значений аргумента, как говорят, составить столбец первых разностей значений функций и убедиться в том, что они являются все одинаковыми, например,  $a_1 = a_2 = a_3$  и т. д. Тогда для некоторого аргумента  $x$ , находящегося, например, между  $x_1$  и  $x_2$ , функция  $y$  будет иметь значение

$$y = y_1 + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} a_1.$$

Если обозначить через  $\theta$  долю интервала между соседними табличными значениями аргумента, т. е.

$$\theta = \frac{x - x_i}{x_{i+1} - x_i},$$

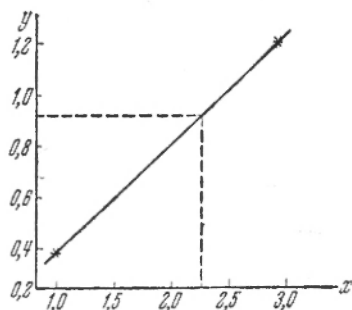
Аргумент	Функция	Первые разности
$x_1$	$y_1$	$a_1$
$x_2$	$y_2$	$a_2$
$x_3$	$y_3$	$a_3$
$x_4$	$y_4$	

то формула линейного интерполирования будет иметь следующий общий вид:

$$y = y_i + \theta a,$$

где  $y_i$  соответствует ближайшему меньшему значению аргумента, а  $a$  — первая разность таблицы, являющаяся постоянной величиной.

Пример линейной интерполяции. Найти  $y$  для  $x = 2,25$ , если функция  $y$  от аргумента  $x$  дана следующей таблицей:



$x$	$y$	$a$
1,0	0,4	
1,5	0,6	0,2
2,0	0,8	0,2
2,5	1,0	0,2
3,0	1,2	0,2

$$y(2,25) = y(2,0) + \frac{2,25 - 2,00}{2,50 - 2,00} 0,2 = 0,8 + 0,5 \cdot 0,2 = 0,9.$$

Рис. 94. Графическое интерполирование линейной функции.

Графическое решение — см. рис. 94.

При линейной зависимости график функции — прямую — можно построить по двум (например, крайним) точкам. Нет необходимости наносить все значения таблицы. Однако весьма часто функция меняется неравномерно, первые разности не равны друг другу, — функция нелинейна и не может быть представлена на графике прямой линией. В этом случае при графическом решении надо *все* значения функции, взятые из таблицы поблизости от того места, где необходимо получить её промежуточное значение, нанести на график, провести по ним плавную линию и для требуемого значения аргумента с кривой снять значение функции. Для вычислительного решения надо таблицу дополнить столбцом вторых разностей  $b_1, b_2, b_3$  и т. д., представляющих собой разности двух соседних значений первых разностей, столбцами третьих (это разности вторых разностей) и, если нужно, четвёртых разностей и т. д. Составим эту таблицу следующим образом:

Аргумент	Функция	Первые разности	Вторые разности	Третьи разности	Четвёртые разности
$x_1$	$y_1$				
$x_2$	$y_2$	$a_{(1 + 1/2)}$	$b_2$	$c_{(2 + 1/2)}$	
$x_3$	$y_3$	$a_{(2 + 1/2)}$	$b_3$	$c_{(3 + 1/2)}$	$d_3$
$x_4$	$y_4$	$a_{(3 + 1/2)}$	$b_4$	$c_{(4 + 1/2)}$	$d_4$
$x_5$	$y_5$	$a_{(4 + 1/2)}$	$b_5$		
$x_6$	$y_6$	$a_{(5 + 1/2)}$			

Значок при букве указывает строку, в которой стоит разность, а прибавление к нему  $1/2$  указывает, что разность стоит между соответственными строками.

Одну из интерполяционных формул (формулу Стирлинга) можно представить в следующем виде:

$$y_{i+\theta} = y_i + \theta a_i + \frac{\theta^2}{1 \cdot 2} b_i + \frac{(\theta+1)\theta(\theta-1)}{1 \cdot 2 \cdot 3} c_i + \\ + \frac{(\theta+1)\theta^2(\theta-1)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} d_i + \dots,$$

где  $b_i, d_i$  и все другие чётные разности берутся прямо из таблицы, а  $a_i, c_i$  и другие нечётные разности вычисляются как средние арифметические двух соседних разностей того же столбца:

$$a_i = \frac{a_{(i-1/2)} + a_{(i+1/2)}}{2}; \quad c_i = \frac{c_{(i-1/2)} + c_{(i+1/2)}}{2} \text{ и т. п.}$$

Коэффициенты, стоящие в формуле Стирлинга перед разностями первых четырёх порядков, можно найти в табл. LVII.

Пример. Определить прямое восхождение Солнца 6 июля 1931 г. в  $6^h$  по среднему гринвичскому времени, пользуясь следующей выпиской из Астрономического Ежегодника  $\alpha_{\odot}$  за пять дней июля:

$x$	$y = \alpha_{\odot}$	$a$	$b$	$c$	$d$
1931 июль 4	$6^h 48^m 7^s,72$				
		$+4^m 7^s,48$			
5	6 52 15,20		$-0^s,29$		
		$+4 \quad 7,19$		$+0^s,03$	
6	6 56 22,39		$-0,32$		$-0^s,02$
		$+4 \quad 6,87$		$+0,01$	
7	7 0 29,26		$-0,33$		
		$+4 \quad 6,54$			
8	7 4 35,80				

$$\theta = \frac{6}{24} = 0,25; \quad a_i = +4^m 7^s,03; \quad c_i = +0^s,02;$$

$$y_i = 6^h 56^m 22^s,39; \quad b_i = -0^s,32; \quad d_i = -0^s,02;$$

$$y_{i+\theta} = 6^h 56^m 22^s,39 + 0,25 \cdot 4^m 7^s,03 + 0,031 (-0^s,32) - 0,039 \cdot 0^s,02 = 6^h 37^m 24^s,14.$$

Очевидно, что при вычислении до сотых долей секунды последний член формулы излишен. При  $\theta > 0,5$  для удобства вычислений выгодно брать ближайшее (т. е. следующее табличное) значение функции  $y_{i+1}$ , вместо  $\theta$  взять  $\theta' = 1 - \theta$  и формулу

$$y_{i+\theta} = y_{i+1} - \theta' \cdot a_{i+1} - \frac{\theta'^2}{2} b_{i+1} - \frac{(\theta'+1)\theta'(\theta'-1)}{6} c_{i+1} - \\ - \frac{(\theta'+1)\theta'^2(\theta'-1)}{24} d_{i+1} - \dots$$

В табл. LVII коэффициенты даны только для  $\theta \leq 0,50$ .

Отметим ещё два часто встречающихся случая интерполяции:

1) Интерполяция на середину: искомое значение равно среднему арифметическому двух соседних табличных значений функции минус  $\frac{1}{8}$  средней второй разности (в той же строчке, которую надо заполнить), т. е.

$$y_{1/2} = \frac{y_1 + y_2}{2} - \frac{1}{8} \frac{b_1 + b_2}{2}.$$

2) Интерполяция на треть и на две трети: первое табличное значение плюс  $\frac{1}{3}$  первой разности и минус  $\frac{1}{9}$  средней второй разности, т. е.

$$y_{1/3} = y_1 + \frac{1}{3} a_1 - \frac{1}{9} \frac{b_1 + b_2}{2}$$

в первом случае, и две трети первой разности минус  $\frac{1}{9}$  средней второй разности во втором случае, т. е.

$$y_{2/3} = y_1 + \frac{2}{3} a_1 - \frac{1}{9} \frac{b_1 + b_2}{2}.$$

Квадратичная интерполяция. Иногда бывает достаточно ограничиться первыми разностями, если воспользоваться следующей формулой квадратичной интерполяции:

Т а б л и ц а 23

$n$	$B''$	$n$	$B''$
0,0000	0,00	0,3267	-0,06
0,0204	-0,01	0,6732	-0,05
0,0641	-0,02	0,7645	-0,04
0,1127	-0,03	0,8316	-0,03
0,1683	-0,04	0,8872	-0,02
0,2354	-0,05	0,9358	-0,01
0,3267	-0,06	0,9795	-0,00
		0,9999	-0,00

$$f_n = f_0 + nb + B''(c - a),$$

где  $a$ ,  $b$  и  $c$  соответствуют первым разностям, согласно следующим обозначениям:

$$\begin{matrix} f_{-1} & a \\ f_0 & b \\ f_1 & c \\ f_2 & \end{matrix}$$

а величины  $B''$  берутся из табл. 23 по аргументу  $n^*$ ).

Экстраполирование — нахождение значения функции для аргумента, находящегося за пределами таблицы, представляет собой задачу, требующую при её решении особой осторожности. Не следует далеко выходить за пределы имеющихся в таблице значений. Только в случае зависимости, которая выражается строгой формулой, можно получить точный ответ при экстраполяции. Во всех других случаях экстраполяция даёт лишь приближённые значения.

\*) Для самих табличных значений  $n$  берётся верхнее значение  $B''$ .

Лучше всего представить функцию графиком и, руководствуясь характером её изменения, прямо с графика снимать нужные значения. Так, например, приходится поступать в случае экстраполяции хода часов для предвычисления поправки часов (см. рис. 146).

## 8. Об ошибках наблюдений

При измерении любых величин (а всякое астрономическое наблюдение состоит в измерении какой-нибудь величины) неизбежны *ошибки измерений*. Рациональным устройством измерительных приборов и продуманной методикой измерений надо стремиться устранить или уменьшить влияние причин, вызывающих *систематические ошибки*, либо изучить это влияние для того, чтобы учесть его при обработке результатов измерений. Пример: зенитное расстояние звезды и её часовой угол связаны строгим соотношением; можно вычислить совершенно точно, каковы должны быть зенитные расстояния звезды при различных часовых углах. Однако, если бы мы захотели проверить это соотношение, измерив большо́й ряд зенитных расстояний для различных значений  $t$ , то убедились бы в том, что все измеренные зенитные расстояния меньше вычисленных, причём различие между ними возрастает с величиной самого зенитного расстояния. Причиной этой систематической ошибки является рефракция в земной атмосфере (см. стр. 172). Исправив измерения за рефракцию (т. е. придав необходимую поправку каждому измеренному значению  $z$ ), мы найдем, что и теперь измерения не совпадают точно с вычислениями, причём измеренные значения то больше, то меньше вычисленных, а большие отклонения встречаются реже малых отклонений. Оказывается, что кроме систематических ошибок при измерениях неизбежны *случайные ошибки*. Причина каждой такой ошибки не поддается строгому учёту, но случайные ошибки при многократном повторении одних и тех же измерений подчиняются особым законам, которые дают исследователю возможность получить из ряда измерений более надёжный результат, чем каждое отдельное измерение, и оценить точность этого результата.

Теория случайных ошибок показывает, что при достаточно большом числе отдельных измерений наиболее вероятный результат равен среднему арифметическому из всех отдельных измерений:

$$a_N = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n} = \frac{\sum a_i}{n}.$$

Для оценки точности этого среднего арифметического может служить *средняя ошибка*, которая равна среднему арифметическому из абсолютных величин (т. е. взятых без учёта знака) отдельных отклонений измерений от среднего  $|a_N - a_i| = |\Delta_i|$ , т. е.

$$\varepsilon_{\text{ср}} = \frac{\sum |\Delta_i|}{n}.$$

Окончательный результат записывается в форме:

$$a_N \pm \epsilon_{\text{ср.}}$$

Пример.  $10,54 \pm 0,32$  (ср. ош.).

Часто точность характеризуют величиной *средней квадратической ошибки*, которую вычисляют по отклонениям  $\Delta_i$  каждого измерения от среднего арифметического по следующей формуле:

$$\sigma_N = \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \dots + \Delta_n^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum \Delta_i^2}{n(n-1)}}.$$

Средняя ошибка  $\epsilon_{\text{ср}}$  и средняя квадратическая ошибка  $\sigma_N$  связаны между собой соотношением

$$\epsilon_{\text{ср}} = 0,80 \sigma_N$$

или

$$\sigma_N = 1,25 \epsilon_{\text{ср.}}$$

Иногда характеристикой точности среднего результата служит его *вероятная ошибка*, т. е. такая ошибка, что число меньших ошибок равно числу больших:

$$\sigma_P = 0,6745 \sigma_N.$$

Можно оценить также среднюю квадратическую ошибку отдельного измерения

$$s_N = \sqrt{\frac{\sum \Delta_i^2}{n}},$$

либо его вероятную ошибку:

$$s_P = 0,6745 s_N.$$

Хотя теория случайных ошибок требует большого числа измерений, её правила часто применяют и к малому числу измерений, так как и в этом случае они дают лучшие результаты и приближённое представление о точности измерений.

Если отдельные наблюдения неравноценны по точности — неравноточны, — то при вычислении среднего каждое отдельное значение, полученное из измерений,  $a_i$ , умножается на вес  $p_i$ , выраженный в какой-нибудь шкале (чем точнее измерение, тем больше его вес), а сумма произведений  $a_i p_i$  делится на сумму всех весов

$$a_N = \frac{\sum a_i p_i}{\sum p_i}.$$

Можно оценить относительную погрешность самой средней квадратической ошибки по формуле

$$\frac{\Delta \sigma_N}{\sigma_N} = \frac{1}{\sqrt{2n}},$$

где  $n$  — число измерений, вошедших в определение  $\sigma_N$ . Таким образом при 4 измерениях  $\Delta\sigma_N$  составляет около 35% величины  $\sigma_N$ , при  $n=50$  погрешность в определении  $\sigma_N$  составляет примерно  $1/10$  величины  $\sigma_N$ .

Среднее арифметическое отдельных измерений отличается тем свойством, что сумма квадратов отклонений от него отдельных измерений имеет наименьшее значение. Следовательно, если взять ряд значений измеряемой величины, близких к предполагаемому наивероятнейшему её значению, и составить для каждого суммы квадратов отклонений отдельных измерений, то наименьшая сумма будет соответствовать искомому наивероятнейшему значению измеряемой величины. На этом свойстве основан разработанный Гауссом метод наименьших квадратов, подробное изложение которого можно найти в любом курсе теории вероятностей и приближённых вычислений, а также в книге проф. В. П. Цесевича «Что и как наблюдать на небе».

---



## ГЛАВА III

### КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ОБЩЕЙ АСТРОНОМИИ

#### 1. Астрономические координаты

Не имея возможности при непосредственных наблюдениях оценивать различие в расстояниях до небесных светил, мы все их относим как бы на одно расстояние — на внутреннюю поверхность некоторой сферы, окружающей наблюдателя. *Небесная сфера* — это воображаемая сфера произвольного радиуса, с центром в глазу наблюдателя, которая позволяет заменить изучение взаимного расположения направлений, идущих к светилам, изучением взаимного расположения точек на сфере.

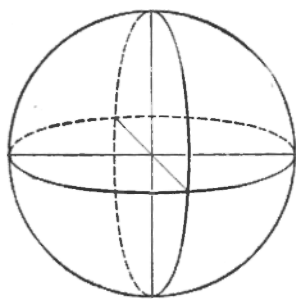


Рис. 95. Условное изображение небесной сферы.

Непосредственно небо представляется нам в виде купола над нашей головой или небосвода. Кажущаяся форма небосвода зависит от окружающей обстановки. В открытой местности купол неба представляется нам сплюснутым — ближе над головой, чем в горизонте; для наблюдателя, стоящего поблизости от высоких предметов, небосвод кажется уходящим дальше в высоту, чем вдоль горизонта.

Вопрос о кажущейся форме небосвода имеет большое значение при глазомерных оценках высот светил над горизонтом, так как в силу сплюснутости небосвода мы переоцениваем высоты светил\*). Степень сплюснутости зависит от состояния неба и от условий погоды.

Положение точки на сфере можно определить в какой-либо системе сферических координат\*\*). Расстояния между точками на сфере

\*) См. статью «О форме небесного свода» Н. Н. Калитина в журнале «Природа» № 4, 1948, стр. 7—10.

\*\*) Такой системой, например, является система географических координат для шарообразной Земли, в которой положение точки на земной поверхности определяется сферическими координатами — широтой и долготой.

будут измеряться центральными углами или соответственными дугами больших кругов.

Отвесная линия пересекает сферу в точках *зенита* (над головой наблюдателя) и *надира* (рис. 96). Плоскость, перпендикулярная к отвесной линии и проходящая через центр сферы, называется *плоскостью горизонта*. В пересечении с небесной сферой она даёт математический или истинный горизонт. Видимый горизонт, зависящий от рельефа местности и положения наблюдателя, обычно расположен ниже математического. Понижение видимого горизонта  $\delta$  тем больше, чем выше находится наблюдатель над уровнем земли. Это понижение горизонта ведёт к увеличению дальности горизонта  $d$  (рис. 97).

Понижение (в минутах дуги) с учётом влияния рефракции (см. стр. 172) определяется формулой

$$\delta = 1,779 \sqrt{h}, \quad (18)$$

где  $h$  — высота точки наблюдения в метрах.

Дальность (в километрах) определяется формулой

$$d = 3,86 \sqrt{h}, \quad (19)$$

в которой также учтена рефракция (см. табл. 24).

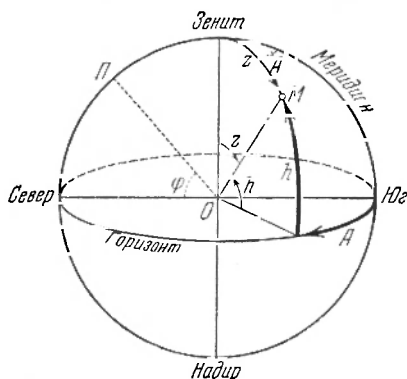


Рис. 96. Горизонтальная система координат ( $\Pi$  — северный полюс мира,  $A$  — азимут светила  $M$ ,  $h$  — высота светила,  $z$  — его зенитное расстояние,  $\varphi$  — широта места).

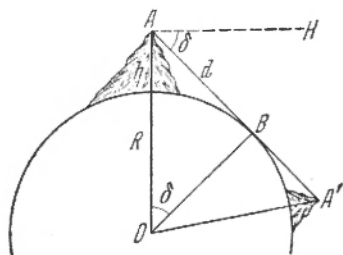


Рис. 97. Понижение горизонта и увеличение дальности горизонта.

Таблица 24

Дальность горизонта в зависимости от высоты наблюдателя

$h$ м	$d$ км	$h$ м	$d$ км	$h$ м	$d$ км	$h$ м	$d$ км
1	3,9	15	15,1	100	39,0	700	103
2	5,5	20	17,4	125	43,6	800	110
3	6,8	25	19,5	150	47,8	900	117
4	7,8	30	21,4	175	51,6	1000	123
5	8,7	40	24,6	200	55,1	1200	135
6	9,6	50	27,6	250	61,6	1500	151
7	10,3	60	30,2	300	67,6	2000	174
8	11,0	70	32,6	400	78	3000	214
9	11,7	80	34,9	500	87	4000	246
10	12,3	90	37,0	600	96	5000	276

При суточном вращении небесного свода, которое является отражением вращения земного шара вокруг своей оси, одна точка северного неба остаётся неподвижной. Это — северный полюс мира. Вблизи него находится в настоящее время Полярная звезда. На рис. 98 показано движение северного полюса мира с 1600 по 2200 год \*).

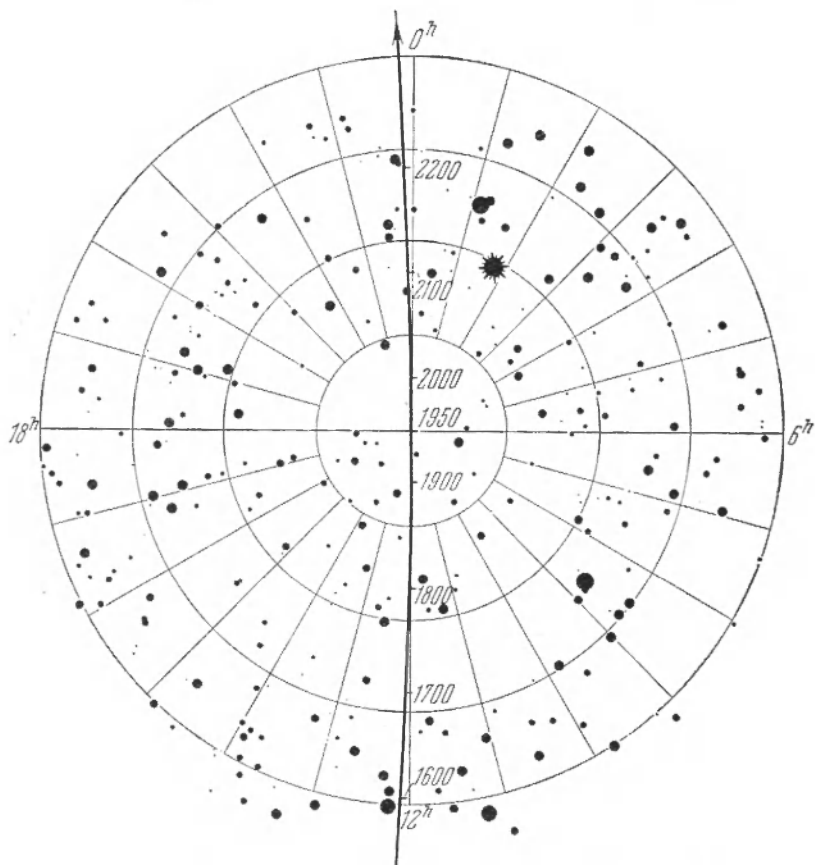


Рис. 98. Движение северного полюса мира с 1600 по 2200 г.

Высота полюса мира над горизонтом равна географической широте  $\varphi$  данного места. Через центр сферы и полюсы проходит воображаемая ось вращения небесной сферы (*ось мира*), параллельная оси вращения земного шара. Плоскость, перпендикулярная к оси мира, образует в пересечении с небесной сферой большой круг, называемый *небесным экватором* (см. рис. 99). Большие круги, перпендикулярные экватору и пересекающиеся в полюсах мира, называются *кругами склонений*.

\*) Положение полюса среди звёзд медленно меняется вследствие прецессии (см. стр. 183).

Вертикальная плоскость, проходящая через полюс и зенит, пересекается с небесной сферой по большому кругу, называемому *меридианом* (от латинского слова *meridies* — полдень). Вертикальная плоскость, перпендикулярная к плоскости меридиана, называется плоскостью *первого вертикала*. Плоскости меридиана и горизонта пересекаются по полуденной линии; меридиан с горизонтом пересекается в точках севера  $N$  и юга  $S$ , а первый вертикал — в точках востока  $E$  и запада  $W$  (см. рис. 100).

В горизонтальной системе астрономических координат (рис. 96) положение светила определяется его *высотой*  $h$  — дугой круга высоты\*) *азимутом*  $A$  — дугой горизонта от точки юга до точки пересечения круга высоты с горизонтом (или соответствующим углом при зените между меридианом и кругом высоты). Азимут отсчитывается от точки юга к западу от 0 до  $360^\circ$ ; таким образом, азимут точки запада равен  $90^\circ$ , точки востока  $270^\circ$ . Часто вместо высоты  $h$  определяют её дополнение до  $90^\circ$ , называемое *зенитным расстоянием*  $z$  светила.

В геодезии, в мореходной и в авиационной астрономии азимут отсчитывается от 0 до  $360^\circ$  к востоку от точки севера.

Экваториальная система координат (рис. 99). В этой системе одной координатой является *склонение*  $\delta$  — угловое расстояние светила от экватора (иначе, дуга круга склонения от экватора до светила). Склонение считается положительным в направлении к северному полюсу неба, отрицательным — к южному. Иногда употребляют *полярное расстояние*  $p$ , равное  $90^\circ - \delta$ . Второй координатой является угол при полюсе (или соответственная дуга экватора) между меридианом и кругом склонения светила, так называемый *часовой угол*  $t$ . Он отсчитывается от южной части меридиана к западу (т. е. в направлении суточного движения небесной сферы), от  $0^h$  до  $24^h$ \*\*. При часовом угле, равном нулю, светило пересекает меридиан, как говорят, находится в своей *верхней кульминации*. При  $t = 12^h$  звезда находится в *нижней кульминации*. Момент верхней кульминации центра Солнца

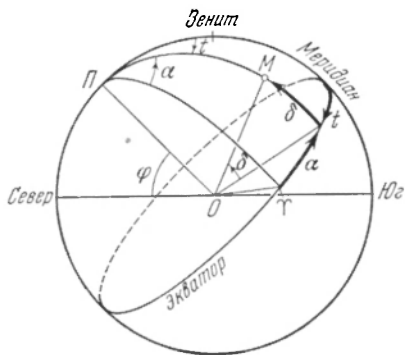


Рис. 99. Экваториальная система координат ( $P$  — северный полюс мира,  $\varphi$  — широта места наблюдения,  $\alpha$  — прямое восхождение светила  $M$ ,  $\delta$  — его склонение,  $t$  — часовой угол светила,  $\gamma$  — точка весеннего равноденствия).

\*) Большого круга, проходящего через зенит и светило.

\*\*) Изредка для удобства условно говорят о восточном часовом угле точки восхода светила и о западном часовом угле точки захода, либо говорят в первом случае об отрицательном часовом угле.

называется истинным полднем, момент нижней кульминации — истинной полночью. Нижнюю кульминацию можно наблюдать только у светил, имеющих склонение  $\delta$  больше  $90^\circ - \varphi$ . У всех светил, имеющих меньшие склонения, нижняя кульминация происходит под горизонтом.

Рис. 101 позволяет решить вопрос о звёздах, не заходящих на данной широте  $\varphi$ , и о звёздах, недоступных наблюдению. Звёзды, имеющие склонение  $\delta \geq 90^\circ - \varphi$ , не заходят; звёзды южного полушария, у которых численное значение склонения  $\delta \geq 90^\circ - \varphi$ ,

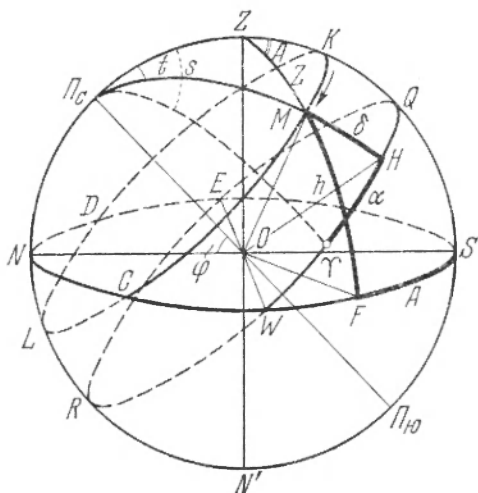


Рис. 100. Линии и точки на небесной сфере.  $P_c$  — северный полюс мира,  $P_ю$  — южный полюс мира;  $P_cP_ю$  — ось мира;  $Z$  — зенит;  $N'$  — надир;  $N$  — точка севера;  $W$  — точка запада;  $S$  — точка юга;  $E$  — точка востока;  $NWSEN$  — горизонт;  $NS$  — полуденная линия;  $NP_cZS$  — меридиан;  $RWQER$  — небесный экватор;  $M$  — светило;  $LCMKDL$  — суточная параллель светила;  $D$  — точка восхода светила;  $K$  — точка верхней кульминации его;  $C$  — точка захода светила;  $L$  — точка нижней кульминации его;  $ZMF$  — круг высоты светила (иначе, вертикал светила);  $ZM$  — зенитное расстояние  $z$  светила;  $MF$  — высота  $h$  светила;  $SF$  — азимут светила  $A$  (дуга горизонта, либо угол при зените);  $P_cMH$  — круг склонения светила;  $HM$  — склонение  $\delta$ ;  $P_cM$  — полярное расстояние  $p$ ;  $QH$  — часовой угол светила  $t$  (дуга экватора, либо угол при полюсе);  $\Upsilon$  — точка весеннего равноденствия;  $P_c\Upsilon$  — колжур равноденствия;  $\Upsilon H$  — прямое восхождение  $\alpha$ ;  $\Upsilon Q$  — звездное время  $s$ ;  $P_cN = \varphi$  (высота полюса равна широте места  $\varphi$ ).

недоступны для наблюдений. Через зенит проходят во время верхней кульминации звёзды, имеющие склонение  $\delta = \varphi$ .

Рис. 102 даёт общее представление о вращении небесного свода для мест земной поверхности, находящихся на разных широтах (от северного до южного полюса). Стрелками обозначено направление на северный полюс мира и направление вращения небесной сферы. Пунктирная линия отображает горизонт места (вернее, полуденную линию).

Зенитное расстояние светила в верхней кульминации определяется формулой  $z_{ю} = \varphi - \delta$ , либо  $z_{с} = \delta - \varphi$  в зависимости от того, на юг ( $z_{ю}$ ) или на север ( $z_{с}$ ) от зенита кульминирует светило. Часовые углы точек восхода и захода светил определяются по формуле

$$\cos t = -\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta. \quad (20)$$

Таким образом, точки восхода и захода светила (и, следовательно, время его пребывания над горизонтом), а также высота в меридиане зависят [если не принимать во внимание рефракцию в земной атмосфере (стр. 172)] только от широты места наблюдения и от склонения светила (см. Приложение 5).

Формула (20) является частным случаем (при  $z = 90^\circ$ ) более общей, определяющей часовой угол  $t$  светила, имеющего склонение  $\delta$  и наблюдаемого в месте с широтой  $\varphi$  на зенитном расстоянии  $z$ :

$$\cos t = \frac{\cos z - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta}. \quad (21)$$

Изменение полуденной высоты Солнца в течение года и изменение вида ночного неба говорят нам, что положение Солнца среди

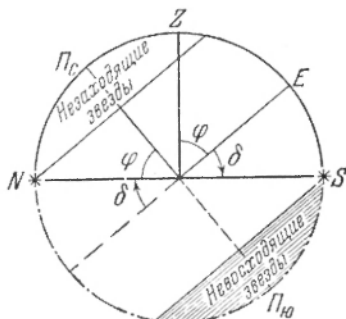


Рис. 101. Проекция небесной сферы на плоскость меридиана.

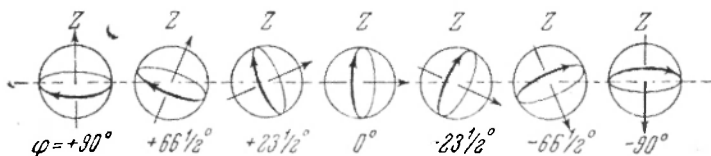


Рис. 102. Вращение небесной сферы на различных широтах (вид с восточной стороны).

звёзд непрерывно меняется. Солнце движется среди звёзд навстречу суточному движению небесной сферы (с запада на восток). Это является отражением обращения Земли вокруг Солнца (рис. 103). Путь Солнца среди звёзд называется *эклиптикой* (см. Приложение 3). Эклиптика есть большой круг небесной сферы, к которому наклонён экватор на угол  $23^\circ 27'$ . О видимом движении Солнца среди звёзд см. стр. 175.

Эклиптика и экватор пересекаются в двух точках.

*Точкой весеннего равноденствия* называется та точка пересечения эклиптики с небесным экватором, в которой центр Солнца около 21 марта переходит из южной половины небесной сферы в северную; она обозначается знаком  $\Upsilon$ . От точки весеннего равноденствия отсчитывается так называемое *прямое восхождение*  $\alpha$  ( $\alpha$  и  $\delta$  составляют вторую систему экваториальных координат).

Эта координата определяет положение круга склонения светила относительно *равноденственного колюра* — круга склонения, проходящего через точку весеннего равноденствия (расположение равноденственного колюра относительно звёзд показано схематически на рис. 104).

Прямое восхождение выражается в часах, минутах и секундах времени и отсчитывается вдоль экватора в направлении, противоположном суточному вращению небесной сферы, от  $0^h$  до  $24^h$ .

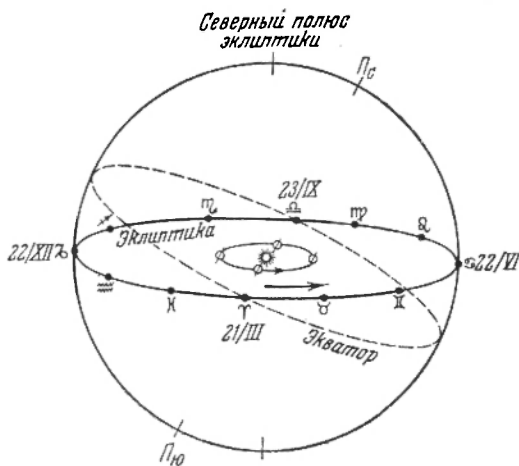


Рис. 103. Движение Солнца по небесной сфере является отражением орбитального движения Земли.



Рис. 104. Способ определения положения точки весеннего равноденствия.

Если принять за основную плоскость системы сферических координат эклиптику, то мы получим эклиптическую систему координат, в которой положение светила определяется астрономической долготой  $\lambda$  и астрономической широтой  $\beta$  (рис. 105, а). Долгота  $\lambda$  отсчитывается вдоль эклиптики от точки весеннего равноденствия в направлении, противоположном суточному вращению небесной сферы, до той точки, в которой эклиптика пересекается с кругом широты\*) светила, и выражается в градусах. Широта  $\beta$  отсчитывается по кругу широты в обе стороны от эклиптики от 0 до  $\pm 90^\circ$ . Северный полюс эклиптики имеет экваториальные координаты  $\alpha = 18^h$  и  $\delta = +66\frac{1}{2}^\circ$  и находится в созвездии Дракона; южный полюс имеет координаты  $\alpha = 6^h$  и  $\delta = -66\frac{1}{2}^\circ$  и находится в созвездии Золотой Рыбы. Эклиптические координаты широко применяются при исследовании планетных движений.

В зависимости от положения центра небесной сферы мы можем получить *геоцентрические* (начало координат в центре Земли) либо

\*) Кругом широты называется большой круг небесной сферы, проходящий через светило и полюсы эклиптики.

гелиоцентрические (начало координат в центре Солнца) долготы. Для выяснения расположения планет и Солнца среди звезд употребляются геоцентрические долготы (см. табл. XX). Для выяснения расположения планет на их орбитах вокруг Солнца важны их гелиоцентрические долготы. Геоцентрическая долгота Солнца равна гелиоцентрической долготе Земли  $+180^\circ$  (см. также планетные конфигурации, стр. 194).

Система галактических координат (рис. 105, б) имеет своей основной плоскостью среднюю плоскость Млечного Пути —

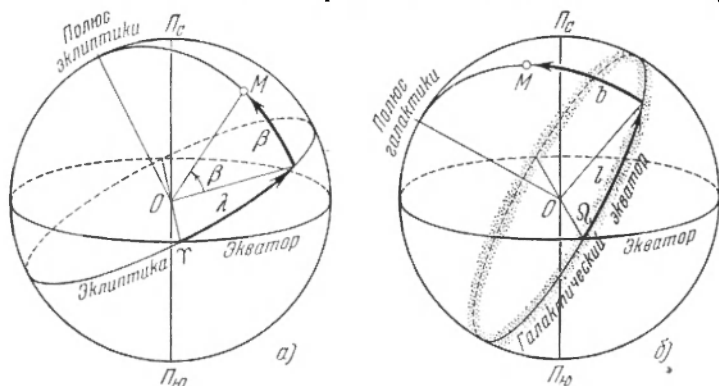


Рис. 105. а) Эклиптическая система координат и б) галактическая система координат ( $\Pi_c, \Pi_{ю}$  — северный и южный полюсы мира,  $\gamma$  — точка весеннего равноденствия,  $\lambda$  — долгота,  $\beta$  — широта светила,  $l$  — галактическая долгота,  $b$  — галактическая широта светила,  $\Omega$  — восходящий узел галактического экватора, прямое восхождение его равно  $18^h40^m$ ).

так называемую плоскость Галактики, которая пересекается с небесной сферой по галактическому экватору \*). Она наклонена на  $62^\circ$  к плоскости небесного экватора. Галактическая долгота  $l$  отсчитывается по галактическому экватору от восходящего узла Млечного Пути ( $\alpha = 18^h40^m$ ) в направлении возрастания прямых восхождений и выражается в градусах. Галактическая широта  $b$  отсчитывается от галактического экватора в обе стороны до  $\pm 90^\circ$ . Северный полюс Галактики имеет экваториальные координаты  $\alpha = 12^h40^m$ ,  $\delta = +28^\circ$  (созвездие Волос Вероники \*\*). Галактические

\*) Эту среднюю линию Млечного Пути — галактический экватор — можно наметить по экваториальным координатам следующих точек:  $0^h, +62^\circ$ ;  $1^h, +62^\circ$ ;  $2^h, +60^\circ$ ;  $3^h, +57^\circ$ ;  $4^h, +50^\circ$ ;  $5^h, +38^\circ$ ;  $6^h, +18^\circ$ ;  $7^h, -9^\circ$ ;  $8^h, -33^\circ$ ;  $9^h, -47^\circ$ ;  $10^h, -55^\circ$ ;  $11^h, -60^\circ$ ;  $12^h, -62^\circ$ ;  $13^h, -62^\circ$ ;  $14^h, -60^\circ$ ;  $15^h, -57^\circ$ ;  $16^h, -50^\circ$ ;  $17^h, -38^\circ$ ;  $18^h, -18^\circ$ ;  $19^h, +9^\circ$ ;  $20^h, +33^\circ$ ;  $21^h, +47^\circ$ ;  $22^h, +55^\circ$ ;  $23^h, +60^\circ$ .

\*\*) Точное положение плоскости галактического экватора относительно небесного экватора определяется следующими величинами:  $\delta_l = 280,00 + 0,00123t$ ;  $i = 62,00 + 0,00055t$ , где  $\delta_l$  — долгота восходящего узла,  $i$  — наклонение галактического экватора к небесному и  $t$  — число лет, прошедших после 1900 г.



координаты непосредственно не измеряются, а получаются путём вычислений по экваториальным формулам:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} l &= 0,46947 \operatorname{tg} (\alpha + 80^\circ) + 0,88295 \operatorname{tg} \delta \sec (\alpha + 80^\circ), \\ \sin b &= -0,88295 \cos \delta \sin (\alpha + 80^\circ) + 0,46947 \sin \delta. \end{aligned}$$

Галактические координаты широко используются в звёздной астрономии.

Краткие таблицы перевода экваториальных координат в галактические помещены на стр. 389 (табл. LIV).

**Рефракция.** При всех наблюдениях, связанных с точным измерением зенитных расстояний, надо учитывать влияние преломления света в земной атмосфере — *рефракцию*, открытую ещё Птолемеем. Вследствие рефракции зенитное расстояние светила уменьшается

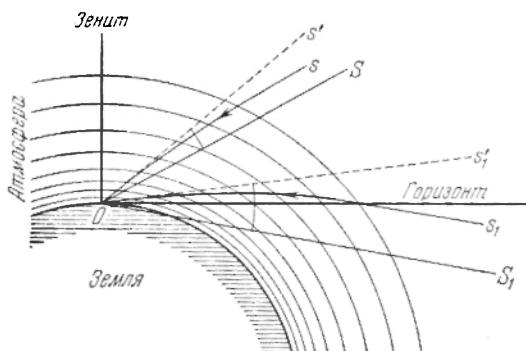


Рис. 106. Влияние атмосферной рефракции (схематический рисунок). Светило  $S_1$  находится под горизонтом, но вследствие рефракции мы видим его над горизонтом по направлению  $S_1'$ .

(рис. 106), т. е. светило приподнимается над горизонтом. Угол рефракции зависит от зенитного расстояния светила; он возрастает с увеличением  $z$ . При  $z = 90^\circ$ , т. е. у горизонта, мы имеем так называемую горизонтальную рефракцию. Её принимают равной  $35'$ , хотя в каждом отдельном случае истинное её значение может очень сильно меняться в зависимости от метеорологических условий.

До  $z = 70^\circ$  можно принять, что рефракция  $\rho$  меняется пропорционально тангенсу видимого зенитного расстояния:

$$\rho = 58'',2 \operatorname{tg} z, \quad (22)$$

где число 58,2 есть коэффициент так называемой средней рефракции, при вычислении которого принимаются за нормальные условия атмосферное давление  $B = 760$  мм и температура  $t = 10^\circ \text{C}$ . Лучше всего по данным табл. XXXVI составить график, с которого снимать значения  $\rho$  для нужных значений  $z$ .

Так как преломление света зависит от плотности воздуха, то формула, учитывающая барометрическое давление  $B$  и температуру  $t$ ,

даст более точное значение рефракции:

$$\rho = 60'',3 \frac{B}{760} \frac{273^\circ}{273^\circ + t^\circ} \operatorname{tg} z. \quad (23)$$

Для того чтобы пользоваться табл. XXXVI в различных условиях температуры и давления, можно употреблять следующую приближённую формулу:

$$\rho = \frac{r \left( \frac{273^\circ}{273^\circ + t^\circ} \right)}{2000} [2000 + 10(10 - t) + (B - 760)]. \quad (23')$$

Точный учёт рефракции при больших  $z$  является сложной задачей, которой посвящено много научных статей. Вычислено несколько подробных таблиц рефракции. Наиболее употребительными являются пулковские таблицы средней рефракции, которыми пользуются во всём мире.

Следствиями рефракции являются увеличение продолжительности дня, увеличение продолжительности полярного дня в северных широтах и искажение формы дисков Солнца и Луны у горизонта (при восходе и заходе).

Чтобы узнать продолжительность дня от восхода верхнего края Солнца до его захода с учётом рефракции на горизонте и углового радиуса Солнца, надо вычислить часовой угол точки восхода и равный ему \*) часовой угол точки захода по формуле

$$\cos t = - (0,0145 \sec \varphi \sec \delta_\odot + \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta_\odot), \quad (24)$$

где  $\delta_\odot$  — склонение центра Солнца для момента истинного полдня данного дня. Сумма этих двух равных по величине часовых углов даст полную продолжительность дня.

**Сумерки.** Действительная продолжительность дня определяется появлением и исчезновением на уровне видимого (а не математического) горизонта верхнего края Солнца. Сложнее определение понятия ночи, так как между днём и ночью делятся более или менее продолжительные *сумерки*. Находясь под горизонтом, Солнце освещает земную атмосферу, а рассеянные ею лучи создают сумеречное освещение.

Продолжительность сумерек зависит от широты места наблюдения и от склонения Солнца. Различают сумерки гражданские и астрономические. В морском и речном деле, кроме того, различают навигационные сумерки. Конец вечерних гражданских сумерек определяется необходимостью включения искусственного освещения для безопасности уличного движения. Это совпадает с погружением Солнца под горизонт на  $8^\circ$ . Когда Солнце опустится ниже, чем на  $12^\circ$  под горизонт, нельзя уже ориентироваться на воде без сигнальных

---

\*) При этом, правда, не учитывается изменение склонения Солнца, вызывающее небольшое неравенство часовых углов точек восхода и захода Солнца.

огней. При погружении Солнца на  $16^\circ$  под горизонт наступает конец астрономических сумерек, характеризующийся резким увеличением видимости слабых звёзд (становятся видны в зените звёзды предельной звёздной величины) и исчезновением в спектре неба непрерывного свечения и фраунгоферовых линий. В тех высоких широтах, где зенитное расстояние Солнца в нижней кульминации меньше  $106^\circ$ , сумерки длятся «всю ночь» (так бывает, например, во время белых ночей в июне-июле в Ленинграде).

Приложение 5 даёт возможность приближённого расчёта продолжительности сумерек. В астрономических ежегодниках помещаются подробные таблицы, по которым можно точно определить моменты начала и конца сумерек.

Как видно, проблема сумерек является, в сущности, проблемой освещённости. Оказалось, что при безоблачном небе в конце гражданских сумерек освещённость горизонтальной поверхности равна  $0,1$  люкса\*), в конце навигационных сумерек —  $0,006$  люкса, в конце астрономических —  $0,0006$  люкса. С этой точки зрения наличие облачности и лунное освещение влияют на моменты наступления и на продолжительность сумерек. В Астрономическом Календаре на 1952 г. есть подробная статья (с таблицами и номограммами) проф. К. К. Дубровского, посвящённая проблеме освещённости и расчётам сумерек.

## 2. Измерение времени

Время, наряду с пространством, есть форма существования материи. Как и пространство, время теряет свой смысл без материи (см. Ф. Энгельс, *Диалектика природы*, Госполитиздат, 1950, стр. 187).

Время в точных науках служит основой для суждения об относительной скорости течения различных процессов в природе. Изучение явлений природы, протекающих во времени, требует специального внимания к вопросам измерения времени. Равномерное вращение небесного свода, отражающее равномерное вращение земного шара вокруг своей оси, даёт основу для измерения времени. Различные способы выражения промежутков времени, рассмотренные ниже, являются лишь разными системами счёта времени.

**Звёздное время.** Наблюдение суточного вращения звёздного неба приводит к понятию *звёздного* времени. Звёздными сутками называется промежуток времени между двумя последовательными одноимёнными (например, верхними) кульминациями точки весеннего равноденствия. Звёздные сутки начинаются в момент её верхней кульминации. Звёздное время измеряется часовым углом точки весеннего равноденствия.

---

\*) Люкс — освещённость, создаваемая точечным источником в 1 международной свечу на расстоянии 1 м на поверхности, перпендикулярной к лучам.

Как легко видеть из рис. 107, представляющего собой проекцию северного полушария небесной сферы на плоскость экватора, для каждого светила справедливо соотношение

$$t + \alpha = s. \quad (25)$$

Отсюда получаем, что звёздное время численно равно прямому восхождению светил, находящихся в верхней кульминации (когда  $t = 0$ ). Это даёт способ определения поправки часов, идущих по звёздному времени (звёздных часов), путём наблюдения моментов кульминации звёзд с известными  $\alpha$  и, с другой стороны, даёт метод определения  $\alpha$  из наблюдений моментов кульминации светил по звёздным часам, имеющим известную поправку.

В силу прецессии (см. стр. 183) положение  $\Upsilon$  не остаётся неизменным: точка весеннего равноденствия медленно перемещается вдоль эклиптики к западу на  $50'',24$  в год или на  $0'',138 = 0^s,009$  в сутки. На эту величину звёздные сутки короче действительного периода вращения Земли. Помимо того, длина звёздных суток не постоянна, а периодически меняется вследствие нутации (стр. 186), также смещающей  $\Upsilon$ . Поэтому в специальных астрономических работах приходится иногда вводить, по аналогии с истинным и средним солнечными временами (стр. 177), понятия истинного и среднего звёздных времён.

Среднее звёздное время определяется положением средней точки весеннего равноденствия, движущейся равномерно вдоль экватора, в то время как истинная точка весеннего равноденствия будет определять истинное звёздное время.

При исключительной точности, которую способны дать так называемые кварцевые часы (точность определения промежутков времени составляет  $10^{-8}$  от величины самого промежутка), обнаружилось, что само вращение земного шара происходит не так идеально равномерно, как это предполагалось до сих пор. Различие в продолжительности звёздных суток может достигать  $1/120$  секунды.

**Видимое движение Солнца среди звёзд и измерение времени.** Путь Солнца среди звёзд — эклиптика — проходит через 12 созвездий, называемых *зодиакальными*.

В поясе Зодиака, шириной около  $15^\circ$  (по  $7^\circ$  в обе стороны от эклиптики), проходят также видимые пути Луны, планет и большинства астероидов. Пути многих комет и некоторых астероидов выходят за пределы этого пояса; их орбиты иногда наклонены под большими углами к эклиптике. Начиная от точки весеннего равно-

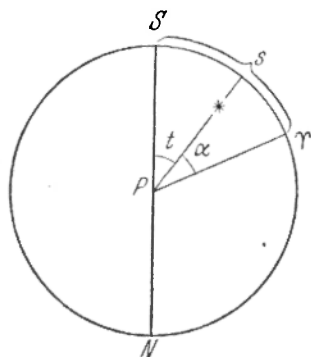


Рис. 107. Проекция небесной сферы на плоскость экватора. Звёздное время  $s$  равно прямому восхождению светила  $\alpha$  плюс его часовой угол  $t$ .

денствия, в сторону возрастания прямых восхождений (с запада на восток) расположены следующие зодиакальные созвездия:

Рыбы	} Солнце проходит их в течение весны	Дева	} Солнце проходит их в течение осени
Овен		Весы	
Телец		Скорпион	
Близнецы	} Солнце проходит их в течение лета	Стрелец *)	} Солнце проходит их в течение зимы
Рак		Козерог	
Лев		Водолей	

В старину положение Солнца на эклиптике отмечали знаками Зодиака (см. табл. I, и рис. 103), которыми определяли отдельные участки (по  $30^\circ$  долготы каждый) годового пути Солнца, начиная от точки весеннего равноденствия. Вследствие прецессии знаки Зодиака в настоящее время не совпадают с одноимёнными созвездиями и сдвинуты к западу на одно созвездие, так, например, знак Овна теперь приходится на созвездие Рыб и т. д.

Можно составить следующую краткую таблицу изменения экваториальных координат Солнца в течение года.

Таблица 25

Координаты Солнца в дни равноденствий и солнцестояний

	Дата	$\alpha_{\odot}$	$\delta_{\odot}$
Весеннее равноденствие . . . . .	21 марта	$0^h$	$0^\circ 0'$
Летнее солнцестояние . . . . .	22 июня	$6^h$	$+23^\circ 27'$
Осеннее равноденствие . . . . .	23 сентября	$12^h$	$0^\circ 0'$
Зимнее солнцестояние . . . . .	22 декабря	$18^h$	$-23^\circ 27'$

Прямое восхождение Солнца в течение месяца изменяется приблизительно на  $2^h$ , в течение суток на  $4^m$ .

Склонение Солнца меняется плавно, график его с достаточным приближением изображается синусоидой, которую легко построить по данным табл. XX.

Условное деление земного шара на климатические пояса тропиками и полярными кругами связано с указанным изменением склонения Солнца. На полярных кругах (широта  $66\frac{1}{2}^\circ$ ) центр Солнца один день в году не заходит и один день не восходит над горизонтом. На тропиках (широта  $23\frac{1}{2}^\circ$ ) раз в году центр Солнца в полдень проходит через зенит. Строго говоря, для полярных кругов это справедливо, если только не учитывать рефракции. Если же учесть рефракцию, то, как это видно из табл. XX, Солнце раз в году не заходит на широте  $65^\circ 59'$  и раз в году не восходит на широте  $67^\circ 7'$ .

Промежуток времени между двумя последовательными верхними кульминациями центра Солнца даёт нам новую единицу времени —

\*) Небольшую часть пути Солнце проходит по созвездию Змееносца, которое, однако, не входит в число зодиакальных созвездий.

*истинные солнечные сутки.* Они длиннее звёздных в среднем на 4 минуты \*), — в среднем потому, что длительность истинных солнечных суток есть величина переменная: они короче летом и длиннее зимой, причём расхождение доходит до  $51^s$ . Это есть следствие, во-первых, неравномерности движения Солнца по эклиптике (являющегося, в свою очередь, отражением неравномерности движения Земли по орбите) и, во-вторых, наклона экватора к эклиптике. За начало истинных солнечных суток принимается момент верхней кульминации центра видимого Солнца, называемый истинным полуднем.

Было бы весьма затруднительным построить часовой механизм, который всегда точно показывал истинное солнечное время. Давно уже астрономы ввели счёт времени по некоторому воображаемому среднему Солнцу, которое равномерно движется по экватору. Промежутки времени между двумя последовательными верхними кульминациями этого воображаемого среднего Солнца называется *средними солнечными сутками*. Средние солнечные сутки также отсчитываются от полудня.

Среднее время, считаемое от полудня, называется *гражданским временем*. Среднее солнечное время (считаемое от полуночи) на гринвичском меридиане часто называют *мировым* или *всемирным* временем.

Разность среднего и истинного времени называется *уравнением времени*:

$$\eta = t_{\text{ср}} - t_{\text{ист.}}$$

Иначе говоря, уравнение времени есть величина, которую надо прибавить (с её знаком) к истинному времени, чтобы получить среднее время. В астрономических ежегодниках даётся уравнение времени для каждого дня. С достаточной точностью можно определить его из рис. 109, либо по данным табл. XX. Характерная кривая уравнения времени складывается из двух почти синусоидальных кривых: первая (зависящая от неравномерности движения Земли по орбите) имеет годичный период и амплитуду  $\pm 8^m$  и пересекает нулевую линию 2 января и 2 июля, вторая (отражающая влияние наклона эклиптики) имеет полугодовой период и амплитуду  $\pm 10^m$ ; она пересекает нулевую линию 21 марта, 22 июня, 23 сентября и 22 декабря. Само уравнение времени обращается в нуль четыре раза в году: 15 апреля, 14 июня, 1 сентября и 24 декабря.

Для мест, лежащих на разных меридианах \*\*) Земли, одно и то же светило кульминирует в разные моменты, поэтому время в этих

\*) Вследствие годичного движения Земли по орбите Солнце перемещается среди звёзд в направлении, обратном видимому суточному вращению небесной сферы, т. е. с запада на восток, совершая полный оборот по эклиптике за год. Таким образом звёздных суток в году оказывается на единицу больше, чем солнечных. Поэтому солнечные сутки на  $\frac{1}{365,25}$  суток или приблизительно на  $4^m$  длиннее звёздных.

\*\*) Точнее, нолумеридианах (т. е. от одного полюса до другого).

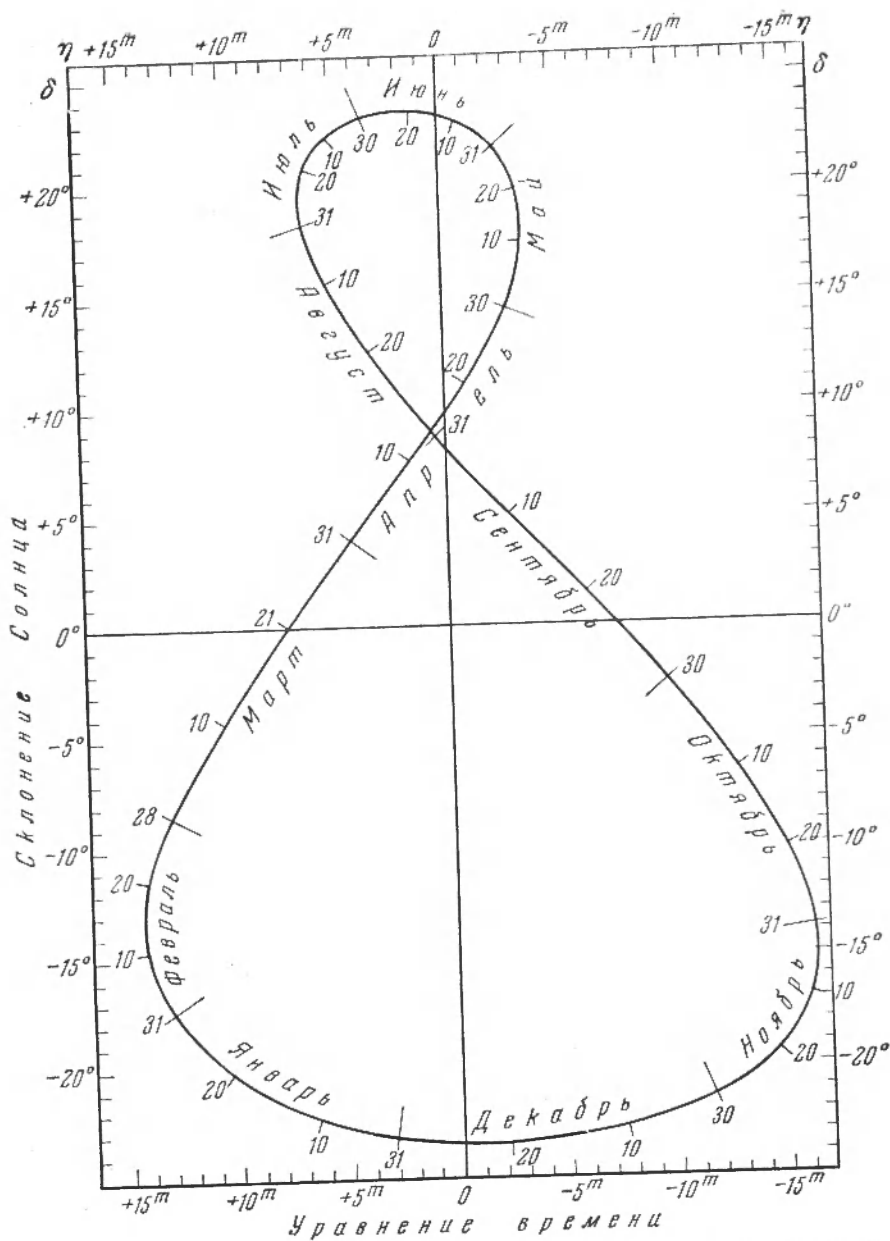


Рис. 108. Номограмма для определения склонения Солнца и уравнения времени.

местах различное. Для всех мест, лежащих на одном земном меридиане, время (звёздное или солнечное) — одно и то же; это время называется *местным временем*. Звёздное местное время определяется часовым углом точки весеннего равноденствия и численно равно прямому восхождению звёзд, находящихся в верхней кульминации; среднее солнечное местное время определяется часовым углом среднего

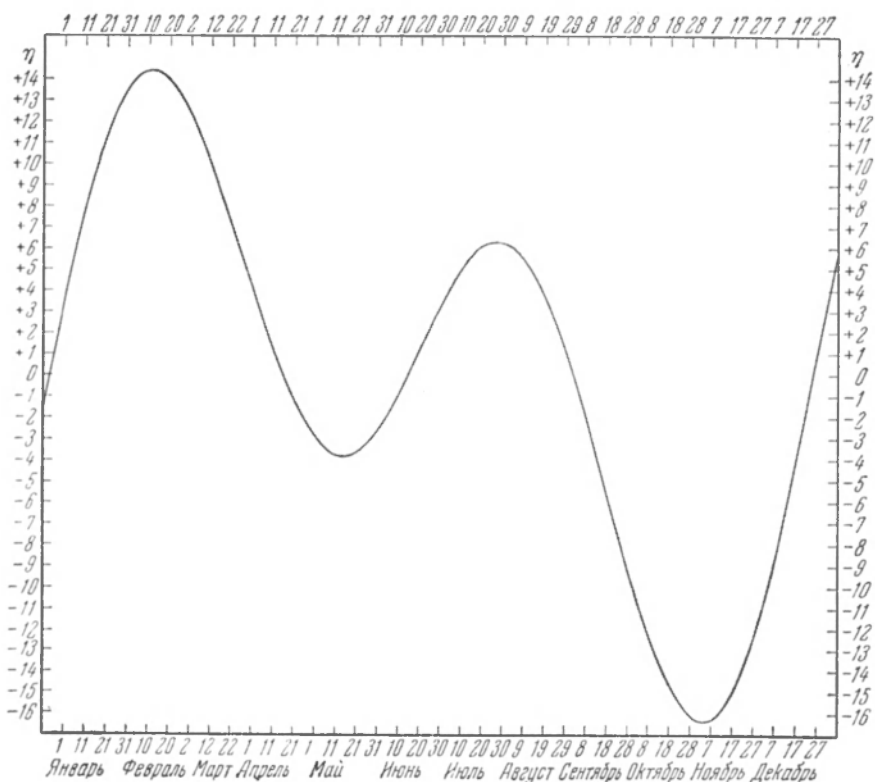


Рис. 109. График уравнения времени.

Солнца. Разность местных времён (звёздных или средних, безразлично) двух мест на Земле численно равна разности их географических долгот. Так, например, когда в Гринвиче 2 часа, в Москве ( $\lambda = 2^h30^m17^s$ ) уже  $4^h30^m17^s$  местного среднего солнечного времени.

Наличие в каждом населённом пункте Земли своего, местного времени создавало большие неудобства, особенно для железнодорожного транспорта и для телеграфной связи. Железнодорожники и связисты обходят это неудобство тем, что на всей территории СССР на вокзалах и на телеграфе ставят часы «по московскому времени»<sup>\*</sup>). Однако для обыденной и деловой жизни было бы непривычно и

<sup>\*</sup>) До 1918 г. ставили «по петербургскому времени».



неудобно, скажем, во Владивостоке ( $\lambda = 8^h 47^m 31^s$ ) пользоваться временем Москвы. Слишком велика разность долгот. Для устранения этого неудобства был введён *поясной счёт* времени. Суть его в том, что весь земной шар делится меридианами, проведёнными через каждые  $15^\circ$ , на 24 часовых пояса (от нулевого до 23-го). В пределах данного часового пояса все часы показывают одно и то же время, а именно, время среднего меридиана пояса. Соседний пояс живёт по времени своего среднего меридиана. Это время отличается ровно на час от первого. Таким образом на всей Земле минуты и секунды на часах одни и те же, отличаются лишь целые часы. Путешествуя, вы переставляете часы ровно на час, переезжая границу пояса. Очевидно, что переезжая на восток, вы должны прибавить час, переезжая на запад, — отнять.

Нулевой пояс имеет своим средним меридианом гринвичский. В Европе в пределах нулевого пояса находятся Англия, Эйре, Фран-

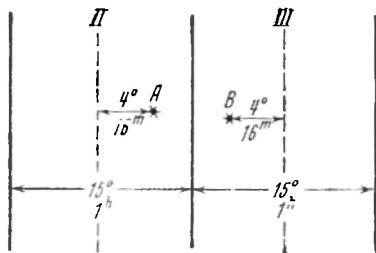


Рис. 110. Поправка на поясное время.

ция, Бельгия, Голландия, Испания, Португалия; в первом поясе, расположенном на восток от нулевого, находятся Норвегия, Швеция, Дания, Германия, Швейцария, Италия; во втором — Польша, Чехословакия, Австрия, Венгрия, западные районы Европейской части СССР; Москва, хотя и отстоит на  $17^s$  к востоку от формальной границы третьего часового пояса, но отнесена ко второму поясу\*). Вообще границы часовых поясов часто следуют есте-

ственным или политическим границам, отступая от меридианов (см. Приложение 9). СССР расположен в пределах 11 часовых поясов (от II до XII). Им можно было бы дать следующие названия (см. «Время и календарь» И. Ф. Полака, Гостехиздат, 1949): московский (II) пояс, — он несколько шире других, так как начинается у западных границ СССР, а кончается на линии Ростов-на-Дону — Рязань — Архангельск; волжский (III); этот пояс включает весь Кавказ; уральский (IV); западно-сибирский (V); енисейский (VI); иркутский (VII); амурский (VIII); приморский (IX); охотский (X); камчатский (XI); чукотский (XII).

При определении по местному времени поясного надо ввести *поправку на поясное время*. Она зависит от долготы данного места; её величина и знак ясны из рис. 110. Место А находится на  $4^\circ$  к востоку от середины II часового пояса; поправка на поясное время (II пояса) —  $16^m$ . Пункт В находится в  $4^\circ$  к западу от середины III часового пояса; поправка на поясное время  $-16^m$  и т. д.

\*) Для того чтобы включить Москву во второй часовой пояс, в восточной его границе сделана широкая излучина, доходящая на параллели Москвы до Муroma.

Поясное время по местному вычисляется по формуле:

$$T_{\text{поясн}} = T_{\text{местн}} - \lambda + N, \quad (26)$$

где  $N$  — номер пояса, а  $\lambda$  — долгота места наблюдения.

В табл. LVIII A дана поправка на поясное время для большого числа городов СССР.

16 июня 1930 г. в СССР введено так называемое *декретное время*, которое на 1<sup>h</sup> впереди поясного:

$$T_{\text{декр}} = T_{\text{поясн}} + 1^h. \quad (27)$$

Таким образом, упомянутое выше железнодорожное и телеграфное «московское время» есть декретное время для второго пояса.

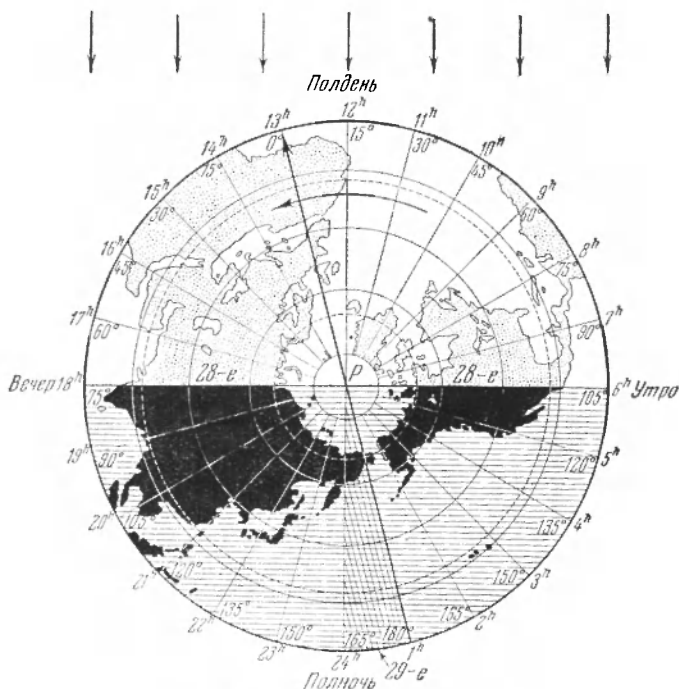


Рис. 111. Смена дат на Земле.

Используя формулу (26), можно написать формулу перехода от местного времени к декретному:

$$T_{\text{декр}} = T_{\text{местн}} - \lambda + N + 1^h. \quad (27')$$

Во многих странах, в целях экономии электроэнергии на освещение, летом часы переводят на час вперёд (это так называемое *летнее время*).

Линия изменения даты. Человек, вернувшийся к отправному пункту из кругосветного путешествия с запада на восток,

убеждается в том, что он по своему счёту времени опередил местных жителей на одни сутки. Человек, совершающий путешествие в западном направлении и ведущий во время пути сплошной счёт дней, — теряет одни сутки. Отчего это происходит? Где на Земле впервые появляется новая дата? Международным соглашением была введена *линия изменения даты*. Большая часть её проходит в океане, между Америкой и Азией, по меридиану, имеющему долготу  $180^\circ$ , местами отклоняясь от него, огибая группы островов, мысы и т. д. На этой линии в полночь по времени 12-го часового пояса впервые появляется на Земле новое число. Таким образом Новый год на Земле встречают первыми жители советской полярной станции на мысе Уэллен на восточной оконечности Азиатского материка. При переезде линии изменения даты с запада на восток (например, из Азии в Америку) путешественникам приходится два раза считать одно и то же число, а при обратном переезде пропускать одно число. Рис. 111 схематически показывает вращающуюся под лучами Солнца (стрелки наверху) Землю. Стрелкой от *P* показан гринвичский меридиан, её продолжение за *P* — линия изменения даты. В Гринвиче, например, 13<sup>е</sup> 28-го числа, а на линии дат уже 1<sup>е</sup> 29-го числа.

**Календарь.** Календарь служит для исчисления больших промежутков времени. Единицей времени в современном календаре является *тропический год*, в течение которого завершается полный цикл изменений склонения Солнца и, следовательно, полная смена времён года — основы хозяйственной жизни людей.

Задача создания календаря встала ещё в древности. Сложность этой проблемы заключается в том, что тропический год и средние солнечные сутки несоизмеримы (тропический год содержит приблизительно 365,2422 средних солнечных суток), тогда как календарный год, естественно, должен содержать целое число суток.

В древности (а в календаре некоторых мусульманских стран и теперь) большое значение как календарная единица имел синодический лунный месяц\*). Но и он не содержит целого числа суток (29,5306), и сам несоизмерим с тропическим годом.

Древнеегипетский календарь содержал в году ровно 365 дней. В 46 г. до н. э. Юлием Цезарем был введён в Риме календарь, получивший впоследствии название *юлианского*.

В этом календаре три года содержали по 365 дней, а четвертый (*високосный*) — 366 дней. Этот добавочный день — 29 февраля — включался в год, число лет которого делилось на четыре. Однако и этот календарь не давал полного соответствия с движением Солнца и сменами времён года. К концу XVI в. отступление календаря от астрономических явлений достигло десяти дней. В 1582 г. был принят *григорианский* календарь, названный так по имени римского папы Григория XIII, при котором произведена эта перемена. После 4 октября 1582 г. стали считать сразу 15-е, а из числа годов, за-

---

\*) Отсюда пошло условное деление календарного года на двенадцать месяцев, которые теперь не связаны с движением Луны.

вершающих столетия (например 1800, 1900 и т. д.), високосными оставлены только те, для которых число лет делится на 400 (например, 1600, 2000). Остальные считаются обыкновенными годами (по 365<sup>d</sup>). Расхождение григорианского календаря со счётом тропических лет так мало, что достигает одних суток лишь в течение 3300 лет. В дальнейшем за юлианским календарём, которым продолжали пользоваться некоторые страны, в том числе и Россия, установилось название «старый стиль», а григорианский стали называть «новым стилем». Расхождение между новым и старым стилем в XVII веке составляло 10 дней, в XVIII веке — 11, в XIX — 12, в XX — 13 дней.

В Советском Союзе новый стиль был введён после Великой Октябрьской социалистической революции, в 1918 г.

Астрономы и историки широко пользуются особым счётом времени — в днях так называемого юлианского периода (см. стр. 280).

### 3. Прецессия

Солнце совершает свой путь по эклиптике и возвращается к точке весеннего равноденствия за 365,2422 средних солнечных суток. Это — тропический год. Он немного меньше звёздного года \*) (365<sup>d</sup>, 2564), так как точка весеннего равноденствия движется вдоль эклиптики навстречу Солнцу, т. е. с востока на запад. Это явление, открытое ещё Гиппархом (180—110 гг. до н. э.), называется *прецессией* или *предварением равноденствий*.

Прецессия объясняется тем, что Земля не есть точный шар, а представляет собой сфероид, сплюснутый у полюсов и вытянутый у экватора (рис. 112). Схематически можно представить себе Землю состоящей из шарового тела  $K$  и некоторого экваториального кольца  $AA'$ . Вообще говоря, находясь близ эклиптики, Луна и Солнце не лежат в плоскости симметрии  $AA'$ . Часть  $A'$  экваториального кольца, которая в данный момент расположена ближе к Луне или Солнцу, притягивается сильнее, чем  $A$ . Это создаёт силу, стремящуюся повернуть ось  $PP'$  в указанном стрелкой направлении. Однако сама Земля вращается вокруг оси  $PP'$ . В результате сложения этих двух вращений земная ось  $PP'$  описывает конус с вершиной в центре Земли.

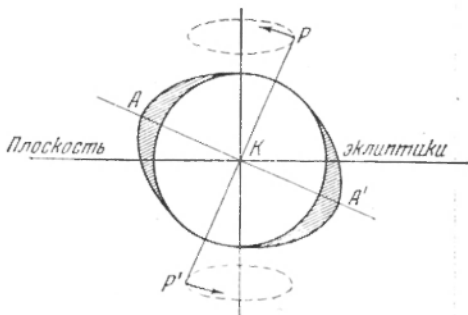


Рис. 112. Объяснение прецессии.

\*) Звёздный год определяется возвращением Солнца в его видимом движении по небосводу к тому же расположению относительно звёзд.

Полюс описывает на небесной сфере малый круг с центром в полюсе эклиптики \*), находясь от него всегда на расстоянии  $\epsilon = 23\frac{1}{2}^\circ$  (рис. 113). Соответственно и точка весеннего равноденствия скользит вдоль эклиптики, смещаясь на  $50'',37$  в год. Это так называемая *луно-солнечная прецессия*. Кроме того, некоторое смещение точки весеннего равноденствия вызывается совокупным

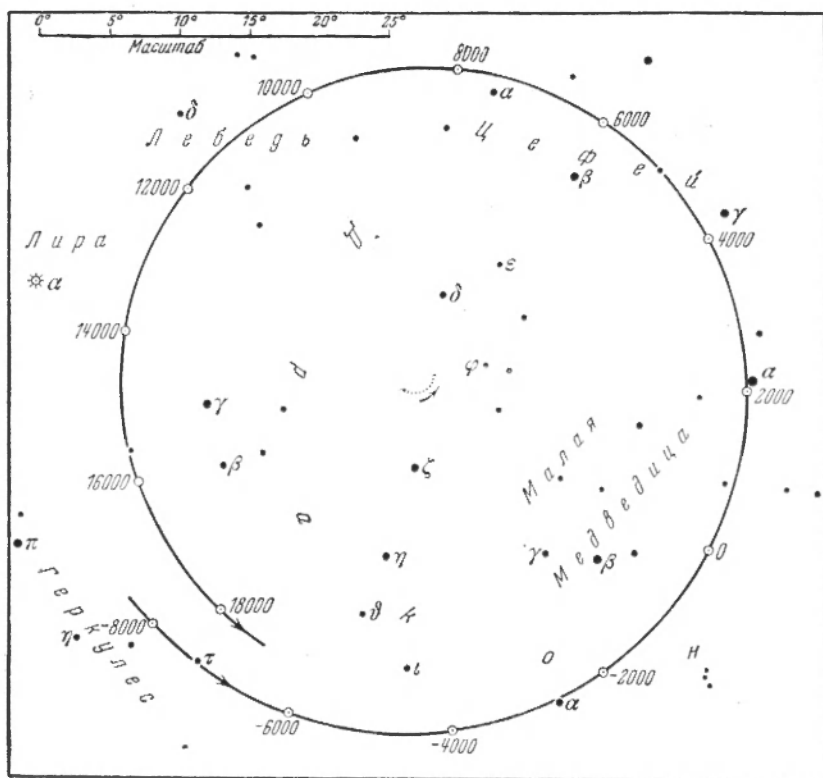


Рис. 113. Движение полюса мира среди звёзд за 26 тысяч лет.

действием притяжения планет на Землю. В этом случае форма Земли не играет роли, но планеты притягивают всю Землю в целом, изменяя несколько её орбиту, т. е. влияя на положение самой плоскости эклиптики. *Прецессия от планет* смещает точку весеннего равноденствия к востоку на  $0'',13$  в год. Под действием *общей прецессии* точка весеннего равноденствия смещается к западу на  $50'',24$  в год, совершая полный оборот примерно за 26 000 лет. С таким же периодом полюс мира описывает малый круг на небесной сфере вокруг

\*) Так как полюс эклиптики также движется по небесной сфере, то полюс мира описывает, строго говоря, не малый круг, а более сложную кривую (см. рис. 113).

полюса эклиптики. В настоящее время полюс мира приближается к Полярной звезде (рис. 98); в 2100 г. расстояние между ними будет только 28', а затем полюс будет уходить от Полярной, и через 7500 лет это название с большим правом будет носить  $\alpha$  Цефея, а через 13 500 лет — Веса ( $\alpha$  Лиры).

Наклон экватора к эклиптике ( $\epsilon$ ) также испытывает небольшие колебания, меняясь в пределах от 22°59' до 24°36'. В настоящее время  $\epsilon = 23^\circ 27'$  и непрерывно уменьшается на 0'',54 в год.

Вследствие прецессии непрерывно изменяются экваториальные координаты звёзд  $\alpha$  и  $\delta$ , а также их эклиптическая долгота  $\lambda$ . Поэтому при указании координат светил совершенно необходимо отмечать, к какому году, или, как говорят, к какой эпохе они относятся. Обыкновенно пользуются так называемыми *средними координатами*, отнесёнными к равноденствию какого-нибудь года. Так, например, в «Звёздном атласе» проф. А. А. Михайлова (изд. 1952 г.) положение всех звёзд отнесено к эпохе 1900 г. Для вычисления координат при переходе от одной эпохи к другой можно пользоваться точными или приближёнными формулами прецессии, либо специальными таблицами.

Приближённые значения прецессии приведены в табл. XXXVII. В табл. XLI даны средние места всех ярких звёзд до 4<sup>m</sup>,0 для эпохи 1900 г. Для всех последующих лет поправку каждой координаты можно получить, если значение прецессии, взятое из табл. XXXVII, умножить на разность эпох и прибавить к исходной координате со знаком, указанным в таблице. Для предшествующих лет поправку надо брать с обратным знаком. Так, например, средние координаты  $\alpha$  Льва (Регула) в 1905 г. будут:

$$\begin{aligned}\alpha &= 10^h 3^m,0 + 3^s,21 \cdot 5 = 10^h 3^m,3; \\ \delta &= + 12^\circ 27' + (-17'',6) \cdot 5 = 12^\circ 26' .\end{aligned}$$

Для облегчения приближённого перехода к эпохе 1950 г. от эпохи 1900 г. (эпоха ряда звёздных атласов и каталогов) служит табл. XXXVIII, дающая прецессию по каждой координате за 100 лет.

Более точно осуществить переход от координат одной эпохи ( $t_0$ ) к координатам другой ( $t$ ) можно по следующим приближённым формулам:

$$\left. \begin{aligned}\alpha_t &= \alpha_{t_0} + \text{праес}_\alpha^s (t - t_0), \\ \delta_t &= \delta_{t_0} + \text{праес}_\delta^s (t - t_0),\end{aligned} \right\} \quad (28)$$

где  $\text{праес}_\alpha^s$  и  $\text{праес}_\delta^s$  — годовая прецессия по прямому восхождению и склонению, которая определяется по формулам:

$$\begin{aligned}\text{праес}_\alpha^s &= 3^s,07327 + 1^s,33617 \sin \alpha \operatorname{tg} \delta, \\ \text{праес}_\delta^s &= 20'',0426 \cos \alpha;\end{aligned}$$

здесь  $\alpha$  и  $\delta$  соответствуют эпохе 1900,0 г.

Кроме прецессионного движения ось Земли совершает ряд короткопериодических колебаний. Самое значительное из них имеет

период около 18,6 года. При этом полюсы описывают на небесной сфере эллипсы, большие оси которых всегда направлены к полюсам эклиптики и равны  $18'',42$ , а малые оси равны  $13'',72$ . Это явление носит название *нута́ции* (открыта Брадлеем в 1747 г.). Постоянная нутации, равная большой полуоси нутационного эллипса, составляет  $9'',21$  (рис. 114). Явление нутации вызывается некоторыми

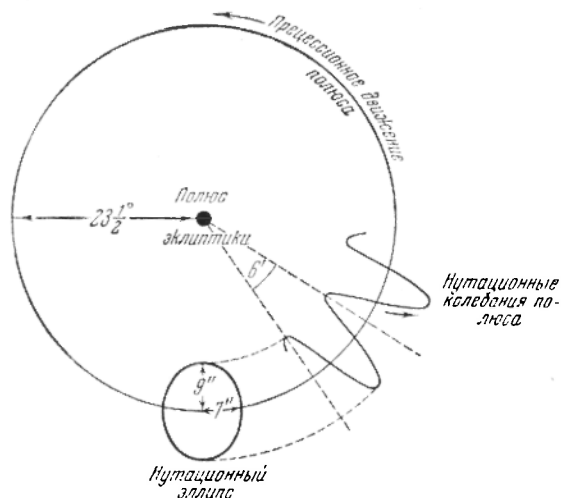


Рис. 114. Нутационное движение земной оси (схематически).

особенностями притяжения земного сфероида Луной. Период нутации совпадает с периодом обращения линии узлов лунной орбиты (см. стр. 187).

Таким образом при получении точных положений звёзд для какого-нибудь определённого момента надо учитывать, кроме прецессии, ещё и нутацию, аберрацию (годовую и суточную\*), собственное движение и параллактическое смещение (для звезды с заметным годичным параллаксом). В итоге мы получим точное *видимое место* звезды.

#### 4. Движение Луны. Затмения

Луна движется среди звёзд так же, как и Солнце, — с запада на восток; она перемещается по небу в среднем на  $13^\circ$  за сутки. Это её видимое движение отражает истинное обращение Луны вокруг Земли. Луна движется по эллиптической орбите с эксцентриситетом, равным 0,055. Ближайшая к Земле точка лунной орбиты называется *перигеем*, самая далёкая — *апогеем*; линия, соединяющая эти точки, называется *линией апсид* лунной орбиты.

\*) Суточная аберрация достигает максимального значения  $0'',31$  для наблюдателя, находящегося на экваторе Земли, и равна нулю для полюсов.

Движение Луны вокруг Солнца показано на рис. 115. Путь Луны всегда вогнут по направлению к Солнцу; изменяется лишь его кривизна в зависимости от фазы \*).

Плоскость лунной орбиты составляет небольшой угол ( $5^{\circ}9'$ ) с плоскостью эклиптики. В своём движении по небесной сфере Луна



Рис. 115. Орбита Луны относительно Солнца.

возвращается в прежнее положение относительно звёзд в среднем за 27,3216 средних суток, т. е. за  $27^d 7^h 43^m 12^s$ . Это — *сидерический* месяц. Обращаясь вокруг Земли, Луна меняет свой вид, проходя последовательность фаз: новолуние, первую четверть, полнолуние и последнюю четверть. Период полной смены фаз, возвращение Луны к прежнему положению относительно Солнца, называется *синодическим* месяцем; он длиннее сидерического и составляет в среднем 29,5306 суток, т. е.  $29^d 12^h 44^m 3^s$ . За 27,32 суток, составляющих сидерический месяц, Солнце успеет сместиться на восток примерно на  $27^{\circ}$ . Луна должна догнать Солнце, на что уйдёт ещё  $2^d, 29$  (рис. 116). Продолжительность сидерического месяца  $T$  связана с синодическим месяцем  $S$  *уравнением синодического движения*

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{E}, \quad (29)$$

где  $E$  — продолжительность звёздного года.

Точки пересечений лунной орбиты с эклиптикой называются узлами лунной орбиты. В восходящем узле ( $\odot$ ) Луна переходит в ту часть небесной сферы, которая расположена к северу от эклиптики. Подобно равноденственным точкам лунные узлы не занимают неизменного положения среди звёзд, а смещаются вдоль эклиптики навстречу движению Луны (т. е. с востока на запад) со скоростью примерно  $19^{\circ},3$  в год, завершая полный оборот вдоль эклиптики в 18,6 лет.

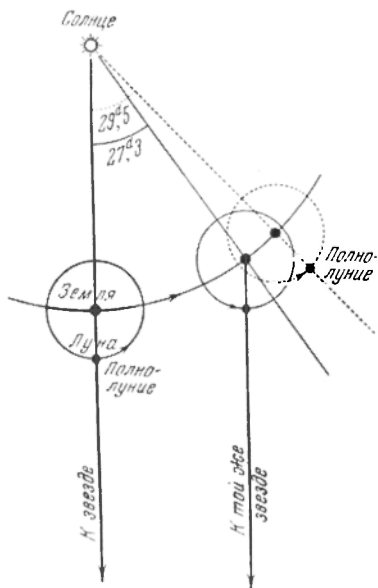


Рис. 116. Различие между синодическим и сидерическим месяцами.

\*) См. первое примечание на стр. 24.



1 января 1950 г. долгота восходящего узла лунной орбиты была равна  $12^{\circ},1$ .

Промежуток времени между двумя последовательными возвращениями Луны к одному и тому же узлу её орбиты называется *драконическим месяцем*; он равен 27,2122 суток. Периодически меняется наклон лунной орбиты к эклиптике (от  $4^{\circ}58'$  до  $5^{\circ}20'$ ). Апогей и перигей лунной орбиты смещаются с запада на восток, описывая полный круг вдоль лунной орбиты за девять лет. Долгота перигея лунной орбиты 1 января 1950 г. была равна  $208^{\circ},8$ . Каждый год она изменяется на  $-40^{\circ},7$ .

С движениями линии узлов и линии апсид связана периодичность солнечных и лунных затмений. Теория движения Луны очень сложна; она учитывает не менее четырнадцати факторов, вызывающих изменения периодического характера в элементах орбиты Луны и влияющих на её движение.

**Затмения.** С Солнцем и Луной связаны одни из наиболее замечательных астрономических явлений — солнечные и лунные затмения. При солнечном затмении с западного края диска Солнца начинается ущерб, который, продвигаясь постепенно на восток\*), к середине частного затмения достигает наибольшей величины; при полном затмении Солнце на некоторое время полностью загороживается диском Луны, вокруг которого вспыхивает солнечная корона (рис. 19). В некоторых случаях видимый диск Луны оказывается меньше видимого диска Солнца и даже при центральном затмении (т. е. даже при условии совпадения центров дисков Солнца и Луны) Луна не загороживает Солнца полностью — вокруг чёрного диска Луны остаётся сверкающее кольцо солнечного края (кольцеобразное затмение). При этом вершина конуса лунной тени не достигает земной поверхности.

Продолжительность полного затмения или ширина кольца при кольцеобразном затмении зависят от соотношения видимых (угловых) размеров дисков Солнца и Луны, что связано с расположением Земли и Луны в их эллиптических орбитах. Очевидно, что наибольшая продолжительность полной фазы затмения будет в том случае, если в день затмения Земля будет близка к афелию своей орбиты, а Луна близка к перигею. В течение нескольких секунд до наступления фазы полного затмения и нескольких секунд после её конца можно видеть, как узенький серп Солнца разбивается на ряд блестящих точек, как ожерелье окружающих диск Луны. Это *чётки Бейли* — диск Солнца, видимый в углублениях неровного края диска Луны.

Лунное затмение начинается появлением ущерба с восточной стороны полной Луны. Луна входит (погружается) всё больше в тень Земли и в случае полного лунного затмения целиком загороживается Землёй от прямых лучей Солнца. Однако часть лучей Солнца, пре-

---

\*) В зависимости от положения Солнца на небе движение лунного диска может происходить под весьма значительным углом к горизонту, однако всегда от западного края к восточному.

ломляясь в атмосфере Земли, огибает её и падает на лунную поверхность, создавая своеобразную её окраску.

Цвет Луны, погружённой в земную тень, зависит от состояния земной атмосферы и находится в несомненной связи с фазой солнечной активности, оказывающей влияние на многие геофизические явления. Часто край земной тени бывает окрашен в голубовато-зелёные цвета. Продолжительность лунного затмения зависит от расположения пути Луны относительно земной тени, а также от размеров земной тени на расстоянии Луны в данный момент по сравнению с размерами самой Луны (см. стр. 249).

Солнечное затмение может произойти только в том случае, если Солнце находится вблизи лунного узла (не дальше чем на  $18^\circ$  от него \*).

Если Луна догонит Солнце в то время, как оно проходит этот участок своего пути, произойдёт солнечное затмение. Так как Солнце проходит этот участок в среднем за 36 дней, что больше продолжительности синодического месяца ( $29^d, 32$ ), то за это время непременно произойдёт одно затмение, но могут произойти и два затмения, из которых одно в начале, а другое в конце этого 36-дневного периода. Через полгода Солнце будет проходить такой же участок пути вблизи второго узла, — произойдёт ещё одно или два солнечных затмения. Так как узлы лунной орбиты движутся вдоль эклиптики навстречу Солнцу, то Солнце возвращается к тому же узлу раньше, чем пройдёт тропический год, — через *драконический год*.

Поэтому при особенно благоприятных условиях, когда первые два затмения произойдут в самом начале года, а вторые два в середине, в декабре может произойти ещё одно солнечное затмение. Таким образом максимальное возможное число солнечных затмений в году — пять, минимальное — два.

Лунное затмение может наступить тогда, когда Солнце находится вблизи одного узла (не дальше  $11^\circ$  от него \*\*), а Луна — вблизи другого. В этом случае зону затмений Солнце проходит за 22 дня, что короче синодического месяца, поэтому лунное затмение может и вовсе не произойти. Таким образом в году может не быть ни одного лунного затмения, максимальное же число их — три. Общее число солнечных и лунных затмений в году не может превышать семи: либо пять солнечных и два лунных, либо четыре солнечных и три лунных. Из этого видно, что солнечные затмения не такие уж редкие явления; они бывают даже чаще лунных. Почему же за свою жизнь человек видит гораздо больше лунных затмений, чем солнечных? Это происходит оттого, что лунное затмение видно на всей половине Земли, обращённой к Луне, а солнечное — только в сравнительно узкой полосе затмения (рис. 117).

Начало солнечного затмения определяется моментом так называемого первого контакта, первого касания, когда диск Лупы

\*) При расстоянии, меньшем  $15^\circ$ , затмение произойдёт обязательно.

\*\*) При расстоянии, меньшем  $9^\circ, 5$ , затмение произойдёт обязательно.

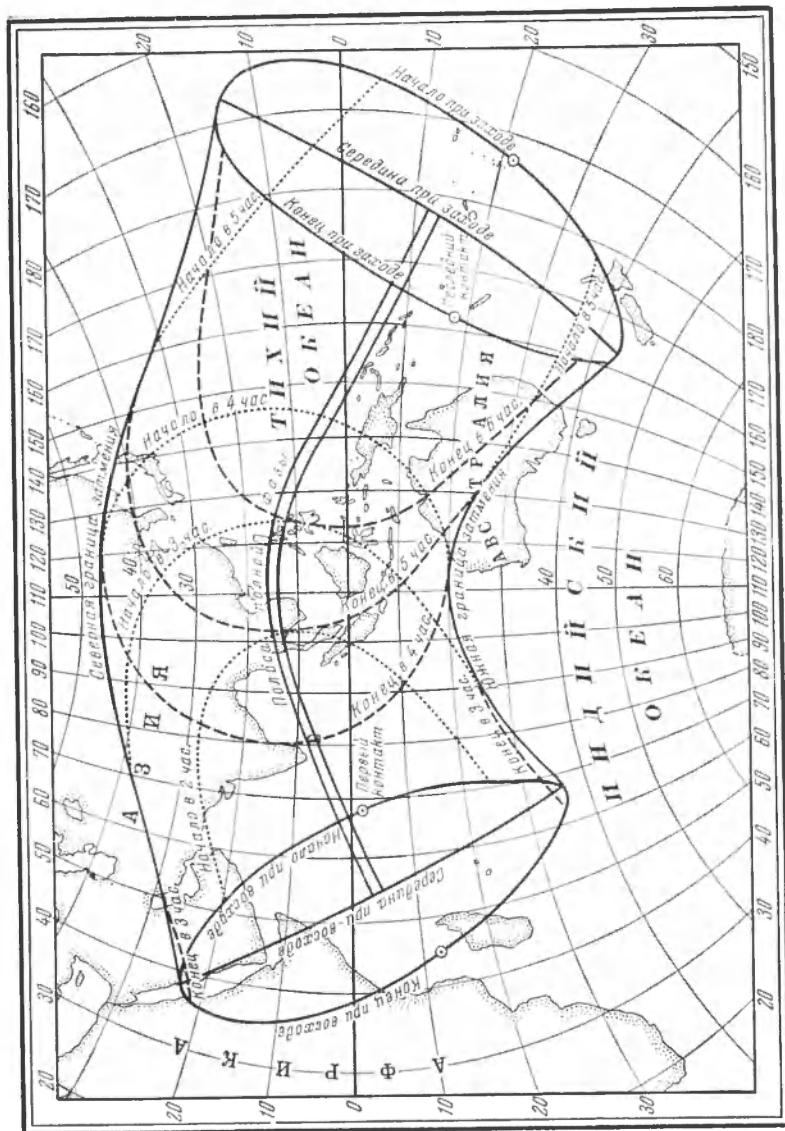


Рис. 117. Схема полного солнечного затмения 20 июня 1955 г.



Впервые появляется у западного края Солнца. Момент второго контакта свидетельствует о наступлении полной фазы затмения — восточный край Луны касается восточного края солнечного диска.

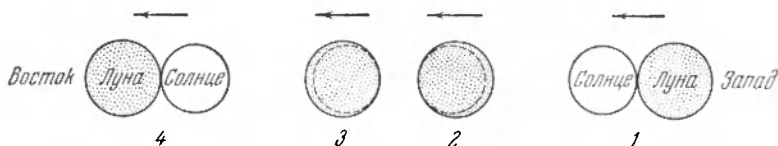


Рис. 119. Четыре контакта полного солнечного затмения.

После третьего контакта кончается полное затмение — у западного края лунного диска появляется очень узкий яркий серп Солнца.

В момент четвёртого контакта затмение кончается (рис. 119). При кольцеобразном затмении также наблюдаются четыре контакта. Если затмение неполное, то, очевидно, контактов будет всего два: первый и последний. Вне пределов узкой полосы видимости полного или кольцеобразного затмений и до границ, описываемых на поверхности Земли северным и южным краями лунной полутени, затмение можно наблюдать только как частное. Частное затмение характеризуется определённой *фазой затмения*, за которую принимают отношение закрытой в момент наибольшего затмения части диаметра диска Солнца ко всему диаметру (рис. 120).

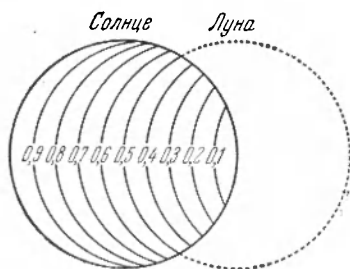


Рис. 120. Фазы солнечного затмения.

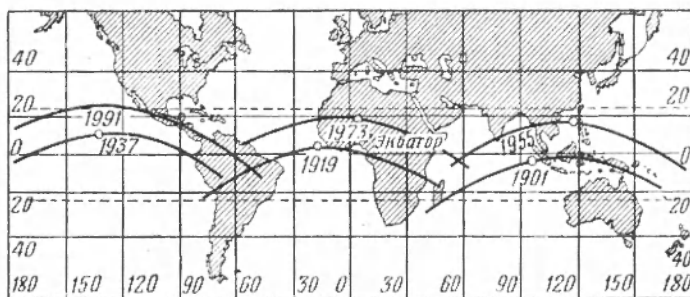


Рис. 121. Периодичность солнечных затмений. Полосы солнечных затмений через 18 лет.

Все обстоятельства затмения (моменты всех контактов, величина фазы, видимость в различных местах Земли, продолжительность явления) заранее вычисляются и публикуются в астрономических календарях и в специальных изданиях.

Сложность лунного движения и необходимость заботиться об улучшении его теории делают весьма важными точные определения моментов всех контактов всех затмений и сравнение с предвычисленными моментами.

Ещё астрономы древности заметили строгий порядок в чередовании затмений. Они подметили, что через 18 лет 11 дней (18 лет 10 дней, если за это время было 5 високосных лет) солнечные и лунные затмения начинают совершаться в том же порядке. Этот период (называемый Саросом) содержит в себе:

19 драконических лет	по	$346^d 620063 = 6585^d 7812$ ,
223 синодических месяца	по	$29,530588 = 6585, 3211$ ,
242 драконических месяца	по	$27,212220 = 6585, 3572$ ,
239 аномалистических месяцев	по	$27,554550 = 6585, 5372$ .

За это время произойдёт в среднем 71 затмение: 43 солнечных и 28 лунных.

В табл. 26 приведены солнечные затмения, видимые на территории СССР до 1975 г., а в табл. 27 — полные лунные затмения за тот же период.

Таблица 26

Солнечные затмения, видимые в СССР до 1975 г.

Дата затмения	Какое затмение	Где видно
1954 30 июня . . . . .	полное	Минск, Чернигов, Харьков, Северный Кавказ, Каспийское море
1956 2 декабря . . . . .	частное	Европейская часть СССР и Западная Сибирь
1957 30 апреля . . . . .	кольцеобразное	Северная Печора, Новая Земля
1961 15 февраля . . . . .	полное	Крым, Сталинград, Западная Сибирь
1963 20 июля . . . . .	полное	Сибирь
1966 20 мая . . . . .	кольцеобразное	Чёрное море, Северный Кавказ, Казахстан
1968 22 сентября . . . . .	полное	Новая Земля, Западная Сибирь, Казахстан (Балхан)
1971 25 февраля . . . . .	частное	Европейская часть СССР, Западная Сибирь
1975 11 мая . . . . .	частное	Европейская часть СССР, Сибирь

Таблица 27

Полные лунные затмения, видимые в СССР до 1975 г.

Дата затмения	Продолжительность		Дата затмения	Продолжительность	
	частн.	полн.		частн.	полн.
1954 19 января . . . . .	$h$ 3,4	$h$ 0,6	1971 6 августа . . . . .	$h$ 3,7	$h$ 1,7
1957 14 мая . . . . .	3,6	1,3	1974 29 ноября . . . . .	3,5	1,3
1957 7 ноября . . . . .	3,3	0,5	1975 19 ноября . . . . .	3,4	0,8
1964 19 декабря . . . . .	3,5	1,1			

## 5. Движение планет

Видимые движения планет среди звёзд обнаруживают характерные особенности (петли), которые были известны уже древним:

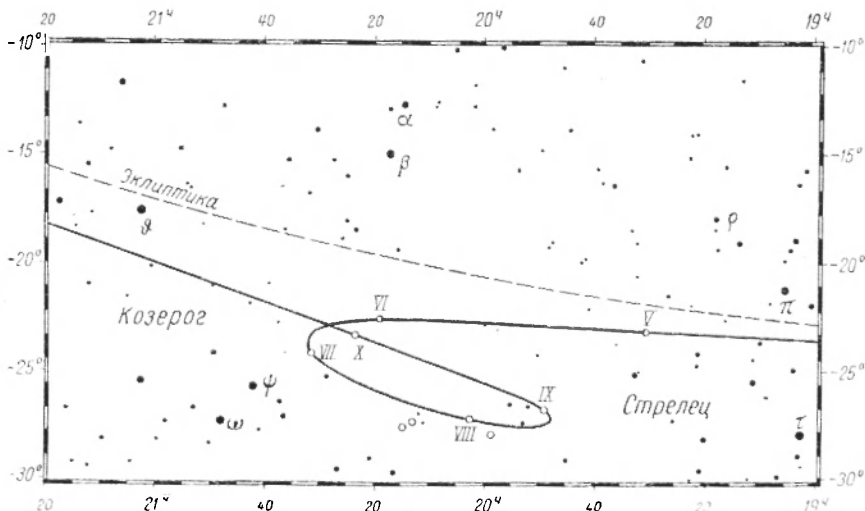


Рис. 122. Петлеобразное движение планеты Марс в 1939 г.

прямое движение планеты навстречу суточному движению небесного свода сменяется после кажущегося «стояния» попятным движением,

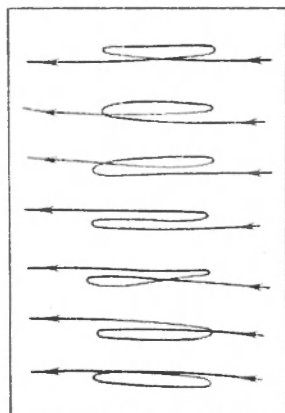


Рис. 123. Типы планетных петель.

после чего вновь продолжается прямое движение (рис. 122). Дуга попятного движения меньше у планет, находящихся дальше от Земли. В геоцентрической системе Птолемея петлеобразное движение планет объяснялось при помощи сложной системы эпициклов (см. стр. 13). Гелиоцентрическая система Коперника дала естественное объяснение движению планет, наблюдаемых с движущейся Земли.

По положению своих орбит относительно орбиты Земли планеты делятся на нижние (или внутренние) и верхние (или внешние). Нижние планеты — это те, орбиты которых находятся внутри орбиты Земли: Венера и Меркурий. Верхние — все остальные планеты.

По своему видимому положению относительно Солнца нижние планеты могут образовывать следующие конфигурации (рис. 124): *нижнее соединение* (когда планета расположена между Солнцем и Землёй, разность геоцентрических долгот равна 0°), *верхнее соединение* (когда

планета находится за Солнцем), западную или восточную *элонгацию* (планета на некотором угловом расстоянии от Солнца).

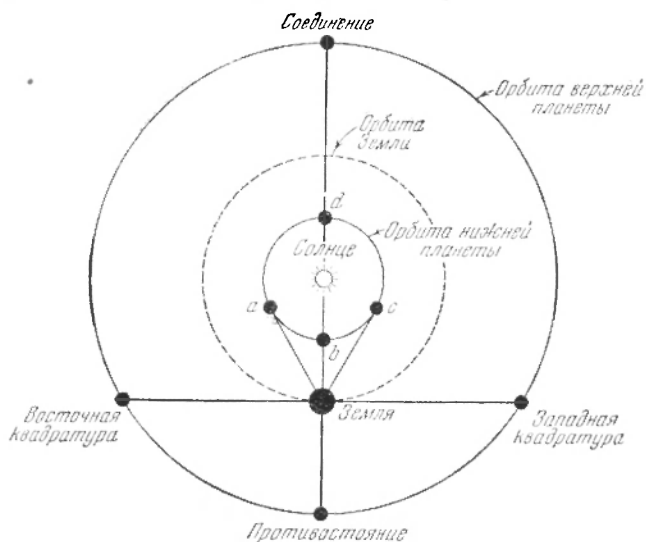


Рис. 124. Планетные конфигурации. Для нижней планеты: *a* — восточная элонгация, *b* — нижнее соединение, *c* — западная элонгация, *d* — верхнее соединение.

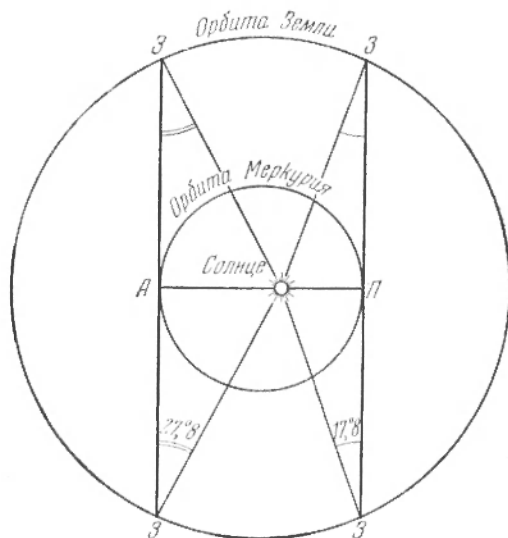


Рис. 125. Объяснение различной величины угла элонгации.

Наибольшая элонгация Меркурия  $28^\circ$ , Венеры  $48^\circ$ . Как легко можно понять из рис. 125, вследствие значительного эксцентриситета орбиты



Меркурия угол его наибольшей элонгации зависит от взаимного расположения его орбиты и орбиты Земли в момент элонгации. Этот угол меняется от  $17^{\circ}30'$  до  $27^{\circ}45'$ .

В эпохи нижних соединений может иногда наблюдаться весьма редкое явление — прохождение планеты по диску Солнца. Для Меркурия это происходит раз в несколько лет, для Венеры значительно реже: последнее прохождение Венеры по диску Солнца было в 1882 г., ближайшие произойдут 7 июня 2004 г. и 5 июня 2012 г. Ближайшие прохождения Меркурия по диску Солнца: 14 ноября 1953 г., 7 ноября 1960 г., 8 мая 1970 г., 9 ноября 1973 г., 12 ноября 1986 г., 5 ноября 1993 г., 15 ноября 1999 г.

Верхние планеты могут находиться в *соединении* с Солнцем, в *противостоянии* или *оппозиции* (Земля расположена между Солнцем и планетой), в восточной либо западной квадратуре (когда направление на планету составляет прямой угол с направлением на Солнце).

Прямое движение нижней планеты среди звёзд быстрее, чем движение Солнца, поэтому после верхнего соединения планета появляется на востоке от Солнца и может наблюдаться только как вечернее светило. После нижнего соединения наступает западная элонгация, когда планета видна только в утренние часы перед восходом Солнца.

Движения верхних планет среди звёзд медленнее движения Солнца, поэтому после соединения планета появляется западнее Солнца. Продолжая своё прямое движение среди звёзд на восток, планета всё время отстаёт от Солнца, затем начинает двигаться попятным движением и описывает петлю или зигзагообразную линию (см. рис. 123). Момент противостояния соответствует середине дуги попятного движения. Величина петли тем меньше, чем больше расстояние до планеты.

Наиболее удобное время наблюдения нижних планет — это эпохи элонгаций, внешних — эпохи противостояний. Промежуток времени  $S$  между двумя одноимёнными конфигурациями (например, от одного противостояния до следующего) называется *синодическим периодом обращения* планеты. Период полного обращения планеты вокруг Солнца  $T$  носит название её звёздного, или *сидерического периода обращения*. Их связывает уравнение синодического движения, аналогичное лунному:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{E} \quad (30)$$

для нижней планеты и

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{T} \quad (31)$$

— для верхней;  $E$  — звёздный или сидерический год. Из наблюдений получают синодические периоды, а с помощью приведённых уравнений выводят сидерические периоды обращений планет вокруг

Солнца \*). Так, например, по наблюдениям элонгации Венеры синодический период её обращения равен  $583^d,92$ . Подставив в уравнение синодического движения  $E=365,25$  и  $S=583,92$ , получим  $T=224,7$  дня.

Движения планет в пространстве вокруг Солнца подчиняются трём законам Кеплера:

1. Планета движется в плоскости, проходящей через Солнце, по эллипсу; Солнце находится в одном из его фокусов.

2. При движении планеты вокруг Солнца её радиус-вектор описывает равные площади в равные промежутки времени.

3. Отношение квадрата времени обращения к кубу среднего расстояния есть величина постоянная для всех планет солнечной системы:

$$\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3} = \frac{4\pi^2}{k^2 M_{\odot}}, \quad (32)$$

откуда можно вывести иное выражение для третьего закона Кеплера:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}, \quad (32')$$

т. е. квадраты времён обращения двух планет вокруг Солнца пропорциональны кубам больших полуосей их орбит. О коэффициенте  $k^2$  см. ниже.

После открытия Ньютоном закона всемирного тяготения и разработки им общей теории движения планет (см. ниже) оказалось, что орбитами небесных тел могут быть не только эллипсы, но любое коническое сечение, т. е. окружность, эллипс, парабола или гипербола (см. стр. 155).

Закон всемирного тяготения гласит, что все материальные частицы притягивают друг друга с силой, пропорциональной их массам и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними:

$$F = k^2 \frac{m_1 m_2}{r^2}, \quad (33)$$

где  $k^2$  — коэффициент, зависящий от принятых единиц измерения; его численное значение находится посредством очень тонкого и трудного физического эксперимента.

Если массу Солнца принять равной единице, среднее расстояние между Солнцем и Землёй за единицу длины и средние солнечные сутки за единицу времени, то численное значение  $k^2$  будет:

$$k^2 = 0,000295913 \quad \text{или} \quad k = 0,0172021.$$

\*) Табличные значения синодических периодов обращения планет (табл. XIV) представляют собой средние значения. Продолжительность какого-либо конкретного периода зависит от эксцентриситетов орбиты Земли и планет и взаимного расположения больших полуосей. Так, например, средний синодический период Марса  $780^d$ , но в действительности периоды бывают от  $765^d$  до  $811^d$ . С ошибкой не больше  $10^d$ , а большей частью меньше  $5^d$ , синодический период Марса можно представить формулой:  $S = 811 - 0,27x$ , где  $x$  — число дней между датой оппозиции и ближайшим 16 июля.

Если за единицы мер принять *см*, *г*, *сек*, то, считая массу Солнца равной  $1,980 \cdot 10^{33}$  г, астрономическую единицу равной  $149,5 \cdot 10^{11}$  см, число секунд в сутках 86 400, получим:

$$k^2 = 6,679 \cdot 10^{-8}.$$

Из закона Ньютона строго выводятся все три закона Кеплера, причём вывод третьего закона Кеплера, учитывающий массы планет, даёт формулу, которая ближе соответствует объективной реальности:

$$\frac{T^2}{a_1^3 (\mathcal{M}_{\odot} + m_1)} = \frac{T_2^2}{a_2^3 (\mathcal{M}_{\odot} + m_2)}. \quad (34)$$

Третий закон Кеплера в этой обобщённой форме, справедливой для движения всех небесных тел, включает массу центрального тела (например, Солнца  $\mathcal{M}_{\odot}$ ) и массу того тела, для которого в третий закон входит период и большая полуось.

Эту формулу можно применить к любым двум телам солнечной системы, из которых одно обращается вокруг другого, и использовать её для определения масс планет, имеющих спутников.

Применяя эту формулу к движению Земли вокруг Солнца ( $T_1 = 1$  году,  $a_1 = 1$  а. е.) и к движению Луны вокруг Земли ( $T_2 = 0,0694$  года,  $a_2 = 0,002571$  а. е.), можно составить соотношение:

$$\frac{(\mathcal{M}_{\odot} + m_{\delta})}{(m_{\delta} + m_{\epsilon})} \cdot \frac{1^2}{(0,0694)^2} = \frac{1^3}{(0,002571)^3}.$$

Пренебрегая в числителе массой Земли, малой по сравнению с массой Солнца, а в знаменателе массой Луны, малой по сравнению с массой Земли, получим

$$\frac{\mathcal{M}_{\odot}}{m_{\delta}} = 329\,228 *).$$

Таким образом, зная из лабораторных опытов (например, из опытов с крутильными весами Кавендиша, с весами фон-Йолли и др.), что  $m_{\delta} = 6 \cdot 10^{27}$  г, мы получаем  $\mathcal{M}_{\odot} = 2 \cdot 10^{33}$  г.

Применяя те же рассуждения к другой планете с массой  $m_n$ , имеющей спутника, можно определить отношение  $\frac{\mathcal{M}_{\odot}}{m_n}$  и, зная  $\mathcal{M}_{\odot}$ , вычислить  $m_n$ . Массу планеты, не имеющей спутников, можно определить лишь из анализа тех возмущений (см. ниже), которые эта планета вызывает в движении других планет или комет. Об определении массы Луны см. примечание на стр. 24.

Применяя эту формулу к двойным звёздам, мы можем получить сведения о массах звёзд (см. стр. 108).

Движение планеты вокруг Солнца сводится в небесной механике к так называемой задаче двух тел. В общем виде эту задачу

---

\*) Приближённо масса Земли составляет  $\frac{1}{1000000}$  массы Солнца.

можно сформулировать так: два сферических тела с известными массами находятся под действием силы взаимного тяготения; даны их положения и скорости в некоторый момент; каково будет их расположение и скорости спустя некоторый промежуток времени? Иначе говоря, каково будет их движение? Как было сказано, оно подчиняется законам Кеплера.

Вычисление движения двух тел представляет относительно простую задачу. Пусть теперь даны массы, расстояния и скорости в некоторый момент трёх тел и требуется вычислить их расстояния и скорости в последующие моменты времени. Эта задача трёх тел исключительно сложна. Практически применимого общего решения её до сих пор ещё не найдено. Только в некоторых частных случаях, когда тела двигаются в одной плоскости и массой одного из них можно пренебречь по сравнению с массами двух других, получено точное решение задачи. Это решение находит практическое применение при исследовании движения астероидов-тройнецов (стр. 56), представляющего частный случай задачи трёх тел: Солнце — Юпитер — малая планета. Задача ещё более усложняется, когда мы имеем дело с четырьмя и более телами, как, например, со всей солнечной системой, состоящей из тысяч тел.

Вычисление орбит и эфемерид тел солнечной системы чрезвычайно облегчается тем, что масса Солнца примерно в 750 раз больше, чем общая масса всех остальных тел солнечной системы. Это позволяет, вычислив приближённую орбиту какого-либо светила в рамках задачи двух тел (*невозмущённое движение*), в дальнейшем учесть сравнительно незначительные *возмущения* этой орбиты притяжением других членов системы (в первую очередь Юпитера, Сатурна) и определить орбиту и движение (*возмущённое движение*) тела с желаемой степенью точности.

Теоретической астрономией подробно разработаны методы вычисления элементов орбит планет (см. ниже) и предвычисления эфемерид по данным наблюдений (см. стр. 201).

**Элементы планетных орбит.** Положение планеты в пространстве может быть определено с помощью шести элементов её орбиты, из которых пять геометрических и один — динамический. Эти элементы следующие (рис. 126): наклонение орбиты  $i$  — угол между плоскостью орбиты планеты и плоскостью эклиптики, гелиоцентрическая долгота восходящего узла орбиты  $\delta\bar{\iota}_*$  \*), расстояние перигелия от узла  $\omega$ , большая полуось  $a$ , эксцентриситет  $e$ , средняя аномалия  $M_0$  в эпоху  $t_0$  или момент прохождения через перигелий  $T_0$ . Средняя аномалия — это некоторая вспомогательная величина, в каждый данный момент равная дуге, которую описала бы планета после своего прохождения через перигелий, если бы она равномерно двигалась

---

\*) Восходящий узел  $\delta\bar{\iota}_*$  соответствует той точке пересечения орбиты с плоскостью эклиптики, в которой планета переходит из полусферы, содержащей южный полюс эклиптики, в полусферу, содержащую её северный полюс.

по круговой орбите, завершая полный оборот за время обращения планеты  $P$ .

Если  $\frac{360^\circ}{P}$  назовем средним суточным движением планеты, через  $T_0$  обозначим момент прохождения перигелия, то в момент  $t$  средняя аномалия  $M$  будет  $M = \frac{360^\circ}{P} (t - T_0)$ .

Период обращения (в годах) получим из третьего закона Кеплера:  $P = \sqrt{a^3}$ , если  $a$  выражено в астрономических единицах.

Наклонение  $i$  считается от 0 до  $180^\circ$ . Углом  $i$ , большим  $90^\circ$ , соответствует обратное движение по орбите. Расстояние перигелия

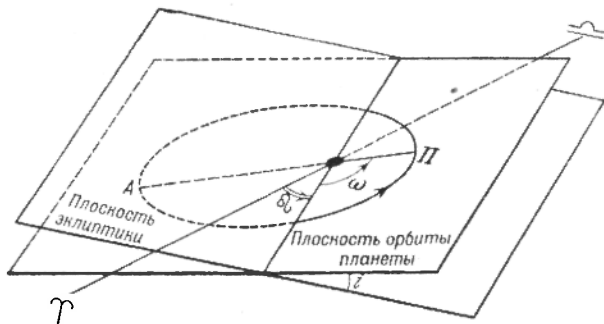


Рис. 126. Элементы планетных орбит.

от узла  $\omega$  определяет ориентацию орбиты в её плоскости, это — угол между линией узлов и большой осью орбиты; он отсчитывается вдоль орбиты, в направлении движения планеты от восходящего узла до перигелия.

Иногда указывают долготу перигелия  $\pi = \delta + \omega$ . Угол  $\pi$ , следовательно, измеряется в двух плоскостях: в плоскости эклиптики от  $\Upsilon$  до  $\delta$  и в плоскости орбиты планеты от  $\delta$  до  $\Pi$ .

Форма орбиты определяется эксцентриситетом  $e = \frac{c}{a}$ , где  $c$  — расстояние от центра эллипса до его фокуса. При эксцентриситетах, близких к нулю, форма орбиты близка к окружности; при больших эксцентриситетах орбита имеет вид весьма вытянутого эллипса. Иногда для удобства некоторых вычислений указывают так называемый *угол эксцентриситета*  $\varphi$ , связанный с  $e$  соотношением  $e = \sin \varphi$ .

Так как орбиты комет обычно очень вытянуты, то в первом приближении их принимают за параболы, т. е. полагают  $e = 1$ ,  $a = \infty$ . Вместо этих двух элементов вводят перигелийное расстояние  $q$ . Это упрощает задачу определения неизвестных элементов орбиты из наблюдений положения светила среди звёзд.

Когда элементы орбиты известны, можно решить обратную задачу: предвычислить положения светила на небе (т. е. его координаты).

наты  $\alpha$  и  $\delta$ ) и расстояние от Земли  $\rho$ , т. е. вычислить так называемую *эфемериду*. Эфемериды больших и малых планет и их спутников, Луны, а также Солнца, данные о затмениях и других астрономических явлениях составляют основное содержание астрономических ежегодников.

**О вычислении эфемерид.** Может встретиться необходимость самим рассчитать по известным элементам орбиты эфемериду малой планеты, либо продолжить опубликованную эфемериду какой-либо кометы, движущейся по эллиптической орбите. Для этого поступаем следующим образом.

Вначале, зная элементы орбиты, т. е.  $a$ ,  $e$ ,  $i$ ,  $\bar{\omega}$ ,  $\omega$  и  $T_0$ , мы должны найти положение планеты (или кометы) в плоскости её орбиты. Оно определяется для каждого момента времени  $t$  двумя величинами: радиусом-вектором  $r$  и истинной аномалией  $v$ \*) (рис. 127). Их можно получить из следующих соотношений:

$$r \sin v = a \sqrt{1 - e^2} \sin E,$$

$$r \cos v = a (\cos E - e),$$

в которые помимо элементов  $a$  и  $e$  входит величина  $E$  — эксцентриская аномалия.

На рис. 127  $A'NA$  — окружность, построенная на большой оси эллипса орбиты как на диаметре (кенелеров вспомогательный круг). Перпендикуляр к большой оси, проведённый через планету  $P$ , встретится с этой окружностью в точке  $N$ . Угол  $NOA$  и есть эксцентриская аномалия. Её можно вычислить с помощью уравнения Кеплера

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

В этом уравнении  $M$  — средняя аномалия, причём

$$M = M_0 + \mu (t - t_0)$$

или

$$M = \mu (t - T),$$

если указан момент прохождения через перигелий  $T$ ;  $\mu = \frac{360^\circ}{P}$ .

Для облегчения решения уравнения Кеплера служат различные графические приёмы, а также таблицы; некоторые из них дают возможность по  $M$  и  $e$  сразу получить  $v$ . Если  $e$  невелико, то можно  $E$  найти методом последовательных приближений, приняв за первое значение  $E$  само  $M$ . Тогда

$$E_1 = M + e \sin M.$$

\*) Истинная аномалия — угол между направлением большой оси орбиты и радиусом-вектором. Этот угол отсчитывается от перигелия в направлении движения планеты.

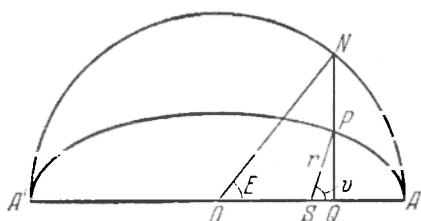


Рис. 127. Истинная  $v$  и эксцентриская  $E$  аномалии.

Полученное значение  $E_1$  подставим в уравнение, чтобы получить второе приближение:

$$E_2 = M + e \sin E_1,$$

затем получим

$$E_3 = M + e \sin E_2,$$

и т. д., до тех пор, пока  $E$  не перестанут меняться при дальнейших подстановках. При этих вычислениях надо иметь в виду, что  $e \sin E$  выражено в радианах, в то время как  $M$  и  $E$  в градусах. Чтобы величину  $e \sin E$  также выразить в градусах, надо  $e$  умножить на  $57^{\circ},2958$  и всюду пользоваться этим значением  $e$  в градусах.

Если  $e$  велико, то первое приближение можно получить графическим путем. На рис. 128 представлена синусоида  $y = \sin x$ . На

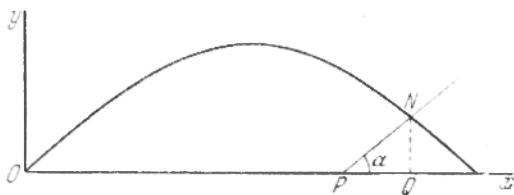


Рис. 128. Определение эксцентрической аномалии.

оси  $Ox$  отложим  $OP$ , равное средней аномалии  $M$ , выраженной в радианах. От точки  $P$  проведем прямую под углом  $\alpha$  к оси  $Ox$ , причём  $\alpha$  определяем из условия:

$$\operatorname{ctg} \alpha = e.$$

Из точки  $N$  пересечения прямой с синусоидой опустим перпендикуляр  $NQ$ . Отрезок  $OQ$  даёт эксцентрическую аномалию  $E$ . Той же цели может служить рис. 129, на котором показаны линии одинаковых  $E$ . По значениям эксцентриситета  $e$  (на оси абсцисс) и средней аномалии  $M$  (ось ординат) получаем значения эксцентрической аномалии  $E$  (правая шкала оси ординат). При достаточно большом масштабе этой диаграммы можно получать в любом её месте значения  $E$  с требуемой точностью.

Таким образом порядок вычислений оказывается следующим: вначале для ряда равноотстоящих друг от друга моментов времени  $t$  определяем значения  $M$ , по ним находим  $E$  и затем вычисляем соответствующие значения  $r$  и  $v$ .

После того как получены  $r$  и  $v$ , можно перейти к определению гелиоцентрических прямоугольных координат планеты, а затем к определению её геоцентрических координат и, наконец, видимых координат для тех же моментов времени.

Отсылая за выводами и деталями к специальным курсам теоретической астрономии, приведём здесь лишь рабочие формулы для вычисления прямого восхождения  $\alpha$ , склонения  $\delta$  и расстояния  $\rho$  светила от Земли.

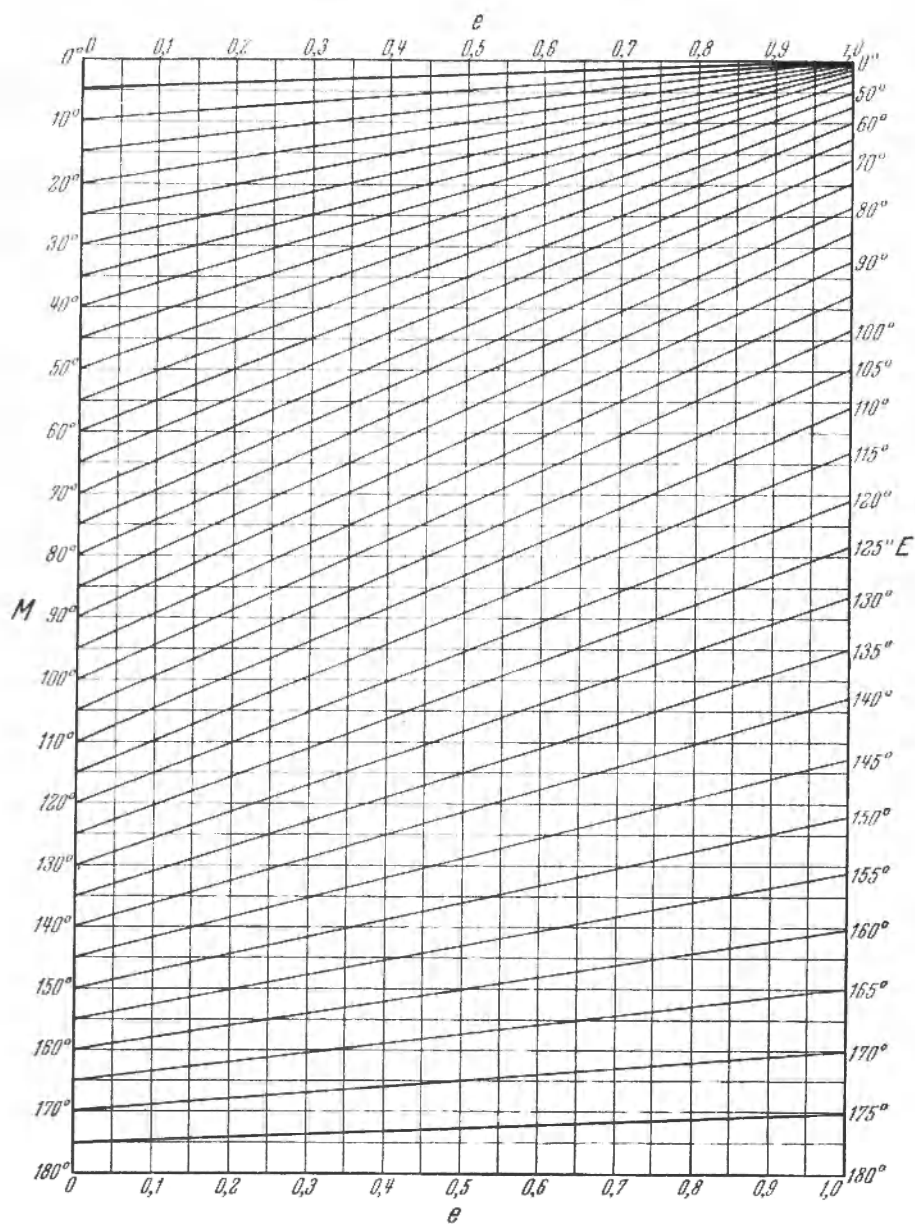


Рис. 129. Графическое решение уравнения Кеплера.



Вычисления облегчаются употреблением шести так называемых постоянных Гаусса:  $A, B, C, a, b$  и  $c$ , которые определяются по известным элементам орбиты планеты и наклонению экватора Земли к эклиптике  $\epsilon$  следующими формулами:

$$\left. \begin{aligned} a \sin A &= \cos \delta_L, \\ a \cos A &= -\cos i \sin \delta_L, \\ b \sin B &= \sin \delta_L \cos \epsilon, \\ b \cos B &= \cos \delta_L \cos i \cos \epsilon - \sin i \sin \epsilon, \\ c \sin C &= \sin \delta_L \sin \epsilon, \\ c \cos C &= \cos \delta_L \cos i \sin \epsilon + \sin i \cos \epsilon, \end{aligned} \right\} \quad (35)$$

где  $\epsilon, i, \delta_L$ , а затем и  $\omega$  должны быть приведены к одной и той же эпохе. Влияние прецессии на элементы орбиты выражается формулами:

$$\begin{aligned} \delta_{L,1950} &= \delta_{L,t} + m - p \sin(\delta_{L,t} + q) \operatorname{ctg} i_t, \\ i_{1950} &= i_t + p \cos(\delta_{L,t} + q), \\ \omega_{1950} &= \omega_t + p \sin(\delta_{L,t} + q) \cos i_t. \end{aligned}$$

Величины  $\epsilon, m, p$  и  $q$  приведены для ряда лет в следующей таблице:

	$\epsilon$	$m$	$p$	$q$
1949	23°26'45"	+ 0,0140	+ 0,0001	5,604
1950	23 26 45	0,0000	0,0000	5,593
1951	23 26 44	— 0,0140	— 0,0001	5,581
1952	23 26 44	— 0,0279	— 0,0003	5,569
1953	23 26 43	— 0,0419	— 0,0004	5,557
1954	23 26 43	— 0,0558	— 0,0005	5,546
1955	23 26 42	— 0,0698	— 0,0006	5,534
1956	23 26 42	— 0,0838	— 0,0008	5,523
1957	23 26 42	— 0,0977	— 0,0009	5,511
1958	23 26 41	— 0,1117	— 0,0010	5,500
1959	23 26 41	— 0,1257	— 0,0012	5,488
1960	23 26 40	— 0,1396	— 0,0013	5,477

Постоянные  $a, b$  и  $c$  полагаются положительными, тогда величины углов  $A, B$  и  $C$  вполне определяются приведёнными формулами. Для облегчения вычислений вводятся вспомогательные величины  $n$  и  $N$ , определяемые соотношениями

$$\left. \begin{aligned} n \sin N &= \sin i, \\ n \cos N &= \cos \delta_L \cos i, \end{aligned} \right\} \quad (36)$$

где  $n > 0$ ; тогда

$$\begin{aligned} b \cos B &= n \cos(N + \epsilon), \\ c \cos C &= n \sin(N + \epsilon), \end{aligned}$$

Для вычисления всех постоянных Гаусса и вспомогательных величин получаем следующие выражения:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} N &= \operatorname{tg} i \sec \delta_{\odot}, \\ n &= \sin i \operatorname{cosec} N, \\ \operatorname{tg} A &= -\operatorname{ctg} \delta_{\odot} \sec i, \\ a &= \cos \delta_{\odot} \operatorname{cosec} A, \\ \operatorname{tg} B &= \frac{\sin \delta_{\odot} \cos \varepsilon}{n \cos (N + \varepsilon)}, \\ b &= \sin \delta_{\odot} \cos \varepsilon \operatorname{cosec} B, \\ \operatorname{tg} C &= \frac{\sin \delta_{\odot} \sin \varepsilon}{n \sin (N + \varepsilon)}, \\ c &= \sin \delta_{\odot} \sin \varepsilon \operatorname{cosec} C. \end{aligned} \right\} \quad (37)$$

Квадранты, в которых находятся углы  $N$ ,  $A$ ,  $B$  и  $C$ , вполне определяются знаками синусов и косинусов этих углов, которые можно получить из соотношений (35) и (36).

Для контроля правильности вычислений гауссовых постоянных служит формула

$$\frac{bc \sin (B - C)}{a \cos A} = -\operatorname{tg} i. \quad (38)$$

Прямое восхождение планеты  $\alpha^*$ ), её склонение  $\delta$  и расстояние  $\rho$  для данного момента  $t$  определяются формулами:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= \frac{rb \sin (B + \omega + v) + Y_0}{ra \sin (A + \omega + v) + X_0}, \\ \operatorname{tg} \delta &= \frac{rc \sin (C + \omega + v) + Z_0}{rb \sin (B + \omega + v) + Y_0} \sin \alpha, \\ \rho &= \operatorname{cosec} \delta [rc \sin (C + \omega + v) + Z_0], \end{aligned} \right\} \quad (39)$$

где  $X_0$ ,  $Y_0$  и  $Z_0$  — прямоугольные координаты Солнца, помещаемые в астрономических ежегодниках на каждый день года и в сокращённом виде содержащиеся в табл. XXI.

Указанная схема справедлива для самых точных вычислений, однако при сравнении вычислений с наблюдениями необходимо учитывать в этом случае влияние на координаты светила прецессии, нутации, параллакса и аберрации. Для этого в астрономических ежегодниках помещают особые таблицы, облегчающие вычисление по специальным формулам.

Для многих комет в первом приближении вычисляют эфемериду в предположении движения кометы по параболической орбите. В этом

\*) Квадрант, в котором находится угол  $\alpha$ , определяется тем, что знак числителя совпадает со знаком синуса  $\alpha$ , а знак знаменателя со знаком косинуса  $\alpha$ .

случае элементов орбиты, подлежащих определению, будет только пять:  $q$ ,  $i$ ,  $\varOmega$ ,  $\omega$  и  $T_0$ , а соотношения будут иметь следующий вид:

$$M = q^{-1/2} (t - T),$$

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

где  $T$  — время прохождения через перигелий,  $q$  — перигелийное расстояние и  $k = 0,0172$  (гауссова постоянная).

В остальном вычисление эфемериды ведётся, как описано выше. Существуют таблицы, дающие  $\operatorname{tg} \frac{v}{2}$  в функции  $M$  для параболической орбиты (см., например, табл. XV в Курсе теоретической астрономии А. Я. Орлова и Б. А. Орлова).

## 6. Об основах спектрального анализа

Одним из мощных средств познания вселенной в настоящее время является анализ спектров небесных светил.

Основы спектрального анализа были разработаны около ста лет назад. Было замечено, что свет, излучаемый раскалёнными парами и газами, будучи разложен трёхгранной стеклянной призмой, даёт систему отдельных узких светлых линий, так называемых линий излучения, в то время как спектр раскалённых твёрдых и жидких тел и газов при большом давлении имеет вид непрерывной радужной полосы, в которой один цвет незаметно переходит в другой \*). Далее оказалось, что свет раскалённого твёрдого или жидкого тела, пройдя сквозь облако паров какого-нибудь химического элемента или сквозь газ, даёт спектр, прерываемый тонкими тёмными линиями (линиями поглощения) как раз в тех местах, где находятся линии излучения этого пара или газа. В соответствии с этим различают три типа спектров: *непрерывный спектр*, *спектр излучения (линейчатый спектр)* и *спектр поглощения*.

Спектры различных элементов отличаются друг от друга расположением линий в спектре и их интенсивностью. Астрономы воспользовались этим для определения химического состава атмосфер небесных тел. Наиболее заметные линии поглощения солнечного спектра ещё в начале XIX в. изучил и описал Фраунгофер; эти линии получили название *фраунгоферовых* (рис. 130). В табл. 28 приведены длины волн и интенсивности основных фраунгоферовых линий солнечного спектра.

\*) Условно разделяют воспринимаемую глазом область спектра на следующие семь цветов («цвета радуги»): красный (длины волн от 770 мμ до 650 мμ), оранжевый (650—590 мμ), жёлтый (590—550 мμ), зелёный (550—490 мμ), голубой (490—470 мμ), синий (470—450 мμ) и фиолетовый (450—360 мμ). За этими пределами находятся инфракрасная (длина волны больше 770 мμ) и ультрафиолетовая (длина волны меньше 360 мμ) части спектра.



Основные линии солнечного спектра

Обознач.	$\lambda$	Интенс.	Элемент	Цвет	Обознач.	$\lambda$	Интенс.	Элемент	Цвет
A	7621,3	3—25	O <sub>2</sub> *)	к	F (H <sub>2</sub> )	4861,344	30	H	г
	7594,1	?	*)	к		4404,8	10	Fe	с
a	7184,6	?	H <sub>2</sub> O *)	к	d	4383,5	15	Fe	с
B	6870,2	0—15	O <sub>2</sub> *)	к		4340,477	20	H	ф
C (H <sub>a</sub> )	6562,816	40	H	к	G' (H <sub>1</sub> )	4325,8	8	Fe	ф
α	6278,1	?	...	о	f	4307,914	6	Fe, Ti <sup>+</sup>	ф
D <sub>1</sub>	5895,944	20	Na	ж	G	4307,749	3	Ca	ф
D <sub>2</sub>	5889,977	30	Na	ж		4226,742	20	Ca	ф
D <sub>3</sub>	5875,618	2	He **)	ж	g	4101,750	40	H	ф
	5316,8	2	Fe+***)	з	h (H <sub>2</sub> )	4101,685	3	Fe	ф
	5316,6	4	Sc, Fe <sup>+</sup>	з		4063,6	20	Fe	ф
E <sub>1</sub>	5270,3	7	Fe, Ca	з		4045,8	30	Fe	ф
E <sub>2</sub>	5269,56	8	Fe	з	H	3968,494	700	Ca <sup>+</sup>	ф
b <sub>1</sub>	5178,221	30	Mg	з	K	3933,684	1000	Ca <sup>+</sup>	ф
b <sub>2</sub>	5172,700	20	Mg	з	L	3820,4	25	Fe, C	ф
b <sub>3</sub>	5169,0	4	Fe <sup>+</sup>	з	M	3719,9	40	Fe	ф
b <sub>4</sub>	5167,510	5	Fe	з	N	3581,2	30	Fe	ф
	5167,330	15	Mg	з					

\*) Теллурические линии (линии поглощения земной атмосферы); их интенсивность зависит от состояния атмосферы.

\*\*) Линия, испускаемая только хромосферой.

\*\*\*) + обозначает однажды ионизованный атом.

Вначале спектры изучались визуально, с помощью спектроскопа; в настоящее время астрономы пользуются главным образом спектрографом, — прибором, позволяющим фотографировать спектры небесных тел. Спектр Солнца, как и спектры звезд, является спектром поглощения \*). В нём известно более 20 000 линий поглощения.

Спектры Луны и планет похожи на спектр Солнца, так как эти тела светят отражённым солнечным светом; сообразно с цветом поверхности планеты меняется лишь кривая распределения энергии в спектре. Кроме того, в спектрах некоторых планет можно видеть новые тёмные линии, возникшие вследствие поглощения в их атмосферах.

Изучение спектров Солнца и звёзд даёт нам возможность узнать не только состав атмосферы этих светил, но также определить температуру их поверхности.

Для решения этой последней задачи применяются следующие основные методы.

\*) В спектрах некоторых типов переменных звёзд наблюдаются, наряду с линиями поглощения, и линии излучения (эмиссионные линии); см. ниже.

1. Изучение распределения энергии вдоль спектра. При этом предполагается, что звёзды излучают энергию как абсолютно чёрные тела (см. стр. 83), т. е. удовлетворяют закону Планка:

$$I_{\lambda} \Delta \lambda = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} \Delta \lambda, \quad (40)$$

где  $I_{\lambda}$  есть интенсивность в интервале длин волн  $\lambda \pm \Delta \lambda$ ,  $h$  — постоянная Планка, равная  $6,624 \cdot 10^{-27}$  эрг · сек,  $c$  — скорость света,  $k$  — постоянная Больцмана, равная  $1,3805 \cdot 10^{-16}$  эрг · град $^{-1}$ ,  $T$  — абсолютная температура, отсчитываемая от  $-273^{\circ}$  С,  $e$  — основание натуральных логарифмов, равное 2,7183.

Часто формулу Планка пишут в следующем виде:

$$E_{\lambda} = \frac{c_1 \lambda^{-5}}{e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1}.$$

Если энергию  $E_{\lambda}$  выразить в эргах с квадратного сантиметра в секунду, длину волны в см, температуру  $T$  в градусах, то

$$c_1 = 3,740 \cdot 10^{-5}, \\ c_2 = 1,4385.$$

Определённые этим методом температуры называют *цветовыми*.

Кривые распределения энергии в спектре абсолютно чёрного тела для различных абсолютных температур показаны на рис. 131. Интенсивности даны в некоторой относительной шкале, а длины волн взяты в пределах от 300  $m\mu$  до 1000  $m\mu$ , в которых реально изучают по фотографиям распределение энергии в спектрах небесных тел.

2. Определение длины волны максимума кривой распределения энергии в спектре и применение закона смещения Вина (см. рис. 131):

$$\lambda_{\max} = \frac{2397}{T}. \quad (41)$$

Если  $\lambda_{\max}$  выразить в миллимикронах ( $m\mu$ ), то температура получится в тысячах градусов.

3. Определение общего потока радиации, приходящего в единицу времени от тела, размеры и расстояние которого известны, и приме-

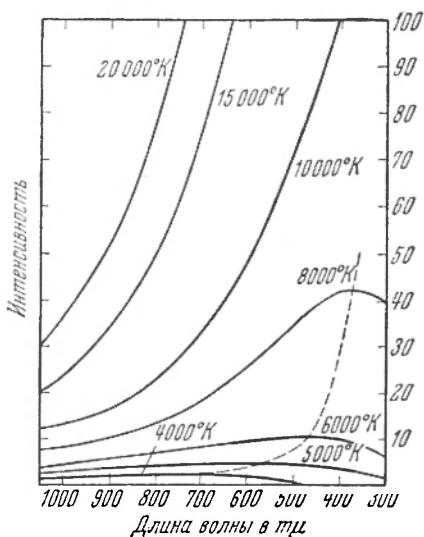


Рис. 131. Кривые распределения энергии в спектре при разных температурах. Смещение максимума кривых (по закону Вина) отмечено пунктиром.

нение закона Стефана - Больцмана (справедливого для абсолютно чёрного тела):

$$E = \sigma T^4, \quad (42)$$

где  $E$  — энергия, излучаемая квадратным сантиметром поверхности тела в одну секунду в одну сторону от него,  $\sigma$  — постоянная Стефана, определяемая опытным путём по измерениям полного излучения ряда тел с известной температурой и равная  $5,673 \text{ эрг} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{град}^{-4} \cdot \text{сек}^{-1}$ . Этим методом, например, вычисляется температура Солнца и тех нескольких звёзд, для которых измерены и параллаксы и угловые диаметры. Определённые этим методом температуры называются *эффективными*.

4. Детальное изучение спектра, включающее измерение интенсивности линий и применение теории ионизации. В этой теории устанавливается связь температуры с ионизацией атомов различных элементов. Полученная этим методом температура звезды называется *ионизационной*.

С помощью спектрографа можно определить скорость движения небесного тела вдоль по лучу зрения. Вследствие эффекта Доплера-Белопольского все линии в спектре небесного тела, движущегося от нас или к нам, смещаются соответственно к красному или фиолетовому концу спектра. Смещение линий  $\Delta\lambda$ , выраженное в тех же единицах, в которых измеряются длины световых волн  $\lambda$ , связано простым соотношением с лучевой скоростью светила, выраженной в  $\text{км/сек}$ :

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{V_r}{c}, \quad (43)$$

где  $c$  — скорость света ( $300\,000 \text{ км/сек}$ ).

Лучевая скорость светила составляет одну из двух составляющих (компонент) его полной пространственной скорости относительно наблюдателя. Другой компонентой является собственное движение светила  $\mu$ , измеряемое в секундах дуги в год, — перемещение его по небесной сфере относительно других светил, либо относительно какой-нибудь системы сферических координат (см. рис. 51).

Изучение собственных движений и лучевых скоростей звёзд дало возможность обнаружить движение Солнца в пространстве и определить его скорость, обнаружить систематические движения групп звёзд и исследовать вращение Галактики. Исследованием лучевых скоростей различных частей колец Сатурна А. А. Белопольский подтвердил теоретический вывод С. В. Ковалевской о метеоритной природе колец; изучение смещения линий западного и восточного краёв Солнца дало ещё одну возможность определить скорость вращения Солнца.

Движение Земли вокруг Солнца вызывает периодическое смещение линий в спектре звёзд с максимальной амплитудой \*)  $\pm 30 \text{ км/сек}$ . Это смещение может служить для определения расстояния  $R$  между

\*) Если звезда лежит в плоскости эклиптики.

Землёй и Солнцем. Земная орбита, равная  $2\pi R$ , проходится Землёй в течение  $60 \times 60 \times 24 \times 365,24$  секунд. Умножив это число на скорость движения Земли ( $30 \text{ км/сек}$ ), получим длину орбиты; разделив её на  $2\pi$ , получим радиус орбиты Земли — астрономическую единицу. В настоящее время лучевые скорости ярких небесных светил определяются с точностью до  $\pm 0,1 \text{ км/сек}$ . Поэтому при анализе измеренных смещений линий в спектре приходится учитывать не только влияние движения Земли по орбите, но и влияние вращения земного шара, движения Земли вокруг барицентра и даже влияние планет.

## 7. Астрономические телескопы

Различают два основных типа телескопов: рефлекторы и рефракторы. За последние десятилетия появились инструменты, совмещающие черты того и другого типа телескопов, например, камеры (телескопы) Шмидта, менисковые телескопы лауреата Сталинской премии Д. Д. Максудова (см. стр. 219), зеркально-линзовые астрокамеры лауреата Сталинской премии Г. Г. Слюсарева и другие.

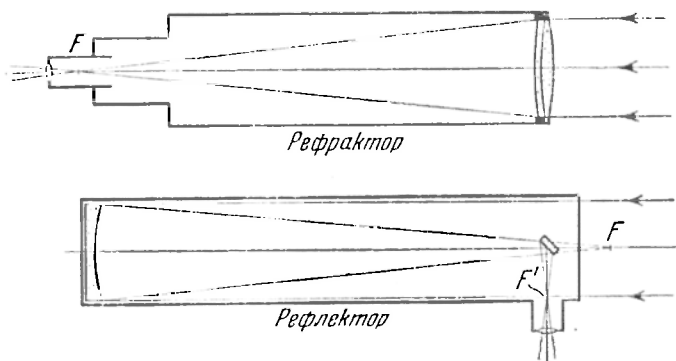


Рис. 132. Схемы рефрактора и рефлектора.

В рефракторе (рис. 132) изображение создаётся стеклянной линзой — объективом, который, преломляя падающие на него лучи, собирает их в фокальной плоскости. Одним из основных оптических недостатков рефракторов является *хроматическая аберрация*. Линза объектива отчасти ведёт себя как призма, и не только преломляет свет, но и разлагает его на составляющие цвета. При этом фокус красных лучей располагается дальше от объектива, чем фокус синих лучей. При фокусировке на жёлто-зелёные лучи, к которым особенно чувствителен человеческий глаз, получается красная и синяя (в сумме фиолетовая) кайма. Сложные объективы, состоящие из двух или трёх линз, частично устраняют хроматическую аберрацию, которой совершенно лишены рефлекторы.

В рефлекторе (рис. 132) лучи собираются в фокусе зеркалом параболической формы. Зеркало обычно делается из специального





стекла-пирекса и покрывается тонким слоем серебра или алюминия. И в том и в другом типе инструментов изображение, полученное объективом или зеркалом, рассматривается в особую сложную луну, называемую *окуляр*ом, или фотографируется. Обычно телескоп снабжается несколькими окулярами, дающими различные увеличения. Окуляры бывают двух основных типов (рис. 133): окуляры Гюйгенса (обычно неправильно называемые отрицательными) и окуляры Рамсдена (положительные). Все другие виды окуляров являются усложнениями и усовершенствованиями этих основных типов. В окуляре Гюйгенса диафрагма  $D$ , ограничивающая поле зрения, находится между двумя его линзами, а в окуляре Рамсдена — перед линзой, обращенной к объективу. Поэтому в окуляре Рамсдена можно укрепить на этой

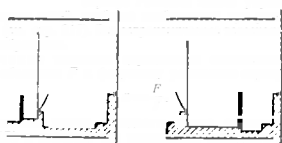


Рис. 133. Окуляр Рамсдена (а) и окуляр Гюйгенса (б).

диафрагме крест нитей, особенно необходимый при различного рода измерениях (см. стр. 217). Все астрономические телескопы дают перевернутое изображение.

Увеличение телескопа определяется отношением фокусного расстояния объектива  $F$  к фокусному расстоянию окуляра  $f$ :

$$n = \frac{F}{f}. \quad (44)$$

Это увеличение можно определить также отношением диаметра объектива ( $D$ ) к диаметру так называемого выходного зрачка ( $d$ ):

$$n = \frac{D}{d}. \quad (45)$$

Диаметр выходного зрачка можно определить опытным путём: отфокусировав трубу «на бесконечность», т. е. практически по достаточно удалённым предметам, надо направить её на яркий фон (например, ясное небо) и на прозрачной миллиметровой бумаге (или кальке), держа её около самого окуляра, получить чётко очерченный кружок. Это и есть выходной зрачок — изображение объектива, даваемое окуляром. Его диаметр можно измерить линейкой, пользуясь лупой. Так как диаметр зрачка человеческого глаза не превышает 7—8 мм даже при самом минимальном освещении (ночью), то ясно, что выходной зрачок нет смысла делать больше 8 мм в диаметре. Этим определяется фокусное расстояние окуляра, дающего наименьшее полезное увеличение при данном  $F$ . Казалось бы, что можно достичь очень больших увеличений уменьшением фокусного расстояния окуляра  $f$ . Однако сама природа света (дифракция, см. ниже) ставит предел наибольшему достижимому увеличению, которое можно получить при объективе данных размеров. Получить большее увеличение можно лишь взяв объектив больших размеров. Принимают, что наибольшее полезное увеличение равно 50—60 на каждый сантиметр диаметра объектива. Но эти пределы увеличения используются (особенно при больших инструментах) крайне редко вследствие неспо-

койствия атмосферы, которое «замывает» детали и делает изображение нечётким.

При наблюдении протяжённых объектов (туманностей, комет, поверхностей планет) надо иметь в виду, что больший объектив даст в фокусе более яркое изображение, чем меньший объектив того же фокусного расстояния; длиннофокусный объектив даст более слабое изображение, чем короткофокусный того же диаметра, так как первый соберёт свет от объекта на большую площадь, чем второй. Характеристикой яркости изображения протяжённого объекта может служить

*светосила*  $S = \frac{D}{F}$ , т. е. отношение диаметра объектива к его фокусному расстоянию. У рефракторов  $S$  обычно около  $1/16$ , у рефлекторов — около  $1/6$ . Объективы со светосилой больше  $1/5$  называются *светосильными*. Имеются специальные фотографические объективы, у которых  $S = 1/0,6$ .

*Проницающая сила* телескопа определяется предельной звёздной величиной звёзд, видимых в него в ясную безлунную ночь. Её можно вычислить по формуле:

$$m = 2,1 + 5 \lg D, \quad (46)$$

где  $D$  — диаметр объектива в миллиметрах. Пользуясь рис. 134, можно определить  $m$  для любого телескопа с объективом до 200 м.м. Однако вычисленная по формуле или с помощью рис. 134 звёздная величина относится к идеальному состоянию объектива (г. е. незапылённого, без царапин, хорошо отполированного и хорошо центрированного). Вообще же она будет несколько меньше.

Более точная формула (Боуэна) учитывает влияние увеличения  $n$  на предельную величину:

$$m = 5,5 + 2,5 \lg D + 2,5 \lg n,$$

где  $D$  — диаметр объектива в см. При большем увеличении фон неба темнее и видны более слабые звёзды.

Для испытания телескопа либо для оценки прозрачности атмосферы в данную ночь весьма удобно определять предельную звёздную величину по звёздам Северного Полярного Ряда (табл. XLII).

В силу самой природы света (диффракция на краю оправы объектива) изображение звезды представится не точкой, а ярким пятном, окружённым тёмными и светлыми диффракционными кольцами. Яркость колец быстро убывает по мере удаления от центра изображения, а угловой диаметр первого, наиболее яркого, кольца обратно пропорционален диаметру объектива. Для однодюймового объектива

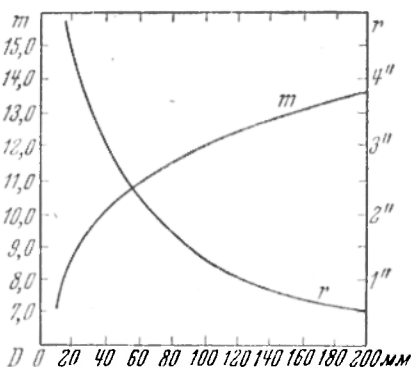


Рис. 134. Предельный угол разрешения  $r''$  и проницающая сила  $m$  для объективов разных диаметров.

дифракционное изображение звезды имеет  $4'',5$  в диаметре, для 10-дюймового —  $0'',45$ . Поэтому при наблюдении в слабый телескоп два точечных источника света могут слиться в одно изображение, в то время как в более сильный они будут видны раздельно. То минимальное угловое расстояние  $r$  между двумя звёздами (или деталями поверхности планеты), при котором они могут быть видны в телескоп раздельно, не сливаясь, называется *предельным углом разрешения* (обратная величина, т. е.  $1/r$ , называется *разрешающей силой* трубы) телескопа. Его можно определить по формуле

$$r'' = \frac{120''^*}{D}, \quad (47)$$

где  $D$  — диаметр объектива в миллиметрах. Эта формула (и кривая  $r$  на рис. 134) также справедлива лишь при идеальном состоянии объектива. Практически величину  $r''$  можно оценить по наблюдениям тесных двойных звёзд, пользуясь табл. XLVI А.

Важно знать *поле зрения*, т. е. угловые размеры видимого в телескоп участка неба, для каждого из употребляемых окуляров. Для этого, наведя телескоп на какую-нибудь звезду, расположенную возможно ближе к небесному экватору, надо при неподвижной трубе определить по часам, за сколько времени звезда пересечёт по диаметру поле зрения. Для перехода к угловой мере может служить табл. XXVIII. Если приходится выбирать звезду со склонением  $\delta$ , то полученное число надо умножить на  $\cos \delta$  (табл. LVI). Чем больше увеличение, которое даёт окуляр, тем меньше его поле зрения.

При фотографировании небесных объектов в фокусе астрономической трубы или со специальной фотокамерой полезно знать заранее следующие характеристики \*\*).

Линейные размеры изображения на фотопластинке, иначе говоря, *масштаб снимка*. Если  $\alpha$  — угловые размеры объекта (в минутах дуги),  $F$  — фокусное расстояние объектива, то линейные размеры объекта будут равны

$$d_{\text{м.м}} = 2\alpha' F_{\text{м.м}} \cdot \sin 1',$$

где

$$\sin 1' = \frac{1}{3437,75} = 0,000291.$$

Пример. Принимая средний угловой диаметр Луны равным  $31'$ , получим, что линейный диаметр Луны на фотографии будет

$$d_{\text{м.м}} = F_{\text{м.м}} \cdot 0,009 = F_{\text{м.м}} \cdot \frac{1}{111}.$$

*Предельная выдержка*. При больших выдержках фон неба начнёт скрадывать видимость слабых звёзд и тонких деталей протяжённых объектов. Для пластинок достаточно высокой чувствительности (около 22 по ГОСТ) предельная выдержка равна

$$\lg T_{\text{пр}} = (0,6 + 2,351 \lg \gamma) \text{ минут},$$

\*) Для невооружённого человеческого глаза разрешающая способность  $r \approx 60''$ , т. е. около одной минуты дуги.

\*\*) См. Бюллетень ВАГО № 5 (12), 1949, заметку И. В. Матвеева.

где  $v = \frac{F}{D}$  называется относительным фокусным расстоянием (величина, обратная относительному отверстию).

*Проницающая сила* при предельной выдержке,  $T_{\text{пр}}$ , т. е. звёздная величина самых слабых звёзд на пластинке

$$m_{\text{пр}} = -1 + 5 \lg D + 2,15 \lg T_{\text{пр}},$$

где  $D$  — диаметр в мм. Фотопластинки другой чувствительности, естественно, дадут иные значения  $T_{\text{пр}}$  и  $m_{\text{пр}}$ .

*Центрировка* телескопа состоит в тщательном совмещении оптических осей объектива и окуляра с геометрической осью трубы. Для самодельного телескопа очень важны тщательное изготовление оправы объектива, самой трубы и правильное крепление линзы объектива, а также окулярной гильзы.

При более или менее крупных инструментах необходимо иметь *искатель* — маленький телескоп с большим полем зрения для грубой наводки трубы, так как чем больше увеличение телескопа, тем меньше поле зрения и тем труднее в него отыскать слабый небесный объект. Оптические оси искателя и основного телескопа должны быть строго

параллельны. Обычно искатель крепится на двух подставках, имеющих по три винта для центрировки. Действуя этими винтами, надо добиться, чтобы объект был в поле зрения основного телескопа, когда он приведён в центр поля зрения искателя. При отсутствии часового механизма это удобнее делать вдвоём: один наблюдатель удерживает объект в поле зрения трубы, а второй центрирует искатель.



Рис. 135. Азимутальные установки.

Монтировкой телескопа называется способ его установки, при котором телескоп может вращаться вокруг двух взаимно перпендикулярных осей, что даёт возможность наводить его в любую точку небесного свода.

Простейшим типом монтировки является *азимутальная установка* (рис. 135), соответствующая горизонтальной системе координат.

Вращение инструмента вокруг вертикальной оси изменяет его азимут, а вращение вокруг горизонтальной оси изменяет зенитное расстояние. Инструменты с монтировкой этого типа (теодолиты, универсальные инструменты) широко используются геодезистами и топографами. Для астрономических наблюдений удобнее *экваториальная установка* (рис. 136), соответствующая экваториальной системе координат. В этом случае одна из осей инструмента параллельна оси мира (так называемая полярная ось), а другая — параллельна плоскости небесного экватора (ось склонения)\*). Установив инструмент по склонению и закрепив его в этом положении, наблюдатель может теперь следить за светилом, поворачивая инструмент лишь вокруг одной (полярной) оси. В больших инструментах этот поворот осуществляется часовым механизмом, который автоматически «следит» за объектом, увлекая трубу соответственно суточному вращению небесного свода.

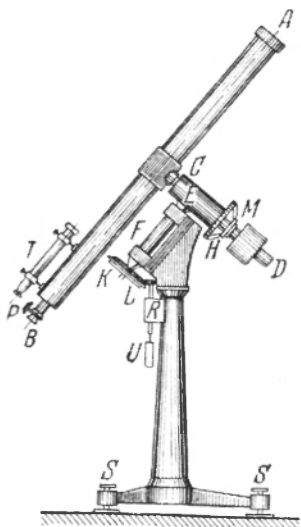


Рис. 136. Экваториат: *A* — объектив; *B* — окуляр; *CD* — ось склонения; *FE* — полярная ось, *R* — часовой механизм с гирей *U*, *KL* — часовой круг; *MN* — круг склонений; *P* — кремальера для передвижения окуляра при фокусировке; *T* — искатель; *S* — винты для точной установки экваториала.

Небольшую азимутальную установку можно превратить в экваториальную, укрепив вертикальную ось инструмента параллельно оси мира (т. е. под углом к горизонту, равным широте места наблюдения  $\varphi$ ), подложив под него, например, клинообразный кусок дерева с углом клина, равным  $90^\circ - \varphi$ .

Для проведения астрофотографических работ (фотографирования звёздного неба или планет) совершенно необходима параллактическая установка с часовым механизмом. При фотографировании Солнца и Луны очень короткие выдержки (доли секунды) позволяют обходиться без часового механизма и даже без параллактической установки.

Экваториальные монтировки бывают различных типов в зависимости от способа крепления полярной оси. Самой

распространённой является так называемая немецкая установка (рис. 133), в которой инструмент крепится на массивной колонне. В английской установке полярная ось крепится своими концами в особых подшипниках, укрепленных в каменных столбах.

Во всех случаях монтировки совершенно необходимо уравновесить трубу, чтобы центр тяжести всего инструмента находился всегда в одной и той же точке пространства, а именно, на пересечении осей. Уравновесить трубу можно с помощью передвижных противовесов;

\*) Такую установку часто называют *параллактической*.

надо добиться того, чтобы при любом положении инструмента он оставался неподвижным, не «заваливался». Уравновешивать инструмент надо в его рабочем состоянии, например, без крышек, которыми обычно закрывают объективы, и т. п.

Если нехватает передвижных противовесов, надо укрепить дополнительные грузы. Вращение телескопа должно осуществляться плавно, без рывков. Оси инструмента нуждаются в периодической смазке хорошим машинным (костяным) маслом.

Скрепление трубы с той или другой осью осуществляется особыми ключами закрепления (один по склонению, другой по часовому углу). Ключи стягивают хомутики, которые при этом крепко охватывают ось. Для небольших изменений положения трубы по обеим координатам имеются микрометрические ключи. Они могут передвигать закреплённую трубу в сравнительно небольших пределах; во время работы с инструментом надо следить, чтобы не доводить эти ключи до конца, до упора. Время от времени надо устанавливать их в среднее положение.

Уход за трубой складывается из содержания в чистоте всех оптических поверхностей и наблюдения за исправностью механических частей. Весьма *опасными* для оптических поверхностей объектива являются пылинки. Можно поцарапать ими поверхность, если пытаться стирать пыль тряпкой. Пыль надо удалять мягкой кисточкой и лишь потом осторожно протереть объектив мягкой, многократно стиранной полотняной тряпочкой. Жирные пятна (следы пальцев) надо смывать с помощью ватных тампонов \*), слегка смоченных чистым спиртом. При этом надо стараться не стереть лака, которым часто покрывают оправы объективов и окуляров. Для защиты объектива от росы употребляются так называемые *противоросники*, представляющие собой короткие полые цилиндры, надеваемые на объективный конец трубы. При чистке окуляров надо осторожно разобрать оправу и протереть все оптические поверхности ваткой, навёрнутой на спичку и слегка смоченной в чистом спирте, после чего тщательно собрать оправу.

Особенно аккуратно надо обращаться с окулярами, имеющими крест нитей. Такой крест можно самому изготовить из тонкого волоса либо из паутинных нитей, которые надо укрепить на окулярной диафрагме каким-нибудь спиртовым лаком, например лаком для ногтей. Для этого надо паутинку или волос (длиной 5—10 см) зажать концами в надрезанные и потом сплюсненные свинцовые дробинки. Затем, держа щипцами или пинцетом за одну дробинку, опустить паутину в горячую воду на 2—3 минуты, чтобы растворилась обволакивающая её клейкая масса. После этого наложить паутину на диафрагму так, чтобы концы с дробинками свободно свисали, натягивая паутину. Другую паутинку подвесить перпендикулярно к первой. В нужных местах капнуть по капле лака и дать ему со-

---

\*) Тампон — комочек ваты, намотанной на деревянную палочку или при-  
держиваемой пинцетом. Вату надо брать гигроскопическую, обезжиренную.

хнуть несколько часов, после чего осторожно срезать (лезвием безопасной бритвы) концы с дробинками. Чем сильнее окуляр, тем тоньше должны быть паутинные нити. Для очень слабого окуляра нити можно сделать из тонких проволочек.

Если в окулярной части трубы имеются нити, то перед наблюдениями надо сначала отфокусировать окуляр на нити, а затем всю окулярную часть трубы фокусировать по звёздам \*). Не надо напрягать зрение, стремясь получше разглядеть объект, так как при этом наблюдатель невольно меняет аккомодацию своего глаза. Глядя без всякого напряжения, надо вращением окулярной кремальеры добиться наилучшей видимости. Тогда в дальнейшем при наблюдениях глаз не будет напрягаться. Надо приучиться, глядя одним глазом в трубу, не закрывать другой глаз. Смотреть надо глазом «водителем». Так называется главный, ведущий глаз; впечатления от него преобладают в зрительном центре мозга над впечатлениями, получаемыми другим глазом. Определить глаз «водитель» можно следующим простым опытом. Глядя обоими глазами, заслоните

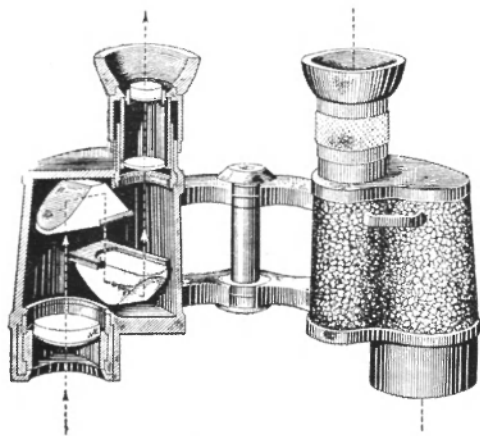


Рис. 137. Призменный бинокль.

от себя свет свечи или лампочки вертикально поставленным карандашом. Тогда глаз, на который при этом упадёт тень от карандаша, — «водитель». Этот опыт можно повторить любое число раз, — всегда тень будет падать на один и тот же глаз — «водитель».

**Бинокль.** В любительской практике большую помощь может оказать бинокль — обыкновенный (так называемый театральный) и, в особенности, призменный. По своей оптической схеме театральный бинокль яв-

ляется, в сущности говоря, двойной галилеевой трубой. Призменные бинокли построены по схеме кеплеровой трубы. Для уменьшения размеров прибора и для получения прямого изображения в призменном бинокле между объективами и окулярами помещены по две призмы полного внутреннего отражения (рис. 137).

Призменные бинокли \*\*) обычно имеют большие объективы, чем театральные, дают большие увеличения и отличаются хорошими оптическими качествами. Лучшим инструментом этого типа явился бы

\*) Диафрагма, несущая нити, может быть укреплена либо на окулярном конце трубы, либо на самом окуляре, составляя с ним одно целое. В последнем случае, перемещая диафрагму в самом окуляре, надо добиться ясной видимости нитей.

\*\*) Часто их называют полевыми или военными.

призмный бинокль с диаметром объектива в 50 мм и 7- или 10-кратным увеличением. Более распространены бинокли, дающие 6-кратное увеличение при объективе диаметром в 30 мм.

В призмных биноклях две его половины соединены шарниром, который позволяет установить их оптические оси сообразно расстоянию между глазами наблюдателя. Каждая половина имеет свою фокусировку, которую нужно однажды тщательно определить и запомнить и каждый раз устанавливать окуляры по отсчётам шкалы. Бинокли со средним (общим) фокусировочным винтом имеют отдельную фокусировку только для одного окуляра, поэтому, отфокусировав средним винтом один окуляр бинокля (закрыв при этом один глаз), надо второй окуляр подогнать по фокусировке к первому. После этого средний винт будет одновременно устанавливать на фокус обе половинки бинокля.

Оптику бинокля надо оберегать от пыли и грязи, после наблюдений следует всегда прятать бинокль в футляр.

Невозможно вести серьёзные наблюдения, держа бинокль в руках, не укрепив его неподвижно. Для того чтобы бинокль не дрожал во время наблюдений, надо монтировать его на азимутальном или даже на параллактическом штативе. С помощью бинокля можно проводить различные астрономические наблюдения; особенно успешными могут быть наблюдения переменных звёзд и метеоров \*).

### **Менисковые телескопы.**

В настоящее время нашей оптико-механической промышленностью освоено изготовление менисковых телескопов школьного типа системы лауреата Сталинской премии проф. Д. Д. МаксUTOва (рис. 138). В менисковом телескопе перед зеркалом сферической формы находится особая вогнуто-выпуклая стеклянная линза — мениск, обе поверхности которой также имеют сферическую форму. Изготовление точных оптических поверхностей сферической формы несравненно проще, чем изготовление



Рис. 138. Школьный менисковый телескоп системы Д. Д. МаксUTOва, укрепленный на фотографическом штативе.

\*) См. книгу проф. М. Е. Набокова «Астрономические наблюдения биноклем», Гостехиздат, 1948.



параболических поверхностей (как в обычном рефлекторе). Оптические качества этих инструментов очень высоки. Менисковые телескопы отличаются особой чистотой изображений и ясностью рассматриваемых деталей небесных объектов.

Телескоп имеет отверстие 70 мм, смонтирован он на азимутальной установке с микрометрическими движениями и даёт 50-кратное увеличение. Длина телескопа всего 20 см.

При диаметре мениска в 70 мм (фокусное расстояние телескопа 700 мм) телескоп собирает раз в сто больше света, чем глаз

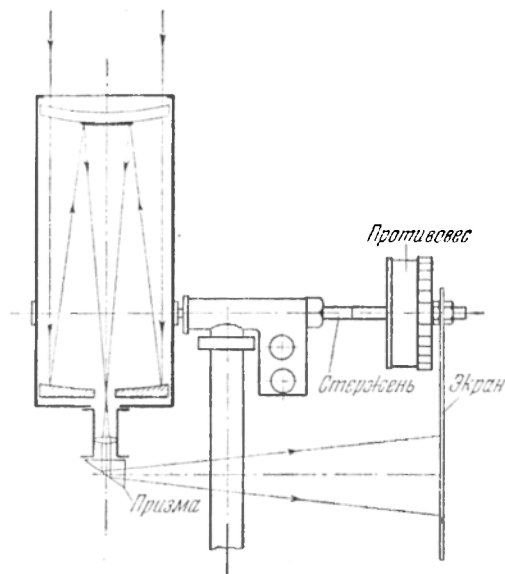


Рис. 139. Схема менискового телескопа с противовесом и солнечным экраном.

в ночных условиях, и, таким образом, даёт возможность видеть звёзды на 4—5 звёздных величин более слабые. Предельный угол разрешения  $3''$ — $5''$ , поле зрения  $48'$ , т. е. примерно в полтора раза больше углового диаметра Луны.

Для работы с менисковым телескопом очень удобно врыть в землю на открытой площадке столб или установить небольшой, но устойчивый круглый столик, высотой около 1,5 м, либо геодезический штатив с винтом для укрепления подставки телескопа.

Ввиду малого поля зрения телескопа очень выгодно присоединить к нему небольшой искатель с увеличением в 3—4 раза, либо бинокль, либо, наконец, монокуляр с крестом нитей или иглой в поле зрения. Вместо искателя можно с успехом использовать телескопические прицелы для ружей и винтовок, которые продаются в охотничьих магазинах. Однако, так как в этот прицел надо смотреть с расстояния в 10—15 см, то лучше приделать к нему картонную

трубочку, которая оканчивалась бы диафрагмой (в 7—8 мм диаметром) у самого глаза наблюдателя.

В статье о школьном менисковом телескопе в журнале «Физика в школе» № 3 за 1948 г. проф. М. Е. Набоков даёт ещё ряд полезных советов для наблюдающих небо с помощью телескопа Мак-

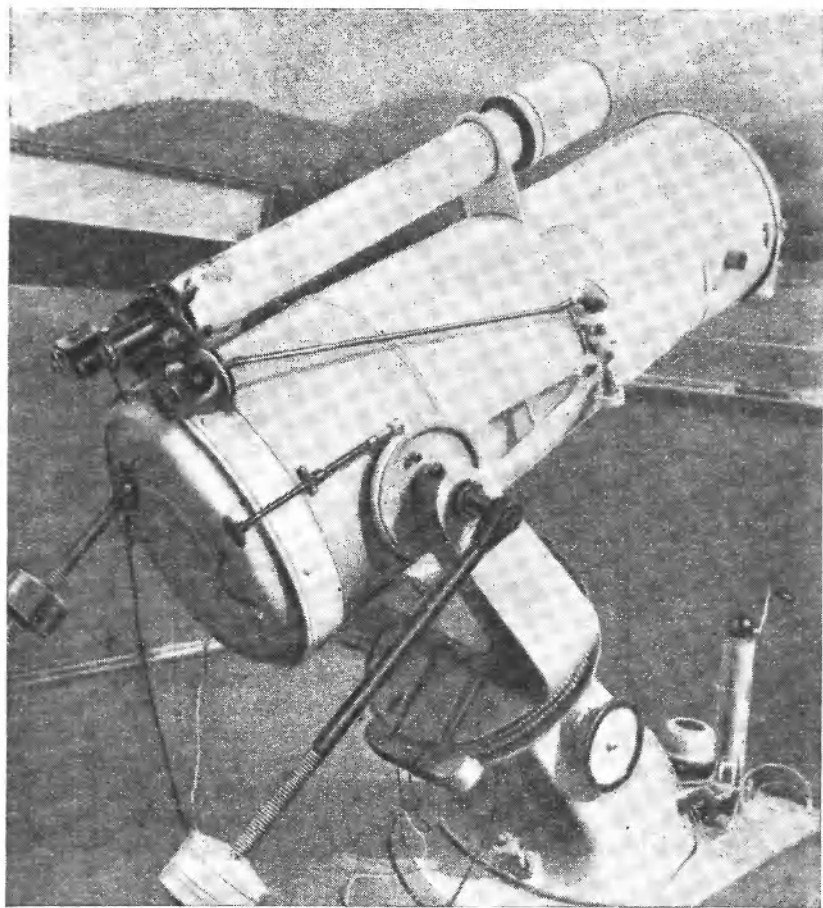


Рис. 140. Большой менисковый телескоп Горной астрофизической обсерватории АН Казахской ССР.

сутова. Он указывает на желательность изготовления двух дополнительных частей — противовеса и солнечного экрана. С горизонтальной осью надо жёстко закрепить металлический стержень, на который насадить противовес, изготовленный хотя бы из небольшой консервной банки, наполненной кусками железа, чугуна и т. д. За ним с помощью гайки (рис. 139) надо укрепить небольшой

фанерный экран. Середина его должна находиться против окулярной призмы по другую сторону от подставки. Так как экран будет жёстко связан с трубой, то изображение Солнца будет отражаться призмой всегда в одно и то же место экрана. Во избежание перегрева окуляра надо при наблюдениях Солнца несколько диафрагмировать мениск и почаще делать перерывы в наблюдениях, отводя трубу в сторону от Солнца. Применение телескопа Максудова может очень расширить возможности наблюдательной работы любителя.

Нашей промышленностью уже изготовлено несколько больших менисковых телескопов для астрономических обсерваторий. Они обнаруживают прекрасные оптические качества.

Таким является, например, менисковый телескоп (конструкции Б. К. Иоаннисяни) Горной астрофизической обсерватории Академии наук Казахской ССР (рис. 140). Его главное зеркало имеет диаметр 670 мм, мениск 500 мм, светосила 1:2,4. За 40 минут с ним можно получить на фотопластинке изображения звёзд в миллион раз более слабых, чем видимые невооружённым глазом (см. рис. 61, 66, 69, 73, 75, 82).

## 8. Вспомогательные приборы

**Кольцевой микрометр.** Для измерений двойных звёзд, диаметров планет и кометных ядер, а также для определений относительных координат различных небесных объектов, рефракторы часто снабжаются весьма сложным прибором — позиционным микрометром. Наблюдения двойной звезды заключаются в измерении углового расстояния между двумя компонентами (составляющими пару) и угла между соединяющей их линией и кругом склонения, проходящим через главную звезду (так называемого *позиционного угла*). Позиционный угол отсчитывается от направления на северный полюс мира против часовой стрелки от 0 до 360° (рис. 141).

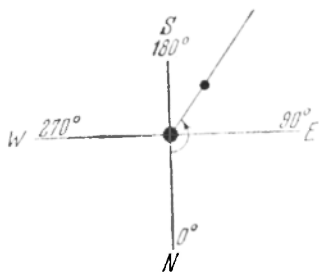


Рис. 141.

В любительской практике этот сложный прибор может быть с успехом заменён весьма простым кольцевым микрометром. С его помощью можно довольно

точно измерять небольшие разности прямых восхождений и склонений, например, при определении положения кометы или новой звезды.

Кольцевой микрометр состоит из одного или двух concentрических тонких колец, помещённых в главном фокусе трубы и рассматриваемых в окуляр одновременно со звёздами. В случае невозможности изготовления таких колец или неудобства их введения в фокальную плоскость можно использовать края поля зрения как своего рода кольцо. Пусть два небесных светила, разность координат

нат которых мы хотим определить, находятся так близко друг к другу, что разность их склонений не превышает  $\frac{2}{3}$  диаметра поля зрения. Пусть  $NS$  — круг склонения (рис. 142),  $tt'$  и  $\tau\tau'$  — пути звёзд в поле зрения,  $C$  — центр поля зрения. Установим нашу трубу неподвижно таким образом, чтобы обе звезды через короткое время после этого прошли бы через поле зрения\*). Первая из них появится в момент  $t'$  и скроется из поля зрения в момент  $t$ . Вторая — соответственно в моменты  $\tau'$  и  $\tau$ . Эти моменты по сигналам наблюдателя должен отмечать его помощник по часам, имеющим секундную стрелку, или по хронометру.

Моменты прохождения звёзд через линию  $NS$  будут  $\frac{t' + t}{2}$  и  $\frac{\tau' + \tau}{2}$ . Очевидно, что разность прямых восхождений будет равна

$$\Delta\alpha = \frac{\tau' + \tau}{2} - \frac{t' + t}{2}.$$

Обратимся теперь к разности склонений, которая будет равна сумме отрезков  $nC$  и  $Cm$ , выраженных, конечно, в дуговой мере:

$$\Delta\delta = nC + Cm.$$

Длину дуги суточной параллели  $mt'$  можно получить из рассмотрения сферического треугольника  $Pmt'$  (рис. 143)

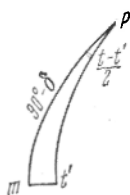


Рис. 143.

$$\sin(mt') = \sin\left(\frac{t - t'}{2}\right) \cos \delta$$

или, выражая в секундах дуги и пренебрегая различием между синусом малой дуги и её длиной,

$$(mt')'' = 15 \left(\frac{t - t'}{2}\right)'' \cos \delta.$$

Обозначив радиус поля зрения (или радиус кольца) через  $r''$ , из рис. 142 получим

$$(mt') = r'' \sin \varphi = 15 \left(\frac{t - t'}{2}\right) \cos \delta;$$

таким образом,

$$\sin \varphi = 15 \left(\frac{t - t'}{2r''}\right) \cos \delta.$$

\*) Для более точного отсчитывания моментов появления и исчезновения звёзд выгодно установить трубу так, чтобы звёзды прошли на разных расстояниях от центра поля зрения. При малых разностях склонений лучше звёзды пропускать ближе к краю поля зрения, чтобы хорды  $tt'$  и  $\tau\tau'$  возможно больше различались по длине.

Определив отсюда  $\varphi$ , получим

$$(Cm)'' = r'' \cos \varphi.$$

Аналогично можно получить

$$(nC)'' = r'' \cos \varphi',$$

$$\sin \varphi' = \frac{15(\tau - \tau')}{2r''} \cos \delta.$$

Окончательно находим

$$\Delta\delta = Cm + nC = r'' (\cos \varphi + \cos \varphi').$$

Если нам известны координаты  $\alpha$  и  $\delta$  одной из звёзд, то координаты другой получатся без труда:

$$\alpha' = \alpha + \Delta\alpha,$$

$$\delta' = \delta + \Delta\delta.$$

Зная  $\Delta\alpha$  и  $\Delta\delta$  для компонентов двойной звезды, можно вычислить расстояние  $\rho''$  и позиционный угол  $\psi$ :

$$\rho \sin \psi = \Delta\delta,$$

$$\rho \cos \psi = 15 \Delta\alpha \cos \delta.$$

Квадрант, в котором находится угол  $\psi$ , определяется знаками  $\sin \psi$  (т. е.  $\Delta\delta$ ) и  $\cos \psi$  (т. е.  $\Delta\alpha$ ), так как  $\cos \delta$  всегда положителен.

**Фотометры.** Для точных измерений блеска звёзд изобретено много особых приборов — фотометров, действующих на основе разных принципов: таковы клиновые фотометры, поляризационные фотометры, фотометры с искусственными звёздами, наконец, фотоэлектрические фотометры. Во всех визуальных фотометрах всегда имеется искусственная звезда (электрическая лампочка), светящая сквозь точечное отверстие в диафрагме, или некоторая поверхность (площадка), освещаемая искусственным светом, причём блеск этой искусственной звезды или яркость поверхности можно произвольно изменять, измеряя по шкале это изменение. При наблюдении с фотометром блеск искусственной звезды подгоняется к блеску изучаемой, а предварительная градуировка прибора даёт возможность количественной оценки блеска исследуемой звезды.



Рис. 144. Фотометрический клин.

В некоторых фотометрах блеск искусственной звезды можно менять передвижением фотометрического клина. Положение клина отсчитывается по особой шкале. Фотометрический клин обычно делается из дымчатого серого стекла, из которого шлифуют клинообразную пластинку  $E$  (рис. 144). Для того чтобы клин не превращался в преломляющую призму, для придания прочности и для удобства обращения к нему приклеивают (канадским бальзамом) такой же клин прозрачного стекла  $F$ . Однако нетрудно самостоятельно изготовить простой фотометрический клин из неравномерно засвеченной фотографической пластинки.

В книге М. Е. Набокова «Астрономические наблюдения с биноклем» указан способ изготовления такого клина. В той же книге приведён проект простейшего фотометра, соединённого с биноклем. К такому фотометру с успехом можно приспособить клин (вместо описанного там перемещения искусственной звезды).

**Светофильтры.** При наблюдении поверхностей планет и Луны и при изучении комет очень интересно сравнить форму и величину различных деталей в разных лучах. Для таких исследований употребляются светофильтры — особо окрашенные стёкла. Изготовление и исследование их — целая отрасль прикладной физики. Однако светофильтры, полезные астроному-любителю, можно легко изготовить самим. Для этого нужна чистая неэкспонированная и непроявленная, но отфиксированная обычным образом и тщательно промытая фотографическая пластинка (желательно мелкозернистая). Такая пластинка кажется совершенно прозрачной. Для окраски её желатинового слоя в нужный цвет надо опустить пластинку слоем вверх на несколько минут в один из нижеприведённых растворов анилиновых красок, а затем слегка ополоснуть и тщательно высушить её, оберегая от пыли. Для примера приводим рецепты растворов анилиновых красок для изготовления трёх светофильтров.

А. Светофильтр К 62 — красный, пропускающий свет от 600  $m\mu$  и больше:

- 1) фуксин кислый 1,5 Н\*),
- 2) тартрацин 2,5 Н.

Б. Светофильтр М 54 — жёлто-зелёный, пропускает свет от 500 до 600  $m\mu$ , максимум у 540  $m\mu$ :

- 1) нафтол зелёный Б 1,5 Н,
- 2) бриллиант-патент-синий 1,0 Н,
- 3) корнфосфин 1,0 Н.

В. Светофильтр М 44 — синий, пропускает свет от 400 до 500  $m\mu$ , максимум у 400  $m\mu$ :

- 1) виктория синяя 2,0 Н,
- 2) берлинская лазурь 1,5 Н,
- 3) эозин 0,25 Н.

В. П. Цесевич\*\*) рекомендует использовать следующие готовые анилиновые краски для изготовления светофильтров: аурамин, ауранция, металин жёлтый или тартрацин для жёлтых светофильтров; конго-рот для красных; анил-зелёный Б, анил-зелёный Г или метил-грюн для зелёных светофильтров; метиловую голубую, анилин-блау, анил прочно-синий Б, анил-синий для синих светофильтров.

Светофильтр нужных размеров надо после просушки прикрыть чистым стеклом тех же размеров (или сложить вместе два светофильтра слой к слою) и окантовать, т. е. оклеить бумагой.

---

\*) Н — гюббль — единица измерения поверхностной концентрации, равен 1 г краски на 1  $m^2$  светофильтра.

\*\*) В книге «Что и как наблюдать на небе», Гостехиздат, 1950.

Каждый светофильтр надо исследовать с помощью какого-либо спектроскопа, пользуясь табл. 28 (см. стр. 208), дающей положение и длины волн основных линий солнечного спектра.

Более подробные сведения о светофильтрах и способах их изготовления, а также многочисленные рецепты красителей можно найти в книгах: А. Гюббль «Ортохроматическая фотография и светофильтры», Теакино-печать, 1930; В. Л. Гинзбург «Светофильтры», ОНТИ, 1936 г. и В. А. Фаас «Светофильтры», Кинофотоиздат, 1936 г.

**Спектроскоп.** На обсерваториях для изучения спектров небесных светил применяются весьма сложные приборы — многопризменные спектрографы. Поставленный вместо окуляра такой спектрограф даёт возможность сфотографировать спектр одной звезды, изображение которой падает в этот момент на щель спектрографа.

Любителю может встретиться так называемый спектроскоп прямого зрения. В нём комбинация трёх-четырёх призм разлагает свет на составляющие цвета, не меняя направления луча.

С таким спектроскопом можно непосредственно наблюдать главные фраунгоферовы линии солнечного спектра (см. табл. 28 и рис. 130), а приспособив его к окуляру астрономической трубы, можно попытаться увидеть спектры небесных светил (конечно, самых ярких). В случае появления яркой кометы очень интересно и ценно изучить спектры головы кометы и её хвоста. Помимо непрерывного спектра отражённого света, можно надеяться увидеть газовый спектр головы, а может быть, и хвоста кометы. Большой интерес представляет изучение спектров новых звёзд.

## 9. Об установке экваториального штатива трубы

При правильной установке инструмента полярная или часовая ось должна быть направлена на полюс мира, а перпендикулярная к ней ось склонения — лежать в плоскости небесного экватора. Только в этом случае вращение трубы вокруг полярной оси будет соответствовать суточному вращению небесного свода.

Установке экваториала посвящена большая статья (в двух частях) проф. С. Н. Блажко в Русском Астрономическом Календаре за 1924 и 1925 гг. Об этом говорится также в курсе практической астрономии. В 3-м томе Известий Крымской астрофизической обсерватории помещена статья П. П. Добронравина с изложением нового способа точной установки экваториала.

Ниже приводится простейший способ установки экваториала по звёздам, который в ряде случаев может оказаться вполне достаточным для астронома-любителя.

Установив штатив инструмента приблизительно по меридиану и наклонив его полярную ось к горизонту под углом, приблизительно равным широте места, надо поставить горизонтальную нить сильного окуляра так, чтобы при вращении инструмента вокруг полярной оси звёзды в поле зрения окуляра скользили бы вдоль нити. Если

после этого установить трубу в плоскости меридиана близко к небесному экватору, направить её на какую-нибудь звезду, закрепить неподвижно и следить за движением звезды в поле зрения, то могут встретиться следующие три случая:

1) Звезда скользит (справа налево, так как телескоп даёт перевернутое изображение) вдоль нити (рис. 145, а), не отходя от неё ни вниз, ни вверх. Это свидетельствует о том, что полярная ось лежит в плоскости меридиана и, следовательно, инструмент по азимуту установлен правильно.

2) Звезда движется под углом к нити вверх (рис. 145, б). Следовательно, полярная ось не лежит в плоскости меридиана и инструмент надо повернуть в горизонтальной плоскости, изменив его азимут. Северный конец полярной оси надо немного повернуть к западу, иначе говоря, весь штатив повернуть против часовой стрелки. В больших инструментах для этого устроены особые винты, перемещающие параллактическую головку относительно штатива.

3) Звезда движется под углом к нити вниз (рис. 145, в). Инструмент надо повернуть по часовой стрелке, т. е. северный конец полярной оси повернуть к востоку.

Повторив эти наблюдения и исправления несколько раз, можно добиться достаточно точного положения инструмента по азимуту.

Однако, будучи установленной точно в плоскости меридиана, полярная ось может иметь неправильный наклон к горизонту и, следовательно, не быть параллельной оси вращения Земли.

Для исправления угла наклона наблюдается прохождение звёзд в поле зрения неподвижного телескопа, установленного в плоскости, часовой угол которой равен  $\pm 6^h = \pm 90^\circ$ , и направленного для определённости, скажем, на восток. Вновь могут представиться три случая:

1) Звезда скользит вдоль нити — инструмент стоит правильно.

2) Звезда движется под углом к нити вверх в поле зрения — северный конец полярной оси надо поднять (увеличить угол с горизонтом).

3) Звезда движется под углом к нити вниз — северный конец полярной оси нужно опустить.

Если звезду наблюдаем на западе, то заключения должны быть обратны: звезда движется вверх — ось опустить, движется вниз — поднять.

Несколько таких проб, и инструмент будет установлен с достаточной точностью.

Трёхногий штатив выгодно ставить так, чтобы одна его нога находилась бы на юг от инструмента, а две другие — на линии восток-запад.

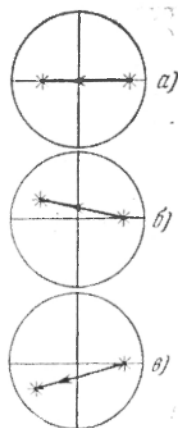


Рис. 145. К установке параллактического штатива.



## 10. Служба времени наблюдателя

**Часы.** Астрономические маятниковые часы, служащие, как говорят, для «хранения времени», помещают в глубокий подвал в герметически закрытый стеклянный футляр, из которого выкачивается часть воздуха. Этим часы оберегаются от тряски и толчков, от колебаний температуры и колебаний атмосферного давления. Их завод осуществляется автоматически при помощи электромагнитных реле; к ним месяцами не прикасается рука человека.

Другой тип часов, часто используемых при астрономических наблюдениях, это — переносные часы с пружиной и балансиром — хронометры. От карманных часов они отличаются большими размерами, особым устройством балансира, уменьшающим влияние изменений температуры (температурная компенсация). Особое крепление хронометра в его футляре (карданов подвес) позволяет часам сохранять горизонтальное положение при всяких перемещениях футляра (что важно при наблюдениях на море во время качки).

Всякие часы, даже самые лучшие, либо спешат, либо отстают. Поэтому, чтобы знать точное время, нужно уметь определять поправку своих часов, т. е. ту величину, которую надо прибавить или отнять от показаний часов, чтобы получить верное время. Определяя поправки часов каждый день, можно обнаружить изменение величины поправки, так называемый *ход часов*. Специальное устройство в часах позволяет в некоторых пределах влиять на ход часов: в карманных часах маленькая указательная стрелка под задней крышкой часов связана с рычажком, который изменяет период колебания балансира и тем самым ход часов. Стрелка указывает на деления небольшой шкалы, на одном конце которой стоит знак «+» либо буква *F* или *A* (ускорить), а на другом — знак «—» либо буква *S* или *R* (замедлить).

Передвигая стрелку в нужную сторону и следя за изменением хода часов, можно хорошо отрегулировать часы, т. е. сделать ход достаточно малым. В маятниковых часах имеется гайка, вращение которой перемещает груз маятника вдоль стержня и тем самым меняет период колебаний.

Самое главное, что определяет хорошее качество часов, — это постоянство хода. Астроном мирится зачастую с большим ходом часов, который с течением времени приводит к поправкам большой величины, если часы обладают постоянством хода.

Располагая на графике полученные поправки часов против отметок чисел, можно узнать ход часов и его изменение (см. рис. 146).

При внимательном и бережном отношении к карманным или стенным часам можно заставить их хорошо служить в качестве астрономических часов любителя. Для этого следует соблюдать следующие правила:

1. Тщательно оберегать часы от тряски и ударов, от загрязнения, пыли и сырости, а также от резких колебаний температуры. Часы, которыми пользуются при астрономических наблюдениях,

полезно поместить в футляр, выложенный чем-нибудь мягким, со стеклянной крышкой. Лучше всего держать часы всегда в одном положении: одни часы лучше идут (т. е. обладают большим постоянством хода) в горизонтальном положении, другие — в вертикальном.

2. Заводить часы надо всегда в один и тот же час, либо через один и тот же промежуток времени (для настенных часов это может быть 4, 7, 10 или 14 дней).

3. Возможно чаще определять поправку часов по радиосигналам времени. При этом можно будет не только выявить ход часов,

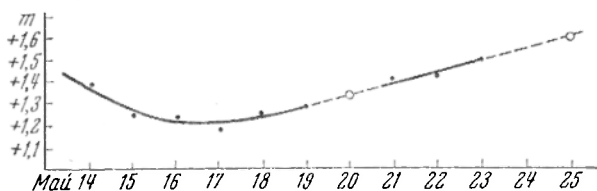


Рис. 146. Ход часов. Точками отмечены поправки часов, полученные сравнением с радиосигналами времени, кружками — полученные интерполяцией и экстраполяцией по графику.

но и проследить за его изменениями с течением времени, а также установить суточный период в изменении хода, т. е. изменение хода в течение суток \*).

Качество часов характеризуют *суточной вариацией*, которая вычисляется по формуле

$$\delta = \pm \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}},$$

где  $n$  — число определённых суточных ходов, а  $d$  — отклонение хода от его среднего значения.

**Определение поправки часов.** В настоящее время для наблюдателя, располагающего радиоприёмником, имеется простой и точный способ проверять свои часы, — это приём сигналов времени, передаваемых по радио.

Широковещательные передачи сигналов времени (тире-тире-точка) даются в эфир с точностью до сотых долей секунды. Заключительная точка даётся точно в целое число часов, ноль минут, ноль секунд (например,  $7^h 0^m 0^s$ ).

Так как секундная стрелка обычных карманных или ручных часов движется скачками, совершая их каждые  $0^s,4$ , то, очевидно, точность определения поправки часов не может быть больше, чем эта величина. На самом деле она ещё меньше. Однако, систематически определяя поправку своих часов, следя за их ходом, можно знать время с точностью до  $1^s$ , что вполне достаточно для большинства задач, которые могут встать перед астрономом-любителем.

\*) Вызываемое изменением силы пружины по мере её раскручивания.

Широковещательные радиосигналы точного времени (тире-тире-точка) передаются в  $1^h$ ,  $7^h$ ,  $12^h$  и  $19^h$  московского времени Службой времени Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга при Московском университете.

Кроме широковещательных сигналов, по радио передаются на длинных волнах (10 000 м и 3333 м) и на коротких (24,47; 27,52; 29,85; 39,01; 44,28; 55,76 м и некоторых других — в зависимости от часа и от времени года на разных волнах) двенадцать раз в сутки (каждый нечётный час московского времени) так называемые *обыкновенные сигналы времени*. Это — пять серий по 59 коротких точек, которые следуют через секунду одна за другой в течение пяти последних минут часа, причём начало каждой минуты отмечается длинным тире.

Слушая точки каждой серии обыкновенных сигналов и глядя на секундную стрелку часов, надо стремиться подметить ту долю секунды, на которую приходится короткая точка. Последнее тире пятой серии точно соответствует началу нечётного часа. Сравнение этого момента с показаниями часов даёт число минут и целое число секунд поправки. К этому числу надо прибавить ту долю секунды, которую определяли по отдельным точкам.

Для особо точной проверки астрономических часов и морских хронометров по радио через минуту после обыкновенных сигналов передаются *ритмические сигналы времени*, которые состоят из 300 точек и 6 тире, подаваемых особыми часами-нониусом в течение 300 секунд (5 минут). Приём ритмических сигналов можно вести как на звёздный (т. е. идущий по звёздному времени), так и на средний хронометр (т. е. идущий по среднему солнечному времени).

При обработке, требующей особой точности, учитывается ход подающих часов в течение всего пятиминутного сеанса и ход самого хронометра за это время. Сведения о ходе подающих часов и о точных моментах подачи сигналов публикуются в так называемых таблицах сводных моментов ритмических сигналов.

Когда радио ещё не было так широко распространено в нашей стране, в ходу у любителей были методы приближённого определения местного времени. Помимо солнечных часов различного устройства\*), которые представляют собой прекрасное украшение школьных астрономических площадок и общественных парков, любители пользовались солнечным кольцом С. П. Глазенапа\*\*), его же солнечным треугольником, солнечным квадратом М. Е. Набокова и другими подобными приборами для определения момента истинного полудня по наблюдениям Солнца на равных высотах до и после прохождения меридиана. Если при обработке наблюдений с солнечным кольцом учитывать изменение склонения Солнца между утренними

---

\*) Их описание с указаниями их расчёта, устройства и пользования можно найти в школьном учебнике астрономии Б. А. Воронцова-Вельяминова.

\*\*) Его описание дано в брошюре С. П. Глазенапа «Солнечное кольцо», во многих учебниках по курсу общей астрономии и в популярных книгах.

и вечерними наблюдениями, то можно рассчитывать на определение момента истинного полудня с точностью до нескольких секунд. С помощью графика или таблицы уравнивания времени можно получить поправку на среднее время, а, зная долготу места наблюдения и номер часового пояса, перевести полученный момент среднего времени в поясное или декретное\*).

Если широта и долгота места наблюдения не даны в табл. LVIIIА, то проще всего определить их по соответствующей карте крупного масштаба. При аккуратности это может дать точность в минуту дуги по широте и десятые доли минуты по долготе.

---

\*) Кстати сказать, если можно поясное время получить по радиосигналам, то сопоставление местного среднего времени и поясного даст возможность определить долготу места. Кроме того, солнечное кольцо можно использовать для определения широты места (см. об этом в брошюре С. П. Глазенапа «Солнечное кольцо», а также в статье С. В. Дроздова «Определение географических координат солнечным кольцом проф. С. П. Глазенапа» в Кратком Астрономическом Календаре на 1953 г., АН УССР).

---

## ГЛАВА IV

### АСТРОНОМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

#### 1. Введение

В этом разделе даются указания по проведению тех сравнительно простых астрономических наблюдений, которые, с одной стороны, доступны любителям, так как не требуют больших инструментов, и, с другой стороны, могут представить определённый научный интерес. Мы не касаемся здесь таких простейших задач, как например, определения полуденной линии, измерения полуденной высоты Солнца, определения наибольшей высоты Луны в меридиане, наблюдений за перемещениями планет, составляющих предмет практических занятий при прохождении школьного курса астрономии. Мы предполагаем, что читатель достаточно хорошо знаком со звёздным небом, умеет найти на небе основные точки и линии небесной сферы и использовать содержание предыдущих глав для ориентировки в астрономических явлениях.

**Астрономический календарь.** Основные данные об астрономических явлениях на каждый год можно найти в широко распространённом Графическом Календаре проф. М. Е. Набокова. Однако для ведения систематической наблюдательной работы каждому любителю совершенно необходимо приобрести Астрономический Календарь, выходящий вот уже более 55 лет. До 1953 г. он составлялся Горьковским (б. Нижегородским) отделением Всесоюзного астрономо-геодезического общества \*).

Каждый выпуск Астрономического Календаря содержит два раздела: I. Эфемериды и II. Приложения. В первом разделе даются следующие эфемериды: I. Эфемериды Солнца и Луны на каждый день года (прямое восхождение и склонение, моменты и азимуты восхода и захода для  $\lambda = 0^h$  и  $\varphi = 56^\circ$ , видимый радиус Луны, звёздное время в гринвичскую полночь), а также справочник наблюдателя, т. е. сведения о многих астрономических событиях (фазы Луны,

---

\*) С 1951 г. издаётся Гостехиздатом в Москве. В последние годы небольшие по объёму Астрономические Календари издаются Академией наук УССР, Московским, Минским, Куйбышевским, Рижским (на латышском языке) отделениями ВАГО, Тартуской обсерваторией (на эстонском языке).

видимость планет, метеорные потоки и т. д.). 2. Эфемериды планет — подробное описание видимого пути планет среди звёзд с приложением карт и таблиц, дающих координаты планет через каждые 15 дней, их угловые диаметры, звёздные величины и пр. 3. Данные о солнечных и лунных затмениях. 4. Таблица предвычисленных моментов покрытия звёзд и планет Луной. 5. Физические координаты Солнца, Луны и Юпитера, т. е. угловой диаметр и величины  $P$ ,  $D$ ,  $L$  (см. стр. 241) через каждые пять дней для Солнца, угол  $P$  и селенографические координаты центра диска через каждые два дня для Луны, угол  $P$  и долготы центрального меридиана через каждые семь дней для Юпитера. 6. Эфемериды спутников Юпитера, дающие конфигурации спутников и таблицы моментов затмений. 7. Эфемериды спутников Сатурна, дающие моменты элонгаций самых ярких из них — Титана и Япета. 8. Сведения об ожидающихся периодических кометах. 9. Эфемериды ярких малых планет. 10. Список двойных звёзд. 11. Списки и эфемериды некоторых переменных звёзд. 12. Эфемериды для определения широты и азимута по Полярной.

Второй раздел (Приложения) содержит, как правило, подробный обзор успехов астрономии за предыдущий год. Эти обзоры составляют выдающимися советскими астрономами и дают прекрасное представление о достижениях советской и мировой науки.

Кроме того, в этом разделе публикуются научные статьи и заметки на разнообразные актуальные астрономические темы, а также различные заметки и статьи методического характера, связанные с техникой наблюдений и с теорией и практикой предвычислений различных астрономических явлений\*). В каждом выпуске Астрономи-

---

\*) Таковы, например, статьи: С. И. Блажко, Фотографирование неба обыкновенной зрительной трубой и фотографической камерой (1899); С. П. Глазенап, Солнечный треугольник (1903); С. П. Глазенап, Определение времени и географической широты с помощью солнечного кольца (1907); В. В. Каврайский, Определение времени без астрономических инструментов и тригонометрических вычислений (1912); А. А. Михайлов, Часы и время у любителя астрономии (1916); Н. И. Судаков, Астрофотография в средней школе (1918); А. А. Михайлов, Призматические бинокли (1919); Л. А. Кулик, Инструкция для наблюдения над падением болидов (1925); А. Н. Розанов, Упрощённый способ определения солнечных пятен в элементах Кэррингтона (1925); К. Г. Богданович, Любительские обсерватории (1928); Г. А. Тихов, Главнейшие способы определения цвета звёзд (1928); Н. П. Санютин, Наблюдения поверхности планет средствами астронома-любителя (1929); С. Б. Шарбе, Номограммы для получения поправок времени (1929); Н. Н. Кузнецов, О восьмилетнем периоде видимости Венеры (1940); К. К. Дубровский, Покрытия звёзд Луной и их наблюдения в любительской астрономии (1940); К. К. Дубровский, Номограммы в помощь наблюдателю (1942, 1943); В. Е. Штепан, Телескопические метеоры (1944); С. В. Дроздов, Графический метод вычисления деталей лунного затмения (1945); С. В. Муратов, Астрономическая труба из очковых стёкол (1946); К. К. Дубровский, Интерполирование (1947); Б. А. Воронцов-Вельяминов, Новый тип общедоступного, портативного астрографа без часового механизма и ведущей трубы (1950); Н. Я. Бугославская и В. А. Бронштэн, Инструкция к наблюдениям солнечных затмений (1952), и многие другие.

ческого Календаря помещается подробная библиография, охватывающая литературу по астрономии, геодезии, геофизике и некоторым смежным наукам, вышедшую за предыдущий год.

**О предвидении перемен погоды.** При планировании наблюдений приходится считаться не только с астрономическими, но и метеорологическими явлениями.

Астроном, систематически ведущий наблюдения неба, в особенности тот, кто постоянно живёт за городом, приобретает некоторый опыт в определении возможных изменений погоды по форме облаков, цвету зари, мерцанию звёзд и т. д., а также по показаниям барометра. Народные приметы, которые суммируют многовековый опыт наблюдения народа над природой, подчас также могут помочь в предсказаниях погоды\*). Конечно, в некоторой степени приметы погоды зависят и от местных условий.

Ниже приведены некоторые признаки, довольно хорошо определяющие хорошую и плохую погоду и изменения погоды.

1. Признаки наступления устойчивой ясной, сухой погоды — летом жаркой, зимой — морозной:

1. Небо с утра безоблачное, часам к 10 появляются округлённые кучевые облака, которые к полудню увеличиваются и заметно поднимаются вверх, а к вечеру вновь исчезают.

2. Барометр показывает высокое давление, в течение нескольких дней медленно и непрерывно повышающееся.

3. Летом днём жарко, ночью прохладно, весной и осенью при такой погоде возможны заморозки. («Вёдро — летом: днём жарко, к ночи прохладно» — русская народная примета.)

4. Ночью тихо, днём ветер усиливается, к вечеру затихает. («Дождя не бывает, коль ветер к ночи затихает».)

5. Ночью выпадает сильная роса, в холодные ночи — иней. («Если на траве роса, не жди в этот день дождя».)

6. При длительной засушливой погоде росы обычно не бывает, появление же росы указывает на приток влажного воздуха, т. е. на возможность дождя.

7. Золотистая или светлорозовая заря при заходе или восходе Солнца. («Красный вечер — ясный день».)

8. Звёзды мерцают слабо, отливая зеленоватым блеском.

9. Диски Солнца и Луны принимают при закате сильно искажённую форму.

II. Признаки наступления ненастной погоды — летом прохладной, дождливой, зимой с потеплением, иногда до оттепели, и с возможностью метелей:

1. Барометр падает. Чем быстрее понижается давление, тем скорее наступает ненастье.

2. Если ветер к вечеру усиливается, то наступления ненастной погоды можно ожидать не позже как в течение суток.

---

\*) Нельзя не вспомнить в связи с этим замечательных по красочности и точности указаний признаков погоды у Тургенева, в особенности в его «Записках охотника» (см., например, начало рассказа «Бежин луг»).

3. Летом после ясного дня наступает ночь более тёплая по сравнению с предыдущей. Росы нег. («Если утром трава суха, к ночи жди дождя».)

4. Появляются перистые облака, которые заметно передвигаются по небу с юга, юго-запада или запада, редко с северо-запада или севера.

5. Перистые облака переходят в перисто-слоистые, а затем в высокослоистые облака. («Сбежались тучки в одну кучку — дождь будет».)

6. Красная или багрово-красная заря при закате Солнца.

7. Появляются круги (галосы) вокруг Солнца или Луны. («Кольца вокруг Солнца — к дождю».)

8. Звёзды сильно мерцают. («Звёзды играют — зимою к выюге, а летом к холоду».)

III. Признаки возможной грозы:

1. Если с утра появляются кучевые облака, которые во вторую половину дня начинают расти и принимают форму высоких башен или наковален, можно ожидать грозы с ливнем или градом.

2. Днём жарко и душно.

3. Если в тёплый и душный вечер небо затягивается сплошными облаками, можно ожидать ночной грозы.

4. Ясная слышимость отдалённых и слабых звуков или необыкновенно сильное мерцание звёзд (в особенности к утру) указывает на возможность грозы и осадков.

5. Быстрое падение барометра — к буре.

## 2. Наблюдения Солнца

Речь идёт о наблюдениях явлений, происходящих на поверхности Солнца, в его фотосфере — о солнечных пятнах, факелах, факельных полях и гранулах. Систематическое наблюдение явлений, происходящих на поверхности Солнца, которое часто называют «Службой Солнца», имеет большое практическое значение в свете установленной (особенно за последние годы) связи их с явлениями в земной атмосфере и, в частности, с состоянием электромагнитного поля Земли. В периоды максимума числа солнечных пятен учащаются и усиливаются грозы, более интенсивны полярные сияния. Магнитные бури влияют на условия прохождения радиоволн, в особенности коротких, создавая радиопомехи и, следовательно, ухудшая слышимость радиопередач.

**Визуальные наблюдения Солнца.** Наблюдения Солнца можно вести либо непосредственно через окуляр, снабжённый тёмным стеклом, либо (что предпочтительнее) с помощью так называемого солнечного экрана (без тёмного стекла). Во всех случаях на объектив трубы надевается диафрагма (крышка с круглым отверстием) диаметром в  $\frac{1}{3}$  диаметра объектива. Для наблюдений Солнца диаметр объектива трубы не играет роли; Солнце даёт достаточно света. Важнее фокусное расстояние трубы, так как при большем фокусе можно получить



большее изображение Солнца. На рис. 147 показана ориентация изображения Солнца при наблюдении невооружённым глазом, в астрономическую трубу и при проектировании на экран.

Нужно особенно позаботиться о защите глаз от яркого света Солнца и тщательно подобрать тёмное стекло. Самым простым (но не самым лучшим) тёмным стеклом может явиться фотографическая пластинка, засвеченная на полном дневном свете, проявленная и затем

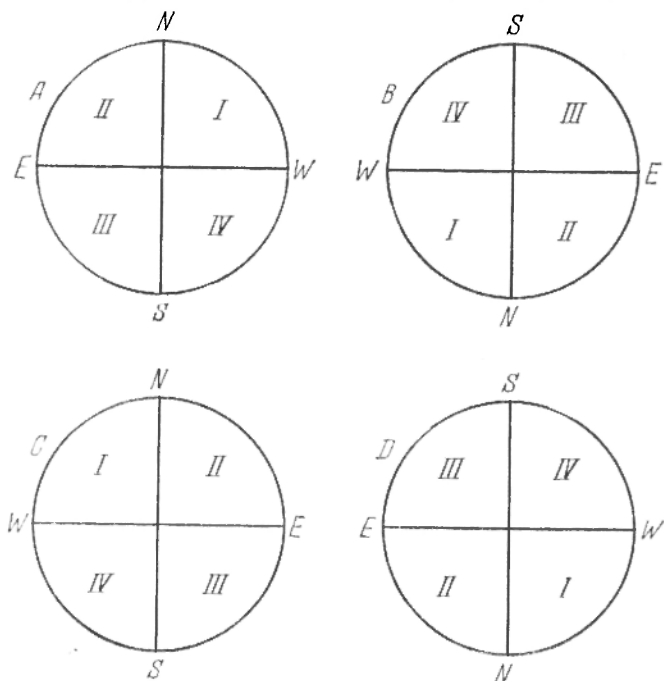


Рис. 147. Ориентация изображения Солнца: *A* — при наблюдении невооружённым глазом; *B* — при наблюдении в телескоп, *C* — на экране при астрономическом окуляре; *D* — на экране при земном окуляре.

отфиксированная и промытая обычным образом. Такая завуалированная пластинка помещается между глазом и окуляром. Однако желатиновый слой фотопластинки довольно быстро портится, растрескивается под действием тепла и такие тёмные стёкла приходится часто менять. Значительно лучше цветные или дымчатые стёкла тёмной окраски \*).

В случае наблюдений с солнечным экраном надо на трубе иметь стержень длиной 35—40 см, к которому жёстко прикрепить перпендикулярно к оптической оси диск — столик диаметром в 15—20 см

\*) При некоторых астрономических трубах иногда имеется особый солнечный окуляр. В нём изображение Солнца ослабляется посредством отражения от грани стеклянной призмы.

(рис. 148). На него сквозь окуляр проектируют изображение Солнца желаемого размера: чем ближе экран к окуляру, тем меньше будет размер изображения. Установив экран на нужном расстоянии, передвижением окуляра добиваются наибольшей резкости изображения края диска Солнца. Если этого не удастся добиться фокусировочным перемещением окулярной части, то приходится менять окуляр. На столике надо укрепить лист бумаги, на котором заранее нарисовать окружность — контур изображения Солнца желаемой величины (например, диаметром в 10 см, как это принято во многих Службах Солнца). Чтобы по возможности оградить экран от рассеянного света

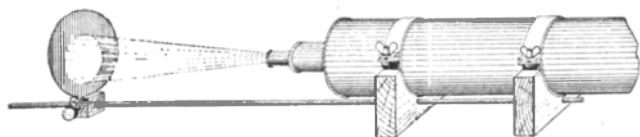


Рис. 148. Солнечный экран.

и тем самым усилить контрастность изображения, надо на объективном конце трубы укрепить лист картона. Зарисовки Солнца имеют в виду точную регистрацию положения и формы пятен, факелов и факельных полей. Наблюдатель, аккуратно совместив края изображения Солнца с заготовленным кружком, острым, но мягким карандашом наносит расположение пятен, стараясь правильно передать их размеры и интенсивность (черноту), но отнюдь не заботясь о художественной «отделке» и «законченности» рисунка. Выявлению маленьких пятен, лишённых полутени (так называемых пор), помогает следующий приём. Надо изготовить небольшую лопаточку из тонкого картона, на которую с одной стороны наклеить хорошую белую бумагу, желательно глянцевую (например, незасвеченную отфиксированную фотографическую бумагу). Положив этот дополнительный экранчик на основной, надо передвигать его взад и вперёд вдоль экрана. Самые мелкие поры выявляются при этом лучше, чем при рассматривании на неподвижном экране. С другой стороны этой же лопаточки можно наклеить шкалу солнечных пятен, изображённую на рис. 149, для определения общей площади всех пятен (включая и их полутень) в миллионных долях площади всего видимого солнечного диска.

В журнале наблюдений каждой зарисовке должна соответствовать подробная запись, содержащая следующие графы: число и поясное время наблюдения (с точностью до десятой доли часа), номер по порядку, обозначение группы пятен или отдельного пятна\*), число пятен в группе, величина площади, занимаемой пятном или сумма

\*) Полезно отмечать особым обозначением пятна и группы, проходящие центральный меридиан. Именно они в первую очередь вызывают возмущения магнитного поля Земли. Пятна и группы, появившиеся среди диска, также надо особо отмечать и следить за их развитием.

площадей пятен, входящих в состав группы, цифровое обозначение качества изображений (например, по пятибальной шкале). Площадь пятна (включая площадь окружающей его полутени) определяется сравнением со шкалой (рис. 149), на которой изображены пятна круглой формы различной площади, выраженной в миллионных долях

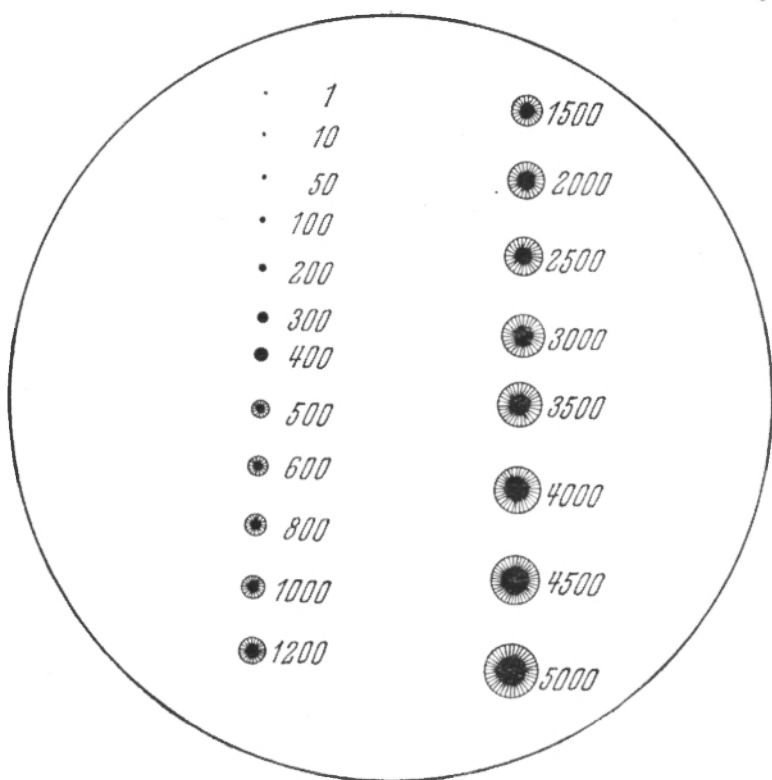


Рис. 149. Шкала солнечных пятен в миллионных долях видимой площади Солнца.

площади солнечного диска \*). В площадь группы входят также участки полутени без ядер. Отдельные, наиболее интересные группы пятен надо зарисовать в большем масштабе (глядя сквозь тёмное стекло прямо в окуляр), чтобы следить за ходом развития группы ото дня ко дню.

В Пулковской Службе Солнца принята следующая классификация пятен и их групп:

- I. Одиночная пёра.
- II. Группа пор.
- III. Одиночное пятно.

\*) Для пятен на краю диска о площади судят по их диаметру.

- IV. Одинокое пятно с порами.
- V. Биполярная \*) группа с большим головным пятном.
- VI. Биполярная группа с малым пятном впереди.
- VII. Биполярная группа с близкими по величине пятнами.
- VIII. Многоцентровая группа пор.
- IX. Многоцентровая группа пятен.
- X. Особые случаи.

Чтобы всегда иметь представление о масштабе рисунков, надо на общем схематическом рисунке Солнца, полученном на экране, отметить границы той части поверхности, которая изображена на более подробном рисунке, сделанном при непосредственном наблюдении в телескоп. На всех рисунках должно быть указано направление суточной параллели. Для этого надо, отметив точкой положение какой-нибудь поры или пятна, дать возможность его изображению сместиться суточным движением и через некоторое время (минуты через  $1\frac{1}{2}$ ) вновь отметить на рисунке его положение. Соединяя эти отметки прямой линией, получаем направление суточной параллели. Направление, перпендикулярное к суточной параллели, определяет юг и север. Это определение направления параллели лучше произвести два раза — до и после зарисовки пятен и факелов. В последующие дни обозначение групп (например, заглавными буквами латинского алфавита или цифрами) надо сохранять \*\*).

Так как видимое вращение Солнца происходит с периодом всего около 27,3 дня (для экваториальных зон), то пятно, появившись у восточного края Солнца, будет постепенно двигаться на запад, пока не скроется за западным краем Солнца. Некоторые пятна неожиданно возникают в каком-нибудь месте диска Солнца, а другие, напротив, исчезают, не достигнув западного края. Бывали случаи, когда одно и то же пятно наблюдалось в течение 2—3 оборотов Солнца. Вообще же они исчезают быстрее.

Одной из характеристик активности пятнообразовательной деятельности Солнца служит так называемое *относительное число Вольфа*  $W$ , равное удесятерённому числу групп  $g$  плюс общее число пятен  $f$ :

$$W = k(10g + f), \quad (48)$$

где  $k$  — коэффициент, который зависит от наблюдателя и от инструмента и позволяет сравнивать между собой наблюдения, произведённые в различных условиях. При этом необходимо иметь в виду, что каждое ядро, отделённое от другого ядра полутенью, а также отдельные поры считаются за пятна. При счёте групп отдельное пятно и даже отдельная пора также считается за группу.

Числа Вольфа, полученные из наблюдений на инструментах различной силы, надо приводить к одним условиям, например, сравнивая ряды параллельных наблюдений. В Цюрихе (Швейцария) находится

\*) Состоящая из двух пятен противоположной магнитной полярности.

\*\*) Во многих Службах Солнца ведут сплошную нумерацию групп с самого начала года до конца его.

Центральное бюро Международной Службы Солнца, в котором производят сводку всех наблюдений Солнца. Для самой Цюрихской Службы Солнца коэффициент  $k$  равняется единице. В СССР подобные сводки составляют Комиссия по исследованию Солнца Астрономического Совета АН СССР, Служба Солнца Пулковской обсерватории и Отдел Солнца МОБАО.

Ось вращения Солнца не перпендикулярна к плоскости земной орбиты, а наклонена под углом  $82^\circ 45'$ . Поэтому в разные времена года мы будем иметь различные расположения солнечного экватора и полюсов на диске Солнца (рис. 150). Как известно, солнечные

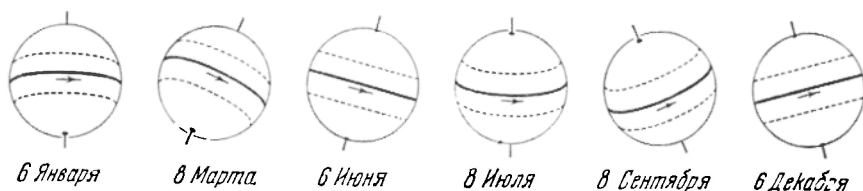


Рис. 150. Положение оси вращения Солнца и солнечного экватора в различные моменты года.

пятна появляются на различных расстояниях от солнечного экватора. Кроме того, различные зоны солнечной поверхности вращаются с разным периодом, быстрее на экваторе и медленнее в более высоких широтах.

Для определения положения какой-либо детали на Солнце необходимо ввести систему *гелиографических* координат: гелиографическую широту и долготу. Широты  $\beta$  отсчитываются от солнечного экватора к полюсам, положительные — к северу. Долготы  $\lambda$  отсчитываются от некоторого условного начального (нулевого) меридиана, называемого меридианом Кэррингтона. Он прошёл через восходящий узел экватора\*) Солнца 1 янв. 1854 г. в  $12^{\text{h}} 0^{\text{m}}$  среднего гринвичского времени (юлианская дата 2 398 220,0) и движется с угловой скоростью  $14^\circ,2$  в сутки (звёздный период обращения 25,380 суток). Условились считать за первый оборот Солнца тот, который начался 9 ноября 1853 г. в момент совпадения меридиана Кэррингтона с центральным меридианом. Гелиографическая долгота отсчитывается от меридиана Кэррингтона в направлении вращения, т. е. против часовой стрелки, если смотреть с северного полюса Солнца.

Существенное значение имеет синодический период вращения Солнца, учитывающий движение самой Земли по её орбите. Он равен  $27^{\text{d}} 2753$ .

Гелиографические координаты различных деталей солнечной поверхности меняются со временем как в силу разной скорости вращательного движения разных зон Солнца, так и от того, что солнечные пятна сами немного смещаются по поверхности. Эти координаты

\*) Пересечение экватора Солнца с плоскостью эклиптики. Долгота восходящего узла равна  $73^\circ 40'$ .

можно определить следующим образом. Проведя на изображении диска Солнца перпендикуляр к направлению суточной параллели, получаем направление круга склонения. В астрономических ежегодниках в разделе «Физические координаты» помещены величины  $D$  и  $P$ , которые дают возможность провести на рисунке направление оси вращения Солнца и наметить его экватор:  $D$  есть гелиографическая широта центра видимого диска Солнца, а  $P$  — угол оси вращения Солнца с кругом склонения. Отложив этот угол  $P$  на рисунке, получим направление оси вращения Солнца. Приложив к рисунку Солнца ортографическую сетку (см. Приложение 7,  $D=0$ ), изготовленную в соответствующем масштабе, и совмещая её центральный меридиан с осью вращения, считываем с сетки координаты  $b'$  и  $l'$  детали. После этого надо ввести поправки  $\Delta b$  и  $\Delta l$ , учитывающие наклон оси вращения Солнца.

Таким образом

$$\beta = b' + \Delta b, \quad l = l' + \Delta l,$$

где

$$\Delta b = D \cos l',$$

$$\Delta l = D \sin l' \operatorname{tg} b'.$$

Окончательно гелиографическая долгота  $\lambda$  будет равна

$$\lambda = l + L,$$

где  $L$  — гелиографическая долгота центрального меридиана относительно меридиана Кэррингтона. Если  $\lambda$  получится больше  $360^\circ$ , надо вычесть  $360^\circ$ , если  $\lambda$  получится отрицательной, — прибавить  $360^\circ$ . Величины  $L$  также помещаются в разделе «Физические координаты» в астрономических ежегодниках. Для облегчения вычислений поправок  $\Delta b$  и  $\Delta l$  помещаем вспомогательные таблицы XXII A и XXII B.

Величина  $\Delta b$  находится по аргументам  $D$  и  $l'$  (табл. XXII A), а  $\Delta l$  из табл. XXII B по  $b'$  и  $A$  ( $A$  находится из табл. XXII A по  $D$  и  $90^\circ - l'$ ).

Определение координат  $\beta$  и  $l$  можно облегчить, если применить не одну, а несколько специально вычисленных сеток для разных значений  $D$ . Из восьми ортографических сеток (Приложение 7), изображающих систему гелиографических координат при различных наклонах плоскости солнечного экватора к лучу зрения (от  $0$  до  $\pm 7^\circ$ ), выбираем ту, которая соответствует данной широте центра  $D^*$ ).

В итоге мы получаем с сетки непосредственно гелиографические координаты различных деталей солнечной поверхности  $\beta$  и  $l$ . Как и раньше, долгота в системе Кэррингтона  $\lambda = l + L$ .

**Фотографические наблюдения Солнца.** Любитель может попробовать получить фотографию Солнца со всеми деталями его поверхности. Правда, этим следует заняться лишь человеку, уже искушённому в фотографии. Основная трудность заключается в том, чтобы

\*) При положительных  $D$  на видимом диске Солнца будет находиться северный полюс Солнца, при отрицательных — южный.

осуществить очень короткую выдержку. Солнце даёт так много света, что даже при диафрагмированном (однако не больше чем до 0,3 диаметра) объективе и самых малочувствительных фотопластинок (диапозитивных) выдержка должна быть порядка  $\frac{1}{300}$ — $\frac{1}{500}$  секунды. Выгодно для этого употребить шторный затвор, помещённый перед объективом. Очевидно, что при столь короткой экспозиции часовой механизм трубы излишен, так же, впрочем, как и параллактическая установка. Для фотографирования в фокусе трубы на подвижной части окулярного конца надо приспособить вместо окуляра дощечку

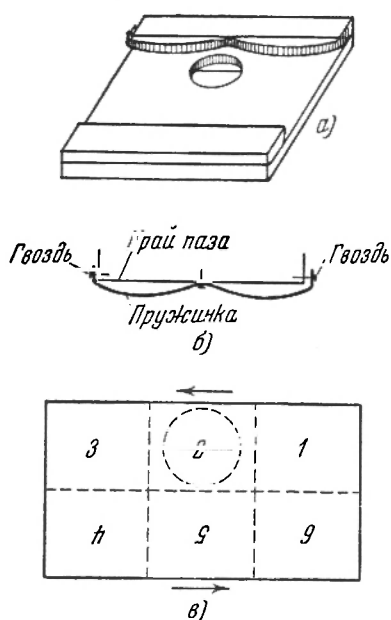


Рис. 151. Устройство кассетной части для фотографирования Солнца: а) общий вид сзади, б) устройство пружины, в) разметка кассеты для получения шести снимков на одной пластинке.

с круглым вырезом для прохождения лучей и пазами для кассеты (рис. 151, а). Для ориентировки фотографий Солнца относительно направления небесных координат надо в вырезе, очень близко к поверхности, по которой будет скользить кассета, укрепить нить. Её изображение будет пересекать диск Солнца на фотографии всегда в одном направлении. Точное направление нити можно определить, фотографируя следы ярких звёзд при неподвижной трубе (см. ниже). Если вырез сделать несколько ближе к краю (рис. 151, в), то на одной пластинке размером  $9 \times 12$  см можно получить шесть снимков, последовательно сдвигая кассету в пазах, причём один раз придётся переложить её на другую сторону. Можно, конечно, употребляя маленькие кассеты и пластинки, получать по одному снимку на каждом негативе. Для того чтобы кассета хорошо держалась в скошенных пазах, не болталась и не отходила от поверхности, на одном из них укрепляют изогнутую стальную пластинку (пружинку)

так, как это показано на рис. 151, б. Пружинка свободно скользит, удерживаемая шляпками гвоздей; когда кассета вдвинута в пазы, пружинка прижимается к пазу и давит на кассету нужным образом. Перед проявлением необходимо в темноте простым (не химическим) карандашом отметить на фотографическом слое расположение снимков (например, заметив положение первого снимка относительно шторки кассеты). Все данные о фотографировании надо записать в журнал наблюдений.

Для фотографирования с окулярным увеличением надо построить маленькую фотокамеру, в которой объективом должен служить оку-

ляр трубы, а кассета с фотопластинкой должна находиться на некотором расстоянии позади него. Фотокамеру выгоднее укрепить на подвижной части окулярного конца, чтобы передвижением одного лишь окуляра можно было фокусировать изображение Солнца. Камера должна быть светонепроницаемой и вычерненной изнутри для устранения рассеянного света. Размеры и устройство кассетной части надо согласовать с величиной получающегося изображения. Первоначальную фокусировку можно произвести на-глаз по матовому стеклу, но точную надо проводить фотографически, получая снимки при разных установках окуляра в пределах 1 мм в обе стороны от визуального

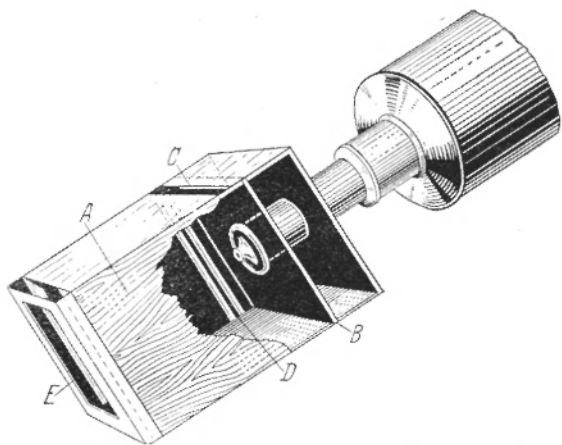


Рис. 152. Окулярная камера: *A* — камера, укреплённая на окулярной трубке; *B* — передняя перегородка; *C* — щель с пазами *D* для укрепления моментального затвора; *E* — паз для матового стекла или кассеты.

фокуса. Моментальный затвор в этом случае можно поместить между окуляром и пластинкой (рис. 152).

Для определения ориентировки нити, натянутой в вырезе кассетной части, надо вечером получить фотографию какой-нибудь яркой звезды при неподвижной трубе. Тогда на фотографии получится чёрный след от суточного движения звезды и светлый след нити на пластинке, несколько завуалированной светлым фоном неба. Угол между этими следами надо точно измерить и учитывать при ориентировке фотографий Солнца. Конечно, кассетную часть надо укреплять на трубе всегда строго одинаковым образом, для чего на трубе и на кассетной части надо сделать соответствующие отметки. Иногда приходится брать более толстую нить, чтобы получить более отчётливый след нити на пластинке.

**Наблюдения факелов.** Кроме регистрации пятен весьма важны наблюдения факелов и факельных полей. Они также представляют собой так называемые активные области солнечной поверхности, и их прохождение через центральную часть диска нередко сопровождается магнитными бурями на Земле. Факелы лучше всего видны



ближе к краям солнечного диска. Большей частью они окружают солнечные пятна, хотя иногда видны и вдали от пятен. Необходимо зарисовывать форму и расположение факельных полей и следить за их изменениями. Регистрацию ведут отдельно по западному и восточному краю, оценивая интенсивность в произвольной (например, трёхбалльной) шкале. Результаты наблюдений факелов можно записывать в особую таблицу, указывая дату, время, номер соответствующего рисунка Солнца, координаты факела или центра факельного поля ( $\beta$  и  $\lambda$ , протяжённость поля по широте  $\Delta\beta$  и долготе  $\Delta\lambda$  \*), тип и интенсивность.

По своему внешнему виду факелы и факельные поля разделяются на следующие три группы:

I. Сплошной факел без особой структуры — светлое пятно или группа светлых пятен.

II. Волокнистый факел нитевидной формы.

III. Точечный факел. Факельное поле в этом случае покрыто светлыми точками.

Иногда довольно далеко от края Солнца видны ослепительно яркие точки, выделяющиеся на фоне фотосферы, — это фотосферные извержения (эрупции). Их регистрация очень важна. Надо отметить начало и конец этого весьма кратковременного явления.

Все материалы наблюдений Солнца надо направлять время от времени (например, ежемесячно) в Службу Солнца Главной Астрономической обсерватории АН СССР (Пулковской), либо Отделу Солнца МОБАГО \*\*). При этом любитель должен указывать свой адрес, давать подробные сведения об использованном инструменте, отмечать качество изображений для каждого наблюдения. Чем более подробны будут сведения о наблюдениях, тем больше пользы можно будет извлечь из присланных материалов.

Некоторые дополнительные сведения можно найти в книге В. В. Шаронова «Солнце и его наблюдение», Гостехиздат, 1953 г.

### 3. Наблюдения Луны

Благодаря близости Луны и обилию разнообразных деталей она представляет собой очень интересный объект для наблюдений. Отсутствие на ней атмосферы \*\*\*) делает все тени резкими, что подчёркивает особенности рельефа.

Прилагаемая карта (Приложение 1) поможет любителю, обладающему телескопом средней силы, в первоначальном знакомстве с особенностями лунной поверхности.

Очень интересны следующие наблюдения:

1. Наблюдения изменений вида лунных образований с фазой Луны. Эти изменения обусловлены различием в условиях освещения Солнцем,

---

\*) Получаются как разность широт самой северной и самой южной точек поля и разность долгот самой западной и самой восточной точек.

\*\*) Москва, 9, п/я № 1268.

\*\*\*) О лунной атмосфере см. стр. 33.

а также в различии положения тех или иных деталей относительно земного наблюдателя вследствие либрации Луны. По форме теней от гор и по изменениям этих теней можно судить об истинном строении тех гор, которые мы всегда видим лишь сверху.

2. Определение окрашенности различных мест на Луне (особенно в «морях») и изменений окраски. Эти наблюдения требуют некоторого опыта, так как на первый взгляд поверхность Луны представляется однотонной. Для наблюдений различной окраски полезно употреблять светофильтры: красный, синий, зелёный, фиолетовый \*).

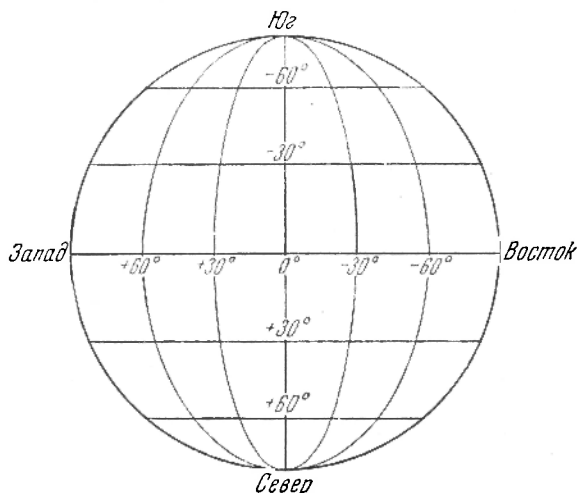


Рис. 153. Селенографические координаты.

При зарисовках формы различных деталей лунной поверхности необходимо указывать время зарисовки, чтобы можно было в дальнейшем вычислить положение терминатора и определить условия освещения (высоту Солнца над горизонтом данного места на Луне).

Положение терминатора определяется его селенографической долготой  $\lambda$ . Для указания места на Луне часто пользуются селенографическими координатами: долготой  $\lambda$  и широтой  $\varphi$ . Эту систему можно изобразить в ортографической проекции; тогда все меридианы представляются полуэллипсами, а параллели — прямыми линиями (рис. 153).

Долготы на Луне отсчитываются от нулевого меридиана, который делит диск Луны пополам при либрации по долготе, равной нулю (положительные долготы — к западу, отрицательные — к востоку). Положительные широты отсчитываются к северу от лунного экватора, отрицательные — к югу.

\*) С методикой таких наблюдений читатель может познакомиться в интересной статье А. М. Бахарева (Бюллетень ВАГО № 1 за 1939 г.) о его наблюдениях лунного кратера Гассенди, при которых использовались светофильтры.

Долготу терминатора на любой час любого дня ближайших восьми лет можно вычислить с помощью табл. 29 и 30. Величина смещения терминатора вдоль лунного экватора дана в табл. 29. Для определения долготы терминатора в какой-нибудь момент надо из долготы, данной в табл. 30А для 1 марта текущего года, вычесть число, взятое для нужной даты интерполированием по табл. 30 Б. Если

Таблица 29

Смещение линии лунного терминатора

Протекшее время	1 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	8 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	24 <sup>h</sup>
Среднее смещение	+0°,51	+2°,03	+4°,05	+6°,09	+8°,12	+12°,15

Таблица 30 А

Положение терминатора в 0<sup>h</sup>  
мирового времени 1 марта

Год	$\lambda$	Год	$\lambda$
1953	260°9	1957	90°2
1954	131,3	1958	320,6
1955	1,6	1959	190,9
1956	219,8	1960	49,2

Таблица 30 Б

Изменение долготы терминатора в течение года, начиная с 1 марта

Месяцы \ Дни					
	1	7	13	19	25
Март . . . . .	0°00	73°05	146°12	219°20	292,32
Апрель . . . . .	17,63	90,78	163,95	237,15	310,37
Май . . . . .	23,58	96,83	115,53	122,18	141,05
Июнь . . . . .	42,12	115,53	188,85	262,17	335,50
Июль . . . . .	48,85	122,18	195,53	268,87	342,18
Август . . . . .	67,73	141,05	214,35	287,63	0,90
Сентябрь . . . . .	86,37	159,62	232,83	306,03	19,22
Октябрь . . . . .	92,38	165,53	238,65	311,75	24,83
Ноябрь . . . . .	110,07	183,10	256,13	329,15	42,13
Декабрь . . . . .	115,12	188,08	251,03	331,00	46,95
Январь . . . . .	132,03	204,97	277,90	350,85	63,82
Февраль . . . . .	148,93	221,90	294,90	7,92	80,93

долгота, взятая из табл. 30 А, меньше числа табл. 30 Б, то к ней следует прибавить  $360^\circ$ . Результат даёт:

1) западную долготу утренней границы, если он заключён между  $0^\circ$  и  $90^\circ$ ;

2) дополнение до  $180^\circ$  от восточной долготы вечерней границы, если он заключён между  $90$  и  $180^\circ$ ;

3) превышение над  $180^\circ$  от западной долготы вечерней границы, если он заключён между  $180$  и  $270^\circ$ ;

4) дополнение до  $360^\circ$  от восточной долготы утренней границы, если он заключён между  $270$  и  $360^\circ$ .

**Покрывтия звёзд Луной.** Наблюдения *покрытий звёзд Луной* состоят в точной регистрации (с точностью до 1—2 секунд) моментов исчезновения и появления тех звёзд, которые на время закрываются Луной, перемещающейся среди них с запада на восток со средней скоростью около  $12^\circ,8$  в сутки. Несмотря на многолетние наблюдения Луны и весьма многочисленные исследования теории её движения, до сих пор нельзя предсказать наступления и продолжительности покрытий звёзд Луной с такой точностью, с которой предвычисляются многие другие небесные явления. Поэтому наблюдения покрытий звёзд могут дать ценные данные для улучшения весьма сложной теории движения Луны. Для серьёзной постановки этой работы надо иметь очень хорошо налаженную «службу времени» (см. стр. 228). Чем больше телескоп, тем большее увеличение он может дать без потери чёткости изображения. Удобнее всего (и точнее) наблюдать исчезновение звёзд за тёмным краем лунного диска, т. е. в промежутке времени от новолуния до полнолуния, а появление (или *открытие*) — после полнолуния. Наблюдениям около яркого края Луны мешает иррадиация. Однако яркие звёзды можно пытаться наблюдать и в этом случае.

Рис. 154 даёт представление о двух типах покрытий: покрытие тёмным краем диска Луны (до полнолуния) и покрытие ярким краем (после полнолуния). Стрелками показано движение звезды относительно Луны, как оно наблюдается в телескоп (юг — вверх рисунка). Очевидно, что во время полнолуния и покрытие и открытие звезды будут наблюдаться за ярким краем Луны.

Весьма интересно покрытие группы ярких звёзд скопления Плеяд (см. рис. 66, а также карту скопления и табл. XLIII на стр. 366—367). Так как путь Луны среди звёзд периодически несколько меняется,

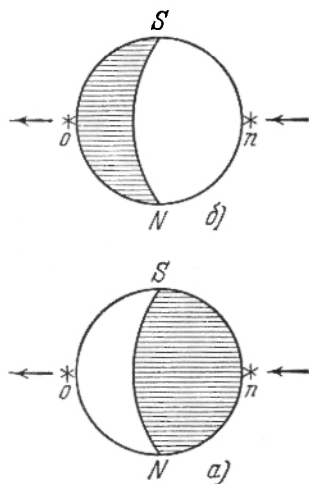


Рис. 154. Покрытия звёзд Луной: а) покрытие тёмным краем (от новолуния до полнолуния), б) покрытие ярким краем (от полнолуния до новолуния).

то покрытия Плеяд происходят не каждый месяц и даже не каждый год.

Изредка можно наблюдать покрытие Луной планет, а также покрытие звёзд планетами. Понятно, что в отличие от звезды планета не скрывается сразу за краем Луны: можно заметить и первое соприкосновение дисков планеты и Луны и момент полного исчезновения планеты за Луной. То же касается и появления планеты из-за диска Луны.

Во время лунных затмений, в особенности полных, можно примерно в одинаково удобных условиях наблюдать как исчезновение, так и появление довольно слабых звёзд, так как яркость Луны ослаблена затмением. Если в течение часа-двух до покрытия наблюдать движение Луны среди звёзд, то можно довольно точно наметить направление её движения и те точки лунного диска, в которых скроется и появится интересующая нас звезда.

Наибольшая продолжительность покрытия звезды Луной — около часа. Наименьшая, равная нулю, очевидно, будет соответствовать касанию лунным диском звезды. Можно заранее рассчитать моменты и продолжительность покрытий, а также точки исчезновения и появления звёзд, пользуясь данными, систематически публикуемыми в астрономических ежегодниках, в частности в Астрономическом Календаре. В нём для ряда городов СССР даются предвычисленные моменты каждого покрытия и угол положения соответствующих точек лунного диска (т. е. угол с вершиной в центре лунного диска между кругом склонения и направлением на ту точку диска, в которой звезда скроется или появится). Если иметь в виду звёзды до 5,0 звёздной величины, то в течение года благоприятны для наблюдений 10—15 покрытий и открытий.

Киевская университетская обсерватория располагает особой машиной (конструкции проф. А. А. Яковкина) для приближённого предвычисления всех обстоятельств покрытий звёзд Луной. Там же производится общая обработка результатов наблюдений, присылаемых из различных мест нашей страны.

Наблюдения покрытий удобнее всего вести вдвоём, причём один из наблюдателей пристально следит за звездой в трубу и даёт сигналы условными словами, а другой всё внимание сосредоточивает на часах, отмечая моменты сигналов.

Если помимо часов с известной поправкой имеется исправный секундомер, то наблюдение покрытий можно вести и одному. Установив секундомер на нуль, пускаем его в ход в момент исчезновения или появления звезды. Не останавливая секундомера, идём к основным часам и останавливаем секундомер в тот момент, когда основные часы показывают целую минуту (или половину). Вычитая из показаний часов показания секундомера, получаем точный момент наблюдения.

Некоторые дополнительные сведения можно найти в «Инструкции по наблюдениям покрытий звёзд Луной» (проф. К. К. Дубровского), изданной в 1951 г. ВАГО.

### Графический метод расчёта хода лунного затмения.

В астрономическом календаре даются углы положения  $P_H$  и  $P_K$  (см. рис. 155) точек касания земной тени к Луне. Легко рассчитать движение тени относительно Луны. Угловые радиусы тени и полутени надо вычислить по формулам:

$$\rho_T = \frac{51}{50} (\pi_{\odot} - \pi_{\ominus} - r_{\odot}),$$

$$\rho_{пт} = \frac{51}{50} (\pi_{\odot} + \pi_{\ominus} + r_{\odot}).$$

Приближённые значения  $\rho_T = 42'$  и  $\rho_{пт} = 73'$  получим, взяв средние значения параллаксов Луны ( $\pi_{\odot}$ ) и Солнца ( $\pi_{\ominus}$ ) и радиуса Солнца ( $r_{\odot}$ ). Точные значения можно вычислить, определив по календарю значения этих величин для момента затмения.

В некотором масштабе строим изображение диска Луны, проводим черту, изображающую круг склонения, и от северной точки диска откладываем углы положения  $P_H$  и  $P_K$ . На продолжении линий  $OA$  и  $OB$  в избранном масштабе откладываем от края Луны  $\rho_T$  — находим центр тени в моменты начала и конца затмения  $C_H$  и  $C_K$ . Линия  $C_H—C_K$  — путь центра земной тени относительно Луны в течение затмения. На этой линии можно нанести отметки времени, зная моменты начала и конца затмения. Построив окружность радиуса  $\rho_T$  с центром в любой из этих отметок, получим фазу затмения — вид затемнённой Луны.

Аналогичное построение можно сделать относительно полутени. Для этого надо продолжить линию  $C_H—C_K$  в обе стороны и строить на ней окружности радиуса  $\rho_{пт}$ .

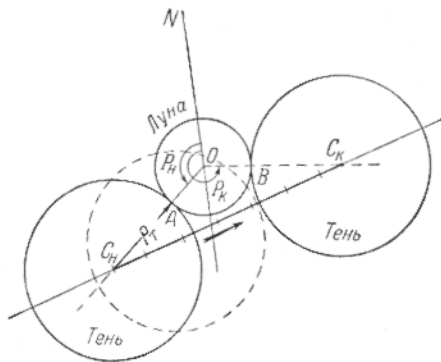


Рис. 155. Графический метод расчёта хода лунного затмения.

### 4. Наблюдения планет

Конечно, трудно со скромными оптическими средствами астронома-любителя добиться особенных успехов в исследовании объектов столь малых угловых размеров, как планеты. На рис. 156 показаны относительные видимые размеры планет при наибольшем и наименьшем расстоянии от Земли, а в табл. 31 даны соответствующие угловые размеры планет. В ней даны также звёздные величины планет в наибольшем и наименьшем блеске. Понятно, что между

угловым диаметром и звёздной величиной нет строгой зависимости, так как блеск планеты зависит также от её видимого расположения относительно Солнца (от её фазы).

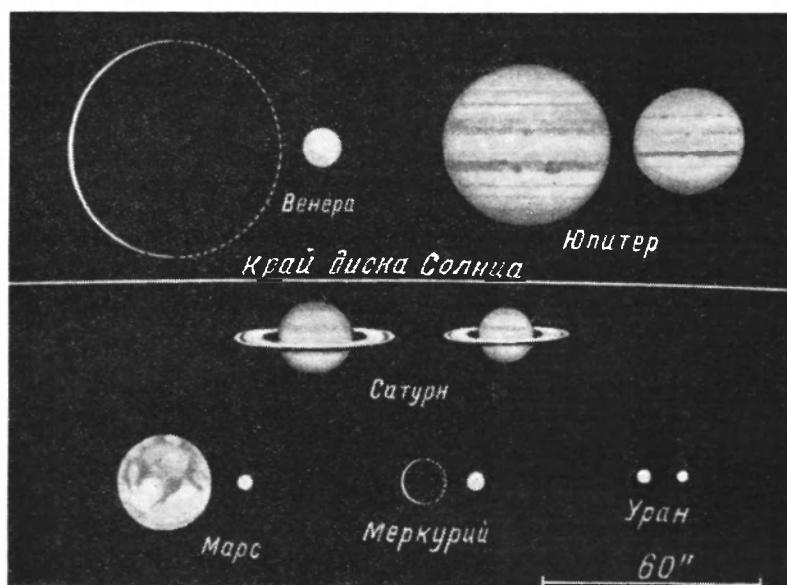


Рис. 156. Относительные видимые размеры планет. Диск Солнца в этом масштабе имеет диаметр 93 см.

Наблюдатель, умеющий точно зарисовать подмеченные детали поверхности, пользуясь телескопом с отверстием не менее 75 мм (3 дюйма), при прозрачной атмосфере может получить ценные для науки результаты.

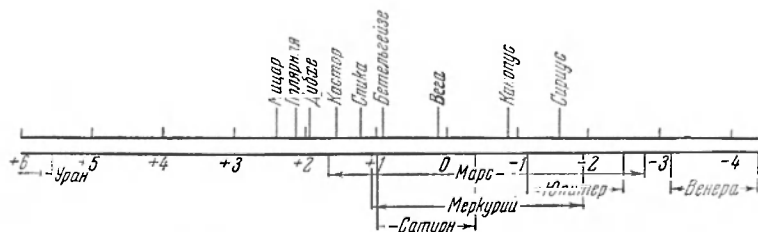


Рис. 157. Пределы изменения блеска ярких планет по сравнению с несколькими яркими звёздами.

Как известно, рассматривание фотографий планет (рис. 158), даже полученных с большими инструментами, вызывает чувство разочарования в этом мощном методе исследования. На большинстве фотографий видно гораздо меньше подробностей, чем при непосредственном

наблюдении в трубу, — все детали поверхности размыты, туманны, как будто вне фокуса. Замывание деталей весьма просто объясняется колебаниями воздуха в течение сравнительно длительной выдержки.

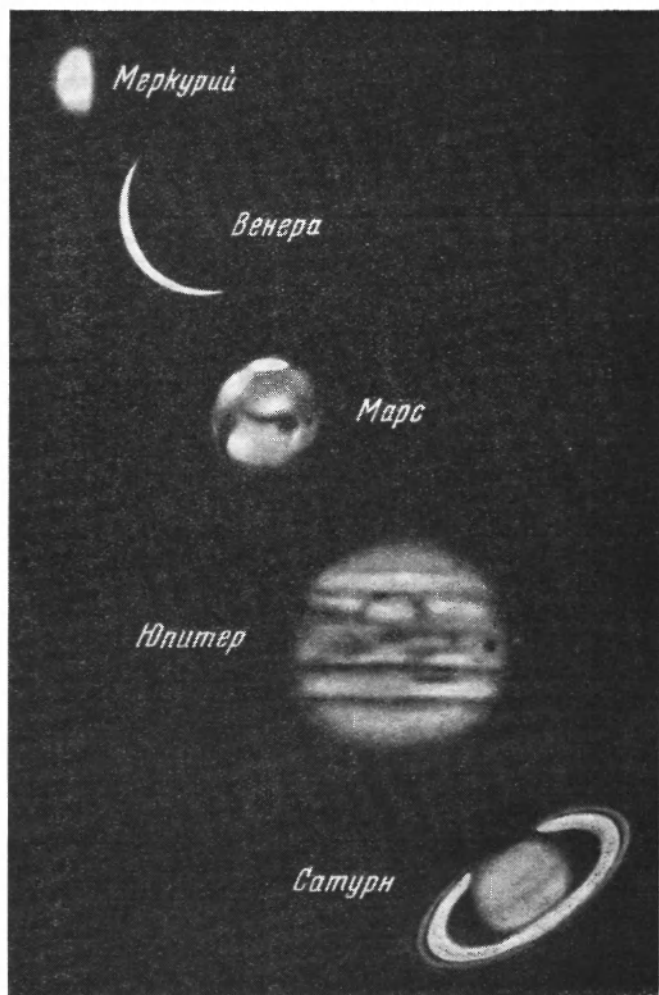


Рис. 158. Фотографии планет.

Внимательный и терпеливый наблюдатель, выбрав подходящее увеличение (не обязательно самое большое из имеющихся в его распоряжении), может дожидаться момента мгновенного спокойствия всей той толщи воздуха, которую проходят лучи от планеты. За это мгновение он должен усмотреть и запомнить, а потом немедленно зарисовать ту или иную деталь и вновь терпеливо ждать следующую



щего благоприятного момента. Из-за того же беспокойства атмосферы, которое замыкает детали на фотографии планеты, бывает невыгодно применять большие увеличения. Конечно, наблюдатель, напряжённо вглядываясь в еле различимые мелкие детали, склонен то, что он видит, дополнять тем, что ему кажется (или хочется увидеть). Средством против этого могут служить только непредубеждённые и независимые повторные наблюдения. Весьма ценными являются

Таблица 31

**Видимые угловые размеры и звёздные величины планет**

	Угловой экваториальный диаметр		Блеск (в звёздн. величинах)	
	наиб.	наим.	наиб.	наим.
Меркурий . . . . .	12,9	4,7	$-1,2$	$+2,5$
Венера . . . . .	64,0	9,9	$-4,3$	$-3,3$
Марс . . . . .	25,1	3,5	$-2,8$	$+1,6$
Юпитер . . . . .	49,8	30,5	$-2,5$	$-1,4$
Сатурн . . . . .	20,5	14,7	$-0,4$	$+1,2$
Уран . . . . .	4,2	3,4	$+5,7$	$+6,0$
Нептун . . . . .	2,5	2,2	$+7,6$	$+7,7$

одновременные, но совершенно независимые друг от друга зарисовки нескольких наблюдателей. Их последующее сравнение и анализ могут дать более объективные данные о наличии и характере тех или иных деталей, чем зарисовки одного наблюдателя. В этом случае совершенно обязательно, чтобы наблюдатели не только не показывали друг другу рисунков во время работы, но и не обменивались впечатлениями о виденном.

Для облегчения обработки рисунков с целью определения положения различных деталей на поверхности планет в Приложении 8 даются две сетки: сплюснутая для наблюдений Юпитера и Сатурна и круговая для планет, не имеющих заметной сплюснутости\*).

**Венера** — самое яркое после Солнца и Луны светило. Её звёздная величина в максимуме блеска составляет —  $4^m,3$ . В наибольшем блеске Венера бывает за 36 дней до нижнего соединения и через 36 дней после него. В это время на земле можно видеть довольно резкие тени, которые дают предметы, освещённые Венерой. При благоприятном расположении относительно Солнца и горизонта её можно видеть даже днём невооружённым глазом. Подобно Луне Венера проходит последовательность фаз: от тонкого узкого серпа вблизи нижнего соединения с Солнцем до полукруга в моменты наибольших элонгаций и полного диска вблизи верхнего соединения.

\*) Сетки заимствованы из Постоянной части Русского Астрономического календаря (1930 г.), стр. 320—321.

Благодаря наличию атмосферы на Венере её рога видны гораздо дальше границ, определяемых направлением падающих на поверхность Венеры солнечных лучей. Благодаря этим же сумеречным явлениям искажается форма освещённого диска Венеры при фазах, близких к единице, т. е. когда видимый диск Венеры почти полностью освещён Солнцем. Оказывается, что между вычисленной фазой и наблюдаемой существует некоторое систематическое различие (это было установлено советскими любителями астрономии).

Представляет интерес точная регистрация формы рогов и величины дуги, стянутой рогами. Лучше всего на заранее нарисованном кружке (диаметром в 4—5 см) по возможности точно определить положение концов серпа. Рисунок надо сопровождать точным указанием момента времени и направления суточной параллели. Суточную параллель можно наметить либо по направлению одной из нитей окуляра, которая перед наблюдениями ориентируется вдоль параллели, либо по смещению планеты в поле зрения при неподвижной трубе.

Особое внимание надо уделить наблюдению формы терминатора (границы света и тени на планете). Как известно, Венера покрыта густым слоем облаков, сквозь которые не видно поверхности планеты. Однако неоднократно замечались разные особенности в виде зазубрин терминатора, тёмных и светлых пятен, которые как-то отражают физическую природу поверхности планеты. Помимо зарисовок этих пятен надо оценивать их интенсивность в какой-нибудь произвольной шкале, например пятибалльной.

Важно отметить момент, когда терминатор превращается в прямую линию. Иногда на Венере наблюдается явление, аналогичное пепельному свету Луны: видна часть неосвещённого диска планеты. Важно установить, позволяет ли пепельный свет видеть весь диск планеты или видна только его часть у терминатора\*).

**Марс.** Наблюдения Марса требуют достаточно мощных оптических средств, обычно недоступных любителям. Угловой диаметр Марса меняется в пределах от 3",5 до 25". При самых благоприятных условиях при 75-кратном увеличении диск Марса кажется таких же размеров, как диск Луны, рассматриваемой простым глазом. Детали его поверхности устойчивы и позволяют с лёгкостью определить период вращения Марса вокруг оси. Он равен  $24^h 37^m 23^s$ . Полярные шапки Марса особенно отчётливо обнаруживают изменения, соответствующие смене времён года на этой планете. Как всякую верхнюю планету Марс выгоднее всего наблюдать во время противостояний. Однако некоторые из них будут более благоприятны для наблюдений. Наиболее благоприятные противостояния бывают в августе-сентябре, наименее благоприятные — в феврале-марте. Это зависит от расстояния между Землёй и Марсом во время противостояний

---

\*) Пример обработки результатов наблюдений Венеры читатель может найти в №№ 5 (12) и 7 (14) Бюллетеня ВАГО за 1949 г. и в № 12 (19) за 1953 г.

(см. рис. 159). Так как обе планеты движутся по эллиптическим орбитам, то это расстояние меняется\*). Наибольшее сближение планет — «великое противостояние» — повторяется через 15 или 17 лет. Последнее великое противостояние было в 1939 г., ближайшее будет 10 сентября 1956 г.

В эпохи великих противостояний Марс соперничает в блеске с Венерой, во времена наибольших удалений от Земли он несколько ярче Полярной звезды.

Для любителя представляют интерес сезонные изменения на поверхности планеты: изменение величины и формы полярных шапок,

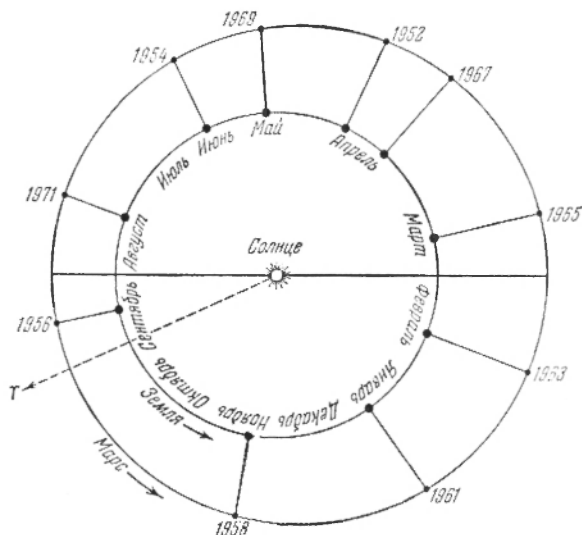


Рис. 159. Противостояния Марса.

появление и усиление тёмных (синевато-зелёного цвета) пятен. При ознакомлении с деталями поверхностей Марса не следует пользоваться какими-либо картами или рисунками планеты. Как и во всех других случаях, наблюдения должны быть совершенно независимы: непредубеждённый наблюдатель должен возможно более точно регистрировать только то, что он видит. Все обстоятельства наблюдений (хорошая или плохая видимость деталей, фаза Луны, яркая заря, облачность и т. д.) должны быть тщательно отмечены в журнале наблюдателя. При всех зарисовках для ориентировки надо указывать направление суточной параллели.

На поверхности Марса иногда замечаются белые пятна, которые быстро меняют свою форму и пропадают. Это вероятнее всего облака в атмосфере Марса. Помимо этого иногда наблюдаются внезапные

\*) На условия видимости влияет, конечно, положение планеты относительно эклиптики (астрономическая широта Марса).

изменения прозрачности отдельных мест диска Марса — помутнения. Некоторые астрономы считают их облаками пыли, которую поднимают ветры на поверхности планеты. Контрастность деталей несколько возрастёт, если наблюдение вести через жёлтый или красный светофильтр.

К предстоящим благоприятным для наблюдений противостояниям Марса (июнь 1954 г., сентябрь 1956 г., ноябрь 1958 г.) Планетная комиссия Астрономического Совета АН СССР (см. стр. 409) наметила следующую программу для наблюдателей, обладающих небольшими телескопами:

1. Зарисовка деталей поверхности планеты, видимых сквозь светофильтры (красный, жёлтый, зелёный и синий). При этих зарисовках необходимо отмечать время с точностью до 1—2 минут и оценивать в пятибалльной шкале видимость различных пятен на поверхности Марса.

2. Определение контраста между тёмными пятнами и сушей, между светлыми пятнами и сушей при рассматривании сквозь разные светофильтры.

3. Определение расположения белых и пылевых облаков.

4. Определение размеров и оценка яркости полярных шапок по отношению к центру диска.

5. При особенно благоприятных условиях наблюдений, позволяющих использовать большие увеличения, — определение видимости каналов, их формы и строения.

Внимательное и систематическое наблюдение всех этих деталей, в особенности в телескоп с отверстием не меньше 5—6 дюймов, может открыть новые закономерности и новые явления на этой интересной планете \*).

**Малые планеты.** В периоды противостояний самых ярких малых планет можно надеяться увидеть некоторые из них в виде слабых звёздочек. В табл. XVII для ярких астероидов дана звёздная величина во время противостояний. Как указывалось выше (стр. 56), у некоторых из них обнаружены колебания блеска, наблюдения которых можно производить по методу, применяемому для переменных звёзд. Эти наблюдения осложнены тем, что малые планеты непрерывно перемещаются среди звёзд, что заставляет менять звёзды сравнения. При этом каждую новую звезду сравнения надо тщательно сопоставлять с предыдущими, — планета постепенно переходит от одних звёзд сравнения к другим.

Предвычисленные положения малых планет на небе (их эфемериды) даются в астрономических ежегодниках и, в частности, в Астрономическом Календаре, а также в специальном ежегодном издании Института теоретической астрономии АН СССР «Эфемериды малых планет». В 1950 г. ВАГО издало специальную «Инструкцию для наблюдений малых планет» И. И. Путилина.

---

\*) Пример обработки результатов наблюдений Марса можно найти в № 12 (19) Бюллетеня ВАГО за 1953 г.

**Юпитер.** Даже в небольшую трубу Юпитер с его четырьмя яркими спутниками производит сильное впечатление.

Сплюснутый диск Юпитера пересечён рядом тёмных и светлых полос, расположенных параллельно экватору планеты (рис. 28).

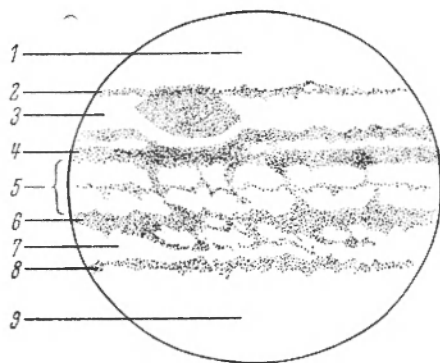


Рис. 160. Схематический рисунок, показывающий расположение полос на поверхности Юпитера: 1 — южная полярная область, 2 — южная умеренная полоса, 3 — южная умеренная зона, 4 — южная тропическая полоса, 5 — экваториальная зона, 6 — северная тропическая полоса, 7 — северная умеренная зона, 8 — северная умеренная полоса, 9 — северная полярная область.

из них показаны на рис. 160. В 1879 г. в южном полушарии планеты на широте около  $20^\circ$  было обнаружено большое овальное «Красное Пятно» \*), как бы «обтекаемое» облаками. Оно наблюдается вот уже несколько десятков лет, то становясь более заметным и усиливаясь в своей интенсивности, то почти исчезая. В 1901 г. на поверхности Юпитера появилась деталь, известная под названием Южного Тропического Возмущения. Это — тёмная полоса длиной около 70 000 км.

Иногда на поверхности планеты появляются пятна, которые сохраняются в течение нескольких месяцев.

Представляет несомненный интерес определение положения и ширины полос, а также получение зарисовок деталей поверхности

Диск планеты ярче в центре, чем по краям (это особенно ясно выражено на фотографиях Юпитера), что свидетельствует о наличии атмосферы. По новейшим воззрениям Юпитер имеет весьма протяжённую водородную атмосферу, содержащую также метан и аммиак. Вследствие быстрого вращения планеты облачные образования в её атмосфере располагаются вдоль экватора, причём интенсивность, цвет, ширина и само расположение образующихся полос меняются с течением времени, иногда в течение месяцев. Намечается также 11-летний период в изменении полос Юпитера (связь с солнечной активностью).

Имеется 11 определённых полос или течений; главные

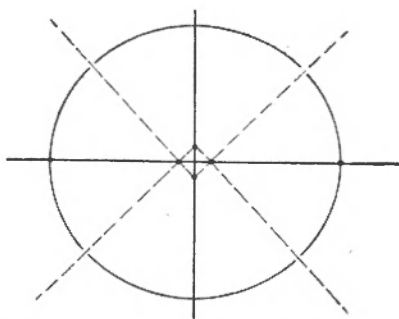


Рис. 161. Метод вычерчивания диска Юпитера.

\*) Можно предполагать, что его видел ещё в 1665 г. Кассини.

Юпитера. Для зарисовки планеты надо заранее начертить сплюснутый круг со сплюснутостью  $\frac{1}{16}$ . Это можно сделать так: наметить квадрат со сторонами в 2,5 мм (рис. 161); из верхнего и нижнего углов провести дуги радиусом в 26 мм, длиной около четверти окружности, причем из нижнего угла провести дугу вверх, а из верхнего — вниз; из правого угла — направо, а из левого — налево провести дуги радиусом в 22,5 мм. Все эти дуги вместе образуют фигуру сплюснутого диска Юпитера \*).

Вне диска надо наметить направление экватора планеты. На полученном сплюснутом круге мягким карандашом наносят все детали, различимые в моменты хорошей видимости. Иногда приходится долго и терпеливо ожидать, пока такой момент наступит. Потом колебания воздуха вновь замыкают картину. Ввиду быстрого вращения Юпитера весьма важно точное указание времени наблюдения. Для регистрируемых деталей необходимо указывать моменты прохождения через центральный меридиан, делящий диск точно пополам.

В самих полосах необходимо отличать все детали — выступы, углубления, перемычки, разветвления и пр. При наблюдениях с помощью рефлектора или ахроматического рефрактора можно заметить различия в цвете полос и отдельных деталей. Вообще говоря, окраска полос преимущественно жёлтая, жёлто-серая, коричневая, но встречаются зеленоватые, серые и голубоватые полосы и детали.

Так как на рисунке трудно отобразить различие интенсивностей полос и деталей, то полезно дополнить рисунок оценками интенсивности деталей по семибальной шкале, в которой самые яркие части экваториальной зоны соответствуют баллу 0, а самые тёмные пятна — баллу 5 (темнее их только тень спутника — балл 6). Одно наблюдение должно отнимать не более 10—15 минут, повторные наблюдения (независимые от первых) полезно повторять через час-полтора \*\*).

Скромным оптическим средствам любителя доступны только четыре самых ярких (галилеевых) спутника Юпитера, представляющиеся светящимися точками, не имеющими видимого диска. Они быстро меняют своё расположение относительно планеты, оставаясь всегда почти на одной прямой, проходящей вдоль экватора Юпитера. В течение нескольких часов наблюдений можно заметить покрытие спутника Юпитером, затмение спутника, попавшего в тень планеты, или тень спутника на поверхности планеты. В Астрономическом Календаре даётся расположение галилеевых спутников относительно диска планеты на каждый день и эфемериды затмений спутников.

**Сатурн.** Сатурн с кольцами — одно из замечательных астрономических зрелищ. Уже в трёхдюймовый телескоп можно разглядеть так называемую щель Кассини, которая делит кольцо Сатурна на две части. Диск планеты ярче в центре, что является следствием поглощения света в атмосфере большой толщины. Представляют интерес

\*) Можно воспользоваться контуром координатной сетки Приложения 8.

\*\*) Образцы весьма интересных обработок наблюдений Юпитера имеются в № 1 Бюллетеня ВАГО за 1939 г., № 11 (18) за 1952 г. и № 12 (19) за 1953 г.

зарисовки полос быстро вращающегося Сатурна (сплюснутость диска  $\frac{1}{11}$ ). Интересны определения блеска звёзд при покрытиях их кольцами Сатурна. К этим оценкам, которые надо делать через равные промежутки времени в течение всего прохождения, надо приложить рисунок, на котором отметить путь звезды относительно Сатурна и его кольца и список звёзд сравнения (ещё лучше — карту окрестностей с отмеченными звёздами сравнения). О методах определения блеска см. в разделе 8 этой главы.

Из спутников Сатурна можно во время противостояний планеты увидеть Титан, блеск которого в это время  $8^m,3$  и, быть может, Япет ( $9^m,5$  в периоды его элонгаций).

Наблюдения остальных планет солнечной системы возможны только в большие телескопы. Пользуясь данными Астрономического Календаря и подробной картой, можно попытаться отыскать Уран и Нептун и проследить за их перемещением среди звёзд. Уран перемещается в год на  $4-5^\circ$ , Нептун — всего на  $2^\circ$ . Дополнительные сведения можно найти в изданной в 1948 г. ВАГО «Инструкции для наблюдения планет» В. А. Бронштэна.

## 5. Наблюдения комет

В сущности говоря, этот раздел можно было бы озаглавить «Открытие и наблюдение комет», ибо терпеливый наблюдатель даже со скромными оптическими средствами может открыть комету. Некоторые любители астрономии даже прославились как «ловцы комет». Всё дело заключается в том, чтобы хорошо знать звёздное небо и иметь звёздный атлас или карту, по возможности соответствующую проницающей силе употребляемого инструмента. Для поисков комет выгодно пользоваться короткофокусными светосильными инструментами (так называемыми кометоискателями), а также и мощными биноклями с увеличением в  $8-10$  раз. Систематически, терпеливо и внимательно просматривая каждую ясную ночь всё небо, стараясь не пропустить ни одного участка, наблюдатель может обнаружить туманное пятнышко в таком месте, в котором на карте не показана ни туманность, ни звёздное скопление\*). Это пятнышко может оказаться кометой, ещё далёкой от Солнца и потому не имеющей хвоста. Окончательную уверенность наблюдатель может получить из повторных наблюдений. Уже через несколько часов можно заметить некоторое смещение этого туманного пятнышка относительно окружающих звёзд. Так как комета становится ярче, приближаясь к Солнцу, то для поисков комет особенно важно обследовать те части ночного неба, которые ближе расположены к Солнцу. Поэтому при наблюдениях в первой половине ночи особое внимание надо обратить на западную часть неба, в середине ночи — на северную, а под утро — на восточную. Для поисков комет лучше выбирать тёмные безлунные

---

\*) Для отождествления удобно пользоваться «Звёздным атласом» чл.-корр. АН СССР А. А. Михайлова, изданным в 1952 г.

ночи, хотя узкий серп Луны ещё не очень мешает таким наблюдениям. Надо предохранять глаза от яркого света и при записях наблюдений пользоваться очень слабым фонарём.

При наблюдениях с телескопом выгодно брать малое увеличение: при этом туманности и кометы лучше выделяются на фоне неба. При большом увеличении поверхностная яркость кометы меньше и её труднее заметить. Из этих же соображений выгодно брать положительный, а не отрицательный окуляр, так как в последнем поле зрения всегда несколько светлее.

Обнаружив комету, надо тщательно определить её положение, отметив точный момент наблюдения и, если это возможно, оценить в результате повторных наблюдений направление и скорость её движения среди звёзд. Эти данные надо возможно скорее передать по телеграфу в ближайшее астрономическое учреждение или по телеграфному адресу «Москва, ГАИШ» в Государственный астрономический институт им. Штернберга. В телеграмме надо указать момент времени, к которому относится приводимое положение кометы. Так как вследствие прецессии экваториальные координаты звёзд непрерывно меняются, то необходимо указать эпоху координатной сетки того атласа или карты, которыми пользовался наблюдатель. Телеграмма будет иметь примерно такой вид: «Молния Москва ГАИШ 13 февраля 22 часа 30 минут московского времени открыл комету четвёртой величины Персее вблизи Дельты координаты три часа сорок две минуты склонение 48 градусов эпохи 1920 года Николай Костров».

Дополнительное указание созвездия и названия близкой яркой звезды является некоторым контролем к координатам. Если при передаче вкрадётся ошибка в цифры, комету сумеют отыскать по этому описанию. Если комета обладает хвостом, надо указать его длину (в градусах) и общий вид (прямой, искривлённый, двойной и т. д.).

Обсерватория, получив сообщение об открытии кометы, особым международным цифровым кодом посылает сообщение в Копенгаген в Международное бюро астрономических телеграмм, которое извещает по телеграфу все обсерватории мира. Впоследствии комета получит имя первого наблюдателя, открывшего её. Отправив телеграмму с известием об открытии, наблюдатель должен немедленно же послать почтой более подробное сообщение об открытии, приложив к нему звёздную карту окрестностей кометы и все данные об употреблявшемся им инструменте, а также краткие сведения о себе и свой адрес.

Открыв или разыскав на небе (по указанным в печати координатам) комету, надо вести систематические наблюдения над ней. Наблюдения эти могут быть двух родов: наблюдения над положением кометы и астрофизические наблюдения. Орбиту кометы можно вычислить только в том случае, если имеется не менее трёх наблюдений её положения на небе. Чем больше наблюдений, тем увереннее можно вычислить орбиту. Поэтому каждое наблюдение, в особенности достаточно точное, может сыграть в дальнейшем важную роль.

Для того чтобы сделать наблюдение положения кометы максимально точным, надо тщательно определить расстояние кометы по



обеим координатам (см. стр. 223) до нескольких ближайших звёзд, положения которых можно найти в каталогах или в атласах \*).

Астрофизические наблюдения над кометой включают определения её суммарного блеска и изучение формы кометы — измерение диаметра её головы, длины и ширины хвоста, яркости ядра, оболочек, облачных образований в хвосте и т. д. Зная направление и форму хвоста, можно определить его тип по классификации Бредихина-Орлова. Тип хвоста определяет собой его физическое строение и химический состав. Определение суммарного блеска кометы важно для изучения её физической природы. Если бы комета была твёрдым непрозрачным телом, отражающим свет Солнца подобно планетам, то её суммарный блеск менялся бы обратно пропорционально квадратам расстояния кометы от Солнца  $r$  и от Земли  $d$ . Непосредственные измерения суммарного блеска комет не оправдывают этого пред-

положения. Блеск кометы меняется пропорционально  $\frac{1}{r^n d^2}$ , где  $n > 2$ , различное для разных комет и для разных расстояний кометы от Солнца \*\*). Оценки суммарного блеска кометы можно производить методами наблюдений переменных звёзд. Однако, так как комета представляется туманным пятнышком, сравнивать которое с фокальными изображениями звёзд трудно, приходится выводить звёзды из фокуса (лучше всего, выдвигая окуляр) до тех пор, пока внефокальные изображения звёзд станут похожими на изображение кометы. Это выведение из фокуса будет сказываться меньше на изображении кометы, чем на изображениях звёзд. Если же речь идёт о большой яркой комете с хорошо развитым хвостом, то здесь всякие определения, измерения и описания будут иметь большую ценность. Систематические зарисовки формы хвоста, описание видимого строения головы, определение величины и яркости ядра, положения и движений облачных образований в хвосте, если они обнаружатся, наблюдения прохождения звёзд за хвостом кометы и измерения изменений их блеска в это время, — вот неполный перечень возможной программы наблюдений ярких комет. К сожалению, такие кометы появляются редко. После кометы Галлея 1910 г. появились лишь три кометы, развившие хвост, видимый невооружённым глазом (в 1927, 1947 и 1948 гг.). Последняя комета, видимая простым глазом как туманное пятнышко, появилась в 1948 г. Вообще же ежегодно открывают по несколько слабых, так называемых телескопических комет. Следить за кометой удаётся обычно в течение одного-двух месяцев. После этого она либо слабеет, либо скрывается в лучах Солнца.

Если инструмент снабжён часовым механизмом, то можно попытаться получить фотографию кометы. С длиннофокусным рефрактором иногда достаточно выдержки в 10—15 минут, чтобы получить ясное

---

\*) Вообще же точные положения (до десятых долей секунды времени по  $\alpha$  и до 1 секунды по  $\delta$ ) выводятся лишь из измерений фотографий кометы на особых измерительных машинах.

\*\*) Звёздная величина кометы при  $r=1$  а. е. и  $d=1$  а. е. называется абсолютной звёздной величиной и обозначается  $H_0$ .

изображение ядра кометы. Для фотографирования же хвоста кометы предпочтительнее короткофокусная светосильная камера. Большая светосила даёт возможность при не очень продолжительной выдержке проследить на фотографии хвост кометы далеко от головы и получить представление о строении кометы. Сравнение ряда снимков, полученных последовательно один за другим с небольшими перерывами, позволяет определять скорости истечения вещества из головы кометы и движения облачных образований в хвосте. Для фотографирования рефрактор должен быть снабжён не только часовым механизмом, но и иметь хорошие микрометрические ключи, так как для того, чтобы изображение кометы на фотографии не смазалось вследствие её движения среди звёзд, гидировать (вести трубу) надо не по звёздам, а по самой комете. Установив её в центре поля зрения и пустив часовой механизм, надо микрометрическими ключами непрерывно в течение всей экспозиции передвигать трубу вслед за кометой. Тогда все звёзды получатся на пластинке в виде чёрточек (или дуг), а комета выйдет со всеми деталями (рис. 162). Фотопластинки должны быть наивысшей чувствительности, а выдержку приходится соразмерять со светосилой фотографической камеры и освещённостью неба. Во время безлунной, тёмной ночи выдержка может длиться более часа. Проявлять пластинки надо контрастным проявителем.

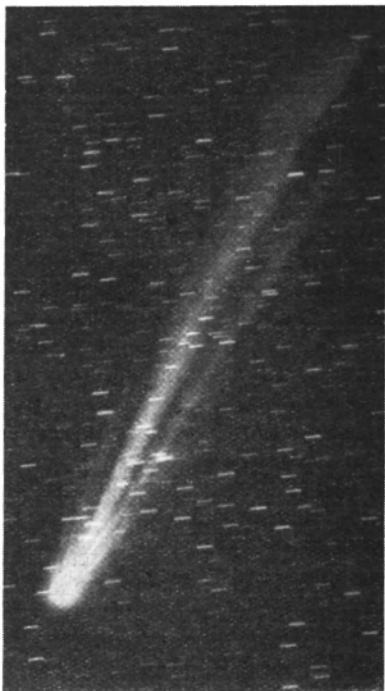


Рис. 162. Фотография кометы.

Ценные советы наблюдателям и более подробные указания можно найти в специальной инструкции председателя Комиссии по кометам и метеорам Астрономического Совета АН СССР проф. С. В. Орлова, изданной ВАГО в 1948 г.

## 6. Наблюдение метеоров \*)

Визуальные наблюдения метеоров благодаря своей простоте обычно проводились в течение последних десятилетий по универсальной программе, охватывающей различные стороны явления. Многие вопросы метеорной астрономии, которые могли быть решены на основе

\*) Раздел написан Б. Ю. Левиным.

таких универсальных наблюдений, уже изучены, и поэтому будущие наблюдения метеоров желательно организовать, заранее имея в виду решение того или иного конкретного вопроса. Это даст возможность провести их наивыгоднейшим образом и получить ценные результаты.

Можно указать ряд важных с научной точки зрения вопросов метеорной астрономии, которые могут быть исследованы на основе несложных любительских наблюдений.

1. Изучение метеорных потоков. Когда Земля, двигаясь по своей орбите, погружается в метеорный поток и потом выходит из него, численность метеоров сначала нарастает, достигает максимума и затем снова спадает. В зависимости от ширины потока и условий его пересечения Землёй он наблюдается от 10 часов (Квадрантиды) до месяца (Персеиды). На изменения численности метеоров, связанные с различием в пространственной плотности метеорных тел в разных местах сечения роя, накладываются изменения численности метеоров, связанные с изменением зенитного расстояния радианта в пункте наблюдения. Систематический счёт метеоров в течение всего времени активности потока позволит учесть влияние изменения зенитного расстояния радианта и найти распределение плотности метеорного роя вдоль пути, по которому Земля пересекла рой.

Период обращения вокруг Солнца метеорных тел, образующих поток, составляет обычно несколько лет или несколько десятилетий. Поэтому в разные годы Земля встречает различные части роя. Если метеорные тела неравномерно распределены вдоль орбиты, то в разные годы численность метеоров одного и того же потока будет различной. Изучение распределения метеорных тел вдоль орбиты требует повторных наблюдений потока в разные годы.

Важной характеристикой метеорного потока является распределение метеорных тел по массе. Оно различно для разных потоков и даже для разных частей одного и того же потока. Все метеоры какого-либо потока имеют одинаковую скорость и потому различия в их блеске обусловлены различием в массах (размерах) метеорных тел. Если при счёте метеоров регистрировать их звёздные величины, то можно будет найти распределение метеорных тел по массе.

Кроме того, зная распределение метеоров по звёздным величинам, можно получить сравнимые друг с другом данные о численности метеоров разных потоков. Метеорные потоки могут сильно отличаться по скорости вступления метеорных тел в земную атмосферу, а блеск метеоров очень сильно зависит от их скорости. Метеорные тела, создающие метеоры, например, 5-й звёздной величины в потоке, движущемся навстречу Земле, приблизительно в 40 раз меньше по массе, чем в медленном потоке, догоняющем Землю. Так как численность метеорных тел быстро возрастает при переходе от крупных к мелким, то мы преувеличиваем плотность встречных потоков и недооцениваем плотность догоняющих потоков. Для того чтобы при обработке наблюдений иметь возможность правильно провести пересчёт, надо, как уже сказано, регистрировать звёздные величины метеоров.

Положение радиантов активных потоков известно в настоящее время с достаточной точностью, и потому только опытные «метеорщики» могут рассчитывать на то, что их определения координат радианта и его смещения за время действия потока будут иметь определённую научную ценность. Определение радиантов активных потоков начинающими наблюдателями должно носить лишь учебный характер.

Каждую ясную ночь видны метеоры слабых потоков (с малым количеством метеоров). Слабые потоки изучены недостаточно и потому их нужно регулярно наблюдать, нанося метеоры на звёздные карты и определяя их радианты. Известны случаи, когда слабые или совсем неизвестные потоки неожиданно давали в течение нескольких часов значительную численность метеоров. Это значит, что мы имеем дело с потоком, в котором метеорные тела очень неравномерно распределены вдоль орбиты, и произошла встреча с главной плотной частью роя, либо орбита этого потока изменилась под действием планетных возмущений, и произошло улучшение условий встречи Земли с роем. В других случаях планетные возмущения могут отклонить поток от орбиты Земли, т. е. могут вызывать исчезновение потока.

2. Изучение спорадических метеоров. Метеоры чрезвычайно слабых потоков, дающих 1—2 метеора за целую ночь, не отличимы от метеоров, создаваемых метеорными телами, в одиночку движущимися по своим орбитам. Их называют случайными или *спорадическими* метеорами. Проводя счёт этих метеоров, можно изучать общие свойства метеорной материи в солнечной системе. Суточные и годовые изменения численности метеоров характеризуют распределение метеорных тел по направлению их движения в межпланетном пространстве.

3. Определение высот метеоров представляет большой интерес для геофизики, так как оно даёт возможность, опираясь на физическую теорию метеоров, оценить плотность воздуха на высоте 80—125 км.

Любители астрономии должны сосредоточить своё внимание на высотах метеоров, принадлежащих к активным потокам, так как для них известна скорость и, кроме того, для них легче набрать достаточное количество наблюдений.

4. Наблюдения метеорных следов. Яркие метеоры, в особенности принадлежащие к быстрым потокам (например, Персеиды, Леониды), зачастую оставляют на своём пути кратковременные *следы*. Изучение следов важно для уточнения физической теории метеоров и для исследования влияния метеоров на электрические свойства атмосферы (ионосферы). Исключительный интерес представляют длительные следы, видимые в течение нескольких секунд, а иногда и нескольких минут. За это время они успевают сместиться среди звёзд (см. рис. 163). По направлению и скорости этого смещения можно найти направление и скорость ветров в высоких слоях атмосферы.

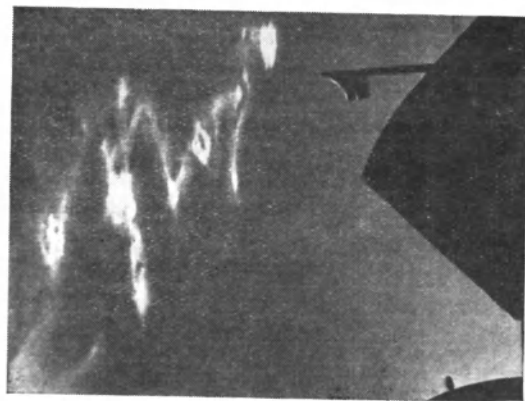
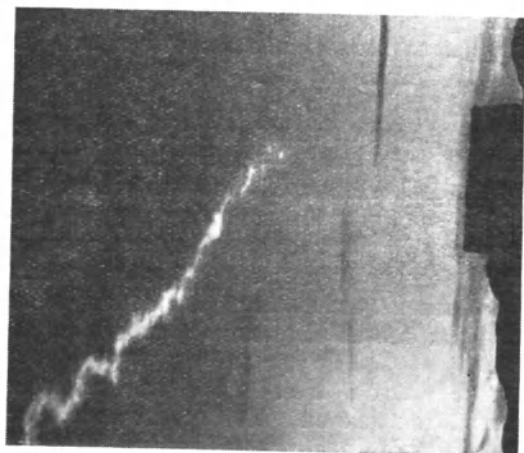
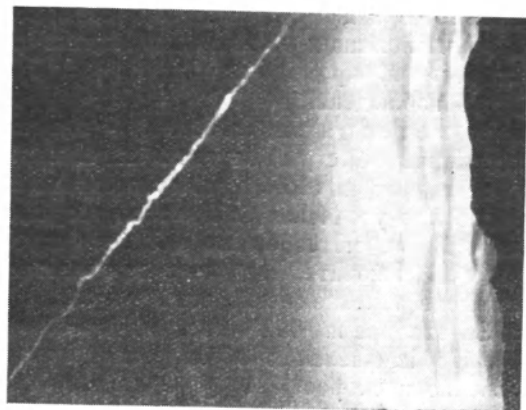


Рис. 163. Три фотографии яркого метеорного следа, полученные с перерывами в несколько минут Д. Дебабовым 19 октября 1941 г. на Чукотке.

**Общие указания к наблюдениям метеоров.** Явление метеора отличается от многих других астрономических явлений своей неожиданностью и кратковременностью, что заставляет, с одной стороны, очень тщательно готовиться к наблюдениям, а с другой стороны, во время самих наблюдений быть всё время начеку.

Перед началом систематических метеорных наблюдений необходимо потренироваться в оценке звёздной величины метеоров и их длительности, в нанесении их путей на звёздную карту. Место для наблюдений должно быть выбрано так, чтобы намеченная для наблюдений область неба была хорошо видна, а сам наблюдатель защищён от постороннего света.

Наблюдатель должен удобно расположиться; если избранная область неба находится высоко над горизонтом, надо сидеть, удобно откинувшись назад, или даже наблюдать лёжа. Ни в коем случае нельзя наблюдать, запрокидывая голову назад, — это нарушает кровообращение и вызывает уменьшение остроты зрения.

Наблюдатель должен иметь под рукой слабый источник света, журнал наблюдений, часы, звёздную карту. Источник света должен освещать только часы, бумагу или карту. Очень удобен карманный электрический фонарик. Для ослабления света лампочка должна быть обёрнута жёлтой или красной бумагой (или материей).

При счёте метеоров можно вести запись в темноте, почти не отрывая глаз от неба. Для этого накладывают на бумагу картон с горизонтальными прорезями, в которых и производят запись, каждый раз, зажимая следующую не исписанную прорезь пальцем, либо ведут запись на верхнем краю листа бумаги и после каждой записи загибают исписанную полоску.

Поправка часов должна быть известна с точностью до 1 минуты (случаи, когда требуется большая точность, отмечены особо). Для точной регистрации промежутков времени в несколько секунд (например, регистрация длительности следа метеора) желательно иметь часы с секундной стрелкой или секундомер.

Наблюдатель, систематически наблюдающий метеоры, должен иметь две тетради для записей: одну, в которой ведётся запись непосредственно во время наблюдений, и другую, в которую все записи переносятся начисто по окончании наблюдений или на следующий день.

На обложке журнала наблюдений отмечаются фамилия наблюдателя, название и географические координаты пункта наблюдения.

В журнал записывается как заголовок: 1) дата наблюдений, 2) цель наблюдений (например: «Счёт метеоров потока Персеид» или «Изучение слабых радиантов в Большой Медведице» и т. д.), 3) поправка часов до и после наблюдений, 4) состояние неба (наличие облачности или дымки, Луны, положение Луны по отношению к наблюдаемой области и её фаза), 5) состояние наблюдателя (бодрое, усталое, сонливое и т. д.), 6) время начала и конца наблюдений. Для записи самих наблюдений бумагу надо разлиновать на необходимое число колонок (пример записи в журнале наблюдений см.

на рис. 164). Записи делать мягким простым карандашом, а в чистовой журнал переписывать чернилами. Вносить при переписывании какие-либо изменения нельзя. Записи, сделанные во время наблюдений, являются основным документом и должны тщательно сохраняться.

Не следует наносить пути метеора среди звёзд непосредственно на карты звёздного атласа, — это приведёт к быстрой порче атласа.

Наблюдатель: И. С. Зайцев.  
 Место наблюдений: Астрономическая площадь  
 при 2-м к. г. Москвы.  
 ( $\varphi = 55^{\circ}45'$ ;  $\lambda = 2^{\circ}30'$ )

---

Дата: 11-12 августа 1948 г.  
 Цель наблюдений: Определение высот метеоров  
 (связис: Москва-Великое, наблюдатель на втором конце базиса)  
 Поправка часов: 11/10 в 19<sup>h</sup>  $\Delta t = +2^m 44^s$  (в. в. Пулковск.)  
 12/10 в 7<sup>h</sup>  $\Delta t = +3^m 02^s$   
 Состояние неба: ясно, но фон неба светлый из-за  
 сильного освещения, много дождя  
 в ночь звёзд вначале до 3<sup>h</sup> 2, в конце  
 до 3<sup>h</sup> 5<sup>m</sup>.  
 Состояние наблюдателя: до 3<sup>h</sup> — бодрое,  
 затем легкая сонливость  
 Начало наблюдений: 20<sup>h</sup> 10<sup>m</sup> концы: 4<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> 12/10  
 Периоды 23<sup>h</sup> 50<sup>m</sup> — 00<sup>h</sup> 00<sup>m</sup>; 0<sup>h</sup> 50<sup>m</sup> — 1<sup>h</sup> 00<sup>m</sup>; 1<sup>h</sup> 50<sup>m</sup> — 2<sup>h</sup> 00<sup>m</sup>;  
 2<sup>h</sup> 50<sup>m</sup> — 3<sup>h</sup> 03<sup>m</sup>; 3<sup>h</sup> 48<sup>m</sup> — 4<sup>h</sup> 00<sup>m</sup>.

№	Время	Зв. вел.	Продолж.	Скоп.	Примечание
1.	23 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup>	3 1/2	0,15	б	++
2.	14 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup>	4	0,1	с	++
3.	28 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup>	1	0,4	с	+ — Сила 0,5 в середине пути
4.	28 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup>	2	0,2	м	++ — 0,2 на 0,7 от начала пути.

Рис. 164. Образец записи в журнале наблюдений.

Необходимую для наблюдений звёздную карту надо заранее скопировать на кальку или бумагу, отметив звёзды приблизительно до 4-й звёздной величины. При наблюдениях не очень интенсивных потоков такой картой можно пользоваться в течение 2—3 ночей.

Обработка наблюдений очень облегчается, если использовать специальные карты, вычерченные в гномонической проекции \*) (в этой проекции дуги больших кругов изображаются прямыми линиями).

\*) ВАГО изданы для наблюдений метеоров четыре карты неба в гномонической проекции и специальная сетка к ним для измерения координат. Их можно выписать по адресу: Москва, 9, п/я 1268, ВАГО.

Однако годятся любые звёздные карты достаточно крупного масштаба (например, карты «Звёздного атласа» проф. А. А. Михайлова, 1952 г.).

Полезно иметь под руками бинокль на случай, если какой-либо метеор оставит длительный след.

Для того чтобы внимательность наблюдателя не снижалась к концу наблюдений (это особенно важно при счёте метеоров), они должны длиться, как правило, не более четырёх часов. Кроме того, во время наблюдений необходимо регулярно делать перерывы для отдыха. Зимой перерывы приходится делать чаще, чем летом; во вторую половину ночи — чаще, чем с вечера. Для удобства обработки наблюдений желательно, чтобы интервалы между перерывами составляли круглое число минут. Нерегулярные перерывы на 1—2 минуты крайне нежелательны; во всех случаях перерывы необходимо отмечать в журнале наблюдений.

Среднюю продолжительность времени, затрачиваемого наблюдателем на нанесение метеоров на карту и запись в журнал, желательно определять путём специального хронометрирования, с тем, чтобы его можно было учесть при обработке наблюдений.

**Счёт метеоров активных потоков.** Число метеоров, замечаемых наблюдателем, зависит не только от истинной их численности, определение которой и является целью наблюдений, но также от высоты радианта, от размеров и высоты над горизонтом наблюдаемого участка неба, от прозрачности атмосферы и яркости фона неба и, наконец, от остроты зрения и от внимательности наблюдателя.

Влияние высоты радианта над горизонтом может быть приближённо учтено при обработке наблюдений путём умножения часовых чисел на  $\sec z$ , что даст численность при радианте, как бы находящемся в зените. На самом деле зависимость численности от высоты сложнее, и для её изучения необходимо проводить наблюдения при различных положениях радианта, например, начиная их вскоре после восхода или продолжая их почти до его захода.

Острота зрения и внимательность наблюдателя могут быть оценены путём наблюдений по методу двойного счёта (см. стр. 271).

Для учёта изменений прозрачности атмосферы, влияния лунного света и других подобных факторов, через каждые 1—2 часа (или по крайней мере в начале и конце наблюдений) записывается предельная видимость звёзд Северного Полярного Ряда (см. табл. XLII на стр. 364), а ещё лучше — в наблюдаемой области неба.

Необходимость учёта размеров и высоты над горизонтом наблюдаемого участка неба часто упускалась из виду при проведении счёта метеоров. Если наблюдать какое-либо определённое созвездие, то в течение ночи его высота над горизонтом будет меняться. Точно учесть влияние этого изменения высоты на численность метеоров невозможно. Поэтому счёт метеоров следует вести на участке неба, занимающем неизменное положение по отношению к горизонту. Наблюдаемый участок неба следует ограничить с помощью специальной рамки или же наблюдать сквозь открытое окно или отверстие



в крышке специальной будочки — «метеорного домика». Форма и размеры отверстия (рамки) и положение отверстия относительно наблюдателя должны регистрироваться в журнале наблюдений и выбираться так, чтобы наблюдаемый участок неба был около  $60^\circ$  в ширину и около  $40^\circ$  по высоте\*). Участок следует выбирать по возможности выше над горизонтом (нижняя граница его не должна быть ниже  $30^\circ$  над горизонтом).

Не следует пользоваться маленькими рамками, расположенными вблизи наблюдателя. Такая рамка будет видна нечётко, небольшие

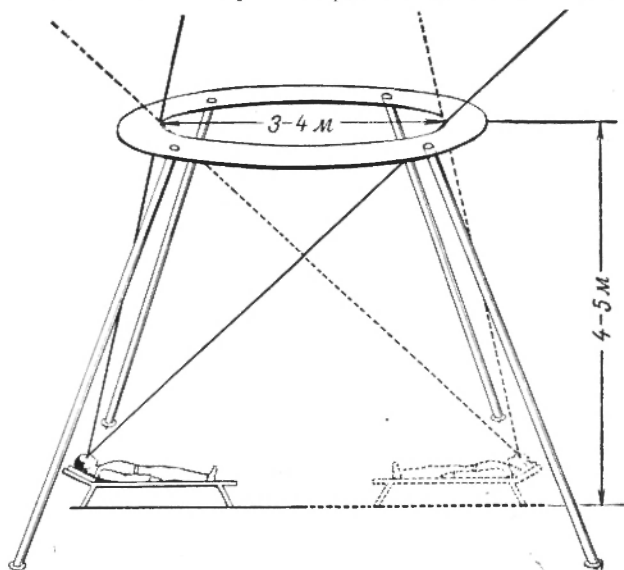


Рис. 165. Установка кольца для ограничения поля зрения при наблюдениях метеоров.

перемещения головы наблюдателя будут иметь уже существенное значение и даже для правого и левого глаза поля зрения не будут совпадать. Лучше всего брать большую рамку с широкой ограничительной полосой и располагать её плоскость горизонтально на высоте 4—5 м (см. рис. 165). При такой рамке горизонтальные перемещения головы наблюдателя не будут изменять площадь наблюдаемого участка слоя атмосферы, в котором вспыхивают метеоры, а если эти перемещения будут происходить по кругу, то не будет меняться и высота над горизонтом наблюдаемой области.

Наряду с метеорами изучаемого потока в наблюдаемом участке неба будут появляться отдельные метеоры других слабых потоков. Для надёжного опознавания метеоров потока надо, чтобы наблю-

\*) При крайне редко случающихся «метеорных дождях», когда число метеоров может достигать нескольких сотен в минуту, считать метеоры на таком большом участке трудно и следует применять меньшие отверстия.

даемый участок неба был поближе к радианту изучаемого активного потока. Это и может быть достигнуто соответствующим поворотом «лежака», с которого производятся наблюдения.

Перед наблюдениями следует по координатам радианта (см. табл. XIX) найти его положение на звёздной карте, а затем с помощью карты найти и запомнить его положение среди звёзд на небе. В дальнейшем при записях в журнале наблюдений метеоры, принадлежащие потоку, должны отмечаться специальным значком.

Наименее подготовленные наблюдатели могут вести *простой счёт*, состоящий в регистрации общего числа метеоров, замеченных в наблюдаемом участке неба за некоторый промежуток времени. Этот промежуток времени может равняться 1 часу для слабых потоков и 5—10 минутам во время максимума обильного потока. В журнале наблюдений записывается время начала и конца каждого промежутка и число замеченных метеоров (отдельно для метеоров изучаемого потока и прочих).

Несколько большей подготовки наблюдателя требует *квалифицированный счёт*, при котором одновременно отмечаются физические характеристики метеоров, в первую очередь их блеск и продолжительность. Между этими величинами существует зависимость, отображающая зависимость между массой метеорного тела и длиной его видимого пути, т. е. длиной того участка его траектории в атмосфере, на котором происходит свечение.

Перед началом наблюдений надо просмотреть наблюдаемую область неба и запомнить звёздные величины нескольких ярких и слабых звёзд. Блеск метеоров оценивается в звёздных величинах (с точностью до  $\frac{1}{2}$  звёздной величины) путём сравнения с этими звёздами. Продолжительность полёта метеоров составляет обычно доли секунды и потому наблюдателю необходимо потренироваться в оценке малых промежутков времени.

Появление и исчезновение метеора могут произойти в пределах наблюдаемого участка неба или вне его (рис. 166). Это удобно отмечать следующими знаками:

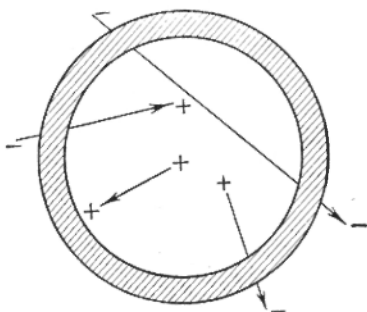


Рис. 166. Схема обозначения метеоров, наблюдавшихся в поле зрения.

метеор появился и исчез в пределах наблюдаемого участка  $\begin{smallmatrix} + & + \\ | & | \end{smallmatrix}$ ;  
 метеор появился в пределах участка и вылетел за его границу  $\begin{smallmatrix} + & + \\ | & - \end{smallmatrix}$ ;  
 метеор появился вне участка, но исчез в пределах участка  $\begin{smallmatrix} - & + \\ - & | \end{smallmatrix}$ ;  
 метеор появился и исчез вне участка и только пересёк его  $\begin{smallmatrix} - & - \\ - & - \end{smallmatrix}$ .

При коллективных наблюдениях метеорных потоков счёт метеоров невооружённым глазом чрезвычайно интересно дополнить счётом слабых, телескопических метеоров. Для этого в бинокль или в теле-

скоп (при максимальном увеличении) наблюдается радиант или очень близкая к нему область\*). При обработке наблюдений необходимо знать поле зрения бинокля или телескопа (стр. 214).

Наблюдения в бинокль или телескоп позволяют найти очень точное положение радианта, и потому обычно при этом проводится не только квалифицированный счёт, но и нанесение метеоров на карту\*\*).

Пример наблюдений телеметеоров можно найти в статье А. М. Бахарева в Бюллетене ВАГО № 4 (11), 1948.

### ***Счёт метеоров слабых потоков и спорадических метеоров.***

Для наблюдения следует выбрать участок неба, не меняющий своего положения по отношению к горизонту и странам света. Лучше всего выбрать его вблизи небесного меридиана, т. е. в северной или южной части небосвода. Наблюдаемый участок ограничивается так, как это было описано выше.

Вечерние часы благоприятны для наблюдений метеоров, догоняющих Землю, а утренние часы — для встречных метеоров. Для равномерного охвата наблюдениями тех и других метеоров важно, чтобы середина наблюдений приходилась как раз на полночь по местному времени. Можно наблюдать, например, с 23<sup>h</sup> до 1<sup>h</sup> по местному времени или ещё дольше, делая небольшие перерывы для отдыха, но можно наблюдать 1—2 часа с вечера и 1—2 часа под утро (например, с 20<sup>h</sup> до 22<sup>h</sup> и затем с 2<sup>h</sup> до 4<sup>h</sup> по местному времени).

Если подобная организация наблюдений невозможна, то следует наметить какие-либо определённые часы ночи и строго соблюдать их в продолжение всех наблюдений.

Научную ценность представляют лишь длинные серии однотипных наблюдений. Особенно ценны наблюдения, проводимые в течение года или даже нескольких лет. При наличии нескольких наблюдателей интересны одновременные наблюдения северного и южного участков неба.

Когда нет активных потоков, число метеоров мало и потому не представляет труда вести не простой, а квалифицированный счёт и, кроме того, регистрировать направление полёта, угловую скорость и угловую длину метеора.

Регистрация этих величин позволит в некоторых случаях выявить наличие радианта в пределах наблюдаемого участка неба или вблизи него без нанесения метеоров на карту.

Направление полёта отмечается условно в «часах». В точку появления метеора мысленно помещается центр часового цифер-

---

\*) Вдали от радианта угловая длина и угловая скорость метеоров велики. При наблюдениях в бинокль или телескоп метеоры будут быстро пересекать поле зрения, и наблюдения будут неточны. Поэтому приходится отказаться от требования постоянства высоты над горизонтом наблюдаемого участка неба и наблюдать самый радиант, ибо вблизи него угловая длина и угловая скорость метеоров малы.

\*\*) Для этого необходимо иметь атлас с картами крупного масштаба.

блата и записывается, к какому делению циферблата было направлено движение метеора. В таком случае  $6^h$  означает направление вертикально вниз,  $3^h$  — вправо,  $9^h$  — влево и т. д.

Угловую скорость движения метеора можно грубо характеризовать, отмечая, что метеор был быстрый (б), медленный (м) или средний (ср).

Угловая длина метеора оценивается в градусах. Для выработки правильного представления об угловых расстояниях на небе можно воспользоваться расстояниями между яркими звёздами созвездия Большой Медведицы, определив их по звёздному атласу (Приложение 2).

Предельная видимость звёзд регистрируется, как указано выше.

Если при счёте спорадических метеоров наблюдатель замечает высокую активность какого-либо радианта, необходимо внимательно проверить это. Следует повернуться так, чтобы этот радиант оказался в пределах наблюдаемого участка неба, и надо в журнале наблюдений пометить специальным знаком метеоры из этого радианта, записав также его предполагаемое положение среди звёзд. Желательно нанесение метеоров на звёздную карту с целью определения координат радианта (см. ниже).

**Двойной счёт метеоров.** Даже в пределах ограниченного участка неба наблюдатель, замечая все яркие метеоры, регистрирует лишь малую долю слабых метеоров. Для того чтобы узнать, какая доля метеоров той или иной звёздной величины замечается наблюдателем, необходимо провести наблюдения по методу двойного счёта.

Два наблюдателя одновременно наблюдают один и тот же участок неба и совершенно независимо друг от друга регистрируют замечаемые ими метеоры. Для полной независимости наблюдений наблюдательные пункты должны быть разделены каким-либо зданием или стеной, либо удалены друг от друга на 100—200 м.

Наблюдатели должны регистрировать не только звёздные величины метеоров, но и момент их пролёта и путь среди звёзд. Это необходимо для того, чтобы при обработке наблюдений можно было установить, какие метеоры были замечены обоими наблюдателями.

Истинные поправки часов могут быть известны с точностью до 1 мин., но друг с другом часы следует сверить до и после наблюдений с точностью до 1 сек. и с такой же точностью регистрировать момент пролёта метеора. Все перерывы в наблюдениях должны быть строго согласованы.

Число метеоров данной звёздной величины, замеченных обоими наблюдателями, делённое на общее число метеоров этой же звёздной величины, замечаемых первым наблюдателем, даёт *коэффициент замечаемости* для второго наблюдателя (и наоборот).

Проведение по методу двойного счёта всех наблюдений, связанных со счётом метеоров, дало бы очень ценные научные результаты. Если же это невозможно, то следует время от времени про-

водить двойной счёт метеоров с целью определения коэффициентов замечаемости для наблюдателей, участвующих в наблюдениях численности метеоров. Условия наблюдений при двойном счёте должны при этом как можно точнее воспроизводить условия отдельных наблюдений (ограничение поля зрения рамкой и т. п.).

Метод двойного счёта, конечно, может быть распространён на случай трёх и более наблюдателей. Увеличение числа независимых наблюдателей повышает точность результатов.

Наблюдения по методу двойного счёта позволяют, кроме того, определить систематические и случайные ошибки наблюдателей в оценке звёздных величин, продолжительности полёта и других физических характеристик метеора.

**Изучение радиантов слабых потоков.** Для проверки существования тех или иных радиантов, уточнения их координат и выявления вновь появившихся радиантов необходимо наносить пути метеоров на звёздную карту. Применяя карты, начерченные в гномонической проекции, или перенося пути метеоров с карты на специальные сетки, можно найти радианты как точки, в которых пересекаются продолженные назад пути метеоров.

Если наблюдения ведутся нерегулярно, то главной целью следует ставить проверку существования и изучение известных радиантов. Можно взять какой-либо каталог радиантов (например, приведённый в Постоянной части Русского Астрономического Календаря) и для каждой ночи наблюдения выбирать ту область неба, в которой в данную ночь имеется радиант (или радианты) и которая в часы наблюдений будет удобно расположена.

После пролёта метеора наблюдатель не должен сразу переводить взгляд на часы или на карту, а должен сначала запомнить путь метеора среди звёзд.

Некоторые наблюдатели рекомендуют сразу после пролёта метеора располагать вдоль его пути тонкую палочку (например, карандаш), держа её в вытянутой руке. Следует заметить как направление полёта, так и положение точек появления и исчезновения. Например, метеор появился около  $\gamma$  Андромеды, летел в направлении, параллельном линии, соединяющей  $\alpha$  и  $\beta$  Треугольника, исчез около линии, соединяющей  $\alpha$  Андромеды и  $\beta$  Овна. Вовсе не обязательно знать названия тех звёзд, по отношению к которым запоминается путь метеора, но надо уметь найти их на карте. Заметив момент времени по часам, наблюдатель наносит путь метеора на карту, а затем в журнал наблюдений записывает порядковый номер метеора, время пролёта (с точностью до 1 минуты), звёздную величину, продолжительность полёта, угловую скорость, цвет. Нанося метеор на карту, надо стрелкой пометить направление его движения и около точки исчезновения надписать его порядковый номер.

Ценность наблюдений возрастает, если проводить их непрерывными сериями много ночей подряд (насколько позволяет погода и Луна), наблюдая одну и ту же область неба. Тогда можно будет

не только установить наличие радиантов, но и определить срок действия каждого из них и найти ход численности метеоров в течение этого срока.

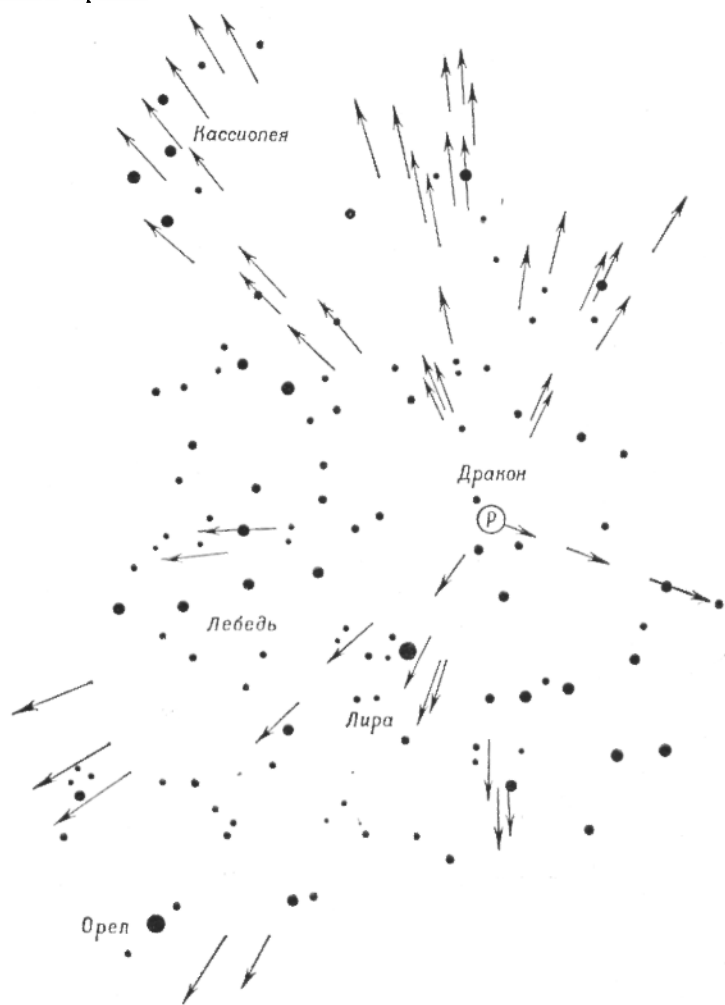


Рис. 167. Метеорный поток Драконида. В области  $P$  — радиант.

**Наблюдения с целью определения высот метеоров.** Для определения высот появления и исчезновения метеора необходимо из двух пунктов, расположенных на расстоянии 30—100 км друг от друга, зарегистрировать его видимый путь среди звезд (*базисные наблюдения*). Пункты наблюдения желательно выбирать таким образом, чтобы прямая, их соединяющая (базис), была направлена по возможности перпендикулярно к направлению на радиант. Для того чтобы оба наблюдателя могли замечать одни и те же метеоры, они

должны наблюдать одну и ту же область атмосферы, выгоднее всего ту, которая расположена над серединой базиса. Наблюдатели на концах базиса должны располагаться лицом друг к другу и фиксировать своё внимание на участке неба, центр которого отстоит от зенита на  $10\text{--}30^\circ$  (рис. 168). Время начала и конца наблюдений, а также перерывы должны быть заранее согласованы.

Для того чтобы увеличить число метеоров, замеченных с обоих концов базиса, надо, чтобы внимание наблюдателей было сосредото-

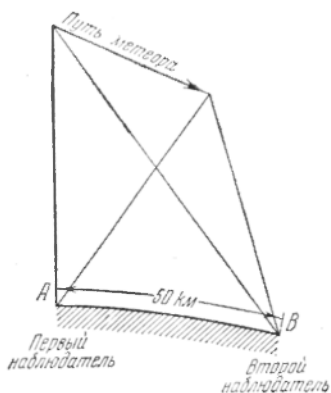


Рис. 168. Одновременные наблюдения метеоров из двух пунктов.

чено на нужных участках неба и не отвлекалось в стороны. Это может быть достигнуто с помощью таких же «метеорных рамок», какие рекомендовались выше при описании счёта метеоров.

Путь метеора по отношению к звёздам наносится на звёздную карту.

Если метеор оставил след или если наблюдались вспышки, то место следа или вспышек помечается на карте, а описание записывается в журнал наблюдений (в графе «Примечания»). Очень важно отмечать смещение следа (см. ниже) и звёздную величину вспышек.

Во время очень обильных метеорных потоков желательно проводить наблюдения с помощником (секретарём). Помощник по знаку наблюдателя (возглас «есть!») отмечает по часам время и под диктовку записывает в журнал остальные данные. Сам наблюдатель наносит путь метеора на карту.

**Наблюдения следов метеоров.** Регистрацию следов метеоров желательно включать в программу квалифицированного счёта. Особенно важно это делать при наблюдениях активных потоков. Для кратковременных следов, видимых в течение долей секунды, надо оценивать их продолжительность и отмечать их положение по отношению к началу и концу видимого пути метеора. У длительных следов надо регистрировать их смещения относительно звёзд и изменения формы и ширины.

Надо сделать несколько последовательных зарисовок формы и положений следа среди звёзд, отмечая с точностью до секунды момент каждой зарисовки\*). Наблюдению таких следов очень помогает бинокль: в него след виден дольше, чем невооружённым глазом, и кроме того, легче регистрировать его ширину,

При зарисовке следа, наблюдаемого в бинокль, рисуется на-глаз карга нужного участка неба, а по окончании наблюдений этот

\*) Особенно важно точно знать промежутки времени между последовательными зарисовками. Поэтому секунды записываются даже в том случае, когда поправка часов точно не известна.

участок неба находится по подробному звёздному атласу, копируется на кальку и затем положения следа перерисовываются с «самодельной» карты на эту копию. К зарисовке прилагается подробное описание следа, а также самого метеора (его звёздная величина, продолжительность и пр.).

Смещение ярких следов можно наблюдать с помощью небольшого телескопа при наименьшем увеличении. Телескоп должен быть установлен на прочном штативе. Заметив яркий след, наблюдатель быстро наводит на него телескоп, устанавливает в центре поля зрения какой-либо сгусток в следе или излом и закрепляет телескоп на штативе. Затем он наблюдает смещение сгустка или излома. Величину смещения выражают в долях поперечника поля зрения, а направление смещения — в «часах», мысленно помещая циферблат в центре поля зрения (см. стр. 270). Наблюдения ведут до полного исчезновения следа, а в случае необходимости время от времени передвигают телескоп. Для обработки наблюдений необходимо знать угловой диаметр поля зрения (см. стр. 214).

**Фотографирование метеоров.** С помощью любой светосильной камеры удастся фотографировать яркие метеоры. Камера может быть установлена неподвижно и направлена на нужный участок неба. Снимок делается с выдержкой в 1 час (при Луне приходится делать меньшие выдержки).

Так как яркие метеоры появляются редко, то один снимок метеора удастся получить в среднем за 100 часов экспозиции. Во время активных потоков, например Персеид, один снимок получается в среднем за 20 часов выдержки, а во время метеорных дождей Драконида в 1933 г. и 1946 г. число метеоров было так велико, что на одной пластинке получалось по 10—20 метеоров.

Случайные разрозненные фотографии метеоров представляют малую научную ценность. В то же время парные снимки одного и того же метеора, снятые одновременно из двух пунктов, представляют очень большую ценность, так как они позволяют точно найти высоту метеора. Такое базисное фотографирование метеора следует проводить во время действия активных потоков. При выборе базиса и участка неба следует руководствоваться теми же указаниями, которые были даны при описании визуальных базисных наблюдений.

В 1949 г. ВАГО выпустило специальную «Инструкцию для наблюдений метеоров» М. М. Дагаева и В. В. Федынского, где можно найти некоторые дополнительные сведения.

## **7. О сборе метеоритов и о наблюдении явлений, сопровождающих падение метеорита**

Метеориты представляют собой единственные небесные тела, доступные непосредственному лабораторному исследованию. Их изучение чрезвычайно важно для науки.

Лицам, обнаружившим метеорит и доставившим его для пересылки в Комитет по метеоритам Академии наук СССР, выдается денежная премия как поощрение за оказание содействия науке.



Далеко не всегда можно отличить метеорит от обычных горных пород, особенно, если он долго лежал в земле и подвергался действию воды и воздуха. Метеориты бывают: каменные, железокаменные и железные. Непосредственно после падения большинство из них имеет характерную неправильную обломочную форму: со всех сторон они покрыты тонкой корой плавления, чёрной и матовой. Иногда кора бывает блестящая, как бы покрытая лаком. Некоторые метеориты имеют конусообразную форму. В изломе они пепельно-серого цвета и напоминают куски земных пород. Метеориты, долго пролежавшие в почве, приобретают тёмный красновато-бурый цвет; каменные метеориты особенно быстро подвергаются разрушению. Ещё одной особенностью поверхности метеорита являются вмятины, напоминающие отпечатки пальцев на мягкой глине (*регмаглипты*).

Каменные метеориты во многих случаях дробятся на части ещё в воздухе и выпадают в виде *метеоритных дождей*. Поэтому, найдя каменный метеорит (в особенности, если он имеет свежие следы разлома и неправильную форму), надо продолжить поиски в окружающей местности (иногда на площади в несколько квадратных километров).

Можно полагать, что в год на Землю падает около тысячи метеоритов весом до десятков килограмм. Из них только 4—5 становятся достоянием науки. Остальные падают в моря и океаны, в пустыни и безлюдные места.

Для науки имеет значение не только сам метеорит, но и все подробности его нахождения. В случае только что упавшего метеорита важно подробное описание всех явлений, которые сопровождали падение. Необходимо собрать как можно больше свидетельских показаний, чтобы по ним восстановить картину болида, давшего метеорит, и вычислить путь метеорного тела до его встречи с Землёй.

Наблюдатель (или обследователь, если речь идёт о сборе сведений от очевидцев падения) должен зарегистрировать видимый путь болида (среди звёзд или относительно окружающих предметов), продолжительность его полёта, размеры и яркость болида, его видимую во время полёта форму, цвет, освещённость местности во время вспышки, поведение следа, который часто продолжительное время остаётся на небе после пролёта болида, звуковые явления; полезно сделать зарисовки или фотографии следа, а также места падения метеорита.

Обследование места падения также должно быть очень тщательным и результаты его должны быть подробно записаны. Сюда входит: точное указание времени и места падения (план, рисунки), описание почвы, характера изменений, произведённых падением метеорита, описание расположения самого метеорита в момент его обнаружения и всех других обстоятельств.

Каждый интересующийся этим вопросом может выписать подробную инструкцию, опубликованную Комитетом по метеоритам АН СССР

в 1950 г. (Москва, 127, ул. Осипенко, д. 52). Инструктивные указания содержатся также в книге Учёного секретаря Комитета по метеоритам, лауреата Сталинской премии Е. Л. Кринова «Небесные камни» (Изд-во АН СССР, 1950, Военгиз, 1952).

## 8. Наблюдения переменных звёзд

Исследованию переменных звёзд посвящено на русском языке много книг и статей. Укажем на некоторые из них: П. П. Паренного и Б. В. Кукаркина «Переменные звёзды и способы их наблюдения», Гостехиздат, 1948; «Переменные звёзды» — трёхтомная монография ряда советских учёных, — третий том посвящён изложению методов наблюдения переменных звёзд; «Инструкция для наблюдения переменных звёзд», составленная Ф. Ю. Зигелем под редакцией Б. В. Кукаркина (издание ВАГО, 1948 г.); восьмая глава книги В. П. Цесевича «Что и как наблюдать на небе» (Гостехиздат, 1950 г.).

Имея в виду, что всякий любитель астрономии, серьёзно заинтересовавшийся переменными звёздами, обратится к упомянутым работам, приводим здесь лишь самые основные сведения о наблюдении переменных звёзд и первоначальной обработке наблюдений.

**Визуальные наблюдения.** Сообразуясь со своими оптическими средствами (бинокль, монокуляр\*), труба или невооружённый глаз), наблюдатель может выбрать из табл. XLIX и табл. L те переменные звёзды (для начала 2—3), которые видны на небе в это время года. Простому глазу доступны переменные звёзды до 4-й звёздной величины, призмённому биноклю — до 8-й, в телескоп с отверстием в 8—10 см можно наблюдать переменные звёзды до 11—12-й величины. В книге «Переменные звёзды и способы их наблюдения» имеются карты окрестностей и величины звёзд сравнения для большинства переменных звёзд табл. XLIX. Для всех звёзд табл. L на стр. 379—383 даны карты окрестностей, а в табл. L для многих из них приведены величины звёзд сравнения.

Для тех переменных звёзд, для которых нет карт окрестностей и нет звёзд сравнения, надо, пользуясь приложенным Звёздным атласом (Приложение 2), самим подобрать звёзды сравнения и освоиться с их расположением как на самих картах, так и непосредственно на небе. Для наблюдения лучше выбирать тёмные безлунные ночи, причём предохранять глаза от ярких искусственных источников света. Перед наблюдениями полезно побыть некоторое время в темноте, пока глаза не адаптируются к ней — чувствительность глаза увеличивается в 200 000 раз через час пребывания в темноте по сравнению с дневной чувствительностью. Слабое красное освещение ускоряет процесс адаптации зрения к темноте. Фонарь, при свете которого записываются оценки, должен быть очень слабым и давать

---

\*) Так называется половинка призмённого бинокля, оформленная как своего рода зрительная труба.

только узкий пучок лучей, освещающий нужное место журнала наблюдений.

Для приобретения опыта в оценках надо начать с наблюдений хорошо изученных переменных звёзд, таких, как, например,  $\delta$  Ser,  $\eta$  Aql,  $\beta$  Lyr,  $\beta$  Per.

Процесс оценок блеска переменной звёзды заключается в сравнении переменной с двумя звёздами неизменного блеска (звёздами сравнения), из которых одна ярче, а другая слабее переменной. Для увеличения точности лучше вести сравнение с двумя-тремя такими парами. Процесс сравнения блеска звёзд может проводиться по-разному, например, можно оценивать блеск переменной в десятых долях «интервала» блеска между двумя звёздами сравнения. Такой метод оценок называется *интерполяционным методом* Пиккеринга. Он весьма прост и удобен в том случае, когда величины звёзд сравнения известны. Однако, имея в виду возможное дальнейшее усовершенствование и уточнение наблюдений и в особенности те случаи, когда величины звёзд сравнения неизвестны и должны быть определены самим наблюдателем, предпочтительнее привыкать к оценкам блеска звёзд по *интерполяционно-степенному методу* Блажко-Нэйланда. Этот способ является сочетанием интерполяционного метода Пиккеринга со *степенным методом*, предложенным около 100 лет назад Аргеландером. Изложение основ способа степеней дано самим Аргеландером в следующих словах:

«Если две звезды, разница в блеске которых определяется, кажутся мне всегда одинаково яркими или если я могу то одну, то другую оценить как немного более яркую, то я называю такие звёзды одинаково яркими и отмечаю это в записи тем, что обозначения их ставлю рядом. Если сравниваются две звезды  $a$  и  $b$ , то я пишу  $ab$ .

Если мне на первый взгляд звёзды кажутся одинаково яркими, но при внимательном рассматривании и при повторном переносе взгляда то с  $a$  на  $b$ , то с  $b$  на  $a$  звезда  $a$  кажется мне всегда или за редким исключением чуть заметно ярче  $b$ , то я называю  $a$  на 1 степень более яркой, чем  $b$ , и обозначаю это  $a1b$ , а если, напротив,  $b$  ярче  $a$ , то  $b1a$ , так что всегда более яркая звезда становится перед числом, а более слабая после него.

Если одна звезда кажется определённо и вне всяких сомнений ярче другой, то такое различие принимается за две степени и обозначается  $a2b$ , если  $a$  ярче  $b$ , или  $b2a$ , если  $b$  ярче  $a$ .

Бросающееся в глаза с первого же взгляда различие соответствует трём степеням и обозначается  $a3b$  или  $b3a$ .

Наконец, оценка  $a4b$  обозначает ещё более разительное отличие».

На первый взгляд способ степеней представляется весьма неточным и понятие степени расплывчатым. Однако оказывается, что величина степени у наблюдателя довольно скоро устанавливается (около  $0^m,1$ ) и весьма устойчиво держится постоянной.

В способе Блажко-Нэйланда для каждой оценки используются две звезды сравнения: одна ярче, другая слабее переменной. Наблюдатель, взглядываясь попеременно то в одну, то в другую, оценивает

число аргеландеровских степеней, которые умещаются между ними, затем переводит взгляд на переменную и таким же образом оценивает число степеней между каждой из звёзд сравнения и переменной; производя это несколько раз, получает некоторым образом «согласованную» оценку.

Записи в этом случае выглядят так ( $v$  обозначает переменную):  $a3v2b$ ,  $a2v5b$  и т. д.

При всех способах оценок блеска надо придерживаться следующих правил:

1) звёзды сравнения выбирать как можно ближе подходящие к переменной по своему блеску и цвету;

2) при наблюдении какой-нибудь звезды её надо привести в центр поля зрения; если обе звезды не видны одновременно вблизи центра поля зрения, то надо переводить трубу или бинокль при каждой оценке блеска;

3) при наблюдении очень слабых звёзд можно пользоваться так называемым боковым зрением, глядя не на саму звезду, а немного в сторону; боковое зрение может дать некоторое преимущество, так как центральная часть сетины глаза менее чувствительна, чем остальная сетина и таким образом можно увидеть более слабые звезды; точность таких наблюдений, однако, невысока;

4) момент наблюдения надо заметить по выверенным часам и записать в журнале; при записях моментов наблюдений переменных звёзд можно руководствоваться следующими правилами: при периодах короче  $0^d,2$  отмечать время с точностью до  $0^d,0004$ , т. е. до 0,5 минуты (особое внимание к ходу часов! регулярные проверки часов по радиосигналам времени!); при периодах до  $2^d—3^d$  требуемая точность  $0^d,001$ , т. е. около 2 минут; при периодах более  $3^d—0^d,01$ , т. е. до 15 минут, для долгопериодических переменных с точностью до  $0^d,1$  и даже до  $1^d$ ;

5) в журнале наблюдений вначале должны быть приведены все сведения о наблюдателе и его инструменте, поправка часов, название наблюдаемой звезды и т. д. Сами наблюдения можно записать по следующей схеме:

№ п/п	Дата	Момент	Оценка	Примечание

Ненадёжная оценка отмечается двоеточием «:», поставленным после числа; очень неуверенная оценка сопровождается двойным двоеточием «::». Эти значки должны в дальнейшем всюду сопровождать соответствующую оценку и выведенный из неё блеск переменной.

Особенно надёжное наблюдение полезно отметить знаком «!». В графе «Примечание» отмечаются данные о Луне (её фаза и близость к переменной), облака, туман и прочие метеорологические явления, зоря, освещённость неба фонарями (в городе), состояние наблюдателя (например: очень утомлён, нездоров и т. д.).

В журнале должны находиться карты окрестностей с аккуратно отмеченными используемыми звёздами сравнения. В журнале наблюдений записи ведутся в хронологическом порядке, иногда параллельно по нескольким переменным. Для дальнейшей обработки наблюдений надо завести для каждой звезды особый листок или тетрадь, в которую выписывать из журнала наблюдений моменты и оценки и заготовить для последующей обработки следующие графы:

№ п/п	Время	Юлианский момент	Оценка	Блеск	Фаза	Примечание

**Счёт времени.** При исследовании различных периодических астрономических явлений, в том числе изменений блеска переменных звёзд, пользуются предложенным в конце XVI в. Жозефом Скалигером (1540—1609) особым счётом дней так называемого «юлианского периода» \*) или, сокращённо, «юлианских дней». Счёт этот ведётся от 1 января 4713 г. до нашей эры по юлианскому календарю, иначе говоря, захватывает почти всю древнюю историю человечества. Каждый день при этом счёте имеет свой порядковый номер. Юлианские сутки начинаются в средний гринвичский полдень. Так, например, юлианский день 2431255,0 соответствует 13,5 июня 1944 г. Все моменты наблюдений выражают в юлианских сутках и их долях: например, момент 3 часа дня в Гринвиче 2 августа 1942 г. будет соответствовать юлианской дате 2430574,125 (см. табл. XXV и XXVI).

**Световое уравнение.** При наблюдении короткопериодических переменных приходится учитывать так называемое *световое уравнение*. Моменты наблюдений мы определяем с движущейся Земли, т. е. из различных точек земной орбиты. Так как скорость света не бесконечно велика и свету нужно некоторое время, чтобы пересечь орбиту Земли, то при наблюдении из точек, более близких к звезде, мы получим более ранние моменты, а из более далёких — более

---

\*) Юлианский период в 7980 лет представляет собой наименьшее кратное трёх циклов: солнечного в 28 лет, — приводящего дни недели на те же дни года, лунного цикла Метона в 19 лет, — приводящего лунные фазы на прежние дни года, и периода в 15 лет, так называемого римского индиктиона, по прошествии которого в римской империи взималась чрезвычайная подать. Год 4713 до н. э. был первым годом во всех трёх циклах. Конец этого периода придётся на 22 января 3268 года по григорианскому календарю.

поздние, чем в том случае, если бы наблюдатель был неподвижен относительно Солнца. Обычно все моменты «приводятся к Солнцу». При этом к наблюденным моментам придаётся поправка, вычисленная по формуле:

$$\Delta t = -0^d,0058 \cos (L_{\odot} - \lambda) \cos \beta, \quad (49)$$

где  $\lambda$  и  $\beta$  — эклиптические координаты звезды,  $L_{\odot}$  — долгота Солнца \*). Поправка может достигать  $\pm 0^d,0058 = \pm 8^m,306$  (время прохождения светом среднего расстояния от Земли до Солнца). Для той же цели можно воспользоваться очень удобной номограммой М. С. Зверева\*\*), которая по  $\alpha$  и  $\delta$  звезды сразу даёт поправку  $\Delta t$  для любого дня в году.

**Средняя кривая. Световые элементы.** Для переменных, показывающих строгую периодичность изменений блеска, возможно сведение всех наблюдений в одну кривую. При этом мы пользуемся тем, что кривая блеска во всех деталях повторяется от периода к периоду. Мы можем каждое наблюдение перенести по шкале времени на целое число периодов и оно точно уляжется в то же самое место кривой. Таким образом мы можем все наблюдения сдвинуть в пределы одного какого-нибудь периода, как говорят, свести к одному периоду.

Для этого надо вычислить фазу каждого наблюдения, т. е. промежуток времени от момента ближайшего предшествующего максимума или (в случае затменных звёзд) минимума.

Так называемые *световые элементы* переменной дают момент (юлианский день и доли дня) некоторого начального максимума, иначе говоря, начальную эпоху  $T_0$  и длину периода  $P$ . Тогда момент любого другого максимума можно вычислить по формуле

$$\text{Max} = T_0 + PE, \quad (50)$$

где  $E$  — целое число (число эпох).

Некоторый произвольный момент наблюдения  $T_i$  можно представить формулой

$$T_i = T_0 + PE + \Phi^d, \quad (51)$$

где  $T_0 + PE$  даёт момент ближайшего предшествующего минимума, а  $\Phi^d$  — фаза, выраженная в днях и долях дня, причём фаза всегда меньше, чем период  $P$ .

Если эту формулу несколько видоизменить:

$$T_i - T_0 = PE + \Phi^d \quad (52)$$

и разделить на  $P$ , то мы получим формулу

$$\frac{1}{P} (T_i - T_0) = E + \Phi^P, \quad (53)$$

\*) Точнее,  $\Delta t = -0^d,0058 R \cos (L_{\odot} - \lambda) \cos \beta$ , где  $R$  — радиус-вектор Земли, выраженный в долях среднего расстояния Земли от Солнца.

\*\*) Приложена к книге П. П. Паренаго и Б. В. Кукаркина «Переменные звёзды и способы их наблюдения», Гостехиздат, 1948.

где  $\Phi^P$  — фаза, выраженная в долях периода. Эта формула наиболее удобна для вычислений.

Вычисление фаз особенно легко производить, пользуясь арифмометром. Предварительно вычислив величину  $\frac{1}{P}$ , устанавливаем на счётчике оборотов (окна слева) эпоху начального максимума (или минимума у затменных переменных), а на спицах — величину  $\frac{1}{P}$ .

В правых окошках каретки должны быть одни нули. После этого, вращая рукояткой, устанавливаем на счётчике оборотов юлианскую дату данного момента\*). Тогда в правых окнах получим  $E$  (число эпох) и  $\Phi^P$ , — фазу, выраженную в долях периода. Это выгоднее, так как облегчает построение графика кривой блеска. Чтобы не ошибиться в считывании этих чисел с окошек арифмометра, надо правильно определить положение подвижного значка запятой, отделяющей целое число  $E$  от дробного числа — фазы. Для этого надо изменить начальную эпоху, прибавив к ней округлённое значение продолжительности одного периода. Тогда в правых окошках где-то выскочит число, близкое к единице. Эту-то единицу и надо отделить подвижной запятой. Для контроля правильности работы надо в конце вычисления серии фаз вернуться к начальной эпохе. Тогда в правых окнах должны вновь выскочить одни нули. При обработке очень большого ряда наблюдений полезно несколько раз возвращаться к начальной эпохе.

Если звёздные величины всех звёзд сравнения известны, то нетрудно из полученных по способу Блажко-Нэйланда оценок путём простой линейной интерполяции вывести значения звёздной величины переменной. Однако эту интерполяцию можно чрезвычайно упростить следующим графическим приёмом. На миллиметровой бумаге надо наметить шкалу звёздных величин и провести ряд параллельных прямых, отмечающих блеск всех звёзд сравнения (рис. 169). Изготовить небольшую линейку из кальки, на которой в произвольном масштабе отложить деления от 0 до, скажем, 5—6 в обе стороны. Косо прикладывая линейку к параллельным линиям на миллиметровой бумаге так, чтобы между двумя определёнными линиями поместилось столько делений, сколько степеней содержится между звёздами сравнения в данной оценке, определим звёздную величину переменной по положению нуля нашей вспомогательной шкалы. Так, например, при сравнении переменной  $v$  с  $a$  ( $6^m,82$ ) и  $b$  ( $7^m,47$ ) получена оценка:  $a2v3b$ . Располагаем нашу линейку так, чтобы  $a$  пришлось на 2, а  $b$  на 3 по разные стороны от нуля (рис. 169). В этом случае на шкале звёздных величин нулю вспомогательной шкалы соответствует звёздная величина  $7^m,08$ .

Таким образом заполняется столбец «Блеск» в журнале обработки наблюдений.

---

\*) Первые два числа юлианский даты (24) можно не устанавливать: они не меняются и не влияют на вычисление фаз.

Однако, пользуясь звёздными величинами, взятыми из какого-нибудь звёздного каталога или почерпнутыми из литературы, т. е. из научных статей других исследователей переменных звёзд, надо иметь в виду возможное различие инструментов и личных свойств наблюдателей. Это различие в первую очередь сказывается на звёздах, отличающихся по цвету. В итоге у каждого наблюдателя (в сочетании с его инструментом) вырабатывается своя фотометрическая система — своя шкала звёздных величин. Так как оценки переменной производятся в системе наблюдателя, то и величины звёзд сравнения

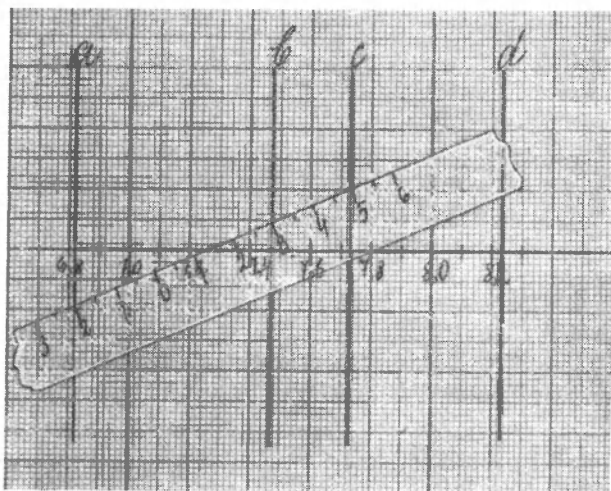


Рис. 169. Перевод оценок блеска переменной в звёздные величины.

надо согласовать с этой системой. Это осуществляется следующим образом. В процессе наблюдений надо изредка (один раз на 7—10 наблюдений) производить оценки всех звёзд сравнения между собой, определяя различие блеска в степенях между соседними по блеску звёздами. Таким путём наберётся некоторое количество оценок вида

$$a5b3c7d2e \text{ и т. д.}$$

Из них надо составить средние оценки, которые будут иметь вид

$$a5,9b2,4c6,9d1,8e \text{ и т. д.}$$

Это есть степенная шкала звёзд сравнения. Если самой слабой звезде (например звезде  $e$ ) мы дадим значение 0,0, то следующая звезда  $d$  получит значение 1,8,  $c$  — 8,7,  $b$  — 11,1,  $a$  — 17,0. Теперь можно сопоставить на графике «чужие» звёздные величины ( $m$ ) и полученные степенные оценки (ст) звёзд сравнения (рис. 170).

Как видим, точки достаточно хорошо определяют направление прямой (как говорят, хорошо «укладываются» на прямую), которая



выражает линейную связь звёздных величин и степеней. Отклонения от прямой, которые видны на графике, выражают собой различие в фотометрических системах. Однако, так как наши степенные оценки мы также не можем считать совершенно точными, то, выравнивая по степенной шкале звёздные величины звёзд сравнения, мы пойдем по пути некоторого компромисса: а именно, из каждой точки мы

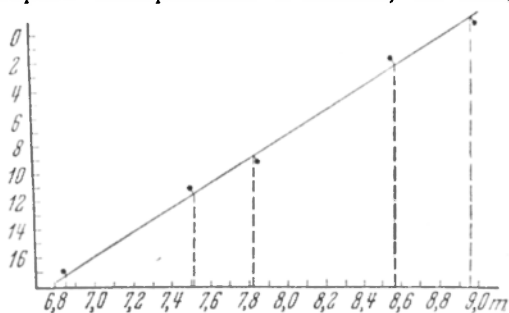


Рис. 170. Выравнивание звёздных величин звёзд сравнения степенной шкалой.

опустим перпендикуляр на прямую и определим, какой звёздной величине соответствует основание этого перпендикуляра. Таким образом, мы как бы несколько исправляем и степенные оценки и звёздные величины. Такое выравнивание можно суммировать в следующей табличке:

Звёзды сравнения	Звёздные величины	Степень	Окончательно принятые выравненные звёздные величины
<i>a</i>	<i>m</i> 6,84	17,0	<i>m</i> 6,86
<i>b</i>	7,48	11,1	7,51
<i>c</i>	7,82	8,7	7,81
<i>d</i>	8,55	1,8	8,57
<i>e</i>	8,96	0,0	8,94

Описанный выше перевод оценок блеска переменной в звёздные величины нужно производить по этим окончательно принятым звёздным величинам.

Если величины звёзд сравнения никем не определялись, то их надо получить самим, пользуясь каким-нибудь фотометрическим стандартом на небе. Такими стандартами являются, например, Северный Полярный Ряд (см. стр. 79, карты и табл. XLII), звёздное скопление Плеяды (см. стр. 122, карту и табл. XLIII), и ряд других областей на небе, для которых многократными специальными исследованиями определены звёздные величины всех звёзд, вплоть до са-

мых слабых. И в этом случае важно провести исправление звёздных величин, полученных из сравнения со звёздами стандарта, при помощи степенной шкалы.

Если период переменной ещё никем не определялся, то можно попытаться определить его впервые самому. Для этого надо на графике по горизонтальной оси отложить юлианские даты, а по вертикальной оси — оценки блеска. При достаточно многочисленных наблюдениях и удачном их распределении по кривой блеска можно подметить период и после некоторых проб определить световые элементы переменной.

Иногда в силу неблагоприятного расположения точек график не даёт ответа на вопрос о периоде переменной, однако имеется несколько надёжных определений максимумов или минимумов блеска. В своей книге «Что и как наблюдать на небе» проф. В. П. Цесевич описал свой оригинальный способ определения периода для случая трёх весьма точных моментов максимума (или минимума) блеска.

Следующий метод определения периода по любому числу моментов максимума (или минимума) блеска в известной степени является развитием и обобщением способа проф. В. П. Цесевича, причём требует меньше вычислений.

Имея ряд моментов минимумов  $T_i$ , составляем независимые разности  $\Delta T_i$  \*) и расписываем их в таблицу, распределяя в порядке их величины. Каждую разность  $\Delta T_i$  можно представить как произведение периода  $P$  на целое число  $n_i$ :

$$\left. \begin{aligned} \Delta T_1 &= n_1 P, \\ \Delta T_2 &= n_2 P, \\ &\dots \dots \dots \\ \Delta T_m &= n_m P. \end{aligned} \right\} \quad (\alpha)$$

Последовательно деля каждое уравнение  $(\alpha)$  на следующее за ним, получим:

$$\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{n_1}{n_2}, \dots, \frac{\Delta T_{m-1}}{\Delta T_m} = \frac{n_{m-1}}{n_m},$$

откуда

$$\left. \begin{aligned} n_2 &= \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} n_1, \\ &\dots \dots \dots \\ n_m &= \frac{\Delta T_m}{\Delta T_{m-1}} n_{m-1}. \end{aligned} \right\} \quad (\beta)$$

Дадим величинам  $n_1$  значения 1, 2... до 4—5 и определим из первого уравнения  $(\beta)$  только такие  $n_2$ , которые были бы целыми числами. С этими значениями  $n_2$  из второго уравнения  $(\beta)$  определим

---

\*) То-есть вычисленные так, что нельзя было бы получить какую-нибудь разность  $\Delta T_i$  простым сложением или вычитанием других разностей.

целочисленные значения  $n_3$  и т. д. Выпишем полученные результаты в таблицу вида

$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$	...	$n_m$
1					
2					
3					
4					
5					

Очевидно, что лишь в одной строке этой таблицы всюду будут целые числа. Тогда по значениям  $n_i$  из уравнений (α) определим ряд значения  $P$  и его среднее значение  $\bar{P}$ , либо сразу вычислим  $\bar{P}$  по формуле

$$\bar{P} = \frac{\sum \Delta T_i}{\sum n_i},$$

где  $i$  меняется от 1 до  $m$ , а  $\sum$  есть знак суммирования.

За подробностями, касающимися других способов обработки наблюдений переменных звёзд, отсылаем к перечисленным книгам.

**О фотографических наблюдениях переменных звёзд.** Располагая экваториалом с часовым механизмом, астроном-любитель может принять более широкое участие в изучении переменных звёзд, организовав систематическое фотографирование звёздного неба и исследование переменных звёзд по негативам. Для фотографирования звёздного неба, в сущности говоря, пригоден любой фотоаппарат, но наилучшие результаты дадут фотокамеры со светосильными объективами типа Индустар 13, Индустар 17, Индустар 4, встречающимися в продаже в фотомагазинах. Эти объективы позволяют получать снимки неба на пластинках 13—18 см и даже 18—24 см, а на пластинках  $9 \times 12$  см они дадут прекрасные изображения звёзд по всей пластинке. В табл. 32 приведены некоторые данные об упомянутых объективах, а также об объективах широко распространённых фотоаппаратов «Фотокор 1» (Ортагоз), «Турист» (Индустар 7) и «ФЭД» (Индустар 10).

Таблица 32

Характеристики фотообъективов

Наименование объектива	Относительное отверстие	Фокусное расстояние (в см)	Диаметры объектива (в см)
Индустар 17	1:5	50	10
Индустар 13	1:4,5	30	6,7
Индустар 4	1:4,5	21	4,7
Ортагоз	1:4,5	13,5	3,0
Индустар 7	1:3,5	10,5	3,0
Индустар 10	1:3,5	5	1,4

Напомним, что чем больше диаметр объектива, тем более слабые звёзды могут быть сфотографированы, а объектив с большим фокусным расстоянием даст больший масштаб на снимке.

Для астрофотографии можно укрепить на трубе фотоаппарат, либо изготовить простой четырёхугольный ящик нужных размеров для имеющегося объектива. В передней стенке должен быть укреплен объектив (лучше всего в металлической оправе с нарезкой, соответствующей винтовой нарезке оправы объектива), а в задней стенке сделаны пазы для кассеты. Ящик должен быть светонепроницаем и вычернен изнутри. Его надо жёстко скрепить с экваториалом, предварительно сцентрировав фотокамеру (по матовому стеклу) с ведущей, т. е. основной трубой. Естественно, что весь инструмент должен быть заново уравновешен с камерой (см. стр. 216). Основная труба будет служить во время фотографирования для контроля работы часового механизма.

Приблизительную фокусировку камеры можно произвести по матовому стеклу на-глаз. Однако точный фотографический фокус надо найти путём пробных фокусировочных снимков. Для этого надо несколько вывинтить объектив в его оправе и затем произвести ряд снимков какой-нибудь яркой звезды, с короткими выдержками, по 15—20 секунд при неподвижной трубе, причём в промежутках между снимками ввёртывать объектив на четверть или половину оборота нарезки. Последнюю выдержку надо сделать более продолжительной, чтобы среди чёрточек — следов звезды — суметь на пластинке отличить первую от последней. Одна из чёрточек окажется тоньше других: она и соответствует фотографическому фокусу. Надо определить, при каком положении объектива этот след получен, и повернуть объектив на нужный угол. Полезно получить ещё один фокусировочный снимок, на этот раз при работающем часовом механизме, т. е. с трубой, следящей за движением звёзд. На снимке звёзды получатся точками, причём в перерывах между выдержками надо не только изменять положение объектива в нарезке (не слишком отходя от найденного положения), но и несколько изменять положение звезды в поле зрения ведущей трубы. В итоге на пластинке получится цепочка точек, из которых наименьшая и самая резкая даст точное положение фокуса.

При точной фокусировке в центре пластинки изображения на краях окажутся немного вне фокуса. Чтобы увеличить площадь наилучших изображений, надо добиваться точной фокусировки не в самом центре пластинки, а в некоторой кольцевой зоне вокруг него. Средний радиус этого кольца различен для разных объективов, в среднем он составляет около  $1/4$  ширины пластинки.

При фотографировании избранного участка неба наблюдатель, установив ведущую звезду (не очень слабую!) на крест нитей главной трубы, должен в течение всей выдержки (которая может длиться несколько десятков минут) следить за положением звезды, подправляя, если это нужно, микрометрическими ключами движение трубы.

Перед объективом фотокамеры должна быть укреплена лёгкая заслонка-затвор, которую наблюдатель мог бы с помощью верёвочки и маленького блока отвести в сторону в момент начала выдержки и поставить на место в конце. Действие заслонки не должно отражаться на плавности движения трубы: не должно быть рывков в моменты открывания и закрывания затвора.

Для фотографирования неба надо брать фотопластинки наивысшей чувствительности, чтобы запечатлеть на снимке как можно более слабые звёзды. Как фотографирование, так и проявление надо производить всегда в одних и тех же условиях, на пластинках одного и того же сорта, с одним и тем же проявителем. Такая однородность материала и единообразие всех деталей работы дадут возможность наиболее полно использовать полученные фотографии.

Для изучения переменных звёзд важно систематическое фотографирование одной и той же области неба в течение длительного времени (например, одного-двух лет<sup>\*)</sup>). Комиссия по изучению переменных звёзд при Астросовете АН СССР в соответствии со своим общим планом и с возможностями любителя может указать ему ещё недостаточно изученный участок неба для исследования.

Оценка блеска переменных на фотографиях производится с лупой по методике, весьма сходной с описанной выше для визуальных наблюдений, с тем отличием, что здесь сравнивается фотографическое действие звёзд разного блеска на фотопластинку. При этом учитываются и сравниваются как интенсивность почернения, так и размеры фотографических изображений переменной звезды и звёзд сравнения. В остальном всё сказанное выше о визуальных наблюдениях переменных звёзд остаётся в силе.

В журнале наблюдений необходимо подробно и тщательно записывать не только дату и моменты начала и конца выдержки, но и все обстоятельства фотографирования (сорт пластинок, ведущую звезду, состояние неба, фазы Луны и т. д.). Перед тем как вынуть пластинку из кассеты, надо, немного приоткрыв шторку, простым карандашом написать на слое число, номер пластинки в эту ночь и объект фотографирования, чтобы в дальнейшем, после проявления и сушки, пользуясь записями в журнале, на краю пластинки чёрной тушью написать очередной номер, число, объект (ведущую звезду), продолжительность выдержки и т. д.

Хранить негативы нужно в отдельных конвертах, предохраняя их от пыли, сырости и нагревания. Для своей «стеклянной библиотеки» надо завести особый каталог, в котором в хронологическом порядке записывать все данные о полученных негативах.

Результаты наблюдений и исследований переменных звёзд (не только специалистов, но и любителей) печатаются в бюллетене «Переменные звёзды», который издаёт Комиссия по изучению переменных звёзд при Астрономическом Совете Академии наук СССР.

---

<sup>\*)</sup> Точнее, в течение двух наблюдательных сезонов, которые длятся для разных областей неба от 2—3 до 6—8 месяцев.

## 9. Заключение

В заключение хотелось бы напомнить будущим молодым учёным, что всякое исследование должно быть доведено до конца, а самые ценные наблюдения и результаты должны быть непременно опубликованы. К сожалению, часто бывает так, что исследователь охладевает к своей работе и не только не заботится о написании статьи, подытоживающей всё исследование, но даже не доводит его до конца.

К этому можно добавить следующие замечания и советы:

1. Астрономические наблюдения любителей могут иметь научное значение только в том случае, если они достаточно однородны (т. е. производятся с одним и тем же инструментом и одинаковым методом) и ведутся систематически.

2. Во многих случаях коллективные (но совершенно не зависящие друг от друга) наблюдения много ценнее индивидуальных. При обработке коллективных наблюдений выявятся индивидуальные различия и личные ошибки наблюдателей, сгладятся случайные ошибки.

3. Перед началом наблюдений надо внимательно продумать программу работы, соизмеряя поставленную задачу со своими инструментальными возможностями. Предусмотреть, чтобы во время наблюдений всё было под руками, чтобы не было спешки и торопливости в движениях. Особое внимание надо уделить технике записи во время ночных наблюдений (освещение!), чтобы не тратить лишнего времени на отвлекающие внимание мелочи.

4. Все записи наблюдений надо вести чётко и аккуратно. Надо выработать чёткое начертание цифр, чтобы никогда нельзя было спутать, например, тройку с девяткой, семёрку с единицей и т. д. Записи надо делать в тетрадях и журналах, а не на отдельных листках.

5. Надо подробно описывать существенные обстоятельства наблюдений и в особенности данные об инструменте.

6. При зарисовках Солнца, планет и т. п., а также при составлении или копировании звёздных карт (например, окрестностей переменных звёзд) надо стремиться к максимальной точности, но не заботиться о «художественной законченности» рисунка, уделяя, однако, внимание хорошему и аккуратному оформлению его.

Со всеми вопросами, касающимися организации астрономической работы, надлежит обращаться в ближайшие отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества (список которых помещён в табл. LX), либо в астрономические обсерватории СССР (табл. LIX).

## АСТРОНОМИЧЕСКАЯ БИБЛИОГРАФИЯ

В этом разделе даётся весьма краткий перечень основных книг и пособий по астрономии, которые могут расширить, углубить и подкрепить сведения, приводимые слишком кратко в Справочнике. Следует указать, что в Астрономическом Календаре ВАГО, издаваемом Гостехиздатом в Москве, систематически публикуется библиография литературы по астрономии и смежным дисциплинам. Библиография Астрономического Календаря включает не только книги, но и все труды советских обсерваторий и институтов, а также все статьи астрономического характера в научных и научно-популярных журналах; систематически публикует астрономическую библиографию и Астрономический журнал — основной советский научный журнал по астрономии, издаваемый Академией наук СССР. Иногда астрономические статьи и обзоры вышедшей астрономической литературы публикуют «Наука и жизнь», «Успехи физических наук», «Физика в школе» и некоторые другие журналы.

В каждом из рекомендуемых учебников и пособий помещены указатели дополнительной литературы.

### ОБЩИЕ КУРСЫ

Блажко С. Н., Курс общей астрономии, Гостехиздат, 1947.

Воронцов-Вельяминов Б. А., Астрономия, учебник для 10-го класса средней школы, Учпедгиз, 1951.

Воронцов-Вельяминов Б. А., Сборник задач и упражнений по астрономии, изд. 3-е, Гостехиздат, 1953.

Полак И. Ф., Курс общей астрономии. Издание 6-е, Гостехиздат, 1951.

Попов П. И., Баев К. Л., Воронцов-Вельяминов Б. А., Куницкий Р. В., Астрономия, Учебник для высших педагогических учебных заведений, изд. 2-е, Учпедгиз, 1949.

Фесенков В. Г., Общая астрономия, Гостехиздат, 1946.

### НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ КНИГИ ОБЩЕГО ХАРАКТЕРА

Воронцов-Вельяминов Б. А., Очерки о вселенной, изд. 2-е, Гостехиздат, 1952.

Ивановский М. П., Дороги к звёздам, «Молодая Гвардия», 1950.

Ивановский М. П., Разведка далёких миров, Детгиз, 1951.

Полак И. Ф., Общедоступная астрономия, Гостехиздат, 1944.

Попов П. И., Общедоступная практическая астрономия, изд. 3-е, Гостехиздат, 1953.

Фесенков В. Г., Современные представления о вселенной, Изд-во АН СССР, 1949.

### КНИГИ ПО РАЗЛИЧНЫМ АСТРОНОМИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ

Амбарцумян В. А., Мустель Э. Р., Соболев В. В., Северный А. Б., Теоретическая астрофизика, Гостехиздат, 1952.

Курс астрофизики и звёздной астрономии, т. I, Гостехиздат, 1951.

Бакулин П. И., Фундаментальные каталоги звёзд, Гостехиздат, 1949.

Блажко С. Н., Курс практической астрономии, изд. 3-е, Гостехиздат, 1951.

- Блажко С. Н., Курс сферической астрономии, Гостехиздат, 1948.  
 Бугославская Е. Я., Фотографическая астрометрия, Гостехиздат, 1947.  
 Воронцов-Вельяминов Б. А., Курс практической астрофизики, ГИТТЛ, 1940.  
 Дубяго А. Д., Вычисление орбит, Гостехиздат, 1949.  
 Дубошин Г. Н., Введение в небесную механику, ОНТИ, 1933.  
 Кондратьев Н. Я., Астрономия в авиации, Восниздат, 1952.  
 Крат В. А., Фигуры равновесия небесных тел, Гостехиздат, 1949.  
 Куницкий Р. В., Курс авиационной астрономии, Восниздат, 1949.  
 Михайлов А. А., Курс гравиметрии и теории фигуры Земли, изд. 2-е, ГУГК, 1939.  
 Михайлов А. А., Теория затмений, Гостехиздат, 1945.  
 Орлов А. Я. и Орлов Б. А., Курс теоретической астрономии (определение орбит планет и комет с помощью счётных машин), ГИТТЛ, 1940.  
 Паренато П. П., Курс звёздной астрономии, изд. 2-е, Гостехиздат, 1947.  
 Сорокин Л. В., Гравиметрия и гравиметрическая разведка, Гостехиздат, 1951.  
 Субботин М. Ф., Курс небесной механики, том I, изд. 2-е, ГИТТЛ, 1941; том II, ОНТИ, 1937; том III, Гостехиздат, 1949.  
 Тихов Г. А., Основы визуальной и фотографической фотометрии, Изд. АН КазССР, 1950.  
 Хлюстин Б. П., Мореходная астрономия, «Морской Транспорт», 1948.  
 Унзольд А., Физика звёздных атмосфер, под редакцией и с дополнениями проф. Э. Р. Мустеля, Изд-во иностр. лит., 1948.  
 Помимо указанных общих курсов и книг, отдельные вопросы разбираются особо в следующих книгах:

### Солнце и солнечная система

- Астапович И. С. и Федынский В. В., Метеоры, Изд-во АН СССР, 1940.  
 Баев К. Л. и Шишаков В. А., Луна, Изд-во АН СССР, 1941.  
 Барабашев Н. П., Исследование физических условий на Луне и планетах, Изд-во Харьк. гос. ун-та, 1952.  
 Бредихин Ф. А., О хвостах комет, ГИТТЛ, 1939.  
 Вавилов С. И., Глаз и Солнце, изд. 4-е, Изд-во АН СССР, 1951.  
 Варсанюфьева В. А., Происхождение и строение Земли, Изд-во геологич. лит-ры, 1946.  
 Вальдмайер М., Результаты и проблемы исследования Солнца, Изд-во иностр. лит., 1950.  
 Зигель Ф. Ю., Загадка Марса, Детгиз, 1952.  
 Калигин Н. Н., Лучи Солнца, Изд-во АН СССР, 1947.  
 Кринов Е. Л., Метеориты, Изд-во АН СССР, 1948.  
 Кринов Е. Л., Тунгусский метеорит, Изд-во АН СССР, 1949.  
 Кринов Е. Л., Небесные камни, Изд-во АН СССР, 1948; Военгиз, 1950.  
 Кринов Е. Л., Сихотэ-Алиньский метеоритный дождь, Изд-во АН СССР, 1948.  
 Кринов Е. Л., Планеты-карлики, Изд-во АН СССР, 1952.  
 Масевич А. Г., Источник энергии Солнца и звёзд, Изд-во АН СССР, 1949.  
 Орлов С. В., Природа комет, Гостехиздат, 1944.  
 Орлов С. В., Голова кометы и новая классификация кометных форм, «Советская наука», 1945.  
 Путилин И. И., Малые планеты, Гостехиздат, 1953.  
 Спенсер Джонс Г., Жизнь на других мирах, Гостехиздат, 1946.  
 Уиннелл Ф., Земля, Луна и планеты, Гостехиздат, 1948.  
 Фесенков В. Г., Метеорная материя в междупланетном пространстве, Изд-во АН СССР, 1947.  
 Тихов Г. А., Новые исследования по вопросу о растительности на планете Марс, ВОПРОСЫ, 1948.



Хабаров А. В., Об основных вопросах истории развития поверхности Луны, Географгиз, 1949.

Шаронов В. В., Марс, Изд-во АН СССР, 1947.

Шаронов В. В., Солнце и его наблюдение, изд. 2-е, Гостехиздат, 1953.

Шкловский И. С., Солнечная корона, Гостехиздат, 1951.

Эйгенсон М. С., Гневывшев М. Н., Оль А. И., Рубашев Б. М., Солнечная активность и её земные проявления, Гостехиздат, 1948.

### Звёзды и звёздные системы

Агекян Т. А., Звёздная вселенная, Изд-во Ленингр. гос. ун-та, 1952.

Бок Б. и Бок П., Млечный Путь, Гостехиздат, 1948.

Воронцов-Вельяминов Б. А., Газовые туманности и новые звёзды, Изд-во АН СССР, 1948.

Гольдберг Л. и Аллер Л., Атомы, звёзды и туманности, Гостехиздат, 1948.

Кукаркин Б. В. и Паренаго П. П., Переменные звёзды, т. I, Физические переменные звёзды, ОНТИ, 1938.

Мартынов Д. Я., Переменные звёзды, т. II, Затменные переменные звёзды, ОНТИ, 1939.

Зверев М. С., Кукаркин Б. В., Мартынов Д. Я., Паренаго П. П., Флоря Н. Ф., Цессевич В. П., Переменные звёзды, т. III, Методы изучения переменных звёзд, Гостехиздат, 1947.

Паренаго П. П. и Кукаркин Б. В., Переменные звёзды и способы их наблюдения, изд. 2-е, Гостехиздат, 1948.

Паренаго П. П., Мир звёзд, Изд-во АН СССР, 1951.

Паренаго П. П., Строение вселенной, Госкультпросветиздат, 1949.

Мензел Д., Бэкер Д., Аллер Л., Шортли Л., Хэбб М., Гольдберг Л., Физические процессы в газовых туманностях, Изд-во иностр. лит., 1948.

Кукаркин Б. В., Исследование строения и развития звёздных систем на основе изучения переменных звёзд, Гостехиздат, 1949.

Шепли Х., Галактики, Гостехиздат, 1948.

Эйгенсон М. С., Большая вселенная, Изд-во АН СССР, 1936.

### Космогония

Барабашев Н. П., Борьба с идеализмом в области космогонических и космологических гипотез, Изд-во Харьк. гос. ун-та, 1952.

Воронцов-Вельяминов Б. А., Происхождение небесных тел, Воениздат, 1951.

Ивановский М. П., Рождение миров, «Молодая Гвардия», 1951.

«Труды первого совещания по вопросам космогонии 16—19 апреля 1951», Изд-во АН СССР, 1951.

Сборник «Вопросы космогонии», Изд-во АН СССР, № 1, 1952, № 2, 1953.

Фесенков В. Г., Космогония солнечной системы, Изд-во АН СССР, 1944.

Фесенков В. Г., Проблема эволюции Земли и планет, Изд-во АН Каз. ССР, Алма-Ата, 1950.

Шмидт О. Ю., Четыре лекции о происхождении Земли, Изд-во АН СССР, изд. 2-е, 1950.

Шмидт О. Ю., Возникновение планет и их спутников. Труды Геофизического института, № 11 (138), Изд-во АН СССР, 1950.

### ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ И БИОГРАФИИ

Баев К. Л., Коперник, Жур.-газ. объединение, 1935.

Баев К. Л., Создатели новой астрономии, Учпедгиз, 1948.

Берри А., Краткая история астрономии, изд. 2-е, Гостехиздат, 1946.

Блажко С. Н., Коперник, ГИЗ, 1926.

- Бруно Джордано, Диалоги, Госполитиздат, 1949.
- Вавилов С. И., Исаак Ньютон (1643—1943), Изд-во АН СССР, 1943.
- Воронцов-Вельяминов Б. А., Лаплас, Жур.-газ. объединение, 1937.
- Галилей Галилео, Диалог о двух главнейших системах мира — птоломеевой и коперниковой, Гостехиздат, 1948.
- Идельсон И. И., Николай Коперник (1543—1943), 400-летие со дня смерти Коперника, Изд-во АН СССР, 1943.
- Кары-Ниязов Т. Н., Астрономическая школа Улугбека, Изд-во АН СССР, 1950.
- Ковальский М. А., Избранные работы по астрономии, Гостехиздат, 1951.
- Куликовский П. Г., П. К. Штернберг, Изд-во МГУ, 1950.
- Куликовский П. Г., М. В. Ломоносов — астроном и астрофизик, Гостехиздат, 1950.
- Куницкий Р. В., Развитие взглядов на строение солнечной системы, изд. 5-е, Гостехиздат, 1952.
- Леонов Н. И., Улугбек — великий астроном XV века, изд. 2-е, Гостехиздат, 1950.
- Масон М. Е., Обсерватория Улугбека, Ташкент, 1941.
- Морозов А. А., Михаил Васильевич Ломоносов, Изд-во «Молодая Гвардия», 1950.
- Орлов С. В., Фёдор Александрович Бредихин, Изд-во МГУ, 1948.
- Перель Ю. Г., Выдающиеся русские астрономы, Гостехиздат, 1951.
- Райков Б. Е., Очерки по истории гелиоцентрического мировоззрения в России, изд. 2-е, Изд-во АН СССР, 1947.
- Ревзин Г., Николай Коперник (1473—1543), «Молодая Гвардия», 1949.
- Садыков Х. У., Бируни и его работы по астрономии и математической географии, Гостехиздат, 1953.
- Цейтлин З., Галилей, Жур.-газ. объединение, 1935.
- Галилео Галилей (1564—1642), Сборник, посвященный 300-летней годовщине со дня смерти Галилео Галилея, Изд-во АН СССР, 1943.
- Николай Коперник (1473—1543), Сборник статей к 400-летию со дня смерти Изд-во АН СССР, 1947.
- Исаак Ньютон (1643—1727), Сборник статей к 300-летию со дня рождения, Изд-во АН СССР, 1943.
- «Астрономия в СССР за 30 лет (1917—1947)», Сборник статей ведущих советских астрономов, Гостехиздат, 1948.
- Ченакал В. Л., Очерки по истории русской астрономии (Наблюдательная астрономия в России XVII и начала XVIII в.), Изд-во АН СССР, 1951.
- Труды Института истории естествознания АН СССР, том II, 1948. Статьи акад. В. Г. Фесенкова и чл.-корр. Академии педагогических наук Б. А. Воронцова-Вельяминова по истории астрономии в России и в СССР.
- «Сто лет Пулковской обсерватории», Сборник статей, Изд-во АН СССР, 1945.

## АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ. РАЗЛИЧНЫЕ ВОПРОСЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА

- Димитров Г. и Бэкер Д., Телескопы, Гостехиздат, 1917.
- Максотов Д. Д., Астрономическая оптика, Гостехиздат, 1946.
- Максотов Д. Д., Изготовление и исследование астрономической оптики, Гостехиздат, 1948.
- Муратов С. В., Зеркальный телескоп и его изготовление домашними средствами, Научное книгоиздательство, 1929.
- Навашин М. С., Инструкция к изготовлению самодельного рефлектора, Изд-во АН СССР, 1949.
- Навашин М. С., Телескоп астронома-любителя, Гостехиздат, 1950.
- Навашин М. С., Самодельный телескоп-рефлектор, Гостехиздат, 1953.
- Огородников К. Ф., Как наблюдали небо раньше и как наблюдают его теперь, Изд-во АН СССР, 1938.

Паренаго П. П., *Астрономические обсерватории, ОНТИ*, 1936.  
Смирнов А. М., *Пособия по астрономии, Учпедгиз*, 1936.  
Чикин А. А., *Астрономическая труба из очковых стёкол, ГТТИ*, 1932.  
Шишаков В. А., *Простейший самодельный телескоп и наблюдения с ним, Московский планетарий*, 1940.

## ИНСТРУКЦИИ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ, ЗВЁЗДНЫЕ АТЛАСЫ, АСТРОНОМИЧЕСКИЕ КАЛЕНДАРИ

Гальперсон С., *Атлас Луны*, изд. 2-е, Научное книгоиздательство, 1922.

Ленгауэр Г. Г., *Карманный атлас звёздного неба, Учпедгиз*, 1949.

Мессер Я., *Звёздный атлас для небесных наблюдений*, изд. 3-е, СПб, 1901.

Михайлов А. А., *Звёздный атлас. Четыре карты звёздного неба до 40° южного склонения, содержащие все звёзды до 5½ величины*, изд. 2-е, Моск. о-во любит. астрономии, 1920.

Михайлов А. А., *Атлас Северного звёздного неба, ГИЗ*, 1920.

Михайлов А. А., *Звёздный атлас, 20 карт всего неба, содержащие звёзды до 8,25 звёздной величины, Гостехиздат*, 1952.

Цесевич В. П., *Что и как наблюдать на небе, Гостехиздат*, 1950.

Цесевич В. П., *Переменные звёзды и их значение для изучения все-ленной*, Изд-во АН УССР, Киев, 1949.

*Астрономический Календарь (ежегодник). Переменная часть. Издаётся Гостехиздатом в Москве.*

*Школьный Астрономический Календарь, издаётся Учпедгизом.*

*Краткий Астрономический Календарь, издаётся АН УССР в Киеве на русском языке.*

*Русский астрономический календарь. Постоянная часть. изд. 4-е, Нижний Новгород*, 1930.

Набоков М. Е., *Астрономические наблюдения с биноклем*, изд. 3-е, Гостехиздат, 1948.

Набоков М. Е., *Методика преподавания астрономии в средней школе, Учпедгиз*, 1948.

*Инструкция для наблюдений планет и комет, составили В. А. Бронштэн и С. В. Орлов, Изд. ВАГО при АН СССР*, 1948.

*Инструкция для наблюдений солнечных и лунных затмений, составили Н. Я. Бугославская, В. А. Бронштэн и Б. Ю. Левин, Изд. ВАГО при АН СССР*, 1952.

*Инструкция для наблюдений матых планет, составлена И. И. Путильным, Изд. ВАГО при АН СССР*, 1950.

*Инструкция для наблюдений метеоров, составили М. М. Дагаев и В. В. Федынский, Изд. ВАГО при АН СССР (готовится новое издание).*

*Инструкция для визуальных наблюдений солнечных пятен, составлена Ю. М. Слоним, Бюллетень комиссии по исследованию Солнца № 3—4 (17—18), Изд-во АН СССР*, 1949.

*Инструкция для наблюдений Солнца, составлена Н. Я. Бугославской и В. В. Базилевич, Изд. ВАГО при АН СССР*, 1948.

*Инструкция для наблюдений переменных звёзд, составлена Ф. Ю. Зиглем. Изд. АН СССР*, 1948.

# ТАБЛИЦЫ

Таблица I A

## Астрономические знаки и обозначения

☉	Солнце, а также Воскресенье
☾	Луна » Понедельник
♂	Марс » Вторник
☿	Меркурий » Среда
♃	Юпитер » Четверг
♀	Венера » Пятница
♄	Сатурн » Суббота
♁	или ⊕ Земля
♅	или ♀ Уран
♆	или ♁ Нептун
♇	или ♃ Плутон
*	звезда
☄	комета
♁	астероид № 86
Var	переменная звезда
♊	или ♂, восходящий узел орбиты
♋	или ♀ нисходящий узел орбиты
♌	соединение (разность геоцентрических долгот 0°)
♍	противостояние (разность долгот 180°)
□	квадратура (разность долгот 90°)
●	новолуние
☾	первая четверть
○	полнолуние
☾	последняя четверть
α	или AR прямое восхождение
δ	склонение
λ	эклиптическая долгота, а также географическая долгота
β	эклиптическая широта
φ	географическая широта
z	зенитное расстояние

## Знаки Зодиака

♈	Овен, а также точка весеннего равноденствия
♉	Телец
♊	Близнецы
♋	Рак, а также точка летнего солнцестояния
♌	Лев
♍	Дева
♎	Весы, а также точка осеннего равноденствия
♏	Скорпион
♐	Стрелец
♑	Козерог, а также точка зимнего солнцестояния
♒	Водолей
♓	Рыбы
N	Север
S	Юг
E	Восток
W	Запад
a	год
d	сутки
h m s	час, минута, секунда времени
° ' "	градус, минута, секунда дуги
A	азимут
μ	собственное движение
l	галактическая долгота
b	галактическая широта
π	годовой параллакс
V <sub>r</sub>	лучевая скорость
g	ускорение силы тяжести

## Греческий и латинский алфавиты

## ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ

Α, α альфа	Ν, ν ни
Β, β бэта	Ξ, ξ кси
Γ, γ гамма	Ο, ο омикрон
Δ, δ дельта	Π, π пи
Ε, ε эпсилон	Ρ, ρ ро
Ζ, ζ дзета	Σ, σ, ς сигма
Η, η эта	Τ, τ тау
Θ, θ, ϑ тэта	Υ, υ ипсилон
Ι, ι иота	Φ, φ фи
Κ, κ каппа	Χ, χ хи
Λ, λ ламбда	Ψ, ψ пси
Μ, μ ми	Ω, ω омега

## ЛАТИНСКИЙ АЛФАВИТ

A, a а	J, j йот	S, s эс
B, b бэ	K, k ка	T, t тэ
C, c цэ	L, l эль	U, u у
D, d дэ	M, m эм	V, v вэ
E, e э	N, n эн	W, w дубль-вэ
F, f эф	O, o о	X, x икс
G, g гэ	P, p пэ	Y, y игрек
H, h ха	Q, q ку	Z, z зэт
I, i и	R, r эр	

## Таблица II А

## Единицы длины

- 1 метр (м) = 1 553 164,13 длины волны красной кадмиевой линии при сухом воздухе, при температуре 15° С и 760 мм давления  
 1 сантиметр (см) =  $10^{-2}$  м  
 1 миллиметр (мм) =  $10^{-3}$  м  
 1 микрон (μ) =  $10^{-4}$  см  
 1 миллимикрон (mμ) =  $10^{-7}$  см  
 1 ангстрем (Å) =  $10^{-8}$  см  
 1 километр (км) =  $10^3$  м  
 1 верста = 500 сажен = 1,06680 км  
 1 сажень = 3 аршина = 2,13356 м (= 7 англ. футам)  
 1 аршин = 16 вершков = 0,7112 м  
 1 вершок = 4,44500 см  
 1 морская миля = 1,8522 км (соответствует 1' дуги меридиана)  
 1 английская миля = 1,6093426 км  
 1 английский фут = 12 дюймам = 30,48001 см  
 1 английский дюйм = 2,540 см  
 1 астрономическая единица (а. е.) = 149 504 000 км  
 1 световой год =  $9,463 \cdot 10^{17}$  см = 0,3069 парсека = 63204 а. е.  
 1 парсек (пс) =  $30,84 \cdot 10^{17}$  см = 206 265 а. е. = 3,259 световых лет  
 1 килопарсек (кпс) = 1 000 парсеков  
 1 мегапарсек (мпс) = 1 000 000 парсеков

## Некоторые математические величины

$$\begin{aligned}\pi &= 3,1415926536; & \lg \pi &= 0,49719873 \\ e &= 2,7182818284; & \lg e &= 0,434294482 \\ M &= \lg e = 0,4342944829; & \lg M &= 1,6377843 \\ \frac{1}{M} &= \ln 10 = 2,3025850930; & \lg \frac{1}{M} &= 0,3622157\end{aligned}$$

$$1 \text{ радиан} = \frac{180^\circ}{\pi} = 57^\circ,2957795131 = 57^\circ 17' 44'',806 = 3437',74677078 = 206264'',80625$$

$$1^\circ = 0,0174533 \text{ радиана}; 1' = 0,000290888 \text{ радиана}; 1'' = 0,0000048414 \text{ радиана}$$

$$\text{Площадь сферы} = 41253 \text{ квадратных градуса}$$

$$360^\circ = 21600' = 1296000''$$

$$2\pi = 6,28319$$

$$\frac{1}{\pi^2} = 0,10132$$

$$\sqrt{\frac{2}{\pi}} = 0,79788$$

$$\frac{\pi}{4} = 0,78540$$

$$\sqrt{\pi} = 1,77245$$

$$\sqrt[3]{\pi} = 1,46459$$

$$\frac{4\pi}{3} = 4,18879$$

$$1/\sqrt{\pi} = 0,56419$$

$$\frac{1}{e} = 0,36788$$

$$\pi^2 = 9,86960$$

$$\sqrt{2\pi} = 2,50663$$

$$e^2 = 7,38906$$

$$\frac{1}{\pi} = 1,31831$$

$$\sqrt{\frac{\pi}{2}} = 1,25331$$

$$\frac{1}{e^2} = 0,13534$$

$$\sqrt{2} = 1,41421$$

$$\sqrt{3} = 1,73205$$

$$\sqrt{10} = 3,16228$$

Таблица III

## Некоторые физические постоянные

Универсальная постоянная тяготения  $G$ , входящая в закон тяготения Ньютона

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

$$G = (6,670 \pm 0,005) \cdot 10^{-8} \text{ с.м}^3 \text{ сек}^{-2}$$

Ускорение силы тяжести на широте  $45^\circ$  (абсолютное)  $g_{45^\circ} = 980,616 \text{ с.м} \cdot \text{сек}^{-2}$

Стандартное ускорение силы тяжести (принятое для барометрических расчётов)  $g_0 = 980,665 \text{ с.м} \cdot \text{сек}^{-2}$

Число Авогадро (число молекул на моль)  $N_0 = (6,02283 \pm 0,0011) \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$

Число Лошмидта (число молекул в  $1 \text{ см}^3$  при  $0^\circ \text{C}$  и нормальном давлении)  $N_L = (2,687012 \pm 0,00050) \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$

Механический эквивалент тепла  $(4,1855 \pm 0,0004) \text{ дж} \cdot \text{кал}^{-1}$

Скорость света в пустоте  $c = (299776 \pm 4) \text{ км} \cdot \text{сек}^{-1}$

Постоянная Больцмана  $k = (1,380474 \pm 0,00026) \cdot 10^{-16} \text{ эрг} \cdot \text{град}^{-1}$

Постоянная Планка  $h = (6,6242 \pm 0,0024) \cdot 10^{-27} \text{ эрг} \cdot \text{сек}$

Заряд электрона  $e = (4,8025 \pm 0,0010) \cdot 10^{-10} \text{ абс. эл. стат. ед.}$

Масса электрона  $m = (9,1066 \pm 0,032) \cdot 10^{-28} \text{ г}$

Масса протона  $M_p = (1,67248 \pm 0,00031) \cdot 10^{-24} \text{ г}$

Постоянная закона Стефана-Больцмана, рассчитанная для полусферы,  $1 \text{ см}^2$  и  $1 \text{ сек}$   $\sigma = (5,67283 \pm 0,0037) \cdot 10^{-5} \text{ эрг} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{град}^{-3} \cdot \text{сек}^{-1}$

Постоянная закона смещения Вина  $A = (0,28972 \pm 0,00007) \text{ см} \cdot \text{град}.$

Давление в 1 атмосферу (стандартная атмосфера)

$$A_0 = (1,013246 \pm 0,000004) \cdot 10^6 \text{ дин} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{атм}^{-1}$$

1 калория (малая)  $= 4,182 \text{ дж}$

Абсолютный ноль  $0^\circ \text{K} = -273,16^\circ \text{C}$

\*) С точностью до двадцатой доли процента можно принять:

$$G = \frac{2000}{3} \cdot 10^{-10} \text{ с.м}^3 \text{ сек}^{-2} \text{ (по П. П. Паренаго).}$$

Таблица IV

## Химические элементы

Элемент	Символ	Атом- ный номер	Атомный вес	Элемент	Символ	Атом- ный номер	Атомный вес
Водород	H	1	1,0080	Серебро	Ag	47	107,880
Гелий <sup>1)</sup>	He	2	4,003	Кадмий	Cd	48	112,41
Литий	Li	3	6,940	Индий	In	49	114,76
Бериллий <sup>2)</sup>	Be	4	9,02	Олово	Sn	50	118,70
Бор	B	5	10,82	Сурьма	Sb	51	121,76
Углерод	C	6	12,010	Теллур	Te	52	127,61
Азот	N	7	14,008	Иод	I	53	126,92
Кислород	O	8	16,0000	Ксенон	Xe	54	131,3
Фтор	F	9	19,00	Цезий	Cs	55	132,91
Неон	Ne	10	20,183	Барий	Ba	56	137,36
Натрий	Na	11	22,997	Лантан	La	57	138,92
Магний	Mg	12	24,32	Церий	Ce	58	140,13
Алюминий	Al	13	26,97	Празеодим	Pr	59	140,92
Кремний	Si	14	28,06	Неодим	Nd	60	144,27
Фосфор	P	15	30,98	Прометий <sup>4)</sup>	Pm	61	147
Сера	S	16	32,066	Самарий	Sm	62	150,43
Хлор	Cl	17	35,457	Европий	Eu	63	152,0
Аргон	A	18	39,944	Гадолиний	Gd	64	156,9
Калий	K	19	39,096	Тербий	Tb	65	159,2
Кальций	Ca	20	40,08	Диспрозий	Dy	66	162,46
Скандий	Sc	21	45,10	Гольмий	Ho	67	164,94
Титан	Ti	22	47,90	Эрбий	Er	68	167,2
Ванадий	V	23	50,95	Тулий	Tu	69	169,4
Хром	Cr	24	52,01	Иттербий	Yb	70	173,04
Марганец	Mn	25	54,93	Лютеций <sup>6)</sup>	Lu	71	174,99
Железо	Fe	26	55,85	Гафний	Hf	72	178,6
Кобальт	Co	27	58,94	Тантал	Ta	73	180,88
Никель	Ni	28	58,69	Вольфрам	W	74	183,92
Медь	Cu	29	63,54	Рений	Re	75	186,31
Цинк	Zn	30	65,38	Осмий	Os	76	190,2
Галлий	Ga	31	69,72	Иридий	Ir	77	193,1
Германий	Ge	32	72,60	Платина	Pt	78	195,23
Мышьяк	As	33	74,91	Золото	Au	79	197,2
Селен	Se	34	78,96	Ртуть	Hg	80	200,61
Бром	Br	35	79,916	Таллий	Tl	81	204,39
Криптон	Kr	36	83,7	Свинец	Pb	82	207,21
Рубидий	Rb	37	85,48	Висмут	Bi	83	209,00
Стронций	Sr	38	87,63	Полоний	Po	84	210
Иттрий	Y	39	88,92	Астатин <sup>4)</sup>	At	85	211
Цирконий	Zr	40	91,22	Радон	Rn	86	222
Ниобий <sup>3)</sup>	Nb	41	92,91	Франций <sup>5)</sup>	Fr	87	223
Молибден	Mo	42	95,95	Радий	Ra	88	226,05
Технеций <sup>4)</sup>	Tc	43	99	Актиний	Ac	89	226—7
Рутений	Ru	44	101,7	Торий	Th	90	232,12
Родий	Rh	45	102,91	Протактиний	Pa	91	231
Палладий	Pd	46	106,71	Уран <sup>6)</sup>	U	92	238,07

<sup>1)</sup> Впервые обнаружен на Солнце в 1868 г.

<sup>2)</sup> Имеет также название глоссиний (Gl)

<sup>3)</sup> Имеет также название колумбий (Cb)

<sup>4)</sup> В природе отсутствует, получен искусственно.

<sup>5)</sup> Имеет также название кассиопий (Cp)

<sup>6)</sup> Искусственно получены трансурановые элементы: 93 Нептуний (Np), 94 Плутоний (Pu), 95 Америций (Am), 96 Кюрий (Cm), 97 Берклий (Bk), 98 Калифорний (Cf).



# Таблица

## Некоторые астрономические постоянные

Постоянная аберрации	$20'',47$	(Принято на международной конференции
Постоянная нутации	$9'',21$	в 1896 г.)
Постоянная прецессии — годовое прецессионное увеличение долгот звёзд —	$\psi = 50'',2564 + 0'',000\,222 \cdot t$ , где $t$ отсчитывается от 1900 г. в юлианских годах	
Постоянная прецессии по прямому восхождению	$m = 46'',0850 + 0'',000\,279 \cdot t$ , где $t$ в тропических годах	
или	$m = 3'',07234 + 0'',000\,186 \cdot t$ , где $t$ в тропических годах	
Постоянная прецессии по склонению	$n = 20'',0468 - 0'',000\,085 \cdot t$ , где $t$ в тропических годах	
Среднее наклонение экватора к эклиптике	$\epsilon = 23^\circ 27' 8'',26 - 0'',4684 \cdot t$ , где $t$ в тропических годах	
Продолжительность юлианского года	365,25 средних суток	
Продолжительность среднего гражданского года (григорианский стиль)	365,2425 средних солнечных суток $= 365^d 5^h 49^m 12^s$	
Продолжительность тропического года	$365,24219879 - 0,0000000614 t$ *)	
Продолжительность тропического года в 1950 г.	365,242193 ср. суток	
Продолжительность звёздного года в 1950 г.	365,256360 ср. суток	
Продолжительность аномалистического года в 1950 г.	365,259643 ср. суток	
Продолжительность драконического года	346,620063 ср. суток	
Продолжительность лунного года	$= 12$ синодических месяцев $= 354,36$ средних солнечных суток	
Продолжительность синодического месяца	29,530588 ср. суток **)	
Продолжительность сидерического месяца	27,321661 ср. суток	
Продолжительность аномалистического месяца	27,554550 ср. суток	
Продолжительность тропического месяца	27,321582 ср. суток	
Продолжительность драконического месяца	27,212220 ср. суток	
1 средние солнечные сутки	$= 1,002737909$ звёздных суток $= 24^h 3^m 56^s,5554$ звёздного времени	
1 звёздные сутки	$= 0,997269566$ средних солн. суток $= 23^h 56^m 4^s,0905$ среднего солнечного времени	
Параллакс Солнца	$8'',80$ ***)) (Принято на международной конференции в Париже в 1893 г.)	
Астрономическая единица	149 504 000 км ***))	
Экваториальный горизонтальный параллакс Луны	$3422'',70 = 57' 2'',70$	
Среднее расстояние Луны от Земли	384 400 км	
Гауссова постоянная $k$	$= 0,01720209395 = 0^\circ,9356076686 = 59',136460 = 3548'',18761$ ; $\lg k = 8,2355814414 - 10$	
Период кометы или астероида	$1,00304027 a^{2/3}$ тропических лет $= 365,256898 a^{1/3}$ ср. солн. суток	
Свет проходит 1 а. е. в	$498^s,38 = 8^m,306 = 0^h,1384 = 0^d,005768$ (вычислено по постоянной аберрации)	
Световой год	$= 9,463 \cdot 10^{12}$ км $= 63\,290$ а. е. $= 0,3069$ парсека	
Парсек	$= 30,84 \cdot 10^{12}$ км $= 206265$ а. е. $= 3,259$ светового года	
Сутки	$= 24^h = 1440^m = 86400^s$	
Юлианский год	$= 8766^h = 52960^m = 31557600^s$	
Тропический год	$= 8765^h,813 = 525\,948^m,77 = 31\,556\,926^s,34 - 0^s,0053 \cdot t$	

\*) Уменьшается на 0,53 секунды в сто лет.

\*\*) Меняется от  $29^d,25$  до  $29^d,83$ .

\*\*\*)) См. примечание на стр. 305.

## Данные о Земле

## Международный эллипсоид (1924 г.)

Экваториальный радиус  $a = 6378,388$  кмПолярный радиус  $b = 6356,912$  кмСплюснутость земного эллипсоида  $c = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{297,0}$ .Эксцентриситет земного меридиана  $e = \sqrt{2c - c^2} = 0,081992$ 

## Советский эллипсоид (1940 г.)

Экваториальный радиус  $a = 6378,245 \pm 0,015$  кмПолярный радиус  $b = 6356,863$  кмСплюснутость земного эллипсоида  $c = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298,3 \pm 0,4}$ 

Длина окружности экватора 40075,696 км

Поверхность Земли 510000000 км<sup>2</sup>Поверхность суши 149041000 км<sup>2</sup> = 29%\* всей поверхности ЗемлиВодная поверхность 361059000 км<sup>2</sup> = 71% всей поверхности ЗемлиОбъем Земли  $1,083320 \cdot 10^{12}$  кмМасса Земли  $5,974 \cdot 10^{27}$  г\*\*)Средняя плотность Земли  $5,517 \pm 0,004$  г · см<sup>-3</sup>Средняя плотность у поверхности 2,65 г · см<sup>-3</sup>Критическая скорость (скорость освобождения) 11,2 км · сек<sup>-1</sup>

Длина 1° географической широты 111,1365—0,562 cos 2φ км (см. табл. VIII)

Длина 1° географической долготы 111,417 cos φ—0,094 cos 3φ км (см. табл. VIII)

Разность географической φ и геоцентрической φ' широт

$$\varphi - \varphi' = 11'32'',62 \sin 2\varphi - 1'',11 \sin 4\varphi \text{ (см. табл. VIII)}$$

Линейная скорость точки экватора 465 м · сек<sup>-1</sup>; линейная скорость точки земной поверхности на широте φ равна 465 · cos φ м · сек<sup>-1</sup> (на широте 30°—403 м · сек<sup>-1</sup>, на широте 60°—233 м · сек<sup>-1</sup>, на полюсе 0 м · сек<sup>-1</sup>)

Средняя скорость движения Земли по орбите 29,76 км · сек<sup>-1</sup> ≈ 100 000 км · час<sup>-1</sup>

Ускорение силы тяжести  $g_0 = 980,665$  см · сек<sup>-2</sup>Ускорение силы тяжести на широте 45°  $g_{45^\circ} = 980,616$  см · сек<sup>-2</sup>Ночное излучение Земли (в ясную ночь) 0,1—0,2 кал · см<sup>2</sup> · мин<sup>-1</sup>

## Таблица VII

## Изменение плотности воздуха и давления с высотой

$h$ км	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$p$ мм Hg	760	210	42	9,5	2,4	0,8	0,2	0,11	0,03	0,0019	0,00042
$\rho$ г/м <sup>3</sup>	1220	425	92	19	4,3	1,3	0,38	0,12	0,025	0,004	0,0008

\*) Около 0,1 суши покрыто вечными снегами и льдами.

\*\*) Около 7% земной массы составляет масса воды во всех её формах.

Разность географической и геоцентрической широт  $\varphi - \varphi'$ , длина дуги меридиана и длина дуги параллели

$\varphi$	$\varphi - \varphi'$	Дуга меридиана (в м)			Дуга параллели (в м)		
		Дуга в $1''$	Дуга в $1'$	Дуга в $1''$	Дуга в $1''$ , т. е. в $4^m$ дуги меридиана	Дуга в $1'$ , т. е. в $4^s$ дуги меридиана	Дуга в $1''$ , т. е. в $0^s,07$ дуги меридиана
0°	0 0",0	110 576	1 842,87	30 71	111 321	1 855,35	30,92
5	1 59,8	110 581	1 843,02	30,72	110 900	1 848,33	30,81
10	3 56,1	110 606	1 843,43	30,73	109 640	1 827,33	30,46
15	5 45,3	110 647	1 844,12	30,74	107 552	1 792,53	29,88
20	7 24,1	110 703	1 845,15	30,75	104 648	1 744,13	29,07
25	8 49,4	110 772	1 846,10	30 77	100 951	1 682,52	28,04
30	9 58,8	110 854	1 847,58	30,79	96 490	1 608,13	26,80
35	10 50,1	110 940	1 849,00	30,82	91 289	1 521,48	25,36
40	11 21,7	111 034	1 850,57	30,84	85 395	1 423,25	23 72
45	11 32,6	111 132	1 852,10	30,87	78 848	1 314,13	21,50
50	11 22,5	111 230	1 853,83	30,90	71 697	1 194,95	19,90
55	10 51,6	111 325	1 855,42	30,92	63 995	1 066,58	17,78
60	10 0,8	111 414	1 856,90	30,95	55 801	930,02	15,50
65	8 51,7	111 494	1 858,23	30,97	47 177	786,28	13,10
70	7 26,4	111 564	1 859,40	30,99	38 187	636,45	10,61
75	5 47,3	111 621	1 860,35	31,00	28 903	481,72	8,03
80	3 57,3	111 662	1 861,03	31,01	19 394	323,25	5,39
85	2 0,6	111 688	1 861,47	31,02	9 735	162,25	2,70
90	0 0,0	111 696	1 861,62	31,03	0	0	0

**Продолжительность самого длинного и самого короткого дня  
на разных широтах**

Широта	Максимальная продолжительность дня	Минимальная продолжительность дня	Широта	Максимальная продолжительность дня	Минимальная продолжительность дня
0°	12 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup>	12 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup> ,5	50°	16 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>	8 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup>
10	12 40	11 30	55	17 17	7 5
20	13 18	10 53	60	18 45	5 45
30	14 2	10 10	65	21 43	3 22
40	14 58	9 16	65 59	24 0	2 30
45	15 33	8 42	67 7		0 0

Таблица IXB

**Продолжительность полярного дня и полярной ночи  
на разных широтах**

Северная широта	Полярный день	Полярная ночь	Южная широта	Полярный день	Полярная ночь
70°	70 <sup>d</sup>	55 <sup>d</sup>	70°	65 <sup>d</sup>	59 <sup>d</sup>
75	107	93	75	101	99
80	137	123	80	130	130
85	163	150	85	156	158
90	189	176	90	182	183

Таблица X

**Данные о Луне**

Средний суточный параллакс Луны 57'2",70 (параллакс меняется в среднем от 52' до 62')

Среднее расстояние Луны от Земли 384400 км = 0,00257 а. е. = 60,26659 радиусов Земли (расстояние меняется от 363 000 до 405 000 км)

Наибольший видимый угловой диаметр Луны 33'40"

Наименьший видимый угловой диаметр Луны 29'24"

Видимый угловой диаметр Луны на среднем расстоянии от Земли 31'5",16

Диаметр Луны 3473,4 км = 0,27227 диаметра Земли

Объём Луны 0,020254 объёма Земли

Масса Луны 1/81,45 массы Земли = 0,012277 массы Земли = 1/27158000 массы Солнца =  $7,35 \cdot 10^{22}$  г

Плотность Луны 3,34 г · см<sup>-3</sup> = 0,606 плотности Земли

Ускорение силы тяжести на поверхности Луны 1,61 м · сек<sup>-2</sup>

Критическая скорость (скорость освобождения) 2,4 км/сек

Эксцентриситет лунной орбиты 0,05490

Наклонение лунной орбиты 5°8'43",4

Среднее наклонение лунного экватора к орбите 6°40',7 (наклонение меняется от 6°49' до 6°31')

Наклонение лунного экватора к эклиптике 1°32',1

Либрация по долготе 7°54'

Либрация по широте 6°50'

Невидимая часть поверхности Луны составляет 0,410 всей поверхности Луны

Средняя скорость движения Луны по орбите  $1,02 \text{ км/сек}$   
 Сидерический месяц  $27^d 7^h 43^m 11^s,47 = 27^d,321661$  ср. суток  
 Синодический месяц  $29^d 12^h 44^m 2^s,78 = 29^d,530588$  ср. суток (меняется от  $29^d,25$  до  $29^d,83$ ).

Сферическое альbedo Луны  $0,07$

Видимая звёздная величина в полнолунии —  $12^m,6$

Показатель цвета Луны  $+1^m,2$

Освещённость, создаваемая полной Луной на Земле на поверхности, перпендикулярной к направлению падающих лучей,  $0,24$  люкса (освещённость при тех же условиях наблюдения при разных углах фазы — см. таблицу XI)

Таблица XI

Освещённость, создаваемая Луной при разных углах фазы на поверхности, перпендикулярной к направлению падающих лучей

Угол фазы	Освещённость	
	до полнолуния	после полнолуния
$0^\circ$	100 (полнолуи.)	100 (полнолуи.)
10	78,8	76,0
20	60,3	58,7
30	46,6	45,3
40	35,7	35,0
50	27,6	27,3
60	21,1	21,1
70	16,2	15,6
80	12,0	11,1
90	8,2 (перв. четв.)	7,8 (посл. четв.)
100	5,6	5,8
110	3,8	4,1
120	2,5	2,6
130	1,5	1,6
140		0,9
150		0,4

Таблица XII

#### Данные о Солнце

Параллакс Солнца при среднем расстоянии Земли от Солнца  $\pi_{\odot} = 8'',80$  \*)

$[(8'',7984 \pm 0'',0004 \text{ (по сводке Е. Рабе)}]$

Параллакс Солнца меняется в пределах от  $8'',95$  до  $8'',66$

\*) В 1942 г. Спенсер Джонс, обработав результаты многочисленных наблюдений Эроса, проведённых на многих обсерваториях во время противостояния 1931 г., получил параллакс Солнца

$$\pi_{\odot} = 8'',790 \pm 0'',001,$$

что соответствует  $1 \text{ а. е.} = 149\,674\,000 \pm 17\,000 \text{ км}$ . В 1952 г. было обнаружено, что при обработке наблюдений Эроса 1931 г. оказались неучтёнными небольшие возмущения в движении этой малой планеты. После учёта этих возмущений получилось значение параллакса Солнца, помещённое в таблице в скобках.

Среднее расстояние до Солнца = 23439,18 экваториальных радиусов Земли =  $(149\,504\,000 \pm 17\,000)$  км = 1 а. е. =  $107,5 D_{\odot}$

Диаметр Солнца  $D_{\odot} = 1\,390\,600$  км =  $109,1 D_{\oplus}$

Поверхность Солнца в 11 900 раз больше поверхности Земли

Объем Солнца  $V_{\odot} = 1\,301\,200 V_{\oplus} = 1409 \cdot 10^{15}$  км<sup>3</sup>

Наибольший видимый угловой диаметр Солнца  $32'31'',4$  (Земля в перигелии)

Наименьший видимый угловой диаметр Солнца  $31'27'',2$  (Земля в афелии)

Видимый угловой диаметр на расстоянии 1 а. е. (средний угловой диаметр)  $1919'',26 = 31'59'',26$  \*)

Масса Солнца  $M_{\odot} = 1,983 \cdot 10^{33}$  г =  $333\,434 M_{\oplus}$

Плотность  $\rho_{\odot} = 1,41$  г · см<sup>-3</sup> =  $0,256 \rho_{\oplus}$

Плотность в центре Солнца  $\sim 100$  г · см<sup>-3</sup>.

Ускорение силы тяжести на поверхности Солнца  $g_{\odot} = 2,738 \cdot 10^4$  см · сек<sup>-2</sup>, в 27,9 раза больше, чем на поверхности Земли

Критическая скорость (скорость освобождения) на поверхности Солнца  $619,4$  км/сек

Линейная скорость точки солнечного экватора  $2$  км/сек

Синодический период вращения точки экватора 27,35 суток

Сидерический период вращения точки экватора 25,38 суток

Наклонение экватора Солнца к эклиптике  $7'15''$

Долгота восходящего узла солнечного экватора  $74^\circ$

Северный конец оси вращения Солнца пересекает небесную сферу в точке с координатами  $\alpha = 19^h 4^m$ ,  $\delta = +64^\circ$  (между Полярной и Вегой)

Среднее значение солнечной постоянной \*\*)  $1,938$  кал · см<sup>-2</sup> · мин<sup>-1</sup> =  $1,35 \cdot 10^6$  эрг · сек<sup>-1</sup> · см<sup>-2</sup>

Мощность солнечного излучения на границе земной атмосферы соответствует  $1,35$  квт · м<sup>-2</sup>

Общая радиация, излучаемая Солнцем \*\*\*)  $3,79 \cdot 10^{33}$  эрг · сек<sup>-1</sup> =  $1,19 \cdot 10^{11}$  эрг · год<sup>-1</sup>.

Излучение одного см<sup>2</sup> поверхности Солнца  $6,2 \cdot 10^{10}$  эрг · сек<sup>-1</sup>

Мощность общего излучения Солнца  $51 \cdot 10^{22}$  лосл. сил

Сила света Солнца (вне атмосферы)  $302 \cdot 10^{22}$  междунар. свечей

Средняя яркость поверхности солнечного диска (вне атмосферы) 190 000 стильбов

Освещенность от Солнца (вне атмосферы) 130 000 люкс

Видимая фотовизуальная звездная величина Солнца  $-26^m,84 \pm 0^m,04$

Видимая фотографическая звездная величина Солнца  $-26^m,31$

Показатель цвета Солнца  $+0^m,57$

Спектральный класс Солнца dG3

Эффективная температура поверхности Солнца 6000 К

Абсолютная фотовизуальная звездная величина  $+4^m,88$

Абсолютная фотографическая звездная величина  $+5^m,45$

Абсолютная болометрическая звездная величина  $+4^m,62$

Скорость движения Солнца относительно окружающих его звезд  $19,5$  км/сек (по направлению к созвездию Геркулеса) =  $4,2$  а. е. в год ( $1,21 D_{\odot}$  в сутки)

Апекс движения Солнца  $\alpha = 270^\circ = 18^h$ ,  $\delta = +34^\circ$  (вблизи Веги)

Расстояние Солнца от центра Галактики 7200 парсеков

Скорость движения Солнца вокруг центра Галактики  $250$  км/сек

Период обращения Солнца вокруг центра Галактики  $1,8 \cdot 10^8$  лет

Средняя продолжительность цикла солнечной активности 11,13 лет

\*) Из наблюдений диаметр Солнца на среднем расстоянии Земли от Солнца получается  $32'2'',36$  вследствие явления иррадиации. Одна секунда дуги (1") на поверхности Солнца соответствует  $724,55$  км.

\*\*) Колеблется в пределах 7% неправильным образом.

\*\*\*) Около 2 эрг на каждый грамм массы Солнца.

Таблица XIII

Годовые числа солнечных пятен с 1749 г. по 1953 г.

Год	N	Год	N	Год	N	Год	N	Год	N
1749	80,9	1790	89,9	1831	47,8	1872	101,7	1913m	1,4
1750M*)	83,4	1791	66,6	1832	27,5	1873	66,3	1914	9,6
1751	47,7	1792	60,0	1833m	8,5	1874	44,7	1915	47,4
1752	47,8	1793	46,9	1834	13,2	1875	17,1	1916	57,1
1753	30,7	1794	41,0	1835	56,9	1876	11,3	1917M	103,9
1754	12,2	1795	21,3	1836	121,5	1877	12,3	1918	80,6
1755m	9,6	1796	16,0	1837M	138,3	1878m	3,4	1919	63,6
1756	10,2	1797	6,4	1838	103,2	1879	6,0	1920	37,6
1757	32,4	1798m	4,1	1839	85,8	1880	32,3	1921	26,1
1758	47,6	1799	6,8	1840	63,2	1881	54,3	1922	14,2
1759	54,0	1800	14,5	1841	36,8	1882	59,7	1923m	5,8
1760	62,9	1801	34,0	1842	24,2	1883M	63,7	1924	16,7
1761M	85,9	1802	45,0	1843m	10,7	1884	63,5	1925	44,3
1762	61,2	1803	43,1	1844	15,0	1885	52,2	1926	63,9
1763	45,1	1804M	47,5	1845	40,1	1886	25,4	1927	69,0
1764	36,4	1805	42,2	1846	61,5	1887	13,1	1928M	77,8
1765	20,9	1806	28,1	1847	98,5	1888	6,8	1929	65,0
1766m	11,4	1807	10,1	1848M	124,3	1889m	6,3	1930	35,7
1767	37,8	1808	8,1	1849	95,9	1890	7,1	1931	21,2
1768	69,8	1809	2,5	1850	66,5	1891	35,6	1932	11,1
1769M	106,1	1810m	0,0	1851	64,5	1892	73,0	1933m	5,6
1770	100,8	1811	1,4	1852	54,2	1893M	84,9	1934	8,7
1771	81,6	1812	5,0	1853	39,0	1894	78,0	1935	36,0
1772	66,5	1813	12,2	1854	20,6	1895	64,0	1936	79,7
1773	34,8	1814	13,9	1855	6,7	1896	41,8	1937M	114,4
1774	30,6	1815	35,4	1856m	4,3	1897	26,2	1938	114,4
1775m	7,0	1816M	45,8	1857	22,8	1898	26,7	1939	88,8
1776	19,8	1817	41,1	1858	54,8	1899	12,1	1940	67,8
1777	92,5	1818	30,4	1859	93,8	1900	9,5	1941	47,5
1778M	154,4	1819	23,9	1860M	95,7	1901m	2,7	1942	30,6
1779	125,9	1820	15,7	1861	77,2	1902	5,0	1943	16,3
1780	84,8	1821	6,6	1862	59,1	1903	24,4	1944m	9,6
1781	68,1	1822	4,0	1863	44,0	1904	42,0	1945	33,1
1782	38,5	1823m	1,8	1864	47,0	1905M	63,5	1946	92,5
1783	22,8	1824	8,5	1865	30,5	1906	43,8	1947M	151,5
1784m	10,2	1825	16,6	1866	16,3	1907	62,0	1948	136,3
1785	24,1	1826	36,3	1867m	7,3	1908	48,5	1949	134,7
1786	82,9	1827	49,7	1868	37,3	1909	43,9	1950	83,9
1787M	132,0	1828	62,5	1869	73,9	1910	18,6	1951	69,4
1788	130,9	1829	67,0	1870M	139,1	1911	5,7	1952	32,3
1789	118,1	1830M	71,0	1871	111,2	1912	3,6		

\*) M — максимум, m — минимум.

# Элементы орбит планет

Планета	Среднее расстояние от Солнца		Сидерический период обращения		Скорость движения по орбите в км/сек	Средний синодический период в сутках	Средняя угловая скорость движения по орбите (в средние сутки)
	в а. е.	в млн. км	в тропических годах	в годах и средних сутках			
Меркурий .	0,38710	57,9	0,24085	<sup>d</sup> 87,970	47,83	<sup>d</sup> 115,88	4°05'32"4
Венера . . .	0,72333	108,1	0,61521	224,701	34,99	583,92	1 36 07,7
Земля . . . .	1,00000	149,5	1,00004	<sup>a</sup> 0,006	29,76	—	59 08,5
Марс . . . . .	1,52369	277,8	1,88089	1 321,730	24,11	779,94	31 26,5
Юпитер . . . .	5,20280	777,8	11,86223	11 314,84	13,05	398,88	4 55,1
Сатурн . . . .	9,53884	1426,1	29,45772	29 166,93	9,64	378,09	2 00,5
Уран . . . . .	19,19098	2869,1	84,01529	84 007,45	6,80	369,66	42,2
Нептун . . . .	30,07067	4495,7	164,78829	164 280,30	5,43	367,49	21,5
Плутон . . . .	39,45774	5899,1	247,6968	247 255,1	4,73	366,74	14,3

\*) Для экваториальной

## Физические характеристики

Планета	Экваториальный диаметр		Силусность	Объём $\bar{O} = 1$	Масса $\bar{O} = 1$	Плотность	
	$\bar{O} = 1$	в км				$\bar{O} = 1$	вода = 1
Меркурий .	0,37	4720	—	0,050	0,037	0,74	4,1
Венера . . . .	0,97	12374	—	0,90	0,826	0,92	5,1
Земля . . . . .	1,00	12757	1 : 298	1,00	1,000	1,00	5,52
Марс . . . . .	0,54	6889	1 : 105	0,157	0,103	0,69	3,8
Юпитер . . . .	11,14	142113	1 : 16	1295	318,4	0,25	1,38
Сатурн . . . .	9,4	119915	1 : 11	745	95,2	0,13	0,72
Уран . . . . .	4,0	51028	1 : 19	63	14,6	0,23	1,3
Нептун . . . .	4,3	54855	1 : 40	78	17,3	0,22	1,2
Плутон . . . .	0,46	5870	?	0,098	<1	?	?

\*) Без учёта центробежной силы. На экваторе Юпитера сила тяжести

\*\*) См. стр. 34.

\*\*\*) Средняя годовая температура для всей Земли.



Таблица XIV

## солнечной системы

Период вращения вокруг оси	Эксцентриситет $e$	Наклонение $i$	Долгота восходящего узла $\Omega$ 1950,0	Годичное изменение $\Delta\Omega$	Долгота перигелия $\pi$ 1950,0	Годичное изменение $\Delta\pi$	Средняя долгота в начальную эпоху 1950,0
$87^d 23^h 16^m$	0,20562	$7^\circ 00' 14''$	$47^\circ 44' 19''$	$+ 0,71$	$76^\circ 40' 39''$	$\pm 0,93$	$33^\circ 10' 06''$
$30^d ?$	0,00680	3 23 39	76 13 46	$\pm 0,54$	130 52 03	$\pm 0,84$	81 34 19
$23^h 56^m 04^s, 1$	0,01673	—	—	—	102 04 50	$\pm 1,03$	99 35 18
$24^h 37^m 23^s, 6$	0,09336	1 51 00	49 10 19	$+ 0,46$	335 08 19	$\pm 1,10$	144 20 07
$9^h 55^m 41^s *)$	0,04842	1 18 21	99 56 36	$+ 0,61$	13 31 02	$\pm 0,97$	316 09 33
$10^h 14^m 24^s$	0,05572	2 29 25	113 13 12	$+ 0,52$	92 04 06	$\pm 1,18$	158 18 14
$10^h 42^m$	0,04718	0 46 23	73 44 24	$\pm 0,30$	169 51 06	$\pm 0,96$	98 18 30
$15^h 48^m$	0,00857	1 46 28	131 13 42	$\pm 0,66$	44 09 31	$\pm 0,48$	194 57 09
?	0,24864	17 08 34	109 38 01	$\pm 0,72$	223 31 21	$\pm 0,84$	165 35 26

зопы  $9^h 50^m 30^s$ .

Таблица XV

## планет солнечной системы

Сила тяжести на поверхности *)	Скорость освобождения в км/сек	Альbedo **)	Температура в подсолнечной точке	Наклон экватора к орбите
0,26	3,8	0,06	$+ 412^\circ \text{C}$	?
0,90	10,2	0,64	$+ 60^\circ \text{C}$	?
1,00	11,2	0,39	$+ 14^\circ \text{C} ***)$	$23^\circ 27'$
0,38	5,0	0,154	$+ 30^\circ \text{C}$	25 10
2,64	61,0	0,42	$- 140^\circ \text{C}$	3 01
1,13	36,7	0,45	$- 150^\circ \text{C}$	26 45
0,84	21,6	0,49	$- 180^\circ \text{C}$	98 00
1,14	23,8	0,53	$(- 210^\circ \text{C})$	29 36
?	?	0,17	$(- 220^\circ \text{C})$	?

уменьшается на 9%, на экваторе Сатурна — на 16%.

# Элементы спут

Планета	Спутник	Кто и когда открыл	Зв. величина в среднюю оппозицию	Угловое расстояние в средн. оппозиц.	Расстояние в экв. радиусах планеты
Земля	Луна . . . . .	—	— 12,7	—	60,27
Марс	I Фобос . . . .	Холл, 1877	11,5	0°25'	2,77
	II Деймос . . .		13,0	1 02	6,96
Юпитер	V Амальтея . .	Барнард, 1892	14,0	0 59	2,56
	I Ио . . . . .	Галилей, 1610	5,5	2 18	5,94
	II Европа . . .		6,1	3 40	9,44
	III Ганимед . .		5,1	5 51	15,04
	IV Каллисто . .	Перрэн 1904	6,2	10 18	26,47
	VI . . . . .		14,7	62 40	160,4
	VII . . . . .		17,5	64 13	165,1
	X . . . . .		18,8	63 16	165,4
	XII *) . . . . .	Никольсон, 1951	19,0	115 0	296
	XI *) . . . . .	1938	18,5	123 24	316,7
Сатурн	VIII *) . . . . .	Меллот, 1908	16,5	128 35	330,7
	IX *) . . . . .	Никольсон, 1914	18,0	128 58	338
	I Мимас . . . .	В. Гершель, 1789	12,1	0 30	3,10
	II Энцелад . . .		11,6	0 38	3,97
	III Тефия . . . .	Ж. Кассини 1684	10,5	0 48	4,92
	IV Диона . . . .		10,7	1 01	6,30
	V Рея . . . . .		10,0	1 25	8,79
	VI Титан . . . .	Гюйгенс, 1655	8,3	3 17	20,38
	VII Гиперион . .	Д. Бонд, 1848	13,0	3 59	24,70
	VIII Япет . . . .	Ж. Кассини, 1671	11,0	9 35	59,41
Уран	IX Феба *) . . .	В. Пиккеринг, 1898	14,5	34 52	216,2
	Кольцо . . . .	Гюйгенс, 1659	—	—	1,48—2,29
	V Миранда **) .	Кёйпер, 1948	17	0 09	5,11
	I Ариэль **) . .	Лассель, 1851	15,2	0 14	7,52
	II Умбриэль **) .		15,8	0 20	10,48
	III Титания **) .	В. Гершель, 1787	14,0	0 33	17,21
	IV Оберон **) .		14,0	0 44	23,01
Нептун	I Тритон . . . .	Лассель, 1846	13,6	0 17	12,9
	II Нереида . . .	Кёйпер, 1949	19,5	6 50	292

\*) Движение обратное.

\*\*) Движение обратное, совпадающее с направлением вращения Урана.

## ников планет

ие от гы	Сидериче- ский период обращения	Синодиче- ский период обращения	Эксцен- триситет	Накло- нение к орбите планеты	Диаметр в км	Масса в единицах массы планеты
в тыс. км						
384,4	<sup>d</sup> 27,32166	29 <sup>d</sup> 12 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 03 <sup>s</sup>	0,0549	5°9'	3478	1/81,5
9,5	0,31891	7 39 27	0,0170	25 11	16	—
23,9	1,26244	1 6 21 16	0,0031	24 16	8	—
182	0,49818	11 57 28	0,0028	3 07	160	—
422	1,76914	1 18 28 36	0,0000	3 07	3700	1/22240
671	3,55118	3 13 17 54	0,0003	3 06	3220	1/39430
1069	7,15455	7 03 59 36	0,0015	3 02	5150	1/12520
1881	16,68902	16 18 05 07	0,0075	2 43	5150	1/22200
11400	250,621	266 0	0,1550	28 45	160	—
11730	259,7	276	0,2073	27 58	56	—
11750	260,5	277	0,1405	28 24	24	—
21000	620 (?)	540 (?)	0,13	148	30?	—
22500	692,5	597	0,2068	163 37	30	—
23500	738,9	631	0,378	148 04	56	—
24000	745,0	636	0,275	156	27	—
185,6	0,94242	22 37 12	0,0190	26 45	590	1/16340000
238,1	1,37022	1 08 53 22	0,0046	26 45	740	1/4000000
294,8	1,88780	1 21 18 55	0,0000	26 45	1200	1/921500
377,5	2,73692	2 17 42 10	0,0020	26 45	1400	1/526000
527,2	4,51750	4 12 27 56	0,0009	26 42	1850	1/250000
1222,0	15,94545	15 23 15 25	0,0289	26 07	5500	1/4700
1481,0	21,27666	21 07 39 06	0,119	26 00	500?	1/4500000
3562,0	79,33082	79 22 04 56	0,0284	16 18	1600?	1/100000
12961	550,45	536 16	0,1659	174 07	320?	—
90—138	4 <sup>h</sup> —14 <sup>h</sup>	—	—	26 45	—	1/3000
130,4	1 <sup>d</sup> ,414	—	—	?	—	—
191,9	2,52038	2 12 29 40	0,007	97 59	800?	—
267,3	4,14418	4 03 28 25	0,008	97 59	640?	—
439,2	8,70588	8 17 00 00	0,0023	97 59	1600?	—
587,0	13,46326	13 11 15 36	0,0010	97 59	1450?	—
353,7	5,87683	5 21 03 27	0,0000	139 50	4800?	1/290
8000	359,4	—	0,76	5°—6°	320	1/1160000

Элементы некоторых

№ Планеты	Название	$m$ в близком и в дальнем противост.	Большая полуось $a$	Сидериче- ский период обращения
1	Церера . . . . .	$m \quad m$ 7,0— 7,9	2,767	$a$ 4,60
2	Паллада . . . . .	6,7— 9,3	2,770	4,61
3	Юнона . . . . .	7,0—10,0	2,668	4,36
4	Веста . . . . .	5,9— 7,0	2,362	3,63
5	Астрея . . . . .		2,577	4,13
6	Геба . . . . .	7,0— 9,6	2,424	3,77
7	Ирис . . . . .	6,7— 9,6	2,386	3,69
8	Флора . . . . .	7,8— 9,8	2,201	3,27
9	Метида . . . . .	8,1— 9,6	2,387	3,69
12	Виктория . . . . .	8,1—10,9	2,333	3,57
15	Энномия . . . . .	7,4— 9,6	2,644	4,30
18	Мельпомена . . . . .	7,7—10,5	2,294	3,48
20	Массалия . . . . .	8,2— 9,9	2,408	3,74
192	Навзикая . . . . .	7,5—10,6	2,402	3,72
324	Бамберга . . . . .	7,3—11,5	2,684	4,39
387	Аквитания . . . . .	8,2—11,0	2,74	4,53
433	Эрос . . . . .	6,7—11,3	1,458	1,76
471	Папагена . . . . .	8,4—11,1	2,89	4,91
511	Давида . . . . .	8,3—10,5	3,18	5,69
944	Гидальго . . . . .	11,0—19,0	5,790	13,93
1036	Ганимед . . . . .	12,5	2,659	4,34
1221	Амур . . . . .	18	1,923	2,67
	Аполлон . . . . .	17	1,486	1,81
	Адонис . . . . .	19	1,969	2,76
	Гермес . . . . .	8—18	1,290	1,47
	Икар . . . . .	12,5	1,078	1,12

## ярких малых планет

Средний синодич. период обращения	Эксцентриситет $e$	Наклонение $i$	$D$ км	Кто и когда открыл
$d$ 466,68	0,0802	10°60	770	Пиаци, 1801
466,5	0,2394	34,82	490	Ольберс, 1802
473,9	0,2574	12,00	190	Гардинг, 1804
504,22	0,0889	7,13	380	Ольберс, 1807
481,71	0,1862	5,33	80	Генке, 1845
496,78	0,2019	14,76	189	Генке, 1847
501,32	0,2309	5,50	189	Хайнд, 1847
526,41	0,1567	5,90	90	Хайнд, 1847
501,19	0,1233	6,60	125	Грахам, 1848
507,70	0,2190	8,38	60	Хайнд, 1850
475,97	0,1870	11,76	228	Гаспарис, 1851
512,64	0,2176	10,13	95	Хайнд, 1852
498,66	0,1426	0,68	106	Гаспарис, 1852
499,37	0,2445	6,86	75	Пализа, 1879
472,78	0,3346	11,26	95	Пализа, 1892
468,62	0,2383	17,97	107	Курти, 1894
845,37	0,2230	10,83	6×22	Витт, 1898
458,71	0,2336	14,91		Вольф, 1901
443,20	0,1759	15,74	230	Дэган, 1903
393,5	0,655	42,56	25—50	Бааде, 1920
474,6	0,542	26,28	48	Бааде, 1924
584,0	0,437	11,94	1—2	Дельпорт, 1932
816,2	0,566	6,42	1—2	Рейнмут, 1932
572,8	0,779	1,48	1—2	Дельпорт, 1936
3 <sup>a</sup> ,13	0,475	4,68	1—2	Рейнмут, 1937
13 <sup>a</sup> ,82	0,789	27,23	1—2	Бааде, 1949

Список периодических комет, возвра

№ п/п	Название	Год откры- тия	Число возвра- щений	Эпоха прохожде- ния перигелия в последнее появление	Период <i>P</i>
					<i>a</i>
1	Энке . . . . .	1706	43	1951 Март 16,1	3,297
2	Григга-Скьеллерупа . . .	1902	7	1947 Апр. 18,1	4,900
3	Темпеля II . . . . .	1873	10	1946 Июль 2,3	5,310
4	Неуймина II . . . . .	1916	3	1927 Янв. 16,2	5,429
5	Брорзена . . . . .	1846	5	1879 Март 31,0	5,463
6	Темпеля-Л. Свифта . . .	1869	4	1908 Окт. 4,5	5,681
7	Де Вико-Э. Свифта . . .	1678	3	1894 Окт. 12,7	5,855
8	Темпеля I . . . . .	1867	3	1879 Май 7,6	5,982
9	Копфа . . . . .	1906	6	1945 Авг. 9,5	6,193
10	Понса-Виннеке . . . . .	1819	14	1945 Июль 10,6	6,234
11	Форбса . . . . .	1929	3	1948 Сент. 16,1	6,421
12	Перрэна I . . . . .	1896	2	1909 Нояб. 1,3	6,454
13	Швассмана-Вахмана II .	1929	4	1942 Февр. 13,7	6,515
14	Джакобини-Циннера . . .	1900	6	1946 Сент. 18,5	6,588
15	Белого, ядро I . . . . .	1772	6	1852 Сент. 24,2	6,621
»	» , ядро 2 . . . . .	1846	2	1852 Сент. 23,6	6,619
16	Д'Арреста . . . . .	1851	10	1950 Июнь 6,4	6,699
17	Даниэля . . . . .	1909	4	1950 Авг. 23,8	6,663
18	Финлея . . . . .	1886	5	1926 Авг. 7,9	6,844
19	Холмса . . . . .	1892	3	1906 Март 14,6	6,857
20	Боррелли I . . . . .	1905	5	1932 Авг. 27,2	6,875
21	Брукса II . . . . .	1889	8	1946 Авг. 25,8	6,960
22	Файя . . . . .	1843	13	1947 Сент. 28,4	7,441
23	Уинпла . . . . .	1933	3	1941 Янв. 22,5	7,478
24	Рейнмута I . . . . .	1928	3	1950 Июль 22,6	7,687
25	Отерма III . . . . .	1942	2	1950 Июль 15,7	7,917
26	Шомасса . . . . .	1911	4	1943 Нояб. 27,5	8,154
27	Вольфа I . . . . .	1884	9	1950 Окт. 23,7	8,417
28	Комас-Сола . . . . .	1927	3	1935 Окт. 8,4	8,540
29	Вайсала I . . . . .	1939	2	1949 Нояб. 11,3	10,525
30	Гэйла . . . . .	1927	2	1938 Июнь 18,5	10,993
31	Тутля . . . . .	1790	8	1939 Нояб. 10,8	13,606
32	Швассмана-Вахмана I . .	1925	2	1941 Июнь 9,4	16,148
33	Неуймина I . . . . .	1913	3	1948 Дек. 15,8	17,932
34	Кромеллина . . . . .	1818	3	1928 Нояб. 5,0	27,901
35	Коггиа-Стефана-Отерма .	1867	2	1942 Дек. 18,9	37,763
36	Вестфаля . . . . .	1852	2	1913 Нояб. 26,8	61,730
37	Брорзена-Меткофа . . . .	1847	2	1919 Окт. 17,4	69,060
38	Понса-Брукса . . . . .	1812	2	1884 Янв. 26,6	71,563
39	Ольберса . . . . .	1815	2	1887 Окт. 9,0	72,652
40	Галлея . . . . .	— 466	30	1910 Апр. 20,2	76,020
41	К. Гершель-Риголета . .	1788	2	1939 Авг. 9,5	156,04

жение которых к Солнцу наблюдалось

Эксцен- триси- тет $e$	Расстояние (в а. е.)		Расстоя- ние пе- ригелия от узла $\omega$	Долгота узла $\Omega$	Накло- нение $i$	Эпоха элемен- тов	Абсо- лютная звездная величина $H_0$
	периге- лия	афелия					
0,847	0,338	4,092	185,22	334,72	12,38	1950,0	$m$ 9,0
0,704	0,853	4,916	356,40	215,37	17,65	1950,0	9
0,542	1,393	4,694	190,86	119,41	12,43	1950,0	9,1
0,567	1,338	4,840	193,72	327,65	10,63	1925,0	11,4
0,810	0,590	5,614	14,92	101,32	29,39	1880,0	8
0,638	1,153	5,214	113,69	290,31	5,44	1910,0	13,0
0,572	1,392	5,105	296,58	48,81	2,97	1900,0	6,5
0,463	1,771	4,820	159,49	78,77	9,77	1879,0	9,3
0,556	1,494	5,251	29,80	254,92	7,17	1950,0	8,4
0,655	1,160	5,615	170,11	94,34	21,73	1945,0	8,6
0,553	1,545	5,364	259,74	25,44	4,62	1950,0	11,4
0,662	1,173	5,760	166,86	242,29	15,68	1909,0	12,1
0,382	2,144	4,833	358,01	126,04	3,73	1950,0	7,5
0,717	0,996	6,033	171,85	194,26	30,74	1950,0	11,6
0,756	0,861	6,191	223,28	245,86	12,55	1852,0	7,5
0,756	0,861	6,190	223,28	245,86	12,55	1852,0	—
0,612	1,378	5,730	174,43	143,61	18,05	1950,0	9,5
0,586	1,465	5,617	7,24	69,74	19,17	1950,0	9,5
0,707	1,058	6,152	320,58	45,30	3,42	1926,0	9,2
0,412	2,122	5,097	14,31	331,67	20,82	1900,0	1,5—8,5
0,617	1,385	5,846	352,55	77,06	30,53	1932,0	9,0
0,484	1,879	5,411	195,58	177,71	5,54	1950,0	7,3
0,564	1,663	5,959	200,52	206,31	10,53	1947,0	4,2
0,356	2,485	5,160	190,47	188,81	10,22	1950,0	8,0
0,477	2,037	5,753	12,88	123,60	8,39	1950,0	10,2
0,144	3,406	4,539	354,65	155,12	3,99	1950,0	7,8
0,705	1,194	6,909	50,99	86,74	12,31	1950,0	10,3
0,396	2,497	5,778	161,15	203,88	27,31	1950,0	7
0,576	1,777	6,579	38,79	65,71	13,72	1950,0	9,0
0,635	1,752	7,853	44,33	135,46	11,28	1950,0	12,0
0,761	1,183	8,704	209,11	67,26	11,73	1950,0	9,5
0,821	1,022	10,37	206,96	269,84	54,65	1950,0	5,0
0,136	5,523	7,254	356,22	322,00	9,52	1950,0	5,0
0,774	1,544	12,16	346,73	347,22	15,03	1950,0	—
0,919	0,745	17,65	195,88	250,07	28,90	1928,0	—
0,861	1,595	20,92	358,10	78,63	17,86	1950,0	—
0,920	1,254	29,99	57,06	346,79	40,87	1913,0	—
0,971	0,485	33,18	129,52	310,82	19,19	1925,0	—
0,955	0,776	33,70	199,19	254,10	74,04	1880,0	—
0,931	1,199	33,62	65,34	84,54	44,57	1890,0	—
0,967	0,587	35,30	111,70	57,27	162,21	1910,0	—
0,974	0,785	57,22	29,30	355,13	64,20	1939,0	—

**Список периодических комет, возвращение которых к Солнцу**

№ п/п	Название	Обозначение	Эпоха прохождения перигелия	Период <i>P</i>
1	Вилсона-Харрингтона . .	1949 <i>g</i>	1949 Окт. 13,2	2,3
2	Хельфенридера . . . . .	1766 II	1766 Апр. 27,8	4,506
3	Хонда, Мркоса-Пайду- шаковой . . . . .	1948 <i>n</i>	1948 Нояб. 17,6	4,996
4	Бланпэн . . . . .	1819 IV	1819 Нояб. 20,8	5,098
5	Барнарда I . . . . .	1884 II	1884 Авг. 17,0	5,400
6	Швассмана-Вахмана III .	1930 VI	1930 Июнь 14,2	5,427
7	Гришов . . . . .	1743 I	1743 Янв. 8,7	5,436
8	Дю Туа-Неуimina-Дель- порта . . . . .	1941 VII	1941 Июль 21,2	5,518
9	Брукса I . . . . .	1886 IV	1886 Июнь 7,2	5,595
10	Лекселя . . . . .	1770 I	1770 Авг. 14,0	5,600
11	Кулина . . . . .	1939 VIII	1939 Окт. 3,5	5,637
12	Пиготта . . . . .	1783	1783 Нояб. 20,4	5,888
13	Тэйлора ядро A (южное)	1916 I	1916 Янв. 31,4	6,362
14	Шпиталера . . . . .	1890 VII	1890 Окт. 27,0	6,373
15	Реймута II . . . . .	1947 <i>j</i>	1947 Авг. 19,6	6,591
16	Гутля . . . . .	1858 III	1858 Май 3,5	6,609
17	Барнарда II . . . . .	1892 V	1892 Дек. 11,0	6,633
18	Джакобини . . . . .	1896 V	1896 Окт. 28,5	6,646
19	Шорра . . . . .	1918 III	1918 Сент. 29,1	6,707
20	Джонсона . . . . .	1949 <i>d</i>	1949 Сент. 16,2	6,852
21	Л. Свифта . . . . .	1895 II	1895 Авг. 21,3	7,204
22	Виртанен . . . . .	1948 <i>b</i>	1947 Дек. 3,6	7,254
23	Денинга II . . . . .	1894 I	1894 Февр. 10,0	7,418
24	Ашбрука-Джэксона . . .	1948 <i>i</i>	1948 Окт. 6,8	7,499
25	Вольфа II . . . . .	1924 IV	1924 Дек. 30,1	7,658
26	Меткофа . . . . .	1906 VI	1906 Окт. 10,3	7,778
27	П. Шайн-Шалдах . . . .	1949 <i>e</i>	1949 Дек. 7,7	7,8
28	Джэксона-Неуimina . . .	1936 IV	1936 Окт. 3,4	8,532
29	Денинга I . . . . .	1881 V	1881 Сент. 13,8	8,687
30	Свифта . . . . .	1889 VI	1889 Нояб. 30,1	8,917
31	Неуimina III . . . . .	1929 III	1929 Июнь 28,7	10,899
32	Петерса . . . . .	1846 VI	1846 Июнь 1,6	13,376
33	Дю Туа . . . . .	1944 III	1944 Июнь 17,5	14,868
34	Темпеля . . . . .	1866 I	1866 Янв. 11,6	33,18
35	Понса-Гамбарта . . . . .	1827 II	1827 Июнь 7,7	63,83
36	Росса . . . . .	1883 II	1883 Дек. 25,6	64,63
37	Дубяго . . . . .	1921 I	1921 Май 4,9	67,01
38	Де Вико . . . . .	1846 IV	1846 Март 6,0	75,71
39	Свифта-Тутля . . . . .	1862 III	1862 Авг. 23,4	119,64
40	Барнарда III . . . . .	1889 III	1889 Июнь 21,2	128,31
41	Меллиша . . . . .	1917 I	1917 Апр. 11,2	144,82



не наблюдалось (с периодами меньше 200 лет)

Эксцен- три- тет $e$	Расстояние (в а. е.)		Расстоя- ние пе- ригелия от узла $\omega$	Долгота узла $\Omega$	Накло- нение $i$	Эпоха элемен- тов	Абсолют- ная звёзд. величина $H_0$
	периг.	афел.					
0,412	1,028	2,47	191,95	278,64	2,20	1949,0	15,5
0,832	0,403	5,053	77,96	73,73	7,93	1766,0	6,8
0,809	0,558	5,287	183,83	232,96	13,15	1950,0	10,0—15,5
0,699	0,892	5,032	350,11	77,44	9,11	1820,0	8,5
0,584	1,280	4,876	301,03	5,15	5,46	1884,0	10,5
0,672	1,011	5,165	192,32	76,78	17,40	1930,0	
0,721	0,862	5,321	6,42	86,91	1,90	1743,0	9
0,582	1,305	4,941	69,29	229,64	3,26	1950,0	
0,579	1,328	4,976	176,80	53,48	12,72	1886,0	9,5
0,786	0,674	5,632	224,30	131,98	1,57	1770,0	7,7
0,448	1,749	4,586	292,84	137,63	4,80	1950,0	
0,552	1,459	5,062	354,62	55,68	45,12	1783,0	6
0,546	1,558	5,309	354,79	113,91	15,52	1916,0	8,8
0,471	1,817	5,057	354,80	113,90	15,53	1890,0	9,6
0,469	1,867	5,164	8,32	45,08	12,84	1950,0	8,9—10,7
0,674	1,149	5,894	43,97	297,36	7,13	1858,0	
0,594	1,434	5,627	25,70	175,07	19,50	1892,0	10
0,588	1,455	5,615	169,89	206,44	31,31	1896,0	9,0
0,471	1,882	5,231	140,53	193,43	11,36	1925,0	11,0
0,377	2,248	4,968	278,65	118,01	5,58	1949,0	9,6—10,5
0,652	1,298	6,163	167,76	170,30	3,01	1895,0	12,0
0,560	1,648	5,846	334,01	86,32	13,50	1948,0	—
0,698	1,147	6,460	46,25	84,37	5,53	1894,0	10,2
0,395	2,309	5,353	349,57	2,32	12,51	1948,0	7,3—11,4
0,365	2,442	5,328	176,52	260,20	23,99	1925,0	11
0,584	1,632	6,215	200,00	194,55	14,62	1910,0	7,8
0,413	2,302	5,539	217,20	168,05	6,65	1949,0	8,5
0,650	1,462	6,889	197,34	164,24	13,28	1936,0	13,3
0,828	0,725	7,727	312,51	65,95	6,85	1881,0	9,10
0,685	1,356	7,244	69,77	330,41	10,28	1890,0	11,5
0,585	2,042	7,789	140,78	158,22	3,69	1929,0	10,3
0,729	1,529	9,740	339,63	260,40	30,67	1846,0	—
0,789	1,277	10,82	257,01	22,38	18,75	1944,0	—
0,905	0,977	19,67	170,97	231,43	162,70	1866,0	—
0,950	0,807	31,14	19,32	317,66	136,44	1827,0	—
0,981	0,309	31,90	137,61	264,30	114,70	1884,0	—
0,932	1,116	31,88	97,43	66,08	22,33	1921,0	—
0,963	0,664	35,13	12,89	77,55	85,11	1846,0	—
0,960	0,963	47,60	152,76	139,45	113,57	1862,0	—
0,957	1,102	49,78	60,13	270,97	31,21	1889,0	—
0,993	0,190	54,07	21,31	87,51	32,68	1917,0	—

## Постоянные метеорные потоки

Поток	Даты максимума	Координаты радианта		Часовое число во время максим.	Примечания
		$\alpha$	$\delta$		
Квадрантиды . .	3 января	15 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup>	+ 52°	40	Максимум наступает при долготе Солнца 283° (1950,0)
Лириды . . . . .	22 апреля	18 06	+ 34°	12	Максимум наступает при долготе Солнца 31°21' (1950,0)
$\eta$ Аквариды . . . . .	4 мая	22 20	— 1°	8	
$\beta$ Кассиопеиды . . . . .	27 июля	23 44	+ 60°	—	
$\delta$ Аквариды . . . . .	28 июля	22 40	— 14	—	
Персеиды . . . . .	12 августа	3 10	+ 58	55	
Ориониды . . . . .	22 октября	6 18	+ 15	8	
Южн. Тауриды . .	1 ноября	3 22	+ 14	—	Максимум наступает при долготе Солнца 218°
Сев. Тауриды . .	8 ноября	3 42	+ 22	—	
Леониды . . . . .	16 ноября	10 06	+ 22	8	
Геминиды . . . . .	12 декабря	7 20	+ 33	60	
Урсиды (UMi) . .	22 декабря	15 32	+ 83	10—20	Максимум наступает при долготе Солнца 270°22'

Таблица XIX B

## Метеорные потоки, которые в отдельные годы давали большое число метеоров

Поток	Даты максимума	Координаты радианта		Примечания
		$\alpha$	$\delta$	
Линбриды . . . . .	9 июня	15 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup>	— 28°	Набл. в 1937 г. 8 и 9 июня в Южн. Африке.
Боотиды . . . . .	9 июня	14 40	+ 45	Набл. в 1930 г.; 59 метеоров в час.
$\eta$ Урсиды (UMa) . .	28 июня	14 00	+ 57	Набл. в 1927 г.; 22 метеора в час.
Скульпториды . .	9 сентября	0 32	— 26	Набл. в 1937 г. в Южн. Африке.
Сентябрьские Персеиды . . . . .	16 сентября	11 36	+ 53	Набл. в 1936 г. в Зоннеберге.
$\gamma$ Моноцериды . . .	21 сентября	7 20	— 5	Набл. в 1935 г.; 120 метеоров в час.
$\gamma$ Драконида . . . .	10 октября*)	17 42	+ 54	Набл. в 1946 г.; 13 000 метеоров в час.
Цетиды . . . . .	19 октября	2 40	— 5	Набл. в 1935 г.; 100 метеоров в час.

\*) Максимум наступает при долготе Солнца 196°18' (1950,0).

Кометные радианты, ещё недостаточно подтверждённые метеорными наблюдениями

Дата	Координаты радианта		Комета	Название потока и год набл.
	$\alpha$	$\delta$		
31 марта	19 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup>	— 10°	1917 II	Корниды; набл. в 1937 г. в Южн. Африке
22 апреля	17 00	+ 35	1949 III	
26 апреля	21 20	+ 24	1911 VI	
8 июня	14 32	+ 45	1930 VI	
25 июня	20 48	+ 61	1850 I	
28 июня	12 48	— 19	Темпель-Свифта	
13 июля	0 12	+ 29	1901 I	Набл. в 1952 г.
24 июля	3 24	+ 45	1764	
25 июля	18 08	+ 62	1919 V	
4 августа	1 24	— 39	1951 а	
10 августа	2 08	— 18	1877 II	
14 августа	4 12	+ 40	1925 XII	
15 августа	0 16	+ 38	1780 II	Ауригиды; набл. в 1935 г.
21 августа	0 12	+ 47	1871 IV	
1 сентября	5 44	+ 41	1911 II	
11 сентября	23 04	+ 03	1907 IV	
28 октября	2 00	+ 26	1757	
14 ноября	10 40	+ 62	1873 IV	
27 ноября	3 44	+ 20	1702	Андромедиды; набл. звёзд. дожди в 1872 г., в 1886 г., затем не набл. в теч. долг. времени и снова появились в 1940 г. (2 метеора в час).
2 декабря	1 40	+ 43	Белого	
3 декабря	10 36	+ 34	1798 II	
7 декабря	12 40	+ 67	Понса-Брукса.	

## Смещение радиантов некоторых метеорных потоков

Лириды (1950,0)			Леониды (1950,0)			Ориониды		
Дата	$\alpha$	$\delta$	Дата	$\alpha$	$\delta$	Дата	$\alpha$	$\delta$
17 IV	17 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>	+ 33°	12 XI	9 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup>	+ 23°	17 X	6 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup>	+ 15°
19 IV	17 55	33	13 XI	9 58	23	18 X	6 06	15
21 IV	18 04	34	14 XI	10 02	22	19 X	6 08	15
23 IV	18 10	34	15 XI	10 06	22	20 X	6 12	15
25 IV	18 18	+ 34	16 XI	10 10	22	21 X	6 14	15
			17 XI	10 14	21	22 X	6 18	15
			18 XI	10 18	+ 21	23 X	6 20	+ 15
Персеиды *)			Южн. Тауриды (1950,0)			Сев. Тауриды (1950,0)		
Дата	$\alpha$	$\delta$	Дата	$\alpha$	$\delta$	Дата	$\alpha$	$\delta$
1 VIII	2 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>	+ 55°	17 X	—	—	17 X	2 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup>	+ 19°
2	2 22	55	20	—	—	20	3 04	19
3	2 26	55	23	—	—	23	3 10	20
4	2 32	56	26	3 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup>	+ 13°	26	3 16	20
5	2 36	56	29	3 16	14	29	3 22	21
6	2 40	56	1 XI	3 22	14	1 XI	3 28	21
7	2 46	56	4	3 30	14	4	3 34	22
8	2 50	56	7	3 36	14	7	3 40	22
9	2 56	57	10	3 44	15	10	3 46	22
10	3 00	57	13	3 52	15	13	3 52	23
11	3 06	57	16	3 58	15	16	3 58	23
12	3 10	58	19	4 06	15	19	4 04	23
13	3 16	58	22	4 14	15	22	4 12	24
14	3 20	58	25	4 20	15	25	4 18	24
15	3 25	58	28	4 28	+ 16	28	4 24	24
16	3 30	58	1 XII			1 XII	4 30	+ 24
17	3 36	59						
18	3 40	59						
19	3 46	+ 59						
β Кассиопейцы			Геминиды					
Дата	$\alpha$	$\delta$	Дата	$\alpha$	$\delta$			
15 VII	23 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup>	+ 57	25 XI	5 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup>	+ 35			
20	23 16	58	30	6 24	35			
25	23 35	60	5 XII	6 48	34			
30	23 56	61	7	6 56	34			
4 VIII	0 16	+ 62	9	7 8	34			
			11	7 16	33			
			13	7 28	33			
			15	7 36	33			
			17	7 44	+ 33			

\*) Фотографическая эфемерида 1 VIII 2<sup>h</sup>10<sup>m</sup> + 57°  
19 VIII 3<sup>h</sup>34<sup>m</sup> + 58°

Геоцентрическая долгота Солнца  $l_{\odot}$ , координаты центра истинного Солнца  $\alpha_{\odot}$ ,  $\delta_{\odot}$ , уравнение времени  $\eta$ , угловой радиус  $r_{\odot}$  для 1950 г.

[Чтобы отыскать данные для другого какого-нибудь года, надо ввести в моменты поправку  $K$  за начало года (см. конец таблицы).]

Простой год	Високосный год	$l_{\odot}$	$\alpha_{\odot}$	$\delta_{\odot}$	$\eta$	$r_{\odot}$
Январь			$h\ m\ s$	$^{\circ}\ ' \ ''$	$m\ s$	$' \ ''$
1	2	280,01	13 43 32	- 23 04,2	+ 3 14	16 18
4	5	283,07	18 56 46	- 22 43,4	+ 4 38	16 18
7	8	286,12	19 09 56	- 22 28,5	+ 5 59	16 18
10	11	289,18	19 23 02	- 22 04,6	+ 7 15	16 17
13	14	292,24	19 36 04	- 21 36,8	+ 8 27	16 17
16	17	295,30	19 49 00	- 21 05,2	+ 9 33	16 17
19	20	298,35	20 01 50	- 20 30,0	+ 10 33	16 17
22	23	301,40	20 14 33	- 19 51,3	+ 11 27	16 17
25	26	304,46	20 27 09	- 19 09,3	+ 12 14	16 16
28	29	308,52	20 39 38	- 18 24,1	+ 12 53	16 16
31	32	310,55	20 52 00	- 17 36,0	+ 13 25	16 16
Февраль						
3	4	313,60	21 04 14	- 16 45,0	+ 13 50	16 15
6	7	316,62	21 16 21	- 15 51,5	+ 14 07	16 15
9	10	319,67	21 28 21	- 14 55,4	+ 14 17	16 14
12	13	322,71	21 40 14	- 13 57,1	+ 14 20	16 14
15	16	325,74	21 52 00	- 12 56,7	+ 14 17	16 13
18	19	328,77	22 03 39	- 11 54,4	+ 14 06	16 12
21	22	331,80	22 15 12	- 10 50,4	+ 13 50	16 12
24	25	334,82	22 26 39	- 9 44,9	+ 13 19	16 11
27	28	337,84	22 38 01	- 8 38,1	+ 12 59	16 11
Март						
2		340,85	22 49 17	- 7 30,2	+ 12 26	16 10
5		343,85	23 00 29	- 6 21,3	+ 11 48	16 09
8		346,85	23 11 37	- 5 11,6	+ 11 06	16 08
11		349,85	23 22 41	- 4 01,3	+ 10 21	16 08
14		352,85	23 33 43	- 2 50,5	+ 9 33	16 07
17		355,84	23 44 42	- 1 39,5	+ 8 42	16 06
20		358,82	23 55 39	- 0 28,3	+ 7 50	16 05
23		1,80	0 06 35	+ 0 42,9	+ 6 56	16 04
26		4,77	0 17 31	+ 1 53,3	+ 6 02	16 04
29		7,74	0 28 25	+ 3 01,3	+ 5 07	16 03
Апрель						
1		10,70	0 39 20	+ 4 14,2	+ 4 12	16 02
4		13,66	0 50 16	+ 5 23,5	+ 3 18	16 01
7		16,61	1 01 13	+ 6 31,8	+ 2 26	16 00
10		19,56	1 12 12	+ 7 39,3	+ 1 35	15 59
13		22,50	1 23 14	+ 8 45,5	+ 0 47	15 59
16		25,44	1 34 18	+ 9 50,5	+ 0 02	15 58
19		28,37	1 45 26	+ 10 54,0	- 0 40	15 57
22		31,30	1 56 37	+ 11 55,9	- 1 19	15 56
25		34,23	2 07 52	+ 12 56,0	- 1 53	15 55
28		37,15	2 19 11	+ 13 54,2	- 2 24	15 55
Май						
1		40,06	2 30 35	+ 14 50,3	- 2 50	15 54
4		43,00	2 42 03	+ 15 44,2	- 3 11	15 53
7		45,87	2 53 37	+ 16 35,7	- 3 27	15 53
10		48,77	3 05 15	+ 17 24,8	- 3 39	15 52
13		51,67	3 16 59	+ 18 11,3	- 3 44	15 51
16		54,56	3 28 48	+ 18 55,1	- 3 45	15 51
19		57,46	3 40 42	+ 19 35,9	- 3 40	15 50
22		60,35	3 52 42	+ 20 13,8	- 3 31	15 49
25		63,23	4 04 46	+ 20 48,6	- 3 16	15 49
28		66,11	4 16 54	+ 21 20,1	- 2 58	15 48
31		69,98	4 29 06	+ 21 48,3	- 2 35	15 48

Простой год	$i_{\odot}$	$\alpha_{\odot}$	$\delta_{\odot}$	$\eta$	$r_{\odot}$
<b>Июнь</b>					
	$^{\circ}$	$h \ m \ s$	$^{\circ} \ ' \ ''$	$m \ s$	$^{\circ} \ ' \ ''$
3	71,86	4 41 22	+ 22 13,1	- 2 09	15 48
6	74,73	4 53 42	+ 22 34,4	- 1 39	15 47
9	77,60	5 06 05	+ 22 52,2	- 1 06	15 47
12	80,46	5 18 30	+ 23 06,3	- 0 30	15 46
15	83,33	5 30 57	+ 23 16,8	+ 0 07	15 46
18	86,20	5 43 25	+ 23 23,6	+ 0 46	15 46
21	89,06	5 55 54	+ 23 26,7	+ 1 25	15 46
24	91,92	6 08 23	+ 23 26,0	+ 2 04	15 46
27	94,78	6 20 51	+ 23 21,7	+ 2 43	15 46
30	97,64	6 33 17	+ 23 13,6	+ 3 19	15 45
<b>Июль</b>					
3	100,50	6 45 42	+ 23 01,9	- 3 54	15 45
6	103,36	6 58 04	+ 22 46,6	+ 4 26	15 45
9	106,22	7 10 23	+ 22 27,7	+ 4 56	15 45
12	109,08	7 22 39	+ 22 05,4	+ 5 22	15 45
15	111,94	7 34 51	+ 21 39,6	+ 5 44	15 46
18	114,81	7 46 58	+ 21 10,4	+ 6 02	15 46
21	117,67	7 59 01	+ 20 38,1	+ 6 15	15 46
24	120,53	8 10 58	+ 20 02,6	+ 6 22	15 46
27	123,40	8 22 50	+ 19 24,1	+ 6 25	15 46
30	126,27	8 34 36	+ 18 42,8	+ 6 22	15 47
<b>Август</b>					
2	129,13	8 46 18	+ 17 58,6	+ 6 13	15 47
5	132,01	8 57 53	+ 17 11,9	+ 5 59	15 48
8	134,88	9 09 24	+ 16 22,6	- 5 40	15 48
11	137,76	9 20 49	+ 15 30,9	+ 5 16	15 48
14	140,64	9 32 10	+ 14 37,0	+ 4 46	15 49
17	143,52	9 43 25	+ 13 41,0	+ 4 12	15 49
20	146,41	9 54 36	+ 12 43,0	+ 3 33	15 50
23	149,30	10 05 42	+ 11 43,3	+ 2 49	15 51
26	152,19	10 16 43	+ 10 41,8	+ 2 02	15 51
29	155,09	10 27 42	+ 9 38,9	+ 1 10	15 52
<b>Сентябрь</b>					
1	157,99	10 38 37	+ 8 34,6	+ 0 15	15 52
4	160,89	10 49 29	+ 7 29,0	- 0 42	15 53
7	163,80	11 00 19	+ 6 22,4	- 1 42	15 54
10	166,71	11 11 07	+ 5 14,7	- 2 43	15 55
13	169,63	11 21 54	+ 4 06,3	- 3 45	15 55
16	172,56	11 32 41	+ 2 57,2	- 4 49	15 56
19	175,49	11 43 26	+ 1 47,6	- 5 53	15 57
22	178,42	11 54 12	+ 0 37,7	- 6 57	15 58
25	181,35	12 04 59	- 0 32,4	- 8 00	15 59
28	184,29	12 15 47	- 1 42,5	- 9 01	15 59
<b>Октябрь</b>					
1	187,24	12 26 36	- 2 52,6	- 10 01	16 00
4	190,19	12 37 29	- 4 02,3	- 10 59	16 01
7	193,15	12 48 24	- 5 11,7	- 11 53	16 02
10	196,11	12 59 23	- 6 20,5	- 12 43	16 03
13	199,08	13 10 27	- 7 28,6	- 13 30	16 03
16	202,05	13 21 34	- 8 35,7	- 14 12	16 04
19	205,03	13 32 47	- 9 41,7	- 14 49	16 05
22	208,01	13 44 05	- 10 46,4	- 15 20	16 06
25	211,00	13 55 29	- 11 49,7	- 16 46	16 07
28	213,99	14 06 59	- 12 51,4	- 16 05	16 07
31	216,99	14 14 43	- 13 31,5	- 16 18	16 08

Простой год	$\iota_{\odot}$	$\alpha_{\odot}$	$\delta_{\odot}$	$\eta$	$\epsilon_{\odot}$
Ноябрь	$^{\circ}$	$h\ m\ s$	$^{\circ}$	$m\ s$	$^{\circ}\ ''$
3	219,99	14 30 21	- 14 49,1	- 16 24	16 09
6	223,00	14 42 12	- 15 44,8	- 16 22	16 10
9	226,01	14 54 11	- 16 33,3	- 16 12	16 10
12	229,03	15 06 18	- 17 29,1	- 15 55	16 11
15	232,05	15 18 33	- 18 17,3	- 15 30	16 12
18	235,07	15 30 54	- 19 02,5	- 14 58	16 12
21	239,00	15 43 24	- 19 44,7	- 14 18	16 13
24	241,13	15 56 00	- 20 23,7	- 13 32	16 14
27	244,16	16 08 43	- 20 59,2	- 12 38	16 14
30	247,20	16 21 33	- 21 31,3	- 11 33	16 15
Декабрь					
3	250,24	16 34 30	- 21 59,6	- 10 31	16 15
6	253,28	16 47 32	- 22 24,2	- 9 19	16 16
9	256,33	17 00 39	- 22 44,8	- 8 01	16 16
12	259,38	17 13 50	- 23 01,4	- 6 40	16 16
15	262,43	17 27 05	- 23 13,9	- 5 15	16 17
18	265,49	17 40 22	- 23 22,3	- 3 48	16 17
21	268,54	17 53 40	- 23 26,4	- 2 19	16 17
24	271,59	18 06 59	- 23 26,3	- 0 49	16 17
27	274,65	18 20 18	- 23 22,0	+ 0 40	16 17
30	277,71	18 33 36	- 23 13,4	+ 2 08	16 17

Поправка  $K$  за начало года

Год	$K$	Год	$K$	Год	$K$	Год	$K$
1940 *)	$\begin{cases} - 0,578 \\ + 0,422 \end{cases}$	1950	$d$ 0,000	1960	$\begin{cases} - 0,422 \\ + 0,578 \end{cases}$	1970	$+ 0,156$
1941	$+ 0,180$	1951	$- 0,242$	1961	$+ 0,336$	1971	$- 0,086$
1942	$- 0,062$	1952	$\begin{cases} - 0,484 \\ + 0,516 \end{cases}$	1962	$+ 0,094$	1972	$\begin{cases} - 0,328 \\ + 0,672 \end{cases}$
1943	$- 0,305$	1953	$+ 0,273$	1963	$- 0,149$	1973	$+ 0,429$
1944	$\begin{cases} - 0,547 \\ + 0,453 \end{cases}$	1954	$+ 0,031$	1964	$\begin{cases} - 0,391 \\ + 0,609 \end{cases}$	1974	$+ 0,187$
1945	$+ 0,211$	1955	$- 0,211$	1965	$+ 0,367$	1975	$- 0,055$
1946	$- 0,031$	1956	$\begin{cases} - 0,453 \\ + 0,547 \end{cases}$	1966	$+ 0,125$	1976	$\begin{cases} - 0,297 \\ + 0,703 \end{cases}$
1947	$- 0,273$	1957	$+ 0,005$	1967	$- 0,117$	1977	$+ 0,461$
1948	$\begin{cases} - 0,516 \\ + 0,484 \end{cases}$	1958	$+ 0,062$	1968	$\begin{cases} - 0,360 \\ + 0,640 \end{cases}$	1978	$+ 0,218$
1949	$+ 0,242$	1959	$- 0,180$	1969	$+ 0,398$	1979	$- 0,024$
						1980	$\begin{cases} - 0,266 \\ + 0,734 \end{cases}$

\*) До 1 марта високосного года брать первую поправку, с 1 марта — вторую.

Геоцентрическая долгота Солнца  $l_{\odot}$ , прямоугольные координаты  
Солнца  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  и его радиус-вектор  $R$  для 1950 г.

[Чтобы отыскать данные для другого какого-нибудь года, надо в моменты  
ввести поправку  $K$  за начало года (см. конец таблицы).]

Простой год	Високос- ный год	$l_{\odot}$	$X$	$Y$	$Z$	$R$
<b>Январь</b>						
1	2	280 01	+ 0,17092	- 0,88833	- 0,38526	0,98324
4	5	283,07	0,22231	0,87859	0,38108	0,98323
7	8	286,12	0,27308	0,86660	0,37583	0,98327
10	11	289,18	0,32310	0,85209	0,36954	0,98337
13	14	292,24	0,37222	0,83520	0,36222	0,98352
16	17	295,30	0,43510	0,80903	0,35 87	0,98371
19	20	298,35	0,46724	0,79442	0,34454	0,98394
22	23	301,40	0,51284	0,77065	0,33123	0,98419
25	26	304,46	0,55700	0,74474	0,32298	0,98443
28	29	307,52	0,59960	0,71674	0,31084	0,98481
31	32	310,55	0,64051	0,68676	0,29784	0,98519
<b>Февраль</b>						
3	4	313,60	+ 0,67965	- 0,65487	- 0,28401	0,98562
6	7	316,62	0,71690	0,62118	0,26940	0,98609
9	10	319,67	0,75218	0,58576	0,25404	0,98652
12	13	322,71	0,78539	0,54870	0,23707	0,98718
15	16	325,74	0,81642	0,51012	0,22124	0,98778
18	19	328,77	0,84519	0,47011	0,20588	0,98839
21	22	331,80	0,87162	0,42831	0,18597	0,98903
24	25	334,82	0,89563	0,38533	0,16754	0,98968
27	28	337,84	0,91718	0,34279	0,14856	0,99037
<b>Март</b>						
2		340,85	+ 0,93621	- 0,29833	- 0,12938	0,99108
5		343,85	0,95270	0,25305	0,10975	0,99182
8		346,85	0,96659	0,20711	0,08982	0,99261
11		349,85	0,9 787	0,16058	0,06964	0,99341
14		352,85	0,98650	0,11360	0,04927	0,99424
17		355,84	0,99245	0,06630	0,02876	0,99508
20		358,82	0,99570	- 0,01882	0,00816	0,99591
23		1,80	0,99626	+ 0,02870	0,01245	0,99675
26		4,77	0,99413	0,07615	0,03303	0,99759
29		7,74	0,98933	0,12337	0,05351	0,99843
<b>Апрель</b>						
1		10,70	+ 0,98189	+ 0,17026	+ 0,07384	0,99928
4		13,66	0,97185	0,21669	0,09397	1,00014
7		16,61	0,95924	0,26254	0,11386	1,00101
10		19,56	0,94408	0,30772	0,13345	1,00189
13		22,50	0,92642	0,35209	0,15270	1,00276
16		25,44	0,90630	0,39554	0,17154	1,00362
19		28,37	0,88378	0,43794	0,18993	1,00445
22		31,30	0,85892	0,47919	0,20782	1,00527
25		34,23	0,83182	0,51916	0,22516	1,00606
28		37,15	0,80255	0,55777	0,24190	1,00683
<b>Май</b>						
1		40,06	+ 0,77119	+ 0,59492	+ 0,25801	1,00759
4		43,00	0,73785	0,63053	0,27345	1,00834
7		45,87	0,70259	0,66451	0,28819	1,00909
10		48,77	0,66551	0,69678	0,30218	1,00981
13		51,67	0,62670	0,72726	0,31540	1,01051
16		54,56	0,58825	0,75545	0,32781	1,01117
19		57,46	0,54429	0,78250	0,33936	1,01179
22		60,35	0,50093	0,80712	0,35004	1,01237
25		63,23	0,45628	0,82966	0,35981	1,01291
28		66,11	0,41044	0,85006	0,36866	1,01342
31		68,98	+ 0,36364	+ 0,86830	+ 0,37657	1,01390



Простой год	$I_0$	X	Y	Z	R
<b>Июнь</b>					
3	71,86	+ 0,31589	+ 0,88433	+ 0,38352	1,01435
6	74,73	0,26732	0,89812	0,38950	1,01479
9	77,60	0,21806	0,90963	0,39449	1,01518
12	80,46	0,16823	0,91882	0,39848	1,01554
15	83,33	0,11797	0,92566	0,40145	1,01584
18	86,20	0,06740	0,93015	0,40340	1,01610
21	89,06	+ 0,01666	0,93226	0,40431	1,01630
24	91,92	- 0,03410	0,93260	0,40420	1,01645
27	94,78	0,08477	0,92939	0,40306	1,01656
30	97,64	0,13523	0,92442	0,40031	1,01665
<b>Июль</b>					
3	100,50	- 0,18530	+ 0,91713	+ 0,33775	1,01670
6	103,36	0,23494	0,90753	0,39358	1,01672
9	106,22	0,28400	0,89562	0,38842	1,01669
12	109,08	0,33235	0,88141	0,38227	1,01662
15	111,94	0,37987	0,86501	0,37515	1,01650
18	114,81	0,42641	0,84633	0,36707	1,01633
21	117,67	0,47186	0,82560	0,35805	1,01610
24	120,53	0,51610	0,80272	0,34813	1,01583
27	123,40	0,55902	0,77781	0,33733	1,01552
30	126,27	0,60051	0,75094	0,32567	1,01518
<b>Август</b>					
2	129,13	- 0,64041	+ 0,72217	+ 0,31320	1,01482
5	132,01	0,67886	0,69156	0,29992	1,01442
8	134,88	0,71550	0,65918	0,28588	1,01399
11	137,76	0,75032	0,62510	0,27110	1,01352
14	140,64	0,78322	0,58942	0,25563	1,01301
17	143,52	0,81409	0,55222	0,23949	1,01244
20	146,41	0,84287	0,51360	0,22274	1,01184
23	149,30	0,86946	0,47367	0,20542	1,01120
26	152,19	0,89382	0,43253	0,18758	1,01054
29	155,09	0,91588	0,39029	0,16927	1,00986
<b>Сентябрь</b>					
1	157,99	- 0,93559	+ 0,34705	+ 0,15051	1,00917
4	160,89	0,95289	0,30289	0,13137	1,00846
7	163,80	0,96772	0,25794	0,11187	1,00773
10	166,71	0,98002	0,21231	0,09208	1,00698
13	169,63	0,98976	0,16612	0,07204	1,00619
16	172,56	0,99690	0,11949	0,05182	1,00538
19	175,49	1,00142	0,07256	0,03147	1,00454
22	178,42	1,00330	+ 0,02545	+ 0,01104	1,00369
25	181,35	1,00255	- 0,02171	- 0,00842	1,00283
28	184,29	0,99917	0,06882	0,02984	1,00198
<b>Октябрь</b>					
1	187,24	- 0,99316	- 0,11575	- 0,05019	1,00114
4	190,19	0,98451	0,16238	0,07042	1,00029
7	193,15	0,97325	0,20859	0,09046	0,99945
10	196,11	0,95938	0,25425	0,11027	0,99860
13	199,08	0,94233	0,29923	0,12977	0,99774
16	202,05	0,92394	0,34340	0,14893	0,99688
19	205,03	0,90246	0,38664	0,16768	0,99601
22	208,01	0,87856	0,42882	0,18597	0,99516
25	211,00	0,85230	0,46984	0,20376	0,99433
28	213,99	0,82374	0,50960	0,22100	0,99352
31	216,99	- 0,79296	- 0,54797	- 0,23765	0,99274

Простой год	$\zeta$	X	Y	Z	R
Ноябрь					
3	219,99	- 0,76002	- 0,58487	- 0,25365	0,93199
6	223,00	0,72499	0,62019	0,26897	0,99125
9	226,01	0,68797	0,65381	0,28155	0,99054
12	229,03	0,64905	0,61563	0,29735	0,98983
15	232,05	0,60834	0,71555	0,31033	0,98914
18	235,07	0,56597	0,74350	0,32244	0,98847
21	239,00	0,52215	0,76939	0,33367	0,98784
24	241,13	0,47670	0,79315	0,34198	0,98725
27	244,16	0,43004	0,81474	0,35334	0,98670
30	247,20	0,38219	0,83407	0,36112	0,98620
Декабрь					
3	250,24	- 0,31327	- 0,85111	- 0,36911	0,98574
6	253,23	0,28341	0,86577	0,37548	0,98523
9	256,33	0,21274	0,87803	0,38079	0,98474
12	259,33	0,18143	0,88782	0,38504	0,98458
15	262,43	0,12961	0,89512	0,38820	0,98425
18	265,49	0,07741	0,89992	0,39028	0,98386
21	268,54	- 0,02507	0,90221	0,39127	0,98372
24	271,59	+ 0,02736	0,90198	0,39117	0,98353
27	274,65	0,07971	0,89924	0,38938	0,98340
30	277,71	+ 0,13185	- 0,89359	- 0,38771	0,98332

## Поправка K за начало года

Год	K	Год	K	Год	K	Год	K
$d$							
1940 *)	$\begin{cases} - 0,578 \\ + 0,422 \end{cases}$	1950	$\begin{cases} d \\ 0,000 \end{cases}$	1960	$\begin{cases} - 0,422 \\ + 0,578 \end{cases}$	1970	$\begin{cases} + 0,156 \\ - 0,086 \end{cases}$
1941	$\begin{cases} - 0,180 \\ - 0,062 \end{cases}$	1951	$\begin{cases} - 0,242 \\ - 0,494 \end{cases}$	1961	$\begin{cases} + 0,336 \\ + 0,074 \end{cases}$	1971	$\begin{cases} - 0,328 \\ + 0,672 \end{cases}$
1942	$\begin{cases} - 0,062 \\ - 0,305 \end{cases}$	1952	$\begin{cases} - 0,494 \\ + 0,516 \end{cases}$	1962	$\begin{cases} + 0,074 \\ - 0,149 \end{cases}$	1972	$\begin{cases} + 0,672 \\ + 0,420 \end{cases}$
1943	$\begin{cases} - 0,305 \\ - 0,547 \end{cases}$	1953	$\begin{cases} + 0,273 \\ + 0,031 \end{cases}$	1963	$\begin{cases} - 0,149 \\ + 0,391 \end{cases}$	1973	$\begin{cases} + 0,420 \\ + 0,187 \end{cases}$
1944	$\begin{cases} - 0,547 \\ + 0,453 \end{cases}$	1954	$\begin{cases} + 0,031 \\ - 0,211 \end{cases}$	1964	$\begin{cases} + 0,391 \\ + 0,609 \end{cases}$	1974	$\begin{cases} + 0,187 \\ - 0,055 \end{cases}$
1945	$\begin{cases} + 0,211 \\ - 0,031 \end{cases}$	1955	$\begin{cases} - 0,211 \\ - 0,453 \end{cases}$	1965	$\begin{cases} + 0,609 \\ + 0,367 \end{cases}$	1975	$\begin{cases} - 0,055 \\ - 0,297 \end{cases}$
1946	$\begin{cases} - 0,031 \\ - 0,273 \end{cases}$	1956	$\begin{cases} - 0,453 \\ + 0,547 \end{cases}$	1966	$\begin{cases} + 0,367 \\ + 0,125 \end{cases}$	1976	$\begin{cases} - 0,297 \\ + 0,703 \end{cases}$
1947	$\begin{cases} - 0,273 \\ - 0,516 \end{cases}$	1957	$\begin{cases} + 0,547 \\ + 0,305 \end{cases}$	1967	$\begin{cases} + 0,125 \\ - 0,117 \end{cases}$	1977	$\begin{cases} + 0,703 \\ + 0,461 \end{cases}$
1948	$\begin{cases} - 0,516 \\ + 0,484 \end{cases}$	1958	$\begin{cases} + 0,305 \\ + 0,062 \end{cases}$	1968	$\begin{cases} - 0,117 \\ + 0,760 \end{cases}$	1978	$\begin{cases} + 0,461 \\ + 0,218 \end{cases}$
1949	$\begin{cases} + 0,484 \\ + 0,242 \end{cases}$	1959	$\begin{cases} + 0,062 \\ - 0,180 \end{cases}$	1969	$\begin{cases} + 0,760 \\ + 0,610 \end{cases}$	1979	$\begin{cases} + 0,218 \\ - 0,024 \end{cases}$
					$\begin{cases} + 0,610 \\ + 0,98 \end{cases}$	1980	$\begin{cases} - 0,024 \\ + 0,266 \end{cases}$
							$\begin{cases} + 0,266 \\ + 0,734 \end{cases}$

\*) До 1 марта високосного года брать первую поправку, с 1 марта — вторую.

Поправка гелиографической широты  $\Delta b$ 

$\begin{matrix} D \\ l \end{matrix}$	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	$\begin{matrix} D \\ l \end{matrix}$
При определении $\Delta b$									При определении $\Delta$
0°	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	90°
5	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	85
10	0,0	1,0	2,0	3,0	3,9	4,9	5,9	6,9	80
15	0,0	1,0	1,9	2,9	3,9	4,8	5,8	6,8	75
20	0,0	0,9	1,9	2,8	3,8	4,7	5,6	6,6	70
25	0,0	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5	5,4	6,3	65
30	0,0	0,9	1,7	2,6	3,5	4,3	5,2	6,1	60
35	0,0	0,8	1,6	2,5	3,3	4,1	4,9	5,7	55
40	0,0	0,8	1,5	2,3	3,1	3,8	4,6	5,4	50
45	0,0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9	45
50	0,0	0,6	1,3	1,9	2,6	3,2	3,8	4,5	40
55	0,0	0,6	1,1	1,7	2,3	2,9	3,4	4,0	35
60	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	30
65	0,0	0,4	0,8	1,3	1,7	2,1	2,5	3,0	25
70	0,0	0,3	0,7	1,0	1,4	1,7	2,0	2,4	20
75	0,0	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,6	1,8	15
80	0,0	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	1,2	10
85	0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	5
90	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0

 $\Delta b$  имеет знак  $D$ .

Таблица XXII Б

Поправка гелиографической долготы  $\Delta b$ 

$\begin{matrix} b' \\ A \end{matrix}$	0°	10°	20°	30°	40°	50°
0°	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,2
2	0,0	0,4	0,7	1,2	1,7	2,4
3	0,0	0,5	1,1	1,7	2,5	3,6
4	0,0	0,7	1,5	2,3	3,4	4,8
5	0,0	0,9	1,8	2,9	4,2	6,0
6	0,0	1,1	2,2	3,5	5,0	7,2
7	0,0	1,2	2,5	4,0	5,9	8,3

 $\Delta l$  имеет знак произведения  $D \cdot l' \cdot b'$ .

## Порядковый счёт дней в году

Месяц Число	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
1	1	32	60	91	121	152	182	213	244	274	305	335
2	2	33	61	92	122	153	183	214	245	275	306	336
3	3	34	62	93	123	154	184	215	246	276	307	337
4	4	35	63	94	124	155	185	216	247	277	308	338
5	5	36	64	95	125	156	186	217	248	278	309	339
6	6	37	65	96	126	157	187	218	249	279	310	340
7	7	38	66	97	127	158	188	219	250	280	311	341
8	8	39	67	98	128	159	189	220	251	281	312	342
9	9	40	68	99	129	160	190	221	252	282	313	343
10	10	41	69	100	130	161	191	222	253	283	314	344
11	11	42	70	101	131	162	192	223	254	284	315	345
12	12	43	71	102	132	163	193	224	255	285	316	346
13	13	44	72	103	133	164	194	225	256	286	317	347
14	14	45	73	104	134	165	195	226	257	287	318	348
15	15	46	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349
16	16	47	75	106	136	167	197	228	259	289	320	350
17	17	48	76	107	137	168	198	229	260	290	321	351
18	18	49	77	108	138	169	199	230	261	291	322	352
19	19	50	78	109	139	170	200	231	262	292	323	353
20	20	51	79	110	140	171	201	232	263	293	324	354
21	21	52	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355
22	22	53	81	112	142	173	203	234	265	295	326	356
23	23	54	82	113	143	174	204	235	266	296	327	357
24	24	55	83	114	144	175	205	236	267	297	328	358
25	25	56	84	115	145	176	206	237	268	298	329	359
26	26	57	85	116	146	177	207	238	269	299	330	360
27	27	58	86	117	147	178	208	239	270	300	331	361
28	28	59	87	118	148	179	209	240	271	301	332	362
29	29	—	88	119	149	180	210	241	272	302	333	363
30	30	—	89	120	150	181	211	242	273	303	334	364
31	31	—	90	—	151	—	212	243	—	304	—	365

Примечание. В високосном году после 29 февраля ко всем числам таблицы надо прибавлять единицу.

## Таблица XXIV

Доля года, протекая к 0<sup>ч</sup> каждого дня (в тысячных долях года)

## А. Обыкновенный год

<div>Месяц</div> <div>Число</div>	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Число
1	000	085	162	247	329	414	496	581	666	748	833	915	1
2	003	088	164	249	332	416	499	584	668	751	836	918	2
3	005	090	167	252	334	419	501	586	671	753	838	921	3
4	008	093	170	255	337	422	504	589	674	756	841	923	4
5	011	096	173	258	340	425	507	592	677	759	844	926	5
6	014	099	175	260	342	427	510	595	679	762	847	929	6
7	016	101	178	263	345	430	512	597	682	764	849	932	7
8	019	104	181	266	348	433	515	600	685	767	852	934	8
9	022	107	184	268	351	436	518	603	688	770	855	937	9
10	025	110	186	271	353	438	521	605	690	773	858	940	10
11	027	112	189	274	356	441	523	608	693	775	860	942	11
12	030	115	192	277	359	444	526	611	696	778	863	945	12
13	033	118	195	279	362	447	529	614	699	781	866	948	13
14	036	121	197	282	364	449	532	616	701	784	868	951	14
15	038	123	200	285	367	452	534	619	704	786	871	953	15
16	041	126	203	288	370	455	537	622	707	789	874	956	16
17	044	129	205	290	373	458	540	625	710	792	877	959	17
18	047	132	208	293	375	460	542	627	712	795	879	962	18
19	049	134	211	296	378	463	545	630	715	797	882	964	19
20	052	137	214	299	381	466	548	633	718	800	885	967	20
21	055	140	216	301	384	468	551	636	721	803	888	970	21
22	058	142	219	304	386	471	553	638	723	805	890	973	22
23	060	145	222	307	389	474	556	641	726	808	893	975	23
24	063	148	225	310	392	477	559	644	729	811	896	978	24
25	066	151	227	312	395	479	562	647	732	814	899	981	25
26	068	153	230	315	397	482	564	649	734	816	901	984	26
27	071	156	233	318	400	485	567	652	737	819	904	986	27
28	074	159	236	321	403	488	570	655	740	822	907	989	28
29	077	—	238	323	405	490	573	658	742	825	910	992	29
30	079	—	241	326	408	493	575	660	745	827	912	995	30
31	082	—	244	—	411	—	578	663	—	830	—	997	31

## Б. Високосный год

Месяц Число	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Число
1	000	085	164	249	331	415	497	582	667	749	833	915	1
2	003	087	167	251	333	418	500	585	669	751	836	918	2
3	005	090	169	254	336	421	503	587	672	754	839	921	3
4	008	093	172	257	339	423	505	590	675	757	842	923	4
5	011	096	175	260	342	426	508	593	678	760	844	926	5
6	014	098	178	262	344	429	511	596	680	762	847	929	6
7	016	101	180	265	347	432	514	598	683	765	850	932	7
8	019	104	183	268	350	434	516	601	686	768	852	934	8
9	022	107	186	270	352	437	519	604	689	770	855	937	9
10	025	109	189	273	355	440	522	607	691	773	858	940	10
11	027	112	191	276	358	443	525	609	694	776	861	943	11
12	030	115	194	279	361	445	527	612	697	779	863	945	12
13	033	117	197	281	363	448	530	615	699	781	866	948	13
14	036	120	199	284	366	451	533	617	702	784	869	951	14
15	038	123	202	287	369	454	536	620	705	787	872	954	15
16	041	126	205	290	372	456	538	623	708	790	874	956	16
17	044	128	208	292	374	459	541	626	710	792	877	959	17
18	046	131	210	295	377	462	544	628	713	795	880	962	18
19	049	134	213	298	380	464	546	631	716	798	883	964	19
20	052	137	216	301	383	467	549	634	719	801	885	967	20
21	055	139	219	303	385	470	552	637	721	803	888	970	21
22	057	142	221	306	388	473	555	639	724	806	891	973	22
23	060	145	224	309	391	475	557	642	727	809	893	975	23
24	063	148	227	311	393	478	560	645	730	811	896	978	24
25	066	150	230	314	396	481	563	648	732	814	899	981	25
26	068	153	232	317	399	484	566	650	735	817	902	984	26
27	071	156	235	320	402	486	568	653	738	820	904	986	27
28	074	158	238	322	404	489	571	656	740	822	907	989	28
29	077	161	240	325	407	492	574	658	743	825	910	992	29
30	079	—	243	328	410	495	577	661	746	828	913	995	30
31	082	—	246	—	413	—	579	664	—	831	—	997	31

## Юлианский период

Число дней, протекающих к нулевому числу каждого месяца с 1900 по 1970 г.  
(счёт ведётся от среднего гринвичского полудня)

Год	Январь 0	Февраль 0	Март 0	Апрель 0	Май 0	Июнь 0	Июль 0	Август 0	Сентябрь 0	Октябрь 0	Ноябрь 0	Декабрь 0
1900	2415 020	051	079	110	140	171	201	232	263	293	324	354
1901	385	416	444	475	505	536	566	597	628	658	689	719
1902	750	781	809	840	870	901	931	962	993	*023	*054	*084
1903	2416 115	146	174	205	235	266	296	327	358	388	419	449
1904	480	511	540	571	601	632	662	693	724	754	785	815
1905	846	877	905	936	966	997	*027	*058	*089	*119	*150	*180
1906	2417 211	242	270	301	331	362	392	423	454	484	515	545
1907	576	607	635	666	696	727	757	788	819	849	880	910
1908	941	972	*001	*032	*062	*093	*123	*154	*185	*215	*246	*276
1909	2418 307	338	366	397	427	458	488	519	550	580	611	641
1910	672	703	731	762	792	823	853	884	915	945	976	*006
1911	2419 037	068	096	127	157	188	218	249	280	310	341	371
1912	402	433	462	493	523	554	584	615	646	676	707	737
1913	768	799	827	858	888	919	949	980	*011	*041	*072	*102
1914	2420 133	164	192	223	253	284	314	345	376	406	437	467
1915	498	529	557	588	618	649	679	710	741	771	802	832
1916	863	894	923	954	984	*015	*045	*076	*107	*137	*168	*198
1917	2421 229	260	288	319	349	380	410	441	472	502	533	563
1918	594	625	653	684	714	745	775	806	837	867	898	928
1919	959	990	*018	*049	*079	*110	*140	*171	*202	*232	*263	*293
1920	2422 324	355	384	415	445	476	506	537	568	598	629	659
1921	690	721	749	780	810	841	871	902	933	963	994	*024
1922	2423 055	086	114	145	175	206	236	267	298	328	359	389
1923	420	451	479	510	540	571	601	632	663	693	724	754
1924	785	816	845	876	906	937	967	998	*029	*059	*090	*120

Год	Январь 0	Февраль 0	Март 0	Апрель 0	Май 0	Июнь 0	Июль 0	Август 0	Сентябрь 0	Октябрь 0	Ноябрь 0	Декабрь 0
1925	2124 151	182	210	241	271	302	332	363	394	424	455	485
1926	516	547	575	606	636	667	697	728	759	789	820	850
1927	881	912	940	971	*001	*032	*062	*093	*124	*154	*185	*215
1928	2425 246	277	306	337	367	398	428	459	490	520	551	581
1929	612	613	671	702	732	763	793	824	855	885	916	946
1930	977	*008	*036	*067	*097	*128	*158	*189	*220	*250	*281	*311
1931	2426 342	373	401	432	462	493	523	554	585	615	646	676
1932	707	738	767	798	828	859	889	920	951	981	*012	*042
1933	2427 073	104	132	163	193	224	254	285	316	346	377	407
1934	438	469	497	528	558	589	619	650	681	711	742	772
1935	803	834	862	893	923	951	984	*015	*016	*076	*107	*137
1936	2128 168	199	228	259	289	320	350	381	412	442	473	503
1937	531	565	593	624	654	685	715	746	777	807	838	868
1938	899	930	958	989	*019	*050	*080	*111	*142	*172	*203	*233
1939	2429 261	295	323	354	384	415	445	476	507	537	568	598
1940	629	660	689	720	750	781	811	842	873	903	931	964
1941	995	*026	*054	*085	*115	*146	*176	*207	*238	*268	*299	*329
1942	2430 360	391	119	450	480	511	541	572	603	633	664	694
1943	725	756	784	815	845	876	906	937	968	998	*029	*059
1944	2431 090	121	150	181	211	242	272	303	334	364	395	425
1945	456	487	515	546	576	607	637	668	699	729	760	790
1946	821	852	880	911	941	972	*002	*033	*064	*094	*125	*155
1947	2432 186	217	245	276	306	337	367	398	429	459	490	520
1948	551	582	611	642	672	703	733	764	795	825	856	886
1949	917	948	976	*007	*037	*068	*098	*129	*160	*190	*221	*251



Год	Январь 0	Февраль 0	Март 0	Апрель 0	Май 0	Июнь 0	Июль 0	Август 0	Сентябрь 0	Октябрь 0	Ноябрь 0	Декабрь 0
1950	2433 282	313	341	372	402	433	463	494	525	555	586	616
1951	647	678	706	737	767	798	828	859	890	920	951	981
1952	2434 012	043	072	103	133	164	194	225	256	286	317	347
1953	378	409	437	468	498	529	559	590	621	651	682	712
1954	743	774	802	833	863	894	924	955	986	*016	*047	*077
1955	2435 108	139	167	198	228	259	289	320	351	381	412	442
1956	473	504	533	564	594	625	655	686	717	747	778	808
1957	839	870	898	929	959	990	*020	*051	*082	*112	*143	*173
1958	2436 204	235	263	294	324	355	385	416	447	477	508	538
1959	569	600	628	659	689	720	750	781	812	842	873	903
1960	934	965	994	*025	*055	*086	*116	*147	*178	*208	*239	*269
1961	2437 300	331	359	390	420	451	481	512	543	573	604	634
1962	665	696	724	755	785	816	846	877	908	938	969	999
1963	2438 030	061	089	120	150	181	211	242	273	303	334	364
1964	395	426	455	486	516	547	577	608	639	669	700	730
1965	761	792	820	851	881	912	942	973	*004	*034	*065	*095
1966	2439 126	157	185	216	246	277	307	338	369	399	430	460
1967	491	522	550	581	611	642	672	703	734	764	795	825
1968	856	887	916	947	977	*008	*038	*069	*100	*130	*161	*191
1969	2440 222	253	281	312	342	373	403	434	465	495	526	556
1970	587	618	646	677	707	738	768	799	830	860	891	921

Перевод часов и

	0 <sup>h</sup>	1 <sup>h</sup>	2 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	5 <sup>h</sup>
0 <sup>m</sup>	0 <sup>d</sup> ,0000	0 <sup>d</sup> ,0417	0 <sup>d</sup> ,0833	0 <sup>d</sup> ,1250	0 <sup>d</sup> ,1667	0 <sup>d</sup> ,2083
1	0007	0424	0840	1257	1674	2090
2	0014	0433	0847	1264	1681	2097
3	0021	0438	0854	1271	1688	2104
4	0028	0444	0861	1278	1694	2111
5	0,0035	0,0451	0,0868	0,1285	0,1701	0,2118
6	0042	0458	0875	1292	1708	2125
7	0049	0465	0882	1299	1715	2132
8	0055	0472	0889	1306	1722	2139
9	0062	0479	0896	1312	1729	2146
10	0,0069	0,0485	0,0903	0,1319	0,1735	0,2153
11	0076	0493	0910	1326	1743	2160
12	0083	0500	0917	1333	1750	2167
13	0090	0507	0924	1340	1757	2174
14	0097	0514	0931	1347	1764	2181
15	0,0104	0,0521	0,0933	0,1351	0,1771	0,2188
16	0111	05,8	0944	1361	1778	2194
17	0118	0535	0951	1368	1785	2201
18	0125	0542	0958	1375	1792	2208
19	0132	0549	0965	1382	1799	2215
20	0,0139	0,0556	0,0972	0,1389	0,1806	0,2222
21	0146	0562	0979	1396	1812	2229
22	0153	0569	0986	1403	1819	2236
23	0160	0576	0993	1410	1826	2243
24	0167	0583	1000	1417	1833	2250
25	0,0174	0,0590	0,1007	0,1424	0,1840	0,2257
26	0181	0597	1014	1431	1847	2264
27	0188	0604	1021	1438	1854	2271
28	0194	0611	1028	1444	1861	2278
29	0201	0618	1035	1451	1868	2285
30	0,0208	0,0625	0,1042	0,1458	0,1875	0,2292
31	0215	0632	1049	1465	1882	2299
32	0222	0639	1056	1472	1889	2306
33	0229	0646	1062	1479	1896	2312
34	0236	0653	1069	1486	1903	2319
35	0,0243	0,0660	0,1076	0,1493	0,1910	0,2326
36	0250	0667	1083	1500	1917	2333
37	0257	0674	1090	1507	1924	2340
38	0264	0681	1097	1514	1931	2347
39	0271	0688	1104	1521	1938	2354
40	0,0278	0,0694	0,1111	0,1528	0,1944	0,2361
41	0285	0701	1118	1535	1951	2368
42	0292	0708	1125	1542	1958	2375
43	0299	0715	1132	1549	1965	2382
44	0306	0722	1139	1556	1972	2389
45	0,0312	0,0729	0,1146	0,1562	0,1979	0,2396
46	0319	0736	1153	1570	1986	2403
47	0326	0743	1160	1576	1993	2410
48	0333	0750	1167	1583	2000	2417
49	0340	0757	1174	1590	2007	2424
50	0,0347	0,0764	0,1181	0,1597	0,2014	0,2431
51	0354	0771	1188	1604	2021	2438
52	0361	0778	1194	1611	2028	2444
53	0368	0785	1201	1618	2035	2451
54	0375	0792	1208	1625	2042	2458
55	0,0382	0,0799	0,1215	0,1632	0,2049	0,2465
56	0389	0806	1222	1639	2055	2472
57	0396	0812	1229	1646	2062	2479
58	0403	0819	1236	1653	2069	2486
59	0,0410	0,0826	0,1243	0,1660	0,2076	0,2493
60	0,0417	0,0833	0,1250	0,1667	0,2083	0,2500

инут в доли суток

	6 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup>	8 <sup>h</sup>	9 <sup>h</sup>	10 <sup>h</sup>	11 <sup>h</sup>
0 <sup>m</sup>	0 <sup>d</sup> ,2500	0 <sup>d</sup> ,2917	0 <sup>d</sup> ,3333	0 <sup>d</sup> ,3750	0 <sup>d</sup> ,4167	0 <sup>d</sup> ,4583
1	2507	2924	3340	3757	4174	4590
2	2514	2931	3347	3764	4181	4597
3	2521	2938	3354	3771	4188	4604
4	2528	2944	3361	3778	4194	4611
5	0,2535	0,2951	0,3368	0,3785	0,4201	0,4618
6	2542	2958	3375	3792	4208	4625
7	2549	2965	3382	3799	4215	4632
8	2556	2972	3389	3806	4222	4639
9	2562	2979	3396	3812	4229	4646
10	0,2569	0,2986	0,3403	0,3819	0,4236	0,4653
11	2576	2993	3410	3826	4243	4660
12	2583	3000	3417	3833	4250	4667
13	2590	3007	3424	3840	4257	4674
14	2597	3014	3431	3847	4264	4681
15	0,2604	0,3021	0,3438	0,3854	0,4271	0,4688
16	2611	3028	3444	3861	4278	4694
17	2618	3035	3451	3868	4285	4701
18	2625	3042	3458	3875	4292	4708
19	2632	3049	3465	3882	4299	4715
20	0,2639	0,3056	0,3472	0,3889	0,4306	0,4722
21	2646	3062	3479	3896	4312	4729
22	2653	3069	3486	3903	4319	4736
23	2660	3076	3493	3910	4326	4743
24	2667	3083	3500	3917	4333	4750
25	0,2674	0,3090	0,3507	0,3924	0,4340	0,4757
26	2681	3097	3514	3931	4347	4764
27	2688	3104	3521	3937	4354	4771
28	2694	3111	3528	3944	4361	4778
29	2701	3118	3535	3951	4368	4785
30	0,2708	0,3125	0,3542	0,3958	0,4375	0,4792
31	2715	3132	3549	3965	4382	4799
32	2722	3139	3556	3972	4389	4806
33	2729	3146	3562	3979	4396	4812
34	2736	3153	3569	3986	4403	4819
35	0,2743	0,3160	0,3576	0,3993	0,4410	0,4826
36	2750	3167	3583	4000	4417	4833
37	2757	3174	3590	4007	4424	4840
38	2764	3181	3597	4014	4431	4847
39	2771	3188	3604	4021	4438	4854
40	0,2778	0,3194	0,3611	0,4028	0,4444	0,4861
41	2785	3201	3618	4035	4451	4868
42	2792	3208	3625	4042	4458	4875
43	2799	3215	3632	4049	4465	4882
44	2806	3222	3639	4056	4472	4889
45	0,2812	0,3229	0,3646	0,4062	0,4479	0,4896
46	2819	3236	3653	4069	4486	4903
47	2826	3243	3660	4076	4493	4910
48	2833	3250	3667	4083	4500	4917
49	2840	3257	3674	4090	4507	4924
50	0,2847	0,3264	0,3681	0,4097	0,4514	0,4931
51	2854	3271	3688	4104	4521	4938
52	2861	3278	3694	4111	4528	4944
53	2868	3285	3701	4118	4535	4951
54	2875	3292	3708	4125	4542	4958
55	0,2882	0,3299	0,3715	0,4132	0,4549	0,4965
56	2889	3306	3722	4139	4556	4972
57	2896	3312	3729	4146	4562	4979
58	2903	3319	3736	4153	4569	4986
59	0,2910	0,3326	0,3743	0,4160	0,4576	0,4993
60	0,2917	0,3333	0,3750	0,4167	0,4583	0,5000

## Перевод долей дня в часы

Доли дня	Часы	Доли дня	Часы	Доли дня	Часы	Доли дня	Часы	Доли дня	Часы
<i>d</i> 0,01	<i>h</i> 0,24	<i>d</i> 0,21	<i>h</i> 5,04	<i>d</i> 0,41	<i>h</i> 9,84	<i>d</i> 0,61	<i>h</i> 14,64	<i>d</i> 0,81	<i>h</i> 19,44
0,02	0,48	0,22	5,28	0,42	10,08	0,62	14,88	0,82	19,68
0,03	0,72	0,23	5,52	0,43	10,32	0,63	15,12	0,83	19,92
0,04	0,96	0,24	5,76	0,44	10,56	0,64	15,36	0,84	20,16
0,05	1,20	0,25	6,00	0,45	10,80	0,65	15,60	0,85	20,40
0,06	1,44	0,26	6,24	0,46	11,04	0,66	15,84	0,86	20,64
0,07	1,68	0,27	6,48	0,47	11,28	0,67	16,08	0,87	20,88
0,08	1,92	0,28	6,72	0,48	11,52	0,68	16,32	0,88	21,12
0,09	2,16	0,29	6,96	0,49	11,76	0,69	16,36	0,89	21,36
0,10	2,40	0,30	7,20	0,50	12,00	0,70	16,80	0,90	21,60
0,11	2,64	0,31	7,44	0,51	12,24	0,71	17,04	0,91	21,84
0,12	2,88	0,32	7,68	0,52	12,48	0,72	17,28	0,92	22,08
0,13	3,12	0,33	7,92	0,53	12,72	0,73	17,52	0,93	22,32
0,14	3,36	0,34	8,16	0,54	12,96	0,74	17,76	0,94	22,56
0,15	3,60	0,35	8,40	0,55	13,20	0,75	18,00	0,95	22,80
0,16	3,84	0,36	8,64	0,56	13,44	0,76	18,24	0,96	23,04
0,17	4,08	0,37	8,88	0,57	13,68	0,77	18,48	0,97	23,28
0,18	4,32	0,38	9,12	0,58	13,92	0,78	18,72	0,98	23,52
0,19	4,56	0,39	9,36	0,59	14,16	0,79	18,96	0,99	23,76
0,20	4,80	0,40	9,60	0,60	14,40	0,80	19,20	1,00	24,00

## Измерение промежутков времени в градусных единицах

Часы в дуге		Минуты времени в дуге				Секунды времени в дуге				
<i>h</i>	°	<i>m</i>	°	'	<i>m</i>	°	'	<i>s</i>	'	''
1	15	1	0	15	31	7	45	1	0	15
2	30	2	0	30	32	8	0	2	0	30
3	45	3	0	45	33	8	15	3	0	45
4	60	4	1	0	34	8	30	4	1	0
5	75	5	1	15	35	8	45	5	1	15
6	90	6	1	30	36	9	0	6	1	30
7	105	7	1	45	37	9	15	7	1	45
8	120	8	2	0	38	9	30	8	2	0
9	135	9	2	15	39	9	45	9	2	15
10	150	10	2	30	40	10	0	10	2	30
11	165	11	2	45	41	10	15	11	2	45
12	180	12	3	0	42	10	30	12	3	0
13	195	13	3	15	43	10	45	13	3	15
14	210	14	3	30	44	11	0	14	3	30
15	225	15	3	45	45	11	15	15	3	45
16	240	16	4	0	46	11	30	16	4	0
17	255	17	4	15	47	11	45	17	4	15
18	270	18	4	30	48	12	0	18	4	30
19	285	19	4	45	49	12	15	19	4	45
20	300	20	5	0	50	12	30	20	5	0
21	315	21	5	15	51	12	45	21	5	15
22	330	22	5	30	52	13	0	22	5	30
23	345	23	5	45	53	13	15	23	5	45
24	360	24	6	0	54	13	30	24	6	0
		25	6	15	55	13	45	25	6	15
		26	6	30	56	14	0	26	6	30
		27	6	45	57	14	15	27	6	45
		28	7	0	58	14	30	28	7	0
		29	7	15	59	14	45	29	7	15
		30	7	30	60	15	0	30	7	30

## Перевод градусных единиц в единицы времени

Градусы во времени				Минуты дуги во времени				Секунды дуги во времени								
°	h	m	°	h	m	s	'	m	s	"	s	"	s			
1	0	4	120	8	0		1	0	4	31	2	4	1	0,07	31	2,07
2	0	8	130	8	40		2	0	8	32	2	8	2	0,13	32	2,13
3	0	12	140	9	20		3	0	12	33	2	12	3	0,20	33	2,20
4	0	16	150	10	0		4	0	16	34	2	16	4	0,27	34	2,27
5	0	20	160	10	40		5	0	20	35	2	20	5	0,33	35	2,33
6	0	24	170	11	20		6	0	24	36	2	24	6	0,40	36	2,40
7	0	28	180	12	0		7	0	28	37	2	28	7	0,47	37	2,47
8	0	32	190	12	40		8	0	32	38	2	32	8	0,53	38	2,53
9	0	36	200	13	20		9	0	36	39	2	36	9	0,60	39	2,60
10	0	40	210	14	0		10	0	40	40	2	40	10	0,67	40	2,67
11	0	44	220	14	40		11	0	44	41	2	44	11	0,73	41	2,73
12	0	48	230	15	20		12	0	48	42	2	48	12	0,80	42	2,80
13	0	52	240	16	0		13	0	52	43	2	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
16	1	4	270	18	0		16	1	4	46	3	4	16	1,07	46	3,07
17	1	8	280	18	40		17	1	8	47	3	8	17	1,13	47	3,13
18	1	12	290	19	20		18	1	12	48	3	12	18	1,20	48	3,20
19	1	16	300	20	0		19	1	16	49	3	16	19	1,27	49	3,27
			310	20	40		20	1	20	50	3	20	20	1,33	50	3,33
20	1	20	320	21	20		21	1	24	51	3	24	21	1,40	51	3,40
30	2	0	330	22	0		22	1	28	52	3	28	22	1,47	52	3,47
40	2	40	340	22	40		23	1	32	53	3	32	23	1,53	53	3,53
50	3	20	350	23	20		24	1	36	54	3	36	24	1,60	54	3,60
60	4	0	360	24	0		25	1	40	55	3	40	25	1,67	55	3,67
70	4	40					26	1	44	56	3	44	26	1,73	56	3,73
80	5	20					27	1	48	57	3	48	27	1,80	57	3,80
90	6	0					28	1	52	58	3	52	28	1,87	58	3,87
100	6	40					29	1	56	59	3	56	29	1,93	59	3,93
110	7	20					30	2	0	60	4	0	30	2,00	60	4,00

Таблица XXX

Перевод минут и секунд дуги (или времени) в доли градуса (или часа)

'(м.)	°(ч.)	'(м.)	°(ч.)	'(м.)	°(ч.)
1	0,016667	21	0,350000	41	0,683333
2	0,033333	22	0,366667	42	0,700000
3	0,050000	23	0,383333	43	0,716667
4	0,066667	24	0,400000	44	0,733333
5	0,083333	25	0,416667	45	0,750000
6	0,100000	26	0,433333	46	0,766667
7	0,116667	27	0,450000	47	0,783333
8	0,133333	28	0,466667	48	0,800000
9	0,150000	29	0,483333	49	0,816667
10	0,166667	30	0,500000	50	0,833333
11	0,183333	31	0,516667	51	0,850000
12	0,200000	32	0,533333	52	0,866667
13	0,216667	33	0,550000	53	0,883333
14	0,233333	34	0,566667	54	0,900000
15	0,250000	35	0,583333	55	0,916667
16	0,266667	36	0,600000	56	0,933333
17	0,283333	37	0,616667	57	0,950000
18	0,300000	38	0,633333	58	0,966667
19	0,316667	39	0,650000	59	0,983333
20	0,333333	40	0,666667	60	1,000000
''(с.)	°(ч.)	''(с.)	°(ч.)	''(с.)	°(ч.)
1	0,000278	21	0,005833	41	0,011389
2	0,000556	22	0,006111	42	0,011667
3	0,000833	23	0,006389	43	0,011944
4	0,001111	24	0,006667	44	0,012222
5	0,001389	25	0,006944	45	0,012500
6	0,001667	26	0,007222	46	0,012778
7	0,001944	27	0,007500	47	0,013056
8	0,002222	28	0,007778	48	0,013333
9	0,002500	29	0,008056	49	0,013611
10	0,002778	30	0,008333	50	0,013889
11	0,003056	31	0,008611	51	0,014167
12	0,003333	32	0,008889	52	0,014444
13	0,003611	33	0,009167	53	0,014722
14	0,003889	34	0,009444	54	0,015000
15	0,004167	35	0,009722	55	0,015278
16	0,004444	36	0,010000	56	0,015556
17	0,004722	37	0,010278	57	0,015833
18	0,005000	38	0,010556	58	0,016111
19	0,005278	39	0,010833	59	0,016389
20	0,005556	40	0,011112	60	0,016667

Продолжение таблицы XXX

"(с.)	°(ч.)	"(с.)	°(ч.)
0,1	0,000028	0,01	0,000003
0,2	0,000056	0,02	0,000006
0,3	0,000083	0,03	0,000008
0,4	0,000111	0,04	0,000011
0,5	0,000139	0,05	0,000014
0,6	0,000167	0,06	0,000017
0,7	0,000194	0,07	0,000019
0,8	0,000222	0,08	0,000022
0,9	0,000250	0,09	0,000025
1,0	0,000278	0,10	0,000028

Т а б л и ц а XXXI

Перевод долей градуса (часа) в минуты и секунды дуги  
(или времени)

° (ч.)	' (мин.)	° (ч.)	'    " (мин. сек.)	° (ч.)	" (сек.)	° (ч.)	" (сек.)	° (ч.)	" (сек.)
0,1	6	0,01	0    36	0,001	3,6	0,0001	0,36	0,00001	0,04
0,2	12	0,02	1    12	0,002	7,2	0,0002	0,72	0,00002	0,07
0,3	18	0,03	1    48	0,003	10,8	0,0003	1,08	0,00003	0,11
0,4	24	0,04	2    24	0,004	14,4	0,0004	1,44	0,00004	0,14
0,5	30	0,05	3    00	0,005	18,0	0,0005	1,80	0,00005	0,18
0,6	36	0,06	3    36	0,006	21,6	0,0006	2,16	0,00006	0,22
0,7	42	0,07	4    12	0,007	25,2	0,0007	2,52	0,00007	0,25
0,8	48	0,08	4    48	0,008	28,8	0,0008	2,88	0,00008	0,29
0,9	54	0,09	5    24	0,009	32,4	0,0009	3,24	0,00009	0,32



## Перевод промежутков среднего времени в промежутки звёздного

Часы, минуты, секунды среднего времени	Часы звёздного времени	Минуты звёздного времени	Секунды звёзд- ного времени	Минуты, секунды сред- него времени	Минуты звёздного времени	Секунды звёзд- ного времени
1	1 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup> 9 <sup>s</sup> ,86	1 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup> ,16	1 <sup>s</sup> ,00	31	31 <sup>m</sup> 5 <sup>s</sup> ,09	31 <sup>s</sup> ,08
2	2 0 19,71	2 0,33	2,01	32	32 5,26	32,09
3	3 0 29,57	3 0,49	3,01	33	33 5,42	33,09
4	4 0 39,43	4 0,66	4,01	34	34 5,59	34,09
5	5 0 49,28	5 0,82	5,01	35	35 5,75	35,10
6	6 0 59,14	6 0,99	6,02	36	36 5,91	36,10
7	7 1 9,00	7 1,15	7,02	37	37 6,08	37,10
8	8 1 18,85	8 1,31	8,02	38	38 6,24	38,10
9	9 1 28,71	9 1,48	9,02	39	39 6,41	39,11
10	10 1 38,56	10 1,64	10,03	40	40 6,57	40,11
11	11 1 48,42	11 1,81	11,03	41	41 6,74	41,11
12	12 1 58,28	12 1,97	12,03	42	42 6,90	42,11
13	13 2 8,13	13 2,14	13,04	43	43 7,06	43,12
14	14 2 17,99	14 2,30	14,04	44	44 7,23	44,12
15	15 2 27,85	15 2,46	15,04	45	45 7,39	45,12
16	16 2 37,70	16 2,63	16,04	46	46 7,56	46,13
17	17 2 47,56	17 2,79	17,05	47	47 7,72	47,13
18	18 2 57,42	18 2,96	18,05	48	48 7,89	48,13
19	19 3 7,27	19 3,12	19,05	49	49 8,05	49,13
20	20 3 17,13	20 3,29	20,05	50	50 8,21	50,14
21	21 3 26,99	21 3,45	21,06	51	51 8,38	51,14
22	22 3 36,84	22 3,61	22,06	52	52 8,54	52,14
23	23 3 46,70	23 3,78	23,06	53	53 8,71	53,15
24	24 3 56,56	24 3,94	24,07	54	54 8,87	54,15
25		25 4,11	25,07	55	55 9,04	55,15
26		26 4,27	26,07	56	56 9,20	56,15
27		27 4,44	27,07	57	57 9,36	57,16
28		28 4,60	28,08	58	58 9,53	58,16
29		29 4,76	29,08	59	59 9,69	59,16
30		30 4,93	30,08	60	60 9,86	60,16

## Перевод промежутков звёздного времени в промежутки среднего

Часы, минуты, секунды звёздного времени	Часы среднего времени	Минуты среднего времени	Секунды сред- него времени	Минуты, секунды звёзд- ного времени	Минуты среднего времени	Секунды среднего времени
1	0 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup> ,17	0 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup> ,84	1 <sup>s</sup> ,00	31	30 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup> ,92	30 <sup>s</sup> ,92
2	1 59 40,34	1 59,67	1,99	32	31 54,76	31,91
3	2 59 30,51	2 59,51	2,99	33	32 54,59	32,91
4	3 59 20,68	3 59,34	3,99	34	33 54,43	33,91
5	4 59 10,85	4 59,18	4,99	35	34 54,27	34,90
6	5 59 1,02	5 59,02	5,98	36	35 54,10	35,90
7	6 58 51,19	6 58,85	6,98	37	36 53,94	36,90
8	7 58 41,36	7 58,69	7,98	38	37 53,77	37,90
9	8 58 31,53	8 58,53	8,98	39	38 53,61	38,89
10	9 58 21,70	9 58,36	9,97	40	39 53,45	39,89
11	10 58 11,87	10 58,20	10,97	41	40 53,28	40,89
12	11 58 2,05	11 58,03	11,97	42	41 53,12	41,89
13	12 57 52,22	12 57,87	12,96	43	42 52,96	42,88
14	13 57 42,39	13 57,71	13,96	44	43 52,79	43,88
15	14 57 32,56	14 57,54	14,96	45	44 52,63	44,88
16	15 57 22,73	15 57,38	15,96	46	45 52,46	45,87
17	16 57 12,90	16 57,21	16,95	47	46 52,30	46,87
18	17 57 3,07	17 57,05	17,95	48	47 52,14	47,87
19	18 56 53,24	18 56,89	18,95	49	48 51,97	48,87
20	19 56 43,41	19 56,72	19,95	50	49 51,81	49,86
21	20 56 33,58	20 56,56	20,94	51	50 51,64	50,86
22	21 56 23,75	21 56,40	21,94	52	51 51,48	51,86
23	22 56 13,92	22 56,23	22,94	53	52 51,32	52,86
24	23 56 4,09	23 56,07	23,93	54	53 51,15	53,85
25		24 55,90	24,93	55	54 50,99	54,85
26		25 55,74	25,93	56	55 50,83	55,85
27		26 55,58	26,93	57	56 50,66	56,84
28		27 55,41	27,92	58	57 50,50	57,84
29		28 55,25	28,92	59	58 50,33	58,84
30		29 55,09	29,92	60	59 50,17	59,84

Поправки звёздного времени для разных долгот  
(для приведения звёздного времени в среднюю полночь в Гринвиче  
к звёздному времени в среднюю полночь другой долготы)

Вост. долгота от Грин- вича	Поправка	Вост. долгота от Грин- вича	Поправка	Вост. долгота от Грин- вича	Поправка
0 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup> ,00	4 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup>	— 0 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup> ,43	8 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup>	— 1 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> ,85
10	— 0 1,64	10	— 0 41,07	10	— 1 20,50
20	— 0 3,29	20	— 0 42,71	20	— 1 22,14
30	— 0 4,93	30	— 0 44,35	30	— 1 23,78
40	— 0 6,57	40	— 0 46,00	40	— 1 25,42
50	— 0 8,21	50	— 0 47,64	50	— 1 27,07
1 00	— 0 9,86	5 00	— 0 49,28	9 00	— 1 28,71
10	— 0 11,50	10	— 0 50,93	10	— 1 30,35
20	— 0 13,41	20	— 0 52,57	20	— 1 31,90
30	— 0 14,79	30	— 0 54,21	30	— 1 33,64
40	— 0 16,43	40	— 0 55,85	40	— 1 35,28
50	— 0 18,07	50	— 0 57,50	50	— 1 36,92
2 00	— 0 19,71	6 00	— 0 59,14	10 00	— 1 38,57
10	— 0 21,36	10	— 1 0,78	10	— 1 40,21
20	— 0 23,00	20	— 1 2,42	20	— 1 41,85
30	— 0 24,64	30	— 1 4,07	30	— 1 43,49
40	— 0 26,28	40	— 1 5,71	40	— 1 45,14
50	— 0 27,93	50	— 1 7,35	50	— 1 46,61
3 00	— 0 29,57	7 00	— 1 9,00	11 00	— 1 48,42
10	— 0 31,21	10	— 1 10,64	10	— 1 50,06
20	— 0 32,86	20	— 1 12,28	20	— 1 51,71
30	— 0 34,50	30	— 1 13,92	30	— 1 53,35
40	— 0 36,14	40	— 1 15,57	40	— 1 54,99
50	— 0 37,78	50	— 1 17,21	50	— 1 56,64
4 00	— 0 39,43	8 00	— 1 18,85	12 00	— 1 58,28

## Поглощение света в земной атмосфере

Видимое зенитное расстояние	$F(z)$	Поглоще- ние в ви- зуальных лучах	Поглоще- ние в фо- тографи- ческих лучах	Видимое зенитное расстоя- ние	$F(z)$	Поглоще- ние в ви- зуальных лучах	Поглоще- ние в фо- тографи- ческих лучах
0°	1,00	$m$ 0,00	$m$ 0,00	80,0	5,60	$m$ 0,90	$m$ 1,81
10	1,02	0,00	0,01	80,5	5,87	0,95	1,92
20	1,06	0,01	0,03	81,0	6,18	1,01	2,03
30	1,15	0,03	0,06	81,2	6,31	1,04	2,08
40	1,30	0,06	0,12	81,4	6,44	1,07	2,14
45	1,41	0,08	0,17	81,6	6,58	1,09	2,19
50	1,55	0,11	0,22	81,8	6,73	1,12	2,24
55	1,74	0,14	0,30	82,0	6,88	1,15	2,30
60	2,00	0,20	0,40	82,2	7,04	1,18	2,36
62	2,12	0,22	0,45	82,4	7,21	1,22	2,42
64	2,27	0,25	0,51	82,6	7,39	1,25	2,49
66	2,45	0,28	0,58	82,8	7,57	1,29	2,55
68	2,65	0,32	0,66	83,0	7,77	1,32	2,63
70	2,90	0,37	0,76	83,2	7,97	1,36	2,71
71	3,05	0,40	0,82	83,4	8,19	1,41	2,79
72	3,21	0,43	0,88	83,6	8,41	1,45	2,87
73	3,39	0,47	0,95	83,8	8,65	1,50	2,95
74	3,59	0,51	1,03	84,0	8,90	1,55	3,05
75	3,82	0,55	1,12	84,2	9,17	1,60	(3,15)
76	4,08	0,60	1,22	84,4	9,45	1,65	(3,24)
77	4,37	0,66	1,34	84,6	9,74	1,71	(3,36)
78	4,72	0,73	1,47	84,8	10,06	1,77	(3,48)
79	5,12	0,81	1,63	85,0	10,40	1,84	(3,62)

Поглощение в визуальных лучах дано по Бемпораду и основано на коэффициенте прозрачности  $p=0,835$ . Данные приведены для  $t=0^\circ$  и давления в 760 мм. При давлении  $B$  мм поглощение равно табличному, умноженному на  $B$  мм/760 мм.

Поглощение в фотографических лучах дано по Вирцу для тех же условий.

Для любого другого значения  $p$  поглощение вычисляется по формуле:

$$m_z - m_0 = \lg p [F(z) - 1],$$

где  $F(z)$  — масса воздуха, проходимого лучом, выраженная в единицах массы воздуха в направлении на зенит.

## Средняя рефракция

(при температуре  $+10^{\circ}\text{C}$  и барометрическом давлении 760 мм)

$z$	$R$	$z$	$R$	$z$	$R$	$z$	$R$	$z$	$R$
0°	0'00"	35°	0'41"	68° 0'	2'23"	80° 0'	5'19"	86° 0'	11'45"
1	1	36	42	20	26	10	5 24	10	12 7
2	2	37	44	40	28	20	5 29	20	12 30
3	3	38	45						
4	4	39	47	69 0	31	30	5 35	30	12 55
				20	33	40	5 41	40	13 22
				40	36	50	5 46	50	13 51
5	0 05	40	0 49						
6	6	41	51	70 0	2 39	81 0	5 52	87 0	14 22
7	7	42	52	20	42	10	5 59	10	14 55
8	8	43	54	40	45	20	6 5	20	15 31
9	9	44	56						
				71 0	48	30	6 12	30	16 9
				20	51	40	6 19	40	16 49
10	0 10	45	0 58	40	54	50	6 26	50	17 32
11	11	46	1 00						
12	12	47	2	72 0	2 57	82 0	6 33	88 0	18 18
13	13	48	5	20	3 1	10	6 41	10	19 8
14	15	49	7	40	4	20	6 49	20	20 2
				73 0	8	30	6 57	30	21 1
15	0 16	50	1 9	20	12	40	7 5	40	22 7
16	17	51	12	40	16	50	7 14	50	23 19
17	18	52	14						
18	19	53	17	74 0	3 20	83 0	7 24	89 0	24 37
19	20	54	20	20	25	10	7 33	10	26 3
				40	29	20	7 43	20	27 36
20	0 21	55	1 23	75 0	34	30	7 54	30	29 18
21	22	56	26	20	39	40	8 5	40	31 9
22	24	57	29	40	44	50	8 16	50	33 11
23	25	58	33						
24	26	59	37	76 0	3 49	84 0	8 28	90 0	35 24
				20	55	10	8 40		
				40	4 1	20	8 53		
25	0 27	60	1 41						
26	28	61	45	77 0	4 7	30	9 7		
27	30	62	49	20	13	40	9 21		
28	31	63	54	40	20	50	9 36		
29	32	64	1 59						
				78 0	4 27	85 0	9 52		
				20	35	10	10 8		
30	0 34	65,0	2 4	40	43	20	10 26		
31	35	65,5	7						
32	36	66,0	10	79 0	51	30	10 45		
33	38	66,5	13	20	5 00	40	11 4		
34	39	67,0	16	40	9	50	11 24		
		67,5	20						
35	0 41	68,0	2 23	80 0	5 19	86 0	11 45		

### Годичная прецессия по прямому восхождению ( $P_\alpha$ )

Для север- ного скло- нения	+80°	+75°	+70°	+65°	+60°	+55°	+50°	+45°	+40°	+35°	+30°	+25°	+20°	+15°	+10°	+5°	0°	δ	α
	<sup>s</sup> 12 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup>	<sup>s</sup> 3,07	<sup>s</sup> 3,07	<sup>s</sup> 3,07	<sup>s</sup> 3,07	<sup>s</sup> 3,07	<sup>s</sup> 3,07	<sup>s</sup> 3,07	<sup>s</sup> 3,07	<sup>s</sup> 3,07	<sup>s</sup> 3,07	<sup>s</sup> 3,17	<sup>s</sup> 3,07	<sup>s</sup> 3,10	<sup>s</sup> 3,07	<sup>s</sup> 3,13	<sup>s</sup> 3,10		
0 20	3,73	3,50	3,39	3,32	3,27	3,25	3,21	3,19	3,17	3,15	3,14	3,12	3,11	3,10	3,09	3,08	3,07	12 20	23 40
0 40	4,39	3,91	3,71	3,57	3,47	3,40	3,35	3,30	3,26	3,20	3,18	3,15	3,13	3,12	3,10	3,09	3,07	12 40	23 20
1 00	5,03	4,96	4,02	3,81	3,67	3,56	3,48	3,42	3,36	3,31	3,27	3,23	3,20	3,16	3,13	3,10	3,07	13 00	23 00
1 20	6,66	4,78	4,33	4,05	3,86	3,72	3,62	3,53	3,45	3,36	3,33	3,28	3,21	3,19	3,15	3,11	3,07	13 20	22 40
1 40	6,27	5,18	4,62	4,28	4,05	3,88	3,74	3,64	3,54	3,46	3,40	3,34	3,28	3,22	3,17	3,12	3,07	13 40	22 20
2 00	6,86	5,56	4,91	4,50	4,23	4,02	3,87	3,74	3,63	3,54	3,46	3,38	3,31	3,25	3,19	3,13	3,07	14 00	22 00
2 20	7,42	5,93	5,18	4,71	4,40	4,17	3,98	3,84	3,71	3,61	3,51	3,43	3,35	3,28	3,21	3,14	3,07	14 20	21 40
2 40	7,95	6,28	5,43	4,91	4,56	4,30	4,09	3,93	3,79	3,67	3,57	3,47	3,38	3,30	3,22	3,15	3,07	14 40	21 20
3 00	8,43	6,60	5,67	5,10	4,71	4,42	4,20	4,01	3,86	3,74	3,62	3,51	3,41	3,32	3,24	3,15	3,07	15 00	21 00
3 20	8,60	6,89	5,88	5,27	4,84	4,53	4,29	4,09	3,93	3,79	3,66	3,55	3,44	3,34	3,25	3,16	3,07	15 20	20 40
3 40	9,28	7,16	6,08	5,42	4,97	4,63	4,38	4,16	3,99	3,84	3,70	3,58	3,47	3,36	3,26	3,17	3,07	15 40	20 20
4 00	9,64	7,39	6,25	5,55	5,07	4,72	4,45	4,23	4,04	3,88	3,74	3,61	3,49	3,38	3,27	3,17	3,07	16 00	20 00
4 20	9,94	7,59	6,40	5,67	5,17	4,80	4,51	4,28	4,09	3,92	3,77	3,64	3,51	3,39	3,28	3,18	3,07	16 20	19 40
4 40	10,19	7,76	6,52	5,76	5,25	4,86	4,57	4,32	4,12	3,95	3,80	3,66	3,53	3,41	3,29	3,18	3,07	16 40	19 20
5 00	10,39	7,89	6,62	5,84	5,31	4,91	4,61	4,36	4,15	3,98	3,82	3,67	3,54	3,42	3,30	3,18	3,07	17 00	19 00
5 20	10,51	7,98	6,69	5,89	5,35	4,95	4,64	4,39	4,18	4,00	3,83	3,68	3,55	3,42	3,30	3,19	3,07	17 20	18 40
5 40	10,62	8,04	6,73	5,93	5,38	4,97	4,66	4,40	4,19	4,00	3,81	3,69	3,56	3,43	3,30	3,19	3,07	17 40	18 20
6 00	10,65	8,06	6,74	5,91	5,39	4,98	4,66	4,41	4,19	4,00	3,84	3,69	3,56	3,43	3,31	3,19	3,07	18 00	18 00
α	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	-45°	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	0°	Для южного склонения	
δ																			

$P_a$ 

Для северного скло- нения		+80°	+75°	+70°	+65°	+60°	+55°	+50°	+45°	+40°	+35°	+30°	+25°	+20°	+15°	+10°	+5°	+0	$\delta$	$\alpha$
$\delta$	$\alpha$																			
		12'00"m	24'00"m	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07	3'07
12 20	23 40	2,41	2,64	2,75	2,82	2,87	2,90	2,93	2,95	2,97	2,99	3,00	3,02	3,03	3,04	3,05	3,06	3,07	3,07	3,07
12 40	23 20	1,75	2,20	2,43	2,57	2,67	2,74	2,79	2,84	2,88	2,91	2,94	2,96	2,99	3,01	3,03	3,05	3,07	3,07	3,07
13 00	23 00	1,11	1,78	2,12	2,33	2,47	2,58	2,66	2,72	2,78	2,83	2,87	2,91	2,94	2,98	3,01	3,04	3,07	3,07	3,07
13 20	22 40	0,48	1,36	1,81	2,09	2,27	2,42	2,52	2,61	2,69	2,75	2,81	2,86	2,90	2,95	2,99	3,03	3,07	3,07	3,07
13 40	22 20	0,13	0,96	1,52	1,86	2,09	2,26	2,40	2,50	2,60	2,67	2,74	2,80	2,86	2,92	2,97	3,02	3,07	3,07	3,07
14 00	22 00	0,72	0,58	1,23	1,64	1,91	2,12	2,27	2,40	2,51	2,60	2,68	2,76	2,83	2,89	2,95	3,01	3,07	3,07	3,07
14 20	21 40	1,28	0,21	0,96	1,43	1,74	1,97	2,16	2,30	2,43	2,53	2,63	2,71	2,79	2,86	2,93	3,00	3,07	3,07	3,07
14 40	21 20	1,81	0,14	0,71	1,23	1,58	1,84	2,05	2,21	2,35	2,47	2,57	2,67	2,76	2,84	2,92	2,99	3,07	3,07	3,07
15 00	21 00	2,29	0,46	0,47	1,04	1,43	1,72	1,94	2,13	2,28	2,40	2,52	2,63	2,73	2,82	2,90	2,99	3,07	3,07	3,07
15 20	20 40	2,74	0,75	0,26	0,87	1,30	1,61	1,85	2,05	2,21	2,35	2,48	2,59	2,70	2,80	2,89	2,98	3,07	3,07	3,07
15 40	20 20	3,14	1,02	0,06	0,72	1,17	1,51	1,76	1,98	2,15	2,30	2,44	2,56	2,67	2,78	2,88	2,97	3,07	3,07	3,07
16 00	20 00	3,50	1,25	0,11	0,59	1,07	1,42	1,69	1,91	2,10	2,26	2,40	2,53	2,65	2,76	2,87	2,97	3,07	3,07	3,07
16 20	19 40	3,80	1,45	0,26	0,47	0,97	1,34	1,63	1,86	2,05	2,22	2,37	2,50	2,63	2,75	2,86	2,96	3,07	3,07	3,07
16 40	19 20	4,05	1,62	0,38	0,38	0,89	1,28	1,57	1,81	2,02	2,19	2,34	2,48	2,61	2,73	2,85	2,96	3,07	3,07	3,07
17 00	19 00	4,25	1,75	0,48	0,30	0,83	1,23	1,53	1,78	1,99	2,16	2,32	2,47	2,60	2,72	2,84	2,96	3,07	3,07	3,07
17 20	18 40	4,40	1,84	0,55	0,25	0,79	1,19	1,50	1,75	1,96	2,15	2,31	2,46	2,59	2,72	2,84	2,95	3,07	3,07	3,07
17 40	18 20	4,48	1,90	0,59	0,21	0,76	1,17	1,48	1,74	1,95	2,14	2,30	2,45	2,58	2,71	2,84	2,95	3,07	3,07	3,07
18 00	18 00	4,51	1,92	0,60	0,20	0,75	1,16	1,48	1,73	1,95	2,13	2,30	2,45	2,58	2,71	2,83	2,95	3,07	3,07	3,07
$\delta$		-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	-45°	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	0°	Для южного скло- нения	

Числа, набранные жирным шрифтом, — отрицательны.

Таблица XXXVII Б

Годичная прецессия по склонению ( $P_\delta$ )

$\alpha$	$0^m$	$10^m$	$20^m$	$30^m$	$40^m$	$50^m$	$60^m$	$\alpha$
$0^h$	+20',0	+20',0	+20',0	+19',9	+19',7	+19',6	+19',4	$0^h$
1	+19,4	+19,1	+18,8	+18,5	+18,2	+17,8	+17,4	1
2	+17,4	+16,9	+16,4	+15,9	+15,4	+14,8	+14,2	2
3	+14,2	+13,5	+12,9	+12,2	+11,5	+10,8	+10,0	3
4	+10,0	+9,3	+8,5	+7,7	+6,9	+6,0	+5,2	4
5	+5,2	+4,3	+3,5	+2,6	+1,7	+0,9	0,0	5
6	0,0	-0,9	-1,7	-2,6	-3,5	-4,3	-5,2	6
7	-5,2	-6,0	-6,9	-7,7	-8,5	-9,3	-10,0	7
8	-10,0	-10,8	-11,5	-12,2	-12,9	-13,5	-14,2	8
9	-14,2	-14,8	-15,4	-15,9	-16,4	-16,9	-17,4	9
10	-17,4	-17,8	-18,2	-18,5	-18,8	-19,1	-19,4	10
11	-19,4	-19,6	-19,7	-19,9	-20,0	-20,0	-20,0	11
12	-20,0	-20,0	-20,0	-19,9	-19,7	-19,6	-19,4	12
13	-19,4	-19,1	-18,8	-18,5	-18,2	-17,8	-17,4	13
14	-17,4	-16,9	-16,4	-15,9	-15,4	-14,8	-14,2	14
15	-14,2	-13,5	-12,9	-12,2	-11,5	-10,8	-10,0	15
16	-10,0	-9,3	-8,5	-7,7	-6,9	-6,0	-5,2	16
17	-5,2	-4,3	-3,5	-2,6	-1,7	-0,9	0,0	17
18	0,0	+0,9	+1,7	+2,6	+3,5	+4,3	+5,2	18
19	+5,2	+6,0	+6,9	+7,7	+8,5	+9,3	+10,0	19
20	+10,0	+10,8	+11,4	+12,2	+12,9	+13,5	+14,2	20
21	+14,2	+14,8	+15,4	+15,9	+16,4	+16,9	+17,4	21
22	+17,4	+17,8	+18,2	+18,5	+18,8	+19,1	+19,4	22
23	+19,4	+19,6	+19,7	+19,9	+20,0	+20,0	+20,0	23
24	+20,0							



Прецессия по прямому восхождению за сто лет  
(по аргументу годичной прецессии)

0 <sup>s</sup> 00	0 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	2 <sup>s</sup> 00	3 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup>	4 <sup>s</sup> 00	6 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup>	6 <sup>s</sup> 00	10 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	8 <sup>s</sup> 00	13 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup>	10 <sup>s</sup> 00	16 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup>
0,05	0 05	2,05	25	4,05	45	6,05	05	8,05	25	10 05	45
0,10	10	2,10	30	4,10	50	6,10	10	8,10	30	10,10	50
0,15	15	2,15	35	4,15	55	6,15	15	8,15	35	10,15	55
0,20	20	2,20	40	4,20	7 00	6,20	20	8,20	40	10,20	17 00
0,25	25	2,25	45	4,25	05	6,25	25	8,25	45	10,25	05
0,30	30	2,30	50	4,30	10	6,30	30	8 30	50	10,30	10
0,35	35	2,35	55	4,35	15	6,35	35	8,35	55	10,35	15
0,40	40	2,40	4 00	4,40	20	6,40	40	8,40	14 00	10,40	20
0,45	45	2,45	05	4,45	25	6,45	45	8,45	05	10,45	25
0,50	0 50	2,50	4 10	4,50	7 30	6,50	10 50	8,50	14 10	10,50	17 30
0,55	55	2,55	15	4,55	35	6,55	55	8,55	15	10,55	35
0,60	1 00	2,60	20	4,60	40	6,60	11 00	8,60	20	10,60	40
0,65	05	2,65	25	4,65	45	6,65	05	8,65	25	10,65	45
0,70	10	2,70	30	4,70	50	6,70	10	8,70	30	10,70	50
0,75	15	2,75	35	4,75	55	6,75	15	8,75	35	10,75	55
0,80	20	2,80	40	4,80	8 00	6,80	20	8,80	40	10,80	18 00
0,85	25	2,85	45	4,85	05	6,85	25	8,85	45	10,85	05
0,90	30	2,90	50	4,90	10	6,90	30	8,90	50	10,90	10
0,95	35	2,95	55	4,95	15	6,95	35	8,95	55	10,95	15
1,00	1 40	3,00	5 00	5,00	8 20	7,00	11 40	9,00	15 00	11,00	18 20
1,05	45	3,05	05	5,05	25	7,05	45	9,05	05	11,05	25
1,10	50	3,10	10	5,10	30	7,10	50	9,10	10	11,10	30
1,15	55	3,15	15	5,15	35	7,15	55	9,15	15	11,15	35
1,20	2 00	3,20	20	5,20	40	7,20	12 00	9,20	20	11,20	40
1,25	05	3,25	25	5,25	45	7,25	05	9,25	25	11,25	45
1,30	10	3,30	30	5,30	50	7,30	10	9,30	30	11,30	50
1,35	15	3,35	35	5,35	55	7,35	15	9,35	35	11,35	55
1,40	20	3,40	40	5,40	9 00	7,40	20	9,40	40	11,40	19 00
1,45	25	3,45	45	5,45	05	7,45	25	9,45	45	11,45	05
1,50	2 30	3,50	5 50	5,50	9 10	7,50	12 30	9,50	15 50	11,50	19 10
1,55	35	3,55	55	5,55	15	7,55	35	9,55	55	11,55	15
1,60	40	3,60	6 00	5,60	20	7,60	40	9,60	16 00	11,60	20
1,65	45	3,65	05	5,65	25	7,65	45	9,65	05	11,65	25
1,70	50	3,70	10	5,70	30	7,70	50	9,70	10	11,70	30
1,75	55	3,75	15	5,75	35	7,75	55	9,75	15	11,75	35
1,80	3 00	3,80	20	5,80	40	7,80	13 00	9,80	20	11,80	40
1,85	05	3,85	25	5,85	45	7,85	05	9,85	25	11,85	45
1,90	10	3,90	30	5,90	50	7,90	10	9,90	30	11,90	50
1,95	15	3,95	35	5,95	55	7,95	15	9,95	35	11,95	55
2,00	3 20	4,00	6 40	6,00	10 00	8,00	13 20	10,00	16 40	12,00	20 00

Прецессия по склонению за сто лет  
(по аргументу годичной прецессии)

$P_\delta$	$100P_\delta$	$P_\delta$	$100P_\delta$	$P_\delta$	$100P_\delta$	$P_\delta$	$100P_\delta$
0,0	0,0	5,0	8,3	10,0	16,7	15,0	25,0
0,2	0,3	5,2	8,7	10,2	17,0	15,2	25,3
0,4	0,7	5,4	9,0	10,4	17,3	15,4	25,7
0,6	1,0	5,6	9,3	10,6	17,7	15,6	26,0
0,8	1,3	5,8	9,7	10,8	18,0	15,8	26,3
1,0	1,7	6,0	10,0	11,0	18,3	16,0	26,7
1,2	2,0	6,2	10,3	11,2	18,7	16,2	27,0
1,4	2,3	6,4	10,7	11,4	19,0	16,4	27,3
1,6	2,7	6,6	11,0	11,6	19,3	16,6	27,7
1,8	3,0	6,8	11,3	11,8	19,7	16,8	28,0
2,0	3,3	7,0	11,7	12,0	20,0	17,0	28,3
2,2	3,7	7,2	12,0	12,2	20,3	17,2	28,7
2,4	4,0	7,4	12,3	12,4	20,7	17,4	29,0
2,6	4,3	7,6	12,7	12,6	21,0	17,6	29,3
2,8	4,7	7,8	13,0	12,8	21,3	17,8	29,7
3,0	5,0	8,0	13,3	13,0	21,7	18,0	30,0
3,2	5,3	8,2	13,7	13,2	22,0	18,2	30,3
3,4	5,7	8,4	14,0	13,4	22,3	18,4	30,7
3,6	6,0	8,6	14,3	13,6	22,7	18,6	31,0
3,8	6,3	8,8	14,7	13,8	23,0	18,8	31,3
4,0	6,7	9,0	15,0	14,0	23,3	19,0	31,7
4,2	7,0	9,2	15,3	14,2	23,7	19,2	32,0
4,4	7,3	9,4	15,7	14,4	24,0	19,4	32,3
4,6	7,7	9,6	16,0	14,6	24,3	19,6	32,7
4,8	8,0	9,8	16,3	14,8	24,7	19,8	33,0
5,0	8,3	10,0	16,7	15,0	25,0	20,0	33,3

## Названия и обозначения созвездий

В таблице даны: 1) русские названия, 2) латинские названия, 3) положение: созвездия, лежащие целиком или большей частью к северу от  $+35^\circ$  склонения, обозначены буквой N, южнее —  $35^\circ$  склонения обозначены буквой S, 4) родительный падеж (для именования звёзд созвездия), 5) международное сокращённое трёхбуквенное обозначение, 6) площадь созвездия в квадратных градусах, 7) число звёзд ярче  $6^m,0$ .

Русское название	Латинское название	Положение	Родительный падеж	Обозначение	Площадь в квадратных градусах	Число звёзд ярче $6^m,0$
Андромеда	Andromeda	N	Andromedae	And	722	100
Близнецы	Gemini		Geminarum	Gem	514	70
Большая Медведица	Ursa Major	N	Ursae Majoris	UMa	1280	125
Большой Пёс	Canis Major		Canis Majoris	CMa	380	80
Весы	Libra		Librae	Lib	538	50
Водолей	Aquarius		Aquarii	Aqr	980	90
Возничий	Auriga	N	Aurigae	Aur	657	90
Волк	Lupus	S	Lupi	Lup	334	70
Волопас	Bootes		Bootis	Boo	907	90
Волосы Вероники	Coma Berenices		Comae Berenices	Com	385	50
Ворон	Corvus		Corvi	Crv	184	15
Геркулес	Hercules		Herculis	Her	1225	140
Гидра	Hydra		Hydrae	Hya	1300	130
Голубь	Columba	S	Columbae	Col	270	40
Гонимые Псы	Canes Venatici	N	Canum Venaticorum	CVn	465	30
Дева	Virgo		Virginis	Vir	1290	95
Дельфин	Delphinus		Delphini	Del	189	30
Дракон	Draco	N	Draconis	Dra	1083	80
Единорог	Monoceros		Monocerotis	Mon	482	85
Жервеник	Ara	S	Arae	Ara	237	30
Живописец	Pictor	S	Pictoris	Pic	247	30
Жираф	Camelopardalis	N	Camelopardalis	Cam	757	50
Журавль	Grus	S	Gruis	Gru	366	30
Заяц	Lepus		Leporis	Lep	290	40
Змееносец (Офиук)	Ophiuchus		Ophiuchi	Oph	948	100
Змея	Serpens		Serpentis	Ser	637	60
Золотая Рыба	Dorado	S	Doradus	Dor	179	20
Индеец	Indus	S	Indi	Ind	294	20
Кассиопея	Cassiopeja	N	Cassiopejae	Cas	598	90
Кентавр	Centaurus	S	Centauri	Cen	1060	150
Киль	Carina	S	Carinae	Car	494	110

Русское название	Латинское название	Поло- жение	Родительный падеж	Обо- значе- ние	Площадь в квад- ратных градусах	Число звёзд ярче 6 <sup>m</sup> ,0
Кит	Cetus		Ceti	Cet	1230	100
Козерог	Capricornus		Capricorni	Cap	414	50
Компас	Pyxis		Pyxidis	Pyx	221	25
Корма	Puppis		Puppis	Pup	673	140
Лебедь	Cygnus	N	Cygni	Cyg	804	150
Лев	Leo		Leonis	Leo	947	70
Летучая Рыба	Volans	S	Volantis	Vol	141	20
Лира	Lyra	N	Lyrae	Lyr	286	45
Лисичка	Vulpecula		Vulpeculae	Vul	268	45
Малая Медве- дица	Ursa Minor	N	Ursae Minoris	UMi	256	20
Малый Конь	Equuleus		Equulei	Equ	72	10
Малый Лев	Leo Minor		Leonis Minoris	LMi	232	20
Малый Пёс	Canis Minor		Canis Minoris	CMi	183	20
Микроскоп	Microscopium	S	Microscopii	Mic	210	20
Муха	Musca	S	Muscae	Mus	138	30
Насос	Antlia	S	Antliae	Ant	239	20
Наугольник	Norma	S	Normae	Nor	165	20
Овен	Aries		Arietis	Ari	441	50
Октант	Octans	S	Octantis	Oct	291	35
Орёл	Aquila		Aquillae	Aql	652	70
Орион	Orion		Orionis	Ori	594	120
Пав.ин	Pavo	S	Pavonis	Pav	378	45
Паруса	Vela	S	Velorum	Vel	500	110
Пегас	Pegasus		Pegasi	Peg	1121	100
Персей	Perseus	N	Persei	Per	615	90
Печь	Fornax		Fornacis	For	398	35
Райская Птица	Apus	S	Apodis	Aps	206	20
Рак	Cancer		Canceri	Cnc	506	60
Резец	Caelum	S	Caeli	Cae	125	10
Рыбы	Pisces		Piscium	Psc	889	75
Рысь	Lynx	N	Lyncis	Lyn	545	60
Северная Корона	Corona Borealis		Coronae Borealis	CrB	179	20
Секстант	Sextans		Sextantis	Sex	314	25
Сетка	Reticulum	S	Reticuli	Ret	114	15
Скорпион	Scorpius		Scorpii	Sco	497	100
Скульптор	Sculptor		Sculptoris	Scl	475	30
Столовая Гора	Mensa	S	Mensae	Men	153	15
Стрела	Sagitta		Sagittae	Sge	80	20

Продолжение таблицы XXXIX

Русское название	Латинское название	Положение	Родительный падеж	Обозначение	Площадь в квадратных градусах	Число звёзд ярче 6 <sup>m</sup> ,0
Стрелец	Sagittarius		Sagittarii	Sgr	867	115
Телескоп	Telescopium	S	Telescopii	Tel	252	30
Телец	Taurus		Tauri	Tau	797	125
Треугольник	Triangulum		Trianguli	Tri	132	15
Тукан	Tucana	S	Tucanae	Tuc	295	25
Феникс	Phoenix	S	Phoenicis	Phe	469	40
Хамелеон	Chamaeleon	S	Chamaeleontis	Cha	132	20
Цефей	Cepheus	N	Cephei	Cep	588	60
Циркуль	Circinus	S	Circini	Cir	93	20
Часы	Horologium	S	Horologii	Hor	249	20
Чаша	Crater		Crateris	Crt	282	20
Щит	Scutum		Scuti	Sct	109	20
Эридан	Eridanus		Eridani	Eri	1138	100
Южный Змей	Hydrus	S	Hydri	Hui	243	20
Южный Крест	CruX	S	Crucis	Cru	68	30
Южная Рыба	Piscis Austrinus		Piscis Austrini	PsA	245	25
Южная Корона	Corona Australis	S	Coronae Australis	CrA	128	25
Южный Треугольник	Triangulum Australe	S	Trianguli Australis	TrA	110	20
Ящерица	Lacerta	N	Lacertae	Lac	201	35

В прежние время созвездия Carina (Киль), Puppis (Корма), Pyxis (Компас) и Vela (Паруса) составляли одно большое созвездие Argo Navis (Корабль Аргонавтов).

Таблица XL

Собственные имена некоторых ярких звёзд

Алькóр	ζ <sub>2</sub> UMa	Капелла	α Aur
Альциона	η Tau	Кастóр	α Gem
Альдебарáн	α Tau	Мíра	ο Cet
Альгóль	β Per	Мицáр	ζ <sub>1</sub> UMa
Альтайр	α Aql	Полярная	α UMi
Антарес	α Sco	Пóллукс	β Gem
Арктúр	α Boo	Прóцион	α CMi
Бетельгéйзе	α Ori	Регул	α Leo
Вéга	α Lyr	Ригель	β Ori
Денéб	α Cyg	Сириус	α CMa
Денебола	β Leo	Спíка	α Vir
Канóнус	α Car	Фоматýгайт	α PsA

**Список звёзд от северного полюса до 40° южного  
склонения ярче 4-й звёздной величины**

Список составлен по созвездиям, расположенным в алфавитном порядке их названий на русском языке. В пределах каждого созвездия звёзды помещены в порядке уменьшения их блеска. В таблице даны: обозначение звезды, координаты 1900 г., визуальная звёздная величина (или пределы изменения блеска для переменных звёзд), спектральный тип по новой, либо по старой классификации (см. стр. 84 и 97), показатель цвета (в скобках приближённые значения, полученные по спектральному типу), параллакс звезды в тысячных долях секунды дуги, галактические долгота и широта, номера примечаний, которые помещены в конце списка.

В примечаниях указан ряд дополнительных сведений: 1) название звезды, 2) наличие спутника (сп.) с указанием его звёздной величины, иногда спектра, углового расстояния от главной звезды, позиционного угла и периода обращения; в случае двух тесных слабых звёзд, суммарный блеск которых больше блеска звезды 4-й величины, даётся звёздная величина обоих компонентов, а потом расстояние между ними и другие сведения; 3) спектральная двойственность (сп. дв.) и период изменения лучевых скоростей; 4) указание типа переменности блеска для переменных звёзд и период изменения блеска.

*	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	$m_v$	Спектр	Пок. цвета	$\pi$ в 0''001	$l$	$b$	№ при- меч.
---	-----------------	-----------------	-------	--------	---------------	-------------------	-----	-----	-------------------

**Андромеда (Andromeda)**

$\alpha$	$h$	$m$	$m$		$m$				
	0 03,2	+28°32'	2,15	A1p	-0,07	28	81	-32	1
$\gamma^1$	1 57,8	+41 51	2,28	K2 III	+1,33	8	105	-18	2
$\beta$	1 04,1	+36 05	2,37	M0 III	+1,57	43	96	-27	3
$\delta$	0 34,0	+30 19	3,49	K3 III	(+1,3)	26	88	-32	
$\epsilon$	22 57,3	+41 47	3,63	B6 + A1	-0,07	10	70	-16	4
51	1 31,9	+48 7	3,77	K0	(+1,1)	19	99	-13	
$\mu$	0 51,2	+37 57	3,94	A2	(+0,1)	37	93	-24	

**Близнецы (Gemini)**

$\beta$	7 39,2	+28 16	1,21	K0	+1,25	98	160	+25	5
$\alpha^1$	7 28,2	+32 06	1,99	A1 V	+0,16	70	155	+24	6
$\alpha^2$	7 28,2	+32 06	2,85	A8	+0,16	70	155	+24	6
$\gamma$	6 31,9	+16 29	1,93	A1 IV	+0,10	42	165	+6	7
$\epsilon$	6 37,8	+25 14	3,18	G8 Ib	+1,59	9	157	+11	
$\mu$	6 16,9	+22 34	3,19	M3 III	+1,65	16	157	+6	
$\eta$	6 08,8	+22 32	3,3—4,2	M3 III	(+1,7)	13	156	+4	8
$\zeta$	6 39,7	+13 00	3,40	F5 III	+0,51	49	168	+6	
$\delta$	7 14,2	+22 10	3,51	F0	+0,36	56	164	+18	9
$\theta$	6 46,2	+34 5	3,64	A2	(+0,1)	24	150	+16	
$\lambda$	7 12,3	+16 43	3,65	A2	(+0,1)	43	168	+15	
$\kappa$	7 38,4	+24 38	3,68	G5	+1,05	23	163	+23	
$\zeta$	6 58,2	+20 43	3,7—4,3	F7—G3	(+0,7)	4	163	+13	10
$\iota$	7 19,5	+28 0	3,89	K0	(+1,5)	26	158	+21	

**Большая Медведица (Ursa Major)**

$\epsilon$	12 49,6	+56 30	1,68	A0p	+0,16	67	88	+61	11
$\eta$	13 43,6	+49 49	1,91	B3 V	-0,18	17	66	+65	12
$\alpha$	10 57,6	+62 17	1,95	K0 III	+1,14	31	110	+52	13
$\gamma^1$	13 19,9	+55 27	2,40	A2 V	+0,03	42	77	+62	14
$\beta$	10 55,8	+56 55	2,44	A1 V	-0,04	43	115	+55	15
$\gamma$	11 48,6	+54 15	2,54	A0 V	-0,11	37	107	+62	16

*	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	$m_v$	Спектр	Пок. цвета	$\pi$ в 0 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup>	$l$	$b$	$\Delta_2$ при-меч.
Большая Медведица (Ursa Major) (продолжение)									
$\epsilon$	08 52,4	+48°26'	3,12	A7 V	+0,28	66	139	+42	17
$\psi$	11 04,0	+45 02	3,15	K1 III	+1,21	35	132	+64	
$\mu$	10 16,4	+42 00	3,21	M0 III	+1,67	32	145	+57	
$\theta$	09 26,2	+52 08	3,26	F6 III	+0,50	58	133	+46	
$\sigma$	12 10,5	+57 35	3,44	A3 V	+0,06	43	99	+59	
$\phi$	08 22,0	+61 03	3,47	G2 II—III	+0,99	12	123	+36	
$\lambda$	10 11,1	+43 25	3,52	A2	(+0,1)	31	143	+56	
$\kappa$	8 56,8	+47 33	3,68	A0	(0,0)	14	139	+43	
$\nu$	11 13,1	+33 38	3,71	K0	(+1,1)	12	157	+70	
$h$	9 23,7	+63 30	3,75	F0	(-0,3)	38	117	+42	18
$\zeta$	11 12,9	+32 06	3,86	dG0	+0,56	130	163	+70	19
$\chi$	11 40,8	+48 20	3,85	K0	(-1,1)	18	116	+66	
$\upsilon$	9 43,9	+59 31	3,89	F0	(-0,3)	35	120	+46	
Большой Пёс (Canis Major)									
$\alpha$	06 40,7	+16 35	1,58	A1 V	+0,31	377	195	+8	20
$\epsilon$	06 54,7	+28 50	1,63	B1	+0,25	10	208	+10	21
$\delta$	07 04,3	+26 14	1,98	F8p	+0,70	5	206	+7	
$\beta$	06 18,3	+17 54	1,99	B1 II—III	+0,19	11	193	+13	22
$\eta$	07 20,1	+29 06	2,43	B5p	+0,01	12	210	+5	
$\zeta$	06 16,5	+30 01	3,10	B3	+0,21	13	205	+18	
$\sigma$	06 58,8	+23 41	3,12	B5p	+0,06	7	204	+7	
$\kappa$	06 57,7	+27 47	3,68	K5	(+1,6)	11	207	+10	
$\chi$	06 46,1	+32 23	3,78	B2p	(-0,3)	6	209	+14	
$\omega$	07 10,7	+26 35	3,83	B3p	(-0,2)	8	208	+6	
Весы (Libra)									
$\beta$	15 11,6	+09 01	2,74	B8 V	+0,10	20	320	+38	
$\alpha$	14 45,3	+15 38	2,90	A3 V	+0,14	53	308	+37	23
$\sigma$	14 58,2	+24 53	3,41	M	(+1,7)	31	305	+28	
$\upsilon$	15 30,9	+27 48	3,78	K2	(+1,3)	24	310	+20	
$\tau$	15 32,6	+29 27	3,80	B3	(-0,2)	17	309	+20	
Водолей (Aquarius)									
$\beta$	21 26,3	+06 01	3,07	G0 Ib	+0,79	6	16	+39	
$\alpha$	22 00,6	+00 48	3,19	G2 Ib	(+0,7)	7	28	+43	
$\delta$	22 49,3	+16 21	3,51	A2	(+0,1)	42	19	+61	
$\epsilon$	23 04,1	+21 43	3,80	K0	(+1,1)	14	10	+67	24
$\zeta$	20 42,3	+9 52	3,83	A0	(0,0)	19	6	+32	
$\lambda$	22 47,4	+8 07	3,84	M	(+1,7)	14	32	+57	
$\gamma$	22 16,5	+1 53	3,97	A0	(0,0)	38	31	+47	
Возничий (Auriga)									
$\alpha$	05 09,3	+45 54	0,21	G1	+0,82	71	130	+6	25
$\beta$	05 52,2	+44 56	2,07	A2 IV	+0,06	39	135	+12	26
$\theta$	05 52,9	+37 12	2,71	A0p	+0,11	25	142	+8	27
$\iota$	04 50,5	+33 00	2,90	K3 II	+1,56	20	138	+5	
$\eta$	04 59,5	+41 06	3,28	B3 V	+0,36	13	133	+2	
$\epsilon$	04 54,8	+43 41	3,3—4,1	F0 Iap	(+0,5)	7	132	+2	28
$\delta$	05 51,3	+54 17	3,88	K0	(+1,1)	22	127	+16	
$\zeta$	04 55,5	+40 56	3,9—4,6	K4 + B9	пер.	8	133	+1	29

*	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	$m_v$	Спектр	Пок. цвета	$\pi$ в 0''001	$l$	$b$	№ при- меч.
Волк (Lupus)									
$\epsilon$	15 15,5	-35° 54'	3,59	K5	(+1,6)	12	302°	+16°	
$\gamma$	15 53,4	-38 06	3,61	B3	(-0,2)	9	307	+10	
Волопас (Bootes)									
$\alpha$	14 11,1	+19 42	0,24	K2 IIIp	+1,26	87	344	+68	30
$\epsilon$	14 40,6	+27 30	2,70	K0	+0,97	15	7	+63	31
$\eta$	13 49,9	+18 54	2,80	G0 IV	+0,55	101	334	+72	32
$\gamma$	14 28,1	+38 45	3,00	A7 III	+0,25	20	34	+65	
$\delta$	15 11,5	+33 41	3,54	K0	(+1,1)	28	20	+57	
$\zeta$	14 58,2	+40 47	3,63	G5	+1,01	24	34	+59	
$\nu$	14 27,5	+30 49	3,78	K0	(+1,1)	23	14	+66	
$\mu$	14 36,4	+14 09	3,86	A2	(+0,1)	14	339	+59	33
Ворон (Corvus)									
$\gamma$	12 10,7	-16 59	2,78	B8 III	-0,04	24	261	+44	
$\delta$	12 29,1	-22 51	2,84	G5	+0,91	27	266	+39	
$\nu$	12 24,7	-15 58	3,11	B9 V	0	24	264	+46	
$\epsilon$	12 05,0	-22 04	3,21	K0	+1,17	29	259	+39	
Геркулес (Hercules)									
$\zeta$	16 25,9	+21 42	2,81	G8 III	+1,07	18	7	+39	34
$\nu$	16 37,5	+31 47	3,00	G0 IV	+0,54	110	20	+39	35
$\alpha$	17 10,1	+14 30	3,1-3,9	M5 II	+1,36	6	3	+27	36
$\delta$	17 10,9	+24 57	3,16	A3 IV	+0,10	31	14	+30	37
$\pi$	17 11,6	+36 55	3,36	K3 II	+1,49	19	28	+33	
$\mu$	17 42,5	+27 47	3,48	G5 IV	+0,86	109	20	+25	
$\eta$	16 39,5	+39 07	3,61	K0	+1,00	48	29	+40	
$\nu$	17 36,6	+46 4	3,79	B3	(-0,2)	5	39	+30	
$\gamma$	16 17,5	+19 23	3,79	F0	(+0,3)	23	2	+40	
$\delta$	17 53,9	+29 16	3,82	K0	(+1,1)	20	22	+23	
$\nu$	18 03,6	+28 45	3,83	A0	(0,0)	13	23	+20	
$\mu$	16 16,7	+46 33	3,91	B5	(-0,1)	12	40	+44	
109	18 19,4	+21 43	3,92	K0	(+1,1)	22	18	+14	
$\epsilon$	16 56,5	+31 04	3,92	A0	(0,0)	23	20	+35	38
$\theta$	17 52,8	+37 16	3,99	K0	(+1,1)	8	30	+25	
Гидра (Hydra)									
$\alpha$	09 22,7	-08 14	2,16	K3 III	+1,48	16	210	+31	39
$\nu$	08 50,1	+06 20	3,30	K0 III	+1,21	26	190	+31	
$\gamma$	10 44,7	-15 40	3,32	K2 III	+1,17	26	234	+38	
$\delta$	13 13,5	-22 39	3,33	G5	+0,91	25	280	+38	
$\epsilon$	08 41,5	+06 47	3,48	F8	+0,75	24	189	+30	40
$\pi$	14 00,7	-26 12	3,48	K0	(+1,1)	37	291	+33	
R	13 24,2	-22 46	3,5-10,1	M7e	(+1,7)	—	283	+38	41
$\nu$	11 28,1	-31 18	3,72	G5	(+1,0)	20	252	+29	
$\delta$	10 05,7	-11 52	3,83	G9	(+1,1)	16	220	+36	
$\theta$	09 09,2	+ 2 44	3,84	A0	(0,0)	22	196	+34	
Голубь (Columba)									
$\alpha$	05 36,0	-34 08	2,75	B5p	-0,17	22	206	-28	42
$\delta$	05 47,4	-35 48	3,22	K0	(+1,1)	27	209	-26	
$\epsilon$	05 27,7	-35 33	3,92	K0	(+1,1)	13	208	-30	
$\nu$	06 18,4	-33 23	3,98	G1	(+1,0)	18	208	-19	



$\alpha$	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	$m_v$	Спектр	Пок. цвета	$\pi^B$ 0,001	$l$	$b$	№ при- меч.
Гонимые Псы (Canes Venatici)									
$\alpha^2$	12 51,4	+38° 52'	2,90	A0p	-0,09	24	78°	+78°	43
Дева (Virgo)									
$\alpha$	13 19,9	-10 38	1,2-1,3	B1V	-0,39	17	285	+50	44
$\gamma^1$	12 36,6	-00 54	2,91	F0	+0,23	95	268	+61	45
$\varepsilon$	12 57,2	+11 30	2,95	G9 III	+0,98	36	284	+73	
$\zeta$	13 29,6	-00 05	3,44	A3 V	+0,13	33	295	+60	
$\eta$	12 50,6	+03 56	3,66	M	+1,57	18	277	+65	
109	14 41,2	+02 19	3,76	A0	(0,0)	30	323	+51	
$\beta$	11 45,5	+02 20	3,80	F8	+0,48	101	241	+60	
$\mu$	14 37,8	-05 13	3,95	F5	(+0,5)	46	315	+47	
$\eta$	12 14,8	-00 07	4,00	A0	(0,0)	26	257	+61	
Дельфин (Delphinus)									
$\beta$	20 32,9	+14 15	3,72	F3	+0,34	34	27	-17	46
$\alpha$	20 35,0	+15 34	3,86	B8	(-0,1)	12	29	-16	
$\varepsilon$	20 28,4	+10 58	3,98	B5	(-0,2)	12	24	-18	
Дракон (Draco)									
$\gamma$	17 54,3	+51 30	2,42	K5 III	+1,60	22	47	+29	47
$\delta$	16 22,6	-61 44	2,89	G8 III	+0,95	33	59	+40	
$\beta$	17 28,2	-52 23	2,99	G2 Ib	+0,87	9	46	+32	
$\gamma$	17 08,5	-65 50	3,22	B8 IV	-0,20	22	63	+35	
$\delta$	19 12,5	-67 29	3,24	G9 III	+1,09	27	65	+23	
$\varepsilon$	15 22,7	-59 19	3,47	K2 III	(+1,1)	32	59	+48	
$\zeta$	14 01,7	+64 51	3,64	A0p	(0,0)	15	76	+51	48
$\eta$	18 22,9	-72 41	3,69	F5	+0,40	122	71	+28	
$\theta$	12 29,2	-70 20	3,88	B5p	(-0,2)	11	92	+48	49
$\iota$	17 51,8	-56 53	3,90	K0	(+1,1)	31	52	+29	
$\varepsilon$	19 48,5	+70 01	3,99	K0	(+1,1)	13	70	+21	50
Единорог (Monoceros)									
30	08 20,7	-03 35	3,95	A0	(0,0)	21	196	+20	
Журавль (Grus)									
$\gamma$	21 47,9	-37 50	3,16	B8	0	20	333	-53	
Заяц (Lepus)									
$\alpha$	05 28,3	-17 54	2,69	F0 Ib	+0,31	11	189	-24	51
$\beta$	05 24,0	-20 50	2,96	G2 II	+0,71	16	191	-26	52
$\varepsilon$	05 01,2	-22 30	3,29	K5	+1,43	15	191	-32	
$\zeta$	05 08,4	-16 19	3,30	A0p	0	21	184	-27	
$\mu$	05 42,4	-14 52	3,67	A2	(+0,1)	38	187	-20	
$\eta$	05 51,9	-14 11	3,77	F0	(+0,3)	63	187	-17	
$\gamma$	05 40,3	-22 29	3,80	F8	(+0,6)	122	195	-23	
$\delta$	05 47,0	-20 53	3,90	K0	(+1,1)	27	193	-21	
Змееносец (Ophiuchus)									
$\alpha$	17 30,3	+12 38	2,14	A5 III	+0,17	49	4	+22	53
$\eta$	17 04,6	-15 36	2,63	A2V	+0,08	42	334	+12	54
$\zeta$	16 31,7	-10 22	2,70	O9,5 V	-0,03	6	334	+22	

*	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	$m_B$	Спектр	Пок. цвета	$\pi$ в 0''001	$l$	$b$	№ при- меч.
Змееносец (Ophiuchus) (продолжение)									
$\beta$	17 38,5	+04° 37'	2,94	K2 III	+1,08	28	357°	+16°	
$\sigma$	16 09,1	-03 26	3,03	M1 III	+1,52	31	337	+31	
$\epsilon$	16 13,0	-04 27	3,34	G8 III	+1,14	33	337	+30	
$\theta$	17 15,9	-24 54	3,37	B3	-0,52	8	328	+5	
$\kappa$	16 52,9	+09 32	3,42	K3	+1,05	24	356	+28	
$\nu$	17 53,5	-09 46	3,50	K0	(+1,1)	17	345	+6	
72	18 02,6	+09 33	3,73	A3	(+0,1)	40	5	+13	
$\lambda$	17 42,9	+02 45	3,74	A0	(0,0)	32	356	+14	
$\gamma$	16 25,9	+02 12	3,85	A0	(0,0)	17	344	+31	
67	17 55,6	+02 56	3,92	B5p	(-0,2)	4	357	+11	
Змея (Serpens)									
$\alpha$	15 39,3	+06 44	2,75	K2 III	+1,20	44	342	+42	55
$\eta$	18 16,1	-02 55	3,42	G8 IV	(+1,1)	48	355	+4	
$\mu$	15 44,4	-03 07	3,63	A0	(0,0)	17	333	+36	
$\xi$	17 31,9	-15 20	3,64	A5	(+0,2)	31	339	+7	56
$\beta$	15 41,6	+15 44	3,74	A2	(+0,1)	27	354	+47	
$\epsilon$	15 45,8	+04 47	3,75	A2	(+0,1)	38	341	+41	
$\sigma$	15 30,0	+10 53	3,85	F0	(+0,3)	19	345	+47	57
$\gamma$	15 51,8	+15 59	3,86	F5	(+0,5)	79	355	+44	
Кассиопея (Cassiopeja)									
$\alpha$	0 34,8	+55 59	2,47	K0 II—III	+1,04	14	89	-6	58
$\gamma$	0 50,7	+60 11	1,6—3,0	B0 IVp	-0,26	16	92	-2	
$\beta$	0 03,8	+58 36	2,42	F2 III	+0,40	73	85	-3	59
$\sigma$	1 19,3	+59 43	2,80	A5 V	+0,14	32	95	-2	60
$\epsilon$	1 47,2	+63 11	3,44	B3 IV	-0,22	7	98	+2	
$\eta$	0 43,0	+57 17	3,64	F8	+0,49	182	91	-5	61
$\zeta$	0 31,4	+53 21	3,72	B3	-0,30	5	89	-9	
Кентавр (Centaurus)									
$\theta$	14 00,8	-35 53	2,26	K0	+1,14	58	288	+23	
$\iota$	13 15,0	-36 11	2,91	A2	+0,07	49	278	+25	
$\delta$	13 25,2	-38 54	3,96	K0	(+1,1)	6	279	+22	
Кит (Cetus)									
$\sigma$	02 14,3	-03 26	2,0—10,1	M5e	пер.	4	136	-56	62
$\beta$	00 38,6	-18 32	2,24	K0 III	+1,05	57	90	-81	
$\alpha$	02 57,1	+03 42	2,82	M2 III	+1,65	13	141	-44	63
$\gamma$	02 38,1	+02 49	3,58	A2	(+0,1)	40	137	-18	64
$\tau$	01 03,6	-10 43	3,60	K0	(+1,1)	30	109	-72	
$\pi$	01 39,4	-16 28	3,65	K0	+0,76	297	142	-71	
$\iota$	00 14,3	-09 23	3,75	K0	(+1,1)	14	71	-69	
$\theta$	01 19,0	-08 42	3,83	K0	+1,15	29	119	-69	
$\zeta$	01 46,5	-10 50	3,92	K0	(+1,1)	22	135	-67	
Козерог (Capricornus)									
$\sigma$	21 41,5	-16 35	2,98	A7	+0,17	63	5	-47	65
$\beta^a$	20 15,4	-15 06	3,25	G0 + B8	+0,71	13	357	-28	66
$\alpha^a$	20 12,5	-12 51	3,77	G5	(+1,0)	28	359	-26	67
$\gamma$	21 34,6	-17 7	3,80	F0p	(+0,3)	30	4	-46	
$\zeta$	21 21,0	-22 51	3,86	G5p	(+1,0)	6	354	-45	

*	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	$m_B$	Спектр	Пок. цвета	$\pi$ в 0,001	$l$	$b$	№ при- меч.
Компас (Pyxis)									
$\alpha$	$08\ 39,6$	$-32^\circ 50'$	3,70	B2	$(-0,3)$	7	$223^\circ$	$+7^\circ$	
Корма (Puppis)									
$\zeta$	08 00,1	-39 43	2,27	O	-0,22	4	224	-4	
$\eta$	07 13,6	-36 55	2,74	K5	+1,43	14	216	-11	
$\rho$	08 03,3	-24 01	2,88	F5	+0,46	23	211	+6	
$\epsilon$	07 45,1	-24 37	3,47	G0p	(+0,7)	5	209	+1	
$\sigma$	07 41,7	-37 44	3,72	K5	(+1,6)	1	220	-6	
$\chi$	07 34,7	-26 34	3,81	B3 + B8	(-0,2)	9	210	-1	68
Лебедь (Cygnus)									
$\alpha$	20 38,0	+44 55	1,33	A2 Ia	+0,09	5	52	+2	69
$\gamma$	20 18,6	+39 56	2,32	F8 Ib	+0,76	7	46	+1	
$\epsilon$	20 42,2	+33 36	2,64	K0 III	+1,02	39	44	-7	
$\delta$	19 41,9	+44 53	2,97	A0 III	-0,06	22	46	+10	70
$\theta$	19 26,7	+27 45	3,24	K0 + A0	+1,13	8	30	+3	71
$\zeta$	21 08,7	+29 49	3,40	G8 II	(+1,1)	17	45	-13	
$\eta$	21 10,8	+37 37	3,82	F0	+0,45	48	51	-8	72
$\iota$	21 01,3	+43 32	3,92	K5	(+1,6)	6	54	-2	
$\kappa$	19 27,2	+51 31	3,94	A2	(+0,1)	16	52	+15	
$\lambda$	20 10,5	+46 26	3,95	K0	(+1,1)	5	50	+6	73
$\chi$	19 14,8	+53 11	3,98	K0	(+1,1)	22	52	+17	
Лев (Leo)									
$\alpha$	10 03,0	+12 27	1,34	B7 V	-0,03	42	196	+50	74
$\beta$	11 44,0	+15 08	2,23	A3 V	+0,06	77	222	-71	75
$\gamma$	10 14,5	+20 21	2,30	K0 IIIp	+1,02	20	185	-55	76
$\delta$	11 08,8	+21 04	2,58	A4 V	-0,11	51	194	-68	77
$\epsilon$	09 40,2	+24 14	3,12	G0 II	-1,78	10	175	+49	
$\zeta$	11 09,0	+15 59	3,41	A1 V	-0,02	23	204	+65	
$\eta$	10 01,9	+17 15	3,58	A0p	(0,0)	4	188	-52	
$\theta$	10 11,1	+23 55	3,65	F0	+0,22	18	178	+56	
$\iota$	09 35,8	+10 21	3,76	F5 + A3	(+0,5)	19	194	+43	78
$\kappa$	10 27,5	+09 49	3,85	B0p	(-0,3)	4	204	+54	
Лица (Lyra)									
$\alpha$	18 33,6	+38 41	0,14	A0 V	-0,11	121	35	+19	79
$\beta$	18 55,2	+32 33	3,30	A0p	-0,10	15	31	+12	
$\gamma$	18 46,4	+33 15	3,4—4,3	B2 + B8	пер.	3	30	+14	80
Малая Медведица (Ursa Minor)									
$\alpha$	01 22,6	+88 46	2,5—2,6	F8 Ib	+0,57	7	90	+27	81
$\beta$	14 51,0	+74 34	2,24	K4 III	+1,50	28	79	+40	82
$\gamma$	15 20,9	+72 11	3,14	A2	+0,07	18	75	+41	
Малый Лев (Leo Minor)									
46	10 47,7	+34 45	3,92	K0	(+1,1)	32	157	+65	
Малый Пёс (Canis Minor)									
$\alpha$	07 34,1	+5 29	0,48	F51V	+0,40	291	182	+14	83
$\beta$	07 21,7	+8 29	3,09	B8 V	-0,29	24	178	+13	

*	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	$m_v$	Спектр	Пок. цвета	$\pi$ в 0''001	$l$	$b$	№ при- меч.
Овен (Aries)									
$\alpha$	<sup>h</sup> 02 <sup>m</sup> 1,5	+22° 59'	2,23	K2 III	+1,03	44	113°	-35°	84
$\gamma$	01 49,1	+20 19	2,72	A5 V	+0,13	64	111	-39	85
$\delta$	02 44,1	+26 51	3,68	B8	-0,14	22	121	-27	
Орел (Aquila)									
$\alpha$	19 45,9	+08 36	0,89	A7 V	+0,24	205	16	-10	86
$\gamma$	19 41,5	+10 22	2,80	K3 II	+1,60	18	16	-8	
$\zeta$	19 00,8	+13 43	3,02	B9,5 V	-0,02	38	15	+2	
$\theta$	20 06,1	-01 07	3,37	B9 III	-0,10	13	10	-18	87
$\delta$	19 20,5	+02 55	3,44	F0 IV-V	+0,40	59	7	-7	
$\eta$	19 47,4	+00 45	3,5-4,7	F6p	(+0,7)	5	9	-14	88
$\lambda$	19 00,9	-05 02	3,55	B9	(0,0)	26	358	-7	
$\psi$	19 50,4	+06 09	3,90	K0	(+1,1)	77	14	-12	
Орион (Orion)									
$\gamma$	05 09,7	-08 19	0,34	B8 Ia	-0,17	6	176	-24	89
$\alpha$	05 49,8	+07 23	0,92	M2,5 Iab	+1,73	11	168	-8	90
$\gamma$	05 19,8	+06 16	1,70	B2 III	-0,29	14	165	-15	91
$\epsilon$	05 31,1	-01 16	1,75	B0 Ia	-0,21	7	173	-15	
$\zeta$	05 35,7	-02 00	2,05	O9,5 Ib	-0,38	8	174	-15	92
$\kappa$	05 43,0	-09 42	2,20	B0,5 Ia	-0,30	6	182	-17	
$\delta$	05 26,9	-00 22	2,48	O9,5 II	-0,50		171	-16	
$\iota$	05 30,5	-05 59	2,87	O9 III	-0,41	21	177	-18	94
$\pi^1$	04 44,4	+06 47	3,31	F6 V	+0,47		159	-21	
$\eta$	05 19,4	-02 29	3,44	B1 V	-0,30	6	172	-19	95
$\lambda^1$	05 29,6	+09 52	3,66	Oe5	-0,34	4	162	-11	96
$\tau$	05 12,8	-06 57	3,68	B5	(-0,2)	8	176	-23	
$\sigma$	05 33,7	-02 39	3,78	B0	(-0,3)	4	175	-16	97
$\pi^1$	04 45,9	+05 26	3,78	B2	-0,26	5	161	-23	98
$\pi^5$	04 49,0	+02 17	3,87	B2	(-0,2)	6	164	-23	99
Персеус (Pegasus)									
$\epsilon$	21 39,3	+09 25	2,54	K2 Ib	+1,68	13	34	-33	
$\alpha$	22 59,8	+14 40	2,57	B9 V	-0,07	33	57	-41	100
$\gamma$	22 58,9	+27 32	2,4-2,8	M2 II-III	+1,79	18	65	-29	101
$\delta$	00 08,1	+14 38	2,87	B2 IV	-0,20	7	79	-46	102
$\eta$	22 38,3	+29 42	3,10	G2 II-III	+0,82	14	61	-25	103
$\zeta$	22 36,5	+10 19	3,61	B8	-0,21	18	47	-42	
$\mu$	22 45,2	+24 04	3,67	K0	(+1,1)	31	59	-31	
$\theta$	22 05,2	+05 42	3,70	A2	(+0,1)	40	36	-39	
$\iota$	22 02,4	+24 51	3,96	F3	(+0,5)	77	51	-25	104
Персей (Perseus)									
$\alpha$	03 17,2	+49 30	1,90	F5 Ib	+0,56	12	114	-5	105
$\rho$	03 01,7	+40 34	2,1-3,2	B8 V	-0,07	31	116	-14	106
$\zeta$	03 47,8	+31 35	2,91	B1 Ib	+0,10	8	130	-15	
$\epsilon$	03 51,1	-39 43	2,96	B0,5 V	-0,24	5	125	-9	107
$\gamma$	02 57,6	+53 07	3,08	F5 + A3	+0,67	16	110	-4	
$\delta$	03 35,8	+47 28	3,10	B5 III	-0,13	12	118	-5	
$\rho$	02 58,8	+38 27	3,2-4,1	M4 II-III	(+1,7)	16	118	-16	108
$\eta$	02 43,4	+55 29	3,93	K0	(+1,1)	6	107	-3	

*	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	$m_B$	Спектр	Пок. цвета	$\pi$ в 0''001	$l$	$b$	№ при- меч.
Персей (Perseus) (продолжение)									
$\nu$	$h\ m$ 03 38,4	$+42^\circ 16'$	$m$ 3,93	F5	$(+0,5)$	15	122	$-9$	109
$\sigma$	03 38,0	$+31\ 58$	3,94	B2	$(-0,3)$	8	128	$-17$	
$\kappa$	03 02,7	$+44\ 29$	4,00	K0	$(+1,1)$	25	116	$-11$	
Печь (Fornax)									
$\alpha$	03 07,8	$-29\ 23$	3,95	F8	$(+0,6)$	72	191	$-57$	
Рак (Cancer)									
$\beta$	08 11,1	$+09\ 30$	3,76	K2	$(+1,3)$	15	182	$+25$	
Рыбы (Pisces)									
$\eta$	01 26,1	$+14\ 50$	3,72	G5	$+1,05$	15	106	$-46$	110
$\gamma$	23 12,0	$+02\ 44$	3,85	K0	$(+1,1)$	26	52	$-52$	
$\alpha$	01 56,9	$+02\ 17$	3,94	A2p	$(+0,1)$	25	124	$-55$	
Рысь (Lynx)									
$\alpha$	09 15,0	$+34\ 49$	3,30	M0 III	$+1,74$	19	157	$+46$	38
	09 12,6	$+37\ 14$	3,82	A2	$(+0,1)$	30	154	$+46$	
Северная Корона (Corona Borealis)									
$\alpha$	15 30,5	$+27\ 03$	2,31	A0 V	$-0,08$	42	9	$+53$	111
$\beta$	15 23,7	$+29\ 27$	3,72	F0p	$(+0,3)$	32	12	$+54$	112
$\gamma$	15 38,5	$+26\ 37$	3,93	A0	$(0,0)$	23	9	$+51$	
Скорпион (Scorpius)									
$\alpha$	16 23,3	$-26\ 13$	1,22	M + A3	$+1,90$	14	320	$+14$	113
$\lambda$	17 26,8	$-37\ 02$	1,71	B2	$-0,22$	16	320	$-3$	
$\epsilon$	16 43,7	$-34\ 07$	2,36	K0	$+1,33$	47	317	$+5$	
$\kappa$	17 35,6	$-38\ 59$	2,51	B2	$-0,19$	9	319	$-6$	
$\delta$	15 54,4	$-22\ 20$	2,54	B0	$-0,22$	11	318	$+22$	
$\nu$	17 24,0	$-37\ 13$	2,80	B3	$-0,22$	10	319	$-3$	
$\mu^1$	15 59,6	$-19\ 32$	2,90	B0,5 V	$-0,17$	8	321	$+22$	114
$\tau$	16 29,7	$-28\ 01$	2,91	B0	$-0,25$	9	319	$+12$	
$\pi$	15 52,8	$-25\ 50$	3,00	B3	$-0,20$	12	315	$+19$	
$\sigma$	16 15,1	$-25\ 21$	3,08	B1	$+0,05$	9	320	$+16$	
$\mu^1$	16 45,1	$-37\ 53$	3,0—3,3	B3p + B6	$-0,23$	11	314	$+3$	115
G	17 43,0	$-37\ 01$	3,25	K2	$+1,27$	27	321	$-6$	
Стрела (Sagitta)									
$\gamma$	19 54,3	$+19\ 13$	3,71	K5	$(+1,6)$	17	25	$-6$	
$\delta$	19 42,9	$+18\ 17$	3,78	M + A0	$+1,69$	8	23	$-5$	
Стрелец (Sagittarius)									
$\epsilon$	18 17,5	$-34\ 26$	1,95	A0	$-0,01$	20	327	$-11$	
$\sigma$	18 49,1	$-26\ 25$	2,14	B3	$-0,13$	21	337	$-13$	
$\zeta$	18 56,3	$-30\ 01$	2,71	A2	$+0,16$	32	334	$-17$	
$\delta$	18 14,6	$-29\ 52$	2,84	K0	$+1,17$	32	331	$-9$	
$\lambda$	18 21,8	$-25\ 29$	2,94	K0	$+1,17$	36	335	$-7$	
$\pi$	19 03,8	$-21\ 11$	3,02	F2	$+0,40$	19	344	$-15$	
$\gamma$	17 59,4	$-30\ 26$	3,07	K0	$+1,17$	27	329	$-6$	
$\eta$	18 10,9	$-36\ 47$	3,16	M	$+1,68$	24	324	$-11$	

*	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	$m_B$	Спектр	Пок. цвета	$\pi$ в 0''001	$l$	$b$	№ при- меч.
---	-----------------	-----------------	-------	--------	---------------	-------------------	-----	-----	-------------------

## Стрелец (Sagittarius) (продолжение)

$\varphi$	$h$	$m$	$m$		$m$				
$\varphi$	18 39,4	—27° 06'	3,30	B8	—0,07	15	336°	—12'	
$\tau$	19 00,7	—27 49	3,42	K0	(+1,1)	37	337	—17	
$\zeta^1$	18 51,8	—21 14	3,61	K0	(+1,1)	14	342	—12	
$\sigma$	18 58,7	—21 53	3,90	K0	(+1,1)	30	342	—14	
$\rho$	19 15,9	—18 02	3,95	A5	(+0,2)	40	348	—16	

## Телец (Taurus)

$\alpha$	04 30,2	+16 19	1,06	K5 III	+1,39	51	149	—19	117
$\beta$	05 20,0	+28 31	1,78	B7 III	—0,23	25	145	— 2	118
$\eta$	03 41,5	+23 48	2,96	B7 III	—0,08	17	134	—22	119
$\zeta^1$	05 31,7	+21 05	3,00	B3p	—0,18	9	153	— 4	120
$\lambda$	03 55,1	+12 12	3,4—4,2	B3	(—0,2)	7	147	—28	121
$\theta^2$	04 22,9	+15 39	3,62	A7	(+0,3)	26	148	—20	122
$\epsilon$	04 22,8	+18 58	3,63	K0	(+1,1)	25	146	—18	
$\epsilon$	03 21,7	+09 23	3,75	B8	—0,04	17	143	—36	
$\sigma$	03 19,4	+08 41	3,80	G5	(+1,0)	14	142	—36	
27	03 43,2	+23 45	3,80	B8	(—0,1)	11	135	—22	123
17	03 39,0	+23 48	3,81	B5p	(—0,1)	16	134	—22	124
$\gamma$	04 14,1	+15 23	3,86	K0	(+1,1)	23	147	—23	
$\sigma$	04 17,2	+17 18	3,93	K0	(+1,1)	19	146	—21	

## Треугольник (Triangulum)

$\beta$	02 03,6	+34 31	3,08	A5 III	+0,14	18	109	—24	
$\alpha$	01 47,4	+29 06	3,58	F2	+0,41	51	107	—31	125

## Цефей (Cepheus)

$\alpha$	21 16,2	+62 10	2,60	A7 V	+0,17	77	68	+ 9	126
$\beta$	21 27,4	+70 07	3,32	B2 III	—0,30	6	75	+14	127
$\gamma$	23 35,2	+77 04	3,42	K1 IV	+1,19	65	86	+15	
$\eta$	20 43,3	+61 27	3,59	K0	+0,99	70	65	+11	
$\zeta^1$	22 25,4	+57 54	3,6—4,3	F5	(+0,7)	5	73	+ 1	128
$\zeta^2$	22 07,4	+57 42	3,62	K0	(+1,1)	15	71	+ 2	
$\epsilon$	22 46,1	+65 40	3,68	K0	(+1,1)	35	79	+ 7	
$\mu$	21 40,4	+58 19	3,6—5,1	M2e	(+1,7)	3	68	+ 4	129

## Чаша (Crater)

$\delta$	11 14,3	—14 44	3,82	K0	(+1,1)	25	240	+43	
----------	---------	--------	------	----	--------	----	-----	-----	--

## Эридан (Eridanus)

$\beta$	05 02,9	—05 13	2,92	A3 III	+0,22	39	173	—23	
$\gamma$	03 53,4	—13 48	3,19	M0 III	+1,43	14	173	—43	
$\sigma^4$	04 14,1	—34 03	3,59	B9	+0,22	18	202	—44	
$\sigma$	03 38,5	—10 06	3,72	K0	(+1,1)	112	166	—45	
$\epsilon$	03 28,2	—09 48	3,81	K0	(+1,1)	303	164	—47	
$\sigma^2$	04 31,7	—30 46	3,88	K0	(+1,1)	11	198	—40	
$\tau^4$	03 15,1	—22 07	3,95	M	(+1,7)	9	179	—54	
53	04 33,6	—14 30	3,98	K0	(+1,1)	32	179	—35	

*	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	$m_v$	Спектр	Пок. цвета	$\pi$ в 0'001	$l$	$b$	№ при-меч.
Южная Рыба (Piscis Austrinus)									
$\alpha$	22 52,1	—30° 09'	1,29	A3	+0,11	145	348°	—66°	130
Ящерица (Lacerta)									
$\alpha$	22 27,2	+49 46	3,85	A0	(0,0)	36	69	— 7	

Примечания. 1. Альферац, сп. дв. 96<sup>а7</sup>. 2. Аламак, сп. 5<sup>м</sup>08, A0, 10'', 0,63'' (γ<sup>2</sup> And, сп. 6<sup>м</sup>30, 56<sup>а</sup>). 3. Мирак. 4. Перем. 3<sup>м</sup>6—3<sup>м</sup>7, 1<sup>д</sup>58. 5. Поллукс. 6. Кастор, дв., расст. 4'' 6,199'', 341<sup>а</sup>, обе сп. дв. 9<sup>д</sup>2 и 2<sup>д</sup>9. 7. Альхена. 8. Полуправ. пер. 234<sup>д</sup>. 9. Сп. 8<sup>м</sup>2, 6''8, 211°. 10. Цефеида 10<sup>д</sup>15. 11. Алиот, пер. ок. 1<sup>д</sup>. 12. Бенетнаш. 13. Дубхе, тесн. дв., сп. 5<sup>м</sup>44<sup>а</sup>. 14. Мицар, сп. дв. 20<sup>д</sup>5; сп. 4<sup>м</sup>0, A, 14'', 150°. 15. Мерак, сп. 9<sup>м</sup>. 16. Фекда. 17. Сп. 10<sup>м</sup>8, 7''3, 1°. 18. 23UMa. 19. 4<sup>м</sup>4, 4<sup>м</sup>9, dG0, 2''2, 60<sup>а</sup>; обе сп. дв. 669<sup>д</sup>2 и 4<sup>д</sup>0. 20. Сириус, сп. 8<sup>м</sup>6, 50<sup>а</sup>, белый карлик. 21. Адара, сп. 9<sup>м</sup>0, 7''1, 160°. 22. Мирцам сп. дв. 0<sup>д</sup>3. 23. Сп. 5<sup>м</sup>3, F5, 5' (α<sup>1</sup> Lib). 24. 88 Aqr. 25. Капелла, сп. дв. 104<sup>д</sup>0. 26. Менкалинан, затм. 4<sup>д</sup>0. 27. Сп. 7<sup>м</sup>5, 3'' 324°. 28. Затм. 27<sup>а</sup>1. 29. Затм. 972<sup>д</sup>. 30. Арктур. 31. Сп. 5<sup>м</sup>1, A1, 2''7. 32. Муфрид, сп. дв. 495<sup>д</sup>. 33. 4<sup>м</sup>6, 4<sup>м</sup>6, 1'' 315'', 126<sup>а</sup>,  $e=961$ . 34. Корнефорос. 35. 3<sup>м</sup>1, 5<sup>м</sup>8, 1''5, 34<sup>а</sup>. 36. Полуправ. пер.; сп. 5<sup>м</sup>4, 5'', 110° (α<sup>2</sup> Her). 37. Сп. дв.; сп. 8<sup>м</sup>1, 10'', 216°. 38. Сп. дв. 4<sup>д</sup>0. 39. Альфард. 40. 3<sup>м</sup>8, 5<sup>м</sup>0, 0''4, 15<sup>а</sup>; сп. 7<sup>м</sup>5, 4'', 256'', спутник — сп. дв. 10<sup>д</sup> (ε Hya C). 41. Долгопер. пер. типа Миры Кита, 387<sup>д</sup>. 42. Факт. 43. Перем. и сп. дв. 5<sup>д</sup>5; сп. 5<sup>м</sup>4, 20'', 228° (α<sup>1</sup> CVn). 44. Слика, затм. 4<sup>д</sup>0. 45. 3<sup>м</sup>7, 3<sup>м</sup>7, 6'', 317°, 180<sup>а</sup>. 46. Сп. дв.; 4<sup>м</sup>2, 4<sup>м</sup>8, 0''5, 27<sup>а</sup>. 47. Этамин. 48. Тубан, сп. дв. 51<sup>д</sup>4. 49. Сп. дв. 0<sup>д</sup>9. 50. Сп. 7<sup>м</sup>6, 3'', 12°. 51. Арнеб. 52. Сп. 11<sup>м</sup>3'', 308°. 53. Рас-Альхаг. 54. 3<sup>м</sup>2, 3<sup>м</sup>7, 0''6, 225°, 80°. 55. Унук-Эльхая. 56. Сп. дв. 2<sup>д</sup>3. 57. 4<sup>м</sup>2, 5<sup>м</sup>2, 4''0, 182°. 58. Шедар. 59. Шаф. 60. Рукба, затм. пер?, ампл. 0<sup>м</sup>1, период 759<sup>д</sup>. 61. 3<sup>м</sup>7, 7<sup>м</sup>4, 9'', 282°, 401<sup>а</sup>. 62. Долгопер. пер. 331<sup>д</sup>5; сп. 10<sup>м</sup>, 0''8, 131°. 63. Мекаб. 64. 3<sup>м</sup>7, 6<sup>м</sup>2, 3'', 293°. 65. Сп. дв. 1<sup>д</sup>0. 66. Сп. дв. 1374<sup>д</sup>; сп. 6<sup>м</sup>2, B9 (β<sup>1</sup> Car). 67. Сп. 11<sup>м</sup>, 7'', 158°. 68. 4<sup>м</sup>5, B8 (α<sup>1</sup>), 4<sup>м</sup>6, B3 (α<sup>2</sup>). 69. Денеб. 70. 3<sup>м</sup>0, 6<sup>м</sup>4, 2'', 262°, 321<sup>а</sup>. 71. Сп. 5<sup>м</sup>4, 35'', 55° (β<sup>2</sup> Cyg). 72. Сп. дв. 0<sup>д</sup>14, 3<sup>м</sup>9, 6<sup>м</sup>5, 1'', 50<sup>а</sup>. 73. Сп. дв. 3803<sup>д</sup>. 74. Регул, сп. 7<sup>м</sup>6, 176''5, 307°. 75. Денебола. 76. 2<sup>м</sup>6, 3<sup>м</sup>8, 4'', 121°, ~ 400<sup>а</sup>. 77. Зосма. 78. Сп. дв. 14<sup>д</sup>5. 79. Вега. 80. Затм. 12<sup>д</sup>9. 81. Полярная, цефеида, 4<sup>д</sup>0; сп. 8<sup>м</sup>8, F0, 18''3, 217°. 82. Кохаб. 83. Процион, сп. 10<sup>м</sup>8, 4'', 40<sup>а</sup>, 2 — белый карлик. 84. Хамаль. 85. Шератан, сп. дв. 107<sup>д</sup>. 86. Альтаир. 87. Сп. дв. 17<sup>д</sup>. 88. Цефеида 7<sup>д</sup>2. 89. Ригель, сп. 7<sup>м</sup>0, B9, 9'', 206°, спутник — сп. дв. 9<sup>д</sup>9. 90. Бетельгейзе, полуправ. пер. 2070<sup>д</sup>. 91. Беллатрикс. 92. Сп. 4<sup>м</sup>2, B0, 3'', 159°. 93. Затм. и сп. дв. 5<sup>д</sup>7; сп. 7<sup>м</sup>, B0, 53'', 0°. 94. Сп. дв. 29<sup>д</sup>. 95. Затм. и сп. дв. 8<sup>д</sup>0; 3<sup>м</sup>8, 4<sup>м</sup>8, 1''4, 79°. 96. Сп. 5<sup>м</sup>6, 4''4, 44°. 97. Сп. дв. 3<sup>д</sup>7. 98. Сп. дв. 9<sup>д</sup>5. 99. Сп. дв. 3<sup>д</sup>7, слабо пер. с тем же периодом. 100. Маркаб. 101. Шат, полуправ. пер. 40<sup>д</sup> ±. 102. Альгениб. 103. Сп. дв. 818<sup>д</sup>. 104. Сп. дв. 10<sup>д</sup>2. 105. Мирфак. 106. Алголь, затм. 2<sup>д</sup>87, сп. тройная 2<sup>д</sup>87 и 1<sup>а</sup>873. 107. Сп. 8<sup>м</sup>3, 9'', 9°. 108. Полуправ. пер., 50<sup>а</sup>. 109. Сп. дв. 4<sup>д</sup>4. 110. 4<sup>м</sup>3, 5<sup>м</sup>3, 2'', 306°, 46000<sup>а</sup>; оба комп. сп. дв. 111. Гемма, сп. дв. и затм., 17<sup>д</sup>36. 112. Сп. дв. 10<sup>а</sup>, 496. 113. Антарес, сп. 6<sup>м</sup>5, 3'', 274°. 114. Акраб, сп. дв. 6<sup>д</sup>8; сп. 9<sup>м</sup>7, 0''8, 105°. 115. Сп. 5<sup>м</sup>1, B1, 14'', 23° (β<sup>2</sup> Sco). 116. Затм. 1<sup>д</sup>45; сп. 3<sup>м</sup>64, B2 (μ<sup>1</sup> Sco). 117. Альдебаран. 118. Нат. 119. Альциона. 120. Сп. дв. 133<sup>д</sup>0. 121. Затм. 3<sup>д</sup>95. 122. Сп. дв. 141<sup>д</sup>. 123. Атлас, сп. 8<sup>м</sup> 0''4, 39°. 124. Электра. 125. Сп. дв. 1<sup>м</sup>, 74. 126. Альдерамин. 127. Пер. и сп. дв. с периодом 0<sup>д</sup>2; сп. 8<sup>м</sup>, 14'', 250°. 128. Цефеида 5<sup>д</sup>4; сп. 7<sup>м</sup>5, 41'', 192°. 129. Полуправ. пер. 130. Фомальгаут.

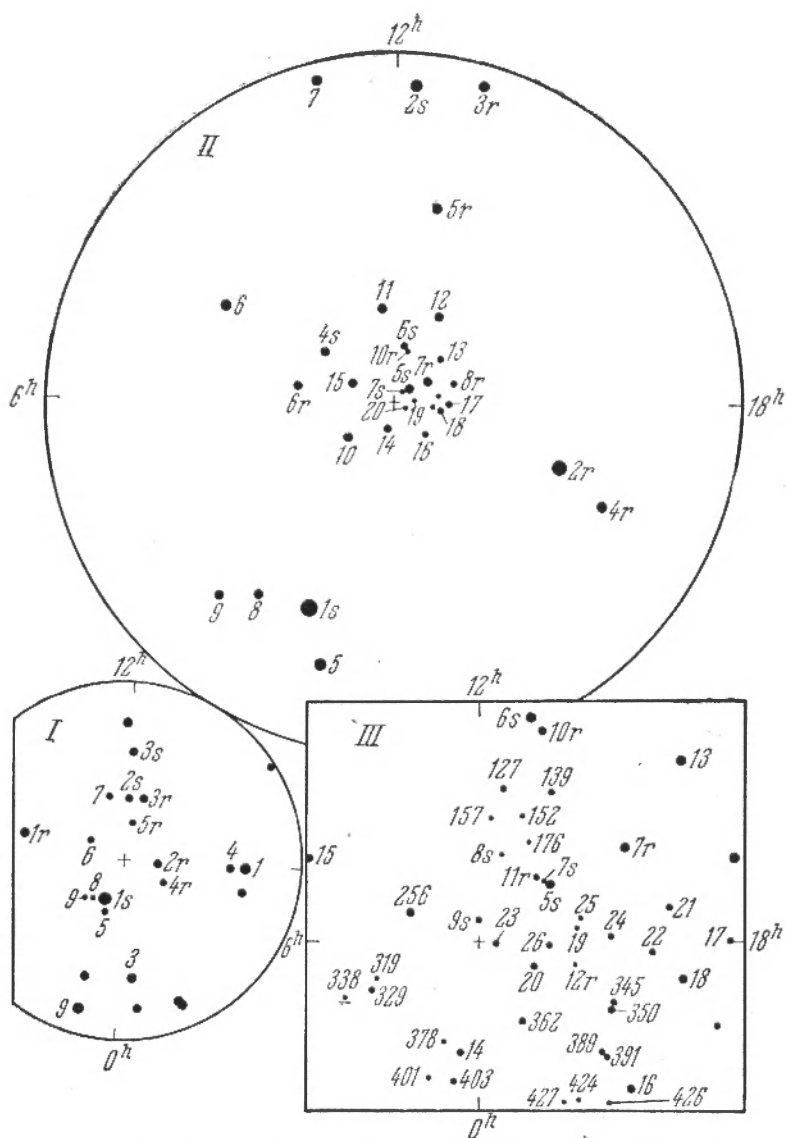
Фотографические и фотовизуальные звёздные величины, показатели цвета и спектральные классы звёзд Северного Полярного Ряда (NPS)

Звезда	$m_{\text{фот}}$	$m_{\text{фотовиз}}$	Показ. цвета	Спектр. класс	Звезда	$m_{\text{фот}}$	$m_{\text{фотовиз}}$	Показ. цвета	Спектр. класс	Звезда	$m_{\text{фот}}$	$m_{\text{фотовиз}}$	Показ. цвета
1s	2,56	2,07	+ 0,49	F8 Ib	7r <sup>*)</sup>	10,96	9,86	+ 1,10	G8	Дополнительные звёзды	11,00	10,71	+ 0,29
1	4,20	4,31	- 0,11	A1	5s	11,09	10,04	+ 1,05	gG' (G0) **)				
2	5,07	5,22	- 0,15	B9	15	11,28	10,90	+ 0,38	(G0) **)				
3	5,65	5,54	+ 0,11	A7	6s	11,39	10,69	+ 0,70	dG6				
4	5,83	5,74	+ 0,09	A3	8r	11,41	10,43	+ 0,98	gG7				
5	6,42	6,46	- 0,04	A2	16	11,58	11,22	+ 0,36	(F7)				
2s	6,46	6,26	+ 0,20	F0	17	11,88	11,30	+ 0,58	(G0)				
3s	6,62	6,33	+ 0,29	dF3	9r	11,95	—	—	(G0)				
1r	6,62	5,03	+ 1,59	gM1	18	12,28	11,90	+ 0,38	(G0)				
6	7,13	7,07	+ 0,06	A2	10r	12,51	12,03	+ 0,58	(G0)				
7	7,35	7,53	- 0,18	B9	7s	12,52	12,04	+ 0,44	—				
2r	7,90	6,35	+ 1,55	gM2	19	12,68	12,24	+ 0,46	(F8)				
8	8,33	8,13	+ 0,20	gF2	20r	12,98	12,52	+ 0,46	(F8)				
9	8,99	8,85	+ 0,14	gF1	11r	13,22	12,07	+ 1,45	(G4)				
3r	8,88	7,51	+ 1,37	gK2	21	13,34	12,49	+ 0,85	(G2)				
10	9,17	9,05	+ 0,12	A6	22	13,46	12,84	+ 0,62	(G0)				
4r	9,24	8,24	+ 1,00	gG9	23	13,59	13,00	+ 0,59	(G0)				
11	9,71	9,60	+ 0,18	dF1	12r	13,78	12,47	+ 1,31	—				
12	10,08	9,79	+ 0,29	A5	24	13,82	13,31	+ 0,61	—				
5r	10,21	8,61	+ 1,60	gK4	25	14,10	13,58	+ 0,52	—				
4s	10,32	9,85	+ 0,47	gF7	8s	14,49	13,77	+ 0,72	—				
13	10,51	10,32	+ 0,19	A5	26	14,51	13,59	+ 0,92	—				
6r	10,51	9,26	+ 1,25	gG9	9s	14,73	13,74	+ 0,99	—				
14	10,94	10,53	+ 0,41	F2									

<sup>\*)</sup> r обозначает красные звёзды, s — дополнительные звёзды к основному списку.

<sup>\*\*)</sup> В скобках указаны спектральные классы, полученные по одному определению.





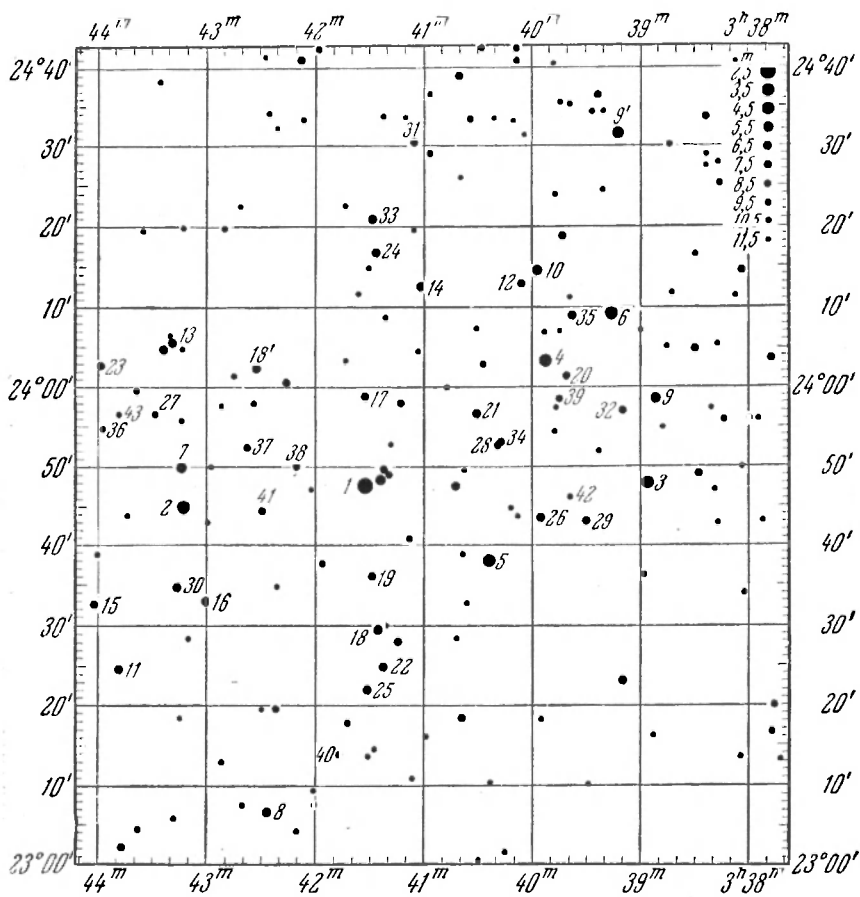
К табл. XLII. Карты области Северного Полярного Ряда. Слева: внизу — область от Северного полюса до склонения  $+85^\circ$ ; вверх — до  $85^\circ$ ; внизу справа — область размером  $0^\circ,5$  на  $0^\circ,5$  вокруг Северного полюса.

Фотографические величины, показатели цвета и спектры ярких звёзд  
звёздного скопления Плеяд

*	$m_{\text{фот}}$	П. Ц.	Спектр
	$m$	$m$	
1 <sup>1)</sup>	2,74	— 0,11	B7 III
2 <sup>2)</sup>	3,46	— 0,12	B8
3 <sup>3)</sup>	3,52	— 0,12	B6
4 <sup>4)</sup>	3,73	— 0,11	B7
5 <sup>5)</sup>	4,04	— 0,11	B6
6 <sup>6)</sup>	4,10	— 0,13	B7
7 <sup>7)</sup>	5,06	— 0,11	B8p
8	5,29	— 0,12	B8
9	5,33	— 0,10	B7
9'	5,50	— 0,12	B8
10 <sup>8)</sup>	5,65	— 0,10	B8
11	6,01	— 0,12	B9
12 <sup>9)</sup>	6,30	— 0,10	B9
13	6,48	— 0,09	B9
14	6,73	— 0,04	B9
15	6,74	— 0,01	A0
16	6,75	+ 0,38	F0
17	6,81	+ 0,02	B9
18	6,93	— 0,01	A0
18'	6,99	+ 0,09	A0
19	7,19	— 0,01	A0
20	7,21	+ 0,07	A0
21	7,36	+ 0,09	A0
22	7,43	+ 0,58	F7
23	7,53	+ 0,02	A1
24	7,82	+ 0,18	A2
25	7,85	+ 0,13	A1
26	7,97	+ 0,19	A1
27	8,07	+ 0,12	A2
28	8,18	+ 0,24	A4
29	8,19	+ 0,20	A2
30	8,27	+ 0,17	A3
31	8,61	+ 0,38	A4
32	8,86	+ 0,34	A3
33 <sup>10)</sup>	8,90	+ 0,06	B8
34	8,90	+ 1,38	K1
35	8,90	+ 0,32	A6
36	9,26	+ 0,11	B9
37	9,51	+ 0,52	F6
38	9,76	+ 0,57	F5
39	9,95	+ 0,56	F2
40	10,01	+ 1,25	G7
41	10,56	+ 0,61	F9
42	10,74	+ 0,67	F9
43	11,20	+ 1,72	G9

1) Альциона. 2) Атлас. 3) Электра. 4) Майя. 5) Меропа. 6) Тайгета.

7) Плейона. 8) Астерона I. 9) Астерона II. 10) Имеет близкого спутника 11,34.



К табл. ХІІІ. Карта звѣздного скопления Плеяд.



$m - M$	$r$	$m - M$	$\pi$	$r$	$m - M$	$\pi$	$r$	$m - M$	$\pi$
$m$		$m$		$m$		$m$		$m$	
+ 6,0	158	+ 8,0	0,0025	400	+ 10,0	0,00100	1000	+ 12,0	0,00040
+ 6,1	166	+ 8,1	0,0024	420	+ 10,1	0,00096	1050	+ 12,2	0,00036
+ 6,2	174	+ 8,2	0,0023	440	+ 10,2	0,00091	1100	+ 12,4	0,00033
+ 6,3	182	+ 8,3	0,0022	460	+ 10,3	0,00087	1150	+ 12,6	0,00030
+ 6,4	191	+ 8,4	0,0021	480	+ 10,4	0,00083	1200	+ 12,8	0,00028
+ 6,5	200	+ 8,5	0,0020	500	+ 10,5	0,00079	1250	+ 13,0	0,00025
+ 6,6	210	+ 8,6	0,0019	520	+ 10,6	0,00076	1300	+ 13,2	0,00023
+ 6,7	220	+ 8,7	0,0018	550	+ 10,7	0,00072	1400	+ 13,4	0,00021
+ 6,8	230	+ 8,8	0,0017	575	+ 10,8	0,00069	1450	+ 13,6	0,00019
+ 6,9	240	+ 8,9	0,0017	600	+ 10,9	0,00066	1500	+ 13,8	0,00017
+ 7,0	250	+ 9,0	0,0016	630	+ 11,0	0,00063	1600	+ 14,0	0,00016
+ 7,1	260	+ 9,1	0,0015	660	+ 11,1	0,00060	1650	+ 14,2	0,00014
+ 7,2	275	+ 9,2	0,0014	690	+ 11,2	0,00058	1750	+ 14,4	0,00013
+ 7,3	290	+ 9,3	0,0014	725	+ 11,3	0,00055	1800	+ 14,6	0,00012
+ 7,4	300	+ 9,4	0,0013	760	+ 11,4	0,00052	1900	+ 14,8	0,00011
+ 7,5	315	+ 9,5	0,0013	790	+ 11,5	0,00050	2000	+ 15,0	0,00010
+ 7,6	330	+ 9,6	0,0012	830	+ 11,6	0,00048	2100	+ 15,5	0,00008
+ 7,7	350	+ 9,7	0,0012	870	+ 11,7	0,00046	2200	+ 16,0	0,00006
+ 7,8	365	+ 9,8	0,0011	910	+ 11,8	0,00044	2300	+ 16,5	0,00005
+ 7,9	380	+ 9,9	0,0010	950	+ 11,9	0,00042	2500	+ 17,0	0,00004
+ 8,0	400	+ 10,0	0,0010	1000	+ 12,0	0,00040	2500	+ 18,0	0,00003

Соотношение между абсолютной визуальной звёздной величиной  
и светимостью, выраженной в единицах светимости Солнца

$M_{\text{B}}$	$L$	$M_{\text{a}}$	$L$	$M_{\text{a}}$	$L$	$M_{\text{a}}$	$L$	$M_{\text{a}}$	$L$
$m$		$m$		$m$		$m$		$m$	
-9,0	310 000	-4,0	3 100	+1,0	31	+6,0	0,31	+11,0	0,0031
-8,8	260 000	-3,8	2 600	+1,2	26	+6,2	0,26	+11,2	0,0026
-8,6	215 000	-3,6	2 200	+1,4	22	+6,4	0,21	+11,4	0,0021
-8,4	180 000	-3,4	1 800	+1,6	18	+6,6	0,18	+11,6	0,0018
-8,2	150 000	-3,2	1 500	+1,8	15	+6,8	0,15	+11,8	0,0015
-8,0	124 000	-3,0	1 240	+2,0	12,4	+7,0	0,124	+12,0	0,00124
-7,8	103 000	-2,8	1 030	+2,2	10,3	+7,2	0,103	+12,2	0,00103
-7,6	886 000	-2,6	860	+2,4	8,6	+7,4	0,086	+12,4	0,00086
-7,4	71 000	-2,4	710	+2,6	7,1	+7,6	0,071	+12,6	0,00071
-7,2	59 000	-2,2	590	+2,8	5,9	+7,8	0,059	+12,8	0,00059
-7,0	40 000	-2,0	490	+3,0	4,9	+8,0	0,049	+13,0	0,00049
-6,8	41 000	-1,8	410	+3,2	4,1	+8,2	0,041	+13,2	0,00041
-6,6	34 000	-1,6	340	+3,4	3,4	+8,4	0,034	+13,4	0,00034
-6,4	28 000	-1,4	280	+3,6	2,8	+8,6	0,028	+13,6	0,00028
-6,2	24 000	-1,2	240	+3,8	2,4	+8,8	0,024	+13,8	0,00024
-6,0	19 600	-1,0	200	+4,0	2,0	+9,0	0,020	+14,0	0,00020
-5,8	16 300	-0,8	160	+4,2	1,63	+9,2	0,0163	+14,2	0,00016
-5,6	13 600	-0,6	136	+4,4	1,36	+9,4	0,0136	+14,4	0,000136
-5,4	11 300	-0,4	113	+4,6	1,13	+9,6	0,0113	+14,6	0,000113
-5,2	9 400	-0,2	94	+4,8	0,94	+9,8	0,0094	+14,8	0,000094
-5,0	7 800	-0,0	78	+5,0	0,78	+10,0	0,0078	+15,0	0,000078
-4,8	6 500	+0,2	65	+5,2	0,65	+10,2	0,0065	+15,2	0,000065
-4,6	5 400	+0,4	54	+5,4	0,54	+10,4	0,0054	+15,4	0,000054
-4,4	4 500	+0,6	45	+5,6	0,45	+10,6	0,0045	+15,6	0,000045
-4,2	3 700	+0,8	37	+5,8	0,37	+10,8	0,0037	+15,8	0,000037
-4,0	3 100	+1,0	31	+6,0	0,31	+11,0	0,0031	+16,0	0,000031
$+16,5 \begin{smallmatrix} m \\ 0,000020 \end{smallmatrix}$		$+17,0 \begin{smallmatrix} m \\ 0,0000124 \end{smallmatrix}$ $+18,5 \begin{smallmatrix} m \\ 0,0000031 \end{smallmatrix}$		$+17,5 \begin{smallmatrix} m \\ 0,0000078 \end{smallmatrix}$ $+19,0 \begin{smallmatrix} m \\ 0,0000020 \end{smallmatrix}$		$+18,0 \begin{smallmatrix} m \\ 0,0000049 \end{smallmatrix}$			

## Список двойных звёзд

В таблице даны: название звезды, координаты 1900 г., звёздная величина и спектр компонентов А и В, расстояние в секундах дуги и позиционный угол звезды В. Для  $\theta$  Ori даны сведения обо всех шести звёздах, причём одна из них является ближним спутником компонента С (последняя строчка). В примечаниях даны сведения о периоде обращения звезды В относительно А, о третьем компоненте С для тройных звёзд, о спектрально-двойных компонентах, о переменных. Везде, где это возможно, даны периоды обращения и некоторые другие сведения.

Звезда	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	A	B	$d''$	$\varphi$	Примечания
$\pi$ And	$0^h 31^m,5$	$+33^{\circ} 10'$	$4,4^m$ B3	$8,5^m$ B3	$36,1''$	$174^{\circ}$	А сп. дв. $144^d$
$\eta$ Cas	$0 43,0$	$+57 17$	$3,7$ F8	$7,4$ M0	$9,3$	$282$	$401^a$ ; 61 а. е.
$\alpha$ UMi	$1 22,6$	$+88 46$	$2,1$ F8	$8,8$	$18,3$	$217$	Полярная, перем. $4^d$ , ампл. $0,2^m$ ; сп. дв. $29,6^a$
$\gamma$ Ari	$1 48,0$	$+18 48$	$4,8$ A0	$4,8$ A0	$8,4$	$0$	физич.
$\alpha$ Psc	$1 56,9$	$+2 17$	$4,3$ A2	$5,2$ A2	$2,0$	$306$	$46000^a$
$\gamma$ And	$1 57,8$	$+41 52$	$2,3$ K0	$5,1$ A0	$10,0$	$63$	BC $0'',6$ , $6^m,6$ $24$ а. е., $56^a$
$\iota$ Tri	$2 06,5$	$+29 36$	$5,4$ G4	$7,0$ F3	$3,6$	$71$	А сп. дв. $15^d$ , В сп. дв. $2^d$
$\gamma$ Cet	$2 38,1$	$+2 49$	$3,7$ A2	$6,2$ F3	$3,0$	$293$	физич.
$\eta$ Per	$2 43,4$	$+55 29$	$3,9$ K0	$8,5$	$28,4$	$301$	
32 Eri	$3 49,2$	$-3 14$	$5,0$ A	$6,3$ G5	$6,7$	$348$	
$\beta$ Ori	$5 09,7$	$-8 19$	$0,3$ B8	$7,0$ B9	$9,2$	$206$	В сп. дв. $10^d$
$\theta$ Ori	$5 30,4$	$-5 27$	$6,8$ B5	$7,9$ B2	$8,8$	$32$	Компоненты
				$5,4$ B3	$13,6$	$240$	знаменитой
				$6,8$	$21,6$	$96$	трапеции в
				$11,3$	$4,3$	$351$	туманности
			$[5,4$ B3]	$10,8$	$4,1$	$123$	Ориона
$\theta$ Aur	$5 52,9$	$+37 12$	$2,7$ A0	$7,5$	$3,3$	$324$	физич.
$\beta$ Mon	$6 24,0$	$-6 58$	$4,7$ B2	$5,2$ B2	$7,4$	$132$	BC $2'',8$ , $108^{\circ}$ ( $5^m,6$ )
12 Lyn	$6 37,4$	$+59 33$	$5,3$ A2	$6,2$	$1,8$	$101$	ABC $9'',5$ , $308^{\circ}$ ; $8^m,5$
$\delta$ Gem	$7 14,2$	$+22 10$	$3,5$ F0	$8,2$ M0	$6,8$	$211$	физич.
$\alpha$ Gem	$7 28,2$	$+32 06$	$2,0$ A3	$2,9$ A8	$4,1$	$199$	$341^a$ , AC $73''$ ; $165^{\circ}$ , $9^m$ ; А сп. дв. $9^d,2$ ; В сп. дв. $2^d,9$
$\zeta$ Cnc	$8 06,5$	$+17 57$	$5,7$ G0	$6,0$ A	$0,9$	$227$	$60^a$ , ABC $6''$ ; $101^{\circ}$ ; $6^m,0$ , $9^d$ ; В сп. дв. $3^d$ .

Звезда	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	A	B	$d''$	$\varphi$	Примечания
$\epsilon$ Hya	$^h \quad ^m$ 8 41,5	$+ 6^\circ 47'$	$^m$ 3,5 F8	$^m$ 5,5	0,4	211°	15 $^a$ ,0, ABC 4'', 256°, 7 $^m$ ,5, C сп. дв. 10 $^d$ .
$\gamma$ Leo	10 14,5	$+ 20 21$	2,6 K0	3,8 G5	3,9	120	407 $^a$ ?
$\xi$ UMa	11 12,9	$+ 32 06$	4,4 G0	4,9 G0	2,2	83	60 $^a$ , A сп. дв. 669 $^d$ , B сп. дв. 4 $^d$ ,0
$\iota$ Leo	11 18,7	$+ 11,05$	4,1 F3	6,7 F3	0,6	338	184 $^a$ , 45 а. е.
$\gamma$ Vir	12 36,6	$- 0 54$	3,6 F0	3,7 F0	5,8	317	172 $^a$ , 44 а. е.
$\alpha$ CVn	12 51,4	$+ 38 52$	2,9 A0	5,4 A0	20	227	
$\zeta$ UMa	13 19,9	$+ 55 26$	2,4 A2	4,0 A2	14,5	150	Мицар, A сп. дв. 20 $^d$ ,5
$\pi$ Boo	14 36,0	$+ 16 51$	4,9 A0	5,8 A0	5,8	106	A сп. дв. 20 $^d$ , B сп. дв.
$\zeta$ Boo	14 36,4	$+ 14 09$	4,6 A2	4,6	1,2	315	126 $^a$ , $e = 0,961$
$\epsilon$ Boo	14 40,6	$+ 27 30$	2,7 K0	5,1 A0	2,7	334	физич.
$\xi$ Boo	14 46,8	$+ 19 31$	4,8	6,8	5,3	10	150 $^a$ , 32 а. е.
$\sigma$ Ser	15 30,0	$+ 10 53$	4,2 F0	5,2 F0	4,0	182	
$\zeta$ Sco	15 58,9	$- 11 06$	4,9 F3	4,9 F8	1,2	8	45 $^a$ ,7, ABC 8'',54° 7 $^m$ ,G7
$\zeta$ Her	16 37,5	$+ 31 47$	3,1 G0	5,8	1,5	58	34 $^a$ ,4, 14 а. е.
$\alpha$ Her	17 10,1	$+ 14 30$	3,5 M5	5,4 F8	4,8	110	B сп. дв. 52 $^d$
$\sigma$ Her	17 10,9	$+ 24 57$	3,2 A0	8,1 G2	10,0	216	оптич., сп. дв.
$\epsilon_1$ Lyr	18 41,0	$+ 39 34$	5,1 A3	6,0 A3	3,1	5	} 208'', 172° каждая пара физич.
$\epsilon_2$ Lyr	18 41,1	$+ 39 30$	5,1 A5	5,4 A5	2,3	110	
$\beta$ Cyg	19 26,7	$+ 27 45$	3,2 K0	5,4 B9	34,6	55	физич.
$\delta$ Cyg	19 41,9	$+ 44 53$	3,0 A0	6,4	1,9	262	321 $^a$ , 81 а. е.
$\epsilon$ Dra	19 48,5	$+ 70 01$	4,0 G2	7,6 F5	3,3	12	физич.
$\alpha$ Cap	20 12,1	$- 12 49$	3,8 G5	4,6 G0	376		оптич., обе дв.
$\beta$ Del	20 32,9	$+ 14 15$	4,2 F5	4,8	0,5	5	26 $^a$ ,6, 14 а. е. сп. дв.

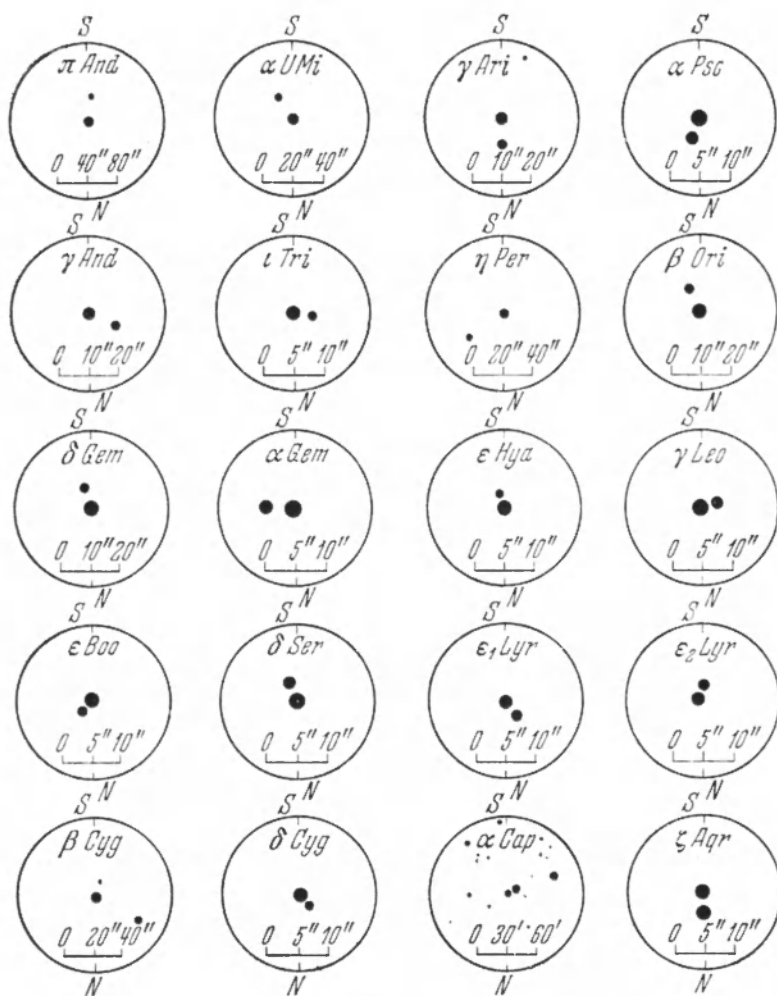


Звезда	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	A	B	$d''$	$\varphi$	Примечания
$\gamma$ Del	$\begin{smallmatrix} h & m \\ 20 & 42,0 \end{smallmatrix}$	$+ 15^{\circ}46'$	$\begin{smallmatrix} m \\ 4,5 \text{ G5} \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} m \\ 5,5 \text{ F8} \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} '' \\ 10,3 \end{smallmatrix}$	269	физич.
61 Cyg	21 2,4	$+ 38 15$	5,5 K5	6,4 K5	26,0	137	692 <sup>a</sup> , 81 а. е.
$\beta$ Ser	21 27,4	$+ 70 07$	3,3 B1	8,0 A3	14	249	A перем. и сп. дв. 0 <sup>d</sup> ,2
$\zeta$ Aqr	22 23,7	$- 00 32$	4,4 F2	4,6 F1	2,7	286	400 <sup>a</sup> , 83 а. е.
$\delta$ Ser	22 25,4	$+ 57 54$	3,5 G0	7,5 A0	41,0	192	A цефеида
8 Lac	22 31,4	$+ 39 07$	5,8 B3	6,6 B5	22,3	186	A сп. дв. 0 <sup>d</sup> ,2; AC 28'', 155'', 10 <sup>m</sup>
$\sigma$ Cas	23 53,9	$+ 55 12$	5,1 B2	7,2 B3	3,1	332	BC 67''

Таблица XLVI B

Список некоторых ярких двойных звёзд с резким различием цветов

Звезда	A	B	$d''$	Цвета
$\gamma$ And	$\begin{smallmatrix} m \\ 2,3 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} m \\ 5,1 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} '' \\ 10 \end{smallmatrix}$	Оранжевая и голубая
$\alpha$ CVn	2,9	5,4	20	Жёлтая и лиловая
$\beta$ Cyg	3,2	5,4	35	Жёлтая и голубая
$\epsilon$ Boo	2,7	5,1	3	Жёлтая и зелёная
$\alpha$ Her	3,5	5,4	5	Жёлтая и голубая
$\alpha$ Sco	1,2	6,5	3	Оранжевая и зелёная
$\gamma$ Her	4,5	5,5	11	Красная и изумрудная
$\epsilon$ Hya	3,8	5,0	0,3	Жёлтая и голубая
$\kappa$ Gem	3,7	8,5	7	Оранжевая и голубая
$\eta$ Per	3,9	8,5	28	Жёлтая и голубая
$\eta$ Cas	3,7	7,4	9	Жёлтая и пурпурная
$\delta$ Her	3,2	8,1	10	Белая и фиолетовая
$\iota$ Cnc	4,2	6,6	31	Жёлтая и голубая
$\beta$ Sco	2,9	5,1	14	Белая и зеленовато-жёлтая



К табл. XLVI А. Расположение некоторых визуально-двойных звёзд.

## Нахождение общей звёздной величины двух звёзд

По аргументу разности звёздных величин  $\Delta m$  отыскивается поправка  $\Delta m'$ , которую надо вычесть из звёздной величины более яркой звезды

$\Delta m$	$\Delta m'$	$\Delta m$	$\Delta m'$	$\Delta m$	$\Delta m'$	$\Delta m$	$\Delta m'$
0,00	0,752	0,00	0,752	1,00	0,364	2,0	0,160
0,01	0,748	0,05	0,728	1,05	0,350	2,1	0,147
0,02	0,743	0,10	0,704	1,10	0,336	2,2	0,134
0,03	0,738	0,15	0,680	1,15	0,323	2,3	0,123
0,04	0,733	0,20	0,657	1,20	0,311	2,4	0,113
0,05	0,728	0,25	0,635	1,25	0,299	2,5	0,104
0,06	0,723	0,30	0,613	1,30	0,287	2,6	0,095
0,07	0,718	0,35	0,592	1,35	0,275	2,7	0,087
0,08	0,713	0,40	0,571	1,40	0,264	2,8	0,079
0,09	0,708	0,45	0,551	1,45	0,253	2,9	0,072
0,10	0,704	0,50	0,531	1,50	0,243	3,0	0,066
0,11	0,699	0,55	0,512	1,55	0,231	3,2	0,056
0,12	0,694	0,60	0,493	1,60	0,224	3,4	0,046
0,13	0,690	0,65	0,475	1,65	0,215	3,6	0,039
0,14	0,685	0,70	0,458	1,70	0,206	3,8	0,032
0,15	0,680	0,75	0,441	1,75	0,197	4,0	0,027
0,16	0,676	0,80	0,425	1,80	0,189	4,5	0,017
0,17	0,671	0,85	0,409	1,85	0,181	5,0	0,011
0,18	0,666	0,90	0,393	1,90	0,174	5,5	0,006
0,19	0,662	0,95	0,378	1,95	0,167	6,0	0,004
0,20	0,657	1,00	0,364	2,00	0,160		

Пример: общая звёздная величина двух звёзд  $3^m,45$  и  $4^m,13$  равна  $3^m,45 - 0^m,46 = 2^m,99$ .

Таблица XLVII B

## Нахождение звёздных величин компонентов двойной звезды по их суммарному блеску и разности блеска, выраженным в звёздных величинах

К суммарной звёздной величине  $m$  надо прибавить поправки  $\Delta m_1$  или  $\Delta m_2$  по аргументу  $\Delta m$  — разности звёздных величин.

$\Delta m$	$m$ 0,00	$m$ 0,05	$m$ 0,10	$m$ 0,15	$m$ 0,20	$m$ 0,25	$m$ 0,30	$m$ 0,35	$m$ 0,40	$m$ 0,45	$m$ 0,50	$m$ 0,60	$m$ 0,70
$\Delta m_1$	0,75	0,73	0,70	0,68	0,66	0,64	0,61	0,59	0,57	0,55	0,53	0,49	0,46
$\Delta m_2$	0,75	0,78	0,80	0,83	0,86	0,89	0,91	0,94	0,97	1,00	1,03	1,09	1,16

$\Delta m$	$m$ 0,80	$m$ 0,90	$m$ 1,00	$m$ 1,20	$m$ 1,40	$m$ 1,60	$m$ 1,80	$m$ 2,00	$m$ 2,50	$m$ 3,00	$m$ 3,50	$m$ 4,00	$m$ 5,00
$\Delta m_1$	0,42	0,39	0,36	0,31	0,26	0,22	0,19	0,16	0,10	0,07	0,04	0,03	0,01
$\Delta m_2$	1,22	1,29	1,36	1,51	1,66	1,82	1,99	2,16	2,60	3,07	3,54	4,03	5,01

Таблица XLVIII

Перевод разностей звёздных величин двух звёзд в отношения блеска

Сотые доли	Звёздные величины						Сотые доли
	0 <sup>m</sup>	1 <sup>m</sup>	2 <sup>m</sup>	3 <sup>m</sup>	4 <sup>m</sup>	5 <sup>m</sup>	
0 <sup>m</sup> ,00	1,0000	2,5119	6,3096	15,849	39,811	100,00	0 <sup>m</sup> ,00
02	1,0186	2,5586	6,4269	16,144	40,551	101,86	02
04	1,0375	2,6062	6,5464	16,444	41,305	103,75	04
06	1,0568	2,6546	6,6681	16,749	42,073	105,68	06
08	1,0765	2,7040	6,7920	17,061	42,855	107,65	08
10	1,0965	2,7542	6,9183	17,378	43,652	109,65	10
12	1,1169	2,8054	7,0469	17,701	44,463	111,69	12
14	1,1376	2,8576	7,1779	18,030	45,290	113,76	14
16	1,1588	2,9107	7,3114	18,365	46,132	115,88	16
18	1,1803	2,9648	7,4473	18,707	46,989	118,03	18
20	1,2023	3,0200	7,5858	19,055	47,863	120,23	20
22	1,2246	3,0761	7,7268	19,409	48,753	122,46	22
24	1,2474	3,1333	7,8705	19,770	49,659	124,74	24
26	1,2706	3,1915	8,0168	20,137	50,582	127,06	26
28	1,2942	3,2509	8,1658	20,512	51,523	129,42	28
30	1,3183	3,3113	8,3176	20,893	52,481	131,83	30
32	1,3428	3,3729	8,4723	21,281	53,456	134,28	32
34	1,3677	3,4356	8,6298	21,677	54,450	136,77	34
36	1,3932	3,4995	8,7902	22,080	55,463	139,32	36
38	1,4191	3,5645	8,9536	22,491	56,494	141,91	38
40	1,4454	3,6308	9,1201	22,909	57,544	144,54	40
42	1,4723	3,6983	9,2897	23,335	58,614	147,23	42
44	1,4997	3,7670	9,4624	23,768	59,704	149,97	44
46	1,5276	3,8371	9,6383	24,210	60,814	152,76	46
48	1,5560	3,9084	9,8175	24,660	61,944	155,60	48
50	1,5849	3,9811	10,0000	25,119	63,096	158,49	50
52	1,6144	4,0551	10,1859	25,586	64,269	161,44	52
54	1,6444	4,1305	10,3753	26,062	65,464	164,44	54
56	1,6749	4,2073	10,5682	26,546	66,681	167,49	56
58	1,7061	4,2855	10,7647	27,040	67,920	170,61	58
60	1,7378	4,3652	10,9648	27,542	69,183	173,78	60
62	1,7701	4,4463	11,1686	28,054	70,469	177,01	62
64	1,8030	4,5290	11,3763	28,576	71,779	180,30	64
66	1,8365	4,6132	11,5878	29,107	73,114	183,65	66
68	1,8707	4,6989	11,8032	29,648	74,473	187,07	68
70	1,9055	4,7863	12,0226	30,200	75,858	190,55	70
72	1,9409	4,8753	12,2462	30,761	77,268	194,09	72
74	1,9770	4,9659	12,4738	31,333	78,705	197,70	74
76	2,0137	5,0582	12,7057	31,915	80,168	201,37	76
78	2,0512	5,1523	12,9420	32,509	81,658	205,12	78
80	2,0893	5,2481	13,1826	33,113	83,176	208,93	80
82	2,1281	5,3456	13,4277	33,729	84,723	212,81	82
84	2,1677	5,4450	13,6773	34,356	86,298	216,77	84
86	2,2080	5,5463	13,9316	34,995	87,902	220,80	86
88	2,2491	5,6494	14,1906	35,645	89,536	224,91	88
90	2,2909	5,7544	14,4544	36,308	91,201	229,09	90
92	2,3335	5,8614	14,7231	36,983	92,897	233,35	92
94	2,3768	5,9704	14,9968	37,670	94,624	237,68	94
96	2,4210	6,0814	15,2757	38,371	96,383	242,10	96
98	2,4660	6,1944	15,5597	39,084	98,175	246,60	98
1,00	2,5119	6,3096	15,8489	39,811	100,000	251,19	1,00

## Список ярких переменных звезд разных типов

В таблице дано: название звезды, координаты 1900 г., визуальные звездные величины в максимуме и минимуме, начальная эпоха и период. Для правильных и неправильных указан спектральный класс, как существенная характеристика переменной звезды. Звездочкой отмечены те переменные, наблюдения которых особенно желательны. В примечаниях даны некоторые дополнительные сведения о переменных.

Дополнением к этой таблице служит таблица L, содержащая более слабые переменные, рекомендованные Комиссией по переменным звездам Астрономического совета АН СССР для систематических наблюдений.

*	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	Ампл.	Элементы
---	-----------------	-----------------	-------	----------

## 1. Цефеиды (даны начальные эпохи максимума блеска)

	$h$	$m$	$\alpha$	$\delta$	$24$	$d$
W Близнецов *	6 29,2	+ 15 24	6,7—7,3	13266,65	+ 7,914525 · E	
ζ Близнецов <sup>1)</sup>	6 58,2	+ 20 43	3,7—4,1	10639,801	+ 10,153527 · E	
RT Возничего . . .	6 22,1	+ 30 33	5,0—5,8	20957,466	+ 3,728261 · E	
T Единорога * <sup>2)</sup>	6 19,8	+ 7 8	5,7—6,7	28193,08	+ 27,018 · E	
SU Кассиопеи . . .	2 43,0	+ 68 28	5,9—6,3	30404,133	+ 1,94927 · E	
X Лебеда <sup>3)</sup>	20 39,5	+ 35 14	6,3—7,0	25739,90	+ 16,3866 · E	
SU Лебеда . . . .	19 40,8	+ 29 01	6,4—7,1	21278,503	+ 3,845507 · E	
T Лисички . . . .	20 47,2	+ 27 52	5,4—6,2	19372,151	+ 4,435578 · E	
η Орла *	19 47,4	+ 0 45	3,7—4,4	08827,601	+ 7,176625 · E	
S Стрелы . . . .	19 51,5	+ 16 22	5,4—6,1	29091,48	+ 8,3821723 · E	
Y Стрельца . . . .	18 15,5	+ 18 54	5,2—5,9	25503,22	+ 5,77335 · E	
SZ Тельца * . . . .	4 31,4	+ 18 20	6,5—6,9	23619,49	+ 3,149130 · E	
ο Цефея . . . . .	22 25,5	+ 57 54	3,6—4,3	27999,148	+ 5,36606 · E	

## 2. Долгопериодические переменные (даны эпохи максимума блеска)

	$h$	$m$	$\alpha$	$\delta$	$24$	$d$
R Водолея . . . .	23 38,6	+ 15 50	5,8—10,8	31982	+ 386,86 · E	
R Гидры . . . . .	13 24,2	+ 22 46	3,5—10,9	31919	+ 387 · E	
ο Кита . . . . .	2 14,3	+ 3 26	2,0—10,1	32158	+ 331,48 · E	
γ Лебеда . . . . .	19 46,7	+ 32 40	2,3—14,3	31943	+ 406,66 · E	
R Льва . . . . .	9 42,2	+ 11 54	4,4—11,6	32032	+ 313,13 · E	
T Цефея . . . . .	21 08,2	+ 68 05	5,2—11,2	32271	+ 388,35 · E	

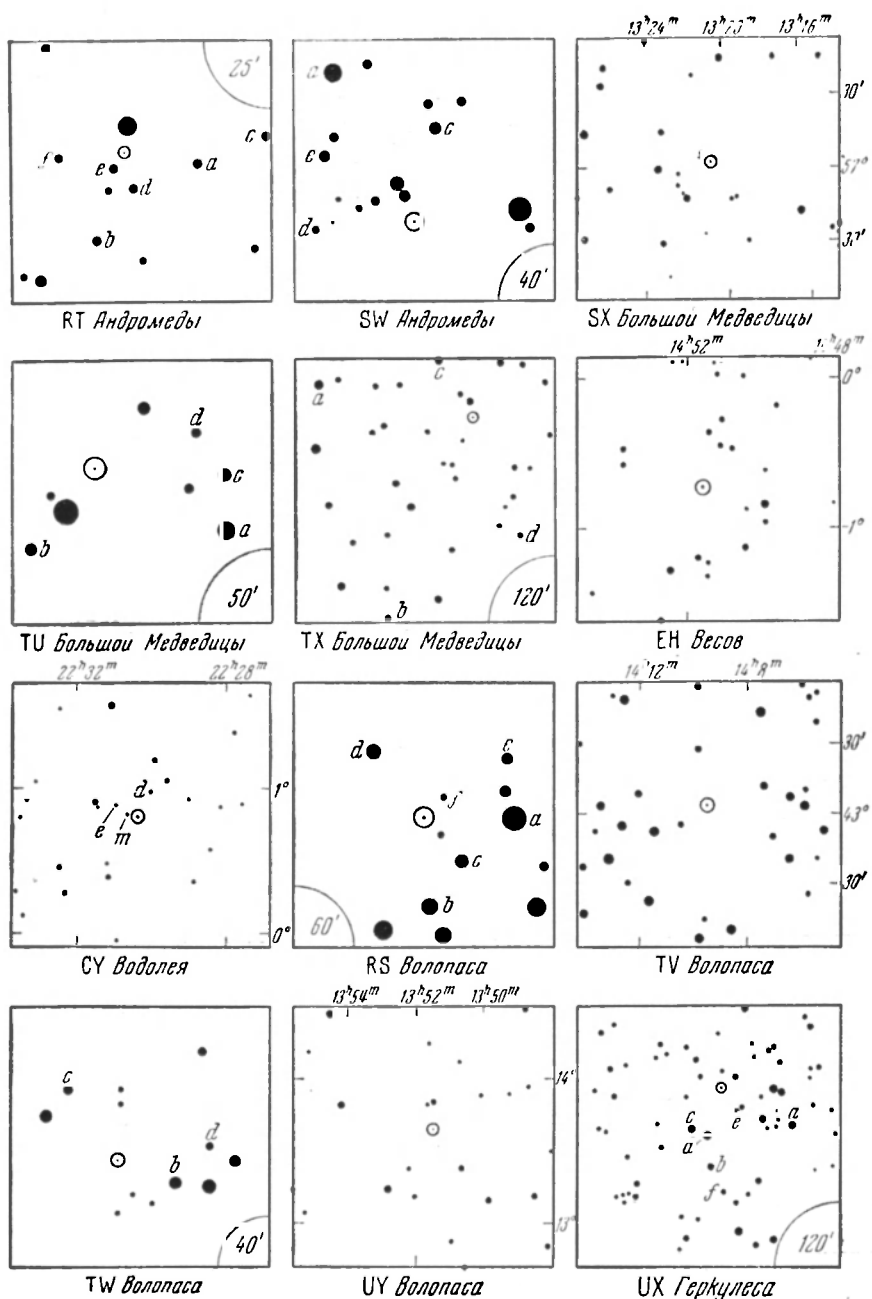
## 3. Затменные переменные (даны эпохи минимума блеска)

	$h$	$m$	$\alpha$	$\delta$	$24$	$d$
ο Весов . . . . .	14 55,6	+ 8 7	4,8—5,9	22852,3536	+ 2,32734906 · E	
WW Возничего . .	6 25,9	+ 32 32	5,7—6,4	32892,513	+ 2,52501906 · E	
AR Возничего . .	5 11,7	+ 33 40	5,8—6,5	26742,434	+ 4,13466057 · E	
U Змееносца . . .	17 11,5	+ 1 19	5,7—6,4	08279,641	+ 1,6773460 · E	
RZ Кассиопеи <sup>4)</sup>	2 39,9	+ 69 13	6,4—7,8	32806,442	+ 1,195252 · E	
Y Лебеда . . . . .	20 48,1	+ 34 17	7,0—7,6	09534,320	+ 2,9963331 · E	
V 367 Лебеда . . .	20 44,2	+ 38 55	6,9—7,6	28947,5	+ 18,5980 · E	
β Лиры . . . . .	18 46,4	+ 33 15	3,4—4,3	98590,57	+ 12,908006 · E <sup>5)</sup>	
β Персея . . . . .	3 01,7	+ 40 34	2,2—3,5	78497,761	+ 2,86731016 · E <sup>5)</sup>	

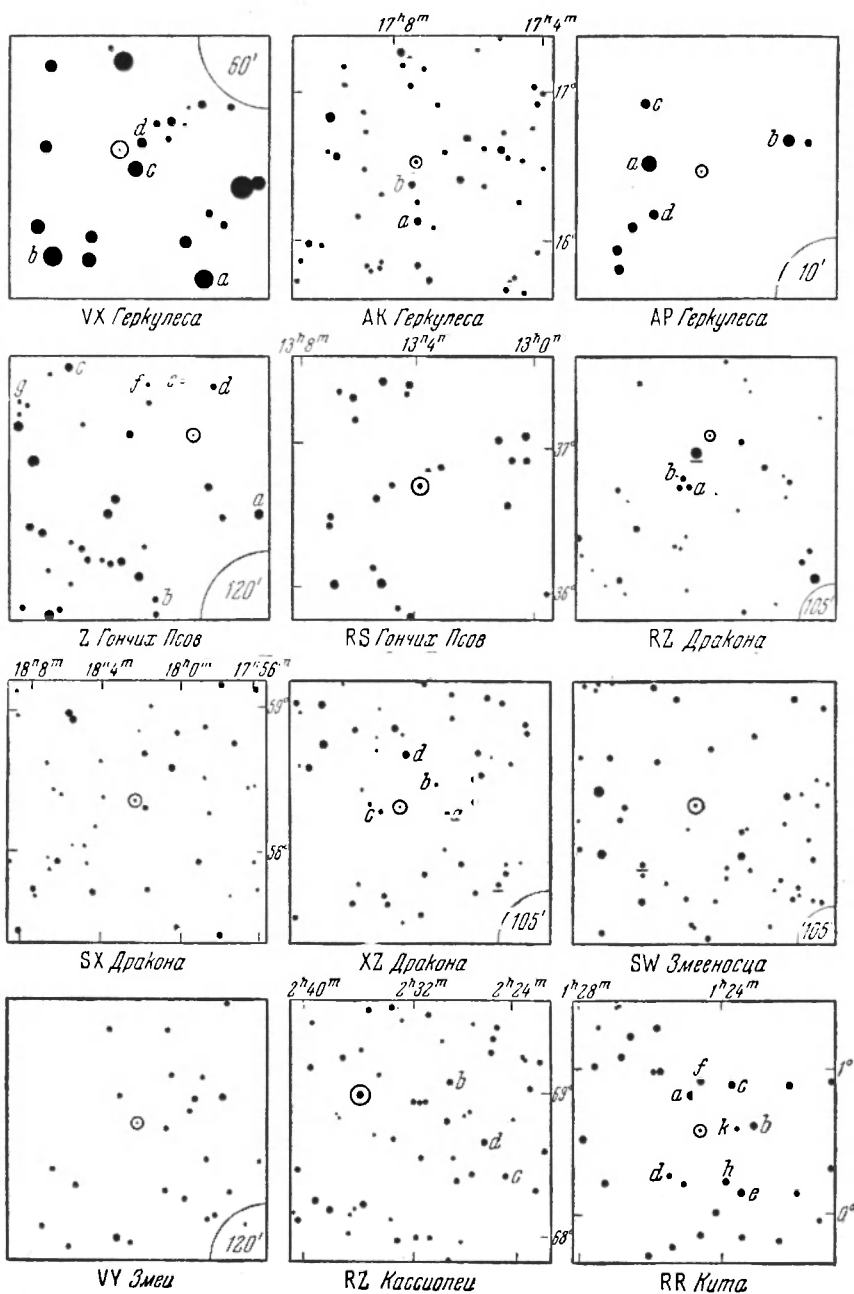
*	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	Ампл.	Эпоха	Средний период	Спектр
4. Полуправильные и неправильные переменные						
W Большого Пса *	$7^{\circ} 3,4$	$-11^{\circ} 46'$	$6,9-7,5$	непр.	—	N
UU Возничего <sup>9)</sup> . . .	$6^{\circ} 29,7$	$+38^{\circ} 32'$	$5,1-6,8$	—	$3400^d$	N
AE Возничего <sup>7)</sup> . . .	$5^{\circ} 9,7$	$+34^{\circ} 12'$	$5,4-6,1$	непр.	—	O9p
X Геркулеса <sup>8)</sup> . . .	$15^{\circ} 59,6$	$+47^{\circ} 31'$	$6,3-7,4$	$2430582$	100	M6
$\alpha$ Геркулеса <sup>9)</sup> . . .	$17^{\circ} 10,1$	$+14^{\circ} 30'$	$3,0-4,0$	—	100	M5
G Геркулеса . . . . .	$16^{\circ} 25,4$	$+42^{\circ} 06'$	$4,6-6,0$	—	80:	M6
U Гидры . . . . .	$10^{\circ} 32,6$	$-12^{\circ} 52'$	$4,8-5,8$	непр.?	—	N
Y Гончих Псов <sup>10)</sup> .	$12^{\circ} 40,4$	$+45^{\circ} 59'$	$5,2-6,6$	—	$158,0$	N
U Дельфина . . . . .	$20^{\circ} 40,9$	$+17^{\circ} 44'$	$5,6-7,5$	непр.	—	M5
RY Дракона . . . . .	$12^{\circ} 52,5$	$+66^{\circ} 32'$	$6,5-8,0$	непр.	—	N
UX Дракона <sup>11)</sup> . . . .	$19^{\circ} 25,1$	$+76^{\circ} 22'$	$6,2-6,9$	непр.	—	N
U Единорога <sup>12)</sup> . . .	$7^{\circ} 26,0$	$-9^{\circ} 34'$	$5,6-7,3$	$2430347$	$92, 26$	F8e-K0p
W Лебедя <sup>13)</sup> . . . . .	$21^{\circ} 32,2$	$+44^{\circ} 56'$	$5,1-7,6$	$2430684$	$130,85$ и $119, 81$	M4e
AF Лебедя <sup>14)</sup> . . . . .	$19^{\circ} 27,2$	$+45^{\circ} 56'$	$6,4-8,4$	$2430679$	$94,1$	M6
R Лиры <sup>15)</sup> . . . . .	$18^{\circ} 52,3$	$+43^{\circ} 49'$	$4,0-5,0$	—	50	M5
$\alpha$ Ориона <sup>16)</sup> . . . . .	$5^{\circ} 49,8$	$+7^{\circ} 23'$	$0,4-1,3$	$2410600$	2070	cM2
TW Пегаса <sup>17)</sup> . . . . .	$21^{\circ} 59,4$	$+27^{\circ} 52'$	$7,0-9,2$	$2430370$	$956,4$	M7
$\rho$ Персея * . . . . .	$2^{\circ} 58,8$	$+38^{\circ} 27'$	$3,2-3,8$	—	50:	M4
$\mu$ Цефея <sup>15)</sup> . . . . .	$21^{\circ} 40,4$	$+58^{\circ} 19'$	$3,6-5,1$	—	—	cM2e
Z Эридана <sup>19)</sup> . . . . .	$2^{\circ} 43,1$	$-12^{\circ} 53'$	$6,4-7,8$	—	66	M4

## Примечания:

- 1) \* Близнецов — в элементах квадратичный член:  $-0^d,575 \cdot 10^{-6} \cdot E^2$ .
- 2) T Единорога — период меняется.
- 3) X Лебедя — период меняется.
- 4) RZ Кассиопеи — период меняется в течение цикла в  $6573^d$ .
- 5) Эпоха начинается с 23 ...
- 6) Неправильные колебания блеска.
- 7) Представитель редкого класса белых неправ. переменных.
- 8) Средняя величина меняется с периодом в  $900^d$  (тип  $\mu$  Сер).
- 9) Имеет колебание блеска с периодом около  $2000^d$ .
- 10) Средняя величина меняется с периодом в  $2100^d$ .
- 11) Намёк на период в  $160^d$ .
- 12) Средняя величина меняется с периодом в  $2320^d$  (тип AI Sco).
- 13) Сильно меняется форма кривой блеска (тип AF Cyg).
- 14) Средняя величина меняется периодически:  $\text{Max} = 2430200 + 960^d \cdot E$ .
- 15) Колебания иногда сходят на нет по амплитуде.
- 16) На главное колебание накладываются волны продолжительностью в несколько недель или месяцев.
- 17) Накладываются небольшие колебания с периодом около  $90^d$  (тип  $\mu$  Сер).
- 18) Колебания в 90, 730, 904,  $4972^d$  накладываются друг на друга.
- 19) Средняя величина меняется с периодом в  $685^d$ .

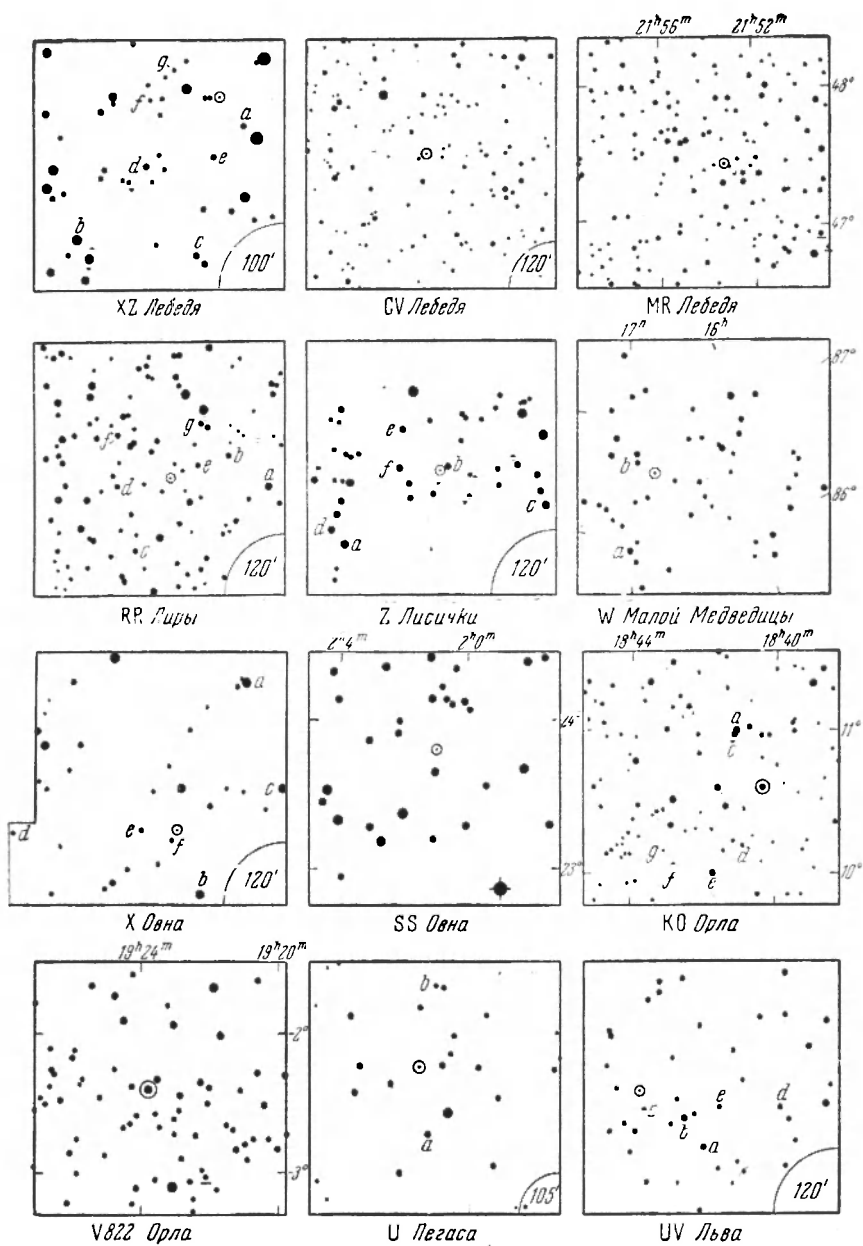


К табл. I.. Карты окрестностей переменных звёзд. Север вверху.

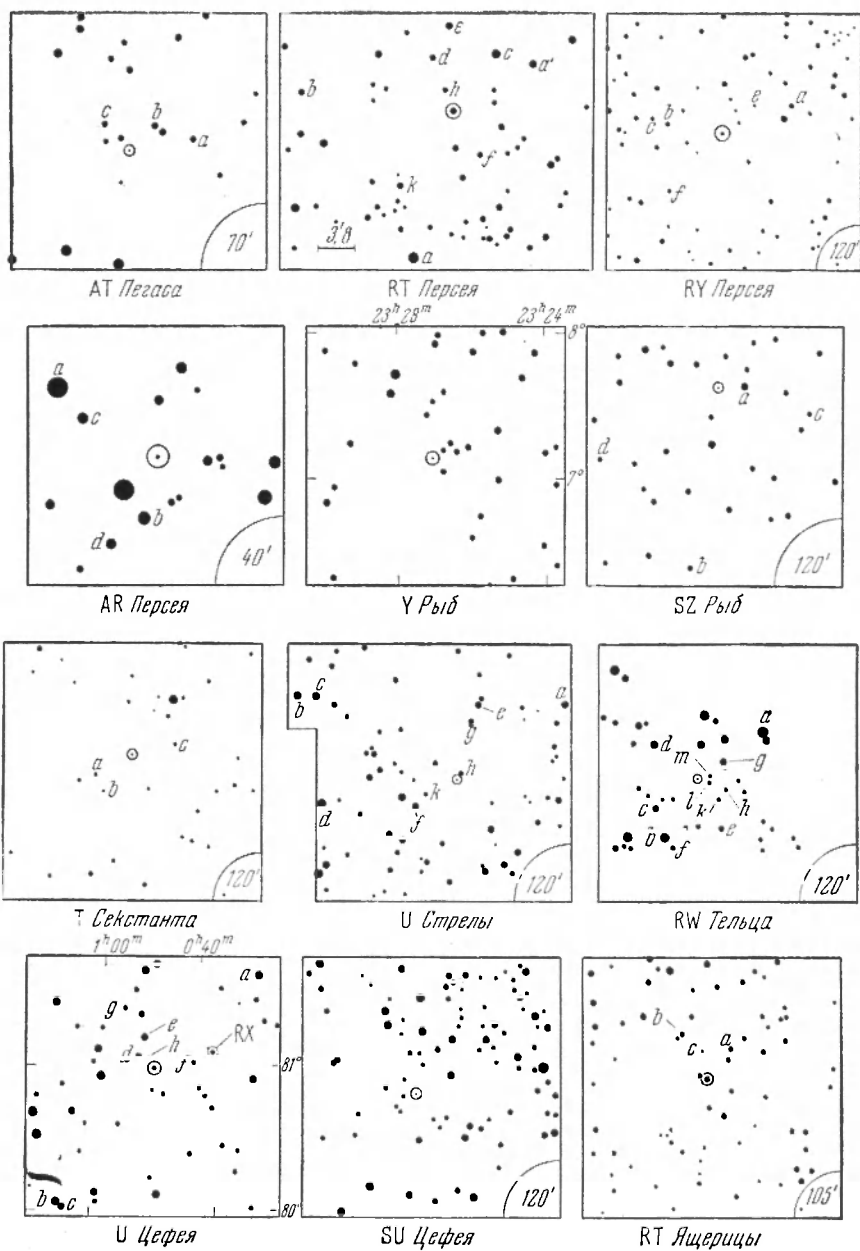


К табл. L. Карты окрестностей переменных звезд, Север вверх.





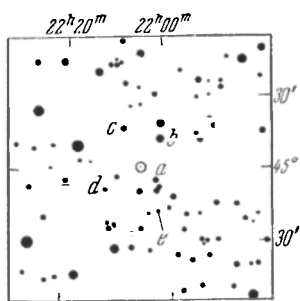
К табл. L. Карты окрестностей переменных звёзд. Север вверх.



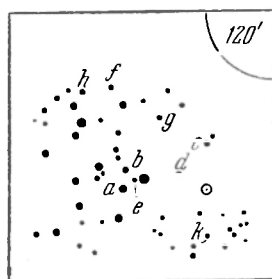
К табл. L. Карты окрестностей переменных звёзд. Север вверху.



SW Ящерицы



AR Ящерицы



CM Ящерицы

К табл. I. Карты окрестностей переменных звёзд. Север вверху.

**Список цефеид и затменных переменных звёзд, рекомендованных Комиссией наблюдений в бинокль**

На стр. 379 даны карты окрестностей, в правой части таблицы I приведены переменные, тип (Ц — цефеида, З — затменная переменная), координаты 1900 г., В случае отсутствия известных величин звёзд сравнения наблюдатель должен блеск переменной в степенной

Звезда	Тип	Амплитуда	Координаты 1900.0
		<i>m</i> <i>m</i>	<i>h</i> <i>m</i>
RT Андромеды . . . . .	З	8,9—9,9 в	23 06,7 — 52 29
SW Андромеды . . . . .	Ц	9,3—10,3 в	00 18,5 — 28 51
SX Б. Медведицы . . . . .	Ц	10,6—11,1	13 22,3 — 56 47
TU Б. Медведицы . . . . .	Ц	9,5—10,2 в	11 24,5 — 30 37
TX Б. Медведицы . . . . .	З	7,0—8,4	10 39,5 — 46 06
EH Весов . . . . .	Ц	9,3—9,8	14 53,8 — 00 33
CY Водолея . . . . .	Ц	10,6—11,4	22 32,7 — 01 01
RS Волопаса . . . . .	Ц	9,6—10,7 в	14 29,3 — 32 12
TV Волопаса . . . . .	Ц	10,1—11,3	14 12,6 — 42 50
TW Волопаса . . . . .	Ц	10,2—11,4	14 41,2 — 41 27
UY Волопаса . . . . .	Ц	9,5—10,5	13 53,9 — 13 26
UX Геркулеса . . . . .	З	8,7—9,7	17 41,7 — 16 58
VX Геркулеса . . . . .	Ц	9,8—11,4 в	16 26,2 — 18 35
AK Геркулеса . . . . .	З	7,8—8,2	17 09,5 — 16 28
AP Геркулеса . . . . .	Ц	10,5—11,2	18 46,0 — 15 49
Z Гончих Псов . . . . .	Ц	9,0—10,0 н	12 45,1 — 44,19
RS Гончих Псов . . . . .	З	8,0—9,3	13 06,0 — 36,28
RZ Дракона . . . . .	З	9,8—10,7	18 21,6 — 58 51
SX Дракона . . . . .	З	9,8—11,9	18 03,1 — 58 23
XZ Дракона . . . . .	Ц	9,6—10,4	19 03,1 — 64 42
SW Змееносца . . . . .	З	10,2—11,4	16 11,1 — 06 44
VY Змеи . . . . .	Ц	9,5—10,2	15 26,0 — 02 02
RZ Кассиопеи . . . . .	З	6,4—7,8	02 39,9 — 69 13
RR Кита . . . . .	Ц	9,0—10,0	01 27,0 — 00 50
XZ Лебеда . . . . .	Ц	9,1—10,3 в	19 30,4 — 56 10
CV Лебеда . . . . .	З	10,6—11,1	19 50,7 — 37 47
MR Лебеда . . . . .	З	8,5—9,4	21 55,1 — 47 30
RR Лиры . . . . .	Ц	6,9—7,8 в	19 22,3 — 42 35
Z Лисички . . . . .	З	7,0—8,6	19 17,5 — 25 23
UV Льва . . . . .	З	8,7—8,9	10 33,0 — 14 47
W М. Медведицы . . . . .	З	8,6—9,7	16 34,8 — 86 26
X Овна . . . . .	Ц	9,0—9,7 в	03 03,1 — 10 04
SS Овна . . . . .	З	10 — 11	01 58,6 — 23 31
KO Орла . . . . .	З	8,1—9,3	18 42,5 — 10 39
V822 Орла . . . . .	З	6,7—7,1	19 — 6,1 — 02 19
U Пергаса . . . . .	З	9,3—10,0	23 52,9 — 15 24
AT Пергаса . . . . .	З	8,9—9,7	22 08,4 — 07 56
RT Персея . . . . .	З	10,6—12,0	03 16,7 — 46 13
RY Персея . . . . .	З	8,4—10,1	02 39,0 — 47 43
AR Персея . . . . .	Ц	9,9—10,8 н	04 10,0 — 47 09
Y Рыб . . . . .	З	9,0—12,0	23 29,3 — 07 22
SZ Рыб . . . . .	З	8,0—9,5	23 08,3 — 02 08
T Секстанта . . . . .	Ц	9,9—10,6	09 48,3 — 02 32
U Стрелы . . . . .	З	6,4—9,4	19 14,4 — 19 26
RW Тельца . . . . .	З	8,1—11,5	03 57,8 — 27 51
U Цефея . . . . .	З	7,1—9,3	00 53,4 — 81 20
SU Цефея . . . . .	З	9,2—10,0	21 43,5 — 56 50
RT Ящерицы . . . . .	З	8,8—9,6	21 57,5 — 43 24
SW Ящерицы . . . . .	З	8,4—9,2	22 49,1 — 37 24
AR Ящерицы . . . . .	З	6,5—7,2	22 04,6 — 45 15
CM Ящерицы . . . . .	З	8,2—8,9	21 56,0 — 44 04

Таблица L

ней по переменным звёздам Астрономического совета АН СССР для  
ли небольшую трубу

еличины звёзд сравнения для многих переменных. В табл. L даны: название  
лементы.  
сен сам их выбрать, пользуясь указаниями, данными на стр. 279 и оценивать  
кале по методу Блажко-Нэйланда.

Элементы		Звёзды сравнения						
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>
24		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	
24119,2383	0,6289325 · <i>E</i>	8,55	8,98	9,27	9,65	10,01	10,20	—
18132,860	0,4422732 · <i>E</i>	8,21	8,80	9,32	10,18	11,17	—	—
22653,2882	0,3071414 · <i>E</i>	—	—	—	—	—	—	—
25760,451	0,5576588 · <i>E</i>	9,28	10,15	10,98	—	—	—	—
16426,783	3,0633175 · <i>E</i>	7,07	7,62	7,92	9,12	—	—	—
33438,6076	0,0884139 · <i>E</i>	—	—	—	—	—	—	—
28725,4219	0,0610385 · <i>E</i>	10,42	10,95	11,66	—	—	—	—
28972,6633	0,3773366 · <i>E</i>	9,07	9,93	10,59	11,25	11,38	11,57	—
24609,521	0,3125598 · <i>E</i>	—	—	—	—	—	—	—
20340,5507	0,5329756 · <i>E</i>	—	9,98	10,42	11,02	—	—	—
25688,836	0,6507843 · <i>E</i>	—	—	—	—	—	—	—
19876,4782	1,5488563 · <i>E</i>	7,67	7,77	8,52	9,01	9,24	9,50	—
21750,486	0,4553715 · <i>E</i>	8,98	9,82	10,79	11,99	—	—	—
33515,714	0,4215214 · <i>E</i>	8,83	9,28	—	—	—	—	—
28585,4	10,390 · <i>E</i>	9,60	10,32	11,49	11,85	—	—	—
23860,355	0,6539052 · <i>E</i>	7,90	8,46	8,92	9,42	10,17	10,95	11,16
33016,819	4,797875 · <i>E</i>	—	—	—	—	—	—	—
29448,794	0,5508768 · <i>E</i>	9,73	10,53	—	—	—	—	—
32273,276	5,1691 · <i>E</i>	—	—	—	—	—	—	—
27985,648	0,476494 · <i>E</i>	8,82	9,38	9,99	10,32	—	—	—
33040,429	2,4461 · <i>E</i>	—	—	—	—	—	—	—
28369,268	2,64510 · <i>E</i>	—	—	—	—	—	—	—
32806,442	1,195252 · <i>E</i>	—	7,4	7,5	7,9	—	—	—
17501,4421	0,5530253 · <i>E</i>	8,06	8,82	9,23	9,49	9,63	9,76	10,02
17201,236	0,4365885 · <i>E</i>	8,65	9,15	9,56	9,68	9,89	10,10	10,41
24454,402	0,9834418 · <i>E</i>	—	—	—	—	—	—	—
27013,607	1,677031 · <i>E</i>	—	—	—	—	—	—	—
14856,529	0,56683500 · <i>E</i>	6,78	6,94	7,50	7,80	8,39	8,59	8,98
25456,117	2,454926 · <i>E</i>	6,01	7,03	7,17	7,35	8,48	9,28	—
32996,5558	0,6000855 · <i>E</i>	7,64	8,24	9,25	9,44	10,23	—	—
33454,761	1,7011576 · <i>E</i>	8,79	9,88	—	—	—	—	—
20785,635	0,6511248 · <i>E</i>	7,32	7,72	8,07	8,50	10,16	10,68	—
30948,318	0,4059897 · <i>E</i>	—	—	—	—	—	—	—
33888,366	2,86396 · <i>E</i>	7,33	7,97	8,13	8,56	8,75	9,50	9,96
29779,30	2,641 · <i>E</i>	—	—	—	—	—	—	—
30260,6790	0,3747821 · <i>E</i>	9,82	10,81	—	—	—	—	—
27030,226	1,146090 · <i>E</i>	7,96	9,16	9,88	—	—	—	—
24553,248	0,8494076 · <i>E</i>	8,81	10,51	11,00	11,41	12,09	12,40	12,93
27070,708	6,8635663 · <i>E</i>	8,15	8,51	9,02	—	9,66	10,5	—
26576,464	0,4255494 · <i>E</i>	9,79	10,25	10,88	11,61	—	—	—
25495,522	3,765882 · <i>E</i>	—	—	—	—	—	—	—
25509,333	3,96637 · <i>E</i>	8,00	9,13	9,67	10,27	—	—	—
27458,463	0,3246677 · <i>E</i>	9,49	9,99	10,45	—	—	—	—
17130,4151	3,3806184 · <i>E</i>	5,96	6,30	7,00	7,78	8,12	8,52	9,45
27405,4697	2,7688162 · <i>E</i>	7,12	7,82	8,34	9,22	9,38	10,09	10,35
07890,2967	2,4929005 · <i>E</i>	6,38	6,73	7,20	7,80	8,41	9,12	9,54
29550,675	0,901401 · <i>E</i>	—	—	—	—	—	—	—
21913,499	5,073977 · <i>E</i>	8,3	9,1	10,0	—	—	—	—
23372,780	0,3207156 · <i>E</i>	7,96	8,16	9,17	9,46	—	—	—
26624,378	1,983209 · <i>E</i>	6,08	6,32	6,67	7,12	7,83	—	—
27026,316	1,604692 · <i>E</i>	7,65	7,85	8,31	8,51	8,61	9,01	9,03

Таблица LI  
Галактические рассеянные (Р) и шаровые (Ш) звёздные скопления

NGC	M	Созвезд.	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	Тип	Диам.	$m$	N	Интегр. $m$	Расст. в свет. годах
869		h Per	2 12,0	+ 56 41'	P	36	"	350	4,4	4 300
884		$\gamma$ Per	2 15,4	+ 56 39	P	36	7	300	4,7	4 300
1039	34	Per	2 35,6	+ 42 21	P	18	9	80	5,5	1 500
Pleiades *)	45	Tau	3 41,5	+ 23 48	P	120	4,2	130	1,4	490
Hyaides **)		Tau	4 14,1	+ 15 23	P	400	4,0	100	—	120
1912	38	Aur	5 22,0	+ 35 44	P	20	9,7	100	7,4	2 800
2099	37	Aur	5 45,8	+ 32 31	P	20	9,7	150	6,2	2 700
2168	35	Gem	6 02,7	+ 24 21	P	40	9,0	120	5,3	2 700
2287	41	CMa	6 42,7	+ 20 38	P	30	9	50	4,6	1 300
2632 ***)	44	Cnc	8 24,3	+ 20 20	P	90	6,5	350	3,7	490
5272	3	CVn	13 57,6	+ 28 53	Ш	9,8	14,2		6,4	40 000
5904	5	Ser	15 13,5	+ 2 27	Ш	12,7	14,0		6,2	35 000
6121	4	Sco	16 17,5	— 26 17	Ш	14,0	13,9		6,4	24 000
6205	13	Her	16 38,1	+ 36 39	Ш	10,0	13,8		5,7	34 000
6218	12	Oph	16 42,0	— 1 46	Ш	9,3	14,0		6,6	36 000
6254	10	Oph	16 51,9	— 3 57	Ш	8,2	14,1		6,1	36 000
6341	92	Her	17 14,1	+ 43 15	Ш	8,3	13,9		5,1	36 500
6494	23	Sgr	17 51,0	+ 19 00	P	25	10,2	120	6,9	2 200
6611	16	Ser	18 13,2	— 13 49	P	25	10,6	55	6,4	6 700
6656	22	Sgr	18 30,3	— 24 00	Ш	17,3	12,9		5,9	22 000
7078	15	Peg	21 25,2	+ 11 44	Ш	7,4	14,3		6,9	43 500
7089	2	Aqr	21 28,3	+ 1 16	Ш	8,2	14,6		6,3	45 000
7092	39	Cyg	21 28,7	+ 47 59	P	30	6,5	25	5,2	1 000
7654	52	Cas	23 19,8	+ 61 03	P	12	11,0	120	7,3	4 400

M — номер по каталогу Мессье,  $m$  — средняя звёздная величина пяти самых ярких звёзд рассеянного скопления или 25 звёзд шарового скопления, N — число звёзд рассеянного скопления, интегр.  $m$  — интегральная звёздная величина скопления — блеск всех звёзд скопления, выраженный звёздной величиной одной более яркой звезды.

\*) Плеяды.

\*\*) Гиады.

\*\*\*) Ясли (Praesepe).

Галактические диффузные (Д), планетарные (П) и тёмные (Т) туманности

NGC	M	Созв.	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	Тип	Дизм.	$m_n$	$m_s$	Раст. в свет. годах	Название
650	76	Per	13 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup>	+51° 04'	П	2,5	12,2	16,6	15 000	«Крабовидная» Орион
1952	1	Tau	523,5	+21° 57'	Д (*)	6	8,4	15,9	10 000	
1976	42	Ori	530,4	-52° 1	Д	60			1 800	
В 33		Ori	533,5	-231	Т	4			300	
2261		Mon	633,7	+8° 50'	Д	2				«Конская голова» Перем. яркости «Сова»
2392		Gem	723,3	+21° 07'	П	0,8	8,3	10,5	2800	
2440		Pup	737,5	-17° 58'	П	0,9	11,7	(16,5)	8600	
3587	97	UMa	1103,7	+55° 34'	П	3,4	12,0	14,3	12000	
В 72		Cph	1712,7	-23° 33'	Т	20			400	С-образная Троичная
6514	20	Sgr	1753,3	-23° 02'	Д	27		6,9	3200	
6523	8	Sgr	1753	-24° 23'	Д	60		6,8	3600	
6543		Dra	1753,6	+66° 55'	П	0,4	8,8	11,1	3500	
В 92		Sgr	183,8	-18° 16'	Т	15				«Подкова» Комплексная
6618	17	Sgr	1815,0	-16° 13'	Д	45		8,9	3000	
6720	57	Lyr	1843,9	+32° 54'	П	1,4	9,3	14,7	5400	
6826		Cyg	1942,1	+50° 17'	П	0,4	8,8	10,8	3400	
6853	27	Vul	1953,3	+22° 27'	П	8	7,6	13,4	3400	Думбелл «Сеть» «Америка» «Сатурн»
6960		Cyg	2041,5	+30° 21'	Д	60				
7000		Cyg	2053,2	+43° 56'	Д	165		1,33		
7009		Aqr	2053,7	+11° 46'	Д	0,7	8,4	11,7	3000	
7662		And	2321,1	+41° 59'	П	0,3	9	13	3900	

M — номер по каталогу Мессье,  $m_n$  — интегральная звёздная величина туманности,  $m_s$  — звёздная величина центральной звезды планетарной туманности; В 33, В 72, В 92 — по каталогу Бурнард.

\*) Возникла после вспышки сверхновой звезды в 1054 г.

## Яркие внегалактические туманности

NGC	M	Созв.	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	Тип	Размеры	Инт. $m_v$	Расст. в св. годах	Лучев. скор. в км/сек
224	31	And	00 <sup>h</sup> 37,2 <sup>m</sup>	+ 40° 19'	E	3' × 2'	8,7	640 000	— 185
221	32	And	00 37,2	+ 41 43	Sb	450 × 110	4,8	670 000	— 220
598	33	Tri	01 28,2	+ 30 09	Sc	60 × 40	6,7	750 000	— 70
3031	81	UMa	09 47,3	+ 69 32	Sb	16 × 10	7,9	2 400 000	— 30
3034	82	UMa	09 47,6	+ 70 10	I	7 × 2	8,8	2 600 000	+ 290
3368	96	Leo	10 41,5	+ 12 21	Sa	7 × 4	9,1	5 700 000	+ 940
3623	65	Leo	11 13,7	+ 13 38	Sb	8 × 2	9,3	5 000 000	+ 800
3627	66	Leo	11 15,0	+ 13 32	Sb	8 × 3	8,4	4 300 000	+ 650
4258		CVn	12 14,0	+ 47 52	Sb	20 × 6	8,6	4 600 000	+ 500
4374	84	Vir	12 20,0	+ 13 26	E	3 × 3	9,3	6 000 000	+ 1050
4382	85	Com	12 20,4	+ 18 44	E	4 × 2	9,3	3 700 000	+ 500
4472	49	Vir	12 24,7	+ 08 32	E	5 × 4	8,6	5 700 000	+ 850
4565		Com	12 31,4	+ 26 32	Sb	15 × 1	10,2	7 600 000	+ 1100
4594		Vir	12 34,8	— 11 04	Sa	7 × 2	8,7	7 200 000	+ 1140
4649	60	Vir	12 38,6	+ 12 06	E	4 × 3	8,9	7 500 000	+ 1090
1736	94	CVn	12 46,2	+ 41 40	Sb	5 × 4	7,9	3 000 000	+ 290
4826	64	Com	12 51,8	+ 22 14	Sb	8 × 4	8,8	1 300 000	+ 150
5005		CVn	13 06,2	+ 37 36	Sc	5 × 2	9,8	6 600 000	+ 900
5055	63	CVn	13 11,3	+ 42 34	Sb	8 × 3	9,5	3 600 000	+ 450
5194	51	CVn	13 25,7	+ 47 43	Sc	12 × 6	8,1	3 000 000	+ 250
5236	83	Hya	13 31,4	— 29 21	Sc	10 × 8	10	2 900 000	+ 500
6822		Sgr	19 39,6	— 14 46	I	20 × 10	11	530 000	— 150
7331		Peg	22 32,5	+ 33 44	Sb	9 × 2	9,7	5 200 000	+ 500



Преобразование экзаториальных координат в галактические (сев. полушарие)

$\delta$ $\alpha$		+ 90°		+ 80°		+ 70°		+ 60°		+ 50°		+ 40°		+ 30°		+ 20°		+ 10°		0°	
$h$	$m$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$
0	0	90	+ 28	88	+ 18	87	+ 8	85	— 2	83	— 12	82	— 21	80	— 31	78	— 41	74	— 51	69	— 60
0	20	90	+ 28	89	+ 18	88	+ 8	88	— 2	87	— 12	86	— 22	85	— 32	84	— 42	82	— 52	79	— 62
0	40	90	+ 28	90	+ 18	90	+ 8	90	— 2	90	— 12	90	— 22	90	— 32	90	— 42	90	— 52	90	— 62
1	0	90	+ 28	91	+ 18	92	+ 8	92	— 2	93	— 12	94	— 22	95	— 32	96	— 42	98	— 52	101	— 62
1	20	90	+ 28	92	+ 18	93	+ 8	95	— 2	97	— 11	98	— 21	100	— 31	102	— 41	106	— 51	111	— 60
1	40	90	+ 28	93	+ 18	95	+ 9	97	— 1	100	— 11	102	— 21	105	— 30	108	— 40	113	— 49	120	— 59
2	0	90	+ 28	94	+ 19	97	+ 9	100	0	103	— 10	106	— 19	110	— 29	114	— 38	120	— 47	128	— 56
2	20	90	+ 28	94	+ 19	98	+ 10	102	0	106	— 9	110	— 18	114	— 27	120	— 36	126	— 45	135	— 53
2	40	90	+ 28	95	+ 19	100	+ 10	104	+ 1	109	— 8	114	— 16	119	— 25	124	— 34	132	— 42	141	— 50
3	0	90	+ 28	96	+ 20	102	+ 11	107	+ 3	112	— 6	117	— 15	123	— 23	129	— 31	137	— 39	146	— 47
3	20	90	+ 28	97	+ 20	103	+ 12	109	+ 4	114	— 4	120	— 12	126	— 21	133	— 28	141	— 36	151	— 43
3	40	90	+ 28	98	+ 21	104	+ 13	111	+ 5	117	— 2	123	— 10	130	— 18	137	— 25	145	— 32	155	— 39
4	0	90	+ 28	98	+ 21	106	+ 14	113	+ 7	120	0	126	— 8	133	— 15	141	— 22	149	— 29	158	— 35
4	20	90	+ 28	99	+ 22	107	+ 16	114	+ 9	122	+ 2	129	— 5	136	— 12	144	— 18	152	— 25	162	— 30
4	40	90	+ 28	99	+ 23	108	+ 17	116	+ 11	124	+ 4	132	— 2	139	— 8	147	— 15	156	— 21	165	— 25
5	0	90	+ 28	100	+ 23	109	+ 18	118	+ 13	126	+ 7	134	+ 4	142	— 5	150	— 11	159	— 17	168	— 22
5	20	90	+ 28	100	+ 24	110	+ 20	119	+ 15	128	+ 10	136	+ 1	144	— 2	153	— 7	161	— 12	170	— 18
5	40	90	+ 28	101	+ 25	111	+ 21	120	+ 17	129	+ 12	138	+ 7	147	+ 2	155	— 3	164	— 8	173	— 13
6	0	90	+ 28	101	+ 26	111	+ 23	121	+ 19	131	+ 15	140	+ 11	149	+ 6	158	+ 1	166	— 4	175	— 9
6	20	90	+ 28	101	+ 27	112	+ 25	122	+ 22	132	+ 18	142	+ 14	151	+ 10	160	+ 5	169	0	177	— 4
6	40	90	+ 28	101	+ 28	112	+ 26	123	+ 24	134	+ 21	143	+ 18	153	+ 14	162	+ 9	171	+ 5	180	0
7	0	90	+ 28	101	+ 28	113	+ 28	124	+ 26	134	+ 24	145	+ 21	155	+ 18	164	+ 13	173	+ 9	182	+ 4

$\alpha \backslash \delta$		+ 9°		+ 8°		+ 7°		+ 6°		+ 5°		+ 4°		+ 3°		+ 2°		+ 1°		0°	
$\alpha$	$\delta$	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>l</i>	<i>b</i>
7	0	90	28	101	28	113	28	124	26	134	24	145	21	155	18	164	13	173	9	182	+
7	20	90	28	101	29	113	30	124	29	135	27	146	25	156	22	166	18	176	13	185	+
7	40	90	28	101	30	113	31	124	31	136	30	147	29	158	26	168	22	178	18	187	+
8	0	90	28	101	31	113	33	124	34	137	34	148	32	160	30	170	26	180	22	190	+
8	20	90	28	101	32	112	35	124	36	137	37	149	36	161	34	172	31	183	27	192	+
8	40	90	28	100	33	112	36	124	39	137	40	150	40	162	38	174	35	185	31	195	+
9	0	90	28	100	33	111	38	123	41	137	43	150	44	164	42	176	40	188	35	198	+
9	20	90	28	99	34	110	39	122	44	136	46	150	47	165	47	179	44	191	40	202	+
9	40	90	28	99	35	109	41	120	46	134	50	150	51	166	51	181	48	194	44	205	+
10	0	90	28	98	35	107	42	119	48	133	53	149	55	167	55	183	53	198	48	209	+
10	20	90	28	97	36	106	44	116	50	130	55	148	59	168	59	187	57	202	52	214	+
10	40	90	28	96	36	104	45	114	52	128	58	146	63	168	63	190	62	207	57	219	+
11	0	90	28	95	37	102	46	111	54	123	61	142	66	169	68	194	66	213	60	226	+
11	20	90	28	94	37	100	46	107	55	119	63	139	70	169	72	199	70	220	64	232	+
11	40	90	28	93	38	97	47	103	56	113	65	130	73	167	77	209	74	230	67	241	+
12	0	90	28	92	38	95	48	99	57	106	67	122	75	165	81	219	78	240	70	249	+
12	20	90	28	91	38	93	48	95	58	98	67	108	77	153	85	245	80	255	71	260	+
12	40	90	28	90	38	90	48	90	58	90	68	90	78	90	88	270	82	270	72	270	+
13	0	90	28	89	38	87	48	85	58	82	67	72	77	27	85	295	80	285	71	280	+
13	20	90	28	88	38	85	48	81	57	74	67	58	75	15	81	321	78	300	70	291	+
13	40	90	28	87	38	83	47	77	56	67	65	50	73	13	77	331	74	310	67	299	+
14	0	90	28	86	37	80	46	73	55	61	63	41	66	11	72	341	70	320	64	308	+
14	20	90	28	85	37	78	46	69	54	57	61	38	66	11	68	346	66	327	60	314	+
14	40	90	28	84	36	76	45	66	52	52	58	34	63	12	64	350	62	333	57	321	+
15	0	90	28	83	36	74	44	64	50	50	55	32	59	12	59	353	57	338	52	326	+

$\delta$ $\alpha$		+ 90°		+ 80°		+ 70°		+ 60°		+ 50°		+ 40°		+ 30°		+ 20°		+ 10°		0°	
$h$	$m$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$
15	0	90	23	83	+ 36	71	+ 44	64	+ 50	50	+ 55	32	+ 59	12	+ 59	353	+ 57	338	+ 52	326	+ 46
20	0	90	+ 23	82	+ 35	73	+ 42	61	+ 48	47	+ 53	31	+ 55	13	+ 55	357	+ 53	342	+ 48	331	+ 43
40	0	90	+ 28	81	+ 35	71	+ 41	60	+ 46	46	+ 50	30	+ 51	14	+ 51	359	+ 48	346	+ 44	335	+ 39
16	0	90	+ 28	81	+ 34	70	+ 39	58	+ 44	44	+ 46	30	+ 47	15	+ 47	1	+ 44	349	+ 40	338	+ 35
20	0	90	+ 28	80	+ 33	69	+ 38	57	+ 41	43	+ 43	30	+ 44	16	+ 42	4	+ 40	352	+ 35	342	+ 30
40	0	90	+ 28	80	+ 33	68	+ 36	56	+ 39	43	+ 40	30	+ 44	18	+ 38	6	+ 35	355	+ 31	345	+ 26
17	0	90	+ 28	79	+ 32	68	+ 35	56	+ 36	43	+ 37	31	+ 36	19	+ 34	8	+ 31	357	+ 27	348	+ 22
20	0	90	+ 28	79	+ 31	67	+ 33	56	+ 34	43	+ 34	32	+ 32	20	+ 30	10	+ 26	0	+ 22	350	+ 18
40	0	90	+ 28	79	+ 30	67	+ 31	56	+ 31	44	+ 30	33	+ 29	22	+ 26	12	+ 22	2	+ 18	353	+ 13
18	0	90	+ 28	79	+ 29	67	+ 30	56	+ 29	45	+ 27	34	+ 25	24	+ 22	14	+ 18	4	+ 13	355	+ 9
20	0	90	+ 28	79	+ 28	67	+ 28	56	+ 26	46	+ 24	35	+ 21	25	+ 18	16	+ 13	7	+ 9	358	+ 4
40	0	90	+ 28	79	+ 28	68	+ 26	57	+ 24	46	+ 21	37	+ 18	27	+ 14	18	+ 9	9	+ 5	0	0
19	0	90	+ 28	79	+ 27	68	+ 25	58	+ 22	48	+ 18	38	+ 14	29	+ 10	20	+ 5	11	0	3	- 4
20	0	90	+ 28	79	+ 26	69	+ 23	59	+ 19	49	+ 15	40	+ 11	31	+ 6	22	+ 1	14	- 4	5	- 9
40	0	90	+ 28	79	+ 25	69	+ 21	60	+ 17	51	+ 12	42	+ 7	33	+ 2	25	- 3	16	- 8	7	- 13
20	0	90	+ 28	80	+ 24	70	+ 20	61	+ 15	52	+ 10	44	+ 4	36	- 2	27	- 7	19	- 12	10	- 18
20	0	90	+ 28	80	+ 23	71	+ 18	62	+ 13	54	+ 7	46	+ 1	38	- 5	30	- 11	21	- 17	12	- 22
40	0	90	+ 28	81	+ 23	72	+ 17	64	+ 11	56	+ 4	48	- 2	41	- 8	33	- 15	24	- 21	15	- 26
21	0	90	+ 28	81	+ 22	73	+ 16	66	+ 9	58	+ 2	51	- 5	44	- 12	36	- 18	28	- 25	18	- 30
20	0	90	+ 28	82	+ 21	74	+ 14	67	+ 7	60	0	54	- 8	47	- 15	39	- 22	31	- 29	22	- 35
40	0	90	+ 28	82	+ 21	76	+ 13	69	+ 5	63	- 2	57	- 10	50	- 18	43	- 25	35	- 32	25	- 39
22	0	90	+ 28	83	+ 20	77	+ 12	71	+ 4	66	- 4	60	- 12	54	- 21	47	- 28	39	- 36	29	- 43
20	0	90	+ 28	84	+ 20	78	+ 11	73	+ 3	68	- 6	63	- 15	57	- 23	51	- 31	48	- 39	34	- 47
40	0	90	+ 28	85	+ 19	80	+ 10	76	+ 1	71	- 8	66	- 16	61	- 25	56	- 34	44	- 42	39	- 50
23	0	90	+ 28	86	+ 19	82	+ 10	78	0	74	- 9	70	- 18	66	- 27	60	- 36	50	- 45	45	- 53
20	0	90	+ 28	86	+ 19	83	+ 9	80	0	77	- 10	74	- 19	70	- 29	66	- 38	67	- 47	52	- 56
40	0	90	+ 28	87	+ 18	85	+ 9	83	- 1	80	- 11	78	- 21	75	- 30	72	- 40	63	- 49	60	- 59

Преобразование экваториальных координат в галактические (южн. полушарие)

$\delta$		0°		—10°		—20°		—30°		—40°		—50°		—60°		—70°		—80°		—90°	
$\alpha$	$\delta$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$
1	$h^m$	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
	0 0	69	—60	60	—70	39	—78	345	—81	302	—75	286	—67	279	—57	275	—48	272	—38	270	—28
	20	89	—61	75	—71	65	—30	333	—85	288	—77	278	—67	275	—58	273	—48	271	—38	270	—28
	40	90	—62	90	—72	90	—32	270	—88	270	—78	270	—68	270	—58	270	—48	270	—38	270	—28
2	0 0	100	—61	105	—71	115	—30	207	—85	252	—77	262	—67	265	—58	267	—48	269	—38	270	—28
	20	111	—60	120	—70	141	—78	195	—81	238	—75	254	—67	261	—57	265	—48	268	—38	270	—28
	40	119	—58	130	—67	151	—74	193	—77	230	—73	247	—65	257	—56	263	—47	267	—38	270	—28
	0 0	128	—56	140	—64	161	—70	191	—72	221	—70	241	—63	253	—55	260	—46	266	—37	270	—28
3	20	134	—53	147	—60	166	—66	191	—68	218	—66	237	—61	249	—54	258	—46	265	—37	270	—28
	40	141	—50	153	—57	170	—62	192	—64	214	—63	232	—58	246	—52	256	—45	264	—37	270	—28
	0 0	146	—46	158	—52	173	—57	192	—59	212	—59	230	—55	244	—50	254	—44	263	—36	270	—28
	20	151	—43	162	—48	177	—53	193	—55	211	—55	227	—53	241	—48	253	—42	262	—35	270	—28
4	40	155	—39	166	—44	179	—48	194	—51	210	—51	226	—50	240	—46	251	—41	261	—35	270	—28
	0 0	158	—35	169	—40	181	—44	195	—47	210	—47	224	—46	238	—44	250	—39	261	—34	270	—28
	20	162	—30	172	—35	184	—40	196	—42	210	—42	223	—43	237	—41	249	—38	260	—33	270	—28
	40	165	—26	175	—31	186	—35	198	—38	210	—40	223	—40	236	—39	248	—36	260	—33	270	—28
5	0 0	168	—22	177	—27	188	—31	199	—34	211	—36	223	—37	236	—36	248	—35	259	—32	270	—28
	20	170	—18	180	—22	190	—26	200	—30	212	—32	223	—34	236	—34	247	—33	259	—31	270	—28
	40	173	—13	182	—18	192	—22	202	—26	213	—29	224	—30	236	—31	247	—31	259	—30	270	—28
	0 0	175	—9	184	—13	191	—18	204	—22	214	—25	225	—27	236	—29	247	—30	259	—29	270	—28
6	20	178	—4	187	—9	196	—13	205	—18	215	—21	226	—24	236	—26	247	—28	259	—28	270	—28
	40	180	0	189	—5	198	—9	207	—14	217	—18	226	—21	237	—24	248	—26	259	—28	270	—28
	0 0	183	+	191	0	200	—5	209	—10	218	—14	228	—18	238	—22	248	—25	259	—27	270	—28
	20	183	+	191	0	200	—5	209	—10	218	—14	228	—18	238	—22	248	—25	259	—27	270	—28

$\delta$ $\alpha$		0°		— 10°		— 20°		— 30°		— 40°		— 50°		— 60°		— 70°		— 80°		— 90°	
$h$	$m$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$
7	0	183	+	191	0	200	—	209	—	218	—	228	—	238	—	248	—	259	—	270	—
	20	185	+	194	4	202	—	211	—	220	—	229	—	239	—	249	—	259	—	270	—
	40	187	+	195	8	205	+	213	—	222	—	231	—	240	—	249	—	259	—	270	—
8	0	190	+	199	12	207	+	216	+	224	—	232	—	241	—	250	—	260	—	270	—
	20	192	+	201	17	210	+	218	+	226	—	234	—	242	—	251	—	260	—	270	—
	40	195	+	204	21	213	+	221	+	228	—	233	—	244	—	252	—	261	—	270	—
9	0	198	+	208	25	216	+	224	+	231	+	238	—	246	—	253	—	261	—	270	—
	20	202	+	211	29	219	+	227	+	234	+	243	—	249	—	254	—	262	—	270	—
	40	205	+	215	32	223	+	230	+	237	+	243	+	249	—	256	—	262	—	270	—
10	0	209	+	219	36	227	+	234	+	240	+	243	+	251	—	257	—	263	—	270	—
	20	214	+	223	39	231	+	237	+	243	+	243	+	253	—	258	—	264	—	270	—
	40	219	+	228	42	236	+	241	+	246	+	251	+	256	—	260	—	265	—	270	—
11	0	225	+	234	45	240	+	246	+	250	+	254	+	258	—	262	—	266	—	270	—
	20	232	+	240	47	244	+	250	+	254	+	257	+	260	0	263	—	266	—	270	—
	40	240	+	247	49	252	+	255	+	258	+	260	+	263	+	265	—	267	—	270	—
12	0	249	+	252	51	258	+	260	+	262	+	263	+	265	+	267	—	268	—	270	—
	20	259	+	262	52	264	+	265	+	266	+	267	+	268	+	268	—	269	—	270	—
	40	270	+	270	52	270	+	270	+	270	+	270	+	270	+	270	—	270	—	270	—
13	0	281	+	278	51	276	+	275	+	274	+	273	+	272	+	272	—	271	—	270	—
	20	291	+	286	51	282	+	280	+	278	+	277	+	275	+	273	—	272	—	270	—
	40	310	+	293	49	288	+	285	+	282	+	280	+	277	+	275	—	273	—	270	—
14	0	308	+	300	47	294	+	290	+	286	+	283	+	280	0	277	—	274	—	270	—
	20	315	+	306	45	300	+	294	+	290	+	286	+	282	0	278	—	274	—	270	—
	40	321	+	312	42	304	+	299	+	294	+	289	+	284	—	280	—	275	—	270	—
15	0	326	+	317	39	309	+	303	+	297	+	292	+	287	—	282	—	276	—	270	—

$\delta$		0°		— 10°		— 20°		— 30°		— 40°		— 50°		— 60°		— 70°		— 80°		— 90°	
$\alpha$	$h$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$	$l$	$b$
15	0	326	+ 47	317	+ 39	309	+ 31	303	+ 23	297	+ 15	292	+ 6	287	— 3	282	— 11	276	— 20	270	— 28
	20	331	+ 43	321	+ 36	313	+ 28	306	+ 21	300	+ 12	294	+ 4	289	— 4	283	— 12	277	— 20	270	— 28
	40	335	+ 39	325	+ 32	317	+ 25	310	+ 18	303	+ 10	297	+ 2	291	— 5	284	— 13	278	— 21	270	— 28
16	0	338	+ 35	329	+ 29	321	+ 22	313	+ 15	306	+ 8	300	0	293	— 7	286	— 14	278	— 21	270	— 28
	20	342	+ 30	332	+ 25	324	+ 18	316	+ 12	309	+ 5	302	— 2	294	— 9	287	— 16	279	— 22	270	— 28
	40	345	+ 26	336	+ 21	327	+ 15	319	+ 8	312	+ 2	304	— 4	296	— 11	288	— 17	279	— 22	270	— 28
17	0	348	+ 22	339	+ 17	330	+ 11	322	+ 5	314	— 1	306	— 7	298	— 13	289	— 18	280	— 23	270	— 28
	20	350	+ 18	341	+ 12	333	+ 7	324	+ 2	316	— 4	308	— 10	299	— 15	290	— 20	280	— 24	270	— 28
	40	353	+ 13	344	+ 8	335	+ 3	327	— 2	318	— 7	309	— 12	300	— 17	291	— 21	281	— 25	270	— 28
18	0	355	+ 9	346	+ 4	338	— 1	329	— 6	320	— 11	311	— 15	301	— 19	291	— 23	281	— 26	270	— 28
	20	357	+ 4	349	0	340	— 5	331	— 10	322	— 14	312	— 18	302	— 22	292	— 25	281	— 27	270	— 28
	40	0	0	351	— 5	342	— 9	333	— 14	323	— 18	314	— 21	303	— 24	292	— 26	281	— 28	270	— 28
19	0	2	— 4	352	— 9	344	— 13	335	— 18	325	— 21	314	— 24	304	— 26	293	— 28	281	— 28	270	— 28
	20	5	— 9	356	— 13	346	— 18	336	— 22	326	— 25	315	— 27	304	— 29	293	— 30	281	— 29	270	— 28
	40	7	— 13	358	— 18	348	— 22	338	— 26	327	— 29	316	— 30	304	— 31	293	— 31	281	— 30	270	— 28
20	0	10	— 18	0	— 22	350	— 26	340	— 30	328	— 32	317	— 34	304	— 34	293	— 33	281	— 31	270	— 28
	20	12	— 22	3	— 27	352	— 31	341	— 34	329	— 36	317	— 37	304	— 36	292	— 35	281	— 32	270	— 28
	40	15	— 26	5	— 31	354	— 35	342	— 38	330	— 40	317	— 40	304	— 39	292	— 36	280	— 33	270	— 28
21	0	18	— 30	8	— 35	356	— 40	342	— 42	330	— 42	317	— 43	303	— 41	291	— 38	280	— 33	270	— 28
	20	22	— 35	11	— 40	359	— 44	345	— 47	330	— 47	316	— 46	302	— 44	290	— 39	279	— 33	270	— 28
	40	25	— 39	14	— 44	1	— 48	346	— 51	330	— 51	314	— 50	300	— 46	289	— 41	279	— 35	270	— 28
22	0	29	— 43	18	— 48	3	— 53	347	— 55	329	— 55	313	— 53	299	— 48	287	— 42	278	— 35	270	— 28
	20	34	— 46	22	— 52	7	— 57	348	— 59	328	— 59	310	— 55	296	— 50	286	— 44	277	— 36	270	— 28
	40	39	— 50	27	— 57	10	— 62	348	— 64	326	— 63	308	— 58	294	— 52	284	— 45	276	— 36	270	— 28
23	0	46	— 53	33	— 60	14	— 66	349	— 68	322	— 66	303	— 61	291	— 54	282	— 46	275	— 37	270	— 28
	20	52	— 56	40	— 64	19	— 70	349	— 72	319	— 70	299	— 63	287	— 55	280	— 46	274	— 39	270	— 28
	40	61	— 58	50	— 67	29	— 74	347	— 77	310	— 73	293	— 65	283	— 56	277	— 47	273	— 38	270	— 28

## Натуральные значения синуса и косинуса по аргументу, выраженному во времени

Синус

	0 <sup>h</sup>	1 <sup>h</sup>	2 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	5 <sup>h</sup>	
0 <sup>m</sup>	0,000	0,259	0,500	0,707	0,866	0,966	60
1	0,004	0,263	0,504	0,710	0,868	0,967	59
2	0,009	0,267	0,508	0,713	0,870	0,968	58
3	0,013	0,271	0,511	0,716	0,872	0,969	57
4	0,017	0,276	0,515	0,719	0,875	0,970	56
5	0,022	0,280	0,519	0,722	0,877	0,971	55
6	0,026	0,284	0,522	0,725	0,879	0,972	54
7	0,031	0,288	0,526	0,728	0,881	0,973	53
8	0,035	0,292	0,530	0,731	0,883	0,974	52
9	0,039	0,297	0,534	0,734	0,885	0,975	51
10	0,044	0,301	0,537	0,737	0,887	0,976	50
11	0,048	0,305	0,541	0,740	0,889	0,977	49
12	0,052	0,309	0,545	0,743	0,891	0,978	48
13	0,057	0,313	0,548	0,746	0,893	0,979	47
14	0,061	0,317	0,552	0,749	0,895	0,980	46
15	0,065	0,321	0,556	0,752	0,897	0,981	45
16	0,070	0,326	0,559	0,755	0,899	0,982	44
17	0,074	0,330	0,563	0,758	0,901	0,982	43
18	0,078	0,334	0,566	0,760	0,903	0,983	42
19	0,083	0,338	0,570	0,763	0,904	0,984	41
20	0,087	0,342	0,574	0,766	0,906	0,985	40
21	0,092	0,346	0,577	0,769	0,908	0,986	39
22	0,096	0,350	0,581	0,772	0,910	0,986	38
23	0,100	0,354	0,584	0,774	0,912	0,987	37
24	0,105	0,358	0,588	0,777	0,914	0,988	36
25	0,109	0,362	0,591	0,780	0,915	0,988	35
26	0,113	0,367	0,595	0,783	0,917	0,989	34
27	0,118	0,371	0,598	0,785	0,919	0,990	33
28	0,122	0,375	0,602	0,788	0,921	0,990	32
29	0,126	0,379	0,606	0,791	0,922	0,991	31
30	0,131	0,383	0,609	0,793	0,924	0,991	30
31	0,135	0,387	0,612	0,796	0,926	0,992	29
32	0,139	0,391	0,616	0,799	0,927	0,993	28
33	0,143	0,395	0,619	0,801	0,929	0,993	27
34	0,148	0,399	0,623	0,804	0,930	0,994	26
35	0,152	0,403	0,626	0,806	0,932	0,994	25
36	0,156	0,407	0,629	0,809	0,934	0,995	24
37	0,161	0,411	0,633	0,812	0,935	0,995	23
38	0,165	0,415	0,636	0,814	0,937	0,995	22
39	0,169	0,419	0,639	0,817	0,938	0,996	21
40	0,174	0,423	0,643	0,819	0,940	0,996	20
41	0,178	0,427	0,646	0,822	0,941	0,997	19
42	0,182	0,431	0,649	0,824	0,943	0,997	18
43	0,187	0,434	0,653	0,827	0,944	0,997	17
44	0,191	0,438	0,656	0,829	0,946	0,998	16
45	0,195	0,442	0,659	0,831	0,947	0,998	15
46	0,199	0,446	0,663	0,834	0,948	0,998	14
47	0,204	0,450	0,666	0,836	0,950	0,998	13
48	0,208	0,454	0,669	0,839	0,951	0,999	12
49	0,212	0,458	0,672	0,841	0,952	0,999	11
50	0,216	0,462	0,676	0,843	0,954	0,999	10
51	0,221	0,466	0,679	0,846	0,955	0,999	9
52	0,225	0,469	0,682	0,848	0,956	0,999	8
53	0,229	0,473	0,685	0,850	0,958	1,000	7
54	0,233	0,477	0,688	0,853	0,959	1,000	6
55	0,238	0,481	0,692	0,855	0,960	1,000	5
56	0,242	0,485	0,695	0,857	0,961	1,000	4
57	0,246	0,489	0,698	0,859	0,962	1,000	3
58	0,250	0,492	0,701	0,862	0,961	1,000	2
59	0,255	0,496	0,704	0,864	0,965	1,000	1
60	0,259	0,500	0,707	0,866	0,966	1,000	0 <sup>m</sup>
	5 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	2 <sup>h</sup>	1 <sup>h</sup>	0 <sup>h</sup>	

Косинус

**Натуральные значения тригонометрических величин**  
**Синус**

Градусы	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0	0,0000	0029	0058	0087	0116	0145	0175	89
1	0175	0204	0233	0262	0291	0320	0349	88
2	0349	0378	0407	0436	0465	0494	0523	87
3	0523	0552	0581	0610	0640	0669	0698	86
4	0698	0727	0756	0785	0814	0843	0872	85
5	0,0872	0901	0929	0958	0987	1016	1045	84
6	1045	1074	1103	1132	1161	1190	1219	83
7	1219	1248	1276	1305	1334	1363	1392	82
8	1392	1421	1449	1478	1507	1536	1561	81
9	1564	1593	1622	1650	1679	1708	1736	80
10	0,1736	1765	1794	1822	1851	1880	1908	79
11	1908	1937	1965	1994	2022	2051	2079	78
12	2079	2108	2136	2164	2193	2221	2250	77
13	2250	2278	2306	2334	2363	2391	2419	76
14	2419	2447	2476	2504	2532	2560	2588	75
15	0,2588	2616	2644	2672	2700	2728	2756	74
16	2756	2781	2812	2840	2868	2896	2924	73
17	2924	2952	2979	3007	3035	3062	3090	72
18	3090	3118	3145	3173	3201	3228	3256	71
19	3256	3283	3311	3338	3365	3393	3420	70
20	0,3420	3448	3475	3502	3529	3557	3584	69
21	3584	3611	3638	3665	3692	3719	3746	68
22	3746	3773	3800	3827	3854	3881	3907	67
23	3907	3934	3961	3987	4014	4041	4067	66
24	4067	4094	4120	4147	4173	4200	4226	65
25	0,4226	4253	4279	4305	4331	4358	4384	64
26	4384	4410	4436	4462	4488	4514	4540	63
27	4540	4566	4592	4617	4643	4669	4695	62
28	4695	4720	4746	4772	4797	4823	4848	61
29	4848	4874	4899	4924	4950	4975	5000	60
30	0,5000	5025	5050	5075	5100	5125	5150	59
31	5150	5175	5200	5225	5250	5275	5299	58
32	5299	5324	5348	5373	5398	5422	5446	57
33	5446	5471	5495	5519	5544	5568	5592	56
34	5592	5616	5640	5664	5688	5712	5736	55
35	0,5736	5760	5783	5807	5831	5854	5878	54
36	5878	5901	5925	5948	5972	5995	6018	53
37	6018	6041	6065	6088	6111	6134	6157	52
38	6157	6180	6202	6225	6248	6271	6293	51
39	6293	6316	6338	6361	6383	6406	6428	50
40	0,6428	6450	6472	6494	6517	6539	6561	49
41	6561	6583	6604	6626	6648	6670	6691	48
42	6691	6713	6734	6756	6777	6799	6820	47
43	6820	6841	6862	6884	6905	6926	6947	46
44	6947	6967	6988	7009	7030	7050	7071	45
45	0,7071							
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Градусы

Косинус



## Синус

Градусы	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
45	0,7071	7092	7112	7133	7153	7173	7193	44
46	7193	7214	7234	7254	7274	7294	7314	43
47	7314	7333	7353	7373	7392	7412	7431	42
48	7431	7451	7470	7490	7509	7528	7547	41
49	7547	7566	7585	7604	7623	7642	7660	40
50	0,7660	7679	7698	7716	7735	7753	7771	39
51	7771	7790	7808	7826	7844	7862	7880	38
52	7880	7898	7916	7934	7951	7969	7986	37
53	7986	8004	8021	8039	8056	8073	8090	36
54	8090	8107	8124	8141	8158	8175	8192	35
55	0,8192	8208	8225	8241	8258	8274	8290	34
56	8290	8307	8323	8339	8355	8371	8387	33
57	8387	8403	8418	8434	8450	8465	8480	32
58	8480	8496	8511	8526	8542	8557	8572	31
59	8572	8587	8601	8616	8631	8646	8660	30
60	0,8660	8675	8689	8704	8718	8732	8746	29
61	8746	8760	8774	8788	8802	8816	8829	28
62	8829	8843	8857	8870	8884	8897	8910	27
63	8910	8923	8936	8949	8962	8975	8988	26
64	8988	9001	9013	9026	9038	9051	9063	25
65	0,9063	9075	9088	9100	9112	9124	9135	24
66	9135	9147	9159	9171	9182	9194	9205	23
67	9205	9216	9228	9239	9250	9261	9272	22
68	9272	9283	9293	9304	9315	9325	9336	21
69	9336	9346	9356	9367	9377	9387	9397	20
70	0,9397	9407	9417	9426	9436	9446	9455	19
71	9455	9465	9474	9483	9492	9502	9511	18
72	9511	9520	9528	9537	9546	9555	9563	17
73	9563	9572	9580	9588	9596	9605	9613	16
74	9613	9621	9628	9636	9644	9652	9659	15
75	0,9659	9667	9674	9681	9689	9696	9703	14
76	9703	9710	9717	9724	9730	9737	9744	13
77	9744	9750	9757	9763	9769	9775	9781	12
78	9781	9787	9793	9799	9805	9811	9816	11
79	9816	9822	9827	9833	9838	9843	9848	10
80	0,9848	9853	9858	9863	9868	9872	9877	9
81	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	8
82	9903	9907	9911	9914	9918	9922	9925	7
83	9925	9929	9932	9936	9939	9942	9945	6
84	9945	9948	9951	9954	9957	9959	9962	5
85	0,9962	9964	9967	9969	9971	9974	9976	4
86	9976	9978	9980	9981	9983	9985	9986	3
87	9986	9988	9989	9990	9992	9993	9994	2
88	9994	9995	9995	9997	9997	9998	9998	1
89	9998	9999	9999	*0000	*0000	*0000	*0000	0
90	1,0000							
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Градусы

## Косинус

Тангенс

Градусы	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0	0,0000	0029	0058	0087	0116	0145	0175	89
1	0175	0204	0233	0262	0291	0320	0349	88
2	0349	0378	0407	0437	0466	0495	0524	87
3	0524	0553	0582	0612	0641	0670	0699	86
4	0699	0729	0758	0787	0816	0846	0875	85
5	0,0875	0904	0934	0963	0992	1022	1051	84
6	1051	1080	1110	1139	1169	1198	1228	83
7	1228	1257	1287	1317	1346	1376	1405	82
8	1405	1435	1465	1495	1524	1554	1584	81
9	1584	1614	1644	1673	1703	1733	1763	80
10	0,1763	1793	1823	1853	1883	1914	1944	79
11	1944	1974	2004	2035	2065	2095	2126	78
12	2126	2156	2186	2217	2247	2278	2309	77
13	2309	2339	2370	2401	2432	2462	2493	76
14	2493	2524	2555	2586	2617	2648	2679	75
15	0,2679	2711	2742	2773	2805	2836	2867	74
16	2867	2899	2931	2962	2994	3026	3057	73
17	3057	3089	3121	3153	3185	3217	3249	72
18	3249	3281	3314	3346	3378	3411	3443	71
19	3443	3476	3508	3541	3574	3607	3640	70
20	0,3640	3673	3706	3739	3772	3805	3839	69
21	3839	3872	3906	3939	3973	4006	4040	68
22	4040	4074	4108	4142	4176	4210	4245	67
23	4245	4279	4314	4348	4383	4417	4452	66
24	4452	4487	4522	4557	4592	4628	4663	65
25	0,4663	4699	4734	4770	4806	4841	4877	64
26	4877	4913	4950	4986	5022	5059	5095	63
27	5095	5132	5169	5206	5243	5280	5317	62
28	5317	5354	5392	5430	5467	5505	5543	61
29	5543	5581	5619	5658	5696	5735	5774	60
30	0,5774	5812	5851	5890	5930	5969	6009	59
31	6009	6048	6088	6128	6168	6208	6249	58
32	6249	6289	6330	6371	6412	6453	6494	57
33	6494	6536	6577	6619	6661	6703	6745	56
34	6745	6787	6830	6873	6916	6959	7002	55
35	0,7002	7046	7089	7133	7177	7221	7265	54
36	7265	7310	7355	7400	7445	7490	7536	53
37	7536	7581	7627	7673	7720	7766	7813	52
38	7813	7860	7907	7954	8002	8050	8098	51
39	8098	8146	8195	8243	8292	8342	8391	50
40	0,8391	8441	8491	8541	8591	8642	8693	49
41	8693	8744	8796	8847	8899	8952	9004	48
42	9004	9057	9110	9163	9217	9271	9325	47
43	9325	9380	9435	9490	9545	9601	9657	46
44	9657	9713	9770	9827	9884	9942	*0000	45
45	1,0000							
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Градусы

Котангенс

## Тангенс

Градусы	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
45	1,000	1,006	1,012	1,018	1,024	1,030	1,036	44
46	1,036	1,042	1,048	1,054	1,060	1,066	1,072	43
47	1,072	1,079	1,085	1,091	1,098	1,104	1,111	42
48	1,111	1,117	1,124	1,130	1,137	1,144	1,150	41
49	1,150	1,157	1,164	1,171	1,178	1,185	1,192	40
50	1,192	1,199	1,206	1,213	1,220	1,228	1,235	39
51	1,235	1,242	1,250	1,257	1,265	1,272	1,280	38
52	1,280	1,288	1,295	1,303	1,311	1,319	1,327	37
53	1,327	1,335	1,343	1,351	1,360	1,368	1,376	36
54	1,376	1,385	1,393	1,402	1,411	1,419	1,428	35
55	1,428	1,437	1,446	1,455	1,464	1,473	1,483	34
56	1,483	1,492	1,501	1,511	1,520	1,530	1,540	33
57	1,540	1,550	1,560	1,570	1,580	1,590	1,600	32
58	1,600	1,612	1,621	1,632	1,643	1,653	1,664	31
59	1,664	1,675	1,686	1,698	1,709	1,720	1,732	30
60	1,732	1,744	1,756	1,767	1,780	1,792	1,804	29
61	1,804	1,816	1,829	1,842	1,855	1,868	1,881	28
62	1,881	1,894	1,907	1,921	1,935	1,949	1,963	27
63	1,963	1,977	1,991	2,006	2,020	2,035	2,050	26
64	2,050	2,066	2,081	2,097	2,112	2,128	2,145	25
65	2,145	2,161	2,177	2,194	2,211	2,229	2,246	24
66	2,246	2,264	2,282	2,300	2,318	2,337	2,356	23
67	2,356	2,375	2,394	2,414	2,434	2,455	2,475	22
68	2,475	2,496	2,517	2,539	2,560	2,583	2,605	21
69	2,605	2,628	2,651	2,675	2,699	2,723	2,747	20
70	2,747	2,773	2,798	2,824	2,850	2,877	2,904	19
71	2,904	2,932	2,960	2,989	3,018	3,047	3,078	18
72	3,078	3,108	3,140	3,172	3,204	3,237	3,271	17
73	3,271	3,305	3,340	3,376	3,412	3,450	3,487	16
74	3,487	3,526	3,566	3,606	3,647	3,689	3,732	15
75	3,732	3,776	3,821	3,867	3,914	3,962	4,011	14
76	4,011	4,061	4,113	4,165	4,219	4,275	4,331	13
77	4,331	4,390	4,449	4,511	4,574	4,638	4,705	12
78	4,705	4,773	4,843	4,915	4,989	5,066	5,145	11
79	5,145	5,226	5,309	5,396	5,485	5,576	5,671	10
80	5,671	5,769	5,871	5,976	6,084	6,197	6,314	9
81	6,314	6,435	6,561	6,691	6,827	6,968	7,115	8
82	7,115	7,269	7,429	7,596	7,770	7,953	8,144	7
83	8,144	8,345	8,556	8,777	9,010	9,255	9,514	6
84	9,514	9,788	10,078	10,385	10,712	11,059	11,430	5
85	11,430	11,826	12,251	12,706	13,197	13,727	14,301	4
86	14,301	14,924	15,605	16,350	17,169	18,075	19,081	3
87	19,081	20,206	21,470	22,904	24,542	26,432	28,636	2
88	28,636	31,242	34,368	38,188	42,964	49,104	57,290	1
89	57,290	68,750	85,940	114,59	171,89	343,77	∞	0
90	∞							
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Градусы

## Котангенс

Секанс

Градусы	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	89
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,001	1,001	88
2	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	87
3	1,001	1,002	1,002	1,002	1,002	1,002	1,002	86
4	1,002	1,003	1,003	1,003	1,003	1,004	1,004	85
5	1,004	1,004	1,004	1,005	1,005	1,005	1,006	84
6	1,006	1,006	1,006	1,006	1,007	1,007	1,008	83
7	1,008	1,008	1,008	1,009	1,009	1,009	1,010	82
8	1,010	1,011	1,011	1,011	1,012	1,012	1,012	81
9	1,013	1,013	1,013	1,014	1,014	1,015	1,015	80
10	1,016	1,016	1,017	1,018	1,018	1,019	1,019	79
11	1,019	1,019	1,020	1,020	1,021	1,022	1,022	78
12	1,022	1,023	1,024	1,024	1,025	1,026	1,026	77
13	1,026	1,027	1,028	1,028	1,029	1,030	1,031	76
14	1,031	1,031	1,032	1,033	1,034	1,034	1,035	75
15	1,035	1,036	1,037	1,038	1,039	1,039	1,040	74
16	1,040	1,041	1,042	1,043	1,044	1,045	1,046	73
17	1,046	1,047	1,048	1,049	1,049	1,050	1,051	72
18	1,051	1,052	1,053	1,054	1,056	1,057	1,058	71
19	1,058	1,059	1,060	1,061	1,062	1,063	1,064	70
20	1,064	1,065	1,066	1,068	1,069	1,070	1,071	69
21	1,071	1,072	1,074	1,076	1,076	1,077	1,079	68
22	1,073	1,080	1,081	1,082	1,084	1,085	1,086	67
23	1,086	1,088	1,089	1,090	1,092	1,093	1,095	66
24	1,095	1,096	1,097	1,099	1,100	1,102	1,103	65
25	1,103	1,105	1,106	1,108	1,109	1,111	1,113	64
26	1,113	1,114	1,116	1,117	1,119	1,121	1,122	63
27	1,122	1,124	1,126	1,127	1,129	1,131	1,132	62
28	1,132	1,134	1,136	1,138	1,140	1,142	1,143	61
29	1,143	1,145	1,147	1,149	1,151	1,153	1,155	60
30	1,155	1,157	1,159	1,161	1,163	1,165	1,167	59
31	1,167	1,169	1,171	1,173	1,175	1,177	1,179	58
32	1,179	1,181	1,184	1,186	1,188	1,190	1,192	57
33	1,192	1,195	1,197	1,199	1,202	1,204	1,206	56
34	1,203	1,205	1,211	1,213	1,216	1,218	1,221	55
35	1,221	1,223	1,226	1,228	1,231	1,233	1,236	54
36	1,236	1,239	1,241	1,244	1,247	1,249	1,252	53
37	1,252	1,255	1,258	1,260	1,263	1,266	1,269	52
38	1,269	1,272	1,275	1,278	1,281	1,284	1,287	51
39	1,287	1,290	1,293	1,296	1,299	1,302	1,305	50
40	1,305	1,309	1,312	1,315	1,318	1,322	1,325	49
41	1,325	1,328	1,332	1,335	1,339	1,342	1,346	48
42	1,346	1,349	1,353	1,356	1,360	1,364	1,367	47
43	1,367	1,371	1,375	1,379	1,382	1,386	1,390	46
44	1,390	1,394	1,398	1,402	1,406	1,410	1,414	45
45	1,414	1,418	1,423	1,427	1,431	1,435	1,440	44
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Градусы

Косеканс

## Секанс

Градусы	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
45	1,414	1,418	1,423	1,427	1,431	1,435	1,440	44
46	1,440	1,444	1,448	1,453	1,457	1,462	1,466	43
47	1,466	1,471	1,476	1,480	1,485	1,490	1,494	42
48	1,494	1,499	1,504	1,507	1,514	1,519	1,524	41
49	1,524	1,529	1,535	1,540	1,545	1,550	1,556	40
50	1,556	1,561	1,567	1,572	1,578	1,583	1,589	39
51	1,589	1,595	1,601	1,606	1,612	1,618	1,624	38
52	1,624	1,630	1,636	1,643	1,649	1,655	1,662	37
53	1,662	1,668	1,675	1,681	1,688	1,695	1,701	36
54	1,701	1,708	1,715	1,722	1,729	1,736	1,743	35
55	1,743	1,751	1,758	1,766	1,773	1,781	1,788	34
56	1,788	1,796	1,804	1,812	1,820	1,828	1,836	33
57	1,836	1,844	1,853	1,861	1,870	1,878	1,887	32
58	1,887	1,896	1,905	1,914	1,923	1,932	1,942	31
59	1,942	1,951	1,961	1,970	1,980	1,990	2,000	30
60	2,000	2,010	2,020	2,031	2,041	2,052	2,063	29
61	2,063	2,074	2,085	2,096	2,107	2,118	2,130	28
62	2,130	2,142	2,154	2,166	2,178	2,190	2,203	27
63	2,203	2,215	2,228	2,241	2,254	2,268	2,281	26
64	2,281	2,295	2,309	2,323	2,337	2,352	2,366	25
65	2,366	2,381	2,396	2,411	2,427	2,443	2,459	24
66	2,459	2,475	2,491	2,508	2,525	2,542	2,559	23
67	2,559	2,577	2,595	2,613	2,632	2,650	2,669	22
68	2,669	2,689	2,709	2,728	2,749	2,769	2,790	21
69	2,790	2,812	2,833	2,855	2,878	2,901	2,924	20
70	2,924	2,947	2,971	2,996	3,021	3,046	3,072	19
71	3,072	3,098	3,124	3,152	3,179	3,207	3,236	18
72	3,236	3,265	3,295	3,326	3,356	3,388	3,420	17
73	3,420	3,453	3,487	3,521	3,556	3,592	3,628	16
74	3,628	3,665	3,703	3,742	3,782	3,822	3,864	15
75	3,864	3,906	3,950	3,994	4,039	4,086	4,134	14
76	4,134	4,182	4,232	4,284	4,336	4,390	4,445	13
77	4,445	4,502	4,560	4,620	4,682	4,745	4,810	12
78	4,810	4,876	4,945	5,016	5,089	5,164	5,241	11
79	5,241	5,320	5,403	5,487	5,575	5,665	5,759	10
80	5,759	5,855	5,955	6,059	6,166	6,277	6,392	9
81	6,392	6,512	6,636	6,765	6,900	7,040	7,185	8
82	7,185	7,337	7,496	7,661	7,834	8,016	8,206	7
83	8,206	8,405	8,614	8,834	9,065	9,309	9,567	6
84	9,567	9,839	10,128	10,433	10,758	11,104	11,474	5
85	11,474	11,868	12,291	12,746	13,235	13,763	14,336	4
86	14,336	14,968	15,637	16,380	17,198	18,103	19,107	3
87	19,107	20,230	21,494	22,926	24,562	26,450	28,654	2
88	28,654	31,258	34,382	38,202	42,976	49,114	57,299	1
89	57,299	68,757	85,946	—	—	—	∞	0
90	∞	—	—	—	—	—	—	—
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Градусы

Косеканс

## Коэффициенты к интерполяционной формуле Стирлинга

$\theta$	$\frac{\theta^2}{1 \cdot 2}$	$\frac{\theta(\theta^2 - 1)}{1 \cdot 2 \cdot 3}$	$\frac{\theta^2(\theta^2 - 1)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4}$	$\theta$	$\frac{\theta^2}{1 \cdot 2}$	$\frac{\theta(\theta^2 - 1)}{1 \cdot 2 \cdot 3}$	$\frac{\theta^2(\theta^2 - 1)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4}$
0,00	+ 0,00000	— 0,0000	— 0,0000	0,25	+ 0,03125	— 0,0391	— 0,0024
0,01	0,00005	0,0017	0,0000	0,26	0,03380	0,0404	0,0026
0,02	0,00020	0,0033	0,0000	0,27	0,03645	0,0417	0,0028
0,03	0,00045	0,0050	0,0000	0,28	0,03920	0,0430	0,0030
0,04	0,00080	0,0067	0,0001	0,29	0,04205	0,0443	0,0032
0,05	+ 0,00125	— 0,0083	— 0,0001	0,30	+ 0,04500	— 0,0455	— 0,0034
0,06	0,00180	0,0100	0,0001	0,31	0,04805	0,0467	0,0036
0,07	0,00245	0,0116	0,0002	0,32	0,05120	0,0479	0,0038
0,08	0,00320	0,0133	0,0003	0,33	0,05445	0,0490	0,0040
0,09	0,00405	0,0149	0,0003	0,34	0,05780	0,0501	0,0043
0,10	+ 0,00500	— 0,0165	— 0,0004	0,35	+ 0,06125	— 0,0512	— 0,0045
0,11	0,00605	0,0181	0,0005	0,36	0,06480	0,0522	0,0047
0,12	0,00720	0,0197	0,0006	0,37	0,06845	0,0532	0,0049
0,13	0,00845	0,0213	0,0007	0,38	0,07220	0,0542	0,0051
0,14	0,00980	0,0229	0,0008	0,39	0,07605	0,0551	0,0054
0,15	+ 0,01125	— 0,0244	— 0,0009	0,40	+ 0,08000	— 0,0560	— 0,0056
0,16	0,01280	0,0260	0,0010	0,41	0,08405	0,0568	0,0058
0,17	0,01445	0,0275	0,0012	0,42	0,08820	0,0576	0,0060
0,18	0,01620	0,0290	0,0013	0,43	0,09245	0,0584	0,0063
0,19	0,01805	0,0305	0,0014	0,44	0,09680	0,0591	0,0065
0,20	+ 0,02000	— 0,0320	— 0,0016	0,45	+ 0,10125	— 0,0598	— 0,0067
0,21	0,02205	0,0335	0,0018	0,46	0,10580	0,0604	0,0069
0,22	0,02420	0,0349	0,0019	0,47	0,11045	0,0610	0,0072
0,23	0,02645	0,0363	0,0021	0,48	0,11520	0,0616	0,0074
0,24	0,02880	0,0377	0,0023	0,49	0,12005	0,0621	0,0076
0,25	+ 0,03125	— 0,0391	— 0,0024	0,50	+ 0,12500	— 0,0625	— 0,0078

## Координаты главных городов СССР

Город	$\lambda^{\circ}$ восточн.	$\varphi$ северная	$\lambda^h$	N	Поправка на поясн. время *)
			$^h \quad ^m$		$^m \quad ^s$
Актюбинск . . . . .	57 14'	50 17'	3 48,9	4	+11 4
Алма-Ата . . . . .	76 56	43 16	5 7,7	5	- 7 46
Армавир . . . . .	41 07	45 00	2 44,5	3	+15 29
Архангельск . . . . .	40 32	64 33	2 42,1	2	-42 4
Астрахань . . . . .	48 02	46 21	3 12,1	3	-12 9
Ашхабад . . . . .	58 24	37 57	3 53,6	4	+ 6 27
Баку . . . . .	49 52	40 23	3 19,4	3	-19 22
Барнаул . . . . .	83 48	53 20	5 35,2	6	+24 50
Батуми . . . . .	41 39	41 39	2 46,5	3	+13 28
Благовещенск . . . . .	127 33	50 17	8 30,0	9	+29 57
Брянск . . . . .	34 22	53 15	2 17,5	2	-17 28
Вильнюс . . . . .	25 18	54 41	1 41,1	2	+18 51
Витебск . . . . .	30 11	55 12	2 0,8	2	- 0 50
Владивосток . . . . .	131 54	43 07	8 47,5	9	+12 29
Владимир . . . . .	40 25	56 08	2 41,6	2	-41 39
Вологда . . . . .	39 53	59 14	2 39,5	2	-39 33
Воронеж . . . . .	39 12	51 40	2 36,8	2	-36 45
Ворошиловград . . . . .	39 20	48 34	2 37,3	2	-37 20
Выборг . . . . .	28 44	60 43	1 54,9	2	+ 5 4
Гомель . . . . .	31 00	52 25	2 4,1	2	- 4 5
Горький . . . . .	44 00	56 19	2 56,0	3	+ 3 59
Дзауджикау . . . . .	44 41	43 02	2 58,7	3	+ 1 16
Днепропетровск . . . . .	35 02	48 28	2 20,3	2	-20 17
Ереван . . . . .	44 30	40 11	2 58,0	3	+ 2 0
Житомир . . . . .	28 40	50 16	1 54,7	2	+ 5 21
Запорожье . . . . .	35 08	47 50	2 20,7	2	-20 44
Златоуст . . . . .	59 40	55 10	3 58,7	4	+ 1 20
Иваново . . . . .	41 00	57 00	2 44,0	2	-43 55
Ижевск . . . . .	53 10	56 50	3 32,8	3	-32 48
Иркутск . . . . .	104 18	52 17	6 57,1	7	+ 2 55
Казань . . . . .	49 08	55 47	3 16,5	3	-16 29
Калинин . . . . .	35 55	56 52	2 23,6	2	-23 37
Калининград . . . . .	20 31	54 42	1 22,0	2	+38 1
Калуга . . . . .	36 16	54 31	2 25,0	2	-25 1
Каменец-Подольск . . . . .	26 34	48 41	1 46,3	2	+13 42
Караганда . . . . .	73 10	49 52	4 52,7	5	+ 7 20
Каунас . . . . .	23 55	54 54	1 35,6	2	+24 20
Киев . . . . .	30 30	50 27	2 2,0	2	- 2 1
Киров . . . . .	49 42	58 36	3 18,7	3	-18 44
Кисловодск . . . . .	42 44	43 55	2 51,3	3	+ 9 4
Кишинёв . . . . .	28 49	47 2	1 55,3	2	+ 4 44
Комсомольск-на-Амуре . . . . .	137 03	50 33	9 8,2	9	- 8 12
Кострома . . . . .	40 57	57 46	2 43,7	2	+16 17
Краснодар . . . . .	39 00	45 02	2 35,9	3	+21 11
Красноярск . . . . .	92 50	56 01	6 11,4	6	-11 26
Куйбышев . . . . .	50 06	53 12	3 20,4	3	-20 20
Курск . . . . .	36 11	51 44	2 24,8	2	-24 51

Город	$\lambda^\circ$ восточн.	$\varphi$ северная	$\gamma^h$	N	Поправка на поясн. время *)
			$h \quad m$		$m \quad s$
Кутаиси . . . . .	42 42	42 16	2 50,8	3	+ 9 12
Ленинград . . . . .	30 20	59 56	2 01,0	2	— 1 1
Лепая . . . . .	21 00	56 32	1 24,0	2	+ 36 00
Львов . . . . .	24 02	49 51	1 36,1	2	+ 23 52
Магнитогорск . . . . .	59 05	53 24	3 56,3	4	+ 3 40
Махач-Кала . . . . .	47 30	42 59	3 10,0	3	— 10 1
Минск . . . . .	27 33	53 54	1 50,3	2	+ 9 46
Могилёв . . . . .	30 19	53 54	2 01,3	2	— 1 21
Молотов . . . . .	56 13	58 00	3 45,1	4	+ 14 55
Москва . . . . .	37 37	55 45	2 30,3	2	— 30 17
Мурманск . . . . .	33 05	68 58	2 12,2	2	— 12 15
Нижний Тагил . . . . .	59 57	57 55	4 01,3	4	+ 0 12
Николаев . . . . .	32 00	46 58	2 07,9	2	— 7 54
Николаевск-на-Амуре . . . . .	140 43	53 09	9 29,9	9	— 22 52
Новгород . . . . .	31 17	58 31	2 05,1	2	— 5 7
Новосибирск . . . . .	82 56	55 02	5 31,6	6	+ 28 20
Новочеркасск . . . . .	40 07	47 24	2 40,4	2	— 40 25
Одесса . . . . .	30 44	46 28	2 03,0	2	— 3 2
Омск . . . . .	73 23	55 00	4 53,5	5	+ 6 30
Орёл . . . . .	36 06	52 58	2 24,3	2	— 24 17
Охотск . . . . .	143 13	59 21	9 33,2	10	+ 26 50
Пенза . . . . .	45 01	53 12	3 00,1	3	— 0 7
Петрозаводск . . . . .	34 21	61 47	2 17,6	5	+ 23 32
Петропавловск-на-Камчатке . . . . .	158 40	53 00	10 34,9	11	+ 25 6
Полтава . . . . .	34 34	49 36	2 18,3	2	— 18 17
Псков . . . . .	28 19	57 49	1 53,3	2	+ 6 40
Ржев . . . . .	34 20	56 15	2 17,4	2	— 17 21
Рига . . . . .	24 09	56 59	1 36,4	2	+ 23 23
Ростов-на-Дону . . . . .	39 42	47 14	2 38,9	2	— 38 51
Рязань . . . . .	39 45	54 38	2 39,0	2	— 38 59
Самарканд . . . . .	66 59	39 39	4 27,9	4	— 27 56
Саратов . . . . .	46 01	51 32	3 04,3	3	— 4 18
Свердловск . . . . .	60 36	56 50	4 02,4	4	— 2 22
Севастополь . . . . .	33 32	44 37	2 14,0	2	— 14 2
Серпухов . . . . .	37 25	54 55	2 29,7	2	— 29 40
Симферополь . . . . .	34 07	44 58	2 16,4	2	— 16 25
Смоленск . . . . .	32 03	54 47	2 18,2	2	— 18 15
Сталинабад . . . . .	68 47	38 35	4 35,6	5	+ 24 54



Город	$\lambda^\circ$ восточн.	$\varphi$ северная	$\lambda^h$	N	Поправка на пояск. время *)
			$^h \ m$		$^m \ s$
Сталинград . . . . .	44 30	48 42	2 58,1	3	+ 1 57
Сталино . . . . .	37 50	47 59	2 31,3	2	— 31 20
Сумы . . . . .	34 48	50 55	2 19,2	2	— 19 12
Сухуми . . . . .	41 01	43 00	2 44,0	3	+ 16 1
Сызрань . . . . .	48 28	53 09	3 13,9	3	— 13 52
Сыктывкар . . . . .	50 51	61 40	3 23,4	3	— 23 24
Таганрог . . . . .	38 55	47 13	2 35,8	3	+ 24 20
Таллин . . . . .	24 45	59 26	1 39,0	2	+ 21 0
Тамбов . . . . .	41 27	52 43	2 45,8	3	+ 14 9
Ташкент . . . . .	69 20	41 19	4 37,2	5	+ 22 49
Тбилиси . . . . .	44 49	41 43	2 59,3	3	+ 0 49
Тобольск . . . . .	68 15	58 12	4 33,1	5	+ 26 54
Томск . . . . .	84 59	56 29	5 39,8	6	+ 20 9
Тула . . . . .	37 37	54 12	2 30,5	2	— 30 28
Ужгород . . . . .	22 18	48 38	1 29,2	2	+ 30 48
Улан-Удэ . . . . .	107 36	51 49	7 10,4	7	— 10 24
Ульяновск . . . . .	48 25	54 19	3 13,6	3	— 13 38
Уральск . . . . .	51 21	51 12	3 25,4	3	— 25 27
Уфа . . . . .	55 56	54 43	3 43,8	4	+ 16 14
Феодосия . . . . .	35 23	45 02	2 21,6	2	— 21 33
Фрунзе . . . . .	74 35	42 53	4 58,5	5	+ 1 33
Хабаровск . . . . .	135 05	48 28	9 00,2	9	— 0 12
Харьков . . . . .	36 15	49 58	2 24,9	2	— 24 54
Херсон . . . . .	32 37	46 38	2 10,5	2	— 10 28
Челябинск . . . . .	61 25	55 10	4 05,4	4	— 5 22
Черкассы . . . . .	32 05	49 27	2 08,3	2	— 8 20
Чернигов . . . . .	31 18	51 29	2 05,2	2	— 5 14
Черновцы . . . . .	25 57	48 18	1 43,8	2	+ 16 12
Чимкент . . . . .	69 37	42 20	4 38,5	5	+ 21 32
Чита . . . . .	113 30	52 03	7 34,0	7	— 34 1
Чкалов . . . . .	55 07	51 47	3 40,4	4	+ 19 33
Шербаков . . . . .	38 52	58 03	2 35,5	2	— 27 53
Якутск . . . . .	129 43	62 03	8 39,0	8	— 38 58
Ялта . . . . .	34 10	44 30	2 16,7	2	— 16 43
Ярославль . . . . .	39 53	57 38	2 39,5	2	— 39 29

\*) Чтобы получить поправку на декретное время, надо прибавить один час к поправке на поясное время. Так, например, для Иваново поправка на декретное время равна +16<sup>m</sup>05<sup>s</sup>, для Пскова +1<sup>h</sup>6<sup>m</sup>40<sup>s</sup>.

Координаты некоторых крупных городов мира

Город, страна	$\lambda^{\circ}$ восточн.	$\varphi$ северн.	$\lambda^h$	N
			<i>h m</i>	
Берлин (Германия) . . . . .	13 23'	52 30'	0 53,5	1
Братислава (Чехословакия) . . . . .	17 07	48 09	1 08,5	1
Будапешт (Венгрия) . . . . .	19 08	47 31	1 16,5	1
Бухарест (Румыния) . . . . .	26 07	44 26	1 44,5	2
Варшава (Польша) . . . . .	21 00	52 14	1 24,0	1
Вена (Австрия) . . . . .	16 21	48 13	1 05,4	1
Вроцлав (Польша) . . . . .	17 01	51 06	1 08,1	1
Краков (Польша) . . . . .	19 56	50 04	1 19,7	1
Лодзь (Польша) . . . . .	19 26	51 46	1 17,7	1
Нанкин (Китай) . . . . .	118 48	32 03	7 55,2	8
Пекин (Китай) . . . . .	116 28	39 54	7 45,9	8
Пловдив (Болгария) . . . . .	24 45	42 09	1 39,0	2
Прага (Чехословакия) . . . . .	14 25	50 05	0 57,7	1
София (Болгария) . . . . .	23 19	42 41	1 33,3	2
Тирана (Албания) . . . . .	19 49	41 19	1 19,3	1
Улан-Батор (Монголия) . . . . .	106 54	47 55	7 07,6	7
Хельсинки (Финляндия) . . . . .	24 58	60 10	1 39,9	2
Шанхай (Китай) . . . . .	121 27	31 10	8 05,8	8
Яссы (Румыния) . . . . .	27 34	47 10	1 50,3	2

Таблица LIX А

Координаты астрономических обсерваторий СССР

	Название, сокращённое обозначение, год основания	Долгота восточная	Широта северная	Высота в м
1	Абастуманская астрофизическая обсерватория АН Грузинской ССР (ААО), 1932 г. . . . .	<i>h m s</i> 2 51 18	41° 45,3'	1700
2	Астрономическая обсерватория им. Энгельгардта при Казанском ун-те (АОЭ), 1901 г. . . . .	3 15 16	55 50,3	98
3	Ашхабадская астрофизическая лаборатория АН Туркменской ССР (ААЛ), 1945 г. . . . .	3 53 25	37 57,4	230
4	Бюраканская астрономическая обсерватория АН Армянской ССР, 1946 г. . . . .	2 57 10	40 20,7	1500
5	Вильнюсская астрономическая обсерватория ун-та, 1923 г. . . . .	1 41 01	54 41,0	133
6	Главная астрономическая обсерватория АН СССР (ГАО) (Пулковская), 1839 г. . . . .	2 01 19	59 46,3	75

	Название, сокращённое обозначение, год основания	Долгота восточная	Широта северная	Высота в м
7	Главная астрономическая обсерватория АН УССР в Голосееве (под Киевом) 1949 г. . . . .	$h \ m \ s$ 2 02 00	50 21,9	150
8	Горная обсерватория Астрофизического института АН Казахской ССР, 1949 г. . . . .	5 07 51	43 10,5	1450
9	Иркутская астрономическая обсерватория ун-та, 1924 г. . . . .	6 57 07	52 16,4	470
10	Казанская астрономическая обсерватория ун-та, 1833 г. . . . .	3 16 29	55 47,4	79
11	Киевская астрономическая обсерватория ун-та (КАО), 1845 г. . . . .	2 02 01	50 27,2	184
12	Китабская широтная станция им. Улугбека при Ташкентской астрономической обсерватории, 1930 г. . . . .	4 27 32	39 08,0	659
13	Крымская астрофизическая обсерватория АН СССР (КрАО), 1950 г. (бывш. Симеизская обсерватория) . . . . .	2 16 04	44 43,7	570
14	Ленинградская астрономическая обсерватория ун-та (АО ЛГУ), 1878 г. . . . .	2 01 11	59 56,5	4
15	Львовская астрономическая обсерватория ун-та, 1877 г. . . . .	1 36 07	49 50,0	330
16	Московская астрономическая обсерватория ун-та (ГАИШ), 1830 г. . . . .	2 30 17	55 45,3	150
17	Николаевская астрономическая обсерватория (отделение Пулковской обсерватории), 1821 г. . . . .	2 07 54	46 58,3	55
18	Одесская астрономическая обсерватория ун-та, 1871 г. . . . .	2 03 02	46 28,6	53
19	Полтавская гравиметрическая обсерватория АН УССР, 1926 г. . . . .	2 18 18	49 36,2	146
20	Рижская астрономическая обсерватория ун-та, 1925 г. . . . .	1 36 28	56 57,1	5
21	Ростовская астрономическая обсерватория ун-та, 1948 г. . . . .	2 38 53	47 13,2	6
22	Симеизское отделение Крымской астрофизической обсерватории АН СССР, 1908 г. . . . .	2 15 59	44 24,2	360
23	Сталинабадская астрономическая обсерватория АН Таджикской ССР (СтАО), 1933 г. . . . .	4 35 06	38 33,5	820
24	Тартуская астрономическая обсерватория АН Эстонской ССР, 1809 г. . . . .	1 46 53	58 22,8	67
25	Ташкентская астрономическая обсерватория АН Узбекской ССР (ТАО), 1874 г. . . . .	4 37 11	41 19,5	475
26	Томская астрономическая обсерватория ун-та . . . . .	5 39 52	56 28,2	130
27	Харьковская астрономическая обсерватория ун-та (ХАО), 1808 г. . . . .	2 24 56	50 00,2	139

Таблица LIX Б

Координаты астрономических обсерваторий Болгарии, Венгрии, Польши, Румынии, Чехословакии, Китая и Германской Демократической Республики

	Название, страна, год основания	Долгота восточная	Широта северная	Высота в м
1	Берлинская обсерватория (Ней-Бабельс- берг), Германия, 1835 г. . . . .	$h \ m \ s$ 0 52 25	52° 24,4'	82
2	Будапештская обсерватория, Венгрия, 1871 г. . . . .	1 15 52	47° 30,0'	474
3	Бухарестская обсерватория, Румыния, 1910 г. . . . .	1 44 27	44° 21,6'	85
4	Варшавская обсерватория, Польша, 1825 г. . . . .	1 24 07	52° 13,1'	121
5	Вроцлавская обсерватория, Польша, 1791 г. . . . .	1 08 21	51° 06,7'	117
6	Зонненбергская обсерватория, Герма- ния, 1925 г. . . . .	0 44 46	50° 22,7'	640
7	Краковская обсерватория, Польша, 1791 г. . . . .	1 19 50	50° 03,9'	221
8	Нанкинская обсерватория (Пурпурная гора), Китай, 1928 г. . . . .	7 55 18	32° 04,0'	267
9	Познаньская обсерватория, Польша, 1922 г. . . . .	1 07 31	52° 23,8'	85
10	Потсдамская обсерватория, Германия, 1878 г. . . . .	0 52 16	52° 22,9'	97
11	Пражская обсерватория, Чехословакия, 1751 г. . . . .	0 57 40	50° 05,3'	197
12	Пражская обсерватория имени Сте- фаника, Чехословакия, 1930 г. . . . .	0 57 36	50° 01,9'	324
13	Обсерватория Скальные Плесо, Чехо- словакия, 1948 г. . . . .	1 20 56	49° 11,7'	1783
14	Софийская обсерватория, Болгария, 1894 г. . . . .	1 33 23	42° 41,0'	572
15	Торуньская обсерватория, Польша, 1948 г. . . . .	1 14 26	53° 01,3'	60

Таблица LIX В

Координаты некоторых обсерваторий Англии, Аргентины, США, Франции, Канады, Дании, Голландии и Южно-Африканского Союза

	Название, страна, год основания	Долгота	Широта	Высота в м
1	Обсерватория Виктория, Канада, 1913 г. .	$h \ m \ s$ 8 13 40 з	+ 48° 31,3'	229
2	Гарвардская (Кэмбридж), США, 1840 г. .	4 44 31 з	+ 42° 22,8'	24
3	Гринвичская, Англия, 1675 г. . . . .	0 00 00	+ 51° 28,6'	47
4	Иеркская, США, 1897 г. . . . .	5 54 13 з	+ 42° 34,2'	334
5	Йоганнесбургская, Южно-Африканский Союз, 1903 г. . . . .	1 52 18 в	- 26° 10,9'	1786

	Название, страна, год основания	Долгота	Широта	Высота в м
		<i>h m s</i>		
6	Копенгагенская, Дания, 1898 г. . . . .	0 50 19 в	+ 55 41,2	14
7	Кордовская, Аргентина, 1870 г. . . . .	4 16 47 з	— 31 25,3	434
8	Ла-Плата, Аргентина, 1882 г. . . . .	3 51 44 з	— 34 54,5	17
9	Лейденская, Голландия, 1861 г. . . . .	0 17 56 в	+ 52 09,3	6
10	Ликская, США, 1888 г. . . . .	8 06 35 з	+ 37 20,4	1283
11	Мак-Доналд, США, 1939 г. . . . .	6 56 06 з	+ 30 40,2	2070
12	Маунт-Вилсон, США, 1904 г. . . . .	7 52 14 з	+ 34 13,0	1742
13	Маунт-Паломар, США, 1939 г. . . . .	7 45 00 з	+ 33 27,0	1600
14	Мыс Доброй Надежды, Южно-Африкан- ский Союз, 1820 г. . . . .	1 13 55 в	— 33 56,1	10
15	Парижская, Франция, 1671 г. . . . .	0 09 21 в	+ 48 50,2	67
16	Пик-дю-Миди, Франция, 1882 г. . . . .	0 00 34 в	+ 42 56,5	2850

Таблица LX

**Астрономический совет Академии наук СССР.  
Всесоюзное астрономо-геодезическое общество (ВАГО) и  
его отделения. Планетарии.**

Астрономический совет Академии наук СССР находится при Отделении физико-математических наук АН СССР. Он призван направлять и координировать научно-исследовательскую и научно-организационную работу астрономических учреждений АН СССР и её филиалов, Академий наук союзных республик, а также астрономических учреждений Министерства культуры СССР. Помимо своего Президиума, который руководит всей оперативной работой, Астрособет АН СССР имеет ряд постоянных отраслевых комиссий: астрометрическую комиссию с подкомиссиями по изучению колебания полюса, по изучению движения и формы Луны и по составлению каталога слабых звёзд, комиссию по изучению планет, комиссию по изучению переменных звёзд (с подкомиссией по затменным звёздам), комиссию по изучению комет и метеоров, комиссию по истории астрономии, комиссию по изучению Солнца, а также Бюро астрономических сообщений, которое издает «Астрономический циркуляр» (редактор Д. Я. Мартынов). Кроме того, при Отделении физико-математических наук АН СССР работает космогоническая комиссия.

Астрономический совет АН СССР издаёт научный бюллетень «Переменные звёзды» — единственный в мире специальный журнал исследователей переменных звёзд.

Председателем Астрособета АН СССР является член-корр. АН СССР проф. А. А. Михайлов.

Адрес Астрономического совета АН СССР: Москва 56, Большая Грузинская улица, д. № 10, комн. 90.

Всесоюзное астрономо-геодезическое общество (ВАГО) является научно-общественной организацией, объединяющей как специалистов-астрономов и геодезистов, так и любителей астрономии. Задачи общества: способствовать развитию астрономии, геодезии и картографии, распространению правильных материалистических знаний о мироздании среди широких масс трудящихся, вести борьбу с лженаучными, идеалистическими теориями в астрономии и т. д.

Все граждане Советского Союза, достигшие 18 лет, могут быть членами местных отделений общества. Лица, не достигшие 18 лет, могут состоять

членами юношеских секций, работающих при отделениях общества. В настоящее время ВАГО находится при Академии наук СССР. Председателем ВАГО является член-корр. АН СССР проф. А. А. Михайлов.

ВАГО издаёт свой «Бюллетень», в котором освещается работа общества и его многочисленных отделений, публикуются научные статьи его членов, инструкции для различных наблюдений и другие материалы.

### Список отделений и филиалов Всесоюзного астрономо-геодезического общества и их адреса

1. Всесоюзное астрономо-геодезическое общество (Председатель А. А. Михайлов), г. Москва 9, п. я. № 1268.
2. Горьковское отделение (Пред. К. К. Дубровский), г. Горький, ул. Минина 5, кв. 66.
3. Казахский филиал (Пред. Г. А. Тихов), Алма-Ата.
4. Калининское отделение (Пред. Л. В. Кандауров), г. Калинин, Школьный пер. 16.
5. Киевское отделение (Пред. Д. В. Пясковский), г. Киев, УССР. Обсерваторная 3, Астрономическая обсерватория.
6. Куйбышевское отделение (Пред. И. В. Матвеев), г. Куйбышев, областной почтамт, п. я. 21.
7. Ленинградское отделение (Пред. П. М. Горшков), г. Ленинград, Васильевский остров, Университетская набережная 7/9, кв. 69 б.
8. Литовский филиал (Пред. П. В. Славенас), г. Вильнюс, ул. Кестучио 13а, кв. 3.
9. Минское отделение (Секр. С. А. Пахута), г. Минск, Университетский городок, физико-математический факультет Белорусского государственного университета.
10. Мологовское отделение (Пред. В. И. Кармилов), г. Молотов областной, ул. Ленина 11а, кв. 4.
11. Московское отделение (Пред. И. С. Закатов), г. Москва 9, п. я. № 1268.
12. Новосибирское отделение (Пред. А. И. Агроскин), г. Новосибирск, Потанинская ул., Ин-т геодезии и картографии.
13. Одесское отделение (Пред. В. П. Цесевич), г. Одесса, парк Шевченко, Астрономическая обсерватория.
14. Рижское отделение (Пред. Я. Я. Икауниекс), г. Рига, ул. М. Калею 10/12.
15. Саратовское отделение, г. Саратов, Большая Горная 248, кв. 1.
16. Свердловское отделение (Пред. Л. С. Хренов), г. Свердловск, ул. Ленина 79, кв. 22.
17. Симферопольское отделение (Пред. Д. Г. Стамов), г. Симферополь, ул. Ленина 17, Пед. ин-т, астроном. кабинет.
18. Смоленское отделение (Пред. Л. А. Самолубов), г. Смоленск, Университетская улица 8, Пединститут.
19. Сталинградское отделение (Пред. И. Е. Клименко), г. Сталинград, Академическая 2, Пед. ин-т, кафедра физики.
20. Тартуское отделение (Пред. Т. Роотсмая), Астрономическая обсерватория Тартуского университета.
21. Узбекский филиал (Пред. В. П. Шеглов), г. Ташкент, Астрономическая обсерватория.
22. Харьковское отделение (Пред. Б. П. Остащенко-Кудрявцев), г. Харьков, Сумская ул. 35, Астрономическая обсерватория.
23. Ярославское отделение (Пред. В. К. Мичурин), г. Ярославль, Пединститут, кафедра физики.

**Планетарии.** Московский Планетарий построен в 1928—1929 гг. для пропаганды естественно-научных знаний (в особенности, в области астрономии), для антирелигиозной пропаганды среди широких слоев населения, а также для систематической помощи школьному образованию в области астрономии и физики. В главном лекционном зале находится сам прибор «планетарий».

Действуя по принципу проекционного фонаря, он отбрасывает на полусферический белый купол изображение звёздного неба и находящихся на нём небесных светил. Аппарат позволяет воспроизводить вид звёздного неба на разных широтах и для любого момента времени.

В Московском Планетарии, помимо главного лекционного зала, имеется малая аудитория, астрономическая выставка, небольшая обсерватория и метеорологическая станция; с помощью телескопов различных систем, в том числе менискового зеркального телескопа системы Д. Д. Максудова, ведётся показ небесных светил и практические занятия школьных и студенческого астрономических кружков при Планетарии. На астрономической площадке, близ главного здания Планетария, размещены: солнечные часы, армиллярная сфера, земной и небесный глобусы, теллурий, гелиоустановка и другие установки, облегчающие учащимся понимание основ астрономии.

За время своего существования Московский Планетарий обогатился рядом новых оригинальных приборов. Они позволяют демонстрировать солнечные и лунные затмения, мерцание звёзд, полярные сияния, кометы и метеоры и т. д. Мастерские Московского Планетария наладили изготовление небольших передвижных аппаратов, которыми теперь оснащены планетарии в ряде городов СССР.

После Великой Отечественной войны планетарии были открыты в Ленинграде, Киеве, Одессе, Саратове, Костроме, Куйбышеве, Горьком, Иркутске, Ярославле, Баку, Барнауле, Южно-Сахалинске, Бобрик-Горе Московской области.

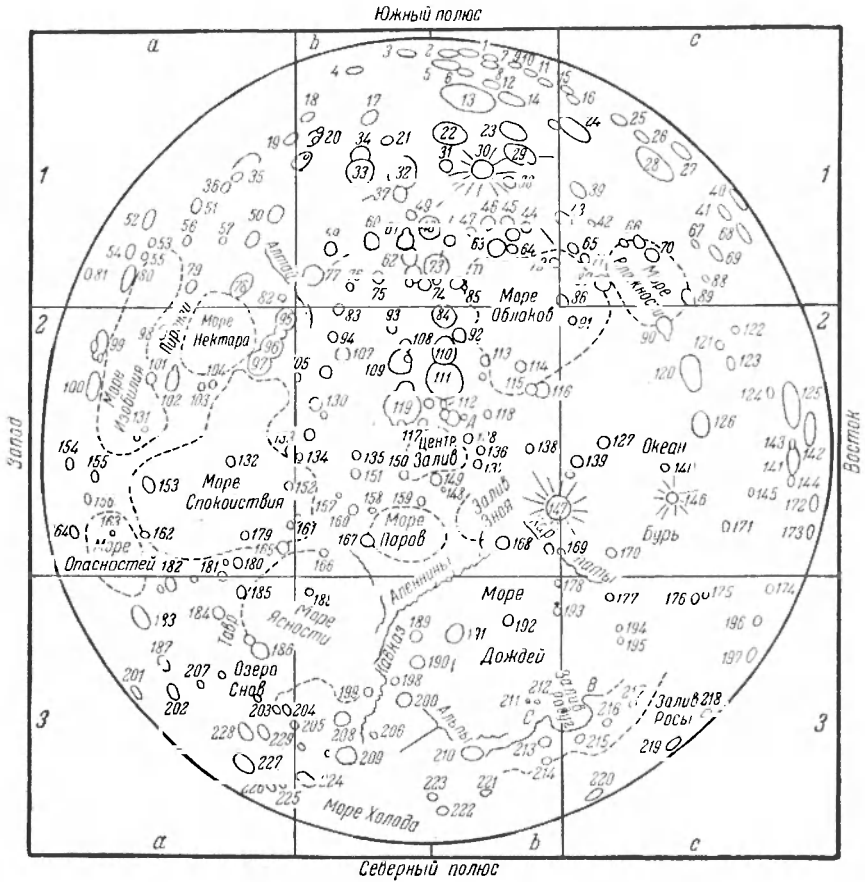
Рабочие Германской Демократической Республики подарили г. Сталину граду большой современный планетарий, для которого выстроено в городе специальное здание.

---

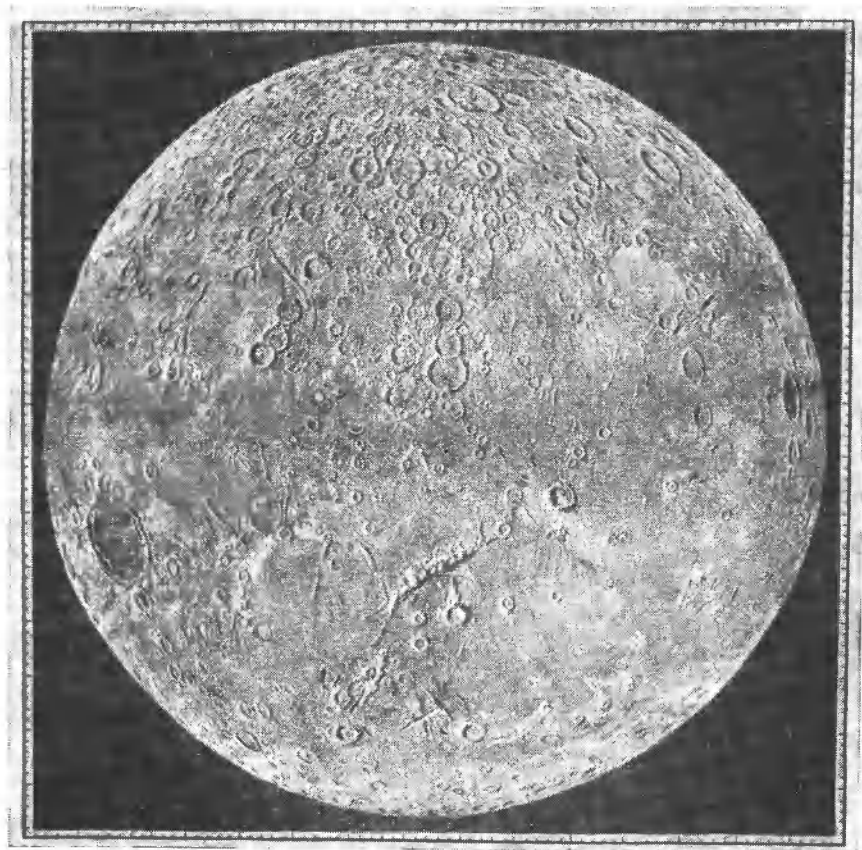
## П Р И Л О Ж Е Н И Я



А. КАРТА ЛУНЫ



**Б. ПОВЕРХНОСТЬ ЛУНЫ**



## В. СПИСОК ГЛАВНЕЙШИХ ОБРАЗОВАНИЙ НА ЛУННОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ОБОЗНАЧЕННЫХ НА КАРТЕ

		Квадрат
Море Влажности	Mare Humorum	c1
Море Облаков	Mare Nubium	b2
Море Нектара	Mare Nectaris	a2
Море Изобилия	Mare Foecunditatis	a2
Море Спокойствия	Mare Tranquillitatis	a2
Море Опасностей	Mare Crisium	a2
Море Ясности	Mare Serenitatis	b3
Море Паров	Mare Vaporum	b2
Море дождей	Mare Imbrium	b3
Океан Бурь	Oceanus Procellarum	c2
Море Холода	Mare Frigoris	b3
Центральный Залив	Sinus Medii	b2
Залив Зноя	Sinus Aestuum	b2
Залив Радуг	Sinus Iridum	c3
Залив Росы	Sinus Roris	c3
Озеро Снов	Lacus Somniorum	a3
Горы Пиреней	Montes Pyrenaeae	a2
Горы Алтай	Montes Altai	a1
Горы Карпаты	Montes Carpatiae	c3
Горы Апеннины	Montes Apenninae	b3
Горы Кавказ	Montes Caucasus	b3
Горы Тавр	Montes Taurus	a3
Горы Альпы	Montes Alpes	b3
Мыс Геркулеса	Cap Heraclides (B)	c3
Мыс Лапласа	Cap Laplace (C)	b3

# КОЛЬЦЕВЫЕ ГОРЫ (кратеры)

№№	Название	Квадр.	№№	Название	Квадр.	№№	Название	Квадр.
1	Ньютон	b1	40	Бувар	c1	79	Сантбек	a1
2	Шорт	b1	41	Пиации	c1	80	Петавий	a1
3	Симпелиус	b1	42	Рамсен	c1	81	Гумбольд	a1
4	Манцинус	b1	43	Капуан	c1	82	Полибий	a1
5	Моретус	b1	44	Цих	b1	83	Гебер	b2
6	Грумбергер	b1	45	Вюрцельбауэр	b1	84	Арзахель	b2
7	Казатус	b1	46	Гаурик	b1	85	Тебит	b1
8	Клапрот	b1	47	Хэлл	b1	86	Буллиальд	c1
9	Вилсон	b1	48	Вальтер	b1	87	Гиппал	c1
10	Кирхер	b1	49	Нониус	b1	88	Кавендиш	c1
11	Беттинус	b1	50	Риччи	a1	89	Мерсений	c1
12	Бланканус	b1	51	Рейта	a1	90	Гассенди	c2
13	Клавий	b1	52	Фурнерий	a1	91	Любинецкий	c2
14	Шейнер	b1	53	Стевин	a1	92	Альпетрагий	b2
15	Цухиус	c1	54	Газе	a1	93	Эри	b2
16	Сегнер	c1	55	Снеллиус	a1	94	Аль Манун	b2
17	Бэкон	b1	56	Рейхенбах	a1	95	Катарина	a2
18	Неарх	b1	57	Неандр	a1	96	Кирилл	a2
19	Влакк	a1	58	Пикколомини	a1	97	Теофил	a2
20	Хоммель	b1	59	Понтан	b1	98	Колумб	a2
21	Лицетий	b1	60	Пуассон	b1	99	Венделин	a2
22	Магинус	b1	61	Алиацензис	b1	100	Лангрэн	a2
23	Лонгомонтан	b1	62	Вернер	b1	101	Гоклен	a2
24	Шиллер	c1	63	Питаг	b1	102	Гуттенберг	a2
25	Фоцилид	c1	64	Гезиод	b1	103	Капелла	a2
26	Варгентин	c1	65	Меркатор	c1	104	Изидор	a2
27	Ингирами	c1	66	Вителло	c1	105	Кант	a2
28	Шиккард	c1	67	Фурье	c1	106	Декарт	b2
29	Вильгельм	b1	68	Лагранж	c1	107	Абул Вэфа	b2
30	Тихо	b1	69	Виета	c1	108	Парро	b2
31	Соссюр	b1	70	Доппельмайер	c1	109	Альбатений	b2
32	Штофлер	b1	71	Кампанус	c1	110	Альфонс	b2
33	Мавролиций	b1	72	Кис	b1	111	Птолемей	b2
34	Бароций	b1	73	Пурбах	b1	112	Гершель	b2
35	Фабриций	a1	74	Лакайль	b1	113	Дэви	b2
36	Медий	a1	75	Плейфер	b1	114	Герике	b2
37	Фернелий	b1	76	Азофи	b1	115	Пэрри	b2
38	Хензиус	b1	77	Сакробоско	b1	116	Бонплан	b2
39	Хайнзель	c1	78	Фракастор	a1	117	Реомюр	b2

№ №	Название	Квадр.	№ №	Название	Квадр.	№ №	Название	Квадр.
118	Лаланд	b2	157	Зильбершлаг	b2	196	Бригг	c3
119	Гиппарх	b2	158	Гигинус	b2	197	Лихтенберг	c3
120	Летрон	c2	159	Укерт	b2	198	Тететус	c3
121	Билли	c2	160	Боскович	b2	199	Калипп	b3
122	Фонтана	c2	161	Росс	a2	200	Кассини	b3
123	Ганстин	c2	162	Прокл	a2	201	Гаусс	b3
124	Дамуазо	c2	163	Пиккар	a2	202	Мессала	a3
125	Гримальди	c2	164	Кондорсе	a2	203	Масон	a3
126	Флэмстид	c2	165	Плиний	a2	204	Плана	a3
127	Ландсберг	c2	166	Менелай	b2	205	Бюрг	a3
128	Мёстинг	b2	167	Манилий	b2	206	Эгед	b3
129	Деламбр	b2	168	Эратосфен	b2	207	Франклин	a3
130	Тэйлор	b2	169	Гей-Люссак	c2	208	Эвдокс	b3
131	Мессье	a2	170	Майер	c2	209	Аристотель	b3
132	Маскелайн	a2	171	Марий	c2	210	Платон	b3
133	Сабин	a2	172	Ольберс	c2	211	Леверрье	b3
134	Риттер	b2	173	Краффт	c2	212	Геликон	b3
135	Годин	b2	174	Селевк	c3	213	Мопертюи	b3
136	Зоммеринг	b2	175	Геродот	c3	214	Кондамин	b3
137	Шрётер	b2	176	Аристарх	c3	215	Бианчини	c3
138	Гамбар	b2	177	Эйлер	c3	216	Шарп	c3
139	Рейнгольд	c2	178	Битей	b3	217	Мейран	c3
140	Энке	c2	179	Жансен	a2	218	Герард	c3
141	Гевелий	c2	180	Витрувий	a2	219	Репсольд	c3
142	Риччиоли	c2	181	Маральди	a2	220	Пифагор	c3
143	Лорманн	c2	182	Макробий	a3	221	Фонтенель	b3
144	Кавалериус	c2	183	Клеомед	a3	222	Эпигений	b3
145	Рейнер	c2	184	Рёмер	a3	223	Архитас	b3
146	Кеплер	c2	185	Литтров	a2	224	Гертнер	b3
147	Коперник	c2	186	Посидоний	a3	225	Фалес	a3
148	Боде	b2	187	Геминус	a3	226	Страбон	a3
149	Паллас	b2	188	Бессель	b3	227	Эндимион	a3
150	Триснеккер	b2	189	Автолик	b3	228	Атлас	a3
151	Агриппа	b2	190	Аристилл	b3	229	Геркулес	a3
152	Араго	a2	191	Архимед	b3	A D	Мёстинг А «Прямая сте- на»	b2 b1
153	Тарунций	a2	192	Тимохарис	b3			
154	Шуберт	a2	193	Ламберт	b3			
155	Аполлоний	a2	194	Диофант	b3			
156	Фирминик	a2	195	Делиль	c3			

## ЗВЁЗДНЫЙ АТЛАС

(см. вкладку в конце книги)

## КАРТА ЭКВАТОРИАЛЬНЫХ СОЗВЕЗДИЙ \*)

Средняя горизонтальная линия этой карты представляет собой небесный экватор. Синусоида, пересекающая экватор, — эклиптика. Вдоль эклиптики располагаются зодиакальные созвездия. От точки весеннего равноденствия в созвездии Рыб вдоль экватора справа налево идёт счёт прямых восхождений (шкала внизу), а вдоль эклиптики — астрономические долготы (обозначены через  $10^\circ$ ). Все планеты и Луна перемещаются среди звёзд вблизи эклиптики. Положение Солнца на эклиптике для данного дня можно взять из табл. XX.

## СТЕРЕОГРАФИЧЕСКАЯ СЕТКА Г. В. ВУЛЬФА \*)

Стереографическая сетка проф. Г. В. Вульфа, описанная им в брошюре «Способ графического решения задач по космографии и математической географии» (Нижний Новгород, 1909), является чрезвычайно удобным и простым прибором для приближённого решения всевозможных задач сферической тригонометрии и в том числе астрономических задач, связанных с видимым движением небесных светил. Она вполне может заменить звёздный глобус, но, кроме того, имеет перед ним все преимущества плоского чертежа.

Стереографическая сетка представляет собой проекцию полусферы с системой сферических координат на плоскость одного из меридианов, причём центр проекции лежит в точке экватора, противоположной этой полусфере. В этом случае все меридианы и параллели сферы изобразятся дугами кругов, что весьма облегчает составление и пользование этой сеткой. На прилагаемой сетке деления идут через два градуса, что даёт возможность делать отсчёты с точностью до полуградуса (или до 2 минут времени).

Для удобства читателей к книге прилагается экземпляр сетки, отпечатанной на плотной бумаге, и одна сетка на кальке. Сетка на кальке очень облегчает решение задач 8-й и 9-й (см. ниже).

Для решения большинства других задач достаточно изготовить на прозрачной кальке как бы скелет сетки, скопировав окружность и два взаимно перпендикулярных диаметра (см. прилагаемый рисунок на кальке), и на неё, сообразно с условиями задачи, наносить необходимые точки и линии.

Среди многочисленных задач, легко решаемых с сеткой Вульфа, отметим следующие:

1. *Через две данные точки небесной сферы провести большой круг и определить угловое расстояние между ними.* Наложив кальку на сетку Вульфа, по координатам сетки наносим обе точки, после чего, всё время совмещая центры, вращаем кальку до тех пор, пока обе точки не лягут на один и тот же меридиан сетки. Это и будет искомый большой круг.

По дуге меридиана отсчитываем угловое расстояние между точками. Например, на рисунке через точки  $N$  и  $N'$  проходит дуга  $NN'$ , её длина  $75^\circ$ .

2. *Найти полюс для данного большого круга.* Полюсами данного большого круга называются две точки, находящиеся на  $90^\circ$  от любой точки круга. Для решения задачи, вращая кальку, совмещаем наш большой круг

\*) См. вкладки в конце книги.

с некоторым меридианом сетки. Точка экватора, отстоящая на  $90^\circ$  от этого меридиана, и будет полюсом нашего круга. Например, точка  $M$  (см. рисунок) является полюсом большого круга  $NN'$ .

3. *Найти экватор для данной точки как полюса.* Экватором данной точки будет большой круг, все точки которого отстоят от данной точки на  $90^\circ$ . Вращением кальки приводим данную точку на экватор сетки и находим меридиан, отстоящий от неё на  $90^\circ$ . Например, по отношению к точке  $M$  дуга  $NN'$  является дугой экватора.

4. *Около данной точки провести круг на заданном угловом расстоянии.* Если эта точка находится на окружности сетки, то, совместив её с полюсом сетки, находим сразу соответствующую параллель. Если же точка лежит внутри, то, вращая кальку, подводим точку к разным меридианам сетки и отмечаем на них точки, отстоящие от нашей на заданном расстоянии. Через полученные точки проводим плавную кривую. Её можно легко провести по частям, подводя под соответствующие точки дуги различных параллелей. Например, кривая  $SSS$  отстоит от точки  $M$  на  $40^\circ$ .

5. *Измерить стороны и углы сферического треугольника.* Стороны измеряем сообразно с задачей 1. Для измерения угла совмещаем его вершину с экватором сетки и на меридиане, отстоящем на  $90^\circ$ , измеряем длину дуги между прилегающими к углу сторонами (или их продолжениями). Например, в треугольнике  $ABC$  (см. рисунок) сторона  $AB$  равна  $108^\circ$ ,  $BC = 94^\circ$ ,  $CA = 53^\circ$ , а углы  $A, B, C$ , измеряемые соответственно дугами  $tp, rq$  и  $tu$ , равны  $81^\circ, 52^\circ$  и  $110^\circ$ .

6. *Построить сферический треугольник по каким-либо трём из его шести элементов.* Эти построения особенно просты, если одну из сторон можно совместить с окружностью сетки. Пусть, например, даны три стороны:  $a = 94^\circ$ ,  $b = 53^\circ$  и  $c = 108^\circ$ . Совместим  $B'$  (см. рисунок) с полюсом сетки и, отметив вдоль окружности сетки дугу в  $94^\circ$ , получим вершину  $C'$ . На кальке отметим параллель, отстоящую на  $108^\circ$  от  $B$ . Совместим  $C'$  с полюсом сетки и наметим на кальке параллель  $p'q'$ , отстоящую от  $C'$  на  $53^\circ$ . Их пересечение даёт вершину  $A'$ . Величины углов (по решению предыдущей задачи) будут соответственно  $81^\circ, 52^\circ$  и  $110^\circ$ .

При некоторых построениях приходится пользоваться так называемыми взаимно-полярными треугольниками. Вершины одного такого треугольника являются полюсами сторон другого. При этом из двух полюсов каждой стороны выбирается расположенный в том же направлении, что и весь треугольник. Между сторонами и вершинами взаимно-полярных треугольников существует следующее соотношение: стороны и углы одного из них равны дополнениям до  $180^\circ$  соответственных углов и сторон другого, причём соответственным какой-нибудь стороне углом является угол при полюсе этой стороны. Задача построения треугольника по трём углам решается построением полярного треугольника (по трём, следовательно, сторонам), определением углов этого треугольника и построением искомого треугольника по трём сторонам, которые являются дополнением до  $180^\circ$  от измеренных углов вспомогательного полярного треугольника.

7. *Определить угловое расстояние между двумя звёздами, имеющими экваториальные координаты  $\alpha_1, \delta_1$  и  $\alpha_2, \delta_2$ .* Считая полюсы сетки за полюсы мира, а левую полуокружность сетки за круг склонения одной звезды, наметим на нём положение звезды по её склонению. Переведя разность прямых восхождений  $\alpha_2 - \alpha_1$  в градусы, мы по экватору сетки отыщем круг склонения второй звезды и на нём наметим её положение. Дальше дело сводится к решению задачи 1, т. е. проведению между этими точками большого круга и измерению длины его дуги.

8. *Определить зенитное расстояние  $z$  и азимут  $A$  звезды, имеющей часовой угол  $t$  и склонение  $\delta$ .* Для этого очень удобно представить себе сетку как проекцию небесной сферы на плоскость меридиана, как на рис. 101. Окружность сетки представит меридиан данного места. Для решения задачи, наметив на кальке точку, соответствующую полюсу мира, совместим её с полюсом сетки и на сетке, считая её меридианы кругами склонения, поместим точку, имеющую склонение  $\delta$  и часовой угол (перевести в градусы)  $t$ .

После этого повернём кальку вокруг центра сетки так (например, направо), чтобы наш полюс отошёл от полюса сетки на угол, равный зенитному расстоянию полюса, т. е. на угол  $90^\circ - \varphi$ . В этом случае сетка изобразит горизонтальную систему координат: её полюс — это зенит, её экватор — горизонт. В этой системе можно отсчитать  $z$  и  $A$  точки, помеченной нами на кальке.

Так, например, на прилагаемом рисунке, если  $P$  изображает полюс, то точка  $M$  имеет склонение  $+31^\circ$  и находится в часовом угле  $47^\circ = 3^h 8^m$ . Если  $\varphi = 56^\circ$ , то, повернув кальку на соответствующий угол, найдём  $z = 41^\circ$  и  $A = 73^\circ$ . Так как на сетке изображена в сущности полусфера, то при расчёте азимутов надо учитывать, восточный или западный часовой угол имеет звезда.

9. *Определить момент восхода и захода светила над горизонтом данного места.* Решение этой задачи становится очень наглядным, если мы воспользуемся проекцией небесной сферы на плоскость горизонта. Тогда окружность сетки представит горизонт, центр её — зенит, вертикальный диаметр — полуденную линию север — юг, экватор — линию восток — запад. На расстоянии  $90^\circ - \varphi$  от зенита к северу наметим положение небесного полюса. По известному уже правилу (п. 3) наметим экватор. Совместим его с меридианом сетки и сделаем на нём отметки через  $15^\circ$ , т. е.  $1^h$ . Это будут точки пересечения часовых кругов с экватором. По правилу п. 1 через полюс и каждую из этих точек проведём часовые круги (продолжим их за полюс, туда, где на кальке нет экватора). По правилу п. 4 можем провести любые небесные параллели, например тропики. Теперь, следовательно, калька изображает экваториальную систему координат, а просвечивающая сквозь неё сетка — горизонтальную, с зенитом в центре. По склонению звезды наметим её суточную параллель — малый круг, отстоящий от полюса на расстоянии  $90^\circ - \delta$ . Точка пересечения с окружностью сетки даёт часовой угол восхода или захода звезды. Звёздное время будет равно  $\alpha + t$ , т. е. прямому восхождению звезды плюс её часовой угол.

В брошюре проф. Г. В. Вульфа подробно разобраны также следующие задачи:

- 1) определение склонения Солнца в определённый день,
- 2) определение продолжительности сумерек,
- 3) построение горизонтальных и вертикальных солнечных часов,
- 4) определение метеорного радианта и многие другие.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

### СЕТКА В. К. ЦЕРАСКОГО ДЛЯ ПРИБЛИЖЁННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗЕНИТНЫХ РАССТОЯНИЙ И ЧАСОВЫХ УГЛОВ НЕБЕСНЫХ СВЕТИЛ \*)

Сетка представляет собой графическое изображение известной из сферической астрономии формулы, связывающей зенитное расстояние  $z$  светила и его часовой угол  $t$ :

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

Если положить  $\cos z = y$ , а  $\cos t = x$ , то в прямоугольной системе координат  $x, y$  суточный путь светила представится прямой  $y = a + bx$ , где  $a$  и  $b$  — постоянные, определяемые широтой  $\varphi$  и склонением  $\delta$ . Однако нет необходимости вычислять эти постоянные, достаточно наметить две точки каждой прямой, точки, соответствующие  $t = 0^h$  (т. е. верхней кульминации) и  $t = 12^h$  (т. е. нижней кульминации). В соответствии с прилагаемым рисунком мы имеем: для  $t = 0^h$  зенитное расстояние  $z = \pm (\varphi - \delta)$ , для  $t = 12^h$  зенитное расстояние  $z = 180^\circ - (\varphi + \delta)$ . Вычислим эти величины для данной широты  $\varphi$

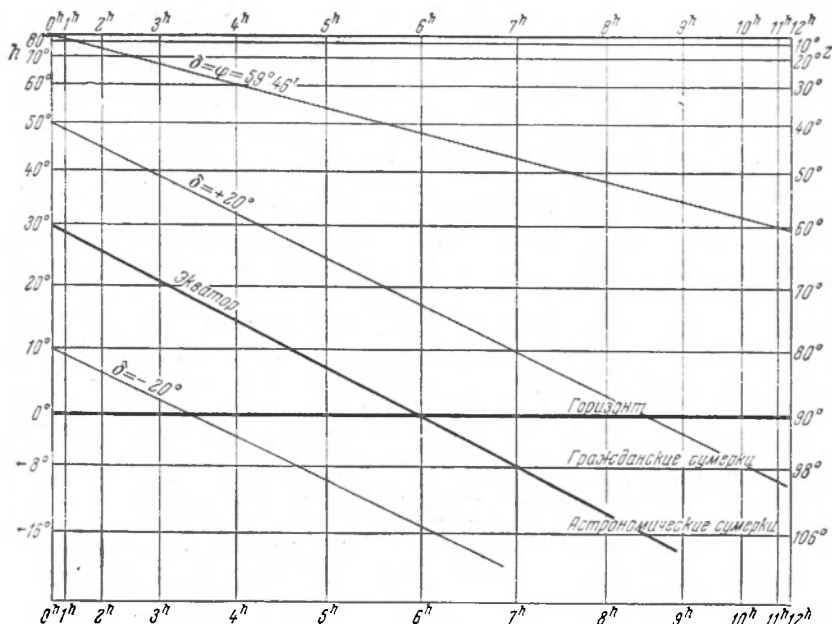
\*) См. вкладку в конце книги.



и ряда значений склонения  $\delta$ , например, для каждого десятого градуса склонения. Получим ряд прямых, из которых на рисунке намечены линии для  $\delta$ , равного  $\pm 20^\circ$ ,  $0^\circ$  и  $\delta = \varphi = 60^\circ$  (широта Ленинграда).

График продолжен под горизонт в область отрицательных высот или, иначе, зенитных расстояний, больших  $90^\circ$ , для того, чтобы иметь возможность определять моменты наступления конца гражданских и астрономических сумерек.

На оси координат графика отложены, следовательно, косинусы часового угла  $t$  и зенитного расстояния  $z$  (или высоты  $h$ ), но оцифровка дана по самим углам  $t$  и  $z$  (и  $h$ ). Увеличивая масштаб графика, можно нанести более часто



деления шкал, чаще провести линии одинаковых склонений и получить большую точность расчётов с сеткой. График изображает лишь западную часть небесного свода. Очевидно, что восточная часть его изобразится таким же образом, только все часовые углы будут представлять собой дополнения до  $24^h$ . Так, например, часовой угол точки восхода светила со склонением  $\delta = 0^\circ$  будет равен  $18^h$ .

## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

### ПОДВИЖНАЯ КАРТА ЗВЁЗДНОГО НЕБА \*)

Подвижная карта звёздного неба предназначена для определения видимости звёздного неба в любой час любого дня года. Она состоит из двух частей, которые должны быть смонтированы в один прибор. Лучше всего и звёздную карту и накладной круг наклеить на толстый картон или фанеру и аккуратно выпилить лобзиком. Затем накладной круг скрепить со стенкой такой же формы, поместив между ними звёздную карту. Скреплять их надо четырьмя парами «лапок», поместив между ними прокладки, немного более

\*) См. вкладки в конце книги.

толстые, чем звёздная карта. Карту нужно насадить на ось, укреплённую в стенке.

По краю звёздной карты расположены обозначения часов прямого восхождения, а также месяцев и чисел месяцев. На накладном круге имеется ряд линий, обозначающих линии горизонта для различных географических широт. Надо начертить вырез сообразно с широтой места наблюдения и аккуратно выпилить его. По краю накладного круга обозначены часы суток. Вращая карту, надо подвести число месяца к часу наблюдения. Тогда вырез накладного круга определит ту часть звёздного неба, которая видна над горизонтом места наблюдения в данный момент. С подвижной картой можно определять моменты восхода или захода любого светила, продолжительность пребывания его над горизонтом, высоту в меридиане и т. д.

#### *ПРИЛОЖЕНИЕ 7*

### **ОРТОГРАФИЧЕСКИЕ СЕТКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ НАБЛЮДЕНИЙ СОЛНЦА**

(см. вкладки в конце книги)

#### *ПРИЛОЖЕНИЕ 8*

### **КООРДИНАТНЫЕ СЕТКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ НАБЛЮДЕНИЙ ПЛАНЕТ**

(см. вкладку в конце книги)

#### *ПРИЛОЖЕНИЕ 9*

### **КАРТА ЧАСОВЫХ ПОЯСОВ**

(см. вкладку в конце книги)

---

## АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Абберрационный эллипс 23  
 Абберрация звёзд годичная 15, 19, 23, 301  
 — суточная 23  
 — хроматическая 211  
 Абсолютная звёздная величина 92—93  
 Абсолютно чёрное тело 38, 83  
 Абсолютный нуль 38, 299  
*Адамс* 20  
 Адонис — астероид 57, 312—313  
 Азимут 167  
 Азимутальная установка 215  
 Аквариды — метеорные потоки 318  
 Активность солнечной деятельности 40, 41, 307  
 Алголь 107  
 Альбедо 34, 56, 309  
 Альдебаран 78, 81, 85, 88, 98, 99  
 Альтаир 82, 98  
*Амбарцумян В. А.* 18, 21, 124  
 Амур — астероид 57, 312—313  
 Ангстрем — единица длины 298  
 Андромедиды — метеорный поток 319  
 Аномалия истинная 201  
 — силы тяжести 27  
 — средняя 199, 201  
 — эксцентрическая 201—202  
 Антарес 81, 85, 98, 99  
*Антиопади* 52  
 Апекс движения Земли 23  
 — — Солнца 52  
 Апогей 186  
 Аполлон — астероид 57, 312—313  
 Аргсид линия 24, 186  
*Аргеландер* 278  
*Аристарх Самосский* 13, 18, 23  
*Аристотель* 18, 22  
 Арктур 78, 81, 85, 98, 99  
*Астапович И. С.* 73  
 Астероиды 55—58, 255, 312—313  
 Астроботаника 55  
 Астрометрия 11  
 Астрономическая единица 24, 298, 301, 305, 306  
 — труба 211—218  
 Астрономические знаки 297  
 — координаты 167  
 — обсерватории 406—409  
 — постоянные 301  
 Астрономический совет АН СССР 409  
 Астрономия 11  
 — авиационная 12  
 — звёздная 12  
 — мореходная 12  
 — полетная 12  
 — практическая 11  
 — сферическая 11  
 — теоретическая 11  
 Астрофизика 12, 16, 206  
 Атлас звёздный 77  
 Атмосфера звёзд 91  
 — Земли 29—32  
 — Луны 33  
 — Солнца 42—48  
 Афелий 24  
 Аэрозоли 30  
 Базис 273  
 Базисные наблюдения метеоров (корреспондирующие) 273—274  
*Байер* 19  
*Барабашев Н. П.* 55  
 Барицентр 24  
*Барнард* 102  
*Бахарев А. М.* 270  
 Бело-голубая последовательность звёзд 94—95  
*Белопольский А. А.* 16, 210  
 Белые карлики 16, 20, 94, 110  
*Бернгейм* 105  
*Бессель* 16, 20  
 Бетельгейзе 85, 88, 98, 99, 101, 110—111  
 Бинобль 218—219  
*Бируни* 13, 19  
*Блажко С. Н.* 226, 278  
 Ближайшие звёзды 100  
*Бобров М. С.* 62

- Бодэ* 75  
 Бсковое зрение 279  
 Болид 70—71, 276  
 Болومترическая абсолютная звёздная величина 109  
   — звёздная величина 80  
   — поправка 80, 109  
 Большой круг небесной сферы 153  
*Брадлей* 15, 19, 186  
*Бредихин Ф. А.* 16, 20, 68  
*Бронштэн В. А.* 258  
*Бруно, Джордано* 14, 19  
*Бунзен* 16, 20  
*Бэр К. М.* 23  
  
*Вега* 15, 78, 81, 82, 85, 98  
 Вековой цикл солнечной деятельности 42  
*Венера* 53, 252—253, 308—309  
 Вертикал 167  
 Верхнее соединение 194—196  
 Верхние планеты 194—196  
*Веста* — астероид 55—56, 312—313  
 Видимая звёздная величина 79  
 Видимое движение планет 194  
   — — Солнца 175—176  
   — место звезды 186  
 Визуально-двойные звёзды 105  
 Визуальные звёздные величины 80  
 Високосный год 182  
*Владилена* — астероид 56  
 Внегалактические туманности 132—140, 388  
 Возмущения 199  
*Воронцов-Вельяминов Б. А.* 94  
 Восход и заход светил 168—169  
   — — — Солнца 173  
 Вращение Галактики 53, 120  
 Времена года 25  
*Время* 174—183, 328—343  
   — гражданское 177  
   — декретное 181  
   — звёздное 174—175, 341—343  
   — истинное 176—177  
   — летнее 181  
   — местное 179  
   — мировое или всемирное 177  
   — поясное 180—181, 423  
   — солнечное 176—177  
   — среднее звёздное 177  
   — среднее солнечное 177, 341—342  
 Всесоюзное астрономо-геодезическое общество (ВАГО) 409—410  
 Высота светила 167  
 Выходной зрачок 212  
 Вычисление орбит 197  
   — эфемерид 201—202  
  
*Газе В. Ф.* 18, 21, 126, 128  
 Газовые туманности 126—129, 387  
  
*Гал* — единица ускорения силы тяжести 27  
 Галактика 16, 117—120  
 Галактики 132—137  
 Галактическая концентрация 81  
   — плоскость 171  
 Галактические координаты 155, 171—172, 389—394  
   — туманности 126—132, 387  
 Галактический экватор 81, 117, 171  
*Галилей, Галилео* 14, 19, 117  
*Галле* 16, 20, 52  
*Галлей Э.* 15, 19, 101  
 Ганимед — астероид 312—313  
 Ганимед — спутник Юпитера 60  
*Гаусс* 163  
*Гевелий, Ян* 19  
 Географические координаты 240, 241, 327  
 Гелиоцентрическая долгота 171  
   — система мира Коперника 14, 19, 194  
 Геминиды — метеорный поток 318, 320  
*Гендерсон* 20  
 Географическая широта 26  
 Геоид 26  
 Геотермическая ступень 28  
 Геоцентрическая долгота 170—171  
   — — Солнца 321—323  
   — система мира Птолемея 13  
   — широта 26  
 Гермес — астероид 55, 57, 312—313  
*Герципрунг* 20  
*Гершель В.* 15, 19, 52, 104  
 Гиady — рассеянное звёздное скопление 121—122  
 Гидальго — астероид 55, 57, 312—313  
 Гипербола 156—157  
 Гипотезы космогонические 75—76, 143—146  
   — образования лунных кратеров 36  
*Гиннпax* 13, 19, 183  
 Главная последовательность 94  
 Глаз — «водитель» 218  
 Глобулы 132  
 Год 25, 182, 183, 189, 301  
   — аномалистический 301  
   — високосный 182  
   — драконический 189, 301  
   — звёздный 25, 301  
   — календарный 182  
   — сидерический 25  
   — тропический 25, 182, 301  
   — юлианский 182  
 Голова кометы 65  
 Горизонтальная система координат 154, 167  
 Горизонт видимый 165  
   — математический 165

Горы на Луне 35—36  
 Гравиметрия 26  
 Градусные измерения 22—23  
 Градусы, длина их на Земле 22—23, 302  
 Гранулы 38, 40  
 Григорианский календарь 182—183  
 Гримальди — лунный кратер 35, 418  
 Гуревич Л. Э. 75, 116  
 Гюббл 225  
 Гюйгенс 14, 19  
 Гэггинс 16

Давление света 66  
 Дагаев М. М. 275  
 Дальность горизонта 165  
 Движение полюсов Земли 26—27  
 Двойные звёзды 15, 104—108, 222, 371—374  
 Дебабов Д. 264  
 Деймос — спутник Марса 55, 310—311  
 Дейч А. Н. 107  
 Декретное время 181  
 Денеб 78, 81, 82, 98  
 День весеннего равноденствия 25, 176  
 — зимнего солнцестояния 25, 176  
 — летнего солнцестояния 25, 176  
 — осеннего равноденствия 25, 176

Деферент 13  
 Джинс 75  
 Диаграмма «спектр — светимость» 94—97  
 Диафрагма 212, 217, 235  
 Дифракционный диск звёздного изображения 212—214  
 Диффузные (газовые) туманности 126—130, 387  
 Добронравин П. П. 226  
 Дополнительные цвета 82  
 Дракониды — метеорный поток 72, 273, 318  
 Дрейер 124  
 Дубровский К. К. 174

Жансен 16  
 Журналы наблюдений 237, 244, 265—267, 279—280, 289

Зависимость «масса — светимость» 109—110  
 — «период — светимость» у цефеид 113, 132  
 — «скорость — расстояние» у галактик 132—137  
 Закон Бэра 23  
 — Вина 84, 209, 299  
 — всемирного тяготения Ньютона 14, 197, 229, 300

Закон Планка 209, 299  
 — Стефана-Больцмана 38, 83, 210, 299  
 Законы Кеплера 14, 108, 197—198  
 Затмения 188—193  
 Затменно-двойные звёзды 106—107  
 Звёзд абсолютные величины 92—93, 370  
 — атмосферы 83, 90—91  
 — блеск 78—80, 91—92  
 — видимые места 19, 172—173  
 — внутреннее строение 16—17, 37, 91  
 — вращение 111  
 — движение 15, 101—104  
 — лучевые скорости 102  
 — магнитные поля 111  
 — массы 108—110  
 — названия 77  
 — параллаксы 15, 91—96  
 — плотности 110—111  
 — показатели цвета 82  
 — размеры 99  
 — расстояния 91—94  
 — светимости 91—98  
 — собственные движения 15, 101—104  
 — спектры 84—91  
 — тангенциальные скорости 102  
 — температуры 81—90  
 — цвета 81—90  
 — число 80—81, 97  
 Звезда Кеплера 116, 141  
 — Тихо Браге 116, 141  
 Звёздная абсолютная величина 92—93  
 — болометрическая величина 80  
 — визуальная величина 79—81, 92—93  
 — радиометрическая величина 80  
 — фотовизуальная величина 80  
 — фотографическая величина 80  
 — фотоэлектрическая величина 79—80  
 Звёздное время 174—175  
 Звёздные ассоциации 18, 124—126  
 — скопления 120—126, 386  
 Звёздный атлас 419  
 — год 25, 301  
 — дождь 72  
 — каталог 11, 13, 15, 16, 19, 77  
 — месяц 32, 187  
 Звёзды 76—116, 352—385  
 — белые карлики 99, 110—111  
 — ближайшие 100  
 — визуально-двойные 105  
 — гиганты 90, 98—99, 101  
 — двойные 104, 108, 351—373, 374, 375  
 — двойные затменные 106—107  
 — карлики 9, 99, 101  
 — кратные 104—105  
 — невосходящие 168  
 — незаходящие 168  
 — новоподобные 113, 115

- Звёзды новые 113, 115—116  
 — переменные 111—116, 277—288, 377—385  
 — сверхгиганты 90, 99, 101  
 — сверхновые 113, 116  
 — спектрально-двойные 105—106  
 — сравнения 278—280, 282—288  
 — типа Вольф-Райе 85—86  
 — яркие 82, 98, 353—363  
*Зверев М. С.* 281  
 Земли атмосфера 29—32  
 — внутреннее строение 28  
 — возраст 28  
 — вращение 174—175  
 — движение 210  
 — масса 198, 302  
 — средняя плотность 302  
 — форма 25—26, 302  
 — химический состав 28—29  
 Земля 22—32, 302—304, 308—309  
 — как магнит 28  
 Зенит 165  
 Зенитное расстояние 167  
*Зигель Ф. Ю.* 277  
 Зодиака знаки 175—176, 297  
 Зодиакальные созвездия 175—176  
 Зодиакальный свет 73—74
- Избирательное поглощение света** 119  
**Избыток цвета** 119  
*Изотов А. А.* 21  
 Икар — астероид 55, 312—313  
 Интерполирование 157—160  
 Интерполяционная формула Стир-линга 159, 402  
 Интерполяционный метод Пиккеринга 278  
 Интерферометр 99  
*Иоаннисiani Б. К.* 222  
 Ионизационная температура 210  
 Ионосфера 31, 32, 140—141, 263  
 Искатель 215  
 Истинная аномалия 201
- Календарь** 182—183  
 — григорианский 182—183  
 — юлианский 182  
*Калиняк А. А.* 18, 21, 120  
 Каллисто — спутник Юпитера 60, 257, 310—311  
*Каменчук А. С.* 115  
*Кант* 15, 19, 75  
*Кассини* 255  
 Кассиопиды — метеорный поток 318, 320  
 Квадрант 149, 151  
 Квадрантиды 318  
 Кварцевые часы 175  
*Кеплер* 14, 19, 116  
 Кинетическая температура 47
- Кирхгоф* 16, 20  
 Классификация звёздных спектров 84—91  
*Клеро* 15, 19  
 Климатические пояса на Земле 176  
 Клинь фотометрический 224  
*Ковалевская С. В.* 210  
*Ковальский М. А.* 17, 20  
*Колумб* 22  
 Кольца Сатурна 61—63, 210, 257—258  
*Кольшюттер* 20  
 Кома — оболочка головы кометы 65  
 Кометные радианты 319  
 Кометы 65—69, 258—261, 314—317  
 Конические сечения 155—157  
 Контакты затмения 189, 192  
 Конфигурации планетные 194—196  
 Координаты см. Системы координат  
*Коперник* 14, 19  
 Корона солнечная 46—48  
 Корональные протуберанцы 45  
 Корпускулярное излучение Солнца 38  
 Космическая пыль 118—119  
 Космогония 12, 15, 18, 19, 21, 74—76, 125—126, 131—132, 143—146  
 Крабовидная туманность 141—142  
 «Красное пятно» на Юпитере 59, 156  
 Красное смещение в спектрах галактик 132—137  
*Красовский В. И.* 18, 21, 120  
*Красовский Ф. Н.* 21, 26  
*Крат В. А.* 75  
 Кратеры лунные 34—37  
 Кратные звёзды 104—108, 145—146  
 Крест нитей 217—218  
 Кривая блеска переменной 107, 281, 285  
 — лучевых скоростей 105—106  
 — Планка 209  
*Кринов Е. Л.* 277  
 Круг склонения 166  
*Кукаркин Б. В.* 21, 107, 112, 115, 277  
 Кульминация светил 167  
*Кюстнер* 20
- Лагранж* 15  
*Лаплас* 15, 19, 75  
*Лебедев П. Н.* 20, 66  
*Лебединский А. И.* 75, 116  
*Левеэрье* 16, 19, 52  
*Левин Б. Ю.* 261  
 Леониды — метеорный поток 318, 320  
 Летиция — астероид 56, 310—311  
 Либрации Луны 33, 244—245, 304  
*Ливитт* 20  
 Линия апсид 24, 186  
 — излучения 85, 86, 90  
 — изменения даты 181—182  
*Лио* 21

*Липский Ю. Н.* 33  
 Лириды — метеорный поток 318, 320  
 Логарифмы 147—149  
*Локьер* 16  
*Ломоносов М. В.* 15, 19, 53  
 Луна 32—37, 244—249, 304—305,  
 310—311, 414—418  
 —, наблюдения 244—249  
 Лунная атмосфера 33  
 Лунные затмения 188—189, 193, 249  
 Луно-солнечная прецессия 184  
 Лучевая скорость 102, 210, 211  
*Любимов А. А.* 14  
 Магеллановы Облака 132—138  
 Магнетизм солнечных пятен 42  
 Магнитные бури 49, 235  
*Майкельсон* 20  
*Максудов Д. Д.* 18, 21, 143, 211, 219  
 Малые планеты 55—58, 255, 312—313  
 Малый круг 153  
 Марс 53—55, 253—255, 308—309  
*Масевич А. Г.* 59, 75  
 Масштаб снимка 214  
 Маятник Фуко 23  
 Международное бюро астрономиче-  
 ских телеграмм 259  
 Менисковый телескоп 143, 211,  
 219—222  
 Меридиан 167  
 — Кэррингтона 240—241  
 Меркурий 52—53, 308—309  
*Мессье* 124  
 Местная группа галактик 137—138  
 Местное время 179  
 Месiac 31, 32, 182, 187, 188, 301, 305  
 — аномалистический 301  
 — драконический 188, 301  
 — сидерический 32, 187, 301, 305  
 — синодический 33, 182, 187, 301, 305  
 — тропический 301  
 Метагалактика 140  
 Метеоритные кратеры на Земле 37  
 Метеоритный дождь 276  
 Метеориты 70, 277  
 Метеорные потоки 70—73, 262—263,  
 318—320  
 — рой 70  
 — следы 263—264, 274—275  
 — тела 69  
 Метеорный дождь 72  
 — «домик» 267—268  
 Метеоры 69—73, 261—275, 318—320  
 —, их наблюдения 261—275  
 Методы оценки блеска звёзд  
 278—280  
 Микрометр кольцевой 222—224  
 Миллигал 27  
 Мира (о) Кита 99, 113—114  
*Михайлов А. А.* 47, 77, 140

Млечный Путь 117—120  
 Модуль расстояния 93, 368—369  
 Монокуляр 277  
 Монтировка телескопа 215—217  
*Мори* 20  
 «Моря» на Луне 35, 245  
 — — Марсе 53  
*Набоков М. Е.* 221, 230, 232  
 Надир 165  
 Наклонение орбиты 199  
 — экватора к эклиптике 25, 301  
*Нассирэددин Гуси* 19  
 Небесная механика 11—12, 16  
 — сфера 164  
 Небесный экватор 166  
 Небосвод 164  
 Невидимые спутники звёзд 107—108  
 Непрерывный спектр 206  
 Нептун 16, 52, 64—65, 258, 308—309  
 Нерсида — спутник Нептуна 65, 310—  
 311  
 Нижнее соединение 194—196  
 Нижние планеты 194—196  
*Никонов В. Б.* 18, 21, 120, 231  
 Новолуние 33  
 Новоподобные переменные звёзды  
 113, 115  
 Новые звёзды 113, 115—116  
 Новый стиль 183  
 Нутация 15, 19, 185—186, 301  
*Ньютон* 14, 19  
 Облака галактик 138—140  
 Облачные образования в хвостах ко-  
 мет 66—67, 260  
 Обозначения больших чисел 147  
 — двойных звёзд 105  
 — переменных звёзд 112  
 — туманностей и скоплений 124  
 Обращающий слой атмосферы Солнца  
 43—44  
 Объектив 211  
 Озон в земной атмосфере 30, 31  
 Окружность 156  
 Окулярная камера 242—243  
 Окуляр солнечный 236  
 Окуляры 212  
*Оорт* 17, 21  
 Оппозиция 196  
 Оптическая ось инструмента 215  
 Оптические двойные звёзды 104  
 — переменные 112  
 Ориониды — метеорный поток 318, 320  
*Орлов С. В.* 18, 66, 68, 261  
 Ортографические сетки для обработки  
 наблюдений Солнца 241, 423  
 Ось мира 166, 216  
 — полярная 216, 226—227  
 — склонения 216, 226—227

- Отталкивательная сила Солнца 66—67  
 Ошибка вероятная 162  
 — — средняя 161  
 — — средняя квадратическая 162  
 Ошибки наблюдений 161—162  
 — систематические 161  
 — случайные 161
- Падающие звёзды 69—73  
 Паллада — астероид 55, 312—313  
 Парабола 155  
 Параболическая орбита 200, 205—206  
 Параллакс годичный 23, 91—92  
 — Солнца 301, 305  
 Параллаксы звёзд спектральные 17, 94—97  
 — — тригонометрические 91—92  
 Параллактическая установка 216—217, 226—227  
 Параллактический эллипс 23  
 Параллактическое смещение 92  
*Паренаго П. П.* 21, 94, 104, 112, 115, 119, 277  
*Парийский Н. Н.* 75  
 Парсек 92, 301  
 Пепельный свет Венеры 253  
 — — Луны 33  
 Первая четверть — фаза Луны 33  
 Переменные звёзды 111—116, 277—288, 377—385  
 — —, наблюдения 277—288  
 Перигей 186  
 Перигелий 24  
 Перигелийное расстояние 200  
 Персеиды — метеорный поток 71, 318, 320
- Пиации* 15  
*Пиз* 20  
*Пикар* 14  
 Пиргелиометр 37  
*Пифагор* 22  
 Планетарии 410—411  
 Планетарные туманности 130  
 Планетная система 49—52, 308—309  
 Планеты 49—65, 308—309  
 —, движения 194—199  
 —, наблюдения 249—258  
 Плеяды — рассеянное звёздное скопление 122—123, 336—367  
 Плутон 21, 52, 65, 258, 308—309  
 Повторно-новые звёзды 115  
 Поглощение света в земной атмосфере 29, 344  
 — — в пространстве 15—16, 17, 20, 21, 119  
 Погода, предсказание её перемен 234—235  
*Поггон* 79  
 Подвижная карта звёздного неба 422—423
- Позиционный угол 222  
 Показатель цвета 82—83  
 Покрытия звёзд Луной и планетами 247—248  
 Поле зрения 214  
 Полнолуние 33  
 Полуденная линия 167  
 Полюсы большого круга 153  
 — Галактики 172—173  
 — Земли 26—27  
 — мира 25, 166  
 — эклиптики 170  
 Полярная звезда 22, 78  
 Полярное расстояние 167  
 Полярные круги 176  
 — сияния 32  
 — шапки Марса 53—54  
 Понижение горизонта 165  
 Поправка на поясное время 180—181  
 — часов 229—231  
 Попытное движение планет 194  
 Последняя четверть — фаза Луны 33  
 Постоянная Больцмана 209, 299  
 — Вина 209, 299  
 — Гаусса 197, 301  
 — закона Стефана-Больцмана 209—210, 299  
 — Планка 209, 299  
 — тяготения 197—198, 299  
 Постоянные Гаусса при вычислении эфемерид 204—205  
 Потемнение к краю диска Солнца 43  
*Пошехонов Г. Л.* 23  
 Предельная выдержка 214—215  
 — звёздная величина 213  
 Прецессия 19, 175, 183—186, 301, 346—350  
 Призмный бинокль 218—219  
 Принцип Доплера-Белопольского 231  
 Проблема двух тел 198—199  
 — трёх тел 199  
 Продолжительность дня 173—174, 304  
 Проницающая сила телескопа 213, 215  
 Противоросники 217  
 Противосияние 73  
 Противостояние 196, 254  
 Протуберанцы 44—46  
 Прохождения Меркурия и Венеры по диску Солнца 198  
 Процион 16, 20, 82, 85, 98, 100  
 Прямое восхождение 167  
 — движение планет 194  
*Птолемей* 13, 19, 117, 172  
*Путилин И. И.* 255
- Равноденственный колор 170  
 Равноденствия весеннее и осеннее 176  
 Радиан 92, 149—150, 299  
 Радиант 71, 272—273, 319—320



- Радиои́злучение Галактики 141—142  
 — Солнца 49  
 Радиолокационные методы наблюдений метеоров 73  
 Радиометр 80  
 Радиосигналы точного времени 229—230  
 Радиотуманности 116, 141—142  
 Радиус-вектор 155  
 Разрешающая сила телескопа 213—214  
 Рассеянные звёздные скопления 122, 386  
 Регмаглипты 276  
*Рейн Н. Ф.* 75  
*Ремер* 14, 19  
*Ресселл* 20  
 Рефлектор 211  
 Рефрактор 211  
 Рефракция 29, 172—173, 345  
 Ригель 78, 81, 82, 98  
*Рожковский Д. А.* 143  
*Росс* 20  
*Рэлей* 20  
  
 Сарос 193  
 Сатурн 61—63, 257—258, 308—309  
 Сверхновые звёзды 113, 116  
 Светимость ночного неба 73—74  
 Световое давление 66  
 Световое уравнение 280—281  
 Световой год 76, 301  
 Световые элементы переменной звезды 281  
 Светосила объектива 213  
 Светосильные объективы 213  
 Светофильтры 225—226  
 Северный Полярный Ряд 79, 364—365  
 Сейсмология 28  
*Секки* 16—20  
 Селективное поглощение света 119  
 Селенографические координаты 245—247  
 Сетка Цераского 421—422  
 Сигналы точного времени по радио 229—230  
 Сидерический год 25  
 — месяц 32, 187, 301  
 — период обращения 196  
 Синодический месяц 33, 187, 301  
 — период обращения планеты 196  
 Сириус 16, 20, 78, 82, 85, 98, 100  
 Системы координат 154—155, 164—172  
 Сихотэ-Алинский метеорит 70  
*Скадигер* 280  
*Скиапарелли* 52  
 Склонение 167  
 Служба времени 228—231  
 — Солнца 49, 237—240  
*Слюсарев Г. Г.* 211  
 Смещение полюса мира 184—185  
  
 Собственное движение звёзд 101—104  
 Соединение планеты с Солнцем 194—196  
 Созвездия 77—78, 351—353  
*Созиген* 19  
 Солнечная активность 40, 41, 238—240, 307  
 — постоянная 37, 306  
 — система 49—52, 308—309  
 Солнечное кольцо 231  
 Солнечные затмения 188—193  
 Солнечный окуляр 236  
 — треугольник 231  
 — экран 236—237  
 Солнца атмосфера 42—48  
 — вращение 41, 306  
 — гранулы 38  
 — движение среди звёзд 19, 120, 306  
 — звёздная величина 79, 93, 306  
 — излучение 38—39, 306  
 — корона 46—48  
 — масса 37, 306  
 — наблюдения 235—244  
 — обращающий слой 43  
 —, периодичность активности 41—42, 306  
 — плотность 110, 306  
 — потемнение к краю 43  
 — протуберанцы 44—46  
 — пятна 39—43, 238—240, 307  
 — размеры 37, 306  
 — радиои́злучение 49  
 — расстояние 24, 306  
 — спектр 85, 306  
 — температура 37, 38, 306  
 — факелы 38, 243—244  
 — факельные поля 38, 243—244  
 — фотосфера 38  
 — химический состав 48  
 — хромосфера 44  
 — энергия 37, 306  
 Солнце 37—49, 305—307  
 Солнцестояния 176  
 Спектр вспышки 43—44  
 — линейчатый 211  
 — непрерывный 211  
 — поглощения 211  
 — солнечной короны 47—48  
 Спектральная классификация звёзд 84—90  
 Спектрально-двойные звёзды 105  
 Спектральные параллаксы 17, 94—96  
 Спектральный анализ 206—211  
 Спектрогелиограмма 45, 46  
 Спектрограф 208  
 Спектроскоп прямого зрения 226  
 Спектры комет 67  
 — планет 208  
*Спенсер-Джонс* 305  
 Спиральные туманности 132—135, 388

Сплюснутость Земли 26  
 Спорадические метеоры 73, 263, 270  
 Спутник Сириуса 16, 20, 111  
 Спутники Марса 55, 310—311  
 — Нептуна 64—65, 310—311  
 — Сатурна 62—63, 258, 310—311  
 — Урана 64, 310—311  
 — Юпитера 60—61, 257, 310—311  
 Среднее движение планеты 199—200  
 — солнечное время 177  
 — Солнце 177  
 Средние координаты 185  
 Средняя аномалия 199, 201  
 — кривая блеска 281—282  
 Старый стиль 183  
 Степенная шкала звёзд сравнения 283  
 Стереографическая сетка 155, 419—421  
 Стояние планеты 194  
 Стратосфера 31, 32  
*Струве В. Я.* 15, 16, 17, 19, 20  
 Субкарлики 94  
 Сумерки 173—174  
 Сутки звёздные 174, 301  
 — истинные солнечные 177  
 — средние звёздные 175  
 — — солнечные 177, 301  
 Суточная вариация хода часов 229  
 Сферическая тригонометрия 153—155  
 Сферические треугольники 153  
 Сфероид земной 25, 26  
*Сытинская Н. Н.* 54  
  
 Телескопы 211—222  
 Теллурические линии 208  
 Тёмные туманности 117—120, 130—132, 388  
 Температура, способы её определения 83—84, 90—91, 208—210  
 Температурные инверсии в земной атмосфере 32  
 Теодолит 216  
 Теория пульсации цефеид 112  
 Терминатор на Венере 253  
 — — Луне 33, 245—247  
 Типы кометных хвостов 66  
 Титан — спутник Сатурна 62, 258, 310—311  
*Тихо Браге* 116  
*Тихов Г. А.* 20, 55  
*Тициус* 75  
*Томбо* 21, 52  
 Точка весны (весеннего равноденствия) 169  
 Тригонометрические параллаксы звёзд 91—92  
 — функции 150—153, 395—401  
 Тритон — спутник Нептуна 65, 310—311  
 Тропики 176  
 Троический год 25, 182, 183, 301

Тропопауза 31—32  
 Тропосфера 31  
 Троянцы — группа малых планет 56  
 Туманности 15, 17, 18, 20, 21, 117—140, 387—388  
 — внегалактические 132—140, 388  
 — газовые 126—129, 387  
 — галактические 126—132, 387  
 — диффузные 126—130, 387  
 — планетарные 130  
 — спиральные 132—135, 388  
 — тёмные 131—132, 387  
 — эллиптические 132, 134, 388  
 Тяготение 14, 19, 197—199  
  
 Увеличение трубы 212  
 Углы, их измерения 149—150  
 — понижения горизонта 165  
 Угол эксцентриситета 200  
 Узлы лунной орбиты 187—188  
*Улугбек* 13, 19  
*Умов Н. А.* 112  
 Универсальный инструмент 216  
 Уравнение времени 177—179, 321—323  
 — Кеплера 201—203  
 — синодического движения 187  
 Уравновешение трубы 216—217  
 Уран 15, 19, 52, 63—64, 258, 308—309  
 Урсиды — метеорный поток 318  
 Ускорение силы тяжести на поверхности Земли 27, 299, 302  
 Установка экваториального штатива 226—227  
  
 Фаза солнечного затмения 192  
 Фазы Венеры 252—253  
 — Луны 32, 33  
 Факелы солнечные 38, 40, 243—244  
 Факельные поля 41  
 Феба — спутник Сатурна 63, 310—311  
*Федынский В. В.* 275  
*Фесенков В. Г.* 18, 21, 59, 70, 73, 74, 75, 143  
 Физические двойные звёзды 104  
 — переменные 112—116  
 Фобос — спутник Марса 55, 310—311  
 Фокусировка фотокамеры 287  
 Фокусное расстояние 212  
 Формула Планка 209  
 Формулы сферической тригонометрии 153—155  
 Фотовизуальные звёздные величины 80  
 Фотографирование небесных объектов 241—243, 261, 275, 286—288  
 Фотографические звёздные величины 80  
 Фотометрические стандарты 284  
 Фотометрический клин 224—225  
 Фотометры 224—225  
 Фотообъективы 286

Фотосфера Солнца 38  
*Фраунгофер* 19, 206  
Фраунгоферовы линии спектра 206—  
211  
*Френель* 20  
Функция светимости 96

*Хаббл* 21  
*Хайям, Омар* 13, 19  
Хвосты комет 65—69  
Химические элементы 300  
*Хладный Э. Ф.* 19  
Ход часов 228—229  
Хроматическая аберрация 211  
Хромосфера Солнца 44  
Хронометр 228  
*Хэл* 20

Цвета, их границы в спектре 206  
— звёзд 81—83  
Цветовая температура 84, 209  
Центр Галактики 117—118, 120  
— масс солнечной системы 50—52  
Центрировка трубы 215  
*Цераский В. К.* 16, 20  
Церера — астероид 15, 55, 312—313  
*Цесевич В. П.* 77, 225, 277, 285  
Цефеиды 17, 112—113, 384—385  
*Циолковский К. Э.* 20

Часовой угол 167  
Часы 228—229  
*Чендлер* 20  
Чётки Бейли 188  
Числа Вольфа 41, 239—240, 307  
*Чу Конг* 18

*Шайн Г. А.* 18, 21, 126, 128  
Шаровые или шарообразные звёзд-  
ные скопления 124—125, 386  
*Швабе* 20, 41  
*Ши-Шен* 13, 18  
Шкала звёздных величин 79  
— солнечных пятен 238  
— температур абсолютная 38

Шкала цветов звёзд 81—82  
*Шмидт О. Ю.* 18, 21, 75, 76

*Эддингтон* 20  
*Эйкен* 105  
*Эйлер* 15, 19  
Экватор 166  
Экваториал 216, 226—227  
Экваториальная система координат  
154—155, 167, 389—394  
— установка 216  
Эклиптика 169  
Эклиптическая система координат 154,  
170  
Экстраполирование 160—161  
Эксцентриситет 200  
Эксцентрическая аномалия 201—202  
Элементы орбиты 104, 199—200  
Эллипс 156, 197  
Эллипсоид международный 302  
— советский 302  
Эллиптические туманности 132, 134,  
388  
Элонгации планет 195  
Эпицикл 13  
*Эратосфен* 18, 22  
Эрос — астероид 56, 57, 312—313  
Эрстед 28  
Эруптивные протуберанцы 45  
Эрупции — фотосферные извержения  
244  
Эфемериды 201—206  
Эффект Допплера-Белопольского 16,  
20, 210  
Эффективная температура 83, 210

Юлианский календарь 182  
— период 183, 280, 331—333  
Юнона — астероид 55, 312—313  
Юпитер 58—61, 256—257, 308—309

Ядро Галактики 120  
— кометы 65, 260  
*Яковкин А. А.* 248  
Япет — спутник Сатурна 258, 310—311

# Опечатки

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
32	12 сн.	3478	3473
41	6 сн.	11,11	11,13
55	16 св.	$7^h39^m14^s$	$7^h39^m27^s$
98	Табл. 14, 2-я колон., 13 св.	1,4	1,1
99	Табл. 15, 2-я колон., 17 св.	0,9	09
308	Табл. XV, 4-я колон., 3 сн.	1 : 19	1 : 14
309	Табл. XIV, 1-я колон., 3 сн.	$10^h42^m$	$10^h48^m$
313	Табл. XVII, 2-я колон., 1 сн.	0,789	0,827
313	Табл. XVII, 3-я колон., 1 сн.	27,23	23,02

П. Г. Куликовский „Справочник астронома-любителя“.