

Государственное автономное учреждение
дополнительного профессионального образования Ярославской области
«Институт развития образования»

Департамент культуры Ярославской области
Государственное автономное учреждение культуры Ярославской области
«Культурно-просветительский центр имени В. В. Терешковой»

Н.И. Перов, А.А. Алексеев, А.В. Пешкова,
О.М. Роменская

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО
ОРГАНИЗАЦИИ НАБЛЮДЕНИЙ ЗВЕЗДНОГО
НЕБА В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ АСТРОНОМИИ:
лабораторные работы по астрономии
для учащихся 10–11 классов**

Учебно-методическое пособие

Ярославль
2021

УДК 52 (075)
ББК 22.6я73
П 26

Печатается по решению Ученого совета
ГАУ ДПО ЯО ИРО
Печатается по решению
Ученого совета ГАУК ЯО
«Центр имени В. В. Терешковой»

Рецензенты:

А. К. Муртазов, доктор технических наук, доцент, директор астрономической обсерватории Рязанского государственного университета им. С. А. Есенина, член жюри Всероссийской олимпиады школьников по астрономии

О. С. Угольников, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института космических исследований Российской академии наук, Председатель методической комиссии Всероссийской олимпиады школьников по астрономии

П 26 Перов Н. И., Алексеев А.А., Пешкова А.В., Роменская О.М.

Методические рекомендации по организации наблюдений звездного неба в школьном курсе астрономии: лабораторные работы по астрономии для учащихся 10–11 классов
: учебно-методическое пособие / под общ. ред. Н. И. Перова. – Ярославль : ГАУК ЯО «Центр имени В. В. Терешковой», ГАУ ДПО ЯО ИРО, 2021. – 94 с.

В учебно-методическое пособие, в соответствии с государственными образовательными стандартами, включены вариативные задания к 15 лабораторным работам по астрономии. Кроме типовых заданий, приводятся нетрадиционные, для решения которых необходимо провести оригинальные научные исследования, включая численные эксперименты на персональных компьютерах. Ряд заданий будет интересен преподавателям астрономии, учителям физики при подготовке тем исследовательских проектов, выполнение которых предусмотрено современными образовательными стандартами. Пособие можно использовать в учреждениях основного и дополнительного образования, оно окажет практическую помощь в подготовке учащихся к олимпиадам по астрономии, а также в работе астрономических кружков.

УДК 42 (075)
ББК 22.6я73

© ГАУ ДПО ЯО ИРО, 2021
© ГАУК ЯО «Центр им. В. В. Терешковой», 2021
© Перов Н. И., Алексеев А.А., Пешкова А.В.,
Роменская О.М., 2021

Содержание

Введение	5
Глава I. Методические аспекты проведения в школе астрономических наблюдений	6
§ 1.1. Астрономические объекты, доступные для наблюдений в любительские телескопы	6
§ 1.2. Особенности визуальных наблюдений	8
§ 1.3. Фотографические наблюдения школьниками небесных тел	10
§ 1.4. Работа школьников с телескопами-роботами	11
§ 1.5. Поисково-исследовательская работа школьников по астрономии	16
Глава II. Лабораторные работы по астрономии: наблюдения небесных тел и явлений	24
§ 2.1. Подвижная карта звездного неба	24
§ 2.2. Изучение созвездий и измерение угловых расстояний между звездами	29
§ 2.3. Исследование малых телескопов	32
§ 2.4. Наблюдения Луны	33
§ 2.5. Наблюдения Солнца	37
§ 2.6. Наблюдения планет и вычисление расстояний до них	39
§ 2.7. Расчёт параметров орбиты спутника Сатурна – Титан	42
§ 2.8. Наблюдения переменных звезд	44
§ 2.9. Наблюдения двойных звезд и вычисление их орбит	47
§ 2.10. Наблюдения галактик и определение их формы	55
§ 2.11. Наблюдения искусственных спутников Земли и определение их круговых орбит	58
§ 2.12. Определение географической широты	64
§ 2.13. Определение точного времени и долготы места по Солнцу	67

§ 2.14. Определение положения небесного меридиана	70
§ 2.15. Определение поправки часов по наблюдениям верхней кульминации звезд	72
Заключение	74
Библиографический список	75
Приложение	76
Названия и обозначения созвездий	76
Сведения о некоторых ярких звездах	79
Созвездия северного неба (в проекции на небесный экватор)	82
Созвездия южного неба (в проекции на небесный экватор)	83
Основной круг подвижной карты звездного неба (северное полушарие)	84
Накладной круг подвижной карты звездного неба	85
Программа вычисления параметров круговой орбиты ИСЗ по угловым измерениям	86
Темы проектов (поисково-исследовательских работ) по астрономии	90

«Лучше один раз увидеть,
чем семь раз услышать»

Введение

Уже в 1890 году, после организации в Петербурге Русского астрономического общества (РАО), прогрессивные преподаватели подчеркивали необходимость введения в школьные курсы астрономии астрономических наблюдений.

В 1895 году член Ученого комитета народного просвещения А.Д. Путьята сделал в Педагогическом музее военно-учебных заведений в Петербурге доклад о состоянии преподавания космографии (астрономии). Присутствующие на докладе педагоги из Петербурга высказали пожелание об оживлении курса, о постановке школьных астрономических наблюдений.

В декабре 1913 года - январе 1914 года в Петербурге состоялся 1-й Всероссийский съезд преподавателей физики, химии и космографии. В секции космографии представитель Нижегородского кружка любителей физики и астрономии Г.Г. Горяинов обратил внимание на необходимость организации общегородских школьных обсерваторий.

5 сентября 1931 г. вышло постановление ЦК ВКП(б) «О начальной и средней школе», а в учебных программах 1932 г. говорится о необходимости учебных астрономических наблюдений.

Преподавание астрономии в стране совершенствуется в течение 50 лет.

В 1986 году идея объединения курсов физики и астрономии разделила ученых и педагогов на два непримиримых лагеря – сторонников объединения и противников интеграции.

К середине 1990-х годов положение астрономического образования учащихся средних учебных заведений становится критическим. В первую очередь это связано с прекращением подготовки учителей астрономии.

К началу второго десятилетия 2000-х годов, несмотря на усилия отдельных учителей-энтузиастов, деятельность астрономических обществ, резолюций съездов и конференций система астрономического образования была практически уничтожена. При этом большой прогресс в развитии методов наблюдения и обработки информации привел в последнее время к ряду интересных новых открытий в астрофизике. Ряд вопросов, входящих в стандарт, относится именно к темам астрономии и астрофизики: это и «астрономически глобальные» вопросы строения Вселенной, и «астрономически местные» вопросы об устройстве Солнечной системы. Кроме того, наблюдение за астрономическими процессами позволяет иногда проверять фундаментальные физические теории (в недавнем прошлом — теорию относительности, а ранее — закон всемирного тяготения), а

разнообразие применяемых приборов и методов позволяет иллюстрировать различные физические законы и явления, изучаемые в других разделах физики (линейчатые спектры, излучение черного тела, небесная механика).

Решение Министерства образования Российской Федерации о возвращении астрономии в школы как самостоятельного предмета было с энтузиазмом воспринято всей астрономической общественностью. Предмет «Астрономия» в учебном плане представлен только на базовом уровне и рассчитан на изучение в течение не менее 35 (34) часов за 2 года обучения в старшей школе, с учетом создания необходимых условий для его изучения. В школе немногие предметы имеют настолько интегративный характер. Так, астрономия связана с физикой, математикой, географией, историей, экологией, химией, ОБЖ, экономикой, языкознанием и литературой. Успешное освоение астрономии возможно только при условии реализации межпредметных связей. Особенностью этого учебного предмета является то, что его содержание позволяет проследить эволюцию научной мысли в исторической ретроспективе. В связи со всем вышеизложенным следует отметить, что изучение астрономии в школе является мощным ресурсом, обеспечивающим формирование научной картины мира у обучающихся.

Реализация программы учебного предмета «Астрономия» должна быть направлена на формирование у обучающихся практических навыков, например, таких как: умение находить на небе ряд созвездий и ярких звёзд; объяснять целый ряд астрономических явлений; отделять астрономию от лженаук, что особенно актуально в наше время. Именно эти задачи и решаются в ходе выполнения наблюдательных лабораторных работ, описанных в пособии. Богатая история астрономических наблюдений открывает возможности к развитию проектной и внеклассной деятельности, к развитию межпредметных связей. Серьёзное отношение к школьной астрономии вселяет уверенность, что наблюдательная астрономия займет в школах России достойное место [19].

ГЛАВА I. МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОВЕДЕНИЯ АСТРОНОМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В ШКОЛЕ

§ 1.1. Астрономические объекты, доступные для наблюдений в любительские телескопы

Примерный перечень объектов для наблюдения, изображения которых получены с использованием телескопов проекта “AstroNYX”

1. Луна – в полный размер
2. Фрагменты поверхности Луны, в том числе: кратеры Платон, Шиккард, Риччиоли, Коперник, Кеплер, Аристарх, Тихо, Ланген, Петавий, Теофил, Кирилл, Катарина, гора Алтай, Пиренеи, Море Ясности, Море Паров, Море Кризисов, Море Спокойствия.
3. β Персея (Алголь) – переменная звезда (затменно-переменная).
4. δ Цефея (Альредиф) – переменная звезда (цефеида).
5. β Лебеда (Альбирео) – двойная звезда.
6. γ Андромеды (Альмаак) – двойная звезда.
7. ζ Большой Медведицы (Мицар) – двойная звезда.
8. α Тельца (Альдебаран) – ярчайшая звезда в созвездии Тельца.
9. α Большого Пса (Сириус) – ярчайшая звезда неба.
10. α Лирь (Вега) – ярчайшая звезда северного полушария.
11. α Возничего (Капелла) – ярчайшая звезда в созвездии Возничего.
12. α Малого Пса (Процион) – ярчайшая звезда в созвездии Малого Пса.
13. α Близнецов (Кастор) – вторая по яркости звезда в созвездии Близнецов, кратная звезда.
14. α Ориона (Бетельгейзе) – яркая звезда в созвездии Ориона, переменная звезда.
15. β Ориона (Ригель) – ярчайшая звезда в созвездии Ориона.
16. α Орла (Альтаир) – ярчайшая звезда в созвездии Орла.
17. α Лебеда (Денеб) – ярчайшая звезда в созвездии Лебеда.
18. α Льва (Регул) – ярчайшая звезда в созвездии Льва.
19. M1(NGC1952) – Крабовидная туманность (созвездие Телец) – остаток вспышки сверхновой 1054 года.
20. M13 (NGC6205) – шаровое звездное скопление в созвездии Геркулеса.
21. M45 – Плеяды – рассеянное звездное скопление в созвездии Тельца.
22. M42 (NGC1976) – Большая туманность Ориона – диффузная туманность.
23. M51 (NGC5194-5)– спиральная галактика «Водоворот».

- (взаимодействующие галактики) (созвездие Гончие Псы).
24. M31(NGC224) со спутниками M32(NGC221) и M110(NGC)205 – спиральная галактика «Туманность Андромеды».
 25. M33 (NGC 598) – спиральная галактика в созвездии Треугольника.
 26. M27 (NGC 6853) – планетарная туманность «Гантель» (в созвездии Лисичка).
 27. NGC 869 и 884 – рассеянное звездное скопление хи и аш Персея.
 28. M82 (NGC3034) – неправильная галактика «Сигара» (созвездие
 29. Большая Медведица).
 30. M65 (NGC3623), M66 (NGC 3627) и NGC3628 – группа спиральных галактик в Созвездии Льва.
 31. M44 (NGC2632) – рассеянное звездное скопление «Ясли» («Улей») в созвездии Рака.

§ 1.2. Особенности визуальных наблюдений

Организация наблюдений в школе

Ознакомительные наблюдения (для неподготовленных учеников).

Перед наблюдениями необходимо убедиться в том, что все ученики одеты по погоде, что обеспечивает комфортные условия для наблюдений и способствует лучшему выполнению работы.

Для наблюдений на открытом месте необходимо разделить классы на несколько групп по 15 - 20 человек – это максимальное число учеников, при котором ещё возможно поддерживать порядок и удерживать внимание. Группы подходят к назначенному времени.

Темы таких наблюдений без телескопа - небесная сфера, созвездия, планеты, фазы Луны, серебристые облака, искусственные спутники Земли, словом все, что возможно увидеть невооруженным глазом. Специального оборудования для этого не требуется, нужна лишь открытая площадка, удаленная от городских фонарей, и прочих источников света. Так же можно дать задание на самостоятельное нахождение и определение светил и созвездий с помощью подвижной карты звездного неба. Обычно это оживляет занятие и способствует закреплению материала на практике. Время на такие занятия обычно затрачивается не более часа на группу.

При наблюдениях в обсерватории необходимо классы разделить на группы по 5-7, максимум 10 человек, т.к. наблюдать в телескоп приходится по очереди. На наблюдение одного объекта приходится по 1 - 2 минуты, а иногда и больше. Остальные в это время просто ждут, и, чем больше человек в обсерватории, тем дольше ожидание следующего подхода к телескопу.

Удерживать объект в поле зрения и настраивать резкость под особенности зрения учеников (дальнозоркость, близорукость), лучше самому учителю, – соответствующие объяснения увеличивают непродуктивный расход времени. Лучшие объекты для таких наблюдений: Луна, планеты (особенно Юпитер со спутниками и Сатурн), яркие туманности (например, туманность в созвездии Ориона), звездные скопления (например, Плеяды), яркие кометы (когда они видимы на небе). На таких занятиях лучше ограничиться визуальными наблюдениями, за исключением наблюдений Солнца. Здесь можно проецировать изображение Солнца на экран, и проводить наблюдение для целого класса в рамках одного урока. Изображение с экрана можно легко фотографировать на камеру телефона, что и делают ученики.

Наблюдения с постановкой задачи

для подготовленных учеников (участников кружка)

На дополнительных занятиях для подготовленных учеников апробированы следующие задачи: самостоятельное нахождение объектов слабого блеска с помощью телескопа и атласа звездного неба, фотографирование Луны, зарисовки ярких комет (типа Хейла – Боппа) и планет, измерение углового диаметра и оценка расстояния до планеты (Юпитер).

С помощью атласа и телескопа школьники успешно находили на небе Крабовидную туманность, туманность М 82 и другие объекты, видимые только в телескоп. Здесь не требовались, какие либо специальные методики, нужны были лишь подходящие условия (ясная безлунная ночь и внимание), а так же достаточно подробный атлас звездного неба и небольшой телескоп, а так же хорошая зрительная память. Окуляр телескопа должен быть длиннофокусным и иметь большое поле зрения. Попытки найти эти туманности в бинокль 10x50 оказались безуспешными. Возможно, так получилось, потому что атласом и биноклем без штатива пользоваться неудобно.

Для определения углового размера планеты нужен телескоп с короткофокусным окуляром и секундомер. Желательно чтобы окуляр также был оснащен визирной сеткой. Метод заключается в следующем: планета движется в поле зрения неподвижного телескопа. Секундомером фиксируется промежуток времени между касанием визирной сетки сначала одним, потом другим краем изображения планеты. Если у окуляра нет визирной сетки, то мы засекаем промежуток времени между моментом касания края изображения планеты края поля зрения, и моментом выхода планеты из поля зрения. В данном случае точность наблюдения снижается ввиду аберрации у края поля зрения. Зная, что Земля за 1 час поворачивается на угол, равный 15 градусов, мы можем приблизительно оценить угловой диаметр планеты. Например, для диска Юпитера промежуток времени получается приблизительно 2,5 секунды, что соответствует примерно 40 угловым секундам. А зная табличную величину диаметра планеты округленно 143000 км и число угловых секунд в радиане 206265 можно оценить расстояние до планеты как 736370000 км. Переведя километры в астрономические единицы, получаем 4,9 а.е. Конечно, точность данных измерений зависит от многих причин, в том числе и от скорости реакции наблюдателя, но все же позволяют ознакомиться с методами астрономических измерений.

§ 1.3. Фотографические наблюдения школьниками небесных тел

Для фотографирования Луны, ввиду ее большой яркости, требуется телескоп с самым короткофокусным окуляром и цифровой фотоаппарат с включенным автоматическим выбором режимов. При некотором навыке удастся сделать снимки даже на телефон с камерой, главное отключить вспышку и прикрыть датчик расстояния. Приходится делать возможно большее число снимков, и оставлять самые удачные. Лучшие фотографии получаются, когда Луна находится в первой или последней четверти.

Зарисовки небесных тел желательно проводить, используя телескоп с окуляром, имеющим визирную сетку, что повышает точность рисунка. В практике одного из авторов использовался самодельный телескоп с окуляром от оптического прицела. Для зарисовок планет, особенно Юпитера, необходимы заготовки, выполненные по шаблонам. Эти шаблоны изображают очертания планет (для Юпитера соответствующий эллипс), на них зарисовываются подробности облачного покрова и рельефа.

§ 1.4. Работа школьников с телескопами-роботами

В настоящее время усиливается интерес к использованию в образовательных целях телескопов-роботов. Удаленный доступ к подобному оборудованию стимулирует интерес обучаемых к самостоятельным наблюдениям и исследованиям и способствует получению ими уникальных научных результатов. Опыт формирования и развития познавательного интереса школьников на примерах Международного проекта «Телескопы Фолкеса» (<http://faulkes-telescope.com>) и национального проекта «Астроникс» уже существует. Цель этих проектов заключается во влечении молодежи в науку с использованием средств дистанционных астрономических наблюдений на робот-телескопах. «Телескопы Фолкеса» расположены на Гавайских островах и в Северной Австралии. Данные средства наблюдения представляют собой полностью автоматизированную систему, управляемую дистанционно через Интернет. При помощи этих систем за считанные минуты школьники получают цифровые фотографии объектов звездного неба.

Обучение к дистанционному наблюдению звездного неба ведется поэтапно. В начале учащимся, - от начальных до старших классов, - сообщается, что они будут работать на телескопах, как ученые-исследователи: будут обрабатывать фотографии астрономических объектов в диапазоне видимого света, а также в диапазонах инфракрасного и ультрафиолетового излучений; получать научно-значимые результаты; готовить доклады по этим результатам и представлять их на конференциях различного уровня.

Задача педагога состоит в том, чтобы заинтересовать молодое поколение исследователей и воспитывать в нем ответственность за результаты поисковой работы.

Школьники учатся управлять телескопом на тренажере, который размещен на сайте робот - телескоп. Они находят небесные тела с точными координатами, используя программы для электронных планетариев и виртуального неба. Важно, при этом, сформулировать цель наблюдений. Для младших школьников предлагаются задачи, основанные на визуальных и фотографических наблюдениях, например, фотографирование ярких галактик различных типов. Для старших школьников исследования включали программную обработку фотографий (установление формы спиралей галактик, поиск галактик с X-структурами).

Подобная работа школьников способствует их самообучению и саморазвитию, что, в свою очередь, формирует будущих исследователей.

Другие ресурсы удалённого использования телескопов
<http://mo-www.cfa.harvard.edu/MicroObservatory/>
<https://www.itelescope.net/>

1. MicroObservatory Robotic Telescope Network

Веб-сайт: <http://mo-www.harvard.edu/cgi-bin/OWN/Own.pl>

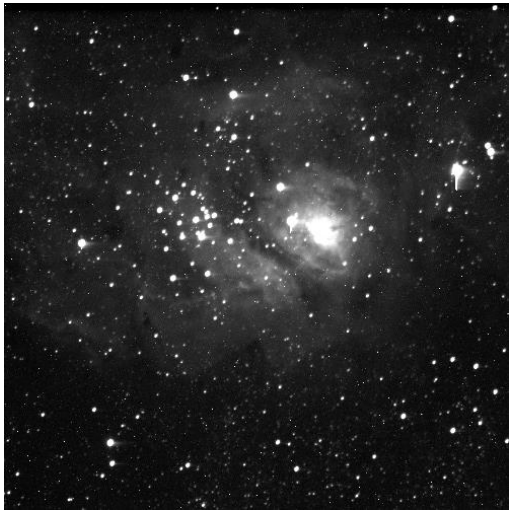
Режим доступа: свободный.

Ресурс предлагает свободное подключение к телескопам микрообсерватории, но ограничивает возможности наблюдения рядом объектов: планеты, некоторые галактики, туманности, Солнце. Пользователь выбирает объект для наблюдения, затем в порядке очереди получает фотографию этого объекта на электронную почту. Помимо использования микрообсерватории, ресурс также обеспечивает онлайн-редактирование снимков, поскольку многие из них нуждаются в постобработке.

Возможности использования микрообсерватории являются узкими, но ввиду открытого доступа к архиву фотографий, её можно использовать как для визуального материала к лабораторным работам, так и для проведения исследовательской работы по поиску внегалактических сверхновых. Также сам сайт предлагает бесплатные обучающие материалы на английском языке.

Изображения можно сохранить как в формате PNG, JPG, так и в формате FITS.

Примеры обработанных фотоснимков микрообсерватории:

	
Туманность Лагуна (NGC 6523, M 8)	Спиральная галактика M101

2. ITelescope

<https://www.itelescope.net>

Ресурс itelescope предлагает для удалённого использования телескопы, расположенные на разных высотах, в разных часовых поясах и полушариях. Каждая площадка оборудована несколькими телескопами, доступна возможность бронирования оборудования на определённое время. В зависимости от характеристик телескопа, стоимость использования определяется баллами (points): в тарифный план входит ограниченное число времени и баллов, которые вы можете потратить на наблюдения. Например, при использовании Plan-90 можно три часа работать с телескопом за 30 баллов, но не более выделенного тарифом для наблюдений времени. Баллы списываются поминутно. Количество баллов для наблюдения варьируется в течение месяца в зависимости от фазы Луны. Подробные характеристики телескопов и их камер даются на сайте поддержки <http://support.itelescope.net>

Для удобства использования на сайте можно уточнить прогноз погоды и условия видимости интересующего объекта.

Изображения можно сохранить в формате FITS для последующей обработки. Само использование телескопов, без обработки, в дополнительном оборудовании и программах не нуждается.

Расположение телескопов

- Австралия
 - обсерватория Сайдинг-Спринг: $31^{\circ}16'$ ю.ш. $149^{\circ}03'$ в.д., высота - 1165 м над уровнем моря;
 - обсерватория Батерст: $33^{\circ}25'$ ю. ш. $149^{\circ}34'$ в.д.
- США
 - обсерватория Нью-Мексико: $32^{\circ}54'$ с.ш., $105^{\circ}31'$ з.д., высота - 2225 м над уровнем моря;
 - обсерватория Сьерра-Ремоут: $37^{\circ}4'$ с.ш., $119^{\circ}324'$ з.д. высота - 1405 м над уровнем моря;
- Испания:
 - Обсерватория AstroCamp $38^{\circ}09'$ с.ш., $2^{\circ}19'$ з.д., высота - 1650 м над уровнем моря;

Тарифные планы

План	Время	Баллы	Стоимость
------	-------	-------	-----------

Starter-Trial	4 часа	20 баллов	\$19.95 USD
Plan-40	8 часов	40 баллов	\$39.95 USD
Plan-90	10 часов	90 баллов	\$89.95 USD
Plan-160	12 часов	160 баллов	\$159.95 USD
Plan-290	14 часов	290 баллов	\$289.95 USD
Plan-490	16 часов	490 баллов	\$489.95 USD
Plan-1000	20 часов	1000 баллов	\$999.95 USD

Примечание: в следующую после праздника Дня Благодарения пятницу традиционно действуют скидки на тарифа до 20%.

Инструкции по использованию ITelescope платные, сформированные для разных уровней подготовки. Стоимость варьируется от 125 до 300 USD за 1-3 часа интерактивных обучающих программ.

Стоимость телескопов

Телескоп			Фаза Луны			
Название	Тип	Апертура	>=75%	50%-74%	25%-49%	<25%
Siding Spring Observatory						
Telescope 8	рефрактор-апохромат	106 мм	93	130	167	185
Telescope 9		127 мм	93	130	167	185
Telescope 12		106 мм	78	109	140	155
Telescope 13		90 мм	68	95	122	135
Telescope 17	рефлектор	430 мм	98	137	176	195
Telescope 30		500 мм	135	189	243	270
Telescope 31		500 мм	135	189	243	270
Telescope 32		413 мм	120	168	216	240
Telescope 33		320 мм	125	175	225	250
New Mexico Skies						
Telescope 3	Рефрактор-апохромат	150 мм	50	70	90	100
Telescope 5	Рефлектор	250 мм	63	88	113	125
Telescope 11		500 мм	124	173	222	247
Telescope 14	Рефрактор-	106 мм	63	88	113	125

Telescope 20	апохромат	106 мм	55	77	99	110
Telescope 21	Рефлектор	413 мм	90	126	162	180
Sierra Remote Observatory						
Telescope 24	Рефлектор	610 мм	110	154	198	220
Astrocamp						
Telescope 7	рефлектор	413 мм	88	122	158	175
Telescope 16	Рефрактор-апохромат	150 мм	60	84	108	120
Telescope 18	Рефлектор	318 мм	73	102	131	145
Bathurst Observatory						
Telescope 63	рефлектор	300 мм	60	84	108	120
Telescope 64			60	84	108	120
Telescope 68		280 мм	50	70	90	100

§ 1.5. Поисково-исследовательская работа школьников по астрономии

Известны следующие методы обучения: объяснительно-иллюстративный, репродуктивный, проблемного изложения, частично – поисковый, исследовательский. Первые два характеризуются пассивным восприятием и освоением преподносимой информации, третий и четвёртый – активным самостоятельным поиском и использованием информации, пятый метод – организуемым извне направленным поиском и использованием информации.

Установлены педагогически целесообразные приёмы и формы эффективного обучения: разнообразие способов развёртки логической структуры учебного предмета; применение многообразных форм наглядности, применение форм проблемного обучения для формирования у учащихся творческого мышления; самостоятельное составление обучаемыми учебных задач; введение индивидуально–дифференцированного обучения; комплексное применение технических средств обучения; применение групповых форм обучения; введение в различные формы учебных занятий системы взаимоконтроля и самоконтроля; привлечение обучаемых к научно-исследовательской работе, являющейся важнейшим средством развития у учащихся творческого потенциала. Эффективность использования перечисленных выше приёмов, методов и организационных форм обучения во многом определяется психологической готовностью, педагогическим мастерством преподавателя и спецификой учебного предмета, в частности, астрономии.

Известные определения творчества являются неоднозначными и не очень строгими, поскольку само содержание и процесс творчества подразумевают неординарность и вариативность мышления, непрерывность и динамизм поиска, симбиоз логических утверждений и интуитивных сомнений.

Л.И. Филиппов объединил 10 главных составляющих творчества личности в формуле

$$T=(3+C_C)\{(L+N+B)^{H_C^{+\Theta}}+\log C_K\}(P_X\Phi)^{1/2},$$

где T – обобщённый (итоговый) уровень творчества личности; 3 – объем знаний, которыми обладает человек; C_C – способности человека к самообразованию и обновлению знаний; L – любознательность, не вознаграждаемое стремление к получению новых знаний; N –

наблюдательность, умение воспринимать мир в целом без разделения на важное и «мелочи»; В – воображение и умение генерировать идеи; Н_с – настойчивость, упорство, в преодолении трудностей и препятствий в поисках нового; Э – энтузиазм, стремление к творчеству; С_к – скептицизм, критическое отношение к гипотезам; идеям, теориям, стремление их проверить или уточнить; П – память, объём знаний, которыми человек обладает, без обращения к книгам, конспектам; Ф – состояние физического здоровья, обеспечивающего интеллектуальную активность личности.

Ясно, что эта формула упорядочивает и формализует представления о творческом потенциале человека, хотя и не учитывает ряд других, не менее значимых свойств интеллекта.

Школьник, участвуя в процессе коллективного творчества, может оказаться или в роли участника – рядового исполнителя творческой группы, или в роли её (официального или неформального) лидера—руководителя. Любому школьнику, выполняющему как первую, так и вторую роль, приходится преодолевать свои личностные привычки и установки, находить постоянный контакт с другими членами группы. Одна из центральных задач, которая ставится перед творческими мыслящими и работающими в коллективе учениками, – это создание наиболее благоприятных (комфортных) психологических условий для других членов группы, умение обеспечить непринуждённую и дружественную обстановку в коллективе к интенсивной совместной деятельности, вызвать у окружающих положительные эмоции, обеспечить мотивацию для напряжённой коллективной работы по поиску максимально большого количества оригинальных идей. Поэтому в ряде случаев могут оказаться полезными рекомендации и советы, позволяющие, с одной стороны, создать в коллективе психологический «настрой», а с другой, эффективно нейтрализовать различные недостатки стиля мышления того или иного соучастника творческого процесса.

Благодаря наземным и космическим исследованиям, проводимым с помощью космических аппаратов и искусственных спутников Земли и планет, собран значительный объём уникальной научной информации о Солнечной системе, Галактике, Метагалактике. При этом объём наблюдательных и экспериментальных данных быстро растёт, что настоятельно приводит к необходимости разработки синтезирующих теорий, учитывающих новые факты и в сжатом виде интерпретирующих большие информационные массивы. Таким образом, в современную эпоху, требующую новых идей для эффективного решения поставленных перед астрономией, остро ощущается потребность в исследователях, способных

нетрадиционно подойти к поиску ответов на соответствующие вопросы. (Например, в проблеме происхождения и устойчивости Солнечной системы основными и нерешёнными задачами считаются: происхождение и эволюция Луны, распределения по различным параметрам спутников планет, астероидов, комет и метеорного вещества, физическая природа планетных колец, эволюция вращательного движения и резонансы в орбитально – вращательном движении небесных тел.)

С другой стороны, малое количество часов, отводимых на изучение астрономии в школе (астрономия в 2009–2017 годах была исключена из списка школьных предметов), заставляет преподавателей искать (и находить!) новые формы обучения, рассматривая обучаемых не только как накопителей, но и как творцов новых естественнонаучных знаний об астрономической Вселенной, кроме того, привлечение школьников к научно-исследовательской работе является важнейшим средством развития у них творческого потенциала (интеллектуальный потенциал – главное богатство России). Отметим ещё раз – астрономия является одним из немногих предметов, позволяющих строить учебный процесс исключительно на основе поисково–исследовательских методов обучения и в современных исследованиях по методике преподавания астрономии обращается внимание на то, что школьники вполне могут совершать научно–значимые астрономические открытия. (Открытие – научное новое достижение в процессе научного познания природы и общества, объект специальной правовой охраны, им признаётся установление неизвестных ранее объективно существующих закономерностей, свойств и явлений материального мира, вносящих коренные изменения в уровень познания. Изобретение – объект промышленной собственности, которому предоставляется правовая охрана на основе патента. Изобретение считается таковым, если оно является новым, т.е. неизвестно из уровня техники и для специалиста явным образом не следует из этого уровня. Изобретениями могут быть устройства, вещества, способы, штаммы микроорганизмов, культура клетки растений и животных и др.)

В процессе руководства учащимися, активно занимающихся научно-значимыми исследованиями в области астрономии, приходится обращать внимание на такие механизмы их социализации как: а) образование (рациональные знания о мире); б) просвещение (саморазвитие, самообразование); в) воспитание (культура речи, вежливость в быту); г) традиции (культурный опыт коллективного бытия); д) религия (снимает психологическую фрустрацию в связи с рациональной необъяснимостью многих аспектов жизни). (В.И. Вернадский подчёркивал, что «упадок

научной мысли и научного творчества в истории развития земной цивилизации всегда был связан с переоценкой достижений философии или религии. В ленинизме мы видим ту же утопию, но проведённую огнём и мечом, инквизиционным путём. Всегда в эпоху первых веков христианства, в Индии в эпоху буддизма, в расцвете мусульманской теологии – мы наблюдаем то же самое. Этим достигалось вымирание научного творчества, и отход от научной мысли лучших умов»); е) искусство (выполняет во многом схожие с религией психолого – компенсирующие функции и также расширяет перечень стоящих перед человеком реальных или придуманных социальных коллизий); ё) наука (в ряде случаев представляет «убежище и защиту», по крайней мере, психологическое, где можно укрыться непреходящими ценностями от буйства и насилия социальной жизни).

Благоприятные условия для организации научно-значимых школьных астрономических исследований появляются в организациях дополнительного образования, где есть активно работающие преподаватели, которые являются и астрономами и педагогами.

Большое значение для возможности совершения школьниками научных открытий имеет наличие современной вычислительной техники и доступ к базам данных и автоматическим телескопам через сеть интернет.

Важным условием успешного проведения школьниками научных астрономических работ является их творческое содружество с представителями астрономических и иных научных обществ, интересы которых лежат в области исследования космического пространства. В этом случае открывается широкий выбор тем по астрономии, которые характеризуются как экспериментальные, наблюдательные, теоретические или основанные на численных экспериментах и статистических исследованиях. По мнению авторов, статистические эксперименты, включающие систематизацию известных знаний, прогноз новых астрономических явлений и открытие неизвестных ранее небесных тел, – одно из перспективных направлений организации научно-исследовательской работы студентов по астрономии в педагогическом университете.

Также отметим такую классическую форму научной работы школьников, как проведение научных наблюдений на астрономических обсерваториях, оптических и радиолокационных станциях (поиск комет и астероидов, изучение переменных звёзд, изучение физической природы Солнца, Луны, планет и межпланетной материи, исследование околоземного пространства на основе наблюдений искусственных спутников Земли). Подчёркнём, что предполагается получение школьниками оригинальной информации о Вселенной, а не простое воспроизводство известных знаний.

Когда преподавателю удаётся развить и (или) пробудить творческие способности школьника, то результаты научных исследований школьников могут быть представлены на Всероссийские и Международные научные конференции, конкурсы научных работ, посвящённые разнообразным проблемам современной астрономии (статья считается научной, если она опубликована в каком-либо научном издании.). Не исключаются и публикации в астрономических изданиях Российской академии наук и международных изданиях. (Лидирующие и ведущие периодические астрономические издания Российской академии наук переводятся на иностранные языки и переиздаются за рубежом (авторы статей получают гонорары в валюте), что не является характерным для журналов РАН по гуманитарным наукам.) Публикации школьников в «солидных» научных журналах, как правило, вызывают повышенный интерес представителей средств массовой информации, что морально также стимулирует школьников продолжать начатые исследования. Выдающиеся результаты научной работы учеников поощряются Российскими и Международными научными фондами, а также фондами частных лиц. (Электронные адреса этих фондов и организаций, связанных с исследованиями Солнечной системы, приведены в [7]). Здесь отметим, что правовая защита интеллектуальной собственности рассмотрена в [6].

Очевидно, в современных условиях жизни России преподавателям астрономии необходимо настраивать школьников – астрономов на участие в конкурсах научных работ, с целью получения соответствующих грантов. Конечно, научные открытия совершаются не из корыстных мотивов, а из неугасимого стремления человека к истине, но в социальном отношении научное сообщество укрепляет извне – система финансирования науки (и изнутри – система специальной подготовки). Но самое главное – научно-значимые астрономические открытия учащихся укрепляют социальный статус астрономии и положение предмета астрономии в современной системе образования России. (Следует отметить, что отсутствие у российских мыслителей стремления заработать своим научным трудом замедлило формирование в России профессии учёного. В российской культуре – под влиянием православия – место индивидуализма традиционно занимал коллективизм, – патриотический культ служения обществу, который проявлялся и в науке. Гипертрофированный коллективизм, отсутствие должной заботы о закреплении приоритета и лицензировании открытий ослабляли индивидуальную мотивацию, а подчас наносили ущерб самим же коллективным интересам. В своё время аналитики подсчитали, какой потенциал был накоплен советской наукой. Оказалось, что если бы внедрили

только изобретения до 1990 года, ничего больше не разрабатывая, то технический прогресс в России мог бы благополучно развиваться ещё сто лет. Недаром Япония собиралась купить все (!) заявки на изобретения, зарегистрированные у нас в ВНИИГПЭ. Но в Советском Союзе всё это, как правило, оставалось на полках. С 1993 по 1996 год, пока Российская Федерация не подписала конвенцию о защите интеллектуальной собственности, НАТО успело за бесценок аккумулировать столько технических достижений России, что вынуждено было образовать закрытое научно-техническое управление по обработке наших новшеств! Огромное количество не доведенных, неиспользованных научных идей, поражающее воображение зарубежных учёных, и, особенно, предпринимателей, тоже было результатом не только неспособности нашего общества использовать новое научное знание, но и не прагматичностью отношения самих отечественных учёных к своим идеям. Последнее обстоятельство связано с такими особенностями российского менталитета, как, например, мечтательность и оторванность от реальности, которые в науке имели весьма нелепые проявления, выражаясь в склонности к различным утопическим проектам. Но эта же мечтательность нашла выражение в *«романтическом сциентизме»* - вере советских людей в то, что наше будущее ждёт нас не на Земле – в скучных контактах между политиками, а в космосе – в *увлекательных контактах с другими цивилизациями*, и вообще науке по силам решить все основные проблемы человечества.)

В поисково-исследовательских работах школьников широко используются проблемно-аналитические методы, процветает культ собственного творчества, отрицается компиляция, формируется устойчивый творческий интерес, индивидуальное обучение происходит в условиях нравственного и деятельного комфорта. В работе [18] утверждается, что при такой организации учебного процесса качество (авторизованного) образования выше и фундаментальнее классического. Происходит взрывное овладение знанием, открывается возможность двукратного увеличения учебных предметов и трехкратного увеличения уровня их фундаментальности с органичной квалификационной практикой. Объём усвоения образовательного материала составляет 90%. В сравнении с классическим стоимость такого образования уменьшается более, чем в 60 раз. Причём 6 лет отводится на начальное и среднее образование, 3 года на высшее образование вместе с магистерской степенью. Итого это означает только 9 образовательных лет, вместо 22-х, то есть с экономией 13 самых дорогих лет соответствующих социальному формированию, юношеских лет. Даже при четверти приведённых благ, которые дают поисково-

исследовательские методы обучения и научно-значимые открытия студентов и школьников, налицо высокая эффективность такого нетрадиционного процесса обучения.

Глава II. Лабораторные работы по астрономии, связанные с наблюдениями небесных тел и явлений

§2.1. Лабораторная работа

ПОДВИЖНАЯ КАРТА ЗВЕЗДНОГО НЕБА

Цель работы – использование подвижной карты звездного неба при изучении звездного неба.

Оборудование: подвижная карта звездного неба, звездные атласы, фотографии участков звездного неба, электронный планетарий «REDSHIFT-6», микрокалькулятор, Интернет.

Подвижная карта звездного неба предназначена для изучения звездного неба (на карте все круги, прямые и точки небесной сферы проектируются на плоскость небесного экватора).

Карта состоит из двух кругов, которые скреплены между собой в центре. На основном нижнем круге вычерчена сетка экваториальных координат, нанесены изображения наиболее ярких объектов неба ($\sim 4^m$). Все, что видно через овал верхнего накладного круга, находится над горизонтом; все, что находится вне овала (под верхним кругом), располагается ниже плоскости горизонта.

Овал пересекают две линии: прямая – это небесный меридиан, изогнутая – первый вертикал. В точке их пересечения находится зенит. На линиях проставлены деления высот (h) в пределах от 0° до 90° . Вдоль края овала – линии математического горизонта – проставлены азимуты (A) в пределах от 0° до 360° . Эти шкалы служат для определения горизонтальных координат светил, которые видны через овал.

Экваториальные координаты (α – прямое восхождение, δ – склонение) светил определяются по основному нижнему кругу: $0^h < \alpha < 24^h$ (см. деления на периметре круга); $\sim -45^\circ < \delta < +90^\circ$ (см. деления вдоль двух радиусов этого же круга).

Установка карты

Вращая накладной круг, совмещают время наблюдений (истинное солнечное или, с ошибкой около 1 часа, декретное) на верхнем круге с датой наблюдений на нижнем круге. Определяют стороны света по Полярной звезде.

При отождествлении звезд и созвездий в северной части неба, становятся лицом к северу и держат карту перед собой таким образом, чтобы точка севера была внизу. Тогда расположение изображений звезд в северной части овала на карте будет соответствовать их видимому расположению на северном участке неба.

При изучении южной части неба поворачиваются лицом к югу, а карту держат перед собой точкой юга вниз. Аналогично поступают при изучении восточного и западного участков звездного неба.

Азимут и время восхода Солнца можно определить, если через точку пересечения *эклиптики* (см. линию с надписью на нижнем круге) и горизонта на карте провести прямую от Северного полюса до края карты, где и сделать отсчет даты и времени восхода Солнца. Азимут отсчитывается по линии горизонта.

Подобным образом определяют азимуты и моменты захода Солнца на западной стороне горизонта.

Задания

Выполните задания, используя подвижную карту звездного неба.

1. Установите подвижную карту звездного неба на день и час занятий и укажите расположение созвездий на небесном своде, отдельно отметив восходящие и заходящие в это время светила (по 2–3 созвездия, таблица 1).

Таблица 1 (к заданию 1)

Дата.....Время

На востоке	На юге	На западе	На севере	В зените	Восходящие	Заходящие

2. Изучите контуры созвездий Большой Медведицы, Малой Медведицы, Кассиопеи, Лебедя, Льва, Пегаса, Возничего и Ориона.

3. Установите подвижную карту звездного неба последовательно на 0 ч, 6 ч, 12 ч и 18 ч 1 октября, укажите расположение в эти моменты времени созвездий: Большой Медведицы, Ориона, Кассиопеи, Лебедя.

Сформулируйте выводы о характере и причине изменения вида звездного неба в течение суток (таблица 2).

Таблица 2 (к заданию 3)

1 октября.

Время Созвездие	0 час.	6 час.	12 час.	18 час.
Большая Медведица				
Орион				
Кассиопея				
Лебедь				

Выводы.

4. Определите день года, в который в 8 ч 30 мин вечера в верхней кульминации находятся звезды: 1) Вега; 2) Альдебаран; 3) Арктур; 4) Денеб; 5) Капелла; 6) Алголь; 7) Спика; 8) Регул. Данные занесите в таблицу 3.

Таблица 3 (к заданиям 4 и 5)

T= 20 час. 30 мин. Звезда.....

Кульминация	Дата
Верхняя	
Нижняя	

5. Определите дату, когда та же звезда в тот же момент суток находится в нижней кульминации (таблица 3).

6. В дни 21 марта, 22 июня, 23 сентября и 22 декабря найдите моменты времени восхода, верхней кульминации, захода и нижней кульминации звезд: 1) Альтаира; 2) Сириуса; 3) Поллукса; 4) Ригеля; 5) Антареса; 6) Бетельгейзе; 7) Прокциона; 8) Кастора (таблица 4).

Таблица 4 (к заданию 6)

Звезда.....

Дата Явление	21 марта	22 июня	23 сентября	22 декабря
Восход				
Верхняя кульминация				
Заход				
Нижняя кульминация				

7. Определите время восхода и захода Большой Медведицы и Кассиопеи в произвольно выбранный день года (таблица 5).

Таблица 5 (к заданию 7)

Дата.....

Созвездие Явление	Большая Медведица	Кассиопея
Восход		
Заход		

8. Из анализа результатов пунктов 4–7 сформулируйте выводы: а) о продолжительности промежутка времени между моментами верхней и нижней кульминаций одних и тех же звезд в пределах суток; б) об изменении моментов времени восхода, кульминации и захода звезд в течение года, указав направление и величину этого изменения за полгода, за месяц, за полмесяца, за сутки; в) об условиях видимости различных созвездий в данном месте Земли.

Выводы (к заданию 8):

- а)
- б)
- в)

9. Составьте список созвездий, через которые проходит Солнце (для земного наблюдателя) в течение года. Укажите продолжительность (в сутках) пребывания Солнца в каждом из них. Данные запишите в таблицу 6.

Таблица 6 (к заданию 9)

№ п/п	Созвездие	Дата входа Солнца	Дата выхода Солнца	Число суток пребывания Солнца в созвездии
1.	Козерог	19 января	16 февраля	28
2	Водолей	16 февраля	12 марта	24
...	...	...	...	...

Дополнительные задания

1. На фотографии звездного неба (рис. 1) определите, в каком созвездии находится Солнце.



Рис.1.

2. Найдите на фотографии звездного неба (рис. 2) «Летний треугольник».

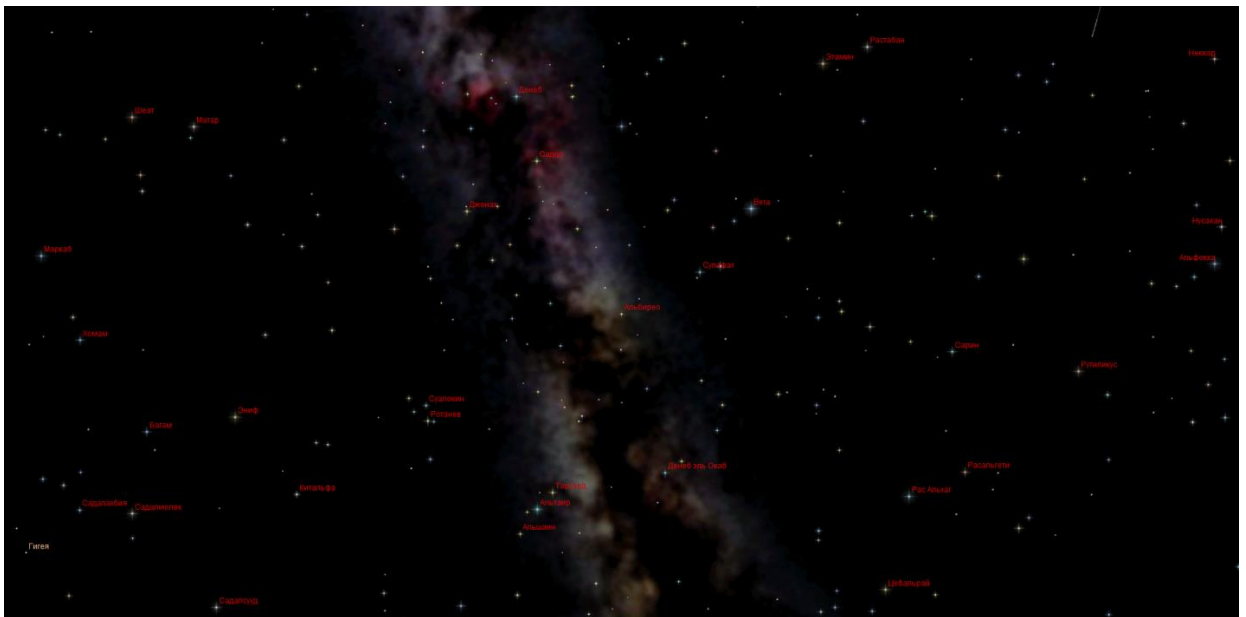


Рис. 2.

§2.2. Лабораторная работа

ИЗУЧЕНИЕ СОЗВЕЗДИЙ И ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВЫХ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ЗВЕЗДАМИ

Цель работы – определение на небе (небесном своде) положений созвездий с яркими звездами и измерение углов между направлениями на небесные тела.

Оборудование: угломерный инструмент, теодолит, подвижная карта звездного неба, звездный атлас, линейка, фонарик, лазерная указка, электронный планетарий «REDSHIFT–6», микрокалькулятор, Интернет.

С помощью подвижной карты звездного неба ознакомьтесь с контурами созвездий: Большой Медведицы, Малой Медведицы, Кассиопеи, Андромеды, Пегаса, Персея, Возничего, Тельца, Ориона, Близнецов, Большого Пса, Малого Пса, Льва, Девы, Волопаса, Скорпиона, Стрельца, Орла, Лиры и Лебедя.

Для первой ориентировки необходимо поставить подвижную карту звездного неба на день и час наблюдений, встать лицом к созвездию Большой Медведицы и поднять карту над головой так, чтобы расположение этого созвездия на карте соответствовало его расположению на небесном своде. Тогда, ориентируясь в направлениях по карте, найдите на небе те перечисленные основные созвездия, которые во время наблюдений находятся над горизонтом. После такой общей ориентировки необходимо изучать контуры созвездий по картам звездного атласа. Буквенные обозначения звезд в созвездиях проставлены на картах, а собственные имена главных звезд содержатся в одной из таблиц атласа, предшествующих картам.

Изучению созвездий способствует приближенное измерение угловых расстояний между звездами, поскольку необходимость отождествления заданных звезд заставляет в первую очередь отыскивать созвездия по их контурам. Поэтому рекомендуется составить карточки индивидуальных заданий, которые содержали бы по три пары звезд с угловыми расстояниями между ними в пределах от 4° до 25° с тем, чтобы каждый ученик измерил эти расстояния. Так как работа не преследует цели точных измерений, то прибегать к помощи точных угловых инструментов нет необходимости.

Подобные измерения позволяют наглядно убедиться в суточном вращении небесного свода. Для этого угловые расстояния между выбранными звездами измеряются дважды, с интервалом около 30 мин. Попутно измеряются угловые расстояния между теми же звездами и каким-либо неподвижным земным предметом, а также между Полярной звездой и

земным предметом (не обязательно тем же). Сравнение результатов измерений покажет, что Полярная звезда практически не меняет положения над горизонтом, угловые расстояния других звезд от горизонта изменяются, а взаимные расстояния между звездами остаются неизменными.

Если же помимо элементарных наблюдений поставить перед учениками задачу приобретения начальных навыков в обращении с точными угломерными инструментами (универсальным инструментом или теодолитом), то данную работу следует несколько усложнить.

Предварительно ученики обязаны изучить конструкцию инструмента, описание которого дается в учебниках по астрономии, и определить цену делений его разделенных кругов. Перед началом работы универсальный инструмент устанавливается на столб или треногу и нивелируется, т.е. выравнивается по уровням. Для этого инструмент поворачивается вокруг вертикальной оси так, чтобы накладной уровень проходил над одной из ножек инструмента, и вращением уравнивающего винта этой ножки приводят пузырек уровня на его середину, вращая в разные стороны уравнивательные винты двух других ножек. При правильной установке инструмента пузырьки обоих его уровней должны находиться посередине трубок. (Используем приборы, которые позволяют измерить непосредственно угловую высоту h объекта).

После этого наводят зрительную трубу на одну из звезд, быстро снимают отсчеты h_1 по верньеру вертикального круга и A_1 по верньеру горизонтального круга и повторяют те же операции с другой звездой (отсчеты h_2 и A_2). Требование быстрого проведения указанных операций вызывается тем, чтобы, за промежуток времени между двумя наведениями, звезды не успели бы заметно сместиться. Перемещение звезд в поле зрения инструмента наглядно показывает быстрое суточное вращение небесного свода.

Искомое угловое расстояние d между звездами вычисляется по формуле

$$\cos d = \sin h_1 \sin h_2 + \cos h_1 \cos h_2 \cos(A_2 - A_1) .$$

Для оценки правильности результата проведите вычисления по значениям прямых восхождений α_1 и α_2 и склонений δ_1 и δ_2 звезд

$$\cos d = \sin \delta_1 \sin \delta_2 + \cos \delta_1 \cos \delta_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2) .$$

Угловое расстояние d_0 между звездами и земным предметом определяется по формуле

$$\cos d_0 = \sinh \sinh_0 + \cosh \cosh_0 \cos(A - A_0) .$$

Здесь h и A относятся к одной звезде.

Рекомендуется следующая последовательность выполнения данной работы

1. Отождествление созвездий на небе по подвижной карте звездного неба.
2. Определение по Полярной звезде приближенного положения небесного меридиана.
3. Измерение угловых расстояний двух-трех звезд от земного предмета.
4. Измерение угловых расстояний между звездами.
5. Измерение углового расстояния Полярной звезды от земного предмета.
6. Изучение контуров созвездий по картам звездного атласа.
7. Повторение измерений, указанных в пунктах 3–5.
8. Сравнение и анализ полученных результатов.

Отчет о работе 2

Фамилия ученика

Дата выполнения работы, время

К заданиям 3-5, 7	T	Земной предмет	A_0	h_0

T	Название звезды	A	h	$A - A_0$ $(A_2 - A_1)$	d_0	d

8. Анализ и выводы:

§2.3. Лабораторная работа

ИССЛЕДОВАНИЕ МАЛЫХ ТЕЛЕСКОПОВ

Цель работы – исследование оптических свойств и применение школьных телескопов при изучении звездного неба.

Оборудование: телескоп-рефрактор, телескоп рефлектор, линейка, электронный планетарий «REDSHIFT-6», микрокалькулятор, Интернет.

1. Измерить диаметр D объектива телескопа.

2. Измерить фокусное расстояние объектива F :

а) у менискового телескопа Максудова измерить длину L и длину l окулярной трубки при вдвинутом окуляре, тогда

$$F=2 \cdot L+l/2 \approx 2 \cdot L;$$

б) у телескопа рефрактора следует удалить окуляр, вдвинуть кремальеру до упора и измерить длину L тубуса (без наростика) и длину l окулярной трубки, тогда

$$F=L+l/2 \approx L.$$

Более точно фокусное расстояние объектива рефрактора измеряется следующим образом. Телескоп без окуляра наводится на светлый фон неба или на далекий предмет, а к окулярной трубке подносится листок кальки, плоскость которого перпендикулярна оптической оси телескопа. Листок медленно придвигается к окулярной трубке до тех пор, пока на нем не появится наиболее яркое (и наименьшее по размерам) изображение объектива или резкое изображение удаленного предмета. Тогда измеренное расстояние L от объектива до листка кальки даст искомое фокусное расстояние F объектива.

Измерив D и F , следует вычислить относительное отверстие телескопа

$$A=F/D,$$

увеличение

$$W=F/f$$

при различных окулярах с фокусными расстояниями f ,

наибольшее допустимое увеличение W_m ,

разрешающую силу телескопа P

и его проникающую силу m_T по формулам

$$W_m=2D - \text{(безразмерная величина),}$$

$$P=140''/D - \text{(в секундах дуги),}$$

$$m_T = 2,10+5 \lg D - \text{(в звездных величинах),}$$

причем в этих формулах D должно быть выражено в миллиметрах.

Определите линейный диаметр d изображения светила в фокальной плоскости телескопа

$$d = F \cdot \operatorname{tg} d',$$

где d' – угловой диаметр светила.

Если d' не превышает 5° и выражено в минутах дуги ('), то

$$d = F \cdot d' / 3438,$$

а если d' выражено в секундах дуги ("), то

$$d = F \cdot d' / 206265.$$

Определите теоретически диаметр поля зрения телескопа N в минутах дуги

$$N = 2000 / W.$$

Практически N определяется по прохождению звезды в поле зрения неподвижного телескопа. Для этого звезда с известным склонением δ , устанавливается на самый край поля зрения телескопа так, чтобы при неподвижном телескопе она прошла по всему диаметру поля зрения. Отметив по часам с секундной стрелкой (или по секундомеру) моменты появления T_1 и исчезновения T_2 звезды в поле зрения телескопа, находят

$$N = (T_2 - T_1) \cdot \cos \delta / 4,$$

где $T_2 - T_1$ выражено в секундах времени, а N – в минутах дуги.

Содержание карточек с заданием для школьников

1. Навести телескоп на определенную звезду и получить ее резкое изображение.
2. Определить диаметр поля зрения телескопа при двух окулярах и сравнить полученные его значения с вычисленными.
3. Проверить по заданным парам двойных звезд или по дискам Урана и Нептуна разрешающую силу телескопа.
4. Зарисовать экваториальные полосы Юпитера или фазу Венеры.
5. Зарисовать какой либо участок лунной поверхности и отождествить его по карте Луны.
6. Навести телескоп на яркое звездное скопление и на яркую туманность.
(Подбор объектов осуществляется учителем, заранее, при составлении карточек заданий).

Отчет о работе 3

Фамилия ученика

Дата выполнения работы, время

1. Телескоп (тип)

Объектив:

$D =$

$F =$

$A=$

$W_m=$

$P=$

$m_T=$

Окуляры			
f		W	
Линейное изображение			
Объект	d'	tg d'	d

2. Звезда

$\delta=$

$\cos \delta=$

Моменты:

$T_1=$

$T_2=$

T_2-T_1

3. Поле зрения:

теоретическое $N=$

фактическое $N=$

4. Рисунок прилагается.

5. Отождествлен участок лунной поверхности.

§ 2.4. Лабораторная работа

НАБЛЮДЕНИЯ ЛУНЫ

Цель работы – исследование некоторых астрометрических и астрофизических свойств Луны с помощью школьных телескопов и телескопов-роботов.

Оборудование: телескоп, удаленный телескоп-робот, линейка, электронный планетарий «REDSHIFT–6», микрокалькулятор, Интернет, атлас или карта Луны.

Для учебных наблюдений Луна является наиболее благоприятным объектом.

Задания

I

1. Навести телескоп на Луну и получить ее резкое изображение.
2. Определить фазу Луны Φ (максимальную ширину освещенной части «серпа» Луны на её изображении $d_{\text{осв}}$ делим на полный диаметр Луны D (на её изображении): $\Phi = d_{\text{осв}} / D$).
3. Зарисовать 5 морей и 5 кратеров.
4. Отождествить названия морей и кратеров с помощью атласа Луны.
5. Разработать метод определения размеров лунных объектов земным наблюдателем по известному радиусу Земли с применением высокоточного угломерного инструмента.
6. Определить размеры отождествленных лунных морей и кратеров.

II

1. С помощью телескопа-робота построить изображение Луны.
2. Определить фазу Луны Φ .
3. Отождествить названия на изображении Луны 5 морей и 5 кратеров с использованием данных Интернета.
4. Определить масштаб изображения Луны по известному линейному радиусу Луны ($R=1738$ км) и диаметру изображения Луны.
4. Определить размеры отождествленных лунных морей и кратеров по найденному масштабу изображения.

Отчет о работе 4

Фамилия ученика

Дата выполнения работы, время

1. Телескоп (тип)

2. Рисунок Луны с отождествленными объектами.
3. Фаза Луны на изображении.
3. Масштаб изображения Луны.
4. Размеры отождествленных объектов.

§ 2.5. Лабораторная работа НАБЛЮДЕНИЯ СОЛНЦА

Цель работы – исследование некоторых астрометрических и астрофизических свойств Солнца с помощью школьных телескопов.

Оборудование: универсальный инструмент, телескоп, темные светофильтры, солнечный экран, линейка, электронный планетарий «REDSHIFT–6», микрокалькулятор, Интернет, удаленный робот-телескоп.

Наблюдения Солнца могут иметь различные цели. Можно поставить задачу определения линейного диаметра Солнца по измерению его видимого углового диаметра универсальным инструментом или телескопом, в окуляре которого натянуты нити. В обоих случаях используются темные светофильтры.

Поворотом окуляра располагают нити таким образом, чтобы при неподвижном инструменте суточное движение Солнца происходило вдоль одной из них. Тогда отмечая по секундомеру моменты T_1 и T_2 касания вертикальной нити противоположными точками солнечного диска, найдем его угловой диаметр

$$d' = (T_2 - T_1) \cos \delta / 4,$$

где δ – склонение Солнца (берется из Интернета или Астрономического календаря–ежегодника). $(T_2 - T_1)$ – выражено в секундах времени, d' – в минутах дуги ('). Аналогичным способом могут быть измерены угловые диаметры Луны и планет, или угловое расстояние между двойными звездами.

Зная солнечный горизонтальный экваториальный параллакс $p_0 = 8,794''$, можно вычислить линейный диаметр D Солнца

$$D = (R / \sin p_0) \cdot \sin d' \approx R \cdot 60 \cdot d' / p_0,$$

$$D \approx R \cdot 60 \cdot d' / p_0.$$

Здесь $R = 6378$ км – радиус Земли. В последней формуле d' – выражено в минутах дуги, а p_0 – в секундах дуги.

Угловой диаметр Солнца также можно определить с помощью телескопа-робота, измерив, интервал времени смещения Солнца на величину его углового диаметра (например, по двум изображениям Солнца в поле зрения телескопа).

Наблюдения Солнца могут производиться с целью изучения его пятнообразовательной деятельности. В этом случае визуальные наблюдения проводятся на экране, прикрепленном к окулярной части телескопа. К экрану прикалывается лист белой бумаги, на котором начерчена окружность диаметром 10 см. Фокусируя телескоп и слегка перемещая экран, добиваются такого его положения, при котором резкое изображение Солнца совпадает с нарисованной на бумаге окружностью. Затем, удерживая изображение

Солнца совмещенным с окружностью, т.е. гидируя телескоп, либо подсчитывают число пятен и их групп, либо очерчивают на бумаге карандашом изображения пятен, а подсчетом занимаются уже после наблюдений по полученному рисунку.

Эта же часть работы может быть выполнена в реальном времени с использованием сайтов:

http://tesis.lebedev.ru/sun_pictures.html

<http://www.spaceweather.com/>

Для выполнения этой части работы также можно использовать телескопы-роботы – для получения изображений Солнца в режиме реального времени.

Отчет о работе 5

Фамилия ученика

Дата выполнения работы, время

Момент времени T_1	Момент времени T_2	Склонение Солнца δ	Угловой диаметр Солнца d'

Инструмент	Число пятен на Солнце f	Число групп пятен на Солнце g	Число Вольфа (при $k=1$)
Телескоп (f, g)			
Телескоп-робот (f, g)			
Интернет (f, g)			

§ 2.6. Лабораторная работа

НАБЛЮДЕНИЯ ПЛАНЕТ И ВЫЧИСЛЕНИЕ РАССТОЯНИЙ ДО НИХ

Цель работы: определение конфигураций планет и вычисление расстояния до них с помощью астрономических снимков.

Оборудование: телескопы сети роботизированных телескопов AstroNYX, подвижная карта звёздного неба, атлас звездного неба, электронный планетарий RedShift или Stellarium, школьный астрономический календарь, справочные данные о планетах, интернет.

Расстояние оценивается с помощью построения треугольника, вершинами которого являются Солнце, Земля и исследуемая планета. Известны большие полуоси планет, которые являются длинами двух сторон построенного треугольника. Наклонением и эксцентриситетом орбит планет пренебречь.

Угол между планетой и Солнцем можно рассчитать несколькими способами. Допустимо приблизительно найти его и гелиоцентрическую долготу планеты с помощью подвижной карты звёздного неба, определив по астрофотографии созвездие, в котором находится планета. Также по карте необходимо определить, в каком созвездии находится Солнце в указанную дату.

Более точно угол можно определить с помощью эфемериды планеты на указанную дату, либо воспользовавшись таблицей гелиоцентрических долгот планет в школьном астрономическом календаре. Для расчётов понадобится использовать теорему косинусов.

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha$$

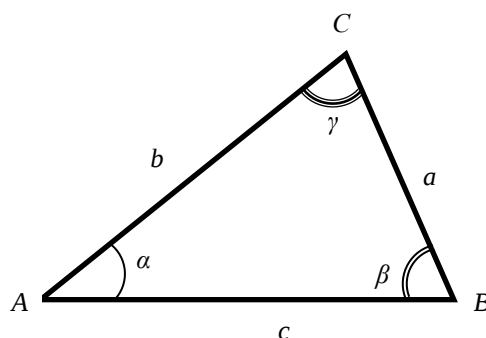


Рис.1. Определение стороны треугольника по двум другим сторонам и косинусу угла между ними.

Задание 1. Получите с помощью удалённого телескопа изображения планет и определите созвездия, в которых они находятся.

Планета	Созвездие	Дата наблюдения

Задание 2. Рассчитайте расстояние от Земли до планеты и сравните со справочными данными. (Рис.1, 2, 3).

Планета	Большая полуось, а.е.	Гелиоцентрич. долгота планеты l , град.	Гелиоцентрич. долгота Земли $l_{\oplus}$, град.	Δl , град.	Расстояние R от Земли до планеты, а.е.	Расстояние R на дату по справочным данным, а.е.

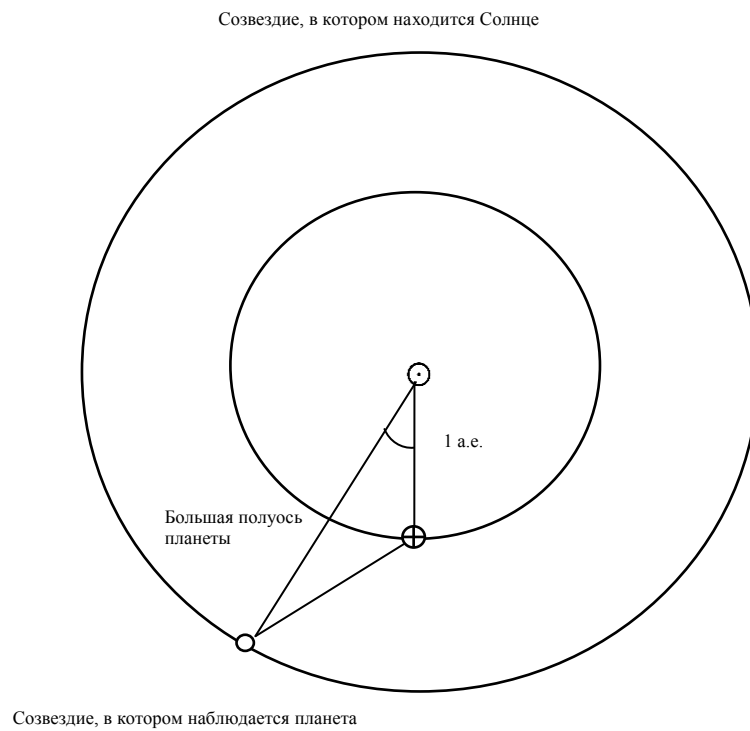


Рис. 2 Схема расчёта расстояния до внешней планеты с помощью подвижной карты звездного неба

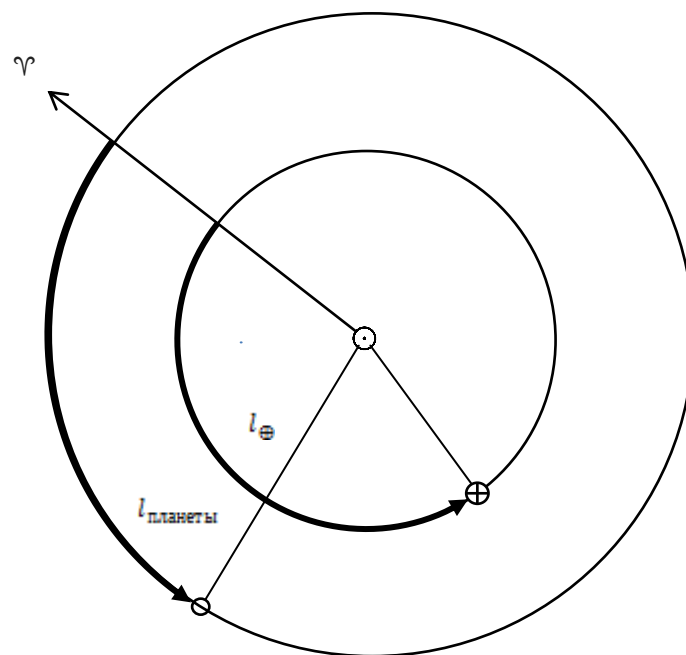


Рис. 3. Схема расчёта расстояния до внешней планеты с помощью гелиоцентрической долготы планеты.

§ 2.7. Лабораторная работа

РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ОРБИТЫ СПУТНИКА САТУРНА – ТИТАНА

Цель: закрепить умение применять законы Кеплера на практике, провести ряд фотонаблюдений Сатурна через равные промежутки времени на протяжении месяца. Идентифицировать на фотоснимках крупнейший спутник Сатурна – Титан, рассчитать параметры его орбиты: период обращения и большую полуось.

Оборудование: звездная карта, телескопы сети роботизированных телескопов AstroNYX, школьный астрономический календарь, справочные данные, интернет.

Задание 1. Установите характеристики используемого телескопа

Если в течение месяца, когда вы проводите наблюдения, вы меняете используемые телескопы, необходимо повторить задание

Таблица 1. Характеристики телескопа

Телескоп	
Фокусное расстояние	
Апертура	
Окуляр	
Увеличение	
Поле зрения	

Задание 2. Выпишите формулы для расчёта поля зрения телескопа

Задание 3. Определите угловой размер Сатурна и угловое расстояние Сатурн-Титан, зная поле зрения окуляра (Рис. 1).

Сопровождайте наблюдения астрономическими зарисовками, либо сохраняйте скриншоты наблюдений с помощью роботизированных телескопов.

$D_{\text{Сатурн}} = \underline{\hspace{2cm}}$ км

Таблица 2. Результаты наблюдений

	Дата наблюдения	Время наблюдения	Расстояние до Сатурна, а.е.	Угловой размер, угл. сек.	Масштаб км/угл. сек	Угловое расстояние Сатурн-Титан
--	-----------------	------------------	-----------------------------	---------------------------	---------------------	---------------------------------

1						
2						
...						
20						

Задание 3. По результатам наблюдений заполните таблицу

Максимальное угловое расстояние между Сатурном и Титаном, угл. секунд	
Большая полуось орбиты Титана по результатам наблюдений	
Период обращения Титана вокруг Сатурна	
Наклонение орбиты Титана по результатам наблюдений	

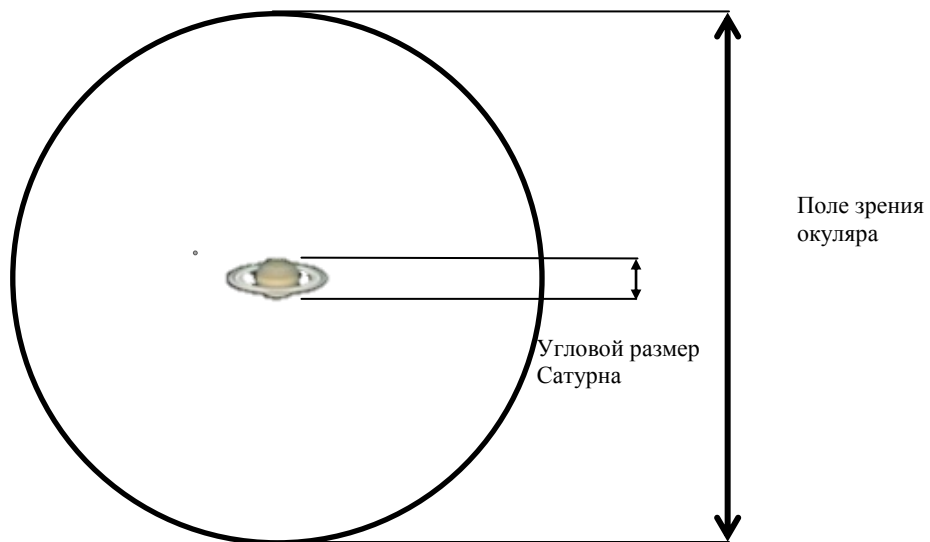


Рис.1. К способу определения углового размера Сатурна

§ 2.8. Лабораторная работа

НАБЛЮДЕНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД

Цель работы – поиск и исследование свойств ярких переменных звезд с помощью школьных телескопов, телескопов-роботов и сети Интернет.

Оборудование: бинокль, школьный телескоп, электронный планетарий «REDSHIFT–6», микрокалькулятор, астрономический календарь-ежегодник, Интернет, удаленный робот-телескоп.

Для учебных целей следует использовать яркие переменные звезды, доступные невооруженному глазу. К таким звездам относятся затменные переменные звезды β Персея (Алголь), λ Тельца и β Лиры; классические цефеиды δ Цефея, ζ Близнецов и η Орла и отчасти долгопериодические переменные – мириды о Кита (Мира), χ Лебедя, и R Гидры, отчасти потому, что их можно видеть только вблизи максимума блеска, а наблюдения вблизи минимума требуют применения телескопа средней силы.

Необходимые для наблюдений сведения об этих переменных звездах содержатся в астрономических календарях ежегодниках, Школьном астрономическом календаре, Интернете. Существуют известные программы и методы их обработки [4].

Для учебных целей достаточно провести пять-шесть оценок их блеска в разные дни, чтобы убедиться в изменении блеска этих звезд (по звездам сравнения, – одни, из которых немного ярче переменной звезды x , а другие – несколько слабее). Оценки блеска классических цефеид вблизи максимума и затменных переменных вблизи минимума блеска рекомендуется проводить 2-3 раза за вечер а оценки блеска долгопериодических переменных звезд – один раз в 8-10 дней. Время наблюдений следует отмечать с точностью до одной минуты.

При наблюдении короткопериодических переменных (короче 2-х суток) приходится учитывать так называемое световое уравнение, поскольку мы наблюдаем с движущейся Земли (из различных точек орбиты), Все моменты «приводятся к Солнцу» прибавлением поправки, вычисляемой по формуле

$$\Delta t = -0,0058^d \cos \beta \cdot \cos(L_s - \lambda),$$

где λ и β – эклиптические координаты звезды, L_s – долгота Солнца.

(L_s определяется с помощью астрономического календаря или вычисляется по формуле $\cos L_s = \cos \alpha_s \cdot \cos \delta_s$. Здесь α_s – прямое восхождение Солнца, δ_s – его склонение).

Поправка может достигать 0,0058 суток $\approx \pm 8,306$ минут (время прохождения светом среднего расстояния от Земли до Солнца).

$$\sin \beta = \sin \delta \cdot \cos \varepsilon - \sin \alpha \cdot \cos \delta \cdot \sin \varepsilon,$$

$$\sin\lambda \cdot \cos\beta = \sin\alpha \cdot \cos\delta \cdot \cos\varepsilon + \sin\delta \cdot \sin\varepsilon,$$

где $\varepsilon = 23^\circ 26' 25''$ (для эпохи 2000,0) – наклон эклиптики к экватору, α – прямое восхождение, δ – склонение переменной звезды.

По полученным оценкам строится кривая блеска $m_x = f(t)$ переменной звезды, из анализа которой определяются тип переменности и фотометрические характеристики звезды. Так как большему блеску соответствует меньшая звездная величина m (и наоборот), то m откладывается по оси в направлении сверху вниз.

Для цефеид, используя зависимость «период – светимость», определяется средняя абсолютная (визуальная) звездная величина M_v звезды

$$M_v = -1,01^m - 2,87 \cdot \lg P,$$

где P выражается в сутках.

Используя среднее значение видимой звездной величины m_c

$$m_c = (m_{\max} + m_{\min}) / 2$$

($m_{\max}$ и $m_{\min}$ – соответственно, звездная величина в максимуме и минимуме блеска), вычисляется фотометрический параллакс π звезды и расстояние r до неё.

$$\lg \pi = 0,2(M - m) - 1,$$

$$r = 1/\pi.$$

По мере приобретения навыков школьники могут перейти к наблюдениям в бинокль слабых и малоисследованных переменных звезд, выбрав изучение одной из них в качестве проекта научно-исследовательской работы.

Отчет о работе 8

Фамилия ученика

Дата выполнения работы, время (начало)

1. Звезда δ Цефея (наблюдения производятся каждый вечер в течение недели), координаты

$\alpha =$

$\delta =$

$$\sin\beta = \sin\delta \cdot \cos\varepsilon - \sin\alpha \cdot \cos\delta \cdot \sin\varepsilon =$$

$$\sin\lambda \cdot \cos\beta = \sin\alpha \cdot \cos\delta \cdot \cos\varepsilon + \sin\delta \cdot \sin\varepsilon =$$

$\beta =$

$\lambda =$

$$\cos L_s = \cos\alpha_s \cdot \cos\delta_s =$$

$L_s =$

2. Инструмент (бинокль, телескоп, телескоп-робот, интернет)

№	Дата	Момент наблюдений Т	Поправка часов Δ	Оценка блеска m
1				
2				
3				
4				
5				
6				

3. Кривая блеска переменной звезды $m = m(t)$

4. Период переменности $P_{\text{сут}} =$

5. Абсолютная звездная величина

$$M_v = -1,01^m - 2,87 \cdot \lg P_{\text{сут}} =$$

6. Среднее значение видимой звездной величины

$$m_c = (m_{\text{max}} + m_{\text{min}}) / 2 =$$

7. Фотометрический параллакс

$$\lg \pi = 0,2(M_v - m) - 1 =$$

$$\pi =$$

8. Расстояние до цефеиды в парсеках

$$r = 1/\pi.$$

§ 2.9. Лабораторная работа

НАБЛЮДЕНИЯ ДВОЙНЫХ ЗВЕЗД И ВЫЧИСЛЕНИЕ ИХ ОРБИТ

Цель работы – поиск и исследование свойств двойных звезд с помощью школьных телескопов и телескопов-роботов. Определение орбит визуально двойных звезд.

Оборудование: школьный телескоп, линейка, транспортир, электронный планетарий «REDSHIFT–6», микрокалькулятор, Интернет, удаленный робот-телескоп.

Визуально-двойные звезды

Вашингтонских каталог визуально-двойных звезд (WDS) содержит сведения о 130000 звезд, но орбиты определены только для нескольких тысяч, а надежные массы для нескольких сотен звезд. Для учебных наблюдений подходят двойные звезды с разделением от 0,25" до 5".

Примеры визуально-двойных звезд, разрешимых в телескопы школьного типа: ϵ Волопаса, ζ Геркулеса, δ Змеи, β Лебеда, γ Дельфина, η Персея, ϑ Возничего, η Кассиопеи, δ Близнецов, α Гончих Псов, γ Девы, δ Геркулеса, ζ Большой Медведицы, δ Лебеда, γ Льва, α Рыб.

Цель наблюдения двойных звезд состоит в определении их орбит, что дает возможность определить звездные массы при известных параметрах Солнечной системы. В этом случае массы звезд определяются по их видимым орбитам. Это так называемы фундаментальные или геометрические массы, их определение основано только на гипотезе о справедливости закона всемирного тяготения и правильности значения постоянной гравитации. Все другие методы определения масс используют более или менее правдоподобные дополнительные гипотезы относительно звездных характеристик; таким образом получаются массы, называемые фотометрическими или спектроскопическими. Изучение орбит двойных звезд позволяет определять массы, называемые динамическими, а иногда определять абсолютный параллакс и, следовательно, абсолютные массы путем дополнительного измерения лучевых скоростей.

Истинная орбита

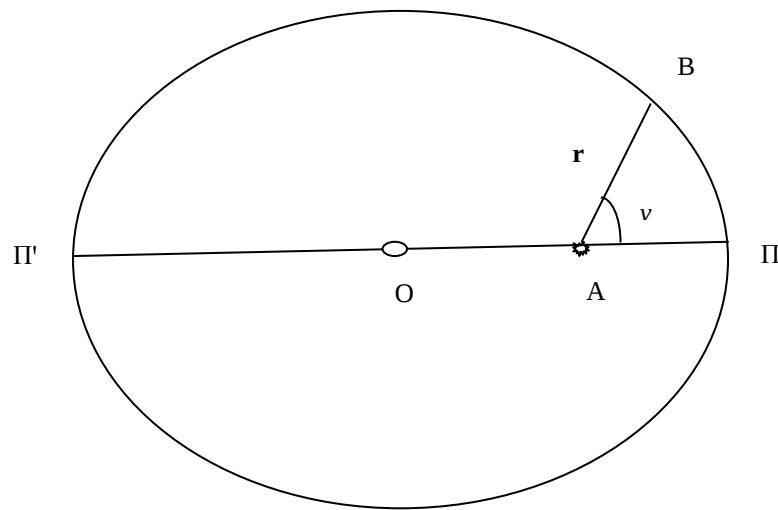


Рис.1. Истинная орбита

Звезда-спутник В движется по отношению к главной звезде А так, как если бы последняя была фиксированным центром притяжения, имеющим массу, равную массе системы. Движение происходит в прямом или обратном направлении (Рис.1.).

Пусть эллипс с центром О и одним из фокусов А представляет орбиту системы. Периастр П - это точка орбиты, наиболее близкая к точке А. Апоастр П' - наиболее удаленная от А точка орбиты. Элементы или параметры орбиты, следующие:

P – период обращения компонента В в годах;

$n=360^\circ/P$ – среднее годовое движение;

T – эпоха прохождения спутника через периастр орбиты;

e – эксцентриситет орбиты;

a – большая полуось орбиты, выраженная в угловой мере или в астрономических единицах;

В соответствии с I законом Кеплера траектория компонента В, или орбита, есть эллипс.

Если r и v – радиус-вектор и истинная аномалия звезды спутника, соответственно, то

$$r = \frac{a(1-e^2)}{1+e \cdot \cos v}$$

По II закону Кеплера

$$\frac{1}{2} \cdot r^2 \cdot \frac{dv}{dt} = c = \frac{\pi a^2 \sqrt{1-e^2}}{P}.$$

где c – постоянная площадей, равная площади эллипса, деленной на период.

Видимая орбита

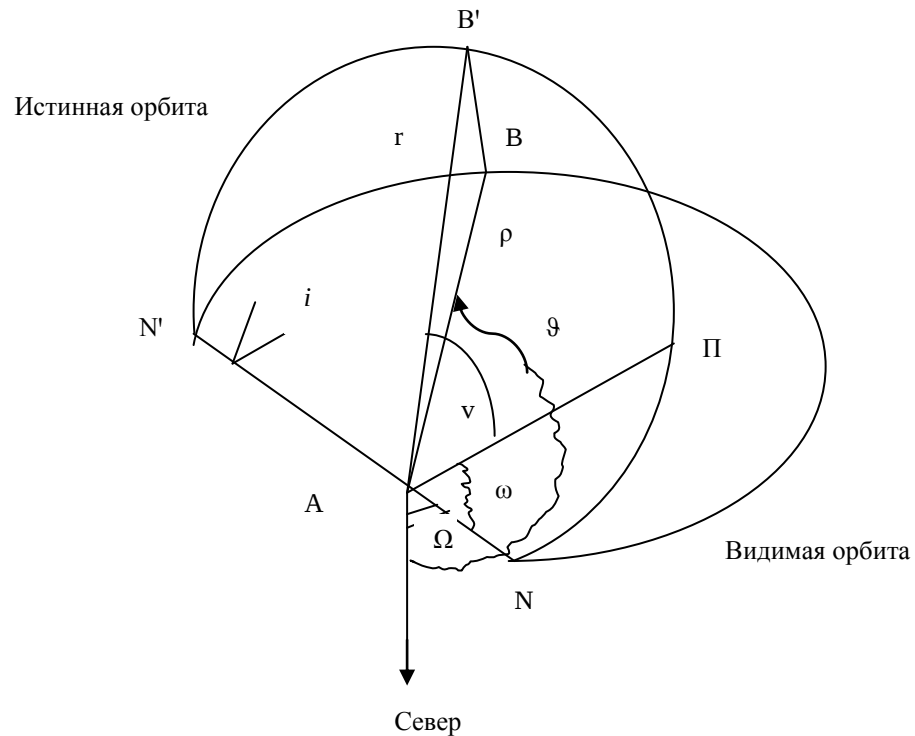


Рис.2. Видимая и истинная орбиты. Определение основных параметров.

Видимая орбита получается в результате проецирования истинного эллипса на картинную плоскость. К элементам истинной орбиты, называемым динамическими, нужно добавить геометрические элементы, определяющие ориентацию истинной орбиты по отношению к картинной плоскости. На рисунке 2. Изображена плоскость истинной орбиты, спроецированная на картинную плоскость. Пересечением двух плоскостей является прямая NN' . Главная звезда A лежит одновременно в двух плоскостях. Компонент B' проецируется в точку B .

Большая полуось истинной орбиты a выражается в секундах дуги.

i – наклонение орбиты, угол между плоскостью истинной орбиты и картинной плоскостью. Наклонение i заключено между 0° и 180° , оно меньше 90° , если движение прямое.

Ω – позиционный угол, определяющий положение линии пересечения плоскостей NN' . Эта линия называется линией узлов. Позиционный угол отсчитывается от направления на северный полюс. Линия узлов пересекает

эллипс в двух точках; одна точка называется восходящим узлом (в нем лучевая скорость компонента соответствует его приближению к наблюдателю, другая точка называется нисходящим узлом. Обычно неизвестно, какой из узлов восходящий, тогда из двух возможных значений выбирают значение, меньшее 180° .

ω – долгота периастра, угол между линией узлов и направлением от главной звезды на периастр, измеряемый в плоскости истинной орбиты в направлении движения компонента.

Основные уравнения

$$\begin{aligned}\rho \cos(\vartheta - \Omega) &= r \cos(v + \omega), \\ \rho \sin(\vartheta - \Omega) &= r \sin(v + \omega) \cos i.\end{aligned}$$

Эти уравнения представим в виде

$$\operatorname{tg}(\vartheta - \Omega) = \operatorname{tg}(v + \omega) \cos i, \quad (1)$$

$$\rho = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos v} \cdot \frac{\cos(v + \omega)}{\cos(\vartheta - \Omega)}. \quad (2)$$

Уравнения (1) и (2) позволяют вычислить эфемериду двойной звезды, т.е. значения ρ и ϑ через правильные или неправильные промежутки времени при известной функции $v = v(t)$.

Вычисление элементов орбиты двойной звезды

Рассмотрим случай, когда звезда спутник совершила полный оборот вокруг главной звезды (или несколько оборотов, тогда наблюдения приводят к одному и тому же повороту, предварительно определив период по моментам возвращения компонента в одни и те же позиционные углы).

1. Выбираем достаточно большой масштаб, чтобы исключить ошибки проведения кривой; 30 см для большой полуоси вполне подходит.

2. Наносим на график наблюдения (ρ и ϑ) с указанием эпох, получим «облако» точек. (Данные берем из сети Интернет для звезд, которые уже совершили не менее полного оборота за время их наблюдений). Рис. 3.

3. Проводим кривую $\vartheta = \vartheta(t)$ от руки (для замкнутой орбиты). Эллипс должен удовлетворять закону площадей – II закону Кеплера. (Эллипс можно провести с помощью нитки и двух булавок, острия которых находятся в фокусах видимого эллипса).

4. Орбитальный период P определяем по датам (за один полный оборот звезды спутника).

5. Находим положение центра S видимого эллипса. (Рис. 3, 4).

6. Определяем положение периастра Π звезды-спутника на видимой орбите. Для этого через центр эллипса C и главную звезду A проводим прямую до пересечения с видимым эллипсом (Рис.1, Рис.4). Точка Π – периастр звезды -спутника на видимой орбите.

7. Вычисляем эксцентриситет e орбиты двойной звезды (рис.4)

$$e = \frac{CA}{CP} \quad (\text{с использованием рис. 3, имеем } e = CO/CP).$$

8. Моменту времени T прохождения звезды-спутника через периастр истинной орбиты – соответствует точка Π на видимом эллипсе – T непосредственно считываем с кривой. (Рис. 3, 4).

9. Продолжим прямую $ПАС$ до пересечения её с видимой орбитой еще раз – найдём проекцию апоаистра Π' истинной орбиты на видимую орбиту.

10. Из точки C проведем перпендикуляр к прямой $ПАС\Pi'$. Найдём точку R – и проекцию малой полуоси эллипса истинной орбиты на плоскость видимой орбиты. (Рис. 4).

11. С помощью линейки находим отрезки $\rho_{\Pi} = A\Pi$, $\rho_R = AR$, $\rho_{\Pi'} = A\Pi'$.

12. С помощью транспортира (в направлении против хода часовой стрелки) измеряем углы: $\vartheta_{\Pi} = \text{Север-А-}\Pi$, $\vartheta_R = \text{Север-А-R}$, $\vartheta_{\Pi'} = \text{Север-А-}\Pi'$.

13. Очевидно, истинные аномалии v_{Π} , v_R , $v_{\Pi'}$ звезды спутника на истинной орбите, в точках, соответствующих точкам Π , Π' , R видимой орбиты, равны

$$v_{\Pi} = 0, v_R = 90^\circ, v_{\Pi'} = 180^\circ.$$

14. С учетом уравнений (1) и (2), измеренных и вычисленных ранее величин, находим (знаменатели не должны обращаться в 0, условие необходимо проверять, при его выполнении берутся другие пары уравнений типа (1) и (2))

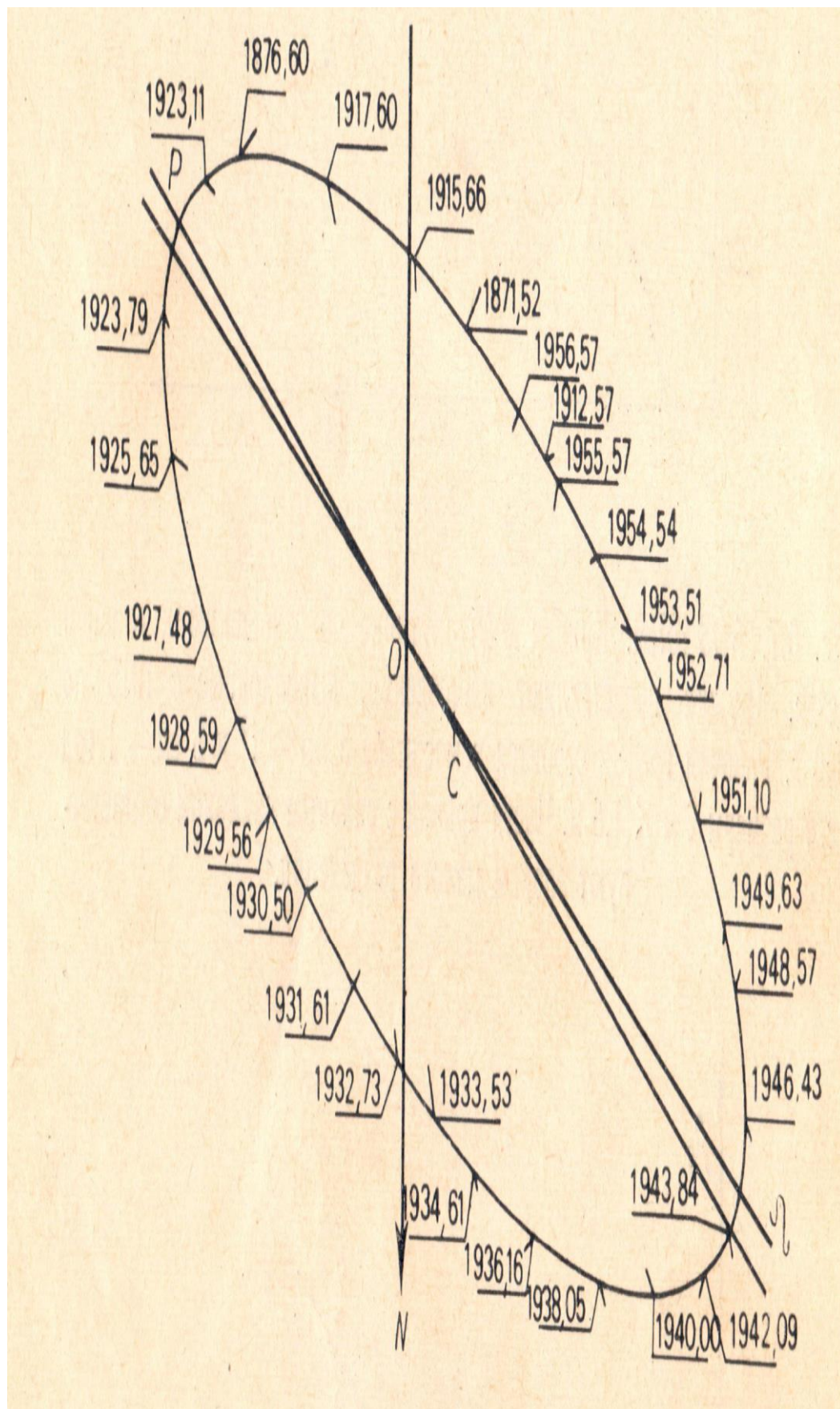


Рис.3. Видимая орбита звезды ADS 10786=AC 7. Нанесены не все наблюдения. Главная звезда расположена в точке О. Максимальное угловое расстояние спутника в 1944 и 1987 годах составляет 1,65". Отрезки прямых соответствуют невязкам между наблюдаемыми и вычисленными положениями звезды.

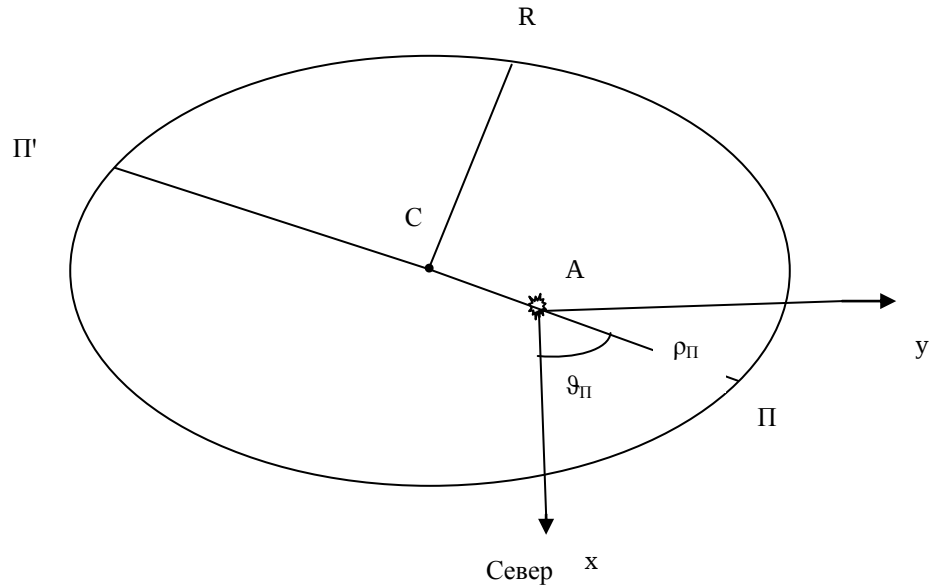


Рис. 4. Определение точек П, П', R на видимой орбите, соответствующих периаstrу, апоastrу и положению на малой полуоси эллипса звезды-спутника. В общем случае главная звезда А не располагается в фокусе видимого эллипса.

$$\Omega = \frac{\vartheta_P + \vartheta_{P'} - 180^\circ}{2}.$$

$$\operatorname{ctg} \omega = -\frac{\rho_P}{\rho_R} \cdot (1+e) \cdot \frac{\cos(\vartheta_P - \Omega)}{\cos(\vartheta_R - \Omega)}.$$

$$\cos i = -\frac{\operatorname{tg}(\vartheta_R - \Omega)}{\operatorname{ctg} \omega}.$$

Из последних двух уравнений находим ω и i .

Большая полуось a орбиты звезды спутника находится из соотношения

$$a = -\frac{\rho_{P'} \cdot \cos(\vartheta_{P'} - \Omega)}{(1+e) \cdot \cos \omega}.$$

Для контроля вычислений следует проверить выполнение равенства

$$a_{\text{вид}} = a(1 - \sin^2 \omega \cdot \sin^2 i)^{1/2}.$$

Отчет о работе 9

Фамилия ученика

Дата выполнения работы, время

Наблюдаемые в телескоп визуально-двойные звезды –

Звезда, орбита которой определяется, –

1, 2, 3. График $\rho=\rho(\vartheta)$ и видимый эллипс.

4. Период $P=$

5, 6, 9, 10. Отмечаем на графике точки П, П', R.

7. Находим эксцентриситет орбиты, измерив линейкой отрезки СА и СП (Рис. 4), $e=CA/CP=$

8. Считываем с графика T – момент времени прохождения звезды-спутника через периастр. $T =$

11, 12. Определяем на графике с помощью линейки и транспортира координаты точек П, П', R (см. рис. 4).

ρ , см (угловые секунды)	$\rho_{\Pi}=AP=$	$\rho_R=AR=$	$\rho_{\Pi'}=AP'=$
ϑ , градусы	$\vartheta_{\Pi}=\text{Север-А-}\Pi=$	$\vartheta_R=\text{Север-А-R}=$	$\vartheta_{\Pi'}=\text{Север-А-}\Pi'=$

13, 14. Вычисляем позиционный угол Ω , долготу периастра ω , наклон i , большую полуось a .

$$\Omega = \frac{\vartheta_{\Pi} + \vartheta_{\Pi'} - 180^\circ}{2} = .$$

$$\omega = \text{arcctg} \left(-\frac{\rho_{\Pi}}{\rho_R} \cdot (1+e) \cdot \frac{\cos(\vartheta_{\Pi} - \Omega)}{\cos(\vartheta_R - \Omega)} \right) = .$$

$$i = \arccos \left(-\frac{\text{tg}(\vartheta_R - \Omega)}{\text{ctg} \omega} \right) = .$$

$$a = -\frac{\rho_{\Pi'} \cdot \cos(\vartheta_{\Pi'} - \Omega)}{(1+e) \cdot \cos \omega} = .$$

Контроль вычислений

$$a_{\text{вид}} = a(1 - \sin^2 \omega \cdot \sin^2 i)^{1/2}.$$

Дополнительное задание

По известному параллаксу π двойной звезды оцените значение ее суммарной массы M_1+M_2 , воспользовавшись третьим обобщенным законом Кеплера.

§ 2.10. Лабораторная работа

НАБЛЮДЕНИЯ ГАЛАКТИК И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ФОРМЫ

Цель работы – поиск и исследование свойств спиральных галактик с помощью школьных телескопов и телескопов-роботов.

Оборудование: школьный телескоп, линейка, электронный планетарий «REDSHIFT–6», микрокалькулятор, Интернет, удаленный робот-телескоп.

1. Найдите с помощью школьного телескопа галактику М 31 – Туманность Андромеды. Зарисуйте ее.

2. Используя телескоп-робот, получите изображение галактики с балджем и с четко выраженными спиральными ветвями. (Можно воспользоваться данными сайта «Астрономическая картина дня», например, исследовать изображение спиральной галактики NGC 6744 - <https://apod.nasa.gov/apod/ap180810.html>)

3. Распечатайте изображение галактики на листе бумаги формата А4.

4. Для уточнения параметров выбранной средней линии спиральной ветви галактики, отметьте центр видимого эллипса «главного тела», затем – систему полярных координат, принимая за полюс центр эллипса, а луч, содержащий большую полуось эллипса, – за полярную ось. Для ряда точек М средней линии спиральной ветви с полярными углами $\varphi = 10^\circ, 20^\circ \dots$, измерьте линейкой (в см) и найдите их полярные радиусы ρ_j . Координаты ρ_j, φ_j – искажены в результате наклона экваториальной плоскости к картинной под углом i , где

$$\cos i = b/a,$$

а и b, – большая и малая полуоси видимого эллипса ядра спиральной галактики. Истинные значения r_j и Θ_j полярных координат точек средней линии ветви вычисляются по формулам

$$r_j = \rho_j \cdot (1 + \operatorname{tg}^2 i \cdot \sin^2 \varphi)^{1/2}, \operatorname{tg} \Theta_j = \operatorname{tg} \varphi_j / \cos i.$$

5. По вычисленным значениям r_j и Θ_j постройте спиральную ветвь галактики и определите параметры С и D соответствующей логарифмической спирали.

$$r_j = C \cdot e^{D\Theta_j}. \quad (e=2,718281828 \text{ – основание натуральных логарифмов}).$$

Угол Ψ , составляемый касательной в произвольной точке логарифмической спирали с радиусом-вектором точки касания, постоянный и зависит от параметра D

$$D = \operatorname{ctg} \Psi.$$

Построив в трех точках спиральной ветви галактики касательные, (и соответствующие радиусы векторы), найдите $\operatorname{ctg} \Psi$ (угол Ψ), а также среднее значение D.

Для этих же точек вычислите три значения C по формуле $C=r/e^{D\Theta}$ и найдите среднее значение C .

Отчет о работе 10

Фамилия ученика

Дата выполнения работы, время

Галактика

$a=$

$b=$

$\cos i=$

$i=$

N	φ	ρ	r	Θ
1				
...				

N	r	Θ	Ψ	D	C
1					
2					
3					



Рис.1. Спиральная галактика

<https://apod.nasa.gov/apod/astropix.html>

НАБЛЮДЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ КРУГОВЫХ ОРБИТ

Цель работы – знакомство с некоторыми методами поиска ИСЗ на небесной сфере и определения их координат и круговых орбит.

Оборудование: универсальный инструмент, телескоп, часы, секундомер, Астрономический календарь-ежегодник на текущий год, звездная карта крупного масштаба, электронный планетарий «REDSHIFT-6», микрокалькулятор, Интернет, удаленный робот-телескоп.

Наблюдения ведутся с защищенной от постороннего света площадки, около которой имеется закрытое слабо освещенное помещение: в нем находится выверенный по радио хронометр или часы с секундной стрелкой и звездная карта. Предварительные сведения об области неба и времени появления искусственного спутника Земли, Международной космической станции можно найти в Интернете.

Наблюдения рекомендуется вести группой в несколько наблюдателей, чтобы не пропустить появления ИСЗ. Заметив в бинокль ИСЗ, следят за его движением, и в момент прохождения рядом с какой-нибудь заметной звездой, или между такими звездами, пускают в ход секундомер и запоминают положение спутника. Перейдя в освещенное помещение, наносят по памяти положение спутника на звездную карту, а затем отмечают показание хронометра (часов) $T_ч$ с точностью до секунды, и в этот момент останавливают секундомер. Очевидно, момент времени T , в который зафиксировано положение искусственного спутника, определяется как

$$T = T_ч + u - \Delta T, \quad (1)$$

где u – поправка хронометра и ΔT – показание остановленного секундомера.

Момент времени T проставляется на карте, рядом с нанесенным положением искусственного спутника.

Наблюдения и записи неоднократно повторяются на всем протяжении видимости ИСЗ.

После наблюдений составляется таблица, в которую вносятся моменты наблюдений спутника и его экваториальные координаты α и δ , отсчитанные по координатной сетке звездной карты. Для последующей обработки наблюдений необходимо знать географические координаты – широту φ и долготу λ – места наблюдения с точностью до $0,1'$.

Весьма полезны оценки блеска спутника в различные моменты времени визуальными методами наблюдений переменных звезд.

Определение круговой орбиты ИСЗ

Введем обозначения: $\mathbf{r}$ – геоцентрический радиус-вектор спутника (ИСЗ), модуль, которого равен большой полуоси его орбиты a , ρ – топоцентрический радиус-вектор спутника (ИСЗ), $\mathbf{R}$ – геоцентрический радиус-вектор наземного пункта наблюдения (О) (Рис. 1). Геоцентрическая широта и гринвичская долгота этого пункта φ и λ , соответственно.

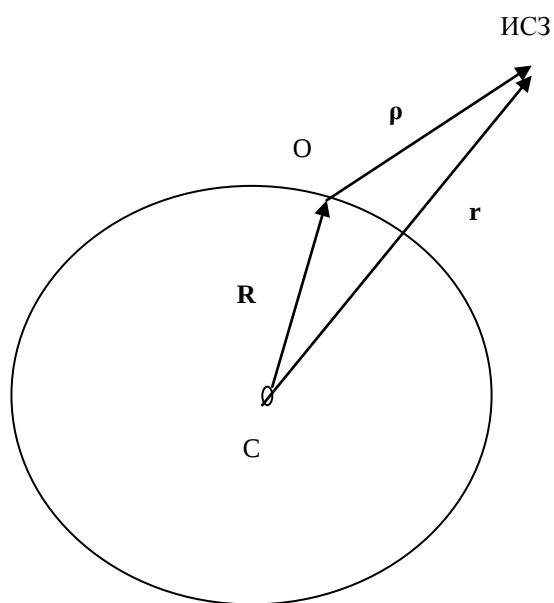


Рис. 1. С – Центр Земли. О – наземный пункт наблюдения. ИСЗ – искусственный спутник Земли.

Экваториальные координаты спутника α_k и δ_k , определенные в точке О для двух моментов всемирного времени T_{ok} , $k=1,2$, указаны на рисунке 2.

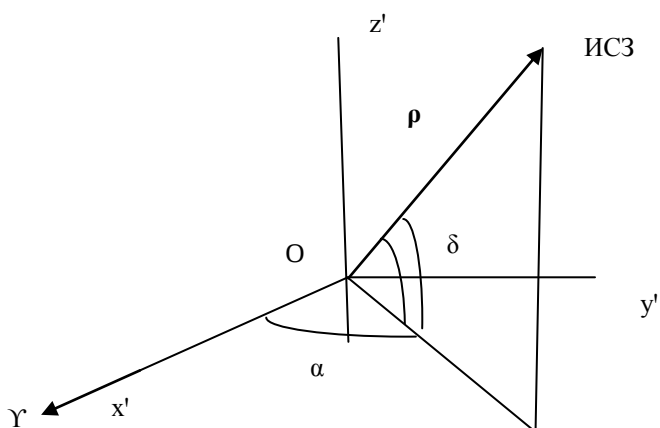


Рис.2. Топоцентрические экваториальные α и δ координаты спутника Земли. Υ – точка весеннего равноденствия (находится на очень большом расстоянии от наблюдателя). Ось Oz' направлена в северный полюс мира. Ось Oy' дополняет систему координат до правой.

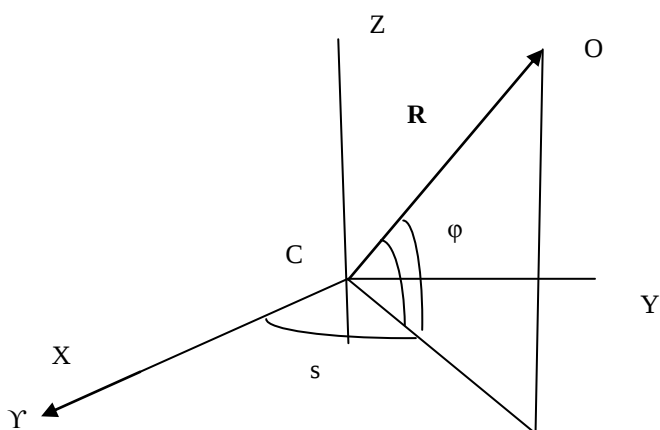


Рис.3. Геоцентрические экваториальные координаты $R\{X, Y, Z\}$ пункта наблюдения O . s – звездное время в этом пункте на момент наблюдения, ϕ – широта этого пункта. Оси CX, CY, CZ параллельны осям Ox', Oy', Oz' и осям Sx, Sy, Sz , соответственно.

Угловые элементы орбиты спутника – i, Ω, u_1 представлены на рисунке 4 (Рис.4) в геоцентрической экваториальной системе координат

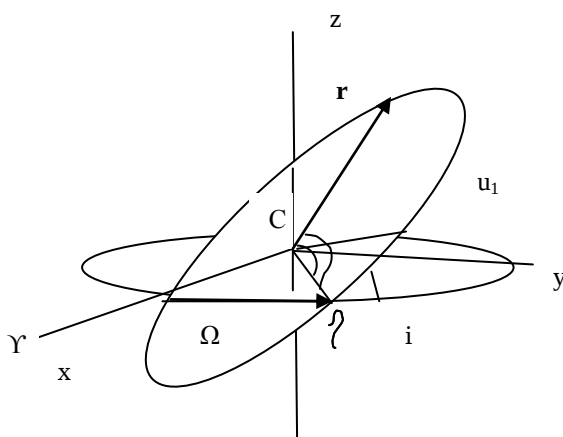


Рис.4. i – наклон плоскости орбиты ИСЗ к плоскости земного экватора. Ω – долгота восходящего узла орбиты ИСЗ, u_1 – аргумент широты спутника, r – геоцентрический радиус-вектор спутника.

Примем за исходные данные следующие величины: $T_{ок}, \alpha_k, \delta_k, (k=1, 2), \phi, \lambda, S_0$ – звездное время в среднюю гринвичскую полночь, предшествующую дате наблюдений, R – геоцентрическое расстояние от центра Земли до пункта наблюдения, G – гравитационная постоянная, M – масса Земли.

Искомymi величинами будут – a, i, Ω, u_1 – угловое расстояние спутника от восходящего узла в первый момент наблюдения.

Запишем основные уравнения метода в векторной форме.

$$\mathbf{r}=\mathbf{R}+\mathbf{\rho}. \quad (2)$$

(Основное уравнение космической геодезии).

Укажем проекции векторов $\mathbf{R}$ и $\mathbf{\rho}$ на выбранные выше координатные оси, учитывая исходные данные

$$\mathbf{R}=\mathbf{R}\{R \cdot \cos(s) \cdot \cos(\varphi), R \cdot \sin(s) \cdot \cos(\varphi), R \cdot \sin(\varphi)\}, \quad (3)$$

$$\mathbf{\rho}=\mathbf{\rho}\{\rho \cdot \cos(\alpha) \cdot \cos(\delta), \rho \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\delta), \rho \cdot \sin(\delta)\}. \quad (4)$$

Здесь

$$s=S_0+T_0+\lambda+(T_0+\lambda) \cdot 9,86 \text{ с/час}. \quad (5)$$

Поскольку для круговой орбиты

$$\mathbf{r}_1^2=\mathbf{r}_2^2=a^2, \quad (6)$$

то после возведения в квадрат (2) и выражения из приведенных уравнений $\rho_1 = \rho_1(a)$ и $\rho_2 = \rho_2(a)$, принимая во внимание условия (2) и (6), для равномерного движения по окружности найдем

$$\sqrt{\frac{GM}{a^3}}(T_{02}-T_{01})=\arccos \frac{(\rho_1, \rho_2)}{a^2} ; \quad (7)$$

Уравнение (7), представленное в виде $f(a)=0$, решается графически (Рис.5) – для примера, рассмотренного ниже.

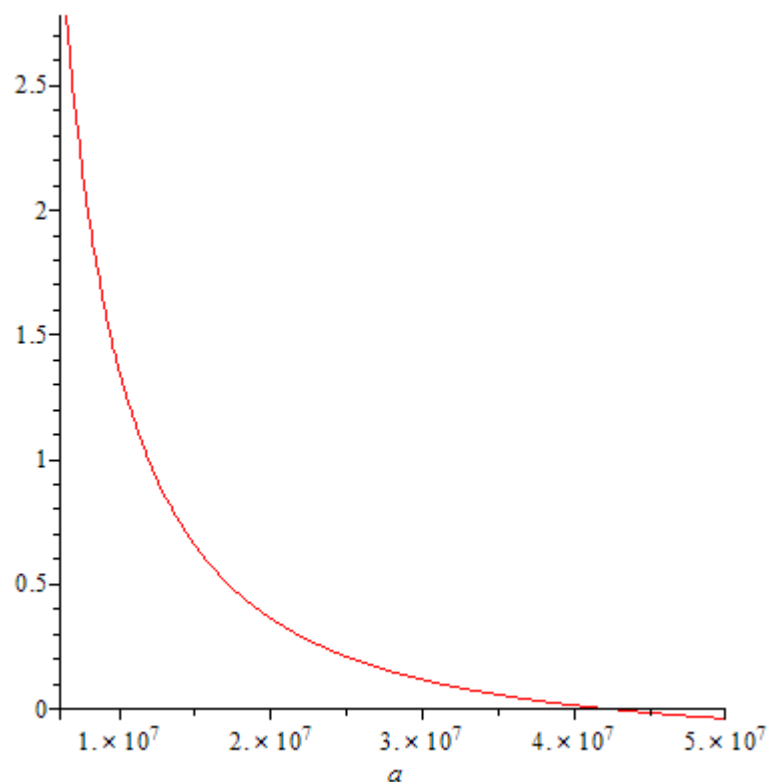


Рис.5. Графический метод решения уравнения $f(a)=0$ в интервале от 6500000 м до 50000000 м. $a=4,22344 \cdot 10^7$ м

При известном значении большой полуоси a из уравнений (2-4) определяем координаты спутника: $x_1, y_1, z_1; x_2, y_2, z_2$

Вычисляем угловые элементы орбиты спутника i, Ω, u_1 .

$$i = \arccos \frac{\left(\mathbf{K}, \begin{bmatrix} \rho_1 & \rho_2 \\ \rho_1 & \rho_2 \end{bmatrix} \right)}{\left\| \begin{bmatrix} \rho_1 & \rho_2 \\ \rho_1 & \rho_2 \end{bmatrix} \right\|}. \quad (8)$$

$$\Omega = \arctg \frac{\left(\mathbf{I}, \begin{bmatrix} \rho_1 & \rho_2 \\ \rho_1 & \rho_2 \end{bmatrix} \right)}{-\left(\mathbf{J}, \begin{bmatrix} \rho_1 & \rho_2 \\ \rho_1 & \rho_2 \end{bmatrix} \right)}. \quad (9)$$

Знаки выражений в числителе и знаменателе (9) соответствуют знакам $\sin \Omega$ и $\cos \Omega$, соответственно.

$$u_1 = \arctg \frac{z_1 \cdot \cos ec(i)}{x_1 \cos \Omega + y_1 \sin \Omega}. \quad (10)$$

Знаки выражений в числителе и знаменателе соответствуют знакам $\sin u_1$ и $\cos u_1$, соответственно.

Здесь

$\mathbf{I}, \mathbf{J}, \mathbf{K}$ – единичные векторы осей Ox, Oy, Oz .

$$\begin{bmatrix} \rho_1 & \rho_2 \\ \rho_1 & \rho_2 \end{bmatrix} = \mathbf{I}(y_1 z_2 - y_2 z_1) - \mathbf{J}(x_1 z_2 - x_2 z_1) + \mathbf{K}(x_1 y_2 - x_2 y_1).$$

$$(\mathbf{I}, [\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2]) = (y_1 z_2 - y_2 z_1),$$

$$(\mathbf{J}, [\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2]) = (x_1 z_2 - x_2 z_1),$$

$$(\mathbf{K}, [\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2]) = (x_1 y_2 - x_2 y_1).$$

Оценка погрешностей

$$\begin{aligned} u_2 &= u_1 + (GM/a^3)^{1/2} (T_{02} - T_{01}), \\ x_2 &= a(\cos \Omega \cos u_2 - \sin \Omega \sin u_2 \cos i), \\ y_2 &= a(\sin \Omega \cos u_2 + \cos \Omega \sin u_2 \cos i), \\ z_2 &= a \cdot \sin u_2 \cdot \sin i, \\ \operatorname{tg} \alpha_{2c} &= (y_2 - Y_2) / (x_2 - X_2), \\ \alpha_{2c} &= \arctg(\operatorname{tg} \alpha_{2c}), \\ \operatorname{tg} \delta_{2c} &= (z_2 - Z_2) / ((x_2 - X_2)^2 + (y_2 - Y_2)^2)^{1/2}, \\ \delta_{2c} &= \arctan(\operatorname{tg} \delta_{2c}), \\ (O-C)_{\alpha 2} &= \alpha_{20} - \alpha_{2c}, \\ (O-C)_{\delta 2} &= \delta_{20} - \delta_{2c}. \end{aligned}$$

Отчет о работе 11

Фамилия ученика

Дата выполнения работы, время

Пункт наблюдений

Часы

Система счета времени

Дата	Спутник	Время				Экваториальные координаты	Блеск m
		T_q	u	ΔT	T	α δ	

Элементы круговой орбиты спутника

a=

i=

Ω =

u_1 =

Погрешности определения орбиты

$(O-C)_{\alpha 2}$ =

$(O-C)_{\delta 2}$ =

§ 2.12. Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ШИРОТЫ

Цель работы – знакомство с некоторыми методами определения географической широты.

Оборудование: универсальный инструмент, телескоп, электронный планетарий «REDSHIFT–6», микрокалькулятор, Интернет, удаленный робот-телескоп.

I способ

Географическая широта φ места наблюдения может быть определена из измерений угловой высоты звезды с известным склонением δ , находящейся в верхней кульминации (меридианные наблюдения), для чего необходимо знать положение небесного меридиана. При меридианных наблюдениях используются, как правило, звезды, кульминирующие к югу от зенита.

Прежде всего необходимо правильно установить измерительный инструмент, направить его зрительную трубу на точку юга S и записать отсчет A_s на азимутальном лимбе, соответствующий этому направлению, (а также, строго говоря определить место зенита Z_0 на вертикальном круге инструмента. В дальнейшем полагаем, что при угловой высоте 0° на вертикальном круге отсчет также 0°). Затем следует выбрать звезду, находящуюся вблизи небесного меридиана, несколько восточнее него, по звездному атласу определить ее название и выписать ее склонение δ из Астрономического ежегодника, Астрономического календаря или из Интернета. После этого зрительная труба инструмента наводится на звезду и медленно перемещается вслед за нею. Когда расстояние звезды от небесного меридиана сократится до 1° (что легко установить по отсчету азимутального круга), зрительная труба инструмента при той же высоте направляется на небесный меридиан (отсчет A_s) и закрепляется. При появлении звезды в поле зрения зрительной трубы изображение звезды приводится и все время удерживается (с помощью микрометрического винта по высоте) на горизонтальной нити (или между ними, если их две) поля зрения. В момент пересечения звездой центральной вертикальной нити гидирование инструмента прекращается, и по обоим верньерам вертикального круга инструмента отмечаются отсчеты h' и h'' , которые дают средний отсчет

$$h_v = \frac{h' + h''}{2},$$

соответствующий видимой h_v высоте звезды.

Полученный результат исправляется за рефракцию ρ

$$h = h_v - \rho.$$

Здесь $\rho \approx 58,2'' \operatorname{ctg} h_v$ (при $h_v > 20^\circ$, при величине коэффициента преломления воздуха $n = 1,0002825$, при температуре $+10^\circ\text{C}$ и нормальном атмосферном давлении).

Тогда географическая широта определится из соотношения $\varphi = 90^\circ - h + \delta$.

II способ

Если в распоряжении наблюдателя имеются часы, показывающие звездное время S с точностью до ± 1 мин, то географическая широта φ , с точностью $\pm 0,2'$, может быть выражена по измеренной высоте h_U Полярной звезды

$$\varphi = h_U - (I + II + III),$$

где цифрами I, II и III обозначены поправки, учитывающие расположение Полярной звезды по высоте относительно полюса мира на разной географической широте φ , в различные моменты звездного времени.

Значения этих поправок даются в таблицах астрономических ежегодников. Средняя рефракция включена в поправку II, и поэтому исправлять высоту h_U за рефракцию не нужно.

Установив и отnivelировав универсальный инструмент, направляют его зрительную трубу в положении «круг право» на Полярную звезду и отмечают время S_1 , отсчеты h'_n и h''_n по обоим верньерам вертикального круга. Затем повторяют те же операции при положении трубы «круг лево» и получают отсчеты S_2 , $h'_л$, $h''_л$. Тогда для среднего момента времени

$$S = \frac{S_1 + S_2}{2}$$

Получают средние значения отсчетов

$$h_n = (h'_n + h''_n)/2, \quad h_л = (h'_л + h''_л)/2,$$

по которым находят высоту Полярной звезды

$$h_U = \frac{h_n + h_л}{2},$$

А по найденной высоте h_U , моменту S и дате наблюдений находят в таблицах необходимые поправки.

Если требуется оценить точность определения географической широты, то необходимо во всех случаях провести несколько наблюдений, по результатам которых вычислить среднюю квадратичную ошибку

$$\varepsilon_\varphi = \pm \sqrt{\frac{\sum (\Delta\varphi)^2}{n(n-1)}},$$

где n – число наблюдений, $\Delta\varphi$ – разности между частными и средним значениями вычисленной географической широты.

Следует иметь в виду, что склонения выбранных звезд должны быть отнесены к эпохе (началу года) наблюдений, и поэтому выписанные из каталога склонения δ_0 звезд необходимо исправить за прецессию, т.е.

$$\delta = \delta_0 + P_\delta(T - T_0),$$

где P_δ – годовая прецессия по склонению, T – год наблюдений и T_0 – эпоха каталога.

Отчет о работе 12

Фамилия ученика

Дата выполнения работы, время

Пункт наблюдений

Инструмент

1. Звезда

$\delta_0 =$

$T_0 =$

Прецессия $P_\delta =$

Разность эпох $T - T_0 =$

Поправка за прецессию $P_\delta(T - T_0) =$

Склонение $\delta =$

2. Направление на точку юга $A_5 =$

3. Определение широты φ

Верньер I. $h' =$

Верньер II. $h'' =$

Видимая высота $h_v =$

Поправка за рефракцию $\rho =$

Истинная высота звезды $h =$

Склонение звезды $\delta =$

Географическая широта $\varphi =$

Географическая широта пункта,

определенная с помощью сигналов GPS (ГЛОНАСС) $\varphi =$

Географическая широта пункта,

определенная с помощью сети Интернет $\varphi =$

Аналогично составляется форма отчета для второго способа.

Результаты вычислений можно сравнить с данными Интернета, GPS и объяснить возможное расхождение табличных и измеренных значений астрономических величин.

§ 2.13. Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОГО ВРЕМЕНИ И ДОЛГОТЫ МЕСТА ПО СОЛНЦУ

Цель работы – научиться определять точное время и долготу пункта по Солнцу.

Оборудование: универсальный инструмент, теодолит, часы, секундомер электронный планетарий «REDSHIFT-6», микрокалькулятор, Интернет, звездный атлас, подвижная карта звездного неба, Астрономический ежегодник РАН на текущий год,

Наблюдения Солнца с использованием оптических инструментов следует проводить с осторожностью (концентрированный поток солнечной энергии может сжечь глаза наблюдателя). При наблюдениях Солнца проводятся либо или с плотными темными светофильтрами, надеваемыми на на объектив (или на окуляр) оптического инструмента, или исследуют изображение Солнца на белом экране, установленном на некотором расстоянии от окуляра.

Установив и отnivelировав универсальный инструмент или теодолит, направляют его зрительную трубу на Солнце, закрепляют ее микрометрическими винтами и сразу же отмечают показание $T_{\text{ч}}$ проверяемых часов, после чего снимают с вертикального круга отсчеты h' и h'' , по которым находят среднее значение

$$h = \frac{h' + h''}{2}. \quad (1)$$

(Предполагается, что высота Солнца отсчитывается от плоскости математического горизонта).

Выписав из Астрономического календаря-ежегодника (Интернета) значение склонения Солнца δ_0 на день наблюдения и величину $\Delta\delta$ часового изменения его склонения, находят склонение Солнца δ на момент наблюдения

$$\delta = \delta_0 + \Delta\delta(T_{\text{ч}} - T_0),$$

где T_0 – момент времени, для которого дается δ_0 , причем $T_{\text{ч}}$ и T_0 должны быть выражены в одной и той же системе счета времени.

Зная склонение Солнца, его высоту и географическую широту φ места наблюдения, вычисляют по теореме косинусов часовой угол t

$$\cos t = \frac{\sin h - \sin \varphi \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta}.$$

Определяют истинное солнечное время

$$T_{\text{ист}} = t + 12 \text{ час.}$$

Используя уравнение времени η (данные из Астрономического ежегодника или Интернета), находят среднее время T_m в момент наблюдений.

$$T_m = T_{\text{ист}} + \eta.$$

По найденным величинам вычисляется поправка часов u в средней системе счета времени.

$$u_m = T_m - T_{\text{ч}}.$$

Определив по приему радиосигналов точного времени поправку часов u_0 (на момент всемирного времени T_0'),

$$u_0 = T_0' - T_{\text{ч}}',$$

вычисляется географическая долгота λ места наблюдения.

$$\lambda = T_m' - T_0' = u_m - u_0 =$$

При низком положении Солнца над горизонтом следует учитывать рефракцию.

При нормальных условиях для земной атмосферы

$$\rho = 60,25'' \cdot \text{ctgh} h, \text{ для } h > 20^\circ.$$

Отчет о работе 13

Фамилия ученика

Дата выполнения работы, время

Пункт наблюдений

Широта пункта $\varphi =$

Часовая зона России $n_3 =$

Инструмент

Отсчеты вертикального круга	Верньер I	Верньер II	Среднее
Солнце	h'	h''	h

Показания часов $T_{\text{ч}} =$

1. Солнце

$$\delta_0 =$$

$$\Delta\delta =$$

$$T_{\text{ч}} - T_0 =$$

$$\delta = \delta_0 + \Delta\delta \cdot (T - T_0) =$$

2. Часовой угол Солнца

$$\cos t = \frac{\sin h - \sin \varphi \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta} =$$

$$t =$$

3. Истинное солнечное время $T_{\text{ист}} = t + 12 \text{ час.} =$

4. Уравнение времени $\eta =$

5. Среднее солнечное время $T_m = T_{\text{ист}} + \eta =$

6. Поправка часов $u_m = T_m - T_{\text{ч}} =$

7. Сигналы точного времени (Всемирное время T_0' и показания часов в этот момент $T_{\text{ч}}'$)

$$T_0' =$$

$$T_{\text{ч}}' =$$

$$T_m' = T_{\text{ч}}' + u =$$

8. Поправка часов на момент T_0' , $u_0 = T_0' - T_{\text{ч}}' =$

9. Географическая долгота λ места наблюдения $\lambda = T_m' - T_0' = u_m - u_0 =$

10. Долгота пункта, определенная с помощью сигналов GPS (ГЛОНАСС),
 $\lambda =$

10. Географическая долгота пункта, определенная с помощью сети Интернет,
 $\lambda =$

§ 2.14. Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ НЕБЕСНОГО МЕРИДИАНА

Цель работы – научиться обращаться с угломерными инструментами: универсальным угломерным инструментом и теодолитом.

Оборудование: универсальный инструмент, теодолит, электронный планетарий «REDSHIFT–6», микрокалькулятор, Интернет, звездный атлас, подвижная карта звездного неба, фонарик.

Перед началом работы необходимо установить и отnivelировать инструмент и точно отметить на площадке с тем, чтобы впоследствии все работы с ним, требующие знания положения небесного меридиана, проводить с этого же места. Затем можно переходить к наблюдениям.

Наведя зрительную трубу универсального инструмента на Полярную звезду, поворачивают его на 180° , в направлении на юг, и несколько к востоку от этого направления выбирают звезду, на которую наводят зрительную трубу инструмента, закрепляют крепящий винт по высоте и микрометрическим винтом приводят изображение звезды на центральный крест поля зрения. После этого по двум верньерам горизонтального (азимутального) круга инструмента отмечаются отсчеты A_1' и A_2' . Средний отчет

$$A_1 = \frac{A_1' + A_2'}{2} \quad (1)$$

определяет направление на звезду до ее верхней кульминации.

Затем, не открепляя инструмента по высоте, медленно поворачивают его вокруг вертикальной оси за звездой, которая перемещается суточным вращением небесного свода по своей небесной параллели. После верхней кульминации звезды, в момент пересечения ею горизонтальной нити поля зрения инструмента, с азимутального круга снимают вторые отсчеты A_1'' и A_2'' .

Средний отчет

$$A_2 = \frac{A_1'' + A_2''}{2} \quad (2)$$

Дает направление на звезду после ее верхней кульминации, а средний отчет

$$A_3 = (A_1''' + A_2''')/2 \quad (3)$$

определяет направление на земной предмет.

Очевидно, что отсчеты A_1 и A_2 соответствуют одинаковой высоте h до и после ее верхней кульминации, а следовательно, и одинаковому ее удалению к востоку и западу от небесного меридиана.

Отсюда следует, что направление на точку определяется на азимутальном круге инструмента отсчетом

$$A_S = \frac{A_1 + A_2}{2}, \quad (4)$$

который соответствует азимуту $A=0$. Тогда азимут земного предмета

$$A_{\Pi} = A_3 - A_S \quad (5)$$

позволяет в любой момент времени знать положение небесного меридиана, т.е. направление на точку юга с того места, производились первоначальные измерения.

Отчет о работе 14

Фамилия ученика

Дата выполнения работы, время

Пункт наблюдений

Инструмент

Отсчеты горизонтального круга	Верньер I	Верньер II	Среднее
Звезда до кульминации			
Звезда после кульминации			
Отсчет на точку юга	-	-	$A_S =$
Земной предмет			
Азимут земного предмета			

§ 2.15. Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВКИ ЧАСОВ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ ВЕРХНЕЙ КУЛЬМИНАЦИИ ЗВЕЗД

Цель работы – научиться определять точное время по звездам.

Оборудование: универсальный инструмент, теодолит, часы, секундомер электронный планетарий «REDSHIFT–6», микрокалькулятор, Интернет, звездный атлас, подвижная карта звездного неба, Астрономический ежегодник РАН на текущий год, фонарик.

Сущность работы сводится к определению показания проверяемых часов в момент верхней кульминации звезды, которая наблюдается универсальным инструментом или теодолитом, при известном положении небесного меридиана. В момент пересечения звездой центральной вертикальной нити поля зрения инструмента пускают в ход секундомер, а затем отмечают показания часов, для чего в момент показания ими начала какой-либо минуты секундомер останавливают. Если в момент остановки секундомера показание проверяемых часов было $T'_ч$, а секундомер показал ΔT , то показание тех же часов в момент верхней кульминации звезды, очевидно, было

$$T_ч = T'_ч - \Delta T. \quad (1)$$

Но так как в момент верхней кульминации звезды с прямым восхождением α звездное время

$$S = \alpha, \quad (2)$$

то при проверке *звездных* часов их поправка

$$u_s = S - T_ч = \alpha - T_ч. \quad (3)$$

Если же проверялись средние часы, идущие по среднему, поясному или времени соответствующей часовой зоны, то пользуясь географической долготой λ и номером часовой зоны n (для России) пункта наблюдений, следует вычислить момент T_c в одной из этих систем счета времени, соответствующий моменту звездного времени

$$S = \alpha,$$

и затем найти поправку часов

$$u = T_c - T_ч. \quad (4)$$

Необходимо иметь ввиду, что экваториальные координаты звезды следует выписывать из Астрономического ежегодника текущего года, а при его отсутствии – из любого другого источника, с обязательным последующим приведением координат к эпохе текущего года (учет прецессии).

Например, если известны экваториальные координаты α и δ звезд на эпоху 2000,0, то для определения экваториальных координат на любую эпоху

равноденствия необходимо ввести поправки за прецессию земной оси, с помощью приближенных формул, учитывающих изменения прямого восхождения $\Delta\alpha$ и склонения $\Delta\delta$ светила в течение одного года:

$$\Delta\alpha = 3,07^c + 1,34^c \cdot \sin\alpha \cdot \operatorname{tg}\delta,$$

$$\Delta\delta = 20,0'' \cos\alpha.$$

($\delta < 60^\circ$, интервал времени меньше 50 лет).

Полученные поправки, умноженные на число лет и долей года, следует к координатам на эпоху $T_0 = 2000,0$ прибавить для последующих годов (либо отнять – для предшествующих годов).

Можно воспользоваться данными сети Интернет.

Отчет о работе 15

Фамилия ученика

Дата выполнения работы, время

Пункт наблюдений

Долгота пункта наблюдения $\lambda =$

Часовая зона России

Инструмент

1. Звезда

$\alpha_0 =$

$\delta_0 =$

$T_0 =$

Разность эпох $(T - T_0)$ в годах =

Поправка за прецессию $\Delta\alpha = 3,07^c + 1,34^c \cdot \sin\alpha_0 \cdot \operatorname{tg}\delta_0 =$

$\alpha = \alpha_0 + \Delta\alpha \cdot (T - T_0) =$

Поправка за прецессию $\Delta\delta = 20,0'' \cos\alpha =$

$\delta = \delta_0 + \Delta\delta \cdot (T - T_0) =$

2. Показания проверяемых часов $T'_q =$

3. Показания секундомера $\Delta T =$

4. Показания часов в момент верхней кульминации звезды $T_q = T'_q - \Delta T =$

5. Звездное время $S = \alpha =$

6. Для случая часов, идущих по среднему времени пункта наблюдения

$$T_c = T_q - (n+1) + \lambda =$$

7. Поправка часов $u = T_c - T_q =$

8. Долгота пункта, определенная с помощью сигналов GPS (ГЛОНАСС), $\lambda =$

9. Географическая долгота пункта, определенная с помощью интернета $\lambda =$

Вопрос: Когда (в какое время года) разность между звездным временем и временем соответствующей часовой зоны (России) в средний полдень равна нулю?

Заключение

Наблюдательные работы по астрономии в школе представляют особый интерес для процесса обучения. При их выполнении школьники непосредственно видят объекты, которые они изучают, а также «общаются» с ними, познавая их свойства. Астрономические наблюдения способствуют развитию интереса к астрономии и другим наукам; способствуют совершению учащимися открытий, включая научно-значимые, и, тем самым, повышают их интеллектуальный уровень развития.

Библиографический список

1. Астрономические календари-ежегодники. 2018.
2. Дагаев М.М. Лабораторный практикум по курсу общей астрономии. – М.: Высшая школа, 1974.
3. Кононович Э.В., Мороз В.И. Общий курс астрономии. – М.: УРСС, 2018. – 544 с.
4. Куликовский П.Г. Справочник любителя астрономии. – М.: УРСС, 2002. – 688 с.
5. Кутто П. Наблюдения визуально-двойных звезд. М.: Мир, 1981. 240 с.
6. Закон Российской Федерации «Об авторском праве и смежных правах» – М.: Ось-89, 2003. – 48 с.
7. Ипатов С.И. Миграция небесных тел в Солнечной системе. М.: Эдиториал УРСС, 2000. – 320 с.
8. Левитан Е.П. Астрономия – 11. – М.: Просвещение, 2004.
9. Муртазов А.К. Астрономические термины. – Рязань: РГПУ, 2002. – 192 с.
10. Перов Н.И. Астрономические задачи. – Ярославль: ЯГПИ, 1993. – 190 с.
11. Перов Н.И., Тихомирова Е. Н. Фундаментальная проблема астрофизики: поиск внеземных цивилизаций в Метагалактике. – Ярославль: ЯГПУ, 2012. – 115 с.
12. Песков Н.А. Имена звезд, что они обозначают. – М.: МГДТДиЮ, 1996. – 24 с.
13. Пономарев С.М. Астрономический календарь на 2011 год. – Н-Новгород: НГПУ, 2011.
14. Путеводитель астронома по ИНТЕРНЕТУ. URL: <http://www.chat.ru/~samod>.
15. Сурдин В.Г. Вселенная от А до Я. – М.: Эксмо, 2012. – 480 с.
16. Тихомирова Е. Н. Созвездия на пути Солнца. – Ярославль: МАУ «КПЦ им. В.В. Терешковой», 2012.
17. Томанов В.П. Атлас звездного неба. – Вологда: Русь, 1996.
18. Халаджан Н.Н. Авторизованное образование – ответ новационной педагогики на вызов времени // Философские науки. – 2001. – №2. – С.117.
19. Пономарев С.М. Астрономическое образование в Российской школе. История и современность // Астрономия и образование. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Василия Константиновича Мичурина – физика, астронома, педагога и музыканта. Ярославль. Индиго, 2018.- 192 с.

Приложение

Названия и обозначения созвездий

Русское название созвездия	Латинское название созвездия	Обозначение	Площадь, кв. градусы	Число звезд ярче 6 ^m
Андромеда	Andromeda	And	721	100
Близнецы	Gemini	Gem	514	70
Большая Медведица	Ursa Major	UMa	1279	125
Большой Пес	Canis Major	CMa	380	80
Весы	Libra	Lib	538	50
Водолей	Aquarius	Aqr	980	90
Возничий	Auriga	Aur	657	90
Волк	Lupus	Lup	334	70
Волопас	Bootes	Boo	905	90
Волосы Вероники	Coma Berenices	Com	386	50
Ворон	Corvus	Crv	184	15
Геркулес	Hercules	Her	1225	140
Гидра	Hydra	Hya	1303	130
Голубь	Columba	Col	270	40
Гончие Псы	Canes Venatic	CVn	467	30
Дева	Virgo	Vir	1294	95
Дельфин	Delphinus	Del	189	30
Дракон	Draco	Dra	1083	80
Единорог	Monoceros	Mon	481	85
Жертвенник	Ara	Ara	237	30
Живописец	Pictor	Pic	247	30
Жираф	Camelopardalis	Cam	756	50
Журавль	Grus	Gru	365	30
Заяц	Lepus	Lep	290	40
Змееносец (Офиух)	Serpentarius (Ophiuchus)	Oph	948	100
Змея	Serpens	Ser	637	60
Золотая Рыба	Dorado	Dor	179	20
Индеец	Indus	Ind	294	20
Кассиопея	Cassiopeja	Cas	599	90
Кентавр	Centaurus	Cen	1060	150
Киль	Carina	Car	494	110
Кит	Cetus	Cet	1231	100
Козерог	Capricornus	Cap	414	50
Компас	Pyxis	Pyx	221	25
Корма	Puppis	Pup	673	140

Лебедь	Cygnus	Cyg	805	150
Лев	Leo (Major)	Leo	947	70
Летучая Рыба	Volans	Vol	141	20
Лира	Lira	Lyr	285	45
Лисичка	Vulpecula	Vul	268	45
Малая Медведица	Ursa Minor	UMi	256	20
Малый Конь	Equuleus	Equ	72	10
Малый Лев	Leo Minor	LMi	232	20
Малый Пес	Canis Minor	CMi	183	20
Микроскоп	Microscopium	Mic	209	20
Муха	Musca	Mus	138	30
Насос	Antlia	Ant	239	20
Наугольник	Norma	Nor	165	20
Овен	Aries	Ari	441	50
Октант	Octans	Oct	292	35
Орел	Aquila	Aql	653	70
Орион	Orion	Ori	594	120
Павлин	Pavo	Pav	377	45
Паруса	Vela	Vel	500	110
Пегас	Pegasus	Peg	1136	100
Персей	Perseus	Per	615	90
Печь	Fornax	For	397	35
Райская Птица	Apus	Aps	206	20
Рак	Cancer	Cnc	506	60
Резец	Caelum	Cae	125	10
Рыбы	Pisces	Psc	890	75
Рысь	Lynx	Lyn	545	60
Северная Корона	Corona Borealis	CrB	179	20
Секстант	Sextans	Sex	313	25
Сетка	Reticulum	Ret	114	15
Скорпион	Scorpius	Sco	497	100
Скульптор	Sculptor	Scl	475	30
Столовая Гора	Mensa	Men	163	15
Стрела	Sagitta	Sge	80	20
Стрелец	Sagittarius	Sgr	867	115
Телескоп	Telescopium	Tel	251	30
Телец	Taurus	Tau	797	125
Треугольник	Triangulum	Tri	132	15
Тука	Tucana	Tuc	294	295
Феникс	Phoenix	Phe	469	40
Хамелеон	Chamaeleon	Cha	131	20
Цефей	Cepheus	Cep	588	60

Циркуль	Circinus	Cir	93	20
Часы	Horologium	Hor	249	20
Чаша	Crater	Crt	282	20
Щит [Собеского]	Scutum [Sobiensis]	Sct	109	20
Эридан	Eridanus	Eri	1138	100
Южная Гидра	Hydrus	Hyi	243	20
Южная Корона	Australis Corona	CrA	128	25
Южная Рыба	Piscis Austrinus	PsA	245	25
Южный Крест	CruX	Cru	68	30
Южный Треугольник	Triangulum Australe	TrA	68	30
Ящерица	Lacerta	Lac	201	35

Материал взят из «Астрономического календаря на 2011 год»
С. М. Пономарева [13].

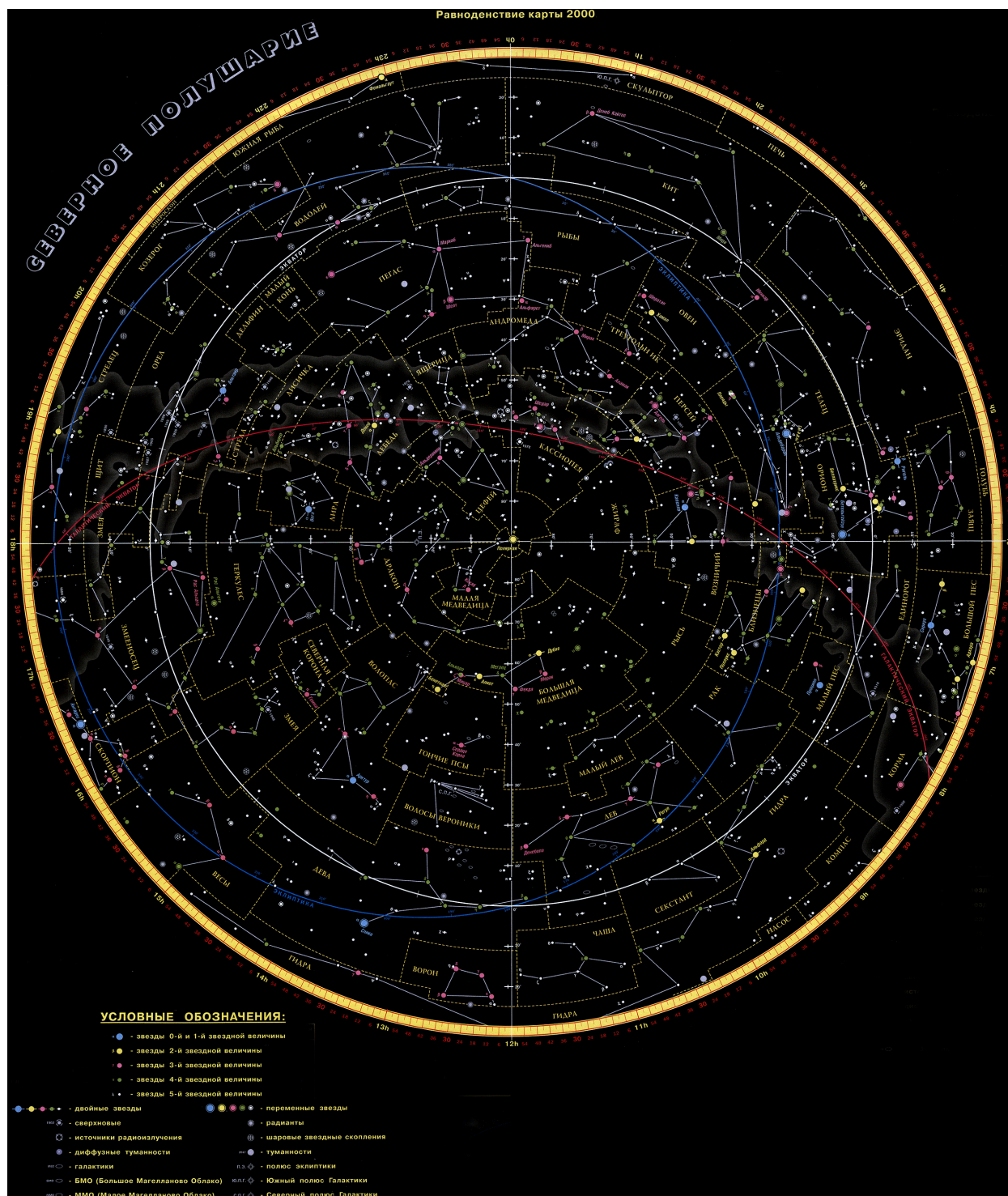
Сведения о некоторых ярких звездах

Название звезды		α ч м с	δ ° ' "	D пк	Sp	V m
Р Гидры		13 29 43	-23 16 53	617.28	M6/M7e	6.39
α Большого Пса	Сириус	06 45 09	-16 42 47	2.64	A1 V	-1.46
α Большой Медведицы	Дубхе	11 03 44	+61 45 04	37.91	F7 Vcomp	2.02
α Возничего	Капелла	05 17 09	+46 00 30	12.94	M1:comp	0.08
α Волка		14 41 56	-47 23 17	168.07	B1 5III	2.26
α Волопаса	Арктур	14 15 57	+19 08 45	11.25	K2 IIIp	-0.05
α Девы	Спика	13 25 31	-11 11 41	80.39	B1 V	0.98
α Зайца	Арнеб	05 33 01	-17 49 08	393.70	F0 Ib	2.58
α Змееносца	Рас Альхаг	17 34 56	+12 33 38	14.32	A5 III	2.11
α Кита	Менкар	03 02 36	+04 06 50	67.48	M2 III	2.54
α Лебедя	Денеб	20 41 36	+45 16 49	990.10	A2 Ia	1.25
α Лиры	Вега	18 37 07	+38 47 01	7.76	A0 Vvar	0.03
α Льва	Регул	10 08 43	+11 56 11	23.76	B7 V	1.36
α Малого Пса	Процион	07 39 38	+05 12 35	3.50	F5 IV-V	0.40
α Ориона	Бетельгейзе	05 55 31	+07 24 33	131.06	M2 Ib	0.45
α Орла	Альтаир	19 51 04	+08 52 50	5.14	A7 IV-V	0.76
α Северной Короны	Гемма (Альфекка)	15 34 57	+26 42 53	22.91	A0 V	2.22
α Скорпиона	Антарес	16 29 46	-26 26 48	185.19	M1 Ib + 04 36 17B2.5 V	1.06
α Тельца	Альдебаран	04 36 17	+16 31 24	19.96	K5 III	0.87
α Эридана	Акенар	01 37 56	-57 12 35	44.09	B3 Vp	0.45
α Южной Рыбы	Фомальгаут	22 57 58	-29 35 35	7.69	A V	1.17
α 1 Центавра	Ригель Кентавра	14 40 02	-60 51 27	0.742	G2 V	-0.01
α 2 Центавра		14 40 02	-60 51 35	0.742	K1 V	1.35

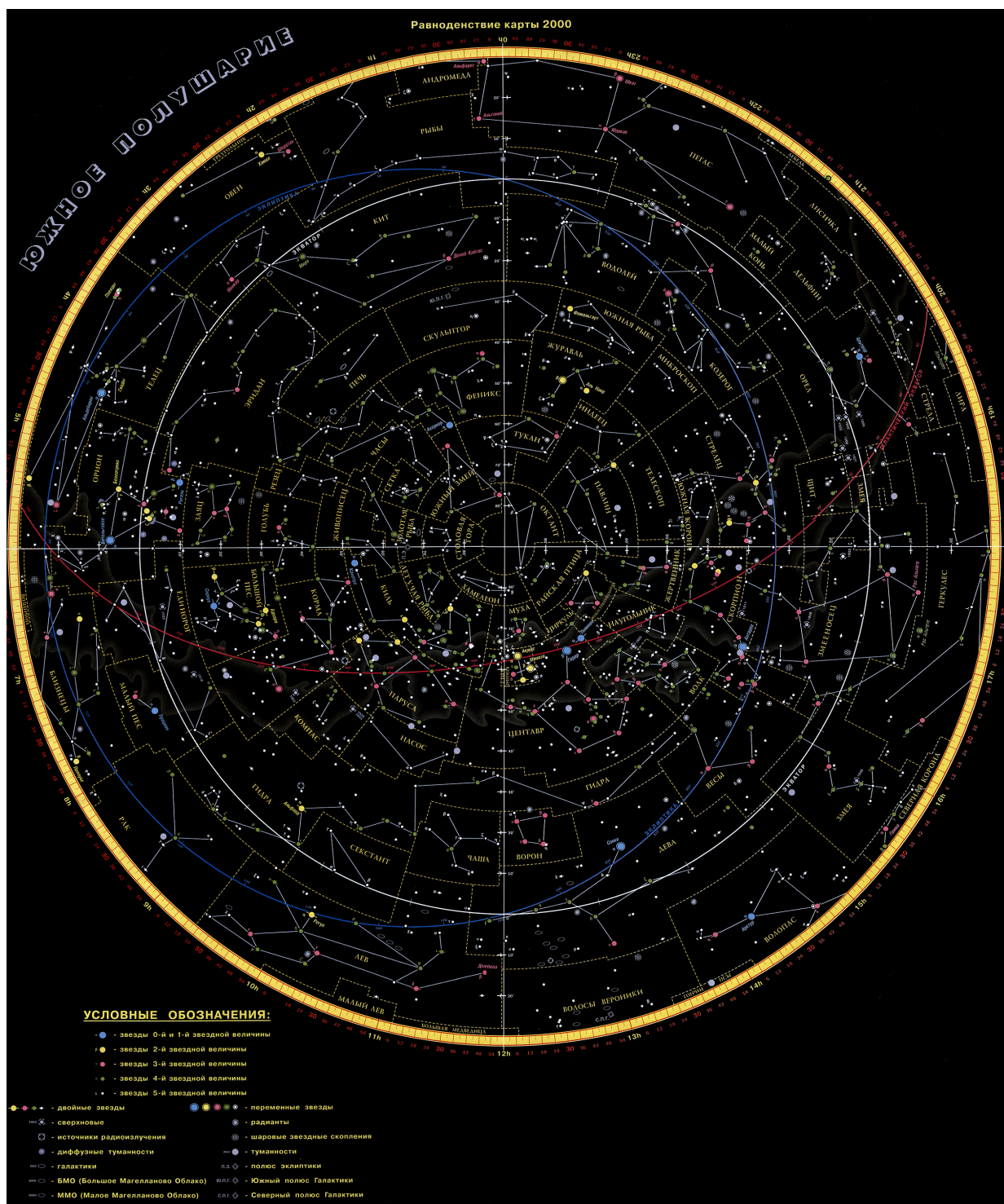
β Геркулеса	Корнефорос	16 30 29	+21 28 14	45.31	G8 III	2.78
β Андромеды	Мирах	01 10 03	+35 39 17	61.12	M0 IIIvar	2.07
β Близнецов	Поллукс	07 45 47	+28 00 35	10.34	K0 IIIvar	1.33
β Большого Пса	Мурзим	06 22 59	-17 57 35	153.14	B1 II/III	1.98
β Водолея	Садалсууд	21 31 52	-05 32 51	187.62	G0 Ib	2.09
β Ворона	Краз	12 34 23	-23 23 48	42.84	G5 II	2.72
β Геркулеса	Рутиликус	16 30 13	+21 29 23	45.21	G8 III	2.86
β Овна	Шератан	01 54 38	+20 48 30	18.27	A5 V	2.65
β Ориона	Ригель	05 14 32	-08 11 42	236.97	B8 Ia	0.18
γ Водолея	Садалахбия	22 21 57	-01 21 34	48.38	A0 V	3.86
γ Девы	Поррима	12 41 40	-01 26 58	11.83	F0 V	3.48
γ Дракона	Этамин	17 56 36	+51 29 20	45.25	K5 III	2.35
γ Змееносца		17 48 11	+02 42 03	29.05	A0 V	3.75
γ Кассиопеи		00 57 02	+60 45 12	187.97	B0 IV;evar	2.15
δ Девы	Аува	12 55 55	+03 21 43	62.07	M3 III	3.39
δ Кассиопеи	Рухбах	01 26 11	+60 16 16	30.48	A5 Vv SB	2.66
δ Кассиопеи	Руха	01 25 48	+60 14 07	30.48	A5v V SB	2.26
δ Орла		19 25 30	+03 06 53	15.37	F0 IV	3.36
δ Персея		03 42 55	+47 47 16	161.81	B5 III SB	2.96
δ Скорпиона	Дшуб	16 00 20	-22 37 18	123.15	B0.2 IV	2.27
δ Персея		03 42 55	+47 47 16	161.81	B5 III SB	2.96
ε Большого Пса	Адара	06 58 38	-28 58 53	132.10	B2 II	1.50
ε Большой Медведицы	Алиот	12 54 02	+55 57 35	24.81	A0 p	1.76
ε Волопаса	Изар	14 45 16	+27 04 27	64.31	A0	2.35
ε Девы	Винде Миатрикс	13 02 39	+10 55 23	31.35	G8 III var	2.85
ε Дельфина	Денеб Дульфим	20 33 13	+11 18 12	110.01	B6 III	4.00
ε Индейца		22 03 48	-56 45 49	3.63	K5 V	4.69
ε Индейца		22 03 23	+56 47 10	3.63	K5 V	4.72
ε Ориона	Альнилам	05 36 32	-01 11 52	411.25	B0 Ia	1.69

ζ Геркулеса		16 41 17	+31 36 07	10.80	F9 IV	2.95
ζ Большого Пса	Фуруд	06 20 34	-30 04 02	103.09	B2.5 V	3.02
ζ Большой Медведицы	Мицар	13 24 12	+54 53 16	23.96	A2 V	2.23
ζ Геркулеса		16 41 30	+31 35 07	10.80	F9 IV	2.81
ζ Ориона	Альнитак	05 40 46	-01 56 33	250.62	O9.5 SB	1.88
ζ Персея		03 54 31	+31 54 17	301.21	B1 1b	2.84
η Волопаса	Муфрид	13 54 41	+18 23 55	11.34	G0 IV	2.72
η Кассиопеи	Ахирд	00 49 26	+57 51 02	5.95	G0 V SB	3.46
η Льва		10 07 41	+16 43 55	653.60	A0 Ib	3.48
η Орла		19 52 28	+01 00 20	359.71	F6 Ibv SB	3.87
η Скорпиона		17 12 35	-43 14 50	21.95	F3 p	3.32
η Стрельца		18 17 38	-36 45 42	45.72	M2 III	3.13
λ Близнецов		07 18 38	+16 31 50	28.91	A3 V	3.58
λ Водолея		22 52 55	-07 32 59	120.05	M2 III var	3.73
μ Близнецов	Тейят Постериор	06 23 21	+22 30 44	71.07	M3 III var	2.87
μ Большой Медведицы	Тания Аустралис	10 22 20	+41 29 58	76.28	M0 III SB	3.04
μ Девы	Риджль аль Авва	14 43 04	-05 39 27	18.68	F2 III	3.91
ξ Близнецов	Альзирр	06 45 17	+12 53 44	17.54	F5 IV	3.33
ξ Лебедя		21 04 56	+43 55 40	361.01	K5 Ibv SB	3.70
σ Кормы		07 29 14	-43 18 05	56.37	K5 III SB	3.25
σ Ориона		05 39 04	-02 35 47	352.11	O9.5 V	3.77
σ Ориона		05 38 45	-02 36 00	352.11	O9.5 V	3.76
σ Скорпиона	Альният	16 21 11	-25 35 34	225.22	B1 III	2.9
χ Дракона		18 20 53	+72 43 43	8.06	F7 V var	3.55

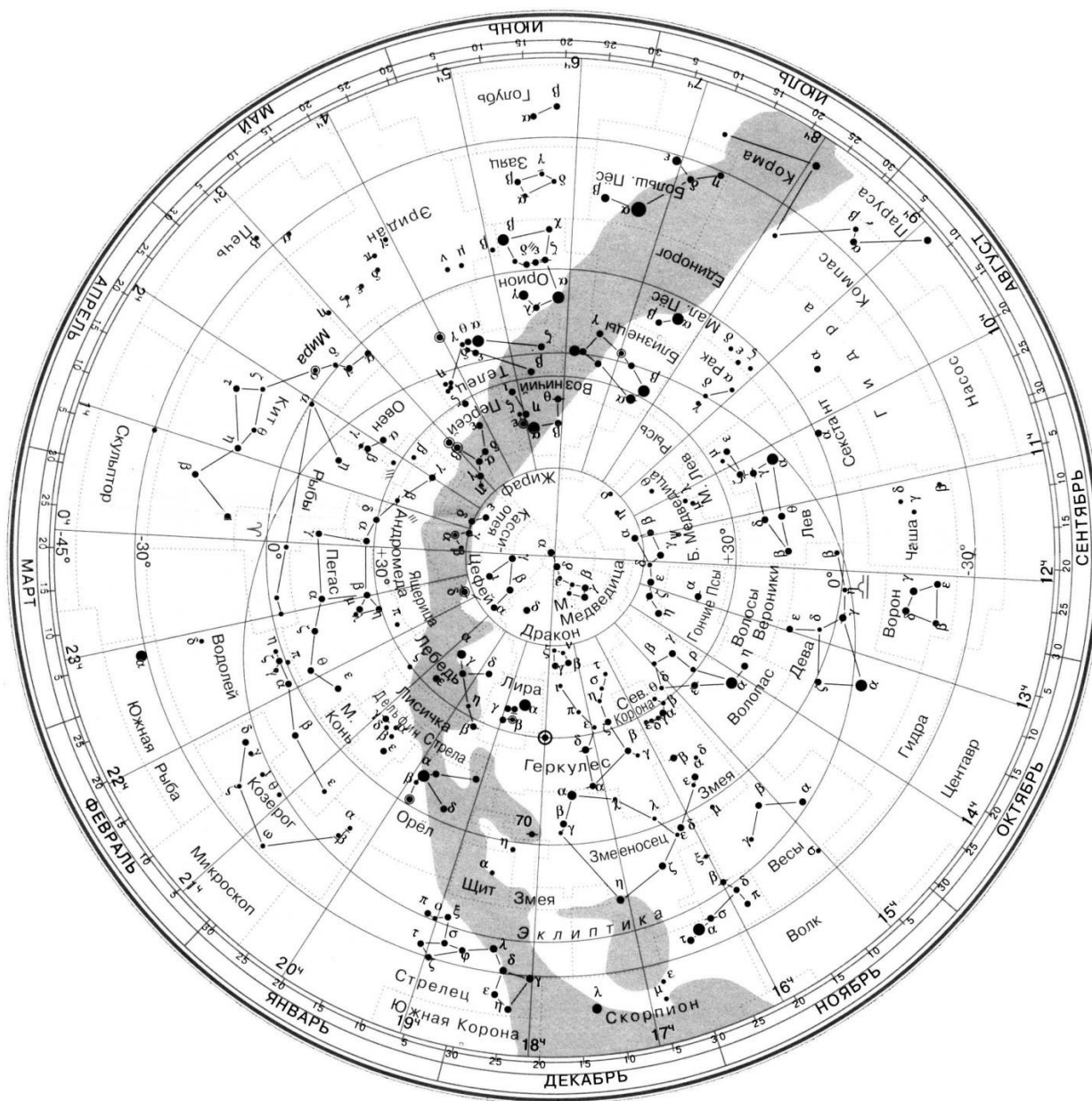
Созвездия северного неба (в проекции на небесный экватор)



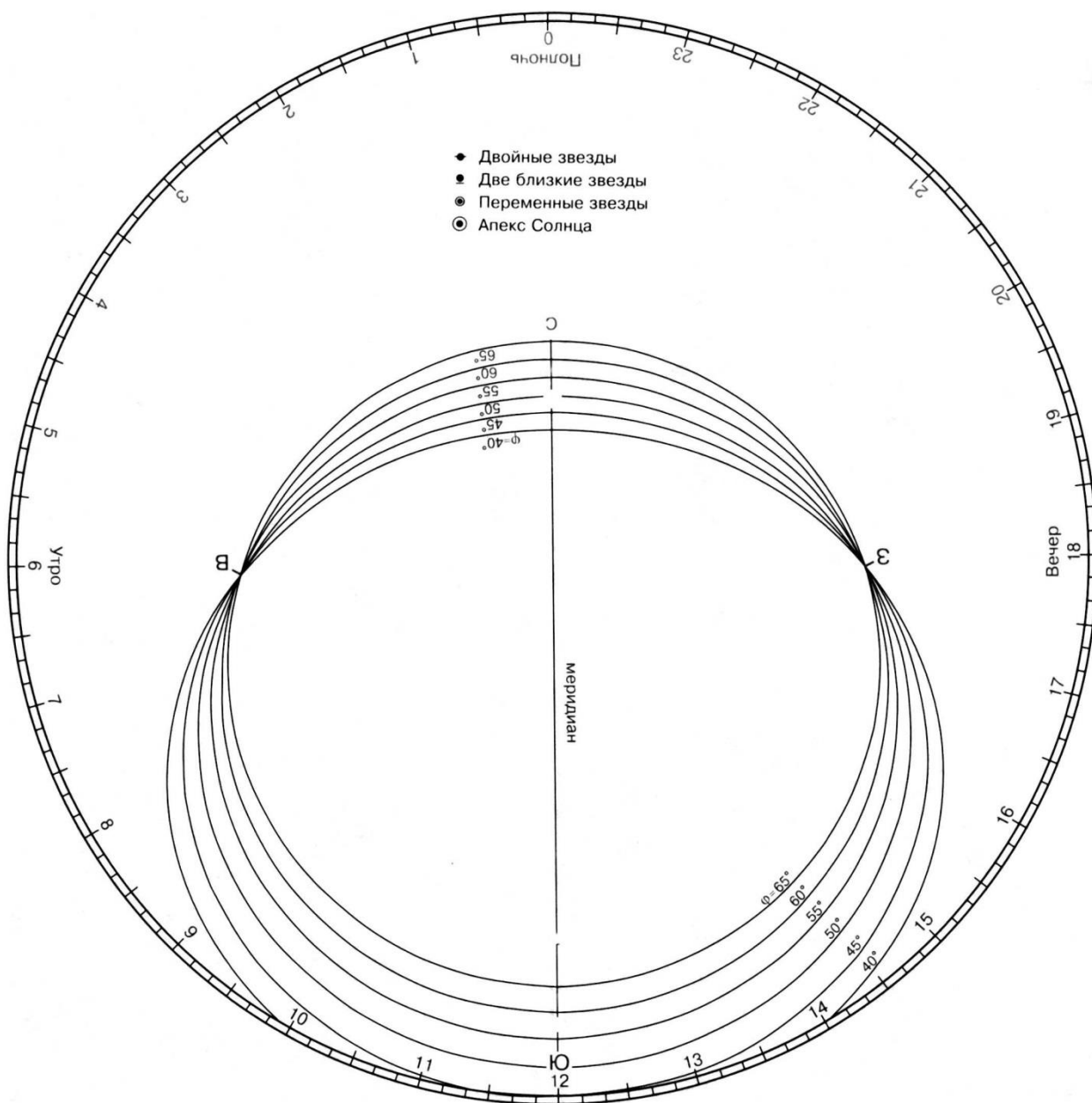
Созвездия южного неба (в проекции на небесный экватор)



Основной круг подвижной карты звездного неба (северное полушарие)



Накладной круг подвижной карты звездного неба



Программа вычисления параметров круговой орбиты ИСЗ по угловым измерениям (S_0 , T_0 , α , δ , R , φ , λ , M , G)

s-часы, alpha (topocentr)-градусы, delta (topocentr)-градусы, fii-градусы, lambda - градусы; S_0 - часы; T_0 - часы;

```

G := 6.672*10^(-11); M := 6*10^24; R := 6371*10^3; fii := evalf(54*Pi*(1/180));
lambda := 45; T01 := .4904400699; T02 := 1.155285800; S0 :=
0+30*(1/60)+0*(1/3600); s1 :=
S0+T01+(1/15)*lambda+(1/3600)*((T01+(1/15)*lambda)*9.86); s2 :=
S0+T02+(1/15)*lambda+(1/3600)*((T02+(1/15)*lambda)*9.86); s1rad :=
evalf(15*s1*Pi*(1/180)); s2rad := evalf(15*s2*Pi*(1/180)); alpha1 :=
evalf(15.322970*Pi*(1/180)); delta1 := evalf((-5.764714*Pi)*(1/180)); alpha2 :=
evalf(25.165835*Pi*(1/180)); delta2 := evalf((-3.947493*Pi)*(1/180)); lambda1 :=
cos(alpha1)*cos(delta1); mu1 := sin(alpha1)*cos(delta1); nu1 := sin(delta1);
lambda2 := cos(alpha2)*cos(delta2); mu2 := sin(alpha2)*cos(delta2); nu2 :=
sin(delta2); X1 := R*cos(fii)*cos(s1rad); Y1 := R*cos(fii)*sin(s1rad); Z1 :=
R*sin(fii); X2 := R*cos(fii)*cos(s2rad); Y2 := R*cos(fii)*sin(s2rad); Z2 :=
R*sin(fii); G1 := lambda1*X1+mu1*Y1+nu1*Z1; G2 :=
lambda2*X2+mu2*Y2+nu2*Z2; ro1 := -G1+sqrt(G1^2-R^2+a^2); ro2 := -
G2+sqrt(G2^2-R^2+a^2); x1 := X1+lambda1*ro1; y1 := Y1+mu1*ro1; z1 :=
Z1+nu1*ro1; x2 := X2+lambda2*ro2; y2 := Y2+mu2*ro2; z2 := Z2+nu2*ro2; eqT
:= 3600*sqrt(G*M/a^3)*(T02-T01)-arccos((x1*x2+y1*y2+z1*z2)/a^2); av :=
fsolve(eqT, a = 6500000 .. 50000000); ro1v := -G1+sqrt(G1^2-R^2+av^2); ro2v :=
-G2+sqrt(G2^2-R^2+av^2); x1v := X1+lambda1*ro1v; y1v := Y1+mu1*ro1v; z1v
:= Z1+nu1*ro1v; x2v := X2+lambda2*ro2v; y2v := Y2+mu2*ro2v; z2v :=
Z2+nu2*ro2v; ii := evalf(arccos((x1v*y2v-x2v*y1v)/((y1v*z2v-
y2v*z1v)^2+(x1v*z2v-x2v*z1v)^2+(x1v*y2v-x2v*y1v)^2)^(1/2))); iideg :=
evalf(180*ii/Pi); sinOMEGA := evalf((y1v*z2v-y2v*z1v)/((y1v*z2v-
y2v*z1v)^2+(x1v*z2v-x2v*z1v)^2+(x1v*y2v-x2v*y1v)^2)^(1/2)); cosOMEGA :=
-evalf(-(x1v*z2v-x2v*z1v)/((y1v*z2v-y2v*z1v)^2+(x1v*z2v-
x2v*z1v)^2+(x1v*y2v-x2v*y1v)^2)^(1/2)); tgOMEGA := -evalf(-(y1v*z2v-
y2v*z1v)/(x1v*z2v-x2v*z1v)); OMEGA := arctan(tgOMEGA); OMEGAdeg :=
evalf(180*OMEGA/Pi); TEST; tgu1 :=
z1v/(sin(ii)*(x1v*cos(OMEGA)+y1v*sin(OMEGA))); u1 := arctan(tgu1); u2 :=
u1+3600*sqrt(G*M/av^3)*(T02-T01); x1vv := av*(cos(OMEGA)*cos(u1)-
sin(OMEGA)*sin(u1)*cos(ii)); y1vv :=
av*(sin(OMEGA)*cos(u1)+cos(OMEGA)*sin(u1)*cos(ii)); z1vv :=
av*sin(u1)*sin(ii); r1vv := (x1vv^2+y1vv^2+z1vv^2)^(1/2); x2vv :=
av*(cos(OMEGA)*cos(u2)-sin(OMEGA)*sin(u2)*cos(ii)); y2vv :=
av*(sin(OMEGA)*cos(u2)+cos(OMEGA)*sin(u2)*cos(ii)); z2vv :=
av*sin(u2)*sin(ii); r2vv := (x2vv^2+y2vv^2+z2vv^2)^(1/2); tgalpha1v := (y1vv-
Y1)/(x1vv-X1); alpha1v := arctan(tgalpha1v); alpha1vdeg :=
evalf(180*alpha1v/Pi); tgdelta1v := (z1vv-Z1)/((x1vv-X1)^2+(y1vv-Y1)^2)^(1/2);
delta1v := arctan(tgdelta1v); delta1vdeg := evalf(180*delta1v/Pi); tgalpha2v :=
(y2vv-Y2)/(x2vv-X2); alpha2v := arctan(tgalpha2v); alpha2vdeg :=

```

```
evalf(180*alpha2v/Pi); tgdelta2v := (z2vv-Z2)/((x2vv-X2)^2+(y2vv-Y2)^2)^(1/2);
delta2v := arctan(tgdelta2v); delta2vdeg := evalf(180*delta2v/Pi); da1 :=
alpha1vdeg-evalf(180*alpha1/Pi); dd1 := delta1vdeg-evalf(180*delta1/Pi); da2 :=
alpha2vdeg-evalf(180*alpha2/Pi); dd2 := delta2vdeg-evalf(180*delta2/Pi);
```

Результаты вычислений

$$G := 6.672000000 \cdot 10^{-11}$$

$$M := 60000000000000000000000000000000$$

$$R := 6371000$$

$$fii := 0.9424777962$$

$$\lambda := 45$$

$$T01 := 0.4904400699$$

$$T02 := 1.155285800$$

$$S0 := \frac{1}{2}$$

$$s1 := 3.9999999998$$

$$s2 := 4.666666667$$

$$s\text{rad} := 1.047197551$$

$$s2rad := 1.221730477$$

$$\alpha l := 0.2674362777$$

$$\delta I := -0.1006132398$$

$$\alpha_2 := 0.4392266797$$

$$\delta_2 := -0.06889675007$$

$$\lambda I := 0.9595740873$$

$$\mu l := 0.2629232961$$

$$vI := -0.1004435740$$

$$\lambda_2 := 0.9029335283$$

$$\mu_2 := 0.4242308183$$

$$v_2 := -0.06884225692$$

$$X1 := 1.872389922 \cdot 10^6$$

$$Y1 := 3.243074474 \cdot 10^6$$

$$Z1 := 5.154247271 \cdot 10^6$$

$$X2 := 1.280790136 \cdot 10^6$$

$$Y2 := 3.518941985 \cdot 10^6$$

$$Z2 := 5.154247271 \cdot 10^6$$

$$GI := 2.131665663 \cdot 10^6$$

$$G2 := 2.294481980 \cdot 10^6$$

$$rol := -2.131665663 \cdot 10^6 + \sqrt{-3.604564250 \cdot 10^{13} + a^2}$$

$$ro2 := -2.294481980 \cdot 10^6 + \sqrt{-3.532499344 \cdot 10^{13} + a^2}$$

$$xI := -1.73101211 \cdot 10^5 + 0.9595740873 \sqrt{-3.604564250 \cdot 10^{13} + a^2}$$

$$\begin{aligned}
yI &:= 2.682609912 \cdot 10^6 + 0.2629232961 \sqrt{-3.604564250 \cdot 10^{13} + a^2} \\
zI &:= 5.368359389 \cdot 10^6 - 0.1004435740 \sqrt{-3.604564250 \cdot 10^{13} + a^2} \\
x2 &:= -7.90974574 \cdot 10^5 + 0.9029335283 \sqrt{-3.532499344 \cdot 10^{13} + a^2} \\
y2 &:= 2.545552017 \cdot 10^6 + 0.4242308183 \sqrt{-3.532499344 \cdot 10^{13} + a^2} \\
z2 &:= 5.312204589 \cdot 10^6 - 0.06884225692 \sqrt{-3.532499344 \cdot 10^{13} + a^2} \\
eqT &:= 4.788803628 \cdot 10^{10} \sqrt{\frac{1}{a^3}} - \arccos\left(\frac{1}{a^2} \left((-1.73101211 \cdot 10^5 \right. \right. \\
&\quad + 0.9595740873 \sqrt{-3.604564250 \cdot 10^{13} + a^2}) (-7.90974574 \cdot 10^5 \\
&\quad + 0.9029335283 \sqrt{-3.532499344 \cdot 10^{13} + a^2}) \\
&\quad + (2.682609912 \cdot 10^6 \\
&\quad + 0.2629232961 \sqrt{-3.604564250 \cdot 10^{13} + a^2}) (2.545552017 \cdot 10^6 \\
&\quad + 0.4242308183 \sqrt{-3.532499344 \cdot 10^{13} + a^2}) \\
&\quad + (5.368359389 \cdot 10^6 \\
&\quad - 0.1004435740 \sqrt{-3.604564250 \cdot 10^{13} + a^2}) (5.312204589 \cdot 10^6 \\
&\quad \left. \left. - 0.06884225692 \sqrt{-3.532499344 \cdot 10^{13} + a^2}) \right) \right)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
av &:= 4.223440046 \cdot 10^7 \\
roIv &:= 3.967382369 \cdot 10^7 \\
ro2v &:= 3.951962556 \cdot 10^7 \\
xIv &:= 3.994236308 \cdot 10^7 \\
yIv &:= 1.367424696 \cdot 10^7 \\
zIv &:= 1.169266625 \cdot 10^6 \\
x2v &:= 3.696438508 \cdot 10^7 \\
y2v &:= 2.028438508 \cdot 10^7 \\
z2v &:= 2.433627055 \cdot 10^6 \\
ii &:= 0.1779952807 \\
iideg &:= 10.19837836 \\
sinOMEGA &:= 0.03087526597 \\
cosOMEGA &:= 0.1743440810 \\
tgOMEGA &:= 0.1770938583 \\
OMEGA &:= 0.1752765809 \\
OMEGAddeg &:= 10.04260833
\end{aligned}$$

TEST

$$\begin{aligned}
tguI &:= 0.1583104229 \\
uI &:= 0.1570074258 \\
u2 &:= 0.3314801445 \\
xIvv &:= 3.994236307 \cdot 10^7 \\
yIvv &:= 1.367424699 \cdot 10^7
\end{aligned}$$

```

z1vv := 1.169266625 106
r1vv := 4.223440047 107
x2vv := 3.696438507 107
y2vv := 2.028438508 107
z2vv := 2.433627043 106
r2vv := 4.223440047 107
tgalpha1v := 0.2739999968
alpha1v := 0.2674362784
alpha1vdeg := 15.32297004
tgdelta1v := -0.1009541236
delta1v := -0.1006132398
delta1vdeg := -5.764714001
tgalpha2v := 0.4698361567
alpha2v := 0.4392266800
alpha2vdeg := 25.16583501
tgdelta2v := -0.06900596994
delta2v := -0.06889675040
delta2vdeg := -3.947493018
da1 := 4. 10-8
ddl := 0.
da2 := 2. 10-8
dd2 := -1.9 10-8

```

>

Темы проектов (поисково-исследовательских работ) по астрономии

1. Разработка методов поиска неизвестных астероидов в поясах Казимирчак-Полонской.
2. Разработка методов локализации новых планет в Солнечной системе.
3. Определение астрофизических параметров комет, сближающихся с Солнцем (семейства Крейца, Марсдена, Крафта, Мейера).
4. Установление формы гипотетических кометных резервуаров (облака Оорта, облако Хиллса, пояс Койпера).
5. Поиск унифицированной небесно механической модели процесса миграции кометных ядер с периферии во внутренние части Солнечной системы.
6. Разработка универсальной модели происхождения комет.
7. Разработка метода исследования комет с помощью искусственных спутников комет.
8. Разработка методов поиска галактических метеоров.
9. Поиск астероидов и комет, сближающихся с Землёй на опасные расстояния.
10. Разработка универсального метода определения первоначальных орбит опасных астероидов и комет.
11. Построение унифицированного распределения частиц космического мусора по размерам.
12. Поиск периодичностей в сейсмической активности Земли и их астрономическая интерпретация.
13. Исследование метеоритных кратеров на основе нетрадиционных представлений их форм.
14. Разработка метода оценки полного числа планет вблизи звёзд.
15. Разработка методов открытий спутников внесолнечных планет.
16. Разработка методов открытий колец вблизи внесолнечных планет.
17. Разработка методов открытий малых тел вблизи спутников внесолнечных планет.
18. Разработка методов локализации радиационных поясов внесолнечных планет.
19. Поиск изотермических траекторий планет в окрестностях двойных звёзд и разработка элементов научной программы для КА (2017-2020 гг.).
20. Эволюция орбиты космического аппарата, обладающего электрическим зарядом и движущегося в магнитном и гравитационном полях планеты.
21. Эволюция орбит спутников в атмосферах планет.

22. Оценка времени жизни гипотетического кольца Плутона.
23. Определение времени жизни малых тел в различных гравитирующих системах.
24. Представление диаграммы «спектр – светимость» в нетрадиционном виде и установление новых закономерностей между параметрами звёзд.
25. Поиск чёрных дыр со свойствами элементарных частиц.
26. Исследование распределения массы Галактики.
27. Определение параметров пояса Гулда.
28. Исследование распределений ближайших к Солнцу звёзд по различным параметрам.
29. Построение унифицированной модели кольцевых структур Вселенной.
30. Исследование объектов и явлений Вселенной с использованием сети “INTERNET”.
31. Поиск неизвестных космических объектов по данным обработки обзорных фотоснимков звёздного неба.
32. Разработка методов поиска и отождествления геостационарных спутников.
33. Астрономическая интерпретация эзотерических систем мира африканских народов: бозо, бамбара, малинке.
34. Астрономическая интерпретация христианских праздников (Рождество, Пасха) и библейских мифов (сотворение мира, всемирный потоп, Вифлеемская звезда).
35. Разработка программ наблюдений на автоматических телескопах.
36. Разработка метода определения точных положений небесных тел при произвольной установке телескопа с ПЗС-матрицей.
37. Физика аномальных явлений.
38. Разработка методов поиска внеземных цивилизаций земного типа.
39. Разработка проектов космических путешествий.
40. История развития астрономии в Ярославской области.
41. Космонавтика и Ярославская область.
42. Исследование процесса миграции малых тел в системе Солнце – Юпитер.
43. Разработка методов локализации неоткрытых тел Солнечной системы.
44. Поиск динамических закономерностей в системах внесолнечных планет.
45. Разработка универсального метода определения первоначальных орбит небесных тел.
46. Разработка и исследование моделей происхождения опасных космических объектов.

47. Эволюция орбит спутников в атмосферах планет.
48. Астрономическая интерпретация народных праздников.
49. Разработка проектов космических путешествий
50. Эволюция орбит спутников Марса.
51. Гравитационное линзирование в астрономии.
52. Локализация малых тел вблизи планет.
53. Темная материя и темная энергия.
54. Исследование природы галактических метеоров.
55. Исследование свойств гравитационных волн.
56. Определение «антигравитационной» постоянной.
57. Исследование внутреннего строения звезд.

Учебное издание

Николай Иванович Перов
Анатолий Александрович Алексеев
Анна Вячеславовна Пешкова
Олеся Максимовна Роменская

**Методические рекомендации по организации
наблюдений звездного неба в школьном курсе
астрономии**

**Лабораторные работы по астрономии
для учащихся 10–11 классов**

Учебно-методическое пособие

Редактор И.В. Григорьева
Дизайн – Г.И. Радовский
Компьютерная верстка – Н.И. Перов, О.М. Роменская

Подписано в печать 13.01.2021. Формат 60х90/8

Печ. л. 6. Уч.-изд. л. 4. Тираж 200 экз. Заказ

Редакционный отдел
ГАУК ЯО «Культурно-просветительский центр имени В. В. Терешковой»
150000, г. Ярославль, ул. Чайковского, д. 3.

Отпечатано с предоставленного оригинал-макета
в ООО Издательско-полиграфический комплекс «ИНДИГО»
150000, г. Ярославль, ул. Свободы, д. 97