

ПРОФ. П. И. ПОПОВ и доц. Н. Я. БУГОСЛАВСКАЯ

ПРАКТИКУМ ПО АСТРОНОМИИ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ДЛЯ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИНСТИТУТОВ



У Ч П Е Д Г И З — 1 9 4 7

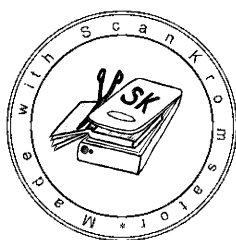
ПОПОВ П. И. и БУГОСЛАВСКАЯ Н. Я.

ПРАКТИКУМ
ПО
АСТРОНОМИИ
В ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИНСТИТУТАХ

Под общей редакцией
П. И. ПОПОВА

*Допущено Министерством высшего образования СССР
в качестве учебного пособия
для педагогических институтов*

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
УЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ПРОСВЕЩЕНИЯ РСФСР
МОСКВА • 1947



Scan AAW

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее руководство появилось в результате опыта проведения практических занятий по астрономии в течение ряда лет кафедрой астрономии Московского государственного педагогического института им. В. И. Ленина под руководством заведующего кафедрой проф. П. И. П о п о в а.

Практические занятия по астрономии, ведущиеся в педагогическом институте параллельно с лекционным курсом, не только служат лучшему пониманию и усвоению этого курса путем решения задач, работы с моделями и пр., но имеют свои самостоятельные задачи: вооружить студентов знакомством с небом и умением производить доступные наблюдения; познакомить их с астрономическими справочниками, картами, таблицами, астрономической трубой, некоторыми измерительными инструментами так, чтобы они умели самостоятельно ими пользоваться, и дать понятие об основных методах астрономических исследований.

Содержание практических занятий не может и не должно охватывать все части курса в одинаковой мере. Целесообразно выделить те вопросы, которые или представляют наибольшие трудности для понимания (и в то же время требуют того, чтобы студенты их хорошо усвоили), или необходимы для приобретения студентами определенных приемов и навыков наблюдений, умения обращаться с инструментами, приборами.

Знакомство с небом и астрономическая ориентировка имеют большое практическое значение. И будущий преподаватель астрономии должен сам овладевать ими, чтобы дать необходимые знания нашей молодежи, у которой в огромном большинстве все астрономическое образование ограничивается средней школой.

Весь практикум, рассчитанный на 35 часов, проводится как в астрономическом кабинете (там же проводятся и лабораторные занятия), так и на астрономической обсерватории или на вышке, где студенты, помимо работы с преподавателем, должны провести самостоятельные наблюдения по установленной программе. Решение отдельных задач и примеров сведено к минимуму и поставлено в связь с лабораторными работами. Для решения числовых задач может быть также использован изданный ранее сборник за-

дач по астрономии Б. А. Воронцова-Вельяминова, как при упражнениях, так и в самостоятельной работе студентов.

Каждый студент, прошедший курс астрономии в педагогическом институте, должен быть методически подготовлен к преподаванию астрономии в школе. Поэтому, помимо практических занятий по курсу астрономии, мы помещаем в конце книги описание ряда работ, имеющих в виду вооружить учителя умением изготовить своими руками или с привлечением к этому учащихся пособия и модели для преподавания астрономии в школе. Пользуясь этими пособиями, учитель может значительно оживить преподавание, поднять интерес к астрономии среди учащихся и облегчить свою работу в школе.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИКУМА.

Для проведения практических занятий по астрономии академическая группа делится на две подгруппы, так как даже при хорошо оборудованной лаборатории с моделями, картами, атласами и тем более инструментами, а также при наблюдениях, можно надлежащим образом их организовать и руководить ими при количестве в них студентов не более 12—15 человек.

Самые занятия делятся на два вида:

1. Занятия в кабинете — работа с моделями, решение задач, работа с атласами, справочниками, календарем — проводятся по твердому расписанию.

2. Наблюдения проводятся вне твердого расписания, преимущественно по вечерам, в зависимости от ясного неба, но с обязательным выполнением минимума наблюдений.

При проведении тех и других занятий необходима четкость работы как преподавателя, так и студентов, которая достигается тем, что каждая задача четко формулируется, ставятся вопросы о способе ее решения, и самое решение задачи вместе с условием обязательно записывается студентом в тетрадь. Все чертежи, выполняемые студентом в процессе работ, должны быть озаглавлены и описаны так, чтобы впоследствии он мог к ним обращаться. То же требуется и от наблюдений. Они должны производиться в соответствии с теми правилами, которых придерживается в своей работе каждый специалист-астроном. Всякое наблюдение должно иметь дату, указания на объект наблюдения, на инструмент и способ наблюдения и т. д. и только такие работы можно считать выполненными.

Задачи вычислительного характера, как-то: вычисление восхода и захода светил, решение сферического треугольника, точный перевод звездного времени в среднее и обратно, должны решаться в значительной мере самостоятельно после предварительного общего разбора примеров преподавателем. В таком же, примерно, положении находятся задачи о видимом и истинном движении планет.

Наибольшую трудность для студентов представляют первые задачи по основам сферической астрономии. Здесь преподава-

тель должен проверять ход решения задач, наблюдая, по возможности, за работой каждого студента, ставить перед студентами дополнительные вопросы, давать необходимые разъяснения и вносить нужные поправки. Каждая задача должна решаться студентом индивидуально или группой студентов при записи решения каждым в свою тетрадь.

Наблюдения можно подразделить на наблюдения невооруженным глазом, на работы с измерительными инструментами и наблюдения небесных объектов в телескоп. Наблюдения невооруженным глазом доступны для всех независимо от условий оборудования. Они происходят под открытым небом. Необходимо только организовать постоянную площадку на открытом месте или еще лучше вверху здания. В эти наблюдения входят: знакомство с созвездиями, элементами небесной сферы, основными явлениями суточного и годового движения светил, положением и фазами Луны, перемещениями планет среди звезд, простейшими способами ориентировки и пр. Пособиями при этом служат карта звездного неба, еще лучше — подвижная карта и «Астрономический календарь».

Для работы с измерительными инструментами надо иметь универсальные инструменты (по возможности 3—4 инструмента), или хотя бы теодолиты, секстаны, солнечные кольца. Они могут быть устанавливаемы на треногах, но еще лучше устроить на площадке несколько постоянных столбов с горизонтальной поверхностью.

Телескопом приходится пользоваться таким, какой представилась возможность достать в данном педагогическом институте. Обращаем внимание, что с 1946 г. начинают выпускаться нашей оптико-механической промышленностью новые учебные телескопы особой менисковой системы (комбинация вогнутого зеркала с менисковым передним стеклом), изобретенной лауреатом сталинской премии проф. Д. Д. Макусовым. Они выпускаются двух типов: 1) Модель А — отверстие 100 мм в диаметре, увеличения 50, 100 и 140 раз на параллактической (экваториальной) установке с микрометрическими движениями, 2) Модель Б — отверстие 70 мм в диаметре, увеличение 50 раз на азимутальной установке. Педагогическому институту следует рекомендовать первый тип — А. С этим телескопом уже можно проделать все помещаемые нами дальше работы с астрономической трубой.

Задачи по астрономии решаются студентами под общим руководством преподавателя.

Порядок проведения работ должен по возможности быть поставлен так, чтобы уже с первых задач студенты научились пользоваться астрономическими пособиями — звездной картой, подвижной картой, «Астрономическим календарем» (переменная и постоянная части), чтобы они сами находили в этих справочниках нужные им для решения задач величины. Здесь помощь преподавателя должна заключаться лишь в том, чтобы научить студентов

пользоваться этими пособиями самостоятельно и начиная с 3-го занятия не следует давать им готовых чисел. Работа с перечисленными пособиями, а также с инструментами должна проводиться так, чтобы у студентов создавалось представление, как получает астроном научные данные, какие обстоятельства приходится учитывать ему во время работы с телескопом, при производстве измерений и при их обработке.

Упрощения, допускаемые при постановке и проведении задач со студентами, должны касаться отнюдь не принципиальной части и могут сводиться лишь к более простым начальным данным, к разбору более простых случаев, к отбрасыванию ошибок инструмента, играющих роль лишь в вопросах точности наблюдений и т. п.

В зависимости от ясной погоды можно порядок отдельных наблюдательных задач несколько менять, сообразуясь с тем, какой материал лекционного курса прочитан. Не следует, например, проводить наблюдения с универсалом без знания основ сферической астрономии. Первые наблюдения, представляющие обзор неба невооруженным глазом, обязательно проводятся с преподавателем, ведущим практику. С ним же проводятся одно или два (вечернее и дневное) наблюдения в телескоп. В дальнейшем каждый студент должен научиться проводить те и другие наблюдения самостоятельно по программе, данной в руководстве. В помощь студентам в ясные дни на вышке должен дежурить лаборант.

Наблюдения, связанные с ориентировкой на местности, и знакомство с приемами практической астрономии ведутся под общим руководством преподавателя.

Чрезвычайно полезно, если при проведении той или иной задачи студенту будет дан еще иллюстративный материал, который поможет ему значительно полнее уяснить постановку и проведение работы астрономом. Таким иллюстративным материалом могут быть, например, копии из наблюдательской книжки астронома, определявшего широту места и поправку часов в поле; примеры записи сигналов времени на ленте хронографа для проверки часов по радиосигналам, фотографии инструментов в рабочем состоянии, фотографии для астрофизических исследований и т. п.

В результате выполнения практических работ студенты должны освоить основные понятия и методы сферической астрономии, пользование картами, атласами, календарем, решение задач вычислительного характера, приемы ориентировки, уметь производить простейшие измерительные работы, сделать зарисовки и записи произведенных наблюдений планет, Луны, Солнца, переменных звезд.

Преподаватель ведет учет выполнения студентами задач у себя по каждой задаче отдельно. Отметку о выполнении практикума целесообразно ставить в случае неясности или имеющихся пробелов лишь после дополнительной беседы с данными студентами.

Задание № 1. Общее обозрение неба. Наблюдения невооруженным глазом.

Общее обозрение неба имеет своей задачей: знакомство с основными созвездиями, получение навыков в пользовании звездной картой, знакомство с основными линиями и точками небесной сферы, наблюдения за суточным вращением ее и приближенную ориентировку на земле по звездному небу.

Целесообразно начинать практические занятия по астрономии с общего обозрения неба, а затем проводить их параллельно с работами в кабинете.

Первое занятие под открытым небом должно быть проведено с преподавателем, который даст все нужные инструкции с показом на небе; затем дается задание студентам в последующие вечера повторять и продолжать знакомство с небом и выполнять следующие задачи:

1. Найти Полярную звезду (по созвездию Большой Медведицы) и проследить на небе, как проходит среди звезд меридиан места наблюдения. Указать основные точки горизонта.

2. Став лицом к Полярной звезде и обратив внимание на положение Большой Медведицы, найти по другую сторону Полярной почти на таком же расстоянии созвездие Кассиопеи, состоящее в основном из пяти звезд, которые составляют ломаную линию вида W.

Рассмотреть основную форму Малой Медведицы, состоящую из более слабых звезд вида семизвездного ковша малого размера, обращенного в сторону Большой Медведицы.

3. Проследить за суточным вращением небесного свода. Для этого:

а) заметить положение Большой Медведицы и Кассиопеи относительно меридиана в начале наблюдений, а затем сравнить расположение их в конце наблюдений (через час-два);

б) выбрать три приметные звезды — одну в южной части неба (близ меридиана), другую — в восточной и третью — в западной части, заметить (лучше зарисовать) положение каждой из них по отношению к земному предмету на горизонте (труба, крыша, дерево и т. п.); повторить наблюдение примерно через полчаса с того же места.

4. Пользуясь звездной картой, найти на небе: Большую Медведицу, Малую Медведицу с Полярной звездой, Кассиопею, Лиру

с яркой звездой Вегой, Возничего с яркой звездой Капеллой (два последних созвездия лежат почти на одной прямой, проходящей через Полярную по разные стороны от нее).

Все указанные здесь созвездия являются незаходящими у нас, и надо научиться быстро их отыскивать. Они служат опорой и для нахождения других созвездий и для ориентировки (только Лира и Возничий в отдельные месяцы могут спускаться под горизонт для более южных широт).

5. Многократными наблюдениями отмечать, как все эти созвездия располагаются в различные часы вечера. Как же происходит видимое суточное вращение? Каково направление оси мира?

Наметить приблизительно положение небесного экватора. Пользуясь картой, определить созвездия, по которым проходит небесный экватор; отметить ту звезду, которая в данный момент лежит близ точки пересечения небесного экватора с меридианом.

6. Определить приближенно географическую широту места наблюдения по высоте Полярной над горизонтом. Высоту Полярной измерить транспортиром с отвесом (упрощенный высотомер).

Полученную широту сравнить с широтой, взятой из справочника или с географической карты.

Тем же высотомером наметить на южной стороне меридиана точку его пересечения с экватором.

7. Пользуясь картой, отметить видимые в данный час вечера созвездия в меридиане, на востоке и на западе. Стараясь наблюдать в одни и те же часы вечера, сравнить положение видимых в тех же сторонах неба созвездий через неделю, через месяц, в различные сезоны. Обратит внимание, как меняется положение созвездий, указанных в задаче 4-й.

Попутно отметить зодиакальные созвездия, видимые в данное время.

Примечание. Наблюдения задач 7-й и 8-й проводятся самостоятельно студентами в течение всего семестра, а, по возможности, — и всего года с записями и зарисовками в тетради, которые просматриваются руководителями практических занятий по мере их накопления и принимаются во внимание при зачете

8. Провести наблюдения над Луной, зарисовывая каждый раз видимую форму ее диска, положение по отношению к заходящему или только что зашедшему Солнцу и к горизонту, а также по отношению к звездам, среди которых находилась Луна. Наблюдения повторять через 3—4 дня на протяжении месяца.

9. Пронаблюдать и отметить на карте видимое движение какой-либо планеты среди звезд.

Для этого надо справиться по «Астрономическому календарю», в какие месяцы данного года может наблюдаться на ночном небе одна из планет — Венера, Марс, Юпитер; затем скопировать со звездной карты главнейшие звезды зодиакальных созвездий, по которым перемещается наблюдаемая планета, и отмечать поло-

жение планеты на карте, повторяя наблюдения через две недели, через месяц, через два, три месяца.

Примечание. Задачи с 1-й по 5-ю должны быть проведены в ближайшие вечера после начала занятий, остальные задачи—в последующее время. Однако студенты должны заранее иметь их в виду, чтобы не пропустить время, удобное для их выполнения. Учитывая, что вид неба меняется по сезонам, следует требовать от студентов, чтобы они на протяжении всего года возможно чаще наблюдали небо самостоятельно, находили знакомые созвездия и замечали еще неизвестные им, пользуясь звездной картой.

Задание № 2. Небесная сфера, ее основные линии и точки.

Вид неба под различными широтами.

На модели небесной сферы, состоящей из отдельных металлических кругов или шара с нанесенными на нем звездами (небесный глобус), представлены ее главнейшие линии и точки. В центре сферы мыслится глаз наблюдателя. С неподвижной частью модели скреплен большой круг, представляющий математический горизонт наблюдателя. Не участвующим во вращении модели

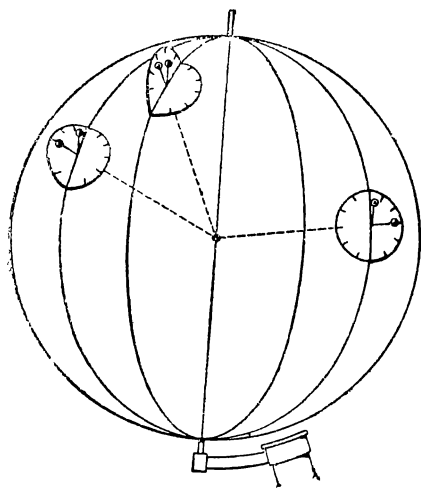


Рис. 1.

сферы является также круг небесного меридиана, сквозь который проходит ось вращения сферы. Сама сфера может изменять положение относительно горизонта таким образом, что наклон оси мира к горизонту можно сделать любым, то-есть поставить сферу для наблюдателя, находящегося на любой географической широте.

1. Пользуясь географическим глобусом, проследить, как будет изменяться направление на зенит и положение плоскости горизонта при перемещении наблюдателя по земной поверхности, как будет изменяться высота Полярной звезды над горизонтом (рис. 1). Одновременно нужно уяснить с помощью географического глобуса

и на рисунке, что плоскость географического меридиана данного места наблюдения в пересечении с небесной сферой даст небесный меридиан наблюдателя, то-есть, что она пройдет через точки зенита и полюса мира.

2. Установить модель небесной сферы для наблюдателя, находящегося на географической широте:

56° (Москва), 45°, 0, 60° (Ленинград), 90°.

Во всех случаях указать основные линии и точки: глаз наблюдателя, горизонт, точку зенита, ось мира, полюс мира, меридиан, небесный экватор, основные точки горизонта.

Взяв в произвольной точке небесной сферы светило, проследить за его суточным движением, указать его точки восхода и захода для всех вышеуказанных случаев, точки его кульминаций — верхней и нижней.

3. Сделать чертеж небесной сферы с ее основными точками и линиями для наблюдателя, находящегося на некоторой широте (по собственному выбору или по указанию преподавателя), отметив суточную параллель произвольно взятого светила.

Сделать подобный же чертеж для наблюдателя, находящегося на экваторе и на полюсе Земли.

Задание № 3. Системы координат. Условия видимости светил. Звездная карта.

1. Установить модель небесной сферы для наблюдателя, находящегося в Москве, и отметить на ней точки с горизонтальными координатами:

$$\begin{array}{lll} A = 50^\circ & \text{и} & h = 30^\circ; \\ A = 220^\circ & \text{и} & h = -6^\circ. \end{array}$$

Каковы горизонтальные координаты четырех основных точек горизонта, полюсов мира, точек зенита и надира?

2. Взять звезду в какой-нибудь точке меридиана и показать на модели справедливость формулы, связывающей склонение светила δ , высоту его h (или зенитное расстояние z) и широту места φ .

В задачи практической астрономии входит определение φ по известному δ путем измерения высоты h данной звезды в меридиане.

Решить примеры:

$$\begin{array}{lll} \delta = +12^\circ 10' ; & h = 52^\circ 17', & \text{найти } \varphi \\ \delta = -8^\circ 15' ; & h = 31^\circ 5', & \text{найти } \varphi \end{array}$$

В задачу работ обсерватории входит определение склонения δ светил путем измерения их высоты h в момент кульминации.

Решить примеры:

$$\begin{array}{lll} \varphi = 55^\circ 45' , & h = 49^\circ 12' , & \text{найти } \delta; \\ & h = 15^\circ 19' , & \text{найти } \delta. \end{array}$$

Взять светило на сфере (или на чертеже) в северном полушарии неба ($\delta > 0$) и проследить его суточную параллель; как изменится высота светила над горизонтом, каков азимут его точек восхода и захода. Сделать то же для светила в южном полушарии неба.

3. Подсчитать, до какого южного склонения видны звезды в Москве ($\varphi = 56^\circ$), в Мурманске ($\varphi = 69^\circ$), в Сухуми ($\varphi = 43^\circ$), с какими склонениями звезды для этих широт будут незаходящими.

4. На каких широтах Солнце будет 22 июня незаходящим? На каких широтах 22 декабря Солнце будет невосходящим? На каких

географических широтах в те же дни Солнце будет в зените? Показать это на модели небесной сферы.

Показать на модели и на чертеже суточные пути Солнца на полюсе и экваторе, на полярном круге и тропике 22 июня, 23 сентября, 22 декабря и 21 марта.

5. На модели небесной сферы указать, какая из двух точек пересечения эклиптики с экватором является точкой весеннего равноденствия. Отметить несколько точек-светил и отсчитать их прямые восхождения и склонения.

Наметить на сфере точки с координатами:

$$\begin{array}{ll} \alpha = 40^\circ & \delta = +30^\circ \\ \alpha = 210^\circ & \delta = +60^\circ \\ \alpha = 10^h & \delta = -15^\circ \\ \alpha = 22^h & \delta = +20^\circ \end{array}$$

6. Поставив модель небесной сферы в некоторое произвольное положение для Москвы, указать на ней точки с координатами:

$$\begin{array}{ll} t = 3^h, & \delta = +60^\circ; & t = 17^h, & \delta = -7^\circ \\ t = 14^h, & \delta = +20^\circ; & t = 23^h, & \delta = +5^\circ \end{array}$$

7. Начертить небесную сферу для наблюдателя в Москве и построить координаты горизонтальные и экваториальные для произвольных точек как северного, так и южного полушарий.

8. Рассмотреть общую карту звездного неба.

Карта представляет часть небесной сферы, спроектированную определенным образом на плоскость. Северный полюс мира — в центре карты; круги склонения представлены прямыми линиями, расходящимися от полюса мира. На начальном круге склонений, проходящем через точку весеннего равноденствия, поставлены числа градусов. Экватор и параллели изображены окружностями с общим центром в полюсе мира. Для отсчета прямых восхождений на внешнем круге поставлены числа часов римскими цифрами. Северное полушарие неба ограничено экватором. Южное полушарие неба сравнительно сильно растянуто и изображено лишь частично вокруг экватора. Эклиптика изображена овалом эксцентричным с экватором и пересекается с ним в точках весеннего и осеннего равноденствия.

Найти на карте звезды: Вегу (α Лиры), Капеллу (α Возничего), Сириус (α Большого Пса) и отсчитать на карте их прямые восхождения и склонения.

Найти на карте звезды, имеющие следующие координаты:

$$\begin{array}{ll} \alpha & \delta \\ 14^h 12^m & +19^\circ, 5 \\ 4^h 32^m & +16^\circ, 4 \\ 16^h 25^m & -26^\circ, 3 \end{array}$$

Задание № 4. Звездное время.

1. Взяв на модели небесной сферы или на черном глобусе в произвольной точке светило, показать справедливость формулы, связывающей прямое восхождение светила α , его часовой угол t и звездное время s в данный момент.

2. Найти на небесной сфере точку весеннего равноденствия и поставить сферу для моментов звездного времени:

$$s = 0^h, 6^h, 2^h, 12^h, 10^h, 18^h, 20^h.$$

3. В Москве в момент верхней кульминации измерена высота звезды: $h = 42^\circ$. Определить склонение звезды.

Определить склонения звезд, высоты которых в Москве в верхней кульминации: $4^\circ, 34^\circ$; в нижней кульминации: $7^\circ, 30^\circ$.

Начертить их суточные параллели и указать точки их восхода и захода. Каковы прямые восхождения этих пяти звезд, если во время измерения высот звездное время соответственно было:

$$s_1 = 0^h 00^m, s_2 = 5^h 30^m, s_3 = 18^h 45^m, s_4 = 2^h 00^m, s_5 = 8^h 30^m$$

4. В какой части неба (восточной или западной) и под какими часовыми углами будут находиться звезды Альдебаран ($\alpha = 4^h 33^m$) и Вега ($\alpha = 18^h 35^m$) в моменты верхней и нижней кульминаций точки весеннего равноденствия?

5. В течение года прямое восхождение Солнца меняется от 0 до 360° или от нуля часов до 24^h , увеличиваясь каждые сутки приблизительно на 4 минуты. Зная, как изменяется прямое восхождение Солнца от момента весеннего равноденствия, показать на звездной карте, где на эклиптике находится Солнце в данный день, каковы его экваториальные координаты (приблизительно). Сделать то же для 1 мая и для 1 января.

Задание № 5. «Астрономический календарь».

Астрономические календари содержат в себе необходимые справочные данные для астронома-наблюдателя. Для нужд астрономических обсерваторий и других научных работ у нас издается «Астрономический ежегодник», составляемый Ленинградским институтом теоретической астрономии. Им же выпускаются специальный морской и авиационный ежегодники. Мы рассмотрим «Астрономический календарь», издаваемый Горьковским отделением Всесоюзного астрономо-геодезического общества. Он является справочником и руководством для любителя астрономии, преподавателя, для астронома-наблюдателя. Имеется постоянная часть календаря, изданная в 1930 г., и ежегодно издается переменная часть.

Часть постоянная содержит:

1. Основные данные из всех разделов астрономии (стр. 1—243). Инструкции для научных любительских наблюдений Солнца, переменных звезд, метеоров и др. (стр. 269—391).

2. Справочные таблицы. Астрономические постоянные (стр. 419—420). Элементы больших планет, Солнца и Луны (421—422 стр.).

3. Вспомогательные таблицы. Перевод времени в дугу и обратно (стр. 424—425). Перевод звездного времени в среднее и обратно (стр. 426—427).

4. Каталог звезд. Средние места звезд для 1930 г. (стр. 458—467).

В каталоге звезды расположены в порядке возрастания их прямых восхождений. Кроме координат α и δ , даны звездная величина и спектральный класс звезд.

Координаты звезд изменяются вследствие прецессии, а также собственного движения звезд. Поэтому, чтобы каталогом можно было пользоваться для любого года, даны изменения координат звезд на 1 год. Чтобы в каталоге найти данную звезду, нужно приблизительно знать ее прямое восхождение: его можно взять со звездной карты.

5. Каталог пунктов СССР — географические координаты астрономических обсерваторий и главнейших городов СССР (стр. 490—493). Пункты расположены по алфавиту.

К постоянной части «Астрономического календаря» приложена подвижная карта звездного неба¹.

Часть переменная содержит: астрономические величины, меняющиеся от дня ко дню, как-то: координаты Солнца, Луны и планет, звездное время на каждый день, сведения о затмениях, о видимости планет, о расположении спутников Юпитера и др. Эти данные предвычисляются заранее и составляют так называемые эфемериды, — основное содержание всякого астрономического календаря.

Обратить внимание на следующее:

1. Ежемесячные таблицы Солнца и Луны.

Для Солнца дается, вместо прямого восхождения, звездное время в 0^h мирового времени, склонение и момент его верхней кульминации (истинного полдня по местному гражданскому времени)². Надо проследить, как эти величины меняются в течение года.

Для Луны даны α и δ , а также видимый угловой радиус диска Луны.

Все вышеуказанные величины даны на каждый день для 0 часов мирового времени, т. е. для момента, когда среднее Гриничское время равно 0 часов (гриничская полночь).

2. П л а н е т ы. Кроме координат, данных на 1 и 16 число каждого месяца, приложены карты их видимых путей среди

¹ В виду того, что постоянной части календаря может не быть в кабинетах и библиотеках институтов, многие из указанных здесь таблиц и справочных сведений даются в приложениях к настоящей книге.

² До 1941 г. в календаре, вместо момента верхней кульминации Солнца давалось уравнение времени.

звезд, а также даны сведения о их видимости в течение года и их конфигурации (положения относительно Солнца).

3. Затмения Солнца и Луны. Дается перечень всех видимых в данном году затмений, указываются точные моменты их наступления, места видимости и пр.

Переменная часть имеет приложение, содержащее статьи по успехам астрономии за предыдущий год и по отдельным вопросам астрономии.

Задание № 6. Подвижная карта звездного неба.

Подвижная карта состоит из двух частей: из собственно звездной карты и из накладывающегося на нее листа с вырезанным (или начерченным) кругом горизонта наблюдателя. На карту наносится сетка экваториальных координат, а на краях карты, кроме часов прямого восхождения, делается разметка дней и месяцев соответственно положению Солнца в эти дни.

Очень удобным для практических занятий является, вместо вырезанного горизонта, лист прозрачной бумаги с начерченными на нем линиями горизонта и меридиана.

В зависимости от проекции карты линия горизонта может быть окружностью, эллипсом или дугой кривой. Во всех случаях она должна удовлетворять требованиям: высота полюса мира над точкой севера равна широте места наблюдателя (для каждой широты свой горизонт); экватор поднимается над точкой юга на 90° — т. е. линия горизонта пересекается с экватором в двух диаметрально противоположных точках — востока и запада.

На краю листа с горизонтом размечены часы местного гражданского времени. Оцифровка карты позволяет ряд вопросов решать непосредственно, не делая никаких дополнительных расчетов.

1. Установить подвижную карту так, чтобы она представляла расположение созвездий по отношению к горизонту и меридиану в заданный момент.

У к а з а н и е: наложив круг с вырезанным горизонтом на карту, поворачивать его так, чтобы внешний край скользил по кругу карты с размеченными месяцами до совпадения данного дня и часа. Если же для горизонта берется прозрачный лист с начерченным кругом часов, то, скрепив его булавкой с картой в полюсе мира, вращать карту до совпадения заданных дня и часа; картина звездного неба будет видна на просвет внутри прочерченной границы горизонта.

2. Пользуясь координатами Луны или какой-нибудь планеты из переменной части «Астрономического календаря», нанести их (карандашом) для данного дня на подвижную карту и определить момент их восхода, кульминации и захода. Сравнить с наблюдениями.

Задание № 7. Соотношение между звездным и средним временем.

1. Показать на модели сферы (или на черном глобусе), что солнечные сутки длиннее звездных. Отмечая положение среднего Солнца на небесной сфере, показать, на сколько часов оно будет кульминировать позже точки весеннего равноденствия 22 апреля, 22 мая и т. д., т. е. каково будет в эти дни в средний солнечный полдень звездное время (приблизительно). Чему равняется звездное время в средний полдень данного дня. Чему равно звездное время в полночь данного дня, в 3 часа, в 15 час. среднего времени (т. е. когда часовой угол среднего Солнца равен 3 час. и 15 час.).

2. Задачи на связь между звездным и средним временем удобно также решать (приближенно) с помощью подвижной звездной карты с накладываемым на нее горизонтом наблюдателя.

На карте найти точку весеннего равноденствия и установить, где в заданный момент находится Солнце, воспользовавшись приближенным расчетом, что каждые сутки прямое восхождение Солнца увеличивается приблизительно на чегыре минуты времени или на 1° .

3. Звездное время равно прямому восхождению кульминирующей звезды в данный момент. Пользуясь подвижной картой показать: а) чему равно в данный момент звездное время, б) который час по среднему времени в данный день, когда звездные часы показывают $0^h 00^m$; $12^h 00^m$; $18^h 00^m$ и т. п.

4. Для определения времени 10 мая 1947 г. наблюдался момент верхней кульминации звезды α Волопаса (Арктур). По моменту кульминации были поставлены звездные часы. Сколько они в этот момент показывали и как по ним поставить средние часы? Чему равно местное гражданское время?

5. Сравнить приближенные подсчеты звездного времени для средней полуночи и среднего полудня (сделанные выше) со звездным временем, данным в переменной части «Астрономического календаря».

В «Астрономическом календаре» звездное время дается для средней гриничской полуночи (0^h ср. гр. вр.) с точностью до 0,1 секунды.

6. Вычислить, чему равно звездное время в заданный день в среднюю полночь, т. е. в 0^h местного гражданского времени в Москве, в Ташкенте, в Иркутске, в Хабаровске.

У к а з а н и е. За одни сутки разность между средним и звездным временем возрастает на $3^m 56^s$ звездного времени; за 1 час на 9^s , 86 звездного времени. От момента московской полуночи до момента гриничской полуночи пройдет $2^h 30^m$ (разность долгот), следовательно, изменение будет равно $9^s, 86 \times 2,5 = 24^s, 6$ (поправка на долготу). Эту поправку нужно вычесть из звездного времени, данного в «Астрономическом календаре».

7. Вычислить, который час по звездному времени 10 мая в 4 часа гриничского гражданского времени; в 17 час., в 20 час. ср. гриничского времени.

У к а з а н и е. Прежде всего нужно протекший от полуночи интервал среднего времени (4 час., 17 час., 20 час.) перевести в единицы звездного времени, помня, что 1 час среднего времени равен $1^h 00^m 09^s,86$ звездного времени. Для перевода интервалов времени воспользоваться вспомогательной таблицей в постоянной части «Астрономического календаря» или в приложении.

8. Вычислить, который час по звездному времени 10 мая в 4 часа, в 17 час., в 20 час. московского гражданского времени.

То же для Иркутска, для Хабаровска.

Задание № 8. Истинное и среднее солнечное время.

Время и долгота. Местное и поясное время.

1. При помощи переменной части «Астрономического календаря» определить уравнение времени для данного дня и проследить, как изменяется уравнение времени в течение года.

2. Часы идут по местному гражданскому времени. Произведена их поверка по Солнцу. Когда 16 мая Солнце проходило через меридиан места наблюдения, часы показывали 11 час. 59 мин. 17 сек. Какова поправка часов?

3. По часам наблюдателя 27 октября отмечена равная длина тени от гномона в $10^h 15^m 17^s$ и в $14^h 01^m 03^s$. Определить поправку часов.

4. На географическом глобусе выбрать несколько пунктов и указать, на сколько отличается местное время каждого пункта от гриничского и от времени каждого другого из взятых пунктов. В каких часовых поясах эти пункты должны находиться и на сколько отлично местное время от времени поясного в каждом пункте?

Примечание. Рассмотреть это для пунктов, находящихся как к востоку, так и к западу от гриничского меридиана.

5. 16 мая 1947 г. приняты радиосигналы времени, подаваемые через радиостанцию им. Коминтерна в 12 час. по московскому декретному времени. Сигналы приняты в 18 час. 21 мин. по местному гражданскому времени. Определить географическую долготу места наблюдения от Гринича и указать, в котором часовом поясе оно расположено и каково различие между показаниями местных часов и декретных часов данного пункта.

У к а з а н и е. Воспользоваться картой часовых поясов, данной в постоянной части «Астрономического календаря» (стр. 74).

6. Часы идут по декретному времени. Какой час в данный момент по местному гражданскому времени вашего пункта?

7. Солнечные часы 2 июня в Москве показывали $16^h 29^m$; часы наблюдателя, которые должны давать декретное время, показывали $16^h 52^m$. Найти поправку часов.

У к а з а н и е. Описание изготовления солнечных часов дано в «Практических работах» в конце книги.

Задание № 9. Параллактический или астрономический треугольник. Стереографическая сетка.

1. Начертить небесную сферу для Москвы и, взяв на ней произвольную звезду, построить для нее параллактический треугольник; оценить на глаз величину его сторон и указать приближительные значения A , h , t и δ звезды.

Проследить, как будет изменяться этот треугольник от восхода звезды до ее кульминации.

2. Место корабля, определенное по расчету прокладкой его пути в 21^h местного звездного времени, имело широту $73^\circ 20'$. Вычислить, какое зенитное расстояние должна иметь в это время для этого места звезда с координатами $\delta=15^\circ 30'$ и $\alpha=5^h 10^m$.

3. Преобразовать формулу параллактического треугольника, связывающую z и t , для светила в горизонте, и вычислить продолжительность самого короткого дня для Москвы, Самарканда и Мурманска.

4. Найти продолжительность гражданских сумерек для самого длинного и самого короткого дня в Москве. Гражданские сумерки длятся от захода Солнца ($h=0$) до погружения его на $6^\circ, 5$ под горизонт ($h=-6^\circ, 5$).

У к а з а н и е. Целый ряд задач, относящихся к небесной сфере, — видимость светил, восход, заход, перевод одной системы сферических координат в другую и т. д. — легко решается с помощью стереографической сетки, когда можно удовлетвориться небольшой точностью (прибл. до $1^\circ - 0,5^\circ$).

Стереографическая проекция обладает тем свойством, что всякая дуга круга, проведенная на сфере, будет на этой проекции также дугой круга.

Для решения задач на сфере удобно пользоваться стереографической проекцией сетки сферических координат на меридиональную плоскость (см. прилагаемую сетку).

Положим, даны часовой угол t и склонение δ светила (например: $t=4^h$ и $\delta=75^\circ$).

Найти A и z для наблюдателя, находящегося на данной широте (например, $\varphi=56^\circ$).

Принимаем сетку за систему экваториальных координат. Накладывая на нее чистую кальку или прозрачную бумагу, наносим на последней светило по заданным его экваториальным координатам. Отмечаем на кальке северный полюс (верхняя точка, в которой сходятся все меридианы), центр сетки, помеченный четырьмя точками, и положение светила по данным t и δ .

Теперь будем рассматривать ту же сетку как систему горизонтальных координат и экватор сетки примем за горизонт наблюдателя. Накладываем вновь ту же кальку, совмещая центр так, чтобы отмеченный на ней полюс мира поднимался над горизонтом на угол, равный широте места наблюдения φ . Отсчитываем по сетке A и z светила. В данном примере получаем для широты 56° $A = 152^\circ$, $z = 29^\circ$.

5. Решить с помощью стереографической сетки следующие задачи:

1) Начертить суточную параллель звезды (склонение δ взять произвольно, и определить A и t точки ее восхода).

Найти h при $A = 90^\circ$ (в первом вертикале).

2) Решить задачу на преобразование координат.

Найти α и δ кометы, пользуясь формулами параллактического треугольника, если в Москве при $s = 11^h 16^m 10^s$ комета имела:

$$z = 28^\circ 17',5;$$

$$A = 286^\circ 47',2.$$

Задание № 10. Приближенное определение меридиана по Солнцу.

1. Пользуясь циферблатом карманных часов и направив часовую стрелку на Солнце, определить приближенно направление меридиана.

У к а з а н и е. Угловая скорость часовой стрелки с двенадцатичасовым циферблатом в два раза больше, чем угловая скорость суточного движения Солнца.

2. Определение меридиана с помощью гномона.

Гномон представляет собой вертикальный стержень, укрепленный на горизонтальной плоскости, и служит для определения направления меридиана по кратчайшей тени. Для удобства и точности наблюдений предварительно проводится на горизонтальной плоскости ряд окружностей с центром в основании стержня. С их помощью можно определить два направления на Солнце, при которых тени от стержня имеют одинаковую длину до и после кульминации Солнца. Для этого следует отметить две точки касания конца тени одной из окружностей и соединить эти точки радиусами с центром. Биссектриса полученного угла дает направление меридиана (полуденной линии).

Задание № 11. Проверка часов с помощью солнечного кольца.

Солнечное кольцо предназначено для проверки часов по двум наблюдениям одинаковой высоты Солнца до полудня и после полудня.

Кольцо имеет небольшое круглое отверстие и против него (на внутренней стороне кольца) шкалу. Кольцо свободно подвешивается

на специальной подставке (приделанной обычно к ящику). Подвешенное кольцо направляется отверстием к Солнцу; тогда солнечный луч, прошедший сквозь отверстие, даст светлое пятнышко на шкале.

До полудня высота Солнца увеличивается — пятнышко перемещается вниз; в полдень оно займет самое низкое положение на шкале. После полудня, т. е. после кульминации Солнца, пятнышко перемещается по шкале вверх.

Наблюдения состоят в том, чтобы отметить по часам моменты, когда пятнышко находится на одном и том же штрихе шкалы до полудня и после полудня, что соответствует равным высотам Солнца. Среднее арифметическое отмеченных моментов даст показание часов в истинный полдень (момент верхней кульминации Солнца по часам наблюдения). Местное гражданское время этого момента на каждый день дается в переменной части «Астрономического календаря».

Для большей точности обычно отмечают моменты касания верхнего и нижнего края пятнышка различных штрихов шкалы, а также моменты, когда пятнышко делится штрихами шкалы пополам. После полудня все эти явления идут в обратной последовательности. Каждая пара соответствующих друг другу моментов (до и после полудня) дает показание часов в моменты истинного полдня. Среднее арифметическое из этих моментов принимается за наиболее достоверное значение момента истинного полдня (по часам наблюдателя).

Схема и пример записи наблюдений 5 апреля 1946 г.

Определение поправки часов с помощью солнечного кольца. Часы идут по местному гражданскому времени.

Наблюдатель А л е к с а н д р о в а Н. Б.

Явление.	Показание часов		кульмин.
	до кульмин.	после кульмин.	
Штрих 74 \bigcirc	10 ^h 21 ^m 15 ^s	13 ^h 48 ^m 39 ^s	12 ^h 4 ^m 57 ^s
74 \ominus	10 22 55	13 47 07	12 5 01
74 \bigcirc	10 24 31	13 45 27	12 4 59
75 \bigcirc	10 25 42	13 44 06	12 4 54

Момент истинного полдня (по часам наблюдателя) 12^h 4^m 58^s

Момент полдня, взятый из «Астрономического календаря» 12^h 2^m 52^s

Поправка часов — 2^m 06^s

При точных определениях надо иметь в виду, что во время наблюдений δ Солнца изменялось, и нужно ввести так называемую поправку «неисправленного полдня» — см. постоянную часть «Астрономического календаря».

Задание № 12. Универсальный инструмент и работа с ним.

Универсальный инструмент (универсал) — один из основных переносных астрономических инструментов. Он служит для измерения горизонтальных координат светила. Труба универсала для визирования на данную точку неба поворачивается около двух взаимно-перпендикулярных осей — вертикальной и горизонтальной. Для отсчетов положения трубы имеются два разделенных круга: вертикальный — для отсчета высоты или зенитного расстояния и горизонтальный — для отсчета азимута.

Установка (нивелирование) универсала делается с помощью трех винтов, которыми оканчиваются его ножки, и контролируется уровнем, укрепленным на станине инструмента (или накладываемым на его горизонтальную ось). Поднимая или опуская соответствующие ножки, нужно добиться, чтобы при любом повороте инструмента около вертикальной оси, пузырек уровня занимал одно и то же (срединное) положение в трубке уровня.

При этом поступают следующим образом:

1) поставив инструмент на столб или треногу, поворачивают его около вертикальной оси до тех пор, пока уровень расположится параллельно линии, соединяющей центр инструмента с одной из ножек; вращают винт этой ножки в ту или другую сторону, чтобы привести пузырек его на середину трубки;

2) поворачивают инструмент около вертикальной оси на 90° так, чтобы трубка уровня расположилась параллельно линии, соединяющей два других установочных винта ножек, вращают одновременно оба эти винта в противоположные стороны равномерно и приводят опять пузырек уровня на середину.

После этого установку можно считать законченной, если при любом повороте около вертикальной оси пузырек уровня остается на середине. В противном случае необходимо произвести регулировку установки уровня.

Отсчет кругов. Круг (лимб) малого универсального инструмента (или теодолита) чаще всего разделен через $1/2^\circ$ и оцифрован через 10° . Указателем отсчета является нулевой штрих нониуса; по нему отсчитываются целые деления лимба, т. е. градусы и полуграды. Если этот (т. е. нулевой) штрих не совпадает со штрихом лимба, то долю деления лимба, на которую отстоит нулевой штрих нониуса от штриха круга, определяют по шкале нониуса.

Нониус имеет 30 делений, которые по своему протяжению равны 29 делениям лимба. Иными словами, 30 делений нониуса короче 30 делений лимба на одно деление лимба, т. е. на $1/2^\circ$; благодаря этому одно деление нониуса короче одного деления лимба на $1/2^\circ:30=1'$, т. е. на $1'$.

Это значит, что если нулевой штрих нониуса совпадает со штрихом круга, то 1-й штрих нониуса разойдется со следующим штрихом лимба на $1'$, 2-й штрих нониуса разойдется на $2'$. . . , 5-й штрих

нониуса отойдет от соответствующего деления лимба на 5', 17-й — на 17' и т. д. Поэтому, если, например, 5-й штрих нониуса совпадает со штрихом лимба, то нуль нониуса отстоит от деления круга на 5', если совпадает 17-й штрих нониуса, то его нулевой штрих отстоит от деления круга на 17' и т. д. Таким образом, градусы и полуградусы указывают нулевой штрих нониуса, а минуты — номер штриха нониуса, совпадающего со штрихом лимба.

Наводка трубы на объект — визирование. Для визирования в фокусе окуляра трубы имеется крест (или сетка) нитей. Труба закрепляется около той или другой оси зажимными винтами, и после закрепления может поворачиваться уже только микрометрическими винтами. Сначала, отпустив зажимные винты, «ловят» объект в поле зрения трубы, поворачивая трубу рукой. Затем, закрепив трубу зажимными винтами и действуя микрометрическими винтами, ставят объект на пересечение нитей (центр поля зрения).

Если в астрономическом кабинете института универсального инструмента нет и достать его невозможно, можно пользоваться более распространенным, но близким к нему по устройству инструментом — так называемым теодолитом, который служит для землемерных и геодезических целей. Теодолит обычно имеет вертикальный круг менее точный и часто его деления ограничены небольшими высотами. Но и он дает возможность ознакомиться с методикой инструментальных измерений и решать предлагаемые здесь задачи.

Для получения большей точности в измерениях инструмент снабжается двумя нониусами на каждом круге, диаметрально расположенными. Таким образом делается два отсчета на круге для каждого положения зрительной трубы. Один из этих нониусов наблюдатель принимает за основной и с него записывает градусы, а минуты берет как среднее арифметическое с обоих нониусов. Это делается для исключения так называемой ошибки эксцентриситета, т. е. ошибки, происходящей от несовпадения оси вращения инструмента и центра лимба.

Второй ошибкой инструмента обычно является неточность перпендикулярности горизонтальной оси вращения и оптической оси трубы или — ошибка коллимации. Для устранения этой ошибки производятся два отсчета на вертикальном круге при направлении трубы на объект в двух положениях инструмента: когда вертикальный круг расположен вправо от трубы и когда вертикальный круг расположен влево от трубы.

1. ЗАДАЧИ И НАБЛЮДЕНИЯ С УНИВЕРСАЛЬНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ ИЛИ ТЕОДОЛИТОМ.

1. Определить цену деления горизонтального и вертикального лимбов данного инструмента и найти точность отсчета по нониусам.

2. Определение направления меридиана (точки юга) по равным высотам звезды.

Порядок действий:

1. Установка инструмента — его нивелировка.

2. Наблюдения — зная приближенное направление меридиана, определяемое на глаз по Полярной звезде, отыскать какую-нибудь заметную звезду несколько к востоку от южной стороны меридиана (т. е. перед ее верхней кульминацией); направить трубу универсала на эту звезду; закрепить горизонтальную ось, привести микрометрическим винтом звезду на горизонтальную нить в поле зрения трубы и сделать отсчет горизонтального круга; оставляя закрепленной горизонтальную ось так, чтобы положение трубы не изменялось по высоте, поворачивать трубу около вертикальной оси, следя все время за звездой, пока она после кульминации снова «вступит» на горизонтальную нить; при этом положении инструмента сделать второй отсчет горизонтального круга.

3. Обработка наблюдений — найти отсчет, соответствующий положению трубы в меридиане (направление на точку юга), как среднее между двумя отсчетами: до кульминации звезды и после ее кульминации.

У к а з а н и е. Суточным движением звезда приближается с восточной стороны к меридиану и в то же время поднимается над горизонтом, а в трубе с обратным изображением она в это время идет вниз и опускается ниже горизонтальной нити. После кульминации высота звезды уменьшается, а в трубе звезда идет вверх и приближается к той же горизонтальной нити. Два положения звезды на небе при пересечении ею горизонтальной нити до и после кульминации расположены симметрично относительно меридиана, проходящего посредине между ними. Приводим схему записи отсчетов горизонтального круга при наблюдениях и результата вычислений.

Схема и пример записи наблюдений.

29 марта 1946 г. Астрономическая вышка пединститута.

Наблюдатель М и ш и н М. П.

Определение меридиана по равным высотам звезды (α Льва).

Отсчет горизонтального круга:

	нониус I	II	средн.
До кульминации	349°05'	6'	349°08'
После кульминации	17°38'	38'	17°38'
Отсчет на точку юга			3°22'

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ МЕРИДИАНА ПО ПОЛЯРНОЙ ЗВЕЗДЕ.

Инструменты и пособия: универсал или теодолит; хронометр или часы (лучше звездные); астрономический ежегодник или переносная часть «Астрономического календаря».

Последовательность действий при наблюдениях:

1. Проверка часов.

2. Установка инструмента — его нивелирование.

3. Наблюдения: а) Полярная звезда ставится в середину поля зрения трубы универсала; б) с помощью микрометрического винта по азимуту Полярной приводится точно на вертикальную нить инструмента, причем записывается время с точностью до 1^m ; в) отсчитывается по обоим нониусам горизонтальный круг; г) инструмент поворачивается вокруг вертикальной оси на 180° и производится таким же образом второе наблюдение — труба поворачивается около горизонтальной оси через зенит, наводится опять на Полярную звезду и записываются отсчеты по двум нониусам.

Примечание. Отсчеты по двум нониусам делаются для исключения ошибки эксцентриситета круга, как сказано выше, а наблюдения при двух положениях инструмента («круг право» от трубы и «круг лево» от трубы) делаются для исключения ошибки коллимации.

4. Обработка наблюдений: а) из двух наблюдений «круг право» и «круг лево» берется средний отсчет горизонтального круга и выводится средний момент; б) средний момент исправляется на поправку часов; в) по моменту исправленному (звездного времени) или—часовому углу t и по приближенному значению φ в таблицах «Высоты и азимуты Полярной» находят азимут Полярной; если таблица дана по аргументу t , то t вычисляется по формуле $t = s - \alpha$, где α берется из таблиц «Видимые места Полярной» (переменная часть «Астрономического календаря»); г) зная азимут Полярной и имея отсчет круга (горизонтального), соответствующий направлению на Полярную звезду, получаем отсчет горизонтального круга, соответствующий направлению меридиана.

Схема и пример записи наблюдений.

17 марта 1946 г. Астрономическая вышка пединститута.

Определение меридиана по Полярной.

Часы звездные; $\varphi \approx 56^\circ$.

Наблюдатель И в а н о в Н. Н.

Отсчет горизонтального круга на Полярную.

	нониус I	II	средн.	момент
Круг право	146°41'	42'	42'	7 ^h 59 ^m
Круг лево	39'	41'	40'	8 ^h 00 ^m
<hr/>				
Отсчет горизонт. круга на Полярную (при круге право по нониусу I) . . .	146°41'			7 ^h 55 ^m
Из «Астрономического календаря» поправка за азимут Полярной звезды			+1°47'	
<hr/>				
Отсчет точки N (при круге право по нониусу I)			148°28'	
Отсчет точки S			328°28'	

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЗИМУТА ЗЕМНОГО ПРЕДМЕТА.

а) Выбирается далекий и заметный земной предмет (край трубы, крыши, стены дома и т. д.); б) предмет ставится на крест нитей трубы универсала и делается отсчет горизонтального круга по обоим нониусам; наблюдение повторяется при положении инструмента, отличным на 180° (круг право и круг лево), и берется среднее; в) разность отсчетов горизонтального круга, соответствующих направлению на земной предмет и на меридиан, и есть азимут земного предмета, который записывается в журнал как постоянная величина, которая используется в дальнейших наблюдениях, требующих знания направления меридиана.

При этом отмечается положение центра инструмента на том столбе, где произведено настоящее наблюдение.

Схема и пример записи наблюдений.

17 марта 1946 г. Астрономическая вышка пединститута.

Определение азимута земного предмета — острие громоотвода заводской трубы в юго-западном направлении.

Наблюдатель И в а н о в Н. Н.

Отсчет горизонтального круга на земной предмет

	нониус I	II	средн.
Круг право	$6^\circ 35'$	$35'$	$35'$
Круг лево	$31'$	$32'$	$32'$
<hr/>			
Отсчет горизонт. круга на предмет (при круге право по нониусу I)			$6^\circ 34'$
Отсчет горизонт. круга на S			$328^\circ 28'$
<hr/>			
Азимут земного предмета			$38^\circ 06'$

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕНИТНОГО РАССТОЯНИЯ ЗЕМНОГО ПРЕДМЕТА И МЕСТА ЗЕНИТА НА КРУГЕ.

Порядок действий:

а) установить инструмент;

б) навести трубу универсального инструмента на отдаленный земной предмет, имеющий заметную высоту над горизонтом, и записать отсчет вертикального круга;

в) повернуть около вертикальной оси трубу на 180° и, переведя ее через зенит около горизонтальной оси, опять направить на тот же предмет и вновь сделать отсчет на вертикальном круге;

г) определить отсчет вертикального круга, соответствующий направлению трубы в зенит, и зенитное расстояние предмета.

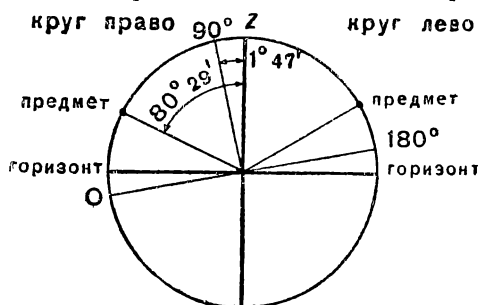
Схема и пример записи наблюдений.

Определение точки зенита на круге и зенитного расстояния земного предмета (наблюдение из окна астрономического кабинета 23 марта 1946 г.).

Отсчет вертикального круга на земной предмет (громоотвод заводской трубы).

	нониус I	II	среднее
Круг право	11°18'	19'	11°18'
Круг лево	172°15'	17'	172°16'
Место Z на круге			91°47'
Зенитное расстояние предмета .			80°29'

Если есть возможность для определения зенитного расстояния объекта произвести наблюдение при круге право и круге лево,



то ошибка в установке вертикального круга (т. е. несовпадение его штриха 90° с направлением на точку зенита) сама собой исключается. Во всех тех случаях, когда приходится ограничиваться наблюдениями при одном положении трубы, для получения правильного значения зенитного расстояния объекта нужно знать

2. Определение места зенита на вертикальном круге универсала.

ошибку вертикального круга, т. е. отсчет, соответствующий точке зенита.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРОТЫ ПО ПОЛЯРНОЙ ЗВЕЗДЕ.

У к а з а н и е. Чтобы от высоты Полярной звезды перейти к высоте полюса мира, равной искомой широте места, нужно измеренную высоту Полярной исправить на разность между ее высотой в данный момент и высотой полюса мира, т. е. на $h_{\text{пол.}} - \varphi$. Эта разность изменяется с часовым углом и может быть положительной или отрицательной. Имеются специальные таблицы: «Высоты и азимуты Полярной», где $h_{\text{пол.}} - \varphi$ дано по аргументу S или t Полярной. Если аргументом служит t , то нужно знать α Полярной.

Порядок действий при наблюдении:

1. Проверка часов.

2. Установка инструмента — его нивелировка.

3. Наблюдения: а) Полярная звезда ставится в середину поля зрения трубы универсала; б) микрометрическим винтом Полярная приводится точно на горизонтальную нить поля зрения инструмента и отсчитывается время с точностью 1^м; в) делается отсчет вертикального круга по обоим нониусам (при обработке наблюдений из отсчетов берется среднее); г) инструмент поворачивается вокруг вертикальной оси на 180° и производится таким же образом второе наблюдение (если в первом случае круг был вправо от трубы, то во втором — он был влево, и наоборот).

Если делается наблюдение только при одном положении трубы, то в отсчет вводится поправка за положение точки зенита на круге.

Обработка наблюдений: а) из двух наблюдений «круг право» и «круг лево» берется среднее значение высоты и среднее — двух моментов; б) средняя наблюденная высота исправляется за рефракцию (таблицы рефракции даются в постоянной части «Астрономического календаря» и в приложениях к настоящему пособию); в) средний наблюденный момент исправляется за поправку часов; г) по аргументу s (звездное время) или по аргументу t (часовой угол Полярной) из таблиц «Высоты и азимуты Полярной» берется поправка $h_{\text{пол}} - \varphi$; д) вычисляется φ .

Примечание. При точных измерениях нужно исправить наблюденное φ за отклонение уровня, для чего каждый раз нужно отсчитывать положение пузырька уровня, расположенного перпендикулярно к горизонтальной оси. Нужно знать цену деления уровня.

Схема и пример записи наблюдений.

29 марта 1946 г.

Определение широты астрономической вышки пединститута по Полярной звезде.

Наблюдатель студ. Козлова А. Л.

Часы звездные. Поправка часов $0^h 01^m$.

Отсчет вертикального круга:

	нониус I	II	среднее	время
Круг право	$55^{\circ}09'$	$11'$	$55^{\circ}10'$	$8^h 58^m$
Круг лево	$124^{\circ}24'$	$23'$		
180° — круг лево	$55^{\circ}36'$	$37'$	$55^{\circ}36'$	$9^h 06^m$
<hr/>				
Высота Полярной			$55^{\circ}23'$	$9^h 02^m$
Рефракция			$- 1'$	$+ 1^m$
				<hr/>
				$9^h 03^m$

Поправка за высоту Полярн. — $(h - \varphi) - (-21')$

Широта места. φ $55^{\circ}43'$

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРОТЫ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ СОЛНЦА.

Указание. Хронометр или часы в данном случае иметь лучше средние.

Порядок действий:

1. Проверка часов.

2. Установка инструмента — его нивелирование.

3. Наблюдения производятся около полудня, когда высота Солнца изменяется медленно; на окуляр обязательно надевается темное стекло:

а) Солнце ставится в поле зрения трубы так, чтобы его верхний край (или нижний) почти касался средней горизонтальной нити; б) труба оставляется закрепленной по высоте и перемещается микрометрическим винтом, пока край Солнца коснется горизонтальной нити, причем отмечается по хронометру момент касания; в) делается отсчет вертикального круга по обоим нониусам; г) инструмент поворачивается вокруг вертикальной оси на 180° и производится таким же образом второе наблюдение.

4. Обработка наблюдений: а) из двух наблюдений «круг право» и «круг лево» берется среднее наблюденной высоты и среднее моментов; б) наблюденная средняя высота исправляется за рефракцию и затем учитывается радиус Солнца, чтобы получить высоту центра Солнца; в) наблюденный момент исправляется за поправку часов; г) по наблюденному моменту (гражданское время) с помощью уравнения времени находят часовой угол Солнца t_\odot , то есть истинное время (уравнение времени нужно проинтерполировать на данный момент); д) интерполируется на данный момент склонение Солнца, которое берется из «Астрономического календаря»; е) приближенное значение широты вычисляется по формуле $\varphi = 90^\circ - h + \delta$; ж) поскольку наблюдение производилось не точно в меридиане, наблюденная высота меньше высоты в момент кульминации; поэтому найденную широту нужно привести к меридиану; приведение делается с помощью формулы

$$\varphi = \varphi \text{ пригл.} - \frac{2 \sin^2 \frac{t_\odot}{2}}{\sin 1'} \cdot \frac{\cos \delta_\odot \cdot \cos \varphi \text{ пригл.}}{\cos h_\odot}$$

Схема и пример записи наблюдений.

15 апреля 1944 г.

Наблюдатель С а м о й л о в А. Н.

Определение широты пункта $N \lambda \approx 30^\circ E$ по Солнцу.

Время местное гражданское; поправка часов $+1^m 3$.

Наблюдение:

	нониус I	II	средн.	Время
Круг право, нижний край \odot (при наблюдении Солнца в трубу)	$44^\circ 02'$	$4'$	$44^\circ 03'$	$11^h 41^m 2$
Круг лево то же	$133^\circ 53'$	$50'$	$136^\circ 50'$	$11^h 47^m 0$
180° — круг лево			$43^\circ 10'$	
Среднее			$43^\circ 36'$	$11^h 44^m 1$
Радиус Солнца			$-16'$	$+1.3$
Рефракция			$-1'$	$11^h 45^m 4$
Высота центра Солнца h_\odot			$43^\circ 19'$	
δ_\odot			$+9^\circ 47'$	
$\varphi \text{ пригл.} = 90 - h_\odot + \delta_\odot = 46^\circ 41' + 9^\circ 47' = 56^\circ 28'$				

Приведение на меридиан
 η (уравнение времени) = 0^m0

$$t_{\odot} = 23^h 45^m 4 = -14^m 6 = -3^{\circ} 39'$$

$\lg 2$	0.3010
$2 \lg \sin \frac{t_{\odot}}{2}$	7.0101
$\lg \cos \varphi$	9.7423
$\lg \cos \delta_{\odot}$	9.9936
$\lg \sin l$	3.5363
$\lg \sec h_{\odot}$	0.1381
\lg поправки	0.7214
поправка	— 5'
φ (точное значение)	56°23'

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПО МОМЕНТУ КУЛЬМИНАЦИИ ЗВЕЗДЫ.

Инструменты и справочники: универсал или теодолит; хронометр или часы (лучше звездные); «Астрономический календарь»; звездная карта.

Порядок действий:

1. Выбор звезды, имеющей прямое восхождение, соответствующее звездному времени предполагаемого момента наблюдения (можно взять звезду из таблицы «Видимые места звезд» в переменной части «Астрономического календаря»; если брать звезду просто из каталога, то придется учесть изменение прецессии.

2. Установка инструмента — его нивелирование.

3. Установка трубы в меридиане; эта установка производится по азимуту земного предмета (азимут заранее определен).

4. Наблюдения: а) инструмент нужно подготовить до кульминации звезды; сами наблюдения состоят в том, что отмечают показания хронометра или часов в тот момент, когда звезда пересекает вертикальную нить инструмента; как только звезда вступает в поле зрения трубы, нужно «взять счет с хронометра» и считать секунды на слух под удары хронометра до тех пор, пока звезда попадет на нить; сначала записываются секунды, а затем минуты и часы (труба после установки в меридиане закрепляется по азимуту и оставляется свободной по высоте).

5. Обработка наблюдений: вычисление поправки хронометра или часов; для звездных часов поправка получается непосредственно, как разность звездного времени (α кульминирующей звезды) и показаний часов; если часы средние, то предварительно нужно звездное время перевести в среднее по данным из переменной части «Астрономического календаря».

Схема и пример записи наблюдений.

10 апреля 1946 г. Астрономическая вышка.

Наблюдатель С к о р ы й И.

Определение времени по моменту кульминации звезды α Льва.
 Часы звездные.

Азимут земного предмета (острие громоотвода заводской трубы в юго-западном направлении)

Установка трубы в меридиане.	$A=38^{\circ}06'$
Отсчет горизонтальн. круга на земн. предмет . .	$201^{\circ}27'$
Азимут земного предмета	$38^{\circ}06'$
Отсчет горизонтальн. круга на точку юга . . .	$163^{\circ} 21'$
Показание часов в момент кульминации α Льва	$10^{h}35^{m}51^{s}$
Прямое восхождение α Льва	$10^{h}5^{m}43^{s}$
Поправка часов	$- 1^{m}08^{s}$

Задание № 13. Годичное движение земли; смена времен года и распределение тепловых поясов.

Явления, связанные с годичным движением Земли, удобнее всего разобрать с помощью прибора, называемого теллурием.

Достаточно удобной для практических занятий является конструкция теллурия, описанная и изготовлявшаяся до войны Л. В. К а н д а у р о в ы м в Калининском педагогическом институте. Она может в простейшем своем виде быть изготовлена самими студентами. Ее описание и указания по ее изготовлению даны в методическом практикуме (стр. 52).

Разобрать следующие вопросы:

1. Как будут происходить явления смены времен года, если ось вращения планеты перпендикулярна к плоскости ее орбиты (планета Юпитер); как будут происходить эти явления, если ось будет лежать в плоскости орбиты (планета Уран). Как расположена ось Земли в действительности и почему происходит у нас смена времен года.

2. Показать, что летом день длиннее ночи. Показать, что летом в полдень Солнце поднимается над горизонтом выше, чем зимой.

Примечание. При решении этих задач лучи Солнца на расстоянии Земли нужно считать параллельными.

3. Чем характеризуются полярные круги и тропики? Как их положение связано с наклоном земной оси к плоскости земной орбиты? Как расположены полярные круги и тропики Марса, если ось его вращения с плоскостью его орбиты образует угол 65° ?

Проследить, как изменяется за полярным кругом продолжительность полярного дня (ночи) с увеличением широты места.

Примечание. Вспомнить решение такой же задачи из условий видимости Солнца (Задание № 3, пункт 4).

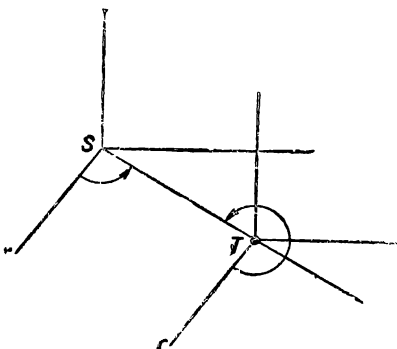
4. Показать, как связано изменение экваториальных координат Солнца с различными положениями Земли на ее орбите в течение года.

Пользуясь звездной картой, показать, в каком направлении при данном положении теллурия должны находиться зодиакальные созвездия: Овен, Дева, Лев, Скорпион и др.

Задание № 14. Видимое и истинное движение планет.

Во всех вопросах астрономии, в которых приходится иметь дело с истинным движением планет, применяется эклиптическая система координат. Она удобна потому, что плоскости всех планетных орбит близки к плоскости эклиптики, принятой за основную плоскость этой системы.

В тех случаях, когда рассматривается движение планет относительно Солнца, начало системы координат берется в центре Солнца — гелиоцентрические координаты. В задачах, рассматривающих движение планет по отношению к Земле (т. е. с точки зрения земного наблюдателя), начало координат берется в центре Земли — геоцентрические координаты (рис. 3). Ясно, что астрономическая долгота Солнца в геоцентрической системе



3. Геоцентрическая долгота

будет отличаться на 180° от гелиоцентрической астрономической долготы Земли, так как обе системы координат начало счета астрономических долгот ведут от направления на точку весеннего равноденствия. Уяснить это положение на теллурии.

1. Рассмотреть и сравнить углы наклона планетных орбит к эклиптике, пользуясь таблицей элементов больших планет, данной в постоянной части «Астрономического календаря» и в приложениях к настоящему руководству.

2. Нанести расположение планет по их гелиоцентрическим координатам на план планетной системы. Отсчитать их геоцентрические координаты и определить условия видимости планет для данного месяца.

У к а з а н и е. Гелиоцентрические координаты планет взять из переменной части «Астрономического календаря». Там даны только астрономические долготы планет, поскольку астрономические широты планет малы и в решении задач на условие видимости и в других приближенных решениях могут в расчет не приниматься. Астрономические широты планет принимаются во внимание при точных вычислительных задачах, например, при вычислении эфемерид.

Для определения условий видимости нужно помнить, что в полночь кульминирует (верхняя кульминация) точка эклиптики, противоположная Солнцу. Поэтому те планеты, которые в пол-

ночь видны в западной части неба, должны были кульминировать в первой половине ночи, а видимые в полночь в восточной стороне неба, кульминируют после полуночи.

3. Проследить видимое движение планеты (внешней) в течение года, для чего на план планетной системы по месяцам нанести соответствующие положения Земли и планеты. Проследить, как образуется петля в видимом движении планеты (поворот луча зрения). Сопоставить чертеж с картой видимого движения той же планеты, данной в переменной части «Астрономического календаря».

У к а з а н и е. Видимые координаты планеты обычно даются в экваториальной системе.

4. Определить сидерическое обращение планеты по ее синодическому обращению.

Синодическое обращение найдется, если выписать из переменной части «Астрономического календаря» моменты противостояний данной планеты.

5. Вычислить относительное среднее расстояние данной планеты от Солнца, исходя из найденного ее сидерического времени обращения и пользуясь третьим законом Кеплера.

П р и м е ч а н и е. Исследование движения планет исторически шло именно в таком направлении: полученные из наблюдений синодические времена их обращения (промежуток времени между двумя последовательными противостояниями) дали возможность вычислить по известному соотношению их истинные или сидерические времена обращения, а эти последние позволили выразить расстояние всех планет в относительных единицах, причем за единицу брались расстояние Земли от Солнца.

Задание № 15. Вычисление эфемериды малой планеты

Задача состоит в том, чтобы по данным элементам орбиты вычислить для нескольких моментов времени геоцентрические координаты планеты α и δ , а также расстояние ее от Земли ρ .

Первой частью задачи является определение полярных координат светила в плоскости его орбиты с началом в центре Солнца.

Для решения этой части обычно применяется способ Кеплера.

Он рассматривает эллиптическую орбиту, как проекцию круга радиуса a , лежащего в плоскости, образующей с плоскостью орбиты угол φ , причем $\cos \varphi = \frac{b}{a}$, где a и b — большая и малая полуоси орбиты.

При совмещении этих плоскостей будем иметь картину, указанную на рисунке 4, где

E — эксцентрическая аномалия

v — истинная аномалия

r — радиус вектор

4. a — большая полуось или $n = \frac{2\pi}{T} = \frac{K}{\sqrt{a^3}}$ —

среднее движение

определяет размеры эллипса.

5. e — эксцентриситет или φ ($\sin \varphi = e$)

определяет форму эллипса.

6. τ — момент прохождения через перигелий или M_0 и t_0

I. Вычисляют для всех моментов $t_1, t_1 + \Delta t, t_1 + 2\Delta t, \dots$ среднюю аномалию: $M = M_0 + n(t - t_0)$

II. Для каждого значения M вычисляют эксцентрическую аномалию по уравнению Кеплера.

а) Первое значение E_1 находят при помощи специальных таблиц, в которых дается разность $E - M$ для различных значений M и E (см. приложения). В крайнем случае за первое приближение можно принять $E_1 = M$.

б) Найденное значение E вставляют в уравнение Кеплера и вычисляют последовательно:

$$\begin{aligned} E_2 &= M + e \sin E_1; \\ E_3 &= M + e \sin E_2. \end{aligned}$$

Процесс продолжается до тех пор, пока E_{n+1} не будет равно E_n с точностью, требуемой при вычислениях.

III. Вычисляют v и r по формулам, полученным из формул (2), (3) и (4)

$$\sqrt{r} \cdot \sin \frac{v}{2} = \sqrt{a(1+e)} \cdot \sin \frac{E}{2};$$

$$\sqrt{r} \cdot \cos \frac{v}{2} = \sqrt{a(1-e)} \cdot \cos \frac{E}{2}.$$

IV. Вычисляют постоянные, зависящие только от взаимного расположения экваториальных и эклиптических осей координат, но не зависящие от моментов времени, т. е. положения планеты на орбите.

$$n \cdot \sin N = \sin i$$

$$n \cdot \cos N = \cos i$$

$$\sin a \cdot \sin A = \cos \Omega$$

$$\sin a \cos A = -\sin i \sin \Omega$$

$$\sin b \sin B = \sin \Omega \cos \epsilon$$

$$\sin b \cos B = n \cos (N + \epsilon)$$

$$\sin c \sin C = \sin \Omega \sin \epsilon$$

$$\sin c \cos C = n \sin (N + \epsilon)$$

V. Вычисляют прямоугольные экваториальные гелиоцентрические координаты:

$$x = ar \sin (A' + v)$$

$$y = br \sin (B' + v)$$

$$z = cr \sin (C' + v)$$

$$A' = A + \omega$$

$$B' = B + \omega$$

$$C' = C + \omega$$

VI. Вычисляют экваториальные геоцентрические координаты:

$$\xi = x + X$$

$$\eta = y + Y$$

$$\zeta = z + Z$$

X, Y, Z — геоцентрические экваториальные координаты Солнца берутся из ежегодника.

VII. Последняя операция определяет искомые α , δ , и ρ по формулам:

$$\xi = \rho \cos \delta \cos \alpha; \eta = \rho \cos \delta \sin \alpha; \zeta = \rho \sin \delta.$$

Вычисления начинаются с составления схемы.

Последняя составляется таким образом, чтобы в процессе работы не было повторных вычислений и переписываний и чтобы расположение отдельных членов было удобно для сравнения операций.

Заполнение схемы производится не всегда в порядке написания, а согласно плану вычисления эфемериды.

Провести вычисления эфемериды малой планеты для каких-нибудь двух моментов, разделенных между собой промежутком времени в 8 дней.

Элементы орбиты малой планеты 152 Atala. Эпоха 1938 г. 1.13.0

1. i	12°	12'	23"
2. Ω	41	11	20
3. ω	53	52	26
4. a	3.1372		
5. φ	4°	48'	11"
6. M_0	14	49	30

n	638°.564
ϵ	23°26' 45"
e	0.08374

С х е м а

Вычисление постоянных¹⁾

$$\begin{array}{l} e \\ 1+e \} \text{ I} \\ a \} \\ 1-e \} \text{ II} \\ \text{II} \\ \sqrt{a(1+e)} \\ \sqrt{a(1-e)} \\ \cos \Omega \} \text{ I} \\ \cos i \} \\ \sin \Omega \} \text{ II} \\ n \sin N = \sin i \\ (\sin N, \cos N) \\ \text{I} \\ \text{tg } N \\ N \\ \epsilon \\ N + \epsilon \\ \cos \epsilon \} \text{ III} \\ \sin \Omega \} \\ \sin \epsilon \} \text{ V} \\ \cos (N + \epsilon) \} \text{ IV} \\ \sin (N + \epsilon) \} \text{ VI} \end{array}$$

Вычисление
 E, v, r

$$\begin{array}{l} M \\ E_1 \\ \sin E_1 \\ e'' \sin E_1 \\ (e'' \sin E_1)^{\circ, \circ} \\ E_2 \\ \frac{1}{2} E_2 \\ \sin \frac{1}{2} E_2 \\ \cos \frac{1}{2} E_2 \\ \sqrt{r} \sin \frac{1}{2} v \\ \operatorname{cosec} \frac{1}{2} v \\ \sqrt{r} \cos \frac{1}{2} v \\ \operatorname{tg} \frac{1}{2} v \\ \frac{1}{2} v \\ \sqrt{r} \\ v \\ r \end{array}$$

Вычисление координат
 $x, y, z; \xi, \eta, \zeta$ и α, δ, ρ

$$\begin{array}{l} A' + v \\ B' + v \\ C' + v \\ \sin (A' + v) \\ ra \\ x \\ \sin (B' + v) \\ rb \\ y \\ \sin (C' + v) \\ rc \\ z \\ x \\ X \\ \xi \\ y \\ Y \\ \eta \\ z \\ Z \\ \zeta \end{array}$$

¹⁾ Пользуясь логарифмическими таблицами, выписывают не самую величину $(1+e)$, а ее логарифм. Также выписывают не a , но $\lg a$, а дальше берут сумму $\lg a + \lg (1+e)$, которая обозначена римской цифрой I. Точно так же вычисляется $\lg a + \lg (1-e)$. . . II и т. д.

$\cos \Omega = \sin a \sin A$ II $\operatorname{tg} A$ A a III $(\sin B, \cos B)$ IV $\operatorname{tg} B$ B b V $(\sin C, \cos C)$ VI $\operatorname{tg} C$ C c	$A' = A + \omega$ $B' = B + \omega$ $C' = C + \omega$	η $(\sec \sigma, \operatorname{cosec} \sigma)$ ξ $\operatorname{tg} \alpha$ α^0 $\alpha \operatorname{hm}$ $(\sec \delta, \operatorname{cosec} \delta)$ $\rho \cos \delta$ $\operatorname{tg} \delta$ δ ρ
--	---	---

Задание № 16. Астрономическая труба и наблюдение отдельных небесных объектов.

Астрономическая труба (телескоп) предназначена для изучения отдельных небесных объектов. Основной частью телескопа является объектив у рефрактора или зеркало у рефлектора. Чем больше диаметр объектива (зеркала), тем более слабые объекты и большие детали доступны наблюдению, так как количество улавливаемого света пропорционально площади объектива. Объектив дает действительное обратное уменьшенное изображение объекта. Поскольку лучи от небесного объекта практически параллельны, изображение получается в главном фокусе объектива.

Линейный размер изображения определяется формулой:

$$d_{mm} = \frac{d'' \cdot F_{mm}}{206265}$$

где d'' — видимый угловой диаметр объекта, F_{mm} — фокусное расстояние объектива в миллиметрах. Изображение, даваемое объективом, рассматривается через окуляр, как в лупу. Чем короче фокусное расстояние окуляра, тем под большим углом δ представляется изображение наблюдателю. Увеличением называется отношение угла δ к угловому диаметру d'' объекта. Оно приблизительно равно отношению фокусных расстояний объектива F и окуляра f .

Труба поворачивается около двух взаимно перпендикулярных осей. При этом одна из осей направлена вдоль оси мира; это — часовая ось. Поворачивая трубу около нее можно удерживать светило в поле зрения при его суточном движении. В больших инструментах такое движение осуществляется часовым механизмом. Положение трубы около часовой оси определяется часовым углом; для подсчета часовых углов имеется соответствующий разделенный круг. Вторая ось, перпендикулярная первой, около которой поворачивается труба, — ось склонений — также снабжена разделенным кругом для отсчета склонений.

Все это позволяет наводить трубу на светило по его экваториальным координатам t и δ . При установке по часовому углу t необходимо знать звездное время в данный момент.

Наводка трубы на объект.

Наводку на яркий объект можно делать просто «на прицел», взяв окуляр с малым увеличением. Чем сильнее окуляр (чем меньше его фокусное расстояние), тем меньше поле зрения и тем труднее «поймать» объект. Для объектов более слабых служит маленькая труба-искатель с большим полем зрения, прикрепленная к основной трубе параллельно последней. Поймав объект в искатель, ставят его в центр поля зрения искателя; тогда этот объект должен попасть и в поле зрения трубы. Грубое движение трубы производится рукой, а более точное — с помощью микрометрических винтов—ключей: одного по склонению, другого по прямому восхождению (около часовой оси). Микрометрические ключи работают только тогда, когда предварительно труба скреплена с осями с помощью двух других ключей-зажимов. Если объект невидим в искатель, или около него нет достаточно приметных звезд, наводку делают по экваториальным координатам объекта, или какой-либо близкой звезды, пользуясь разделенными кругами.

Порядок действий при наблюдениях:

1. Открыть люк у башни и повернуть отверстие купола к наблюдаемой области неба.

2. Снять с инструмента чехол, открепить зажимные ключи по склонению и часовому углу, снять с объектива крышку.

3. Если объект слаб, то прежде чем направлять на него трубу, следует проверить фокусировку по яркой звезде, вдвигая или выдвигая окулярную часть трубы кремальерой.

4. Навести трубу на изучаемый объект, закрепить трубу по склонению; если есть часовой механизм, пустить его в ход. Если за время пуска механизма объект уйдет из поля зрения, осторожно подвинуть трубу при помощи микрометрического ключа в сторону суточного движения, не отрывая глаз от окуляра. Поймав объект, закрепить трубу по часовой оси. Микрометрическим движением поставить объект в центр поля зрения. Часовой механизм должен идти с такой скоростью, чтобы объект все время оставался в центре поля зрения. Для регулировки часового механизма имеются специальные приспособления.

5. Подобрать наиболее подходящий окуляр и произвести наблюдение. Если изображение не очень чисто или сильно дрожит от токов воздуха в атмосфере, то большое увеличение брать невыгодно: при большом увеличении дрожание становится заметней, и глаз не может уловить тонких деталей объекта.

6. По окончании наблюдений труба должна быть откреплена от часового механизма, а также и по склонению. Оставлять трубу лучше всего направленной на полюс мира и в таком положении, чтобы уравнивающий ее противовес занимал наинизшее положение.

Труба должна быть настолько хорошо уравновешена, чтобы ее можно было оставлять в таком положении не закрепленной. Разумеется, оставляя трубу, нужно закрыть крышку объектива, накинуть на инструмент покрывку, затем закрыть люк в башне.

Запись астрономических наблюдений.

Все записи наблюдений должны быть сделаны четко и достаточно полно. Нечеткость или пропуски в записях неизбежно приводят к недоумениям при последующей обработке наблюдений, к неуверенности в выводах, понижая ценность самих наблюдений, а иногда приводят к тому, что наблюдение приходится совсем сбросить.

При наблюдениях необходимо делать следующие записи:

1. Дата — год, месяц, число.
 2. Место наблюдения.
 3. Фамилия наблюдателя, если в одном журнале наблюдения ведутся несколькими лицами; в противном случае фамилия наблюдателя должна стоять в начале журнала.
 4. Указание, по какому времени даются моменты наблюдений; поправка часов.
 5. Способ наблюдения: наблюдения простым глазом, в бинокль, в телескоп — диаметр его объектива, увеличение и т. д.
 6. Во время наблюдений записываются все произведенные отсчеты, измерения, делаются зарисовки, описания и т. п. Все записи с указанием моментов наблюдений производятся обязательно у инструмента, во время самих наблюдений. После никакие исправления и изменения в этих записях недопустимы. Если действительно окажутся ошибки в записях, то они оговариваются в специальных примечаниях.
- Момент наблюдения записывается по часам, имеющимся у наблюдателя. Учет поправки часов и перевод на другое время делаются после, при обработке наблюдений.

7. Записываются качество изображения, всякие факторы, мешавшие наблюдениям: обстоятельства, которые нужно учитывать при последующей работе.

Задание № 17. Специальные наблюдения в телескоп.

1. Наблюдение Юпитера.

Произвести визуальное наблюдение Юпитера в телескоп и зарисовать подробности на его поверхности. Успех наблюдения в значительной степени зависит от подбора окуляра. Не нужно гнаться за большим увеличением, а лучше взять увеличение более слабое, но с тем, чтобы была большая резкость. При рассмотрении деталей нужно ловить отдельные моменты хорошей видимости. Зарисовка делается непосредственно у трубы, причем зарисовывается не весь диск сразу. После общего наброска распо-

ложения полос зарисовываются отдельные их детали. Размер рисунка должен быть порядка 4—5 см. Освещение при зарисовке должно быть слабым, лучше всего взять лампочку от карманного фонарика.

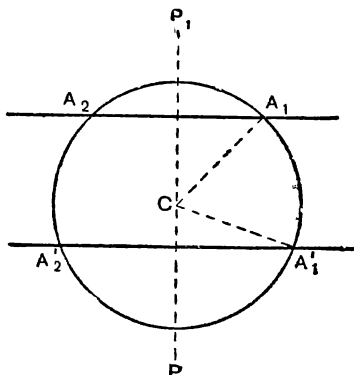
2. Измерения окулярным микрометром.

Окулярный микрометр может быть кольцевым или микрометром с подвижной нитью. Произвести микрометрические измерения одним из таких микрометров.

а) Измерения кольцевым микрометром.

Кольцевой микрометр представляет собой кольцо, начерченное на стеклянной пластинке, помещенной в фокусе окуляра. Измерения производятся при неподвижной трубе и состоят в наблюдении моментов пересечения звездой (или другим светилом) кольца микрометра. Кольцевым микрометром измеряются разности координат близких объектов, разность склонений которых меньше диаметра кольца.

Среднее арифметическое двух моментов пересечения кольца звездой соответствует прохождению звезды через круг склонений PP' — центр кольца (рис. 5). Отсюда следует, что разность средних моментов двух звезд будет равна разности их прямых восхождений.



5. Кольцевой микрометр.

$$\Delta\alpha = \frac{1}{2}(t_2' + t_1') - \frac{1}{2}(t_2 + t_1)$$

Для определения разности склонений двух звезд $\Delta\delta$ нужно знать радиус r'' кольца микрометра. Он обычно дается в паспорте к микрометру. Если же паспорта нет, то для определения радиуса нужно пронаблюдать известную пару звезд и для вычисления значения r'' взять те же формулы, которые служат для определения $\Delta\delta$.

Разность склонений $\Delta\delta$ очевидно равна расстоянию между хордами, прочерченными двумя наблюдаемыми звездами.

$$\Delta\delta = r'' \cos A_1CP_1 + r'' \cos A'_1CP,$$

$$\text{где } \sin A_1'CP_1 = \frac{\frac{15}{2}(t_2 - t_1)^s}{r''}$$

$$\text{и } \sin A_1'CP = \frac{\frac{15}{2}(t_2' - t_1')^s}{r''}$$

б) Измерения нитяным микрометром.

Нитяной микрометр представляет тонкую металлическую рамку, в которой перемещается микрометрическим винтом другая рамка с натянутой на ней нитью. Внутри первой рамки почти в точности в плоскости движения этой нити натянуты еще две нити, одна параллельно подвижной нити, другая перпендикулярно к ней. Микрометр вставляется в окулярную часть трубы так, чтобы нити были в плоскости изображения объекта и одновременно в фокусе окуляра. Для абсолютных измерений нужно знать цену деления барабана микрометра. Однако для общего знакомства с микрометром достаточно провести какие-нибудь относительные измерения, например, измерить сжатие диска Юпитера. При этом микрометр располагается так, чтобы одна его неподвижная нить шла вдоль экватора планеты, а другая (параллельная подвижной нити) параллельно оси вращения. Хорошо регулируется часовой механизм.

Подвижная нить микрометра наводится на западный, затем на восточный край диска планеты и делаются отсчеты барабана. После этого наблюдение повторяется в обратном порядке. Для измерения полярного диаметра Юпитера микрометр поворачивается на 90° . Наблюдения повторяются еще 2—3 раза.

3. Наблюдение и сравнение звездных спектров в окулярный спектроскоп.

а) Пронаблюдать звезды различного цвета (а следовательно, и различной температуры) в окулярный спектроскоп. Отметить особенности спектра каждой из наблюдаемых звезд и сравнить спектры между собой. Попытаться определить спектральный класс хотя бы приближенно, пользуясь таблицей спектров.

б) Рассмотреть солнечный спектр, направив на дневное небо спектроскоп, имеющийся в физическом кабинете. Разобрать структуру солнечного спектра по таблице, данной в приложениях.

Задание № 18. Фотография звездного неба.

Фотографический снимок неба можно получить любым объективом, поместив в его фокусе фотографическую пластинку. Для этого нужно только камеру установить на параллактическом штативе или прикрепить к трубе так, чтобы оптическая ось камеры была параллельна оси трубы. Каждая звезда на пластинке даст изображение в виде кружочка тем большего диаметра, чем ярче звезда. Поэтому по размерам кружочка можно судить о яркости звезд (фотометрия). На краях поля зрения изображения звезд не будут круглыми. С удалением от центра пластинки они сначала вытягиваются, а затем приобретают вид различных фигурок, вследствие наличия у объектива сферической аберрации, астигматизма, а также хроматической аберрации. В зависимости от качества объектива и его оптических свойств изображения будут более или менее правильными и большей или меньшей величины. Чем больше диаметр объектива, тем большее количество лучей

он захватывает от звезды и тем более слабые звезды при той же экспозиции получаются на фотопластинке. В этом смысле светосила объектива пропорциональна его площади. Масштаб изображения участка неба определяется фокусным расстоянием объектива, поскольку фотографический снимок является центральной проекцией неба на фотопластинку, помещенную в фокальной плоскости объектива.

Масштаб фотоснимка есть линейная длина изображения дуги в 1° , приближенно равная $1/57$ фокусного расстояния объектива F , выраженного в миллиметрах. Аналогично подсчитываются и размеры изображения:

$$d_{мм} = d \text{ радиан} \cdot F_{мм}$$

В зависимости от яркости и характера объекта и от требуемого масштаба снимка в астрономии применяются самые различные объективы, начиная от обычного фотографического и кончая гигантскими телескопами, в фокусе которых ставится пластинка.

Большие экспозиции (часто несколько часов) требуют контроля со стороны наблюдателя за ходом часового механизма. Для этого параллельно с фотографической камерой устанавливается жестко с ней связанная контрольная ведущая труба. В течение всей экспозиции на кресте нитей в окуляре контрольной трубы наблюдатель держит звезду или фотографируемый объект, контролируя и поправляя ключами ход часового механизма.

1. Фотографирование участка неба.

Требуется получить самостоятельно фотографический снимок участка неба короткофокусной камерой.

Порядок действий:

1. Подготовка инструмента: а) фотографическая камера прикрепляется к трубе, установленной на параллактическом штативе так, чтобы оптические оси фотокамеры и трубы были параллельны; проверка делается по любой яркой звезде, по Луне и т. п.;

б) фокусировка камеры достаточно точно делается непосредственно глазом, при рассматривании изображения звезды на матовом стекле в лупу через синий светофильтр; матовое стекло можно заменить отфиксированной фотографической пластинкой;

в) регулировка часового механизма; прежде чем приступить к фотографированию нужно проверить скорость хода часового механизма по любой звезде; если точно отрегулировать не удастся, то лучше пустить механизм немного медленнее суточного движения с тем, чтобы во время экспозиции подгонять его ключом;

г) проверить, как стоит люк купола и завести часовой механизм;

д) установить сетку нитей в окуляре так, чтобы одна из нитей была параллельна суточному движению;

е) проверить часы.

2. Выбор участка неба и времени фотографирования. Берется такое положение, при котором выбранный участок находится недалеко от меридиана (не более 3—4 часов) и только лишь в исключительных случаях (например, появление кометы) фотографирование приходится вести при любом положении трубы. Экспозиция для участка неба, если предполагается получить возможно больше слабых звезд, должна быть порядка часа и более. При фотографировании участка неба с малой планетой производится три последовательные экспозиции (на одной пластинке) продолжительностью 15—20 минут с промежутками между снимками около 20 минут.

3. Наблюдения. При фотографировании в башне может гореть лишь слабый красный свет. Лучше работать с ручным фонариком, закрытым красной бумагой, держа его около тетради.

Порядок действий:

1. Открывается затвор камеры и отмечается момент по часам.

2. Наблюдатель следит за ходом часового механизма в течение всей экспозиции, поправляя положение инструмента ключом по часовому углу. Звезду, которая находится приблизительно в середине фотографируемого участка, так называемую ведущую звезду наблюдатель должен держать на нити, направленной по кругу склонения.

3. При окончании экспозиции сначала закрывается затвор камеры, затем записывается момент окончания экспозиции и все неполадки, происшедшие во время фотографирования. После этого закрывается и вынимается кассета, и только тогда зажигается в башне свет.

Проявление снимка можно делать обычным неконтрастным проявителем. Пластика кладется в ванну и сразу заливается раствором проявителя. Если проявляется несколько пластинок, то для каждой берется новая порция раствора. Освещение комнаты при проявлении должно быть слабым; пластинки нужно прикрывать от света картонкой. Ход проявления не контролируется как обычно, — на мокрой пластинке звезд не видно, а вынимание пластинок из проявителя увеличивает вуаль. Проявление ведется по часам столько времени, сколько нужно для полного выявления всех деталей в темных частях обычного снимка. Когда проявление закончено, то пластинка становится сероватой, а, в случае фотографирования в лунную ночь, — густо серой.

Фиксируется пластинка обычным фиксажем до полного исчезновения всяких следов вуали (рекомендуется пластинку несколько передержать в фиксаже) и затем хорошо промывается.

Пластика обычно сушится на свободном воздухе или в вытяжном шкафу без подогрева и других подобных ускорителей во избежание деформации желатинового слоя.

Перед проявлением на эмульсионной стороне в углу пластинки карандашом делается надпись: дата, объект, время снимка и продолжительность экспозиции. После окончания фотографи-

ческой обработки пластинки тушью также на ее эмульсионной стороне делается полная аннотация: дата наблюдения, начало и продолжительность экспозиции, фотографируемый объект (комета, новая звезда, планета и т. п.), приближенные координаты ведущей звезды (центра пластинки), диаметр и фокусное расстояние объектива, сорт пластинок.

2. Относительное определение координат светила.

Задача состоит в том, чтобы, пользуясь звездным атласом, определить приближенные экваториальные координаты светила, снятого на фотографическую пластинку.

а) Рассмотреть фотографию участка неба и отождествить полученные на нем звезды со звездной картой.

Рассматривать фотографическую пластинку нужно с ее стеклянной стороны, чтобы она была прямым, а не зеркальным изображением снятого участка неба. На стеклянной же стороне в процессе работы можно делать чернилами необходимые пометки. Никаких пометок на эмульсионной стороне делать не допускается.

Для отождествления звезд нужно найти по координатам ведущей звезды (центр пластинки) соответствующую карту атласа. Рассчитать масштаб снимка по фокусному расстоянию объектива и определить, какую площадь неба по карте покрывает пластинка. Отождествление звезд начать со сравнения конфигураций ярких звезд, а затем перейти к более слабым.

Пользуясь обозначением звездных величин на карте, найти звезды второй, третьей и т. д. звездной величины на пластинке. Определить по ним звездную величину изучаемого объекта.

б) Определить приближенно координаты светила с помощью известных (имеющихся в атласе) звезд.

Указание. Для приближенного определения координат светила, его нужно нанести на звездные карты на глаз, пользуясь конфигурацией близлежащих к нему звезд. По сетке карты отсчитать его координаты. Приближенные координаты светила определяются таким путем в случае необходимости получения быстрых сведений о вновь открытой комете, новой звезде и т. п.

В приложениях дана фотография кометы к этой работе.

Для определения точных координат объекта на специальном измерительном приборе определяется положение светила по отношению к тем звездам (опорным звездам), координаты которых уже известны тем или иным способом. Для относительного определения координат светил в настоящее время фотография получила очень широкое распространение.

Координаты объекта, определенные по звездному атласу, будут, очевидно, относиться к тому году (к той эпохе), для которого построена сетка атласа. Чтобы координаты соответствовали времени снимка, нужно учесть влияние прецессии, а при точных измерениях — также нутации и аберрации.

К заданию № 18. Звездный атлас.

Общая звездная карта служит лишь для общей ориентировки среди созвездий и для выяснения расположения их над горизонтом.

Когда приходится вести наблюдения с биноклем, с астрономической трубой или с измерительными инструментами, или же фотографировать небо, тогда общая карта недостаточна и нужно пользоваться звездным атласом. Звездный атлас изображает небо по участкам, а потому с меньшим искажением, чем это может дать общая карта. В атласе наносятся звезды более слабые. В зависимости от задач, для которых составлен данный атлас, он может быть более и менее подробным. Например, звездный атлас проф. А. А. Михайлова, который служит для первоначального знакомства с небом и первых астрономических наблюдений, состоит из четырех карт и содержит все звезды, видимые невооруженным глазом. Этим атласом удобно пользоваться и при наблюдениях в телескоп для отыскания того участка неба, который предполагается наблюдать и который иногда требуется еще изучить предварительно перед наблюдением по другому — более полному атласу. Для работ с трубой может служить другой атлас проф. А. А. Михайлова, содержащий звезды уже до 7,5-й звездной величины. Есть и другие звездные атласы. При работе астроному специалисту приходится пользоваться часто атласом значительно более подробным, составленным Аргеландером в 1877 г. Этот атлас «Боннское обозрение северного звездного неба» содержит звезды до 9—10-й звездной величины. Этим атласом пользуются, например, для определения приближенных координат вновь открытой кометы или новой звезды. Для фотографических работ имеется международный звездный атлас «Карта неба», составленный из отпечатков с пластинок с заснятыми отдельными участками неба. В этом атласе имеются звезды до 17-й звездной величины.

При практической работе с атласом, если даны координаты светила, его найти можно сразу же в атласе. Если же указано только созвездие, в котором данное светило находится, то, чтобы не перелистывать всего атласа (а в полных атласах созвездий не указано), нужно отыскать данное созвездие на общей звездной карте, приближенно отсчитать координаты и тогда уже по этим координатам искать карту атласа, содержащую данный участок неба.

Задание № 19. Определение лучевых скоростей светил.

Лучевая скорость звезды — это есть та слагающая ее скорости, которая направлена по лучу зрения наблюдателя. На основании принципа Доплера можно связать формулой изменение длины волны в спектре светила (смещение спектральной линии) и его скорость по лучу зрения наблюдателя:

$$\Delta\lambda = \lambda \frac{v}{c}$$

где c — скорость света, v — лучевая скорость светила, λ — нормальная длина волны, $\Delta\lambda$ — смещение линии.

Используя такое смещение спектральных линий, можно определить лучевую скорость светила независимо от его расстояния, а также от того, излучает ли светило собственный свет или его свет есть отраженный солнечный свет (планеты).

Для того чтобы найти величину смещения спектральных линий от их нормального положения, тем же инструментом на той же пластинке фотографируется неподвижный источник света, обычно спектр железа (вольтовой дуги с железными электродами), или какого-нибудь другого элемента (например от гейслеровой трубки), или же спектр другой звезды, лучевая скорость которой известна.

Определение лучевых скоростей сводится к измерению величины сдвига линий в спектре объекта по отношению к нормальному положению этих линий.

При определении относительной скорости компонентов двойной звезды измеряется величина максимального расхождения (раздвоения) линий в спектре этой звезды. В этом случае спектр сравнения не нужен.

а) Провести определение относительных скоростей компонентов двойной звезды по ее спектру;

б) определить лучевую скорость звезды по ее спектру и спектру сравнения (приложение 20).

Порядок действий:

1. Отождествить линии в спектре изучаемой звезды, пользуясь серийой водородных линий в ее спектре (серия Б а л ь м е р а), линиями ионизированного кальция (H и K) и др. элементов;

2. Измерить величину смещения линий звезды по отношению к таким же линиям спектра сравнения; если в спектре сравнения нет линий того же элемента, то измерить положение линий спектра звезды относительно любых ближайших известных линий спектра сравнения и вычислить их отклонение от нормального положения; в случае двойной звезды измерить величину раздвоения линий;

3. Вычислить лучевую скорость.

У к а з а н и е. Необходимо, пользуясь длинами волн известных линий, например водорода и кальция, предварительно определить масштаб снимка, который необходим для перевода измеренного в миллиметрах сдвига в ангстремы (в которых выражена длина волны).

Задание № 20. Физические характеристики звезд.

1. Абсолютная величина звезды.

Абсолютная величина звезды есть ее звездная величина на расстоянии 10 парсек. Абсолютная величина M звезды вычисляется по ее видимой величине m и параллаксу π по следующей формуле:

$$M = m + 5 + 5 \log \pi.$$

Абсолютная величина звезды позволяет сравнивать различные звезды между собой по их действительной яркости. Поэтому в вопросах физической природы звезд она является существенной характеристикой.

1. Выбрав из списка две звезды, вычислить их абсолютные величины. Вычислить абсолютную величину Солнца.

Звездная величина звезды есть условное выражение ее яркости. С яркостью звезды звездная величина связана уравнением (основное фотометрическое уравнение):

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

2. Вычислить, во сколько раз звезды 1-й величины ярче звезд 6-й величины.

Вычислить, во сколько раз видимая яркость Солнца больше видимой яркости звезд 1-й величины.

3. Вычислить действительное отношение яркостей избранных звезд к яркости Солнца.

2. Спектральная классификация звезд.

Характер спектра звезды зависит от ее физических особенностей и в первую очередь от ее температуры. Поэтому спектр звезды дает возможность наиболее полно изучить ее физические особенности. Располагая спектры звезд по нисходящей линии их температур, можно проследить, как изменяется постепенно вид спектра не только в отношении ослабления его фиолетового конца, но и по развитию или ослабеванию тех или иных линий.

Все звезды по их спектрам можно разделить на спектральные классы. Общепринятая в настоящее время классификация звездных спектров разработана Гарвардской обсерваторией (г. Кембридж, США). Каждый спектральный класс имеет подразделения, обозначаемые цифрами, поставленными при букве, обозначающей спектральный класс.

Определить спектральные классы по спектрограммам двух избранных звезд, пользуясь для этого таблицей спектральной классификации (см. приложения, а также постоянную часть «Астрономического календаря»). Рассмотреть, как изменяется характер линий водорода с понижением температуры звезды, для какого класса наиболее яркими являются линии ионизированного кальция H и K и как развиваются линии железа и других металлов и полос химических соединений в последних классах, соответствующих наиболее низким температурам звезд.

Дополнительно рассмотреть по снимкам спектры новой звезды и спектр газовой туманности.

Задание № 21. Диаграмма Ресселла.

Диаграмма Ресселла представляет собой график, на котором нанесены точки для всех исследованных звезд по их абсолютным величинам и спектрам (температура). То обстоятельство, что все звезды на диаграмме занимают ограниченные области, показывает, что в действительности имеет место лишь определенное соотношение между яркостью и температурой звезды. Различие яркости звезд одинаковой температуры обусловлено различием их размеров, но поскольку массы звезд различаются мало, то различие размеров соответствует различным плотностям звезд.

Как показывает диаграмма, красная звезда может быть или большой и мало плотной (звезда-гигант) или значительно более плотной и малого размера (звезда-карлик). Массы звезд, как видно из диаграммы, различаются между собой в сравнительно узких пределах. Нанося на диаграмму Ресселла линии равных масс, радиусов и плотностей звезд, можно получить диаграмму всех основных характеристик звезд.

Найти место на диаграмме Ресселла нескольких избранных звезд, пользуясь их абсолютной звездной величиной и спектральным классом (можно взять звезды, рассмотренные в задании 20). Отсчитать по диаграмме Ресселла их радиусы, плотности и массы. Сравнить эти звезды по всем их полученным характеристикам с Солнцем.

Рассмотреть таблицы наиболее ярких и близких к нам звезд, обратив внимание на их вышеуказанные характеристики (таблицы даны в приложениях, их можно также взять из постоянной части «Астрономического календаря» или в учебнике астрономии для педвузов).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ К МЕТОДИКЕ ПРЕПОДАВАНИЯ АСТРОНОМИИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

Как от преподавателя физики в школе требуется владеть физическим экспериментом, уметь пользоваться приборами, налаживать их, монтировать, производить с ними опыты (чтобы учащиеся могли иметь представление о физических явлениях непосредственным восприятием их, а не слушая только рассказ о них), так и преподавателю астрономии необходимо вооружиться умением использовать и самому построить простейшие приспособления и модели, которые помогли бы учащимся самим непосредственно наблюдать небесные явления и уяснить себе их действительную сущность.

Особенность астрономии заключается в том, что в ней основным источником знаний являются наблюдения над небесными явлениями так, как они протекают в природе: мы их не можем ни повторить, ни вызвать, ни ускорить, ни замедлить — одним словом, мы не можем их воспроизвести перед учащимися, когда это нам нужно, как это делает зачастую физик в аудитории или в лаборатории. Поэтому, кладя в основу преподавания непосредственные наблюдения учащимися неба, необходимо дополнить их показом моделей, на которых мы можем как бы воспроизвести подобия явлений, наблюдаемых на небе, повторяя их неоднократно перед учащимися.

Кроме того, при изучении астрономии выступают еще особые трудности, обусловливаемые самим объектом изучения. От наблюдаемых явлений приходится переходить к действительным, происходящим не так, как это нам кажется, и при том далеко не в привычных масштабах. Модели нужны для того, чтобы помочь пространственному воображению учащихся, и тем облегчить их понимание объяснений действительного положения Земли в окружающем мире.

Преподавание астрономии в советской школе имеет задачей сообщить учащимся элементарные знания по этой науке и укрепить их диалектико-материалистическое мировоззрение. Наряду с этим учащиеся должны приобрести практические навыки, которые могут оказаться им полезными в жизни (ориентировка по небесным светилам, определение времени и пр.), и познакомиться

с применением астрономии в социалистическом строительстве и обороне страны (картографии, мореплавании, авиации, исследовании недр земли и ископаемых ресурсов и т. д.).

Нужно поэтому, чтобы учитель астрономии в школе имел в своем распоряжении соответствующие пособия и модели, которые бы знакомили учащихся с простейшими приемами ориентировки и астрономических измерений. При этом следует иметь в виду не получение учащимися каких-либо точных результатов, а приобретение ими понятия о методах получения таких результатов и о приближенной ориентировке.

Исходя из всего этого, мы считаем необходимым включить в практикум по астрономии для студентов педагогических институтов изготовление наиболее необходимых и доступных приборов и пособий, которые они могли бы сделать в школе, привлекая к этому учащихся.

Предлагаемые работы относятся к трем видам:

I. Пособия и приборы для наблюдений — подвижная карта звездного неба, школьная астрономическая труба.

II. Модели для показа и объяснения основных явлений — модель небесной сферы, теллурий, фазы Луны и затмения, изменение вида неба для разных широт и долгот на Земле.

III. Измерительные приборы и инструменты — гномон, высотомер, солнечные часы, модель универсального инструмента.

Почти все эти работы могут быть выполнены при использовании обыденных материалов и весьма простыми средствами. Только для некоторых из них потребуются такие части, как шарообразная колба большого размера или заменяющий ее стеклянный сосуд с пробкой или оптические стекла.

Спорной может быть работа по изготовлению астрономической трубы учитывая, что труба эта не может быть высокого качества, а также и то обстоятельство, что нашей промышленностью стали выпускаться новые малые телескопы системы Максудова, которые могут быть приобретены школой. Но мы думаем, что и в этом случае будущему преподавателю следует уметь смонтировать самодельную трубу, чтобы научить этому же учащихся, проводя с ними кружковую работу и приохотить их к наблюдениям.

Весьма целесообразно связать все эти работы с проводимой студентами педвузов педагогической практикой в школе, которая должна включать и уроки по астрономии. Работы могут выполняться на обыкновенных столах. Для них не требуется никакого специального оборудования ¹.

¹ Набор инструментов: нож, ножницы, циркуль, молоток, шило, линейка с миллиметровыми делениями, угольник, транспортир; желательно иметь отвертку, напильник, плоскогубцы, пилку.

Материалы: бумага — по возможности плотная, картон, листы или куски фанеры, мелкие и средние гвозди, булавки, проволока, резиновые шнурки, нитки.

Работы.

1. Гномон.

Вырезать из плотной бумаги или картона квадрат размерами примерно 15×15 см, в центре закрепить булавку, выверив угольником перпендикулярность ее к плоскости картона.

Расположив горизонтально плоскость гномона, двумя отметками конца тени булавки на одной и той же окружности до полудня и после полудня провести на гномоне направление меридиана.

Визированием по двум булавкам на линии меридиана наметить направление меридиана по неподвижным предметам в комнате или отметить на противоположных стенах.

Пользуясь гномоном, определить полуденную высоту Солнца.

2. Солнечные часы.

а) Экваториальные часы.

Заготовить циферблат: вырезать из картона или фанеры прямоугольник размерами примерно 8×12 см, прочертить на нем две неполные концентрические окружности радиусами 4 и 5 см из центра, находящегося на расстоянии 2 см от одной из длинных сторон и посередине между короткими сторонами (см. рисунок в приложениях); нанести между ними деления через каждые 15° ; расставить числа часов, обращая внимание на то, в какой стороне циферблата ожидать тень в утренние часы и в какой — в вечерние часы.

Установить теневой указатель: в центре укрепить булавку или тонкий гвоздик перпендикулярно к циферблату острием вверх.

Установить экваториальное положение плоскости циферблата: вырезать две одинаковые прямоугольные дощечки (размер длинного катета примерно 6—7 см) с острым углом, прилежащим к длинному катету, равным $90^\circ - \varphi$ (для Москвы 34°), укрепить на них в наклонном положении циферблат.

б) Горизонтальные часы.

Заготовить циферблат: рассчитать для часовых делений углы по формуле $\operatorname{tg} x = \sin \varphi \cdot \operatorname{tg} t$, вырезав такой же, как в предыдущей задаче прямоугольник, нанести на нем деления соответственно полученным расчетам углов. Вырезать теневой указатель и укрепить его в центре круга делений с наклоном, равным широте места.

Пользуясь изготовленными часами, определить истинное солнечное время по ним, вычислить поправку на декретное время и найти, какую точность дало показание солнечных часов.

В о п р о с ы: 1) Почему на циферблате часов дан неполный его круг? 2) Как должны быть ориентированы солнечные часы по сторонам горизонта? 3) Как должен быть направлен теневой штифт при экваториальном положении циферблата? 4) Пригодны ли экваториальные часы для зимней половины года?

3. Высотомер или эклиметр.

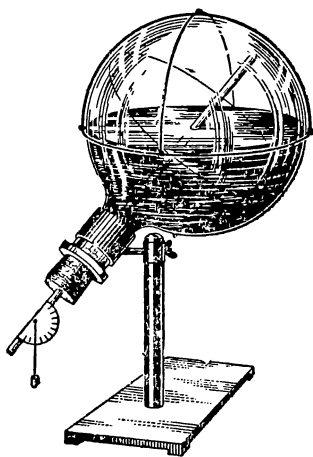
Изготовить разделенный на градусы полукруг: вырезать прямоугольник из фанеры размерами примерно 15×25 см, взяв за центр точку, отстоящую от длинной стороны на расстоянии 2 см посредине между короткими сторонами, вычертить на фанере два концентрических полукруга радиусами 10 и 11 см; между ними нанести градусные деления и оцифровать их через градус (см. рисунок в приложениях).

Приспособить визир: на концах диаметра полукруга вбить булавки или тонкие гвоздики перпендикулярно его плоскости.

Штатив: узкую деревянную планку в рост человека заострить с одного конца для втыкания в землю, к другому концу прикрепить гвоздем или лучше шурупом в его центре изготовленный полукруг так, чтобы последний мог вращаться около центра.

Отвес, как указатель для измерения на вертикальном полукруге: к гвоздю или шурупу прикрепить нить длиной 15—20 см с привязанным к концу нити грузом.

Пользуясь изготовленным эклиметром, определить линейную высоту потолка над полом в комнате; измерить полуденную высоту Солнца в полдень и сравнить с вычисленной по склонению Солнца на данный день для данной географической широты; вечером измерить высоту Полярной звезды и сравнить с географической широтой данного места.



6. Модель небесной сферы.

4. Модель небесной сферы.

Подготовка частей: если нет круглодонной большой колбы, можно использовать имеющийся в физическом кабинетестеклянный шар для опыта с различными жидкостями на центробежной машине; к нему подобрать плотно закрывающую его горло пробку, выстрогать деревянный стержень, примерно, толщиной 0,5 см и длиной сантиметров на 10 длиннее высоты колбы (рис. 6); из резинового шнура сделать два кольца, охватывающих по большому кругу стеклянный шар; из проволоки изготовить надевающийся на стеклянный шар в виде колпака большой круг и прикреплённые к нему два взаимно перпендикулярных полукруга, изображающие горизонт, меридиан и вертикаль.

Сборка модели: в пробке сделать отверстие, чтобы плотно пропустить через него деревянный стержень, изображающий ось мира; налить в колбу подкрашенной воды так, чтобы при положении

колбы горлом вниз ровно половина шара оставалась свободной от воды; к свободному внешнему концу стержня прикрепить транспортир с отвесом для установки модели на разные широты; всю модель закрепить на химическом штативе, муфты которого должны дать возможность вращать колбу около оси горла колбы и давать различный наклон оси по широте; резиновые кольца одеть на шар так, чтобы они изображали экватор и эклиптику; одеть проволочный колпак с меридианом и вертикалом.

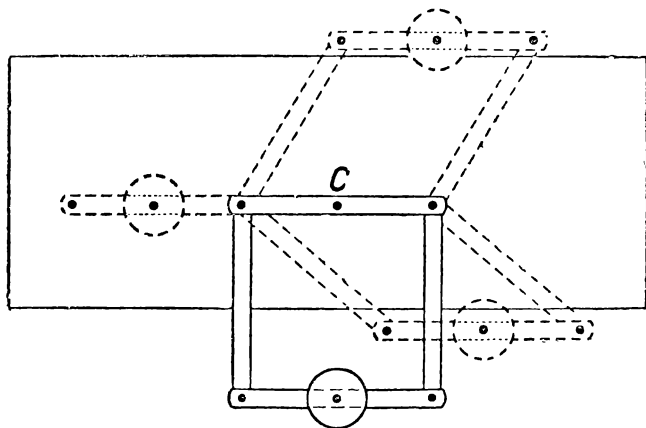
Звезды можно наносить на сферу, наклеивая маленькие кружки бумаги.

Изготовив модель, установить ее на широту Москвы, для полюса Земли, для экватора Земли и проследить суточное вращение, положение оси мира относительно горизонта, восход, заход, кульминации светил и пр.

5. Теллурий¹.

У к а з а н и е. Помимо обычных материалов надо иметь маленький земной глобус или заменяющий его шар (крокетный шар, мячик, клубок и пр.).

Подготовка частей: изготовить три одинакового размера деревянные планки, примерно— $1 \times 2 \times 25$ см; из проволоки сделать



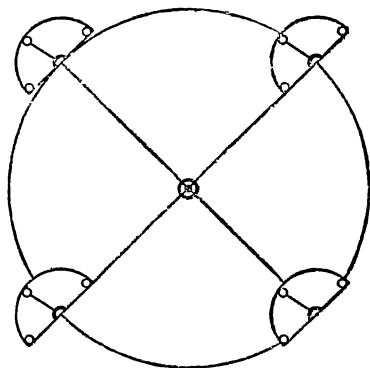
7. Теллурий по Кандаурову.

прямую ось для вращения на ней шара, изображающего Землю (длина оси — сантиметров на 8—10 больше диаметра шара); отрезать стеклянную трубочку длиной сантиметров 8 и такой толщины, чтобы она могла одеваться на проволоку-ось. Из проволоки сделать вторую ось, согнув ее под прямым углом в расстоянии 8—10 см от конца (для установки оси вращения параллельно плоскости орбиты); подготовить доску длиной около 80 см.

Сборка модели:

¹ Здесь описана модель, сконструированная Л. В. Кандауровым в Калининском педагогическом институте.

Скрепить концы планок так, чтобы они могли вращаться около точек скрепления (рис. 7); в центре средней планки сделать гнездо для втыкания проволоки-оси перпендикулярно к планке так, чтобы она тесно входила в гнездо; другое гнездо вблизи центра сделать под наклоном к планке 66° так, чтобы надетый на наклонную ось шар своим центром располагался над серединой планки; свободные концы двух крайних планок закрепить на доске на таком же расстоянии, как и на средней планке, и так, чтобы около точек закрепления могло происходить вращение планок (вся система планок с доской должна представлять собой подвижный параллелограм); вставить ось в гнездо, одеть на ось стеклянную трубку, а поверх нее шар; над серединой доски подвесить на высоте шара лампочку или свечку, изображающую Солнце. При разных положениях подвижного параллелограмма из планок шар - Земля будет обращаться вокруг лампы-Солнца так, что ось вращения шара-Земли будет перемещаться параллельно самой себе.



8. Фазы Луны и затмения.

Изготовив модель и вставив прямую ось в наклонное гнездо, установить модель на летнее положение северного полушария, на зимнее, на весеннее, на осеннее.

Вставив прямую ось в центральное гнездо, сравнить различие положения Земли-шара с предыдущими положениями. Вставив изогнутую под прямым углом ось, провести то же сравнение с осью параллельно расположенной к плоскости орбиты.

6. Фазы Луны и затмения.

Модель должна показывать, почему затмения Солнца и Луны не происходят каждое новолуние и каждое полнолуние.

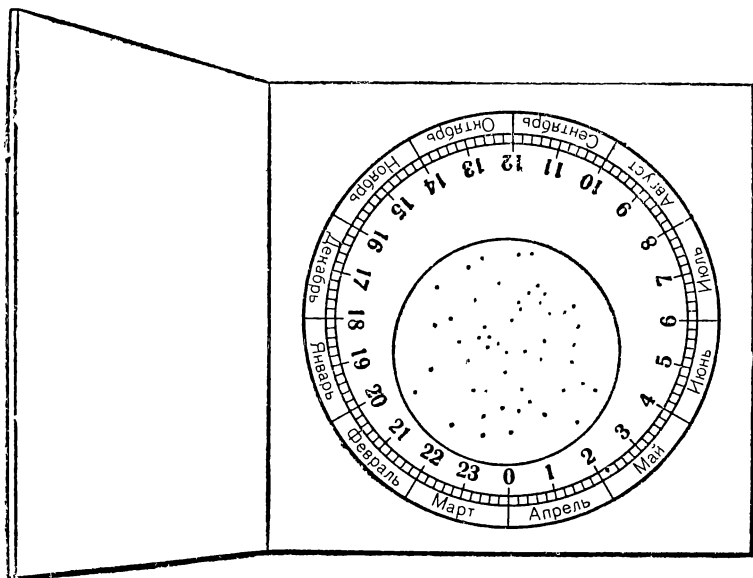
Подготовка частей: вырезать из картона круг радиусом, примерно, 20 см, в центре отметить кружком положение Солнца, от которого во все стороны идут лучи; вырезать из картона малый полукруг радиусом, примерно, 5 см, в центре показать положение Земли, а на полуокружности три положения Луны (рис. 8).

Действие модели: держа малый полукруг, изображающий орбиту Луны, под небольшим наклоном к большому кругу, изображающему орбиту Земли, перемещать малый полукруг (рис. 8) вдоль окружности большого так, чтобы плоскость малого круга оставалась параллельной самой себе.

В о п р о с: в каких двух положениях лунной орбиты в течение года возможны затмения?

7. Подвижная карта звездного неба.

Подготовка частей: скопировать на плотную бумагу или на картон (на просвет или через синьку) звездную карту (данную в приложениях) со всеми надписями и делениями внешних кругов (месяцы, числа и т. д.). На желофан или на прозрачную кальку скопировать линию горизонта для соответствующей широты, меридиан с отметкой полюса мира, точки горизонта и окружность по краю листа с разметкой часов. Лист желофана с перекопированным на него горизонтом должен быть несколько больше звездной карты,



9. Подвижная карта звездного неба.

Монтировка карты: звездная карта обрезается по внешнему кругу с небольшим припуском 1—2 см и укрепляется в полюсе мира булавкой к квадратному листу картона (или фанеры) так, чтобы она могла около этой булавки вращаться. Лист с горизонтом наложить на карту так, чтобы полюс мира, отмеченный на меридиане, совпал с полюсом мира карты; края листа с двух противоположных сторон (например с востока и запада) загнуть на заднюю сторону картонки и приклеить; с двух других сторон (с севера и юга) обрезать их так, чтобы край карты высовывался из под них на 1— $\frac{1}{2}$ см. Вся карта будет иметь вид, как на рисунке 9.

8. Астрономическая труба.

В зависимости от возможности иметь те или другие оптические стекла можно изготовить трубу различной величины, но надо иметь в виду, что чем большее увеличение дает труба, тем

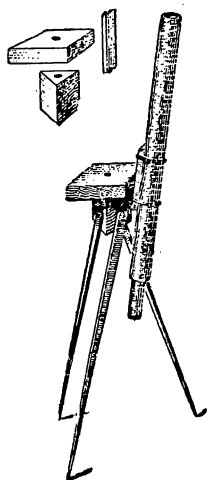
в большей степени сказываются недостатки полученных изображений. Поэтому мы предлагаем сделать трубу небольшого размера, которая может дать удовлетворительный результат с наиболее распространенными стеклами и легко может быть склеена даже из газетной бумаги. Для объектива трубы нужно иметь очковое стекло, примерно, 2—2,5 диоптрии для дальнзорких (двояковыпуклые), а для окуляра—маленькую лупу с фокусным расстоянием, примерно, 2 см. Принимая во внимание, что увеличение трубы определяется отношением фокусного расстояния объектива к фокусному расстоянию окуляра, мы получим увеличение 25—20 раз, что дает возможность наблюдать детали поверхности Луны, различить спутников Юпитера, при хороших условиях — кольцо Сатурна, а приспособив к окулярной части экран, наблюдать и пятна на Солнце.

Подготовка частей: склеить из плотной бумаги трубу с внутренним диаметром, равным диаметру объективного очкового стекла, и длиной, соответствующей фокусному расстоянию объективного стекла¹, в нашем случае 50—40 см. Склейка трубы лучше всего получается, если подобрать круглую палку толщиной, равной внутреннему диаметру трубы, и на нее навернуть в несколько слоев бумагу, промазывая ее между слоями клеем (при этом, чем тоньше бумага, тем большее количество слоев ее нужно навернуть). Таким же путем сделать отдельную трубку для окуляра длиной сантиметров 10 и такой толщины, чтобы она входила с некоторым трением в изготовленную уже основную трубу.

Сборка трубы: для вставки объективного стекла вырезать из упругого картона 2 полоски шириной 1—2 см и длиной, не превышающей внутренней окружности трубы; вложить в трубу сначала одно свернутое из полоски кольцо, затем положить на него объектив и сверху вложить другое такое же кольцо: кольца своей упругостью прижмутся к стенкам трубы и объектив окажется зажатым между ними; нужно только приладить поточнее, чтобы стекло расположилось под прямым углом к стенкам трубы; подобным же образом в малую трубку заделать окулярное стекло; трубку с окуляром вдвинуть в большую с конца, противоположного объективу. Вдвигая больше или меньше окулярную трубку, мы можем ставить окуляр на ясное зрение и получать возможно более отчетливое изображение.

Штатив с азимутальной установкой в упрощенном виде может быть изготовлен из двух досок: одной квадратной размером, примерно, 15×15 см, другой продолговатой—5×20 см; продолговатая доска привинчивается шурупом к боковой стороне квад-

¹ Фокусное расстояние двояковыпуклого сферического стекла можно определить, получив при помощи него наименьший яркий кружок от Солнца (изображение Солнца в главном фокусе) и измерив расстояние этого кружка от стекла.



ратной доски, так, чтобы она могла с трением вращаться около шурупа; к продолговатой дощечке (для легкости она может быть сделана из фанеры) привязывается тесемками труба в таком положении, чтобы ни один конец ее не перевешивал; квадратная доска прикрепляется на шурупе к головке треноги. Таким образом осуществляется вращение трубы около вертикальной и горизонтальной осей благодаря чему она может быть направлена на любую точку неба.

Тренога может быть взята готовая или сделана из трехгранной деревянной призмы (головка) и прикрепленных к ней на шурупах (вращение с трением) трех ножек (рис. 10).

10. Труба на штативе.

Приложение 1

Основные астрономические постоянные

(значения, принятые международными соглашениями)

Солнечный параллакс	8",80
Постоянная аберрации	20",47
Постоянная нутации	9",21
Годовая прецессия	50",2564—0",00022 <i>t</i>
Наклонение эклиптики к экватору	23°27'8"26—0",468 <i>t</i>
Постоянная Гаусса (постоянная тяготения)	$\kappa = 0,017\,202\,10$
Экваториальный радиус Земли	6 378,388 км
Полярный радиус Земли	6 356,912 км
Сжатие Земли	1/297
Нормальное ускорение силы тяжести $g = 9,78049 (1 + 0,005\,282 \sin^2 \varphi)$ м/сек ²	
Астрономическая единица	149 594 000 км
Средние сутки	$= 1,002\,737\,909$ зв. сут. $= 24^h 3^m 56^s,5554$ зв. вр.
Звездные сутки	$= 0,997\,269\,566$ ср. сут. $= 23^h 56^m 4^s,0905$ ср. вр.
Сидерический месяц	$= 27,321\,661\,0$ ср. сут. $= 27^d 7^h 43^m 11^s,51$ ср. вр.
Синодический месяц	$= 29,530\,588\,2$ ср. сут. $= 29^d 12^h 44^m 2^s,82$ ср. вр.
Сидерический год	$= 365,256\,360\,4$ ср. сут. $= 365^d 5^h 48^m 45^s,98$ ср. вр.
Тропический год	$= 365,242\,198\,8$ ср. сут. $= 365^d 5^h 48^m 45^s,98$ ср. вр.

**Превращение промежутков звездного времени в промежутки
среднего времени (поправка вычитается)**

ч	м	с	м	с	м	с	с	с	с	с
1	0	9,830	1	0,164	31	5,079	1	0,003	31	0,085
2	0	19,059	2	0,328	32	5,242	2	0,005	32	0,087
3	0	29,489	3	0,491	33	5,406	3	0,008	33	0,090
4	0	39,318	4	0,655	34	5,570	4	0,011	34	0,093
5	0	49,148	5	0,819	35	5,734	5	0,014	35	0,096
6	0	58,977	6	0,983	36	5,898	6	0,016	36	0,098
7	1	8,807	7	1,147	37	6,062	7	0,019	37	0,101
8	1	18,636	8	1,311	38	6,225	8	0,022	38	0,104
9	1	28,466	9	1,474	39	6,389	9	0,025	39	0,106
10	1	38,296	10	1,638	40	6,553	10	0,027	40	0,109
11	1	48,125	11	1,802	41	6,717	11	0,030	41	0,112
12	1	57,955	12	1,966	42	6,881	12	0,033	42	0,115
13	2	7,784	13	2,130	43	7,045	13	0,035	43	0,117
14	2	17,614	14	2,294	44	7,208	14	0,038	44	0,120
15	2	27,443	15	2,457	45	7,372	15	0,041	45	0,123
16	2	37,273	16	2,621	46	7,536	16	0,044	46	0,126
17	2	47,102	17	2,785	47	7,700	17	0,046	47	0,128
18	2	56,932	18	2,949	48	7,864	18	0,049	48	0,131
19	3	6,762	19	3,113	49	8,027	19	0,052	49	0,134
20	3	16,591	20	3,277	50	8,191	20	0,055	50	0,137
21	3	26,421	21	3,440	51	8,355	21	0,057	51	0,139
22	3	36,250	22	3,604	52	8,519	22	0,060	52	0,142
23	3	46,080	23	3,768	53	8,683	23	0,063	53	0,145
24	3	55,910	24	3,932	54	8,847	24	0,066	54	0,147
			25	4,096	55	9,010	25	0,068	55	0,150
Звездные сутки = =23 ^ч 56 ^м 4 ^с ,091 = = 0,92726957 средних суток			26	4,259	56	9,174	26	0,071	56	0,153
			27	4,423	57	9,338	27	0,074	57	0,156
			28	4,587	58	9,502	28	0,076	58	0,158
			29	4,751	59	9,666	29	0,079	59	0,161
			30	4,915	60	9,830	30	0,082	60	0,164

**Преобразование промежутков среднего времени в промежутки
звездного времени (поправка прибавляется)**

Ч	М	С	М	С	М	С	С	С	С	С
1	0	9,856	1	0,164	31	5,093	1	0,003	31	0,085
2	0	19,713	2	0,329	32	5,257	2	0,005	32	0,088
3	0	29,569	3	0,493	33	5,421	3	0,008	33	0,090
4	0	39,426	4	0,657	34	5,585	4	0,011	34	0,093
5	0	49,282	5	0,821	35	5,750	5	0,014	35	0,096
6	0	59,139	6	0,986	36	5,914	6	0,016	36	0,099
7	1	8,995	7	1,150	37	6,078	7	0,019	37	0,101
8	1	18,852	8	1,314	38	6,242	8	0,022	38	0,104
9	1	28,708	9	1,478	39	6,407	9	0,025	39	0,107
10	1	38,565	10	1,643	40	6,571	10	0,027	40	0,110
11	1	48,421	11	1,807	41	6,735	11	0,030	41	0,112
12	1	58,278	12	1,971	42	6,900	12	0,033	42	0,115
13	2	8,134	13	2,136	43	7,064	13	0,036	43	0,118
14	2	17,991	14	2,300	44	7,228	14	0,038	44	0,120
15	2	27,847	15	2,464	45	7,392	15	0,041	45	0,123
16	2	37,704	16	2,628	46	7,557	16	0,044	46	0,126
17	2	47,560	17	2,793	47	7,721	17	0,047	47	0,129
18	2	57,417	18	2,957	48	7,885	18	0,049	48	0,131
19	3	7,273	19	3,121	49	8,049	19	0,052	49	0,134
20	3	17,129	20	3,285	50	8,214	20	0,055	50	0,137
21	3	26,986	21	3,450	51	8,378	21	0,057	51	0,140
22	3	36,842	22	3,614	52	8,542	22	0,060	52	0,142
23	3	46,699	23	3,778	53	8,707	23	0,063	53	0,145
24	3	56,555	24	3,943	54	8,871	24	0,066	54	0,148
			25	4,107	55	9,035	25	0,068	55	0,151
Средние сутки = = 24 ^ч 3 ^м 56 ^с ,555 = = 1,00273791 звездных суток			26	4,271	56	9,199	26	0,071	56	0,153
			27	4,435	57	9,364	27	0,074	57	0,155
			28	4,600	58	9,528	28	0,077	58	0,159
			29	4,764	59	9,692	29	0,079	59	0,162
			30	4,928	60	9,856	30	0,082	60	0,164

Элементы орбит больших планет

(Эпоха 1930, янв. 1,0^ч мирового времени; равноденствие 1930,0)

Планеты	Наклонение орбиты к эклиптике	Долгота восходя- щего узла	Долгота перигелия	Средняя долгота	Большая полу- ось орбиты	
					в астро- номич. единицах	в млн. км
Меркурий . . .	7° 00' 12"	47° 30' 05"	76° 21' 59"	20° 24' 01"	0,387 099	57,9
Венера	3 23 38	76 02 59	130 35 10	258 31 50	0,723 332	108,1
Земля	0 00 00	. . . . .	101 44 12	99 55 39	1,000 000	149,5
Марс	1 51 00	49 01 04	334 46 14	276 15 27	1,523 688	227,8
Юпитер	1 18 25	39 44 28	13 11 41	68 56 26	5,202 803	777,8
Сатурн	2 29 28	113 02 43	91 40 34	273 37 05	9,538 843	1426,1
Уран	0 46 22	73 38 28	169 31 47	12 20 01	19,190 978	2859,1
Нептун	1 46 35	131 00 31	44 01 07	150 59 03	30,070 672	4495,7
Плутон	17 06 51	109 21 39	222 29 39	136 32 56	39,579 436	5917,3

Элементы больших планет (продолжение)

Планеты	Эксцен- триситет орбиты	Сидерический пе- риод обращения		Среднее суточное движение	Средняя скор. на орбите в км/сек	Расстояние от Земли в млн. км	
		в сиде- рич. годах	в сред- них сутках			Наи- мень- шее	Наи- боль- шее
Меркурий . . .	0,205 620	0,24084	87,9693	14732",4199	48,89	82	217
Венера	0,006 806	0,61519	224,7008	5767,6698	35,00	40	259
Земля	0,016 738	1,0000	365,2534	3548,1928	29,77	. . .	. . .
Марс	0,093 340	1,88082	686,9797	1886,5186	24,22	56	40
Юпитер	0,048 387	11,85178	4332,5879	299,1284	13,07	591	965
Сатурн	0,055 786	29,45660	10759,2008	120,4550	9,65	1199	1653
Уран	0,047 129	84,01209	30685,93	42,2366	6,80	2586	3153
Нептун	0,008 553	164,78201	60187,65	21,5327	5,43	4309	4682
Плутон	0,247 196	248,8483	90893,42	14,2585	4,68	4309	7527

Физические характеристики больших планет

Планеты	Экватор. диаметр, видимый			Истинный экватор. диаметр		Сжатие у полюсов	Объем		М а с с а		
	с Солнца в среднем	с Земли		в км	Зем- ли=1		млрд км ²	Зем- ли=1	Солн- ца=1	Зем- ли=1	10 ²⁷ г
		наиб.	наим.								
Меркурий .	18", 32	12",9	4",9	5 140	0,403	0	0,071	0,066	$\frac{1}{8000000}$	0,042	0,25
Венера . .	24,06	65,8	10,0	12 610	0,939	0	1,050	0,970	$\frac{1}{406400}$	0,818	4,89
Земля . . .	17,60	. . . . .	. . . . .	12 757	1,000	$\frac{1}{297}$	1,083	1,000	$\frac{1}{332300}$	1,000	5,98
Марс . . .	6,22	25,5	3,5	6 860	0,538	$\frac{1}{190}$	0,168	0,155	$\frac{1}{3088000}$	0,108	0,64
Юпитер . .	38,09	50,1	30,7	143 600	11,26	$\frac{1}{16,3}$	1 455,9	1344,8	$\frac{1}{1047,5}$	317,18	1898,3
Сатурн . .	17,44	20,7	15,0	120 600	9,45	$\frac{1}{9,7}$	823,8	760,4	$\frac{1}{3496}$	94,98	568,2
Уран . . .	3,84	4,3	3,5	53 400	4,19	$\frac{1}{18}$	75,4	69,6	$\frac{1}{22\,580}$	14,72	88,1
Нептун . .	2,28	2,4	2,2	49 700	3,90	$\frac{1}{50}$	63,0	58,1	$\frac{1}{19330}$	17,19	102,9

Планеты	Средняя плотность		Ускорение силы тяжести на экваторе		Скорость «улетучивания» в км/сек	Период вращения вокруг оси
	Земли=1	г/см ³	Земли=1	м/сек ²		
Меркурий .	0,633	3,50	0,256	2,51	3,59	87 ^d 23 ^h 15 ^m 43 ^s
Венера . .	0,843	4,66	0,838	8,20	10,15	30?
Земля . . .	1,000	5,52	1,000	9,78	10,72	23 56 04
Марс . . .	0,692	3,82	0,372	3,64	4,76	24 37 23
Юпитер . .	0,236	1,30	2,322	22,71	46,78	9 50 30
Сатурн . .	0,125	0,69	0,921	9,01	25,21	10 14 24
Уран . . .	0,212	1,17	0,784	7,67	16,90	10 49
Нептун . .	0,296	1,63	1,109	10,85	20,75	15 25

Планеты	Наклонение экватора к плоскости орбиты	Скорость вращения на экваторе в км/сек	Средняя интенсивность излучения Солнца (на Земле=1)	Звездная величина в среднем противостоянии ¹⁾	Альbedo
Меркурий .	0°	0,002	6,674	+0,16	0,07
Венера . .	0?	0,015	1,911	—4,07	0,59
Земля . . .	23 27'	0,465	1,000	—3,5	0,45?
Марс . . .	25 10	0,243	0,431	—1,85	0,15
Юпитер . .	3 06	12,74	0,037	—2,23	0,44
Сатурн . .	26 45	10,27	0,011	+2,89 до —0,18	0,42
Уран . . .	98	4,31	0,0027	+5,74	0,45?
Нептун . .	29	2,73	0,0011	+7,65	0,52?

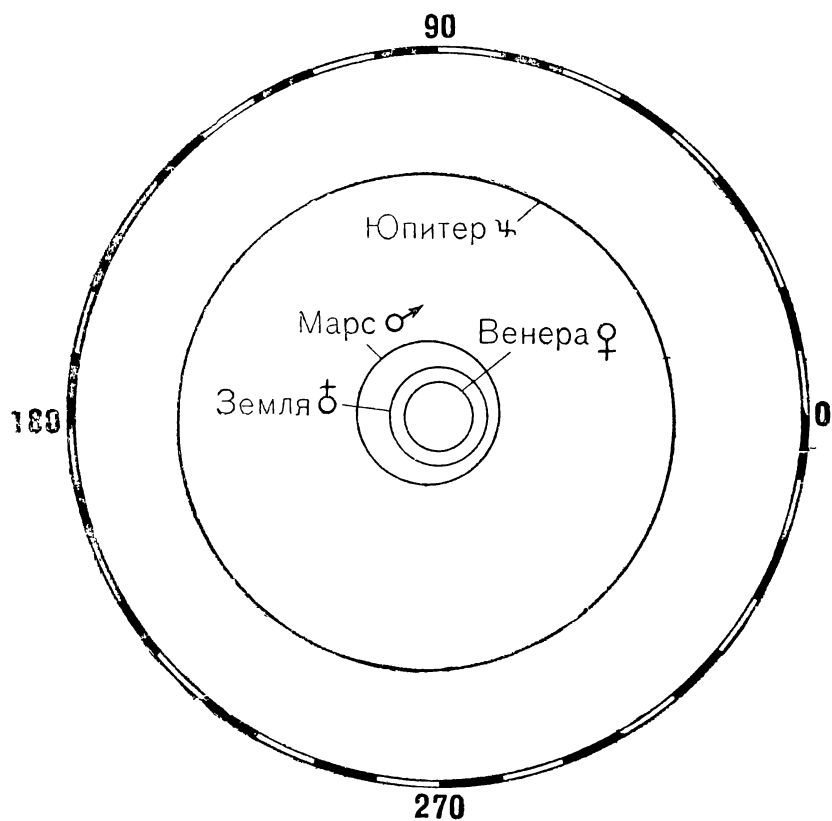
¹⁾ Для Меркурия и Венеры—в алонгации, для Земли—видимая с Солнца, для Сатурна даны 2 числа смотря по раскрытию кольца.

СОЛНЦЕ

Видимый диаметр (расст. 1 астр. един.)	31'59",3
Диаметр в км	1 391 000
Сидерич. период вращения	25 ^d .38
Синодич. период вращения	27.25
Наклонение экватора к эклиптике	7°15'
Масса (Земля 1)	333 400
Плотность (Вода 1)	1,42
Объём (Земля 1)	1 300 000
Сила тяжести на поверхности (Земля 1)	28

ЛУНА

Средн. расст. от Земли в км	384 400
Средн. расст. от Земли в рад. Земли	60 267
Эксцентриситет орбиты	0.055
Среднее наклонение орбиты к эклиптике	5°8'.7
Сидерич. обращ. в сутках	27.322
Синодич. обращ. в сутках	29.531
Видимый диаметр на средн. расст. от Земли	31'05",2
Наклон. экватора к орбите	1°32'
Диаметр (в км)	3 476
Диаметр (Земля 1)	0,272
Масса (Земля 1)	0.012
Плотность (Вода 1)	3.34
Плотность (Земля 1)	0.60
Объём (Земля 1)	0.020
Сила тяжести на поверхности (Земля 1)	0.16



Положение на орбитах четырех планет.

СПИСОК СОЗВЕЗДИЙ

Таблица дает латинские названия всех 88 созвездий неба, принятые международным соглашением 1922 г., и соответствующие русские названия. Зодиакальные созвездия отмечены буквой З, созвездия, лежащие целиком или большей своей частью к северу от склонения $+40^\circ$, — буквой С и созвездия к югу от склонения -40° — буквой Ю.

Созвездия Carina (Киль), Puppis (Корма), Pyxis (Компас) и Vela (Парус) прежде считались за одно созвездие Argo Navis (Корабль Арго).

Латинские названия	Русские названия	Примечание	Латинские названия	Русские названия	Примечание
Andromeda .	Андромеда . .		Lacerta . . .	Ящерица . .	С
Antlia	Насос		Leo	Лев	З
Apus	Райская Птица	Ю	Leo Minor . .	Малый Лев .	
Aquarius . . .	Водолей . . .	З	Lepus	Заяц	
Aquila	Орел		Libra	Весы	З
Ara	Жертвенник .	Ю	Lupus	Волк	Ю
Aries	Овен	З	Lynx	Рысь	С
Auriga	Возничий . .		Lyra	Лира	
Bootes	Волопас . . .		Mensa	Столовая Гора	Ю
Caelum	Резец		Microscopium	Микроскоп .	Ю
Camelopardalis	Жираф	С	Monoceros . .	Единорог . .	
			Musca	Муха	Ю
Cancer	Рак	З	Norma	Наугольник .	Ю
Canes Venatici	Гончие Собаки		Octans	Октан	Ю
Canis Major .	Большой Пес		Ophiuchus . .	Змееносец . .	
Canis Minor .	Малый Пес .		Orion	Орион	
Capricornus .	Козерог . . .	З	Pavo	Павлин	Ю
Carina	Киль	Ю	Pegasus . . .	Пегас	
Cassiopeia . .	Кассиопея . .	С			

Латинские названия	Русские названия	Примечание	Латинские названия	Русские названия	Примечание
Centaurus . . .	Центавр . . .	Ю	Perseus . . .	Персей . . .	С
Cepheus . . .	Цефей . . .	С	Phoenix . . .	Феникс . . .	Ю
Cetus . . .	Кит . . .		Pictor . . .	Живописец .	Ю
Chamaeleon .	Хамелсон . .	Ю	Pisces . . .	Рыбы . . .	З
Circinus . . .	Циркуль . .	Ю	Piscis Austri- nus . . .	Южная Рыба	
Columba . . .	Голубь . . .		Puppis . . .	Корма . . .	
Coma Berenices	Волосы Вероники		Pyxis . . .	Компас . . .	
Corona Austri- na	Южная Коро- на		Reticulum . .	Сетка . . .	Ю
Corona Borea- lis	Северная Ко- рона		Sagitta . . .	Стрела . . .	
Corvus . . .	Ворон . . .		Sagittarius . .	Стрелец . . .	З
Crater . . .	Чаша . . .		Scorpius . . .	Скорпион . .	З
Cruх . . .	Южный Крест	Ю	Sculptor . . .	Скульптор . .	
Cygnus . . .	Лебедь . . .		Scutum . . .	Щит . . .	
Delphinus . .	Дельфин . . .		Serpens . . .	Змея . . .	
Dorado . . .	Золотая Рыба (Дорад) . . .	Ю	Sextans . . .	Секстант . . .	
Draco . . .	Дракон . . .	С	Taurus . . .	Телец . . .	З
Equuleus . .	Малый Конь .		Telescopium .	Телескоп . .	Ю
Eridan . . .	Эридан . . .		Triangulum .	Треугольник .	
Fornax . . .	Печь . . .		Triangulum Australe . .	Южный Треу- гольник . .	Ю
Gemini . . .	Близнецы . .	З	Tucana . . .	Тукан . . .	Ю
Grus . . .	Журавль . .	Ю	Ursa Majo. .	Большая Мед- ведица . .	С
Hercules . . .	Геркулес . .		Ursa Minor .	Малая Медве- дица . . .	С
Horologium .	Часы . . .	Ю	Vela . . .	Парус . . .	Ю
Hydra . . .	Гидра . . .		Virgo . . .	Дева . . .	З
Hydrus . . .	Южная Гидра	Ю	Volans . . .	Летучая Рыба	Ю
Indus . . .	Индеец . . .	Ю	Vulpecula . .	Лисичка . . .	

СРЕДНЯЯ РЕФРАКЦИЯ**при температуре 10° С и давлении 760 мм**

Видим. высота

0°00'	34'23"
20	30 22
40	27 03
1 00	24 16
20	21 55
40	19 55
2 00	18 12
20	16 43
40	15 26
3 00	14 19
20	13 20
40	12 27
4 00	11 41
20	10 59
40	10 22
5 00	9 48
6 00	8 23
7 00	7 21
8 00	6 32
9 00	5 50
10 00	5 17
12 00	4 26
14 00	3 48
16 00	3 19
18 00	2 55
20 00	2 38
30 00	1 40
40 00	1 09
50 00	0 48
60 00	0 33
70 00	0 21
80 00	0 10
90 00	0 00

З в е з д ы	Координаты 1930,0		Годичное собствен. движение μ	Параллакс π
	Прямое восхождение α	Склонение δ		
α Эридана (Ахернар) . . .	1 ^h 35 ^m 07 ^s	—57°35',5	0",093	0",053
α Тельца (Альдебаран) . .	4 31 54	+16 22,2	0,205	0,055
β Ориона (Ригель)	5 11 10	— 8 16,9	0,005	0,007
α Возничего (Капелла) . .	5 11 31	+45 55,7	0,439	0,063
α Ориона (Бетельгейзе) .	5 51 23	+ 7 23,7	0,032	0,012 [?]
α Киля (Канопус)	6 22 24	—52 39,4	0,022	0,009
α Большого Пса (Сириус)	6 42 04	—16 37,1	1,315	0,379
α Близнецов (Кастор) . .	7 30 08	+32 02,6	0,201	0,075
α Малого Пса (Процион) .	7 35 38	+ 5 24,3	1,242	0,310
β Близнецов (Поллукс) . .	7 41 02	+28 11,8	0,623	0,101
α Льва (Регул)	10 04 39	+12 18,6	0,244	0,053
α Креста	12 22 41	—62 42,7	0,048	0,014
β Креста	12 43 37	—59 18,4	0,054	0,016
α Девы (Спика)	13 21 30	—10 47,8	0,051	0,014
β Центавра	13 53 52	—60 02,2	0,039	0,011
α Волопаса (Арктур) . . .	14 12 28	+19 32,8	2,287	0,080
α Центавра	14 34 50	—60 32,8	3,082	0,753
α Скорпиона (Антарес) . .	16 25 07	—26 16,7	0,032	0,009
α Лирь (Вега)	18 34 34	+38 43,1	0,348	0,124
α Орла (Альтаир)	19 47 22	+ 8 40,9	0,059	0,204
α Лебеда (Денеб)	20 39 03	+45 01,8	0,004	0,005 [?]
α Южной Рыбы (Фомаль- гаут)	22 53 47	—29 59,6	0,367	0,141

ВОЙ ВЕЛИЧИНЫ

Расстояние		Скорость в км/сек			Видимая звездная величина <i>m</i>	
в световых годах	в биллионах (10^{12}) км	поперечная V_t	лучевая V_r	Полная V		
63	580	8	+19	21	0,60	
59	550	18	+54	57	1,06	{ 1,03
470	4500	4	+23	23	0,34	{ 13
52	490	33	+30	45	0,21	{ 0,34
270	2600	13	+21	25	0,92	{ 6,66
360?	3400	12	+20	23	-0,86	{ (0,73)
8,6	81	17	- 8	19	-1,58	{ (1,24)
43	410	13	+ 3	13	1,58	{ -1,58
10,5	99	19	- 4	19	0,48	{ 8,0
32	310	30	+ 4	30	1,21	{ 1,99
63	580	22	+ 3	22	1,34	{ 2,85
230	2200	16	+ 7	17	1,05	{ (9,79)
200	1900	16	+13	21	1,50	{ (9,79)
230	2200	17	+ 2	17	1,21	{ 0,48
300	2800	17	-12	21	0,86	{ 10,8
41	390	136	- 5	136	0,24	
4,3	41	23	-22	32	0,06	{ 1,53
340	3250	16	- 3	16	1,22	{ 2,09
26	250	14	-14	19	0,14	{ (1,97)
16	150	16	-33	36	0,89	{ (1,97)
650?	6100	4	- 4	6	1,33	
23	220	12	+ 7	14	1,29	

З в е з д ы	Спектральный класс	Абсолютная величина <i>M</i>
α Эридана (Ахернар)	<i>B</i> 5	— 0,8
α Тельца (Альдебаран)	<i>K</i> 5 ?	— 0,2 + 11,7
β Ориона (Ригель)	<i>B</i> 8 <i>B</i> 8	— 5,5 + 0,9
α Возничего (Капелла)	<i>G</i> 0 <i>F</i> 5	— 0,3 + 0,2
α Ориона (Бетельгейзе)	<i>M</i> 2	— 3,7
α Киля (Канопус)	<i>F</i> 0	— 6,1?
α Большого Пса (Сириус)	<i>A</i> 0 <i>A</i> 7	+ 1,3 + 10,0
α Близнецов (Кастор)	<i>A</i> 0 <i>A</i> 0 <i>M</i> 1 <i>M</i> 1	+ 1,3 + 2,2 + 9,2 + 9,2
α Малого Пса (Процион)	<i>F</i> 5 ?	+ 2,9 + 15,5
β Близнецов (Поллукс)	<i>K</i> 0	+ 1,2
α Льва (Регул)	<i>B</i> 8	— 0,0
α Креста	<i>B</i> 1 <i>B</i> 3	— 2,7 — 2,2
β Креста	<i>B</i> 1	— 2,5
σ Девы (Спика)	<i>B</i> 2 <i>B</i> 2	— 2,3 — 2,3
β Центавра	<i>B</i> 1	— 3,9
α Волопаса (Арктур)	<i>K</i> 0	— 0,2
α Центавра	<i>G</i> 5 <i>K</i> 5	+ 4,7 + 6,1
α Скорпиона (Антарес)	<i>M</i> 0 <i>B</i> 3	— 3,9 + 0,4
α Лиры (Вега)	<i>A</i> 0	+ 0,6
α Орла (Альтаир)	<i>A</i> 5	+ 2,4
α Лебеда (Денеб)	<i>A</i> 2	— 5,2?
α Южной Рыбы (Фомальгаут)	<i>A</i> 3	+ 2,0

ВОЙ ВЕЛИЧИНЫ

Светимость L ($\odot = 1$)	Радиус R ($\odot = 1$)	Масса M ($\odot = 1$)	Примечание
180	3,4	(5)	
110	39	(7)	} Визуально-двойная
0,002	—	—	
13 000	33	(40)	} Визуально-двойная
40	2,7	(3)	
110	12	4,2	} Спектрально-двойная
69	7	3,3	
2 600	358	(50)	Переменная
24 000?	85?	(50)?	
26	1,6	2,3	} Визуально-двойная
0,009?	0,029	0,9	
27	1,6	(2,4)	Спектрально-двойная
11	1,1	1,8	Спектрально-двойная
0,019	0,58	0,52	} Затменная двойная
0,019	0,58	0,52	
5,8	1,8	1,2	} Визуально-двойная
0,00044	—	—	
28	13	(3)	
91	2,8	(4)	
1 050	5	(13)	} Визуально-двойная
650	4	(11)	
850	5	(13)	
730	5	(11)	} Спектрально-двойная
730	5	(11)	
3 300	9	(28)	
110	26	(11)	
1,3	1,0	1,1	} Визуально-двойная
0,36	1,5	0,9	
3 100	328	(50)	} Визуально-двойная
60	2,5	(3,5)	
50	2,2	(3)	
9,1	1,2	(1,7)	
10,000?	35?	(35)?	
13?	3,2	(1,9)	

КАТАЛОГ ЗВЕЗД ДО 3,0 ЗВЕЗДНОЙ ВЕЛИЧИНЫ

(эпоха 1950,0)

В каталоге даются положения звезд до склонения -45° . Звездные величины и приближенные спектры указываются по данным Гарвардской обсерватории. Годовые изменения прямого восхождения и склонения состоят из прецессии и собственных движений звезд. У переменных звезд звездные величины даются для максимума и минимума их блеска. Двойные звезды отмечены звездочкой.

№№ п/п	Название звезды	Звездн. велич.	α	Годов. измен. α	δ	Годов. измен. δ	Спектр
1	α Андромеды .	2. ^m 2	0 ^h 05 ^m 48 ^s	+3. ^s 1	+28°48'.9	+20"	A
2	β Кассиопеи .	2.4	06 30	3.2	+58 52.3	20	F
3	γ Пегаса . . .	2.9	10 39	3.1	+14 54.3	20	B
4	α Феникса . .	2.4	23 49	3.0	-42 34.6	20	K
5	α Кассиопеи пер.	2.1—2.6	37 39	3.4	+56 10.3	20	K
6	β Кита	2.2	41 05	3.0	-18 15.6	20	K
7	γ Кассиопеи .	2.2	53 40	3.6	+60 26.8	20	B
8	β Андромеды .	2.4	1 06 55	3.4	+35 21.3	19	M
9	δ Кассиопеи .	2.8	22 32	3.9	+59 58.5	19	A
*10	α М. Медведицы	2.1	36 54	33.2	+88 55.7	18	F
11	β Овна	2.7	51 47	3.3	+20 34.0	18	A
*12	γ Андромеды .	2.8	2 00 49	3.7	+42 03.4	17	K
13	α Овна	2.2	04 25	3.4	+23 13.6	17	K
*14	θ Кита пер. . .	2.0—10.0	16 48	3.0	- 3 12.4	16	M
15	α Кита	2.8	59 39	3.1	+ 3 53.7	14	M
16	β Персея пер. .	2.3—3.5	3 04 36	3.9	+40 45.9	14	B
17	α Персея пер. .	1.9	11 45	4.3	+49 40.1	13	F
*18	η Тельца . . .	3.0	44 31	3.6	+23 57.1	11	B
19	ζ Персея . . .	2.9	52 00	3.8	+31 44.3	11	B
20	ϵ Персея . . .	3.0	54 29	4.0	+39 52.3	11	B
21	α Тельца . . .	1.1	4 33 02	3.4	+16 24.5	7	K
22	ι Возничего . .	2.9	53 44	3.9	+33 05.4	6	K
23	β Эридана . . .	2.9	5 05 22	2.9	- 5 08.8	5	A
*24	β Ориона . . .	0.3	12 08	2.9	- 8 18.2	4	B
25	α Возничего . .	0.2	12 59	4.4	+45 58.0	4	G
26	γ Ориона . . .	1.7	22 26	3.2	+ 6 18.3	3	B
27	β Тельца . . .	1.8	23 08	3.8	+28 34.0	3	B
28	β Зайца	3.0	26 07	2.6	-20 47.8	3	G
*29	δ Ориона . . .	2.5	29 28	3.1	- 0 20.0	3	B
30	α Зайца	2.7	30 30	2.6	-17 51.3	3	F
31	ι Ориона . . .	2.9	32 58	2.9	- 5 56.6	2	O
32	ϵ Ориона . . .	1.7	33 40	3.0	- 1 14.0	2	B
33	ζ Тельца . . .	3.0	34 40	3.6	+21 07.2	2	B
34	α Голубя . . .	2.7	37 51	2.2	-34 05.9	2	B
*35	ζ' Ориона . . .	2.0	38 14	3.0	- 1 58.0	2	B
36	χ Ориона . . .	2.2	45 22	2.8	- 9 41.3	1	B
37	α Ориона пер.	0.5—1.1	52 27	3.2	+ 7 24.0	+1	M
38	β Возничего .	2.1	55 52	+4.4	+44 53.5	0	A

№№ п/п.	Название звезды	Звездн. велич.	α	Годоз. измен. α	δ	Годоз. измен. δ	Спектр
39	θ Возничего . .	2. ^m 7	5 ^h 55 ^m 19 ^s	+4. ^s 1	+37° 12'.6	0"	A
40	β Б. Пса . . .	2.0	6 20 29	2.6	—17 55.9	— 2	B
41	γ Близнецов . .	1.9	34 50	3.5	+16 26.6	— 3	A
42	α Б. Пса . . .	1.6	42 56	2.6	—16 38.8	5	A
43	ϵ Б. Пса . . .	1.6	56 40	2.4	—28 54.2	5	B
44	δ Б. Пса . . .	2.0	7 06 21	2.4	—26 18.9	6	F
45	π Кормы . . .	2.7	15 22	2.1	—37 00.2	6	K
46	η Б. Пса . . .	2.4	22 07	2.4	—29 09.9	7	B
*47	α Близнецов . .	2.0	31 22	3.8	+31 59.9	8	A
48	α М. Пса . . .	0.5	36 39	3.1	+ 5 21.3	9	F
49	β Близнецов . .	1.2	42 16	3.7	+28 11.5	9	K
50	ζ Кормы . . .	2.3	8 01 49	2.1	—39 51.6	10	O
51	ρ Кормы . . .	2.9	05 26	2.6	—24 09.4	10	F
52	λ Паруса . . .	2.2	9 06 09	2.2	—43 13.4	14	K
53	α Гидры . . .	2.2	25 07	2.9	— 8 26.6	16	K
54	α Льва . . .	1.3	10 05 43	3.2	+12 12.6	18	B
*55	γ Льва . . .	2.6	17 13	3.3	+20 05.8	18	K
56	β Б. Медведицы .	2.4	58 50	3.6	+56 39.2	19	A
57	α Б. Медведицы .	1.9	11 00 39	3.7	+62 01.5	19	K
58	δ Льва . . .	2.6	11 27	3.2	+20 48.1	20	A
59	γ Б. Медведицы .	2.5	51 13	3.2	+53 58.3	20	A
60	γ Ворона . . .	2.8	12 13 14	3.1	—17 15.9	20	B
61	β Ворона . . .	2.8	31 44	3.1	—23 07.3	20	G
*62	γ Девы . . .	2.9	39 07	3.0	— 1 10.6	20	F
63	ϵ Б. Медведицы .	1.7	51 49	2.6	+56 13.7	20	A
*64	ι Гончих Псов . .	2.9	53 41	2.8	+38 35.5	19	A
65	ϵ Девы . . .	3.0	59 41	3.0	+11 13.8	19	K
66	ι Центавра . . .	2.9	13 17 47	3.4	—36 26.9	19	A
67	ζ' Б. Медведицы .	2.4	21 55	2.4	+55 11.1	19	A
68	α Девы . . .	1.2	22 34	3.2	—10 54.1	19	B
69	η Б. Медведицы .	1.9	45 35	2.4	+49 33.7	18	B
70	η Волоса . . .	2.8	52 19	2.9	+18 38.9	18	G
71	θ Центавра . . .	2.3	14 03 43	3.5	+36 07.6	18	K
72	α Волоса . . .	0.2	13 22	2.7	+19 26.5	19	K
73	η Центавра . . .	2.6	32 19	3.8	—41 56.4	16	B
74	α^2 Весов . . .	2.9	48 06	+3.3	—15 50.1	15	A
75	β М. Медведицы .	2.2	44 49	—0.2	+74 21.5	15	K
76	β Волка . . .	2.8	55 14	+3.9	—42 56.2	15	B
77	β Весов . . .	2.7	15 14 18	3.2	— 9 11.8	13	B
78	γ Волка . . .	3.0	31 48	4.0	—41 00.0	12	B
79	α Сев. Короны . .	2.3	32 33	2.5	+26 53.0	12	A
80	α Змеи . . .	2.7	41 49	3.0	+ 6 35.0	11	K
81	π Скорпиона . .	3.0	55 49	3.6	—25 58.1	10	B
82	δ Скорпиона . .	2.5	57 21	3.5	—22 28.7	10	B
*83	β' Скорпиона . .	2.9	16 02 32	3.5	—19 40.2	10	B
84	η Дракона . . .	2.9	23 18	0.8	+61 37.6	8	G
85	α Скорпиона . .	1.2	26 21	3.7	—26 19.4	8	M
86	β Геркулеса . .	2.8	28 05	+2.6	+21 35.8	—8	K

№№ п/п.	Название звезды	Звездн. велич.	α	Годов. измен. α	δ	Годов. измен. δ	Спектр
87	τ Скорпиона .	2. ^m 9	^h 16 ^m 32 ^s 45	+3. ^s 7	—28°07'.0	— 8"	B
88	ζ Змееносца .	2.7	34 24	3.3	—10 27.9	7	B
89	ζ Геркулеса .	3.0	39 23	2.2	+31 41.7	6	G
90	ϵ Скорпиона .	2.4	46 56	3.9	—34 12.4	7	K
91	ϵ Змееносца .	2.6	17 01 30	3.4	—15 39.7	4	A
92	ν Скорпиона .	2.8	27 22	4.1	—37 15.5	3	B
93	λ Скорпиона .	1.7	30 13	4.1	—37 04.3	3	B
94	β Дракона .	3.0	29 19	1.4	+52 20.2	3	G
95	α Змееносца .	2.1	32 37	2.8	+12 35.6	3	A
96	θ Скорпиона .	2.0	33 43	4.3	—42 58.0	2	F
97	χ Скорпиона .	2.5	39 01	4.1	—39 00.4	2	B
98	β Змееносца .	2.9	41 01	3.0	+ 4 35.0	— 2	K
99	γ Дракона .	2.4	55 27	1.4	+51 29.8	0	K
100	δ Стрельца .	2.8	18 17 47	3.8	—29 51.3	+ 1	K
101	ϵ Стрельца .	1.9	20 52	4.0	—34 24.5	2	A
102	λ Стрельца .	2.9	24 53	3.7	—25 27.0	2	K
103	α Лиры . . .	0.1	35 14	2.0	+38 44.1	3	A
104	σ Стрельца .	2.1	52 10	3.7	—26 21.8	4	B
105	ζ Стрельца .	2.7	59 26	3.8	—29 57.2	5	A
106	ζ Орла	3.0	19 03 08	2.8	+13 47.2	5	A
107	π Стрельца .	3.0	06 48	3.6	—21 06.2	6	F
108	δ Лебеда . . .	3.0	43 23	1.9	+45 00.5	9	A
109	γ Орла	2.8	43 54	2.9	+10 29.5	9	K
110	α Орла	0.9	48 20	2.9	+ 8 43.9	9	A
111	γ Лебеда . . .	2.3	20 20 24	2.2	+40 05.6	11	F
112	α Лебеда . . .	1.3	39 47	2.0	+45 06.1	13	A
113	ϵ Лебеда . . .	2.6	44 11	2.4	+33 46.7	13	K
114	α Цефея . . .	2.6	21 17 23	1.4	+62 22.3	15	A
115	ϵ Пегаса . . .	2.5	41 43	2.9	+ 9 38.5	16	K
116	δ Козерога . .	3.0	44 17	3.3	—16 21.4	16	A
117	α Южн. Рыб .	1.3	22 54 53	3.3	—29 53.3	19	A
118	β Пегаса . . .	2.6	23 01 21	2.9	+27 48.9	20	M
119	α Пегаса . . .	2.6	02 16	+3.0	+14 55.5	+19	A

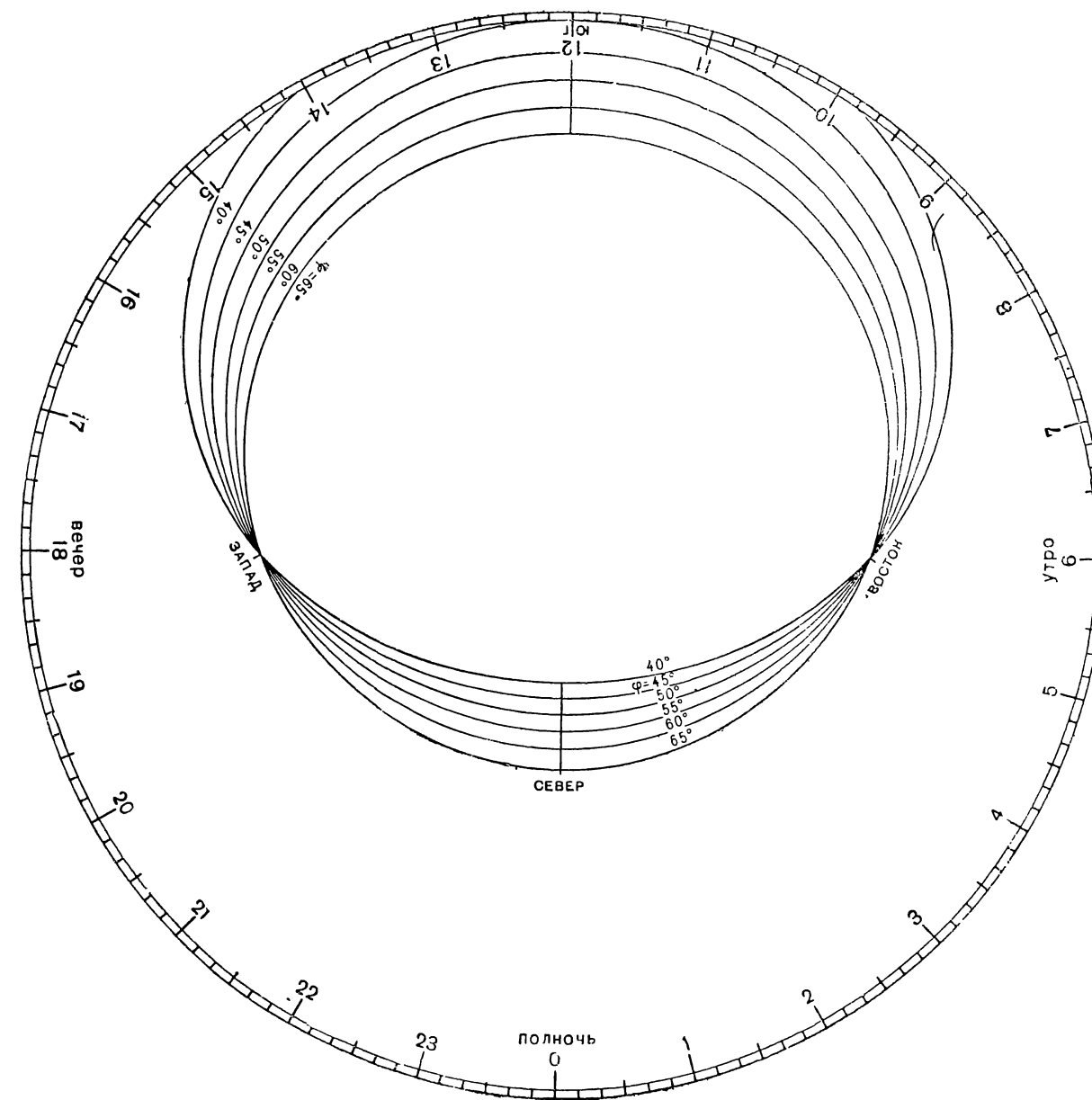
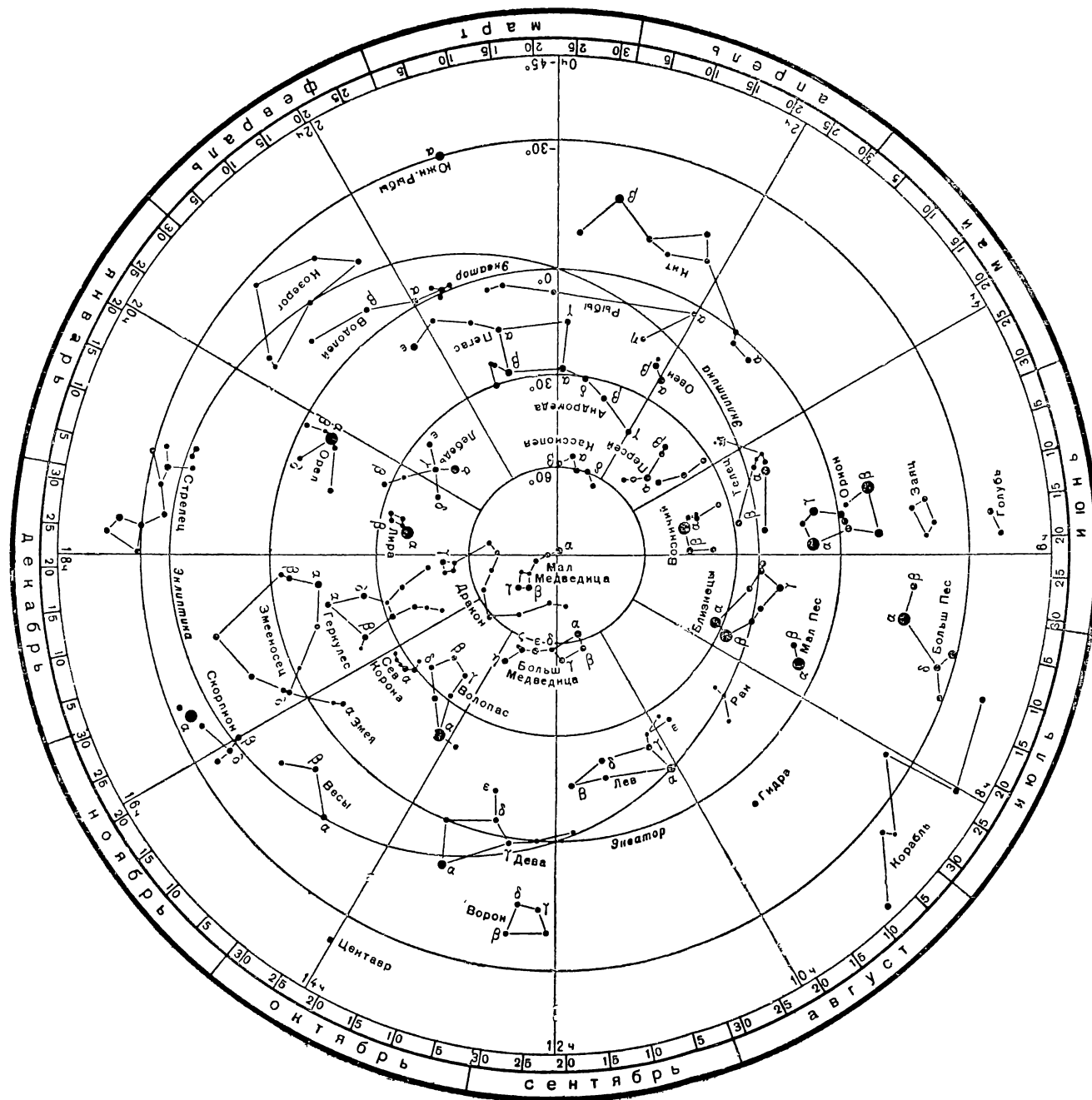
ШИРОТЫ И ДОЛГОТЫ ГОРОДОВ СССР (ОТ ГРИНИЧА)

(жирным шрифтом напечатаны названия столиц союзных республик)

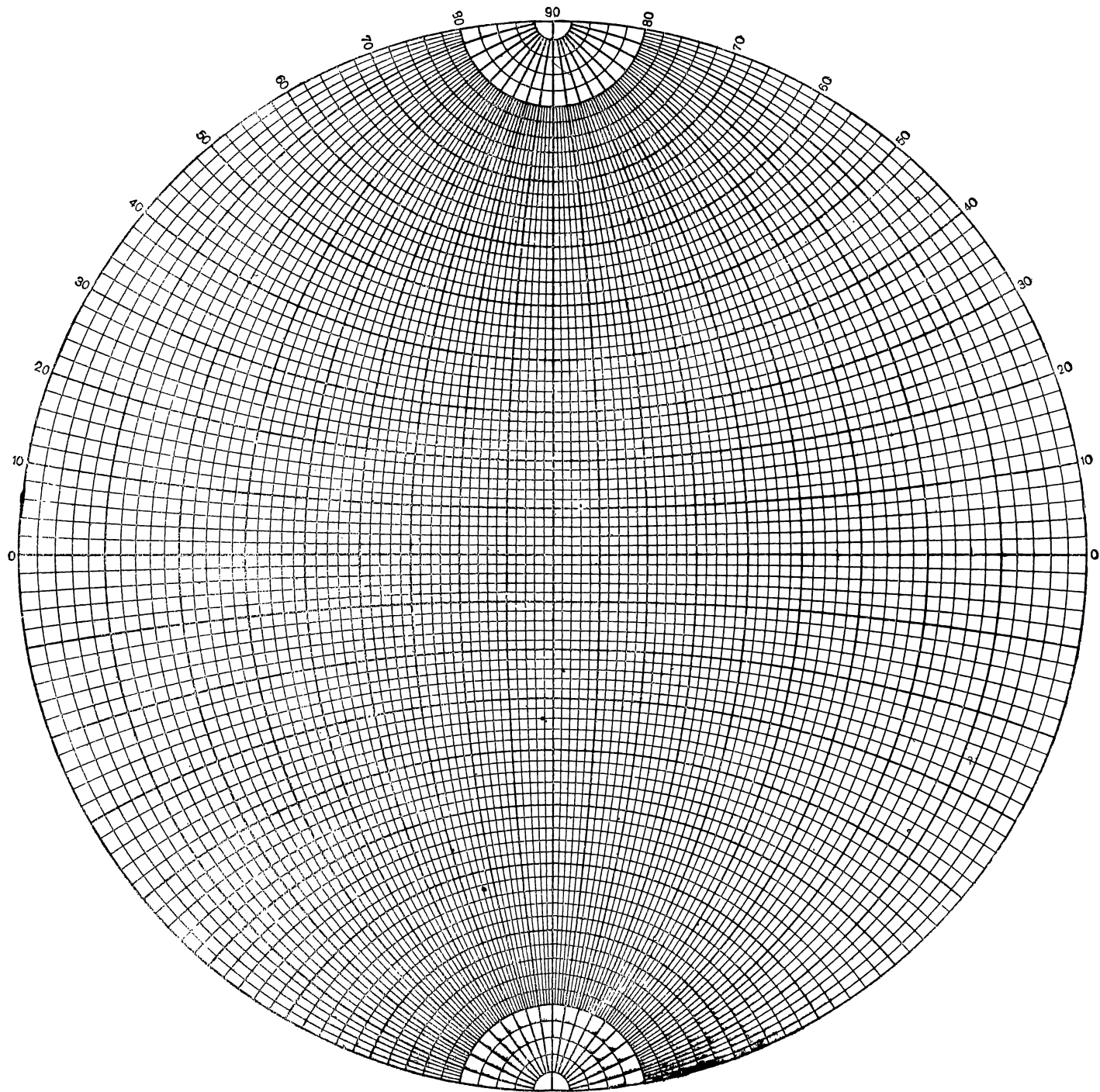
	Широта Долгота		Широта Долгота
Алма-Ата	43°16' + 5ч 7м,8	Новгород	58°31' + 2ч5м,1
Архангельск . . .	64 34 + 2 42,1	Новосиоирск . . .	55 01 + 5 31,6
Астрахань	46 21 + 3 12,1	Новочеркасск . . .	47 25 + 2 40,4
Ашхабад	37 45 + 3 53,6	Одесса	46 29 + 2 3,0
Баку	40 21 + 3 19,4	Омск	54 59 + 4 53,5
Белосток	53 08 + 1 32,8	Орел	52 58 + 2 24,3
Благовещенск . . .	50 15 + 8 30,1	Орджоникидзе . .	43 02 + 2 58,7
Вильнюс	54 41 + 1 41,1	Петрозаводск . . .	61 47 + 2 17,6
Витебск	55 10 + 2 0,8	Петропавловск на	
Владивосток . . .	43 07 + 8 47,5	Камчатке	53 00 + 10 34,9
Владимир	55 12 + 2 41,6	Полтава	49 35 + 2 18,3
Вологда	58 13 + 2 39,5	Псков	57 49 + 1 53,3
Воронеж	51 39 + 2 36,8	Рига	56 58 + 1 36,5
Выборг	60 43 + 1 54,9	Ростов на Дону . .	47 13 + 2 38,9
Горький	56 20 + 2 56,0	Рязань	54 38 + 2 39,0
Днепропетровск . .	48 28 + 2 20,3	Самарканд	39 39 + 4 27,9
Енисейск	58 27 + 6 8,8	Саратов	51 32 + 3 4,3
Ереван	40 14 + 2 58,0	Свердловск	56 49 + 4 2,4
Житомир	50 15 + 1 54,7	Севастополь	44 37 + 2 14,1
Иваново	57 00 + 2 43,9	Семипалатинск . .	50 24 + 5 20,4
Иркутск	52 16 + 6 57,1	Симферополь	44 57 + 2 16,4
Казань	55 48 + 3 16,5	Смоленск	54 46 + 2 18,2
Калинин	56 52 + 2 23,6	Сталинабад	38 33 + 4 35,0
Калуга	54 31 + 2 25,0	Сталинград	48 42 + 2 58,1
Каунас	54 53 + 1 35,6	Таллин	59 26 + 1 39,0
Киев	50 27 + 2 2,0	Тамбов	52 44 + 2 45,8
Киров	58 36 + 3 18,7	Ташкент	41 20 + 4 37,2
Кишинев	47 02 + 1 55,3	Тбилиси	41 42 + 2 59,3
Кострома	57 46 + 2 43,7	Тобольск	58 12 + 4 33,1
Краснодар	45 03 + 2 35,9	Томск	56 30 + 5 39,8
Красноярск	55 01 + 6 11,4	Тула	54 12 + 2 30,5
Куйбышев	53 11 + 3 20,4	Ульяновск	54 19 + 3 13,6
Курск	51 44 + 2 24,8	Уральск	51 42 + 3 25,4
Кутаиси	42 15 + 2 50,8	Уфа	54 43 + 3 43,8
Ленинград	59 57 + 2 1,0	Фрунзе	42 53 + 4 58,5
Львов	49 49 + 1 36,1	Хабаровск	48 28 + 9 0,2
Минск	53 51 + 1 50,3	Харьков	50 00 + 2 24,9
Могилев	53 54 + 2 1,3	Херсон	46 38 + 2 10,5
Молотов	58 01 + 3 45,1	Чернигов	51 29 + 2 5,2
Москва	55 45 + 2 30,3	Черновицы	48 17 + 1 43,8
Мурманск	68 59 + 2 12,2	Чита	52 01 + 7 34
Николаевск на		Чкалов	51 45 + 3 40,4
Амуре	53 08 + 9 29,9	Якутск	62 02 + 8 39,0

Приложение 16
РАЗНОСТЬ МЕЖДУ ЭКСЦЕНТРИЧЕСКОЙ И СРЕДНЕЙ АНОМАЛИЯМИ ($E - M \geq 0$ для $M \geq 180^\circ$)

M	e										e	M
	0°	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	
0°	0°00	0°00	0°00	0°00	0°00	0°00	0°00	0°00	0°00	0°00	0°00	360°
1	0°05	0°05	0°11	0°18	0°25	0°33	0°43	0°54	0°67	0°82	1°00	359
2	0°11	0°11	0°22	0°35	0°50	0°67	0°85	1°08	1°33	1°63	2°00	358
3	0°16	0°16	0°33	0°53	0°75	1°00	1°28	1°61	2°00	2°45	2°99	357
4	0°21	0°21	0°44	0°70	1°00	1°33	1°71	2°15	2°66	3°26	3°97	356
5	0°26	0°26	0°55	0°88	1°25	1°66	2°14	2°63	3°31	4°06	4°95	355
6	0°32	0°32	0°66	1°05	1°49	1°99	2°55	3°21	3°97	4°86	5°91	354
7	0°37	0°37	0°77	1°23	1°74	2°32	2°98	3°73	4°61	5°64	6°86	353
8	0°42	0°42	0°88	1°40	1°99	2°65	3°40	4°26	5°25	6°42	7°80	352
9	0°47	0°47	0°99	1°53	2°23	2°97	3°81	4°77	5°89	7°19	8°72	351
10	0°52	0°52	1°10	1°75	2°47	3°29	4°22	5°29	6°52	7°94	9°62	350
11	0°57	0°57	1°21	1°92	2°72	3°62	4°63	5°79	7°13	8°69	10°50	349
12	0°63	0°63	1°32	2°09	2°96	3°93	5°04	6°30	7°74	9°41	11°36	348
13	0°68	0°68	1°43	2°25	3°20	4°25	5°44	6°79	8°34	10°13	12°20	347
14	0°73	0°73	1°53	2°43	3°43	4°56	5°83	7°28	8°93	10°82	13°01	346
15	0°78	0°78	1°64	2°60	3°67	4°87	6°22	7°76	9°51	11°51	13°80	345
16	0°83	0°83	1°75	2°75	3°90	5°17	6°61	8°23	10°07	12°17	14°57	344
17	0°88	0°88	1°85	2°93	4°13	5°48	6°99	8°69	10°63	12°82	15°31	343
18	0°93	0°93	1°95	3°09	4°36	5°77	7°36	9°15	11°17	13°45	16°03	342
19	0°98	0°98	2°06	3°25	4°53	6°07	7°73	9°60	11°70	14°07	16°73	341
20	1°03	1°03	2°16	3°42	4°81	6°36	8°10	10°04	12°22	14°66	17°40	340
21	1°08	1°08	2°26	3°57	5°03	6°65	8°45	10°47	12°72	15°24	18°05	339
22	1°13	1°13	2°36	3°73	5°25	6°93	8°80	10°89	13°22	15°80	18°67	338
23	1°17	1°17	2°46	3°89	5°46	7°21	9°15	11°30	13°69	16°35	19°27	337
24	1°22	1°22	2°56	4°04	5°67	7°48	9°48	11°70	14°16	16°87	19°84	336
25	1°27	1°27	2°66	4°19	5°88	7°75	9°81	12°09	14°61	17°38	20°40	335



Части для монтировки подвижной карты звездного неба.



Стереографическая сетка для графического решения задач сферической астрономии.

$\begin{array}{c} e \\ \hline M \end{array}$		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	$\begin{array}{c} e \\ \hline M \end{array}$
25°	1°27	2°66	4°19	5°88	7°75	9°81	12°09	14°61	17°38	20°40	335°	
26	1°31	2°75	4°34	6°09	8°02	10°14	12°48	15°05	17°87	20°93	334	
27	1°36	2°85	4°49	6°29	8°27	10°45	12°85	15°48	18°34	21°43	333	
28	1°41	2°95	4°64	6°49	8°53	10°76	13°21	15°89	18°79	21°92	332	
29	1°45	3°04	4°78	6°68	8°77	11°06	13°56	16°29	19°23	22°38	331	
30	1°50	3°13	4°92	6°88	9°02	11°36	13°91	16°67	19°65	22°83	330	
31	1°54	3°22	5°06	7°06	9°25	11°64	14°23	17°04	20°05	23°25	329	
32	1°58	3°31	5°20	7°25	9°49	11°92	14°55	17°40	20°44	23°65	328	
33	1°62	3°40	5°33	7°43	9°72	12°20	14°87	17°75	20°81	24°04	327	
34	1°67	3°49	5°47	7°61	9°94	12°46	15°17	18°08	21°16	24°40	326	
35	1°71	3°57	5°59	7°78	10°16	12°72	15°47	18°40	21°50	24°75	325	
36	1°76	3°66	5°72	7°95	10°37	12°97	15°75	18°71	21°82	25°07	324	
37	1°80	3°74	5°84	8°12	10°57	13°21	16°02	19°00	22°13	25°38	323	
38	1°84	3°82	5°97	8°28	10°77	13°44	16°28	19°28	22°42	25°68	322	
39	1°87	3°90	6°09	8°44	10°97	13°67	16°53	19°55	22°70	25°95	321	
40	1°91	3°98	6°20	8°60	11°16	13°89	16°78	19°81	22°97	26°22	320	
41	1°95	4°06	6°32	8°75	11°34	14°10	17°01	20°06	23°22	26°46	319	
42	1°99	4°13	6°43	8°89	11°52	14°30	17°23	20°29	23°45	26°69	318	
43	2°03	4°20	6°54	9°03	11°69	14°50	17°44	20°51	23°68	26°90	317	
44	2°06	4°28	6°65	9°17	11°85	14°69	17°65	20°72	23°89	27°10	316	
45	2°10	4°35	6°75	9°31	12°02	14°87	17°84	20°92	24°08	27°29	315	
46	2°13	4°42	6°85	9°44	12°17	15°04	18°03	21°11	24°27	27°46	314	
47	2°17	4°48	6°94	9°56	12°32	15°21	18°20	21°29	24°44	27°62	313	
48	2°20	4°55	7°04	9°68	12°46	15°37	18°37	21°46	24°60	27°77	312	
49	2°23	4°61	7°14	9°80	12°60	15°52	18°53	21°62	24°75	27°90	311	
50	2°27	4°68	7°23	9°91	12°73	15°66	18°68	21°77	24°89	28°02	310	
51	2°30	4°74	7°31	10°02	12°86	15°80	18°82	21°91	25°02	28°13	309	
52	2°83	4°79	7°40	10°13	12°98	15°93	18°96	22°03	25°14	28°23	308	

$M \backslash e$		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	$e \backslash M$
52°	2°83	4°79	7°40	10°13	12°98	15°93	18°96	22°03	25°14	28°23	308°	
53	2.36	4.85	7.48	10.23	13.10	16.05	19.08	22.15	25.24	28.32	307	
54	2.39	4.91	7.56	10.33	13.21	16.17	19.20	22.26	25.34	28.40	306	
55	2.41	4.96	7.63	10.42	13.31	16.28	19.31	22.36	25.42	28.46	305	
56	2.44	5.01	7.71	10.51	13.41	16.38	19.41	22.45	25.50	28.52	304	
57	2.47	5.06	7.77	10.59	13.50	16.48	19.50	22.54	25.57	28.56	303	
58	2.49	5.11	7.84	10.67	13.59	16.57	19.59	22.61	25.62	28.60	302	
59	2.52	5.16	7.91	10.75	13.67	16.65	19.67	22.68	25.67	28.62	301	
60	2.54	5.20	7.97	10.82	13.75	16.73	19.73	22.73	25.71	28.64	300	
61	2.57	5.24	8.02	10.89	13.82	16.80	19.80	22.78	25.74	28.65	299	
62	2.59	5.28	8.08	10.95	13.89	16.87	19.85	22.83	25.76	28.65	298	
63	2.61	5.32	8.13	11.02	13.95	16.92	19.90	22.86	25.78	28.64	297	
64	2.63	5.36	8.18	11.07	14.01	16.98	19.95	22.88	25.78	28.62	296	
65	2.65	5.40	8.23	11.12	14.06	17.02	19.98	22.90	25.78	28.59	295	
66	2.67	5.43	8.27	11.17	14.11	17.06	20.01	22.91	25.77	28.56	294	
67	2.69	5.46	8.31	11.22	14.15	17.10	20.03	22.92	25.75	28.51	293	
68	2.70	5.49	8.35	11.26	14.19	17.13	20.04	22.91	25.73	28.47	292	
69	2.72	5.52	8.39	11.29	14.22	17.15	20.05	22.90	25.70	28.41	291	
70	2.74	5.55	8.42	11.33	14.25	17.17	20.05	22.89	25.66	28.34	290	
71	2.75	5.57	8.45	11.36	14.28	17.18	20.05	22.87	25.61	28.27	289	
72	2.76	5.60	8.48	11.38	14.29	17.19	20.04	22.84	25.55	28.20	288	
73	2.78	5.62	8.50	11.40	14.31	17.19	20.03	22.80	25.50	28.11	287	
74	2.79	5.64	8.52	11.42	14.32	17.19	20.00	22.76	25.43	28.02	286	
75	2.80	5.65	8.54	11.44	14.32	17.18	19.98	22.71	25.36	27.92	285	
76	2.81	5.67	8.56	11.45	14.32	17.16	19.95	22.66	25.28	27.82	284	
77	2.82	5.68	8.57	11.45	14.32	17.14	19.91	22.60	25.20	27.71	283	
78	2.83	5.69	8.58	11.46	14.31	17.12	19.86	22.53	25.11	27.59	282	
79	2.84	5.70	8.59	11.46	14.30	17.09	19.82	22.46	25.02	27.47	281	

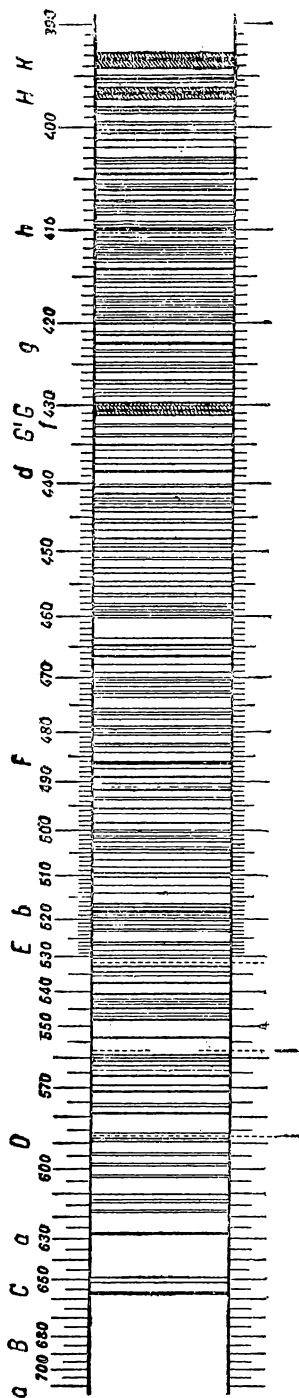
$\begin{array}{c} M \\ \hline e \end{array}$		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	$\begin{array}{c} e \\ \hline M \end{array}$
79°		2°34	5°70	8°59	11°46	14°30	17°09	19°82	22°46	25°02	27°47	281°
80		2.84	5.71	8.59	11.46	14.23	17.06	19.76	22.39	24.91	27.34	280
81		2.85	5.72	8.59	11.45	14.26	17.02	19.70	22.30	24.81	27.21	279
82		2.85	5.72	8.59	11.44	14.24	16.98	19.64	22.22	24.70	27.07	278
83		2.86	5.73	8.59	11.42	14.21	16.93	19.57	22.12	24.58	26.93	277
84		2.86	5.73	8.59	11.41	14.18	16.88	19.50	22.03	24.46	26.78	276
85		2.86	5.73	8.53	11.39	14.14	16.82	19.42	21.93	24.33	26.63	275
86		2.86	5.73	8.57	11.36	14.10	16.75	19.34	21.82	24.20	26.47	274
87		2.86	5.72	8.55	11.34	14.06	16.70	19.25	21.71	24.06	26.31	273
88		2.86	5.72	8.54	11.31	14.01	16.63	19.16	21.59	23.92	26.14	272
89		2.86	5.71	8.52	11.27	13.96	16.55	19.05	21.47	23.77	25.97	271
90		2.86	5.70	8.50	11.24	13.90	16.48	18.96	21.35	23.62	25.79	270
91		2.85	5.69	8.48	11.20	13.85	16.40	18.86	21.22	23.47	25.61	269
92		2.85	5.68	8.45	11.16	13.73	16.32	18.75	21.08	23.31	25.43	268
93		2.85	5.66	8.42	11.11	13.72	16.23	18.64	20.95	23.14	25.24	267
94		2.84	5.65	8.39	11.06	13.65	16.14	18.52	20.80	22.98	25.05	266
95		2.84	5.63	8.36	11.01	13.58	16.04	18.40	20.66	22.81	24.85	265
96		2.83	5.61	8.33	10.96	13.50	15.94	18.28	20.51	22.63	24.65	264
97		2.82	5.59	8.29	10.90	13.42	15.84	18.15	20.35	22.45	24.44	263
98		2.81	5.57	8.25	10.84	13.34	15.73	18.02	20.20	22.27	24.23	262
99		2.80	5.55	8.21	10.78	13.26	15.63	17.89	20.04	22.08	24.02	261
100		2.79	5.52	8.17	10.72	13.17	15.51	17.75	19.87	21.89	23.80	260
101		2.78	5.49	8.12	10.65	13.08	15.40	17.61	19.70	21.70	23.59	259
102		2.77	5.46	8.07	10.58	12.98	15.23	17.46	19.53	21.50	23.36	258
103		2.76	5.43	8.02	10.51	12.89	15.15	17.31	19.36	21.30	23.14	257
104		2.74	5.40	7.97	10.43	12.79	15.03	17.16	19.18	21.10	22.91	256
105		2.73	5.37	7.92	10.36	12.68	14.90	17.01	19.00	20.89	22.67	255
106		2.71	5.34	7.86	10.28	12.58	14.77	16.85	18.82	20.68	22.44	254

M	e		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	e		M
106°	2°71	5°34	7°86	10°28	12°58	14°77	16°55	18°82	20°68	22°44	251°				
107	2°70	5°30	7°80	10°19	12°47	14°63	16°69	18°63	20°46	22°20	253				
108	2°68	5°26	7°74	10°11	12°36	14°50	16°52	18°44	20°25	21°96	252				
109	2°66	5°23	7°68	10°02	12°25	14°36	16°36	18°24	20°03	21°71	251				
110	2°64	5°19	7°62	9°93	12°13	14°21	16°19	18°05	19°81	21°47	250				
111	2°62	5°14	7°55	9°84	12°01	14°07	16°01	17°85	19°53	21°22	249				
112	2°60	5°10	7°48	9°74	11°89	13°92	15°84	17°65	19°35	20°96	248				
113	2°53	5°06	7°41	9°65	11°77	13°77	15°66	17°44	19°12	20°71	247				
114	2°55	5°01	7°34	9°55	11°64	13°61	15°48	17°23	18°89	20°45	246				
115	2°54	4°96	7°27	9°45	11°51	13°46	15°30	17°02	18°65	20°19	245				
116	2°52	4°92	7°19	9°35	11°38	13°30	15°11	16°81	18°42	19°93	244				
117	2°49	4°87	7°12	9°24	11°25	13°14	14°92	16°60	18°18	19°65	243				
118	2°47	4°81	7°04	9°13	11°11	12°98	14°73	16°38	17°93	19°39	242				
119	2°44	4°76	6°96	9°03	10°98	12°81	14°54	16°16	17°69	19°12	241				
120	2°42	4°71	6°88	8°92	10°84	12°64	14°34	15°94	17°44	18°85	240				
121	2°39	4°66	6°79	8°80	10°70	12°47	14°14	15°71	17°19	18°58	239				
122	2°36	4°60	6°71	8°69	10°55	12°30	13°94	15°49	16°94	18°30	238				
123	2°34	4°54	6°62	8°57	10°41	12°13	13°74	15°26	16°68	18°02	237				
124	2°31	4°49	6°53	8°45	10°26	11°95	13°54	15°03	16°43	17°74	236				
125	2°23	4°43	6°44	8°33	10°11	11°77	13°33	14°79	16°17	17°46	235				
126	2°25	4°37	6°35	8°21	9°96	11°59	13°12	14°56	15°91	17°17	234				
127	2°22	4°30	6°26	8°09	9°80	11°41	13°91	14°32	15°64	16°88	233				
128	2°19	4°24	6°16	7°97	9°65	11°23	12°70	14°08	15°38	16°60	232				
129	2°16	4°18	6°07	7°84	9°49	11°04	12°49	13°84	15°11	16°31	231				
130	2°12	4°11	5°57	7°71	9°33	10°85	12°27	13°60	14°85	16°01	230				
131	2°09	4°05	5°88	7°53	9°17	10°66	12°05	13°35	14°58	15°72	229				
132	2°06	3°98	5°73	7°45	9°01	10°47	11°83	13°11	14°30	15°42	228				
133	2°02	3°91	5°68	7°32	8°85	10°28	11°61	12°86	14°03	15.13	227				

$\begin{array}{c} M \\ e \end{array}$		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	$\begin{array}{c} e \\ M \end{array}$
133°	2°02	3°91	5°68	7°32	8°85	10°28	11°61	12°86	14°03	15°13	227°	
134	1.99	3.84	5.57	7.18	8.68	10.08	11.39	12.61	13.76	14.83	226	
135	1.96	3.77	5.47	7.05	8.52	9.89	11.17	12.36	13.48	14.53	225	
136	1.92	3.70	5.37	6.91	8.35	9.69	10.94	12.11	13.20	14.23	224	
137	1.88	3.63	5.26	6.77	8.18	9.49	10.71	11.85	12.92	13.92	223	
138	1.85	3.56	5.15	6.63	8.01	9.29	10.48	11.60	12.64	13.62	222	
139	1.81	3.49	5.05	6.49	7.84	9.09	10.25	11.34	12.36	13.31	221	
140	1.77	3.42	4.94	6.35	7.66	8.88	10.02	11.08	12.07	13.00	220	
141	1.73	3.34	4.83	6.21	7.49	8.68	9.79	10.82	11.79	12.69	219	
142	1.70	3.27	4.72	6.06	7.31	8.47	9.55	10.56	11.50	12.38	218	
143	1.66	3.19	4.60	5.92	7.13	8.25	9.32	10.30	11.22	12.07	217	
144	1.62	3.11	4.49	5.77	6.95	8.05	9.08	10.03	11.93	11.76	216	
145	1.53	3.03	4.38	5.62	6.77	7.85	8.84	9.77	10.64	11.45	215	
146	1.54	2.96	4.26	5.47	6.59	7.63	8.60	9.50	10.34	11.13	214	
147	1.50	2.88	4.15	5.32	6.41	7.42	8.36	9.24	10.05	10.82	213	
148	1.46	2.80	4.03	5.17	6.23	7.21	8.12	8.97	9.76	10.50	212	
149	1.41	2.72	3.91	5.02	6.04	6.99	7.88	8.70	9.46	10.18	211	
150	1.37	2.64	3.80	4.87	5.86	6.78	7.63	8.43	9.17	9.86	210	
151	1.33	2.55	3.68	4.71	5.67	6.56	7.39	8.16	8.87	9.54	209	
152	1.29	2.47	3.56	4.55	5.48	6.34	7.14	7.88	8.57	9.22	208	
153	1.24	2.39	3.44	4.40	5.30	6.12	6.89	7.61	8.28	8.90	207	
154	1.20	2.30	3.32	4.25	5.11	5.91	6.65	7.34	7.98	8.58	206	
155	1.16	2.22	3.19	4.09	4.92	5.69	6.40	7.06	7.68	8.25	205	
156	1.11	2.13	3.07	3.93	4.73	5.46	6.15	6.78	7.38	7.93	204	
157	1.07	2.05	2.95	3.77	4.54	5.24	5.90	6.51	7.07	7.61	203	
158	1.03	1.96	2.82	3.61	4.34	5.02	5.65	6.23	6.77	7.28	202	

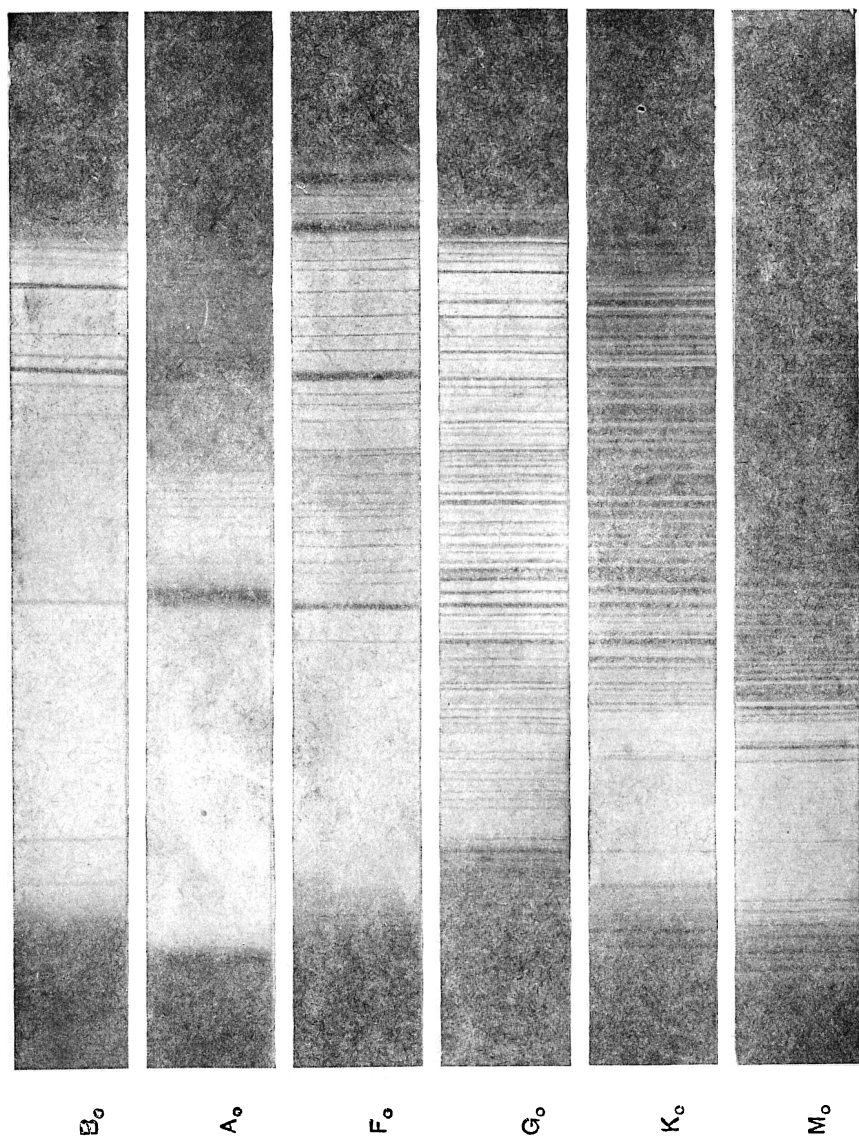
$\begin{array}{c} M \\ e \end{array}$		e										M
		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	
158°	1°03	1°06	2°02	3°01	4°34	5°02	5°65	6°23	6°77	7°28	202°	
159	0.98	1.88	2.70	3.45	4.15	4.80	5.39	5.95	6.47	6.95	201	
160	0.94	1.79	2.57	3.29	3.96	4.57	5.14	5.67	6.17	6.63	200	
161	0.89	1.70	2.45	3.13	3.76	4.35	4.89	5.39	5.85	6.30	199	
162	0.84	1.62	2.32	2.97	3.57	4.12	4.64	5.11	5.55	5.97	198	
163	0.80	1.53	2.20	2.81	3.37	3.90	4.38	4.83	5.25	5.64	197	
164	0.75	1.44	2.07	2.65	3.18	3.67	4.13	4.55	4.94	5.31	196	
165	0.71	1.35	1.94	2.48	2.98	3.44	3.87	4.27	4.64	4.98	195	
166	0.66	1.26	1.81	2.32	2.79	3.22	3.61	3.98	4.33	4.65	194	
167	0.61	1.17	1.69	2.16	2.59	2.99	3.35	3.70	4.02	4.32	193	
168	0.57	1.08	1.55	1.99	2.39	2.76	3.10	3.42	3.72	3.99	192	
169	0.52	1.00	1.43	1.83	2.19	2.53	2.84	3.14	3.41	3.66	191	
170	0.47	0.91	1.30	1.66	1.99	2.30	2.59	2.85	3.10	3.33	190	
171	0.43	0.82	1.17	1.50	1.80	2.07	2.33	2.57	2.79	3.00	189	
172	0.38	0.73	1.04	1.33	1.60	1.84	2.07	2.28	2.48	2.66	188	
173	0.33	0.64	0.91	1.16	1.40	1.61	1.81	2.00	2.17	2.33	187	
174	0.29	0.54	0.78	1.00	1.20	1.38	1.55	1.71	1.85	2.00	186	
175	0.24	0.45	0.65	0.83	1.00	1.15	1.30	1.43	1.55	1.67	185	
176	0.19	0.36	0.52	0.67	0.80	0.92	1.04	1.14	1.24	1.33	184	
177	0.14	0.27	0.39	0.50	0.60	0.69	0.78	0.86	0.93	1.00	183	
178	0.10	0.18	0.26	0.33	0.40	0.46	0.52	0.57	0.62	0.67	182	
179	0.05	0.08	0.13	0.17	0.20	0.23	0.25	0.29	0.31	0.33	181	
180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	180	

ГЛАВНЕЙШИЕ ФРАУНГЕФЕРОВЫ ЛИНИИ СОЛНЕЧНОГО СПЕКТРА

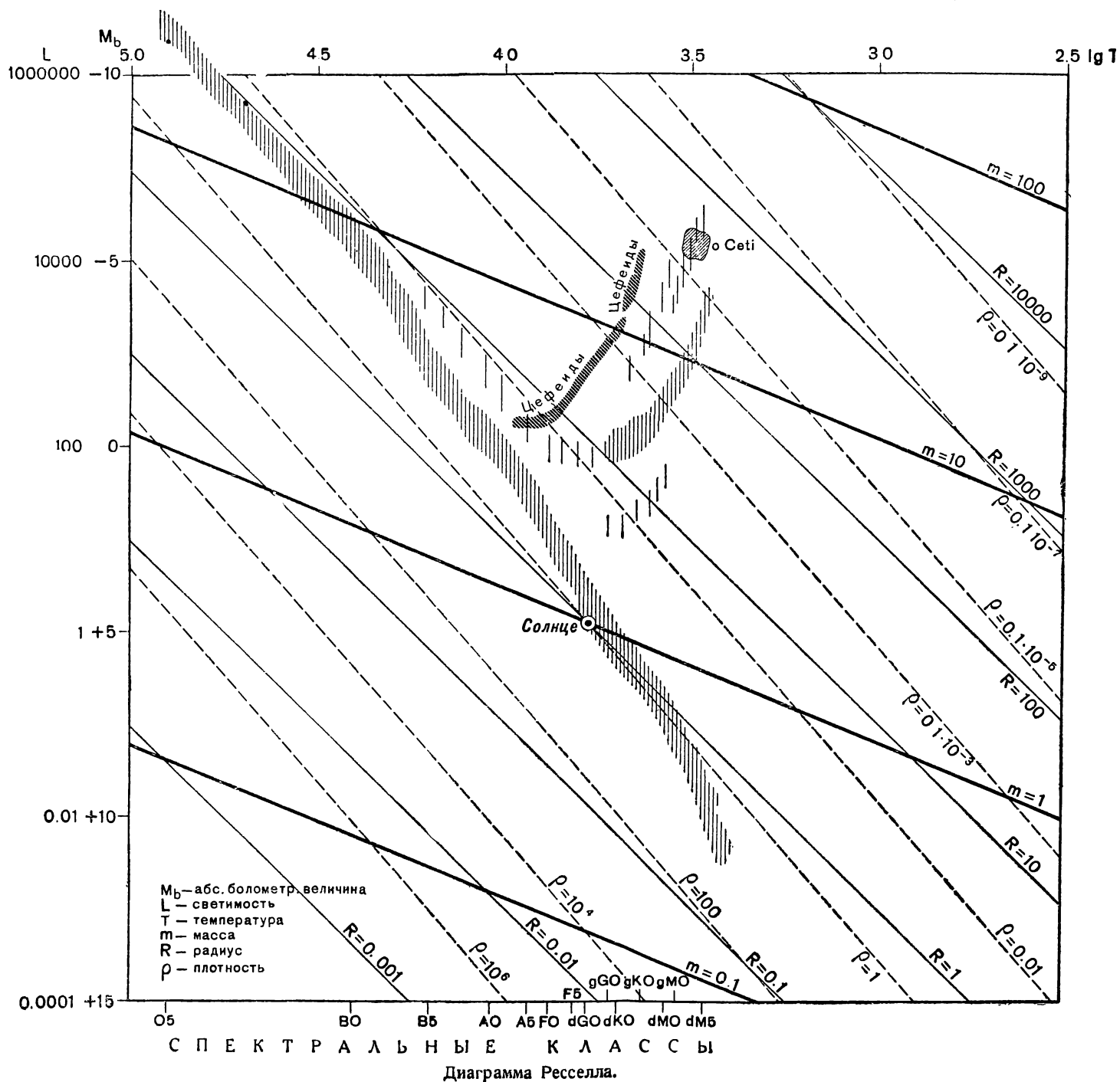


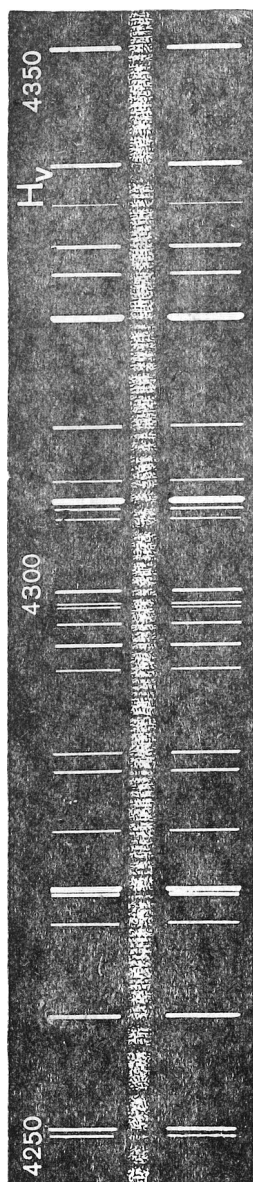
Спектр Солнца

Обознач.	Элемент	Длина волны в А
A	O	7621
a	O	7591
a		7164.4
B	O	6870.0
CH	H	6562.8
	O	6278.1
D	Na	5895.9
D	Na	5800.0
D	He	5375.6
E	Fe	5270.4
	Ca	5270.3
E	Fe	5239.6
b	Mg	5183.6
b	Mg	5172.7
b	Fe	5169.1
	Fe	5168.9
b	Fe	5167.5
	Mg	5167.3
FH	H	4861.3
d	Fe	4383.6
GH	H	4340.5
f	Fe	4325.8
G	Fe	4307.9
	Cu	4307.7
g	Ca	4226.7
hH	H	4101.8
H	Ca	3968.5
K	Ca	3933.7
L	Fe	3820.4
M	Fe	3727.6
N	Fe	3581.2
O	Fe	3441.0
P	Ti	3361.2
Q	Fe	3285.8
R	Ca	3181.3
	Ca	3179.3
S	Fe	3100.7
S	Fe	3100.3
	Fe	3099.9
S	Fe	3047.6
T	Fe	3021.1
Z	Fe	2994



Спектры звезд различных классов.

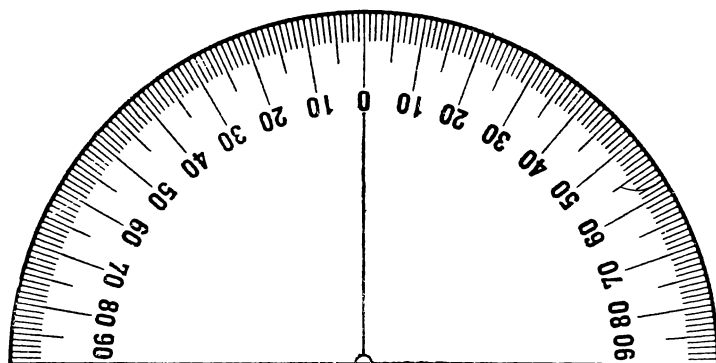




Доплеровское смещение
линий в спектре звезды.



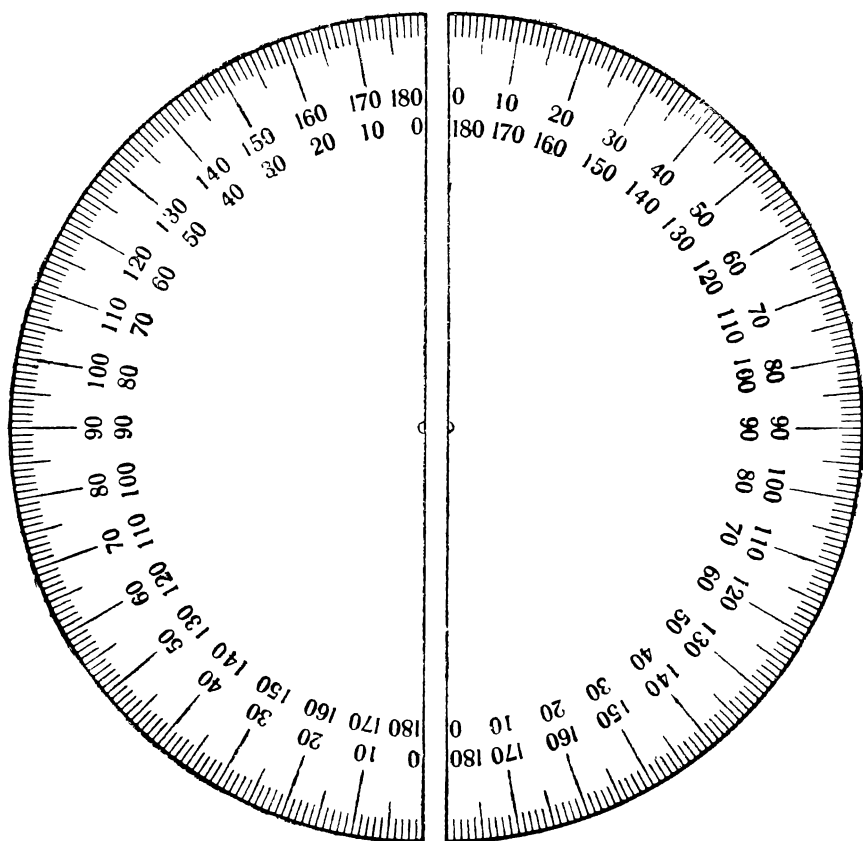
Фотография кометы.



Полукруг для высотомера.



Циферблат для солнечных часов.



Транспортиры для плоскостей меридиана и горизонта.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Методические указания к проведению практикума	5
Задание № 1. Общее обозрение неба, наблюдения невооруженным глазом	8
Задание № 2. Небесная сфера, ее основные линии и точки. Вид неба под разными широтами	10
Задание № 3. Системы координат. Условия видимости светил. Звездная карта	11
Задание № 4. Звездное время	13
Задание № 5. Астрономический календарь	—
Задание № 6. Подвижная карта звездного неба	15
Задание № 7. Соотношение между звездным и средним временем	16
Задание № 8. Истинное и среднее солнечное время. Время и долгота. Местное и поясное время	17
Задание № 9. Параллактический треугольник. Стереографическая сетка	18
Задание № 10. Приближенное определение меридиана по Солнцу	19
Задание № 11. Проверка часов помощью солнечного кольца	—
Задание № 12. Универсальный инструмент и работа с ним	21
1. Задачи и наблюдения с универсальным инструментом	22
2. Определение направления меридиана по Полярной звезде	23
3. Определение азимута земного предмета	25
4. Определение зенитного расстояния земного предмета и места зенита на круге	—
5. Определение широты по Полярной звезде	26
6. Определение широты по наблюдениям Солнца	27
Задание № 13. Годичное движение Земли: смена времен года и распределение тепловых поясов	30
Задание № 14. Видимое и истинное движение планет	31
Задание № 15. Вычисление эфемериды малой планеты	32
Задание № 16. Астрономическая труба и наблюдения отдельных небесных объектов	36
Задание № 17. Специальные наблюдения в телескоп	38
Задание № 18. Фотография звездного неба	40
Звездный атлас	44
Задание № 19. Определение лучевых скоростей светила	—
Задание № 20. Физические характеристики звезд	45
Задание № 21. Диаграмма Ресселла	47
Практические работы к методике преподавания астрономии в средней школе	48
Гномон. Солнечные часы	50
Высотомер или эклиметр	51
Модель небесной сферы	—
Теллурий	52
Фазы Луны и затмения	53
	93

Подвижная карта звездного неба	54
Астрономическая труба	—

П р и л о ж е н и я

1. Основные астрономические постоянные	57
2. Превращение промежутков звёздного времени в промежутки среднего времени	58
3. Превращение промежутков среднего времени в промежутки звездного времени	59
4. Элементы орбит больших планет	60
5. Физические характеристики больших планет	61
6. Солнце. Луна	63
7. Положение на орбитах четырех планет	64
8. Список созвездий	65
9. Средняя рефракция	67
10. Звезды первой величины	68
11. Каталог звезд до 3,0 звездной величины	72
12. Широты и долготы городов СССР	75
13. Части для montировки подвижной карты	вклейка
14. Карта экваториальной полосы звездного неба	вклейка
15. Стереографическая сетка для графического решения задач сферической астрономии	вклейка
16. Разность между эксцентрической и средней аномалиями	76
17. Главнейшие фраунгоферовы линии солнечного спектра	83
18. Спектры звезд различных классов	85
19. Диаграмма Ресселла	вклейка
20. Допплеровское смещение линий в спектре звезды	87
21. Фотография кометы	—
22—23. Полукруг для высотомера. Циферблат для солнечных часов	89
24. Транспортёры для плоскостей меридиана и горизонта	91

Редактор *Р. В. Куницкий.*
Техн. редактор *В. П. Рожин.*
Корректор *Б. М. Нихтер.*

Подписано к печати 25/VIII 1947 г.
А08381. Печатных листов $6\frac{3}{4}$ л.
вклейки. Учётно-издат. л. 5,33+0,57
вклейки. Тираж 50 000 экз. Заказ 2060

Отпечатано с готовых матриц в 5-й
типографии треста «Полиграфкнига»
Огиза при Совете Министров СССР.
Свердловск, ул. Ленина, 47.

Цена 3 р. 15 к.